



SNAM FSRU ITALIA

RAVENNA (RA) 2023

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

Verifica Preventiva dell'Interesse Archeologico

integrazione del documento di VPIA REL-ARC-E-05010 web

Doc. REL-ARC-E-09102 – DICEMBRE 2023

TESI ARCHEOLOGIA SRL

Rev.	Descrizione	Preparato da	Controllato da	Approvato da	Data
0	Emissione per Enti	A.Pastorino	L. Volpi	M.Compagnino	Dicembre 2023

RINA Consulting S.p.A. | Società soggetta a direzione e coordinamento amministrativo e finanziario del socio unico RINA S.p.A.
Via Cecchi, 6 - 16129 GENOVA | P. +39 010 31961 | rinaconsulting@rina.org | www.rina.org
C.F./P. IVA/R.I. Genova N. 03476550102 | Cap. Soc. € 20.000.000,00 i.v.

Tutti i diritti, traduzione inclusa, sono riservati. Nessuna parte di questo documento può essere divulgata a terzi, per scopi diversi da quelli originali, senza il permesso scritto di RINA Consulting S.p.A.

INDICE

	Pag.
ALLEGATI	2
LISTA DELLE TABELLE	2
LISTA DELLE FIGURE	2
ABBREVIAZIONI E ACRONIMI	1
1 PREMESSA METODOLOGICA	2
2 UBICAZIONE DELL'AREA D'INTERVENTO	3
2.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E VINCOLI PAESAGGISTICI VIGENTI	4
2.2 CARATTERI GEOMORFOLOGICI	6
2.2.1 Mutamenti della linea di costa	8
3 ATTIVITÀ PREVISTE DAL PROGETTO	10
➤ DIGA FORANEA A PROTEZIONE DELLA PIATTAFORMA PETRA	10
4 IL CONTESTO MARITTIMO RAVENNATE NELL'ANTICHITÀ	23
4.1 PERIPLI E ROTTE NELLA NAVIGAZIONE ANTICA IN ADRIATICO	28
5 RINVENIMENTI SUBACQUEI E RELITTI	32
6 L'EVOLUZIONE DEL PAESAGGIO: CARTOGRAFIA	40
7 ANALISI DELLA FOTOGRAFIA AEREA	45
8 INDAGINI GEOFISICHE	47
8.1 L'AREA DI LAVORO	47
8.2 STRUMENTAZIONE	48
8.2.1 Ecoscandaglio Multibeam Echo Sounder	48
8.2.2 Sub Bottom Profiler	49
8.2.3 Geacoustic dual frequency side scan sonar	49
8.2.4 Magnetometro	50
8.2.5 ROV	50
8.2.6 Mezzo nautico	51
9 METODOLOGIE DI RILIEVO ED ESITI DELLE INDAGINI	52
9.1 RILIEVO BATIMETRICO MULTIBEAM ECHOSOUNDER (MBES)	52
9.2 RILIEVO MORFOLOGICO CON IL SIDE SCAN SONAR (SSS)	54
9.3 RILIEVO STRATIGRAFICO CON SUB BOTTOM PROFILER (SBP)	55
9.4 RILIEVO MAGNETOMETRICO (MAG)	56
10 ANALISI DELLE INDAGINI E DELLE ANOMALIE RISCONTRATE	58
11 INDAGINI GEOTECNICHE	65
12 INDAGINI ROV	66
13 VALUTAZIONE PRELIMINARE DELL'INTERESSE ARCHEOLOGICO	68
13.1 PREMESSA METODOLOGICA	68
13.2 VALUTAZIONE DEL POTENZIALE ARCHEOLOGICO	68
13.3 VALUTAZIONE DI RISCHIO RELATIVO	69
BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA	70

ALLEGATI

Allegato I: Tavole del potenziale e del Rischio Relativo

LISTA DELLE TABELLE

	Pag.
Tabella 3.1. Volume dei sedimenti da dragare (REL-PROG-E-00009_FSRU)	14
Tabella 3.3. Coordinate del tracciato	20
Tabella 8.1. Caratteristiche tecniche del MBES	48
Tabella 8.2. Scheda tecnica del SSS	49
Tabella 8.3. Dati della Carmar Due	51
Tabella 9.1. Piano di navigazione MBES	52
Tabella 9.2. Piani di navigazione del SSS	54
Tabella 10.1. Tabella dei target SSS	61

LISTA DELLE FIGURE

	Pag.
Figura 2.1. Area di intervento (Rif. DIS-AMB-B-35500 Allegato 3 Nota REL-VDO-E-00105)	3
Figura 2.2. Dimensioni e posizione dell'area oggetto di indagine con suddivisione delle principali aree sottoposte a rilievi geofisici (C2268_TECHFEM_LNG RAVENNA_GEOFISICA).	3
Figura 2.3. Estratto della tavola degli interventi archeologici da ArcheoDB. Cerchiati in rosso i ritrovamenti in mare. 5	
Figura 2.4 Paleovalvei, paleocanali e cordoni litoranei mappati dal servizio geologico della Regione Emilia-Romagna (https://geoportale.regione.emilia-romagna.it/approfondimenti/applicazioni-moka)	6
Figura 2.5. La carta geologica dei mari italiani in scala 1:250.000	7
Figura 3.1. Diga foranea ottimizzata	11
Figura 3.2. Sezione della diga foranea ottimizzata.	11
Figura 3.3. "Esploso" delle diverse fasi della diga	12
Figura 3.4. Rappresentazione delle Aree di dragaggio (Progetto ottimizzato)	14
Figura 3.5. Draga del tipo Trailer Suction Hopper Dreger-TSHD.	15
Figura 3.6. Aree destinate al deposito dei sedimenti dragati Sito RA_2 e Sito RA_3	15
Figura 3.7. Estratto dal documento Eni Rewind S.p.A. "Individuazione dei Terminali T1 e T4, aggiornamento delle coordinate FUSO EST – Fg.1 di 2 – Nel cerchio verde la zona interessata dalla rimozione (REL-SA-E-13026)	16
Figura 3.8. Stralcio planimetrico. In arancione il tratto di condotta da dismettere	16
Figura 3.9. Tracciato ricollocato per il collegamento elettrico della piattaforma.	17
Figura 3.10. Punto di intersezione dei cavi MT e di collegamento con la piattaforma	18
Figura 3.11. Planimetria generale dell'ormeggio.	19
Figura 3.12. Riproduzione esemplificativa del microtunneling e del recupero finale della testa fresatrice	20
Figura 3.13. Layout dell'area di transizione per le attività previste all'uscita del microtunnel offshore	21
Figura 4.1. Ricostruzione di Ravenna in età Repubblicana (Museo di Classe)	24
Figura 4.2. Il porto di Classe in età Tardo Antica (Museo di Classe).	25
Figura 4.3. Linea di costa nel IV secolo d.C. (Museo di Classe)	26
Figura 5.1. Area oggetto d'indagine, con indicazione dei relitti (wrecksite.eu)	32
Figura 5.2. Stralcio cartografico con le segnalazioni ADRIREEF (sito Adriareef).	34
Figura 5.3. Particolare dell'area di dispersione delle erme intorno al presunto posizionamento del relitto detto dei Cannoni (archivio SABAP-BO_Casal Borsetti)	35

Figura 5.4. Schizzo misurato dell'ancora trovata a Punta Marina nel 2006 (archivio SABAP)	36
Figura 5.5. Particolare dello schizzo misurato dell'area di dispersione dei blocchi della possibile torre Gregoriana alla foce del Primaro (Archivio SABAP-BO)	37
Figura 5.6. Posizione dei resti archeologici relativi alla foce del Primaro rispetto alla costa. (Archivio SABAP-BO)	38
Figura 5.7. Area interdetta alla navigazione per ritrovamento sul fondale di oggetto di 20 metri, sospetto relitto. Stralcio cartografico dell'ordinanza della Capitaneria di Ravenna n. R.0000005.25-01-2023. (stralcio ordinanza).	39
Figura 6.1. Particolare della tavola dell'Atlante d'Italia di Antonio Magini del 1620	40
Figura 6.2. Carta Storica del Territorio Ferrarese del 1814	41
Figura 6.3. Particolare del punto di ritrovamento dell'ancora. (portale GNA)	42
Figura 6.4. Pianta dimostrativa del porto di Ravenna sul mare Adriatico alla fine del '700 (Stoppa P. 1998, p. 47)	42
Figura 6.5. litorale di Ravenna del 1898 (Stoppa P. 1998 p.64)	43
Figura 6.6. Mappe dell'Istituto Geografico Militare tematica sulla riduzione delle pinete demaniali.	43
Figura 6.7. Avanzamento della linea di costa tra il 1835 ad oggi a Marina di Ravenna.	44
Figura 7.1. Volo IGM 1933-37.	45
Figura 7.2. Sovrapposizione del Volo IGM del 1933-37 con lo stato attuale dell'abitato.	46
Figura 8.1. Area d'indagine e settori d'indagine	48
Figura 7.2. Immagine degli schermi durante la fase di acquisizione	49
Figura 8.3. SBP Innomar ed esempio di acquisizione	49
Figura 8.4. Tow fish del SSS	50
Figura 8.5. ROV Blue Robotics	50
Figura 8.6. Carmar 2 51	
Figura 9.1. Rotte seguite con il MBES e con il Magnetometro (C2268_TECHFEM_LNG RAVENNA_GEOFISICA).	53
Figura 9.2. Area oggetto dell'indagine MBES e Magnetometrica.	54
Figura 9.3. Area indagata con il SSS. Rotte effettuate	55
Figura 9.4. Sonogramma di acquisizione SSS.	55
Figura 9.5. Esempio di tracciato SBP acquisito con in evidenza un tratto della condotta.	56
Figura 9.6. Restituzione magnetometrica dell'atterraggio delle tubazioni presente lungo il canale di posa	57
Figura 10.1. Morfologie lineari marcate indicanti le pipeline transanti in prossimità della riva	58
Figura 10.2. In rosso cerchiare le piccole anomalie lungo le tubazioni.	59
Figura 10.3. Deformazioni nella composizione del mosaico in corrispondenza di silt bioclastico rimaneggiato	59
Figura 10.4. Cambiamento evidente nella conformazione del fondale sulla batimetria dei -10 m circa	60
Figura 10.5. Aree SSS indagata dettagliatamente. In rosso l'area di progetto, sullo sfondo il DTM prodotto con il passaggio del MBES	61
Figura 10.6. Target TD_4	62
Figura 10.7. Limite settentrionale dell'area. Dispersione di Debris. SSS. Con sovrapposizione del DTM	62
Figura 10.8. Particolare di un tracciato sismico ricavato dalla campagna SBP effettuata. In rosso l'anomalia prodotta dalla tasca di gas.	63
Figura 10.9. Sismogramma. In rosso le condotte passanti superficialmente.	63
Figura 10.10. la piattaforma PIR e la condotta parzialmente coperta.	64
Figura 11.1. Aree oggetto delle indagini Geotecniche.	65
Figura 12.1. Area investigata	66
Figura 12.2. Posizionamento dei sonar contacts	67

ABBREVIAZIONI E ACRONIMI

CASIUS	Calibration of Attitude Sensors In the USBL System
GPS	Global Positioning System
GNSS	Global Navigation Satellite System
IMU	Inertial Measurement Unit
MAG	Magnetometro
MBES	Multi Beam Echo Sounder
PNIEC	Piano Nazionale Integrato Energia e Clima
PCS	POS Computer System
ROV	Remotely Operated Vehicle
RTK	Real-Time Kinematics
RTN	Rete di Trasmissione Nazionale
SBP	Sub Bottom Profiler
SSS	Side Scan Sonar
SVP	Sound Velocity Profiler
USBL	Ultra-Short Base Line

1 PREMESSA METODOLOGICA

In relazione al progetto "Emergenza Gas incremento della capacità di rigassificazione: FSRU Ravenna e collegamento alla rete nazionale gasdotti" (Intervento strategico di pubblica utilità, indifferibile e urgente, finalizzato all'incremento della capacità di rigassificazione nazionale. Variante all'Autorizzazione Unica -Decreto n. 3 del 7 novembre 2022- per la costruzione ed esercizio del progetto del Rigassificatore e delle opere connesse) la società Rina Consulting S.p.a., su mandato della proponente SNAM FSRU Italia S.r.l., ha incaricato la Società Tesi Archeologia s.r.l.u. del dott. Andrea Pastorino dell'assolvimento delle richieste integrative del documento di VPIA REL-ARC-E-05010 web per quanto riguarda il comparto marittimo coinvolto dal progetto in oggetto (nota CG 06/11/2023.0000105.E).

L'obiettivo del presente lavoro, in ottemperanza con il D.Lgs. 50/2016, art. 25, consiste nel fornire indicazioni affidabili per ridurre il grado di incertezza relativamente alla presenza di eventuali beni o depositi archeologici e nel definire il livello di rischio circa la possibilità di effettuare ritrovamenti archeologici nel corso dei lavori in oggetto. In particolare, le ricerche hanno lo scopo di fornire una valutazione interpretativa preliminare delle peculiarità storiche dell'area marina coinvolta nel progetto e, soprattutto, di acquisire dati relativi ai traffici commerciali transmarini e agli eventi bellici navali che l'hanno interessata, dall'antichità ai giorni nostri.

Nell'ottica degli obiettivi indicati e al fine di inserire l'area in un contesto di riferimento più ampio, indispensabile per la comprensione delle caratteristiche geomorfologiche e delle dinamiche storico-archeologiche del paesaggio costiero e dell'ambito marino interessato, si è definito, come spazio di studio (buffer), il territorio costiero tra i comuni di Ravenna e Cervia e il tratto di mare antistante entro le 12 miglia nautiche.

Il censimento e la contestualizzazione delle attestazioni archeologiche ad oggi note sono state eseguite facendo riferimento alle ricerche archeologiche, ai ritrovamenti fortuiti e alle segnalazioni, in particolar modo subacquee, avvenute nel corso degli anni in queste acque. Per il presente lavoro si sono consultati l'archivio storico e l'archivio della Soprintendenza Archeologia Belle arti e Paesaggio di Bologna. Si sono raccolte informazioni nelle biblioteche locali di Ravenna e Bologna, attraverso lo spoglio bibliografico dei cataloghi del Servizio Bibliotecario Nazionale e, tramite i principali data base e siti di pubblicazioni scientifiche, si sono valutati gli studi prodotti in relazione alla storia e allo sviluppo paesaggistico costiero dell'alto Adriatico. Attenzione particolare è stata data all'analisi dei dati conferiti dalla Soprintendenza in merito alle recenti indagini svolte in funzione del progetto contenute nella VPIA sopracitata e redatta in funzione delle opere a terra, e alla consultazione dei siti istituzionali e specialistici relativi ai grandi eventi bellici, ai progetti di censimento relitti e interregionali tra le due sponde dell'Adriatico.

Ulteriori elementi sono stati acquisiti attraverso l'analisi dei risultati delle prospezioni geofisiche¹ previste dal progetto finalizzate alla caratterizzazione morfo-batimetrica e geologica di dettaglio dei livelli sedimentari presenti nello specchio acqueo interessato dalle lavorazioni tramite sistemi MBES, SSS, SBP e MAG. A queste attività strumentali è seguita l'esecuzione di una serie di ispezioni visive ROV in corrispondenza di alcuni *targets*, selezionati dall'esperto UXO, al fine di escludere che essi potessero riferirsi ad ordigni bellici².

La consistenza e la tipologia dei dati raccolti attraverso le indagini sopraindicate hanno consentito di effettuare una ricostruzione macroscopica dell'evoluzione del paesaggio costiero ravennate, caratterizzato da un elevato dinamismo ambientale che ha portato a frequenti e sostanziali trasformazioni della costa e dell'intero territorio nel corso dei secoli. L'importanza del mar Adriatico quale corridoio marittimo di unione tra Oriente e Occidente, è attestata a partire dal Neolitico e si affermò nella tarda età del Bronzo con l'evoluzione della marineria. Nei secoli successivi Ravenna divenne centro portuale di fondamentale importanza, soprattutto in epoca Tardo Antica.

La rielaborazione dei dati ottenuti attraverso le diverse tipologie d'indagine sono riportati nel presente documento di valutazione preventiva dell'interesse archeologico, redatto a norma di legge³, finalizzato a fornire informazioni utili a definire il quadro storico-archeologico delle aree esaminate, nonché indicazioni relative a una preliminare valutazione preventiva del potenziale archeologico cui esse risultano esposte.

¹ I dati sono stati raccolti ed elaborati da Subsea Fenix di Ravenna incaricata dei rilievi nel luglio 2022 dalla società Techfem s.p.a di Fano (Report C2268_TECHFEM_LNG RAVENNA_GEOFISICA).

² (Si veda elaborato 23-16-C2374-REL-01 - Techfem Ispezione target PIR).

³ Quadro legislativo citato all'interno del recente DPCM del 14 febbraio 2022.

2 UBICAZIONE DELL'AREA D'INTERVENTO

Il tratto di mare interessato dalle attività di progetto ricade nello specchio acqueo antistante Marina di Ravenna località Punta Marina a Sud dell'imboccatura del Porto di Ravenna. L'area interessata dalle attività a mare si estende a partire dal litorale di Punta Marina fino a raggiungere la distanza massima dalla costa di c.a. 10 km (c.a. 5.5 NM), distanza massima relativa alle aree di dragaggio.

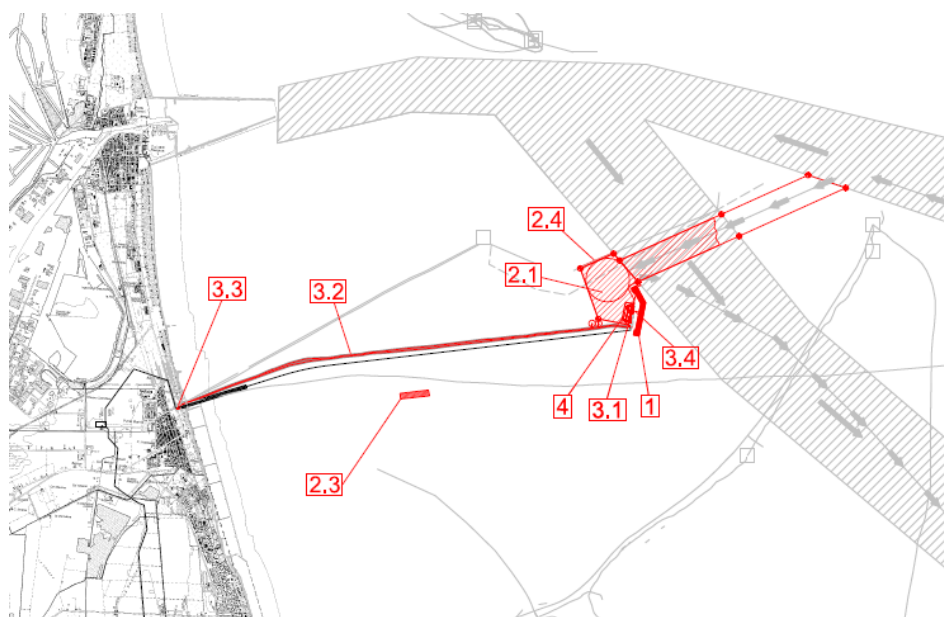


Figura 2.1. Area di intervento (Rif. DIS-AMB-B-35500 Allegato 3 Nota REL-VDO-E-00105)

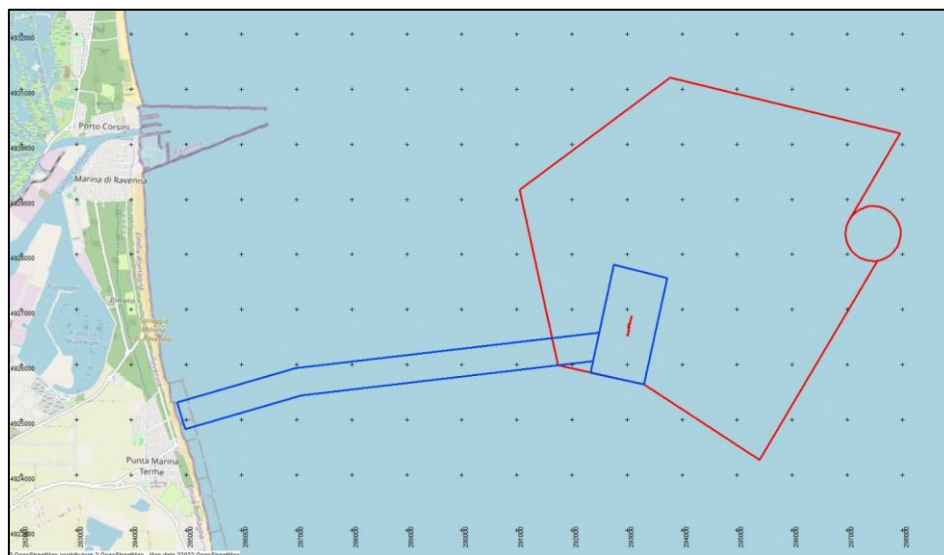


Figura 2.2. Dimensioni e posizione dell'area oggetto di indagine con suddivisione delle principali aree sottoposte a rilievi geofisici (C2268_TECFEM_LNG RAVENNA_GEOFISICA).

La storia recente⁴ di questo tratto di litorale è intrinsecamente legata al porto di Ravenna la cui nascita si deve ad una progettazione che prende avvio nel Settecento e si realizza pienamente un secolo dopo, con la bonifica e il collegamento delle lagune dell'entroterra tramite canali secondari al canale del porto, oltreché con l'attuazione di innumerevoli opere di dragaggio e la messa in sicurezza della foce del porto canale con palizzate e scogliere.

Tra la fine dell'Ottocento e gli inizi del Novecento il porto viene dichiarato di importanza nazionale, quale conseguenza dell'arrivo della ferrovia e della ristrutturazione della viabilità che comportarono un ampio sfruttamento del porto con l'affluenza di una gran quantità di merci e l'esigenza di adeguamento delle strutture portuali ai nuovi bastimenti a vapore.

Il centro abitato si sviluppa sulla costa intorno al porto, anche grazie anche grazie all'incremento del turismo balneare sul finire dell'Ottocento, ma è poco più di un borgo quando viene coinvolto negli scontri della Grande Guerra diventando sede dell'unica base aeronavale americana operativa sul suolo Italiano.

Negli anni Venti viene fondata la PIR (Petroliera Italo Rumena) che acquistò le strutture logistiche, oltre ad alcuni hangar e serbatoi già serviti agli idrovolanti americani durante la Prima guerra mondiale. Il lavoro della PIR nel periodo fra le due guerre consisteva nell'importazione via mare, stoccaggio e distribuzione di prodotti petroliferi (in gran parte contenuti in fusti e latte) nonché di cereali, zucchero, e altre merci sfuse o confezionate.

Nel Secondo conflitto mondiale Porto Corsini e il piccolo centro di Marina di Ravenna, sorto negli anni Venti del Novecento, sono pesantemente coinvolti negli scontri tra i Tedeschi in ritirata e l'avanzamento delle forze alleate e partigiane.

Il paesaggio costiero e offshore ravennate subisce un'importante trasformazione a partire dal 1960, con la perforazione del primo pozzo nell'Adriatico, davanti a Ravenna, con cui inizia la prima produzione europea di gas da giacimenti offshore⁵. Alla costruzione del primo impianto seguono numerosi pozzi per l'estrazione di Gas naturale e petrolio. Questa nuova fonte d'indotto per Ravenna comporta un'accelerazione nello sviluppo del porto canale e un continuo flusso di imbarcazioni e mezzi da lavoro dalle nascenti piattaforme ai porti sulla costa. In questo contesto storico, tra la fine degli anni Ottanta e l'inizio degli anni Novanta, la PIR, in collaborazione con ENI, vara la piattaforma offshore PETRA, che sarà oggetto di riqualificazione in funzione del progetto in oggetto. Quest'ultimo si imposta su di un comparto marittimo storicamente molto importante, seppure compromesso sia dalle manovre belliche della Prima e della Seconda Guerra Mondiale, sia dall'industrializzazione offshore dell'ultimo dopoguerra.

2.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E VINCOLI PAESAGGISTICI VIGENTI

Per la redazione del presente capitolo si sono visionate le diverse applicazioni informatiche del MiC e gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica della Regione Emilia-Romagna, ponendo particolare attenzione allo specchio acqueo oggetto d'intervento al fine di verificare la presenza di aree oggetto di vincolo o di segnalazioni di interesse archeologico presenti nelle acque territoriali di competenza dei comuni di Ravenna e Cervia. In particolare si sono visionati:

- Il PTCP di Ravenna, Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale adottato il 29.06.1999 ed approvato dalla Regione il 01.02.2000 ai sensi della l.r. 6/1995. Il PTCP è stato inoltre modificato con variante adottata il 10.10.2000 ed approvata dalla Regione il 03.12.2001.
- Il sistema web-gis della Provincia di Ravenna, sezione Vincoli Ambientali che raccoglie le informazioni relative alle aree di interesse paesaggistico, culturale e ambientali presenti sul territorio.
- RETE NATURA 2000, ovvero il principale strumento della politica dell'Unione Europea per la conservazione della biodiversità.
- Il SITAP, sistema web-Gis della Direzione generale per il paesaggio, le belle arti, l'architettura.
- Vincoli in Rete/Carta del Rischio, sistema che consente l'accesso in consultazione delle informazioni sui beni culturali Architettonici e Archeologici attraverso sia l'integrazione dei sistemi d'origine con servizi di interoperabilità tra sistemi informativi dell'amministrazione, sia la funzionalità di ricerca dei beni culturali sia di tipo alfanumerico che cartografico.
- Il Geoportale Nazionale per l'Archeologia, ovvero costituisce il punto di raccolta e condivisione online dei dati esito delle indagini archeologiche condotte sul territorio italiano.

⁴ Stoppa P. 1998

⁵ Archetti R., Paci A. 2018.

Verifica Preventiva dell'Interesse Archeologico

- Archeo DB, Geodatabase dei siti oggetto di interventi e/o ritrovamenti archeologici dell'Emilia Romagna aggiornato dal 2019.
- Il Catalogo Generale dei Beni Culturali, ovvero il catalogo generale dei beni culturali dell'ICCD.
- Il PTPR, ovvero il Piano territoriale Paesaggistico regionale, è parte tematica del Piano territoriale regionale (PTR) e definisce gli obiettivi e le politiche di tutela e valorizzazione del paesaggio, con riferimento all'intero territorio della regione Emilia-Romagna, quale piano urbanistico territoriale avente specifica considerazione dei valori paesaggistici, storico-testimoniali, culturali, naturali, morfologici ed estetici. La Regione è attualmente impegnata insieme al MiBAC nel processo di adeguamento del PTPR vigente al Codice dei beni culturali e del paesaggio (D.Lgs. 42/2004).

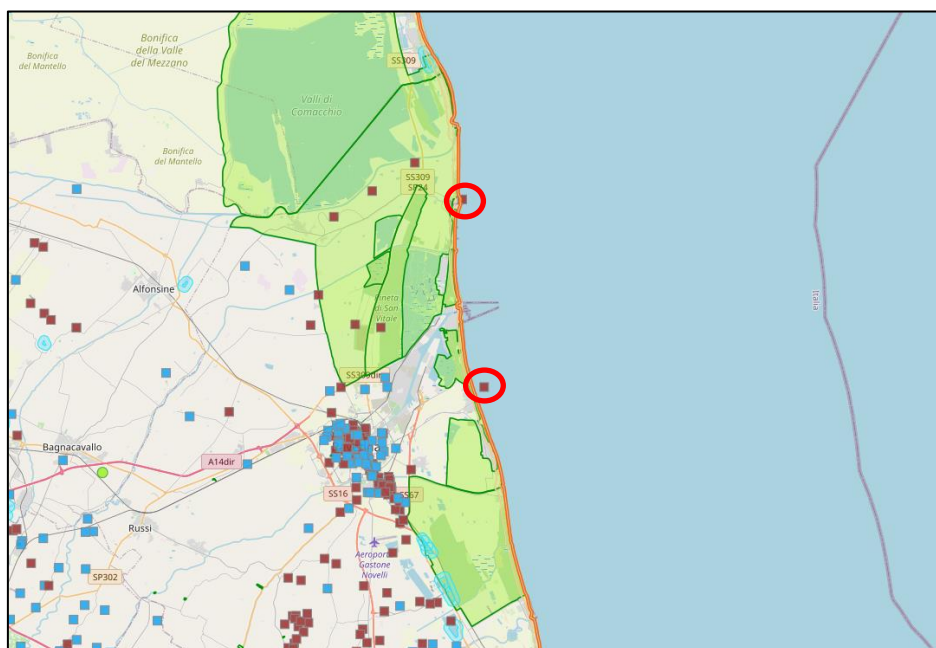


Figura 2.3. Estratto della tavola degli interventi archeologici da ArcheoDB. Cerchiati in rosso i ritrovamenti in mare.

Dall'analisi dei dati emerge come lo specchio acqueo oggetto d'intervento non ricada all'interno di alcuna tipologia di vincolo, sia di carattere ambientale sia di carattere archeologico.

Tuttavia, si segnala che l'area di progetto è prossima ai punti di ritrovamento di alcuni reperti sporadici di elevato valore storico archeologico⁶, come di seguito elencati:

- ✓ un gruppo di erme marmoree, copie di originali greci (oggi conservate presso il Museo di Ravenna);
- ✓ un bacile in ceramica graffita tardo cinquecentesco;
- ✓ un cannone, attualmente conservato presso l'arsenale di Venezia;
- ✓ un secondo cannone andato disperso;
- ✓ un'ancora tipo ammiragliato di XVI secolo, individuato davanti a Punta Marina (rimossa dal fondale nei primi anni 2000)⁷.

Di tali ritrovamenti, dei quali si tratterà più approfonditamente nei capitoli successivi, si dispone, purtroppo, solo di posizionamenti approssimati e con margini di errore variabili e non meglio definibili, con la sola esclusione dell'ancora ammiragliato individuata nel 2006 e successivamente asportata.

⁶GNA: codice ER_003346_p e codice univoco GNA il n. 33089

⁷GNA: Codice ER_003306_pt e codice univoco GNA n. 38911

2.2 CARATTERI GEOMORFOLOGICI

Il territorio ravennate⁸ è attribuito nell'insieme al Sistema Emiliano Romagnolo Superiore (AES) che comprende depositi quaternari più recenti di 450.000-350.000 anni. Più precisamente le alluvioni delle prime decine di metri dalla superficie sono ascritte, per la parte inferiore, al Subsistema di Villa Verrucchio (AES₇), che raggruppa i terreni depositatisi approssimativamente tra 125.000 e 15.000 anni fa, fase corrispondente all'ultima età glaciale (Wurmiano) e, per la parte superiore, al Subsistema di Ravenna (AES₈) che comprende quelli depositatisi negli ultimi 15.000 anni circa, e il cui spessore varia e raggiunge una ventina di metri nella fascia costiera interessata dal progetto. Trattandosi di un'area relativamente superficiale e con spessore inferiore ad una trentina di metri, è attraversata da gran parte delle indagini geognostiche eseguite in funzione di progettazioni pubbliche e private nonché dai sondaggi e dalle prove penetrometriche appositamente realizzate per la redazione della Carta Geologica d'Italia del 2005.

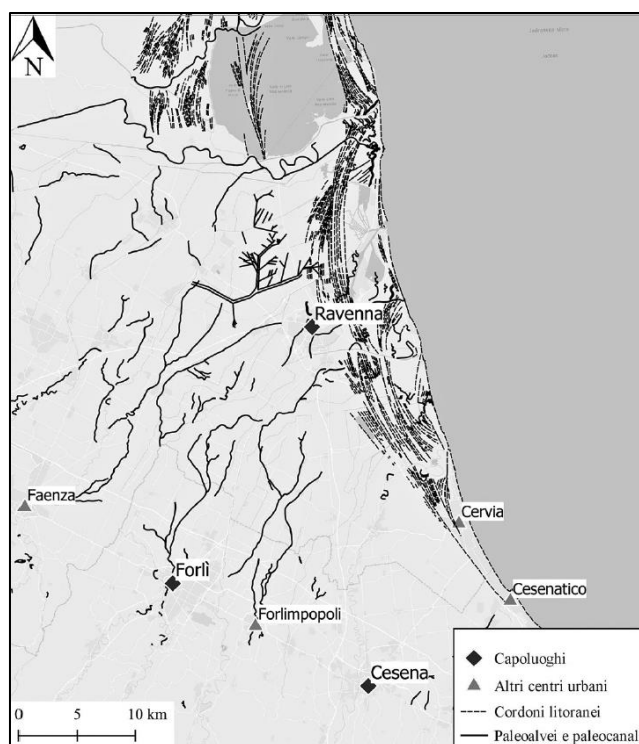


Figura 2.4 Paleovalvei, paleocanali e cordoni litoranei mappati dal servizio geologico della Regione Emilia-Romagna (<https://geoportale.regione.emilia-romagna.it/approfondimenti/applicazioni-moka>)

Nell'area costiera questi depositi affioranti formano una vasta piana di sabbia costituita da cordoni litoranei, anche ghiaiosi, solo localmente interrotti nei punti in cui i fiumi principali sfociano a mare e i canali costruiti dall'uomo sono intervenuti, nel corso della storia, incidendone l'andamento, a partire dalla Fossa Augusta di epoca romana. Tra un allineamento di cordone paleo-dunale e l'altro si interpongono aree topograficamente depresse dove sono presenti sottili depositi di argille e limi di palude salmastra e laguna retro-costiera.

Nell'area marina interessata dal progetto, il tetto del subsistema, che coincide con il piano topografico, presenta livelli di fondo caratterizzati da suoli calcarei appartenenti all'unità di Modena (AES_{8a}). Si tratta di una unità pellicolare, di pochi metri di spessore, contenente i depositi più superficiali, più recenti e sempre affioranti, costituiti da depositi sabbiosi di cordone litorale e di fronte deltizia, sviluppatasi prevalentemente a partire dal X secolo d.C. ed è stata datata all'epoca post-romana, per la presenza frequente di resti romani e più antichi a tetto dei depositi sottostanti⁹, per l'assenza degli stessi all'interno dei depositi AES_{8a} e anche per l'alterazione pedogenetica modesta o del tutto assente della sua superficie affiorante. Nel settore sommerso davanti alla costa ravennate, questi strati sono coperti da corpi sedimentari nastriformi spessi fino a 5 metri, caratterizzati dall'alternanza di sabbie fini e

⁸ Consultata la relazione di progetto e le indagini eseguite contenute nel documento REL-CGB-E-35070_r0; REL-AMB-E-35511.

⁹ Augenti A. (a cura di) 2011, pp. 63-65

finissime, localmente limose, in strati di potenza variabile alternate a limi da sabbiosi ad argillosi. L'andamento di questi corpi sedimentari a geometria prevalentemente nastriforme, passano lateralmente e verticalmente a depositi di piana inondabile e bacino inter-fluviale, definendo caratteristiche sequenze negative e negativo-positive. La carta geologica dei mari italiani in scala 1:250.000 conferma per l'area in esame la componente ad argille e silt argillosi sulle batimetriche oltre i -4/6 metri, intercalati da strati sabbiosi e bioclastici che segnano il passaggio ad un complesso di sabbioso di spiaggia (hs_2) costituito da sabbie, da fini a medie, caratterizzato da diffuse impregnazioni di gas ben distinguibili anche dalla lettura dei dati stratigrafici Sub Bottom Profiler¹⁰.

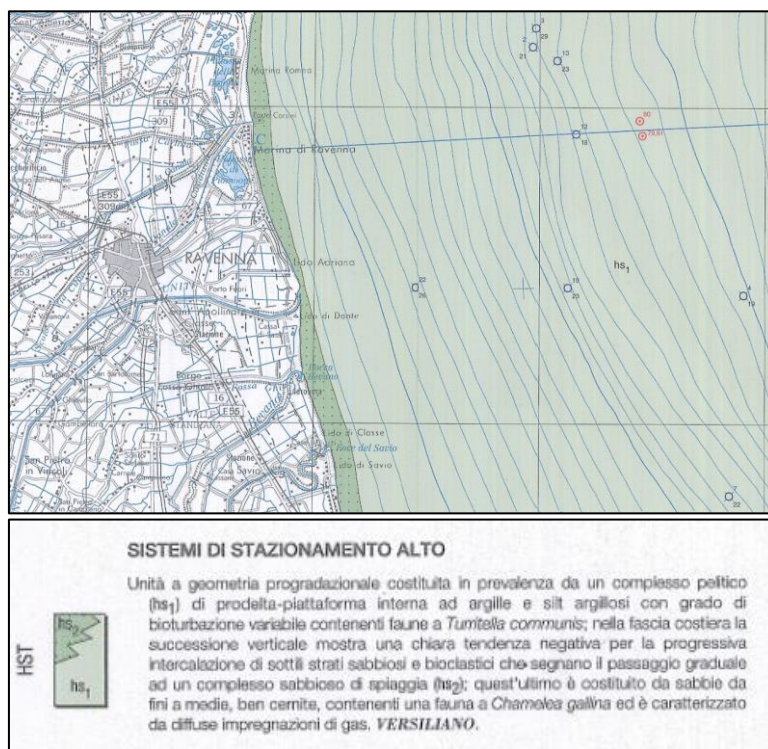


Figura 2.5. La carta geologica dei mari italiani in scala 1:250.000

Attualmente 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. Questo paesaggio è il prodotto di profonde trasformazioni determinate dalla concomitanza di fattori naturali e antropici che caratterizzano il paesaggio a meridione del delta del Po. L'ingressione e regressione marina, l'alluvionamento dei terreni effetto dell'apporto solido dei fiumi e la subsidenza geologica causata dalla tettonica e dalla costipazione dei sedimenti ancora sciolti rappresentano i principali fattori di trasformazione del territorio in esame. Queste dinamiche evolutive sono legate strettamente sia all'azione del fiume Po che dei fiumi appenninici che, trasportando e accumulando detriti, hanno determinato un costante fenomeno di ampliamento e di innalzamento dei suoli e di progressivo avanzamento della linea di costa, a discapito delle aree coperte dalle acque. A questi fenomeni si sono alternati, nel tempo, effetti contrari dovuti principalmente alla subsidenza (causa dello sprofondamento del terreno sotto il crescente peso dei depositi più recenti) e all'opera condotta dall'erosione marina che ha comportato l'asportazione superficiale di materiale a causa dell'attrito generato dal mare¹¹. Localmente, questa fenomenologia presenta incidenze diverse, andando a modificare il paesaggio in maniera sempre differente da luogo a luogo. In generale, oggi sono in aumento i fenomeni erosivi costieri lungo il litorale romagnolo dovuti alla diminuzione della portata detritica dei fiumi e a contestuali fenomeni di subsidenza accentuatisi con la moderna industrializzazione.

Prima delle importanti modifiche apportate dall'uomo, i fenomeni che interessavano naturalmente l'area la rendevano un esempio perfetto di sistema isola-barriera, dove nuovi cordoni di sabbia si formavano paralleli alla linea di costa, separati dalla terraferma da lagune con acqua salmastra o da paludi d'acqua dolce. Lo spostarsi

¹⁰ REL-CGB-E-35070_r0; REL-AMB-E-16900

¹¹ Abballe M. 2021, pp. 35-41.

delle foci dei fiumi corrispondeva spesso a una variazione dell'incidenza dei processi di accumulo-erosione, che finiva per dar vita a nuovi cordoni sabbiosi dove prima c'era il mare, separati dai precedenti da nuove lagune o paludi. Questo sistema è ormai scomparso per le intense trasformazioni che il territorio ha subito, come le estese bonifiche per colmata, ma ne restano tuttora ampie tracce fossili. Egualmente marcate sono le tracce lasciate dalle canalizzazioni per la gestione dei flussi d'acqua di marea e di quelli provenienti dal Po e dai suoi affluenti, costruite principalmente a partire dall'epoca romana¹².

2.2.1 Mutamenti della linea di costa

L'Adriatico, con una superficie di circa 138.000 km², è un mare relativamente poco profondo che registra 52 metri di profondità massima a nord della linea Ancona-Pola e soli 35-40 metri tra l'Istria e Venezia. Il settore settentrionale dell'Adriatico si estende dal Golfo di Trieste fino alla linea ideale che, dall'isobata dei 100 metri, si proietta verso le coste dalmate e verso quelle italiane, intersecandosi con la penisola italiana poco a Nord di Pescara.

La salinità delle acque è particolarmente elevata e superiore a quella del resto del Mediterraneo occidentale e dello Ionio, nonostante i numerosi fiumi immissari, primi fra tutti il Po e l'Adige.

Le correnti di superficie, lungo la costa, seguono un andamento antiorario. Dopo Otranto la corrente ascende lungo il litorale orientale, per svoltare in gran parte all'altezza di Ancona e in minima parte per raggiungere le lagune venete.

La pendenza dei fondali prospicienti l'Emilia-Romagna è molto lieve, soprattutto se si considera che, ad oltre 1 km dalla costa, la profondità aumenta di un metro ogni chilometro¹³.

Il bacino dell'Adriatico presenta morfologie costiere direttamente connesse ai processi idrografici e geomorfologici che vi hanno avuto luogo. In particolare, le coste si presentano prevalentemente basse e sabbiose, essendo alimentate principalmente dall'accumulo di sedimenti di origine fluviale trasportati lungo la costa dalle correnti marine. La formazione della linea di costa è frutto di un processo di lunga durata che ebbe inizio con la massima estensione della trasgressione marina nell'Olocene, avvenuta tra il 5.000 e 6.000 anni fa. In seguito a questo evento la linea di costa si stabilizzò poco a ovest dell'attuale città di Ravenna, fino a raggiungere posizioni distanti circa 14 km dal litorale attuale. Le ricerche stratigrafiche condotte nella zona documentano la presenza di spiagge fossili, con sedimenti ghiaiosi e resti di conchiglie marine attestati tra 24,70 m e 3,70 m ca. Contemporaneamente la laguna interna prese a spostarsi verso occidente raggiungendo, nell'entroterra ravennate, anche la zona compresa tra Castiglione di Ravenna e Savio. Nella tarda età del Bronzo (XI-X secolo a.C.), dovette verificarsi una riduzione areale della laguna interna, probabilmente a seguito di una regressione marina o di un incremento degli apporti solidi fluviali. La successione stratigrafica rinvenuta presso la cava Sirmea, a circa 6 km a sud del centro storico di Ravenna, ha messo in luce depositi argillosi con resti di malacofauna di ambiente lagunare ad acqua dolce sopra i sedimenti e fossili di ambiente lagunare ad acque salse. In generale, dai sondaggi geotecnici si nota come in tutta la zona in esame, spostandosi da ovest verso est, i depositi lagunari furono progressivamente ricoperti da livelli fluvio-palustri¹⁴.

In età romana, la linea di costa sembra attestarsi più a est di quella preistorica, grossomodo in corrispondenza dell'attuale Strada Statale Adriatica, lungo l'allineamento Savio-Fosso Ghiaia-Classe. In particolare, la presenza di complessi sabbiosi con abbondanti resti di conchiglie individuati da sondaggi e prove penetrometriche eseguiti tra Sant'Apollinare in Classe e Ravenna, dimostrano che il litorale adriatico dovette qui stabilizzarsi per qualche millennio. Un sondaggio penetrometrico realizzato nei pressi della basilica di San Severo ha individuato, tra 24,30 m e 3 m, depositi sabbiosi tipici di ambienti di spiaggia o di litorale marino. La linea di spiaggia risulta documentata sicuramente in questo settore ancora in epoca romana. Le necropoli romane ricavate sui cordoni dunosi tra la via Romea Sud e la via Romea Vecchia, attestano in tal zona la fascia litoranea almeno fino al III-IV secolo¹⁵.

Tra il Po di Primaro e Ravenna furono costruite importanti canalizzazioni delle quali la più nota resta la fossa Augusta, il cui tracciato collegava Spina con il bacino portuale classense, che fino all'epoca tardo imperiale doveva essere navigabile.

Una situazione simile si è riscontrata nella zona tra Ravenna e la foce dei Fiumi Uniti. Alcuni sondaggi eseguiti a sud di Porto Fuori, tra l'argine destro dei Fiumi Uniti e via Muro Lungo, hanno individuato la persistenza di un ambiente marino costiero tra 19,50 m e 5,80 m di profondità, mentre la spiaggia vera e propria doveva trovarsi più a ovest. I depositi superiori, compresi tra 5,80 m e 2,50 m, testimoniano la presenza della linea di costa soltanto in

¹² Fabbri P. 1976, pp. 209-226.

¹³ Ivetic E. 2019, p.23-47.

¹⁴ Augenti A. (a cura di) 2011, pp. 63-65.

¹⁵ Veggiani 1980, pp. 3-19.

un secondo momento, probabilmente da riconoscersi tra l'età tardoantica e altomedievale¹⁶. La precedente conformazione della linea di costa è dettata anche dagli importanti ritrovamenti delle imbarcazioni rinvenute a Valle Ponti e presso una cava di Cervia, frutto di naufragi e di successivi eventi di interrimento verificatisi nel corso del II-III secolo d.C., periodo in cui l'intera area emerse dall'acqua, a causa di fenomeni di regressione marina che provocarono uno spostamento della costa da occidente verso oriente, fino a raggiungere le posizioni attuali. Dal V secolo, infatti, lungo la direttrice compresa tra la Strada Statale Adriatica e la ferrovia Ravenna-Rimini, cominciarono a sorgere i grandi complessi ecclesiastici di Classe (San Severo, la basilica Petriana, la cosiddetta basilica del Beato Probo), attorno ai quali probabilmente andò a concentrarsi e a gravitare la popolazione durante i secoli del progressivo declino del centro urbano, a partire dall'VIII secolo fino al totale abbandono dello stesso.

Un punto importante per tracciare la linea di costa per i secoli X-XI è costituito dal porto di Santa Maria, che si sviluppò accanto alla chiesa di Santa Maria in Porto Fuori in seguito all'insabbiamento del porto romano di Ravenna. La presenza di una foce a Porto Fuori, attestata a partire almeno dall'XI secolo, dimostra che la linea di costa si era protratta di oltre 2,5 km in non più di 6/7 secoli. L'interramento del porto di Classe costrinse l'abitato e i centri che vi gravitavano intorno alla bonifica delle aree umide e alla riconversione del centro portuale in centro di produzione agricola. In età moderna, il processo di alluvionamento e interrimento dell'area, fu parzialmente contrastato con il tentativo di mantenere i canali navigabili e di attrezzare, nel XVII secolo, le foci dei fiumi con moli e torri di guardia a difesa del litorale, i cui resti nell'attuale paesaggio agricolo costituiscono un elemento fondamentale per la ricostruzione della linea di costa in epoca moderna. Nel corso del Settecento la linea di costa compresa tra "Punta Marina" (sede del ritrovamento dell'ancora tipo ammiragliato) e la foce dei Fiumi Uniti piegava verso l'entroterra fino a lambire la Pineta di S. Vitale, per poi tornare verso Est al delta del Primaro, formando in tal modo, tra le due foci, una grande insenatura chiamata Baiona¹⁷. Nel 1650 si cominciò a progettare il canale Candiano di collegamento tra Ravenna e il mare, che venne realizzato un secolo dopo. Nel 1650 lo sbocco del Candiano venne collegato a Ravenna per mezzo di un canale artificiale, detto Panfilio (dal nome del casato Pamphili di papa Innocenzo X). Verso la città il canale seguiva sulla destra l'antica via Cesarea arrivando a ridosso dell'argine del Ronco. Nel 1730, un progetto sistematico di operazioni idrauliche distolse il Ronco e il Montone dai loro percorsi periurbani. I due fiumi furono così allacciati e convogliati a mare lungo un canale unico. Tra le principali conseguenze dei lavori, il nuovo canale andò a rescare il Panfilio imponendo l'abbandono del Porto Candiano, poi sostituito da Porto Corsini¹⁸.

¹⁶ Veggiani A. 1973, pp. 3-24.

¹⁷ Stoppa P. 1998.

¹⁸ Mazzotti O. 1998.

3 ATTIVITÀ PREVISTE DAL PROGETTO

Il presente lavoro prende in considerazione sia la documentazione relativa al progetto autorizzata con decreto n.3 del novembre 2022 n.50¹⁹ sia le ottimizzazioni progettuali apportate alla sezione offshore dell'opera contenute all'interno della relazione REL-PROG-E-00009_FSRU e degli allegati.

Il progetto di Snam FSRU Italia ricomprende le opere necessarie alla connessione con la Rete Nazionale Gasdotti 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.

Il progetto include le seguenti opere da svolgersi a mare:

- ✓ N. 1 mezzo navale tipo FSRU (floating Storage and Regassification Unit) di dimensioni pari a circa 292,5 metri di lunghezza per 43,4 metri avente capacità di rigassificazione di circa 880.000 sm³/h e capacità di stoccaggio nominale pari a circa 170.000 m³
- ✓ Riqualficazione dell'esistente piattaforma PETRA ex proprietà della PIR e oggi di proprietà di SNAM con attività di sostituzione e adeguamento del sistema di ormeggio; adeguamento degli impianti di allaccio e trasferimento del gas; adeguamento degli impianti elettrici e dei sistemi anti incendio e attività connesse al collegamento della FSRU con le tubazioni che porteranno il gas a terra.
- ✓ Costruzione di una diga frangiflutti lunga 882 m a protezione dell'impianto PETRA e delle navi ormeggiate.
- ✓ Movimentazione di sedimenti del fondale marino lungo tutto il tratto a mare della condotta fino all'exit point del microtunnel e, in particolare, in prossimità della Piattaforma Petra e nell'area sottostante la Diga.
- ✓ Attività relative alla fondazione di sostegno della piattaforma d'ormeggio e opere connesse all'adeguamento della piattaforma Petra. Infissione di pali in acciaio di diametro opportuno infissi nel fondale marino fino ad una profondità tale da garantire il sostegno dei carichi verticali e dei tagli orizzontali.
- ✓ Posa della sealine denominato Metanodotto Allacciamento FSRU Ravenna di lunghezza pari a 8.5 km. Il metanodotto partendo da terra transiterà in microtunnel quindi proseguirà in fossato in post trenching fino alla piattaforma.
- ✓ Connessione elettrica con cavo MT e posa del cavo TLC a fibra ottica all'interno delle condotte PIR esistenti.
- ✓ Rimozione di un tratto di condotta sottomarina ENI per interferenza con aree di dragaggi.

Di seguito si riportano le diverse attività previste, tenendo in considerazione le ottimizzazioni progettuali e considerando esclusivamente le opere che incideranno sui fondali marini di Punta Marina.

➤ Diga foranea a protezione della piattaforma PETRA

Posizionata ad est della piattaforma di ormeggio della FSRU, questa struttura sarà costruita a circa 135 metri di distanza dalla piattaforma Petra garantendo protezione all'ormeggio della FSRU e lasciando comunque uno spazio di mare protetto sufficiente tra l'ormeggio e il paramento interno della diga per servire logisticamente la piattaforma con mezzi navali dedicati e offrire un riparo ai rimorchiatori in servizio.

La diga frangiflutti nella configurazione ottimizzata si presenta planimetricamente come una spezzata costituita da 2 segmenti anch'essi orientati secondo la direzione principale nord-sud, di sviluppo complessivo pari a circa 882 m e larghezza pari a circa 23,50 m che diventa in corrispondenza delle due testate circa 37,80 m.

La diga sarà costituita da 35 cassoni cellulari prefabbricati in cemento armato trasportati in galleggiamento e zavorrati con materiale inerte e calcestruzzo magro. I cassoni saranno posati su di uno scanno di imbasamento la cui preparazione prevede il dragaggio del primo strato di materiale naturale che costituisce l'attuale fondo marino a quota -14 m per una potenza di circa 3 metri fino alla quota di -17 m s.l.m. L'area oggetto di scavo avrà un'ampiezza di circa 100 m e una estensione complessiva di poco superiore a 882 metri, ovvero l'intero tracciato di posa dei cassoni che costituiranno la diga. Per i terreni di fondazione d'impasto sottostanti lo scanno d'imbasamento è previsto il preventivo consolidamento mediante la formazione di colonne di ghiaia a maglia

¹⁹ <https://serviziambiente.regione.emilia-romagna.it/viavasweb/ricerca/dettaglio/5706>.

prestabilita realizzate con la tecnica della “vibrosostituzione” profonda, associato a specifici accorgimenti. L'intervento riguarderà l'intera area di imbasamento dei cassoni ottenuta a seguito dei dragaggi preventivi e dovrà essere estesa all'intero sviluppo longitudinale della diga foranea secondo gli elaborati grafici di progetto. La lunghezza media delle colonne è stata preliminarmente ipotizzata di circa 13 metri. Non sono da escludere profondità variabili in funzione delle condizioni stratigrafiche effettive presenti lungo lo sviluppo della diga.

Dopo aver completato il consolidamento si prevede la successiva predisposizione, sul fondale, di uno strato di ripartizione drenante basale in materiale granulare (“Drainage blanket”) racchiuso alla base e in sommità da un doppio geo-composito avente funzione di rinforzo, separazione e drenaggio, e al di sopra, la realizzazione dello scanno d'imbasamento di pietrame di varia pezzatura di spessore pari a circa 3.5/4 metri. Successivamente, l'area scavata sarà colmata con materiale lapideo al fine di preparare lo scanno di posa dei cassoni. L'opera a parete verticale sarà quindi costituita da n. 35 cassoni cellulari prefabbricati trasportati in galleggiamento e affondati in opera, mediante l'immissione di acqua, sullo scanno di imbasamento. Successivamente comincerà il riempimento delle celle dei cassoni impiegando materiale inerte.

Di seguito si riportano due figure che mostrano lo sviluppo planimetrico della diga ottimizzata e una sezione tipo:

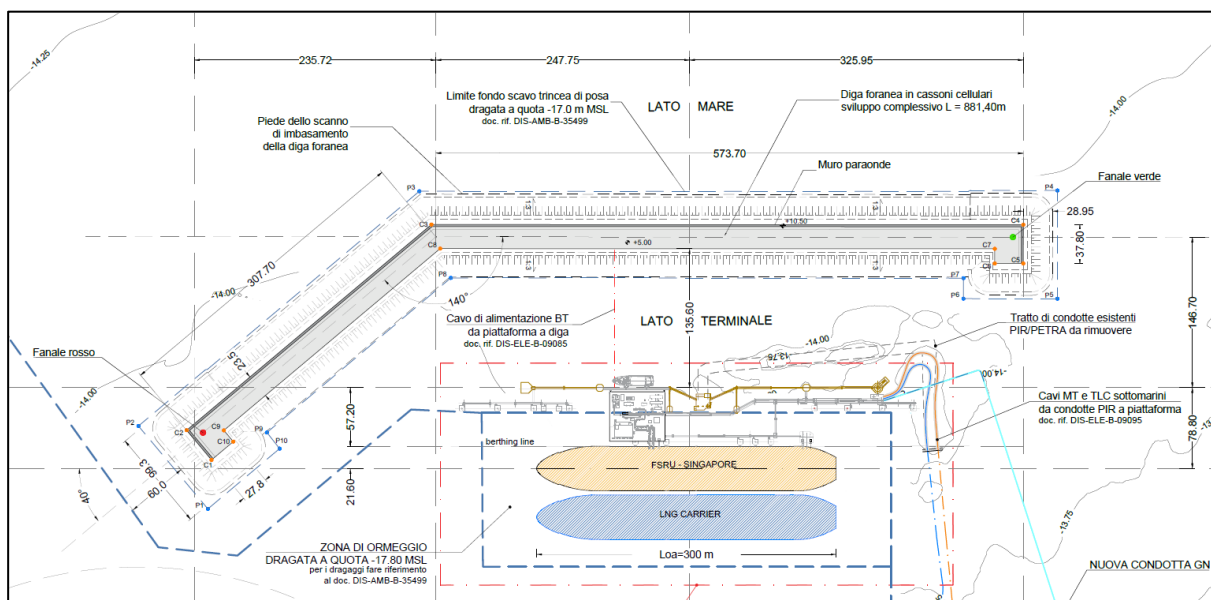


Figura 3.1. Diga foranea ottimizzata

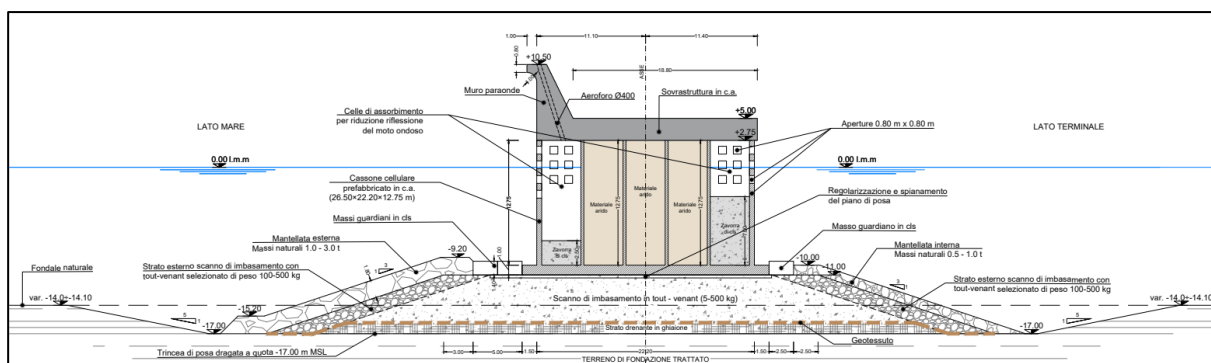


Figura 3.2. Sezione della diga foranea ottimizzata.

Le ottimizzazioni hanno anche riguardato il miglioramento della stabilità dei cassoni utilizzando, come zavorramento, esclusivamente materiali aridi provenienti da cava in sostituzione della quota parte di materiale di dragaggio come precedentemente ipotizzato. L'altezza dei manufatti, comprensiva della platea di fondazione e

piastre prefabbricate di copertura delle celle, esclusa la sovrastruttura da realizzare in opera, sarà pari a circa 12,75 m. Lo scanno d'imbasamento dei cassoni relativi alla sezione corrente sarà realizzato con tout venant da 5 a circa 500 kg di pezzatura, selezionando la pezzatura da 5 a 50 kg per la porzione immediatamente sotto i cassoni. Lo scanno sarà rivestito lato terminal da una scogliera in doppio strato di massi 0.5 ÷ 1 tonnellate, lato mare da una scogliera in doppio strato di massi 1 ÷ 3 tonnellate.

Le dimensioni geometriche complessive della sezione trasversale tipo al piede saranno pari a circa 65 m, con pendenza delle scarpate pari a 3/1. La sezione di testata prevede un potenziamento della mantellata con doppio strato di massi 2 ÷ 5 tonnellate a protezione di tutto il perimetro esposto.

Al piede dei cassoni, per tutta la lunghezza e lungo tutto il perimetro dei cassoni di testata, è prevista una protezione anti-scalzamento con una doppia fila di massi guardiani in calcestruzzo di forma parallelepipedica di circa 2,50 m x 3,70 m x 1,40 m per la sezione corrente e 2,50 m x 5,00 m x 1,50 m per la sezione di testata.

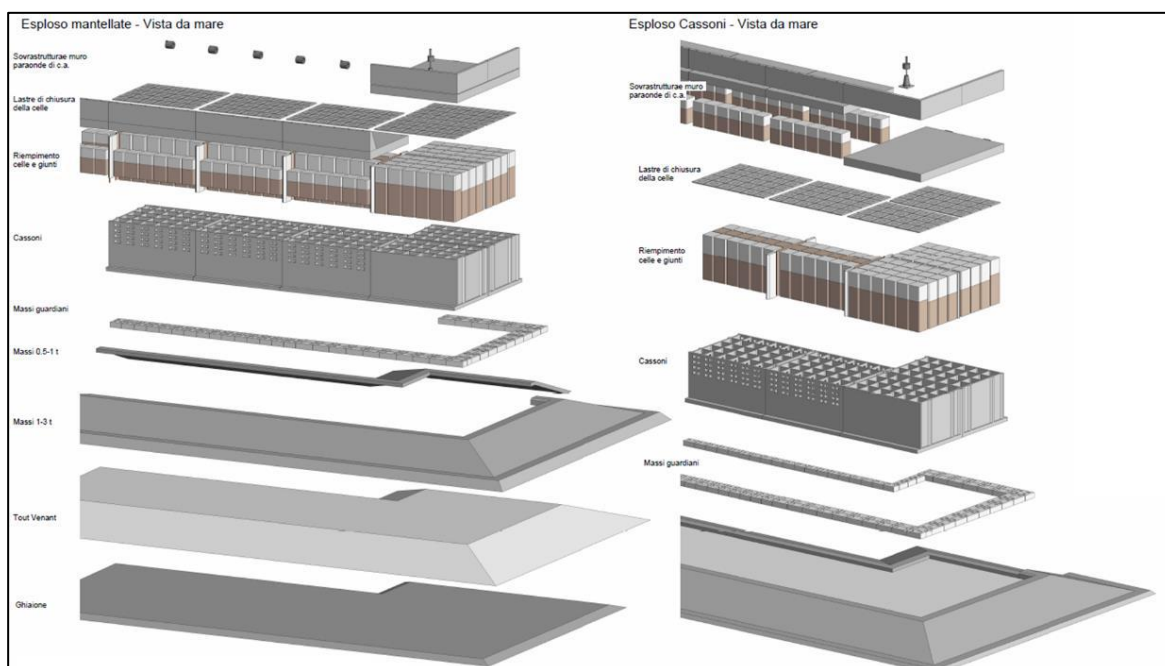


Figura 3.3. "Esploso" delle diverse fasi della diga

Le fasi realizzative principali avranno la seguente sequenza:

- ✓ dragaggio della cunetta di imbasamento della diga;
- ✓ consolidamento dei fondali con pali in ghiaia;
- ✓ realizzazione dello scanno d'imbasamento;
- ✓ posa in opera dei cassoni cellulari e dei massi guardiani;
- ✓ posa in opera della sovrastruttura e del muro paraonde.

Il dragaggio verrà eseguito contestualmente allo scavo dei fondali delle aree di ingresso/uscita e manovra delle navi metaniere.

Il consolidamento dei fondali e la realizzazione dello scanno d'imbasamento verranno eseguiti in parallelo alla prefabbricazione dei cassoni, della sovrastruttura, e dei massi guardiani. Gli elementi del muro paraonde potranno essere prefabbricati in modo da ridurre i getti da eseguire in opera. La prefabbricazione dei cassoni avverrà in aree cantiere dedicate a terra con idoneo sbocco a mare che saranno individuate a cura del futuro appaltatore dei lavori.

I cassoni verranno prefabbricati in appositi bacini galleggianti ormeggiati a terra nelle aree di cantiere. Il singolo cassone, una volta completato, verrà varato dal bacino galleggiante e ormeggiato per essere allestito per il suo trasporto in opera. Completato l'allestimento, il cassone verrà trainato in galleggiamento fino a raggiungere la zona di posa in opera (scanno di imbasamento) dove verrà posizionato e affondato tramite l'immissione di acqua nelle sue celle e successivamente stabilizzato mediante zavorramento con materiale arido di cava e calcestruzzo magro. I lavori dureranno circa 27 mesi con previsione di inizio a giugno 2024.

Le effettive operazioni in mare inizieranno nell'estate 2024 con i dragaggi e quindi il consolidamento dei fondali. I cassoni cominceranno ad essere installati nell'autunno 2024. Nello stesso periodo la piattaforma di ormeggio sarà nella sua fase finale di completamento. Tra le due infrastrutture è previsto un'area di rispetto e non interferenza delle operazioni che verrà definita con le autorità tecnico-nautiche.

Durante le operazioni di costruzione della diga, saranno utilizzati principalmente pontoni e/o jack up per le fasi di consolidamento dei terreni, messa in opera dei massi e riempimento cassoni. Rimorchiatori per il trasferimento dei cassoni dai cantieri di prefabbricazione e navi di scorta e logistica (supply vessel).

Durante le operazioni di costruzione della diga, sarà dapprima utilizzata una draga per la formazione della cunetta di imbasamento della diga e per il versamento nel sito di conferimento a mare del materiale dragato. Verranno quindi utilizzati pontoni autopropulsi e/o trainati da rimorchiatori che verranno di volta in volta attrezzati con apposite gru necessarie per eseguire:

- ✓ il consolidamento dei terreni di fondazione con colonne di ghiaia inclusa la posa in opera dei geocompositi;
- ✓ lo scanno di imbasamento;
- ✓ la posa in opera dei massi guardiani;
- ✓ la posa in opera dei massi posti a protezione dello scanno. Il materiale necessario per la formazione di queste opere verrà approvvigionato mediante bettoline e/o pontoni.

Per la posa in opera dei cassoni si utilizzeranno pontoni equipaggiati con winch, corpi morti e sistemi di pompaggio dell'acqua di mare. Anche la stabilizzazione dei cassoni con materiale arido e calcestruzzo magro verrà effettuata con pontoni opportunamente attrezzati e alimentati con bettoline.

➤ **Aree di dragaggio**

Le aree di dragaggio ottimizzate presentano le seguenti caratteristiche (Rif. Figura 3.4):

- ✓ La larghezza del canale di accesso delle metaniere rimane stabilita pari a 500 m, l'area di manovra nei pressi della piattaforma è confermata dalle simulazioni navali eseguite presso Cetena;
- ✓ Su tutta l'area di manovra e il canale di accesso la profondità di dragaggio è confermata a -15,40 m s.l.m.;
- ✓ Sotto l'impronta della FSRU e della LNG carrier verrà previsto un approfondimento del dragaggio da -15,40 m s.l.m a -17,80 m s.l.m.
- ✓ Sotto l'impronta della diga frangiflutti verrà previsto un dragaggio fino a -17,00 m s.l.m.
- ✓ Sono state inglobati nei volumi da dragare piccole porzioni di area (reliquati di circa 20.000 m²) tra canale di accesso e impronta della diga (spigolo nord-est).
- ✓ La necessità di approfondire l'impronta di dragaggio sotto la base della diga frangiflutti nasce dalle scadenti qualità dei sedimenti costituenti i primi 12-15 m dei fondali e dalla necessità di realizzare il consolidamento dei fondali con colonne di ghiaia.

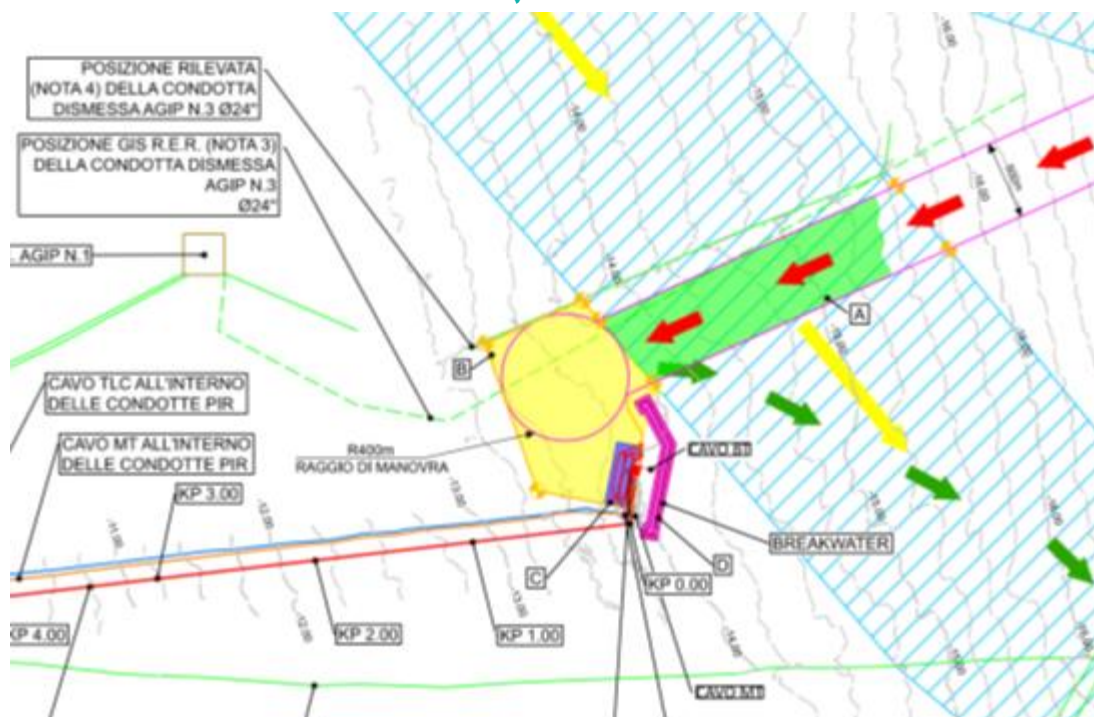


Figura 3.4. Rappresentazione delle Aree di dragaggio (Progetto ottimizzato)

Tabella 3.1. Volume dei sedimenti da dragare (REL-PROG-E-00009_FSRU)

Tipologia (come rappresentata nel dis. DIS-AMB-B-35496)	Descrizione	Area poligono (m ²)	Volume dragaggio (m ³)
Area Tipo A	Zona canale traslata a seguito dell'ottimizzazione del posizionamento della diga	885.300	860.000
Area Tipo B	Zona di manovra traslata a seguito dell'ottimizzazione del posizionamento della diga	854.100	1.733.000
Area Tipo C	Approfondimento sotto l'impronta della FSRU e della LGN Carrier (metaniera)	59.900	299.000
Area Tipo D	Approfondimento sotto l'impronta della Diga frangiflutti	84.500	323.000
TOTALE VOLUME DI DRAGAGGIO			3.215.000

Le draghe impiegate per lo svolgimento di queste attività saranno del tipo aspirante refluyente, ossia Trailer Suction Hopper Dreger-TSHD.

Si tratta di draghe in cui il sistema di dragaggio è allestito su di una nave appositamente strutturata. Il braccio aspirante è calato al fianco dell'imbarcazione fino a raggiungere il fondale scavato grazie a una testa aspirante. Il sedimento aspirato e liquefatto è caricato all'interno della nave in una vasca di deposito in cui è trattenuto il sedimento e smaltita l'acqua. La testa aspirante, in genere, presenta denti metallici per grattare il fondale e presenta reti e filtri interni per evitare che il materiale di grandi dimensioni intasi il sistema di aspirazione.

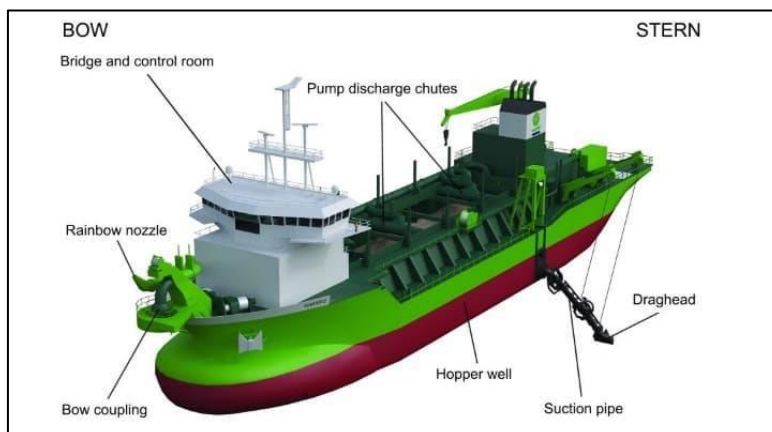


Figura 3.5. Draga del tipo Trailer Suction Hopper Dredger-TSHD.

I volumi di sedimenti marini da dragare saranno rilocati in corrispondenza dell'area delle aree di immersione marina denominate SITO RA_2 (sito già autorizzato all'immersione dei sedimenti anche per attività del porto di Ravenna) e SITO RA_3 (area soggetta a iter autorizzativo da parte della Regione Emilia-Romagna) (rif. Figura 3.6).

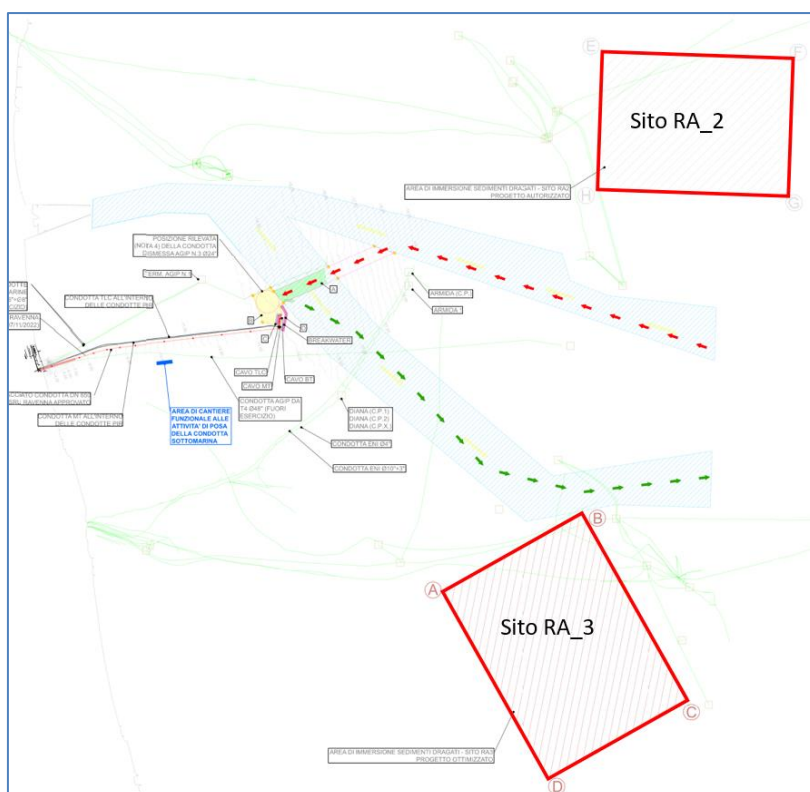


Figura 3.6. Aree destinate al deposito dei sedimenti dragati SITO RA_2 e SITO RA_3

➤ **Rimozione della condotta ENI (24") e rimozione delle condotte PIR e posa del cavo MT e cavo TLC**

L'avvicinamento della diga alla piattaforma di ormeggio comportando la traslazione del canale di accesso e delle aree di manovra ha avvicinato l'impronta delle stesse quasi a lambire il tracciato di una condotta sottomarina di Eni già fuori esercizio e di diametro DN 600 (24") creando una potenziale interferenza con le aree di dragaggio²⁰. Il

²⁰ REL-PROG-E-00009; REL-SA-E-13026

tratto di tubazione interferente è parte della condotta DN 600 (24") che collegava l'ex Terminale Agip n.3, dismesso e rimosso nel dicembre 2000, con in Terminale Agip n.1.

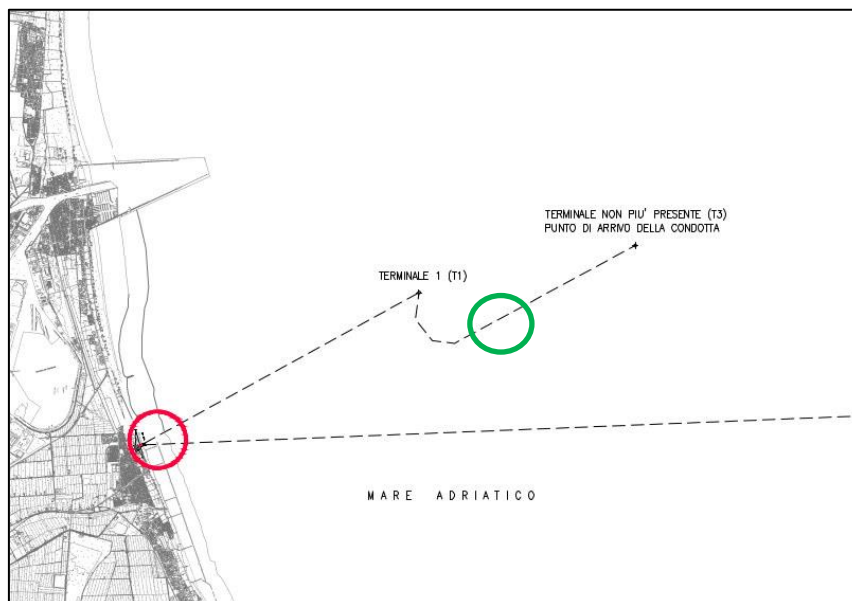


Figura 3.7. Estratto dal documento Eni Rewind S.p.A. "Individuazione dei Terminali T1 e T4, aggiornamento delle coordinate FUSO EST – Fig.1 di 2 – Nel cerchio verde la zona interessata dalla rimozione (REL-SA-E-13026)

La condotta oggetto di rimozione è stata utilizzata l'ultima volta per il trasporto di prodotti petroliferi (gasolio) nel febbraio del 1992. La condotta è stata messa fuori esercizio e bonificata tra il 1995 e 2003. La linea 24" è complessivamente lunga 5396 m, il tratto che verrà rimosso ha una lunghezza di circa 700 m procedendo in direzione Nord-Ovest lungo un fondale con profondità comprese tra 13 e 14 m circa. In fig.2 la zona di rimozione è ubicata su mappa Eni Rewind.

Lo stralcio planimetrico nella figura sottostante mostra la potenziale interferenza (in arancione) tra l'area, l'impronta dell'area di manovra e il tratto di condotta Eni.

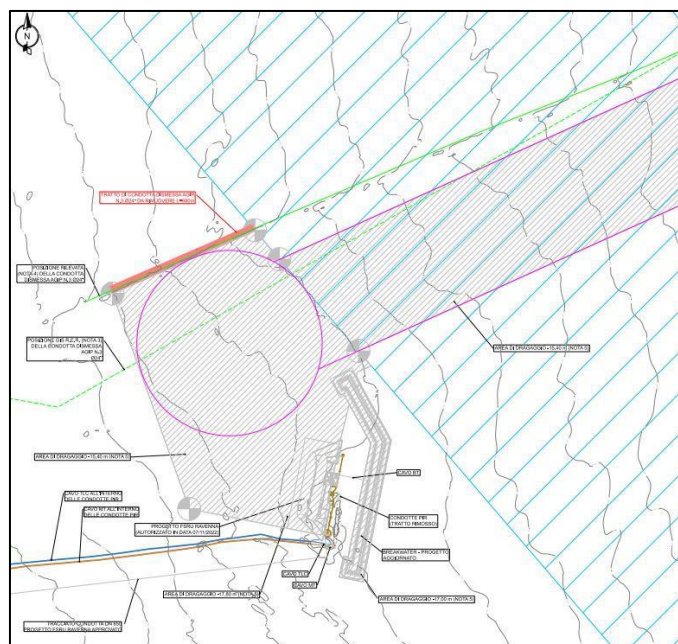


Figura 3.8. Stralcio planimetrico. In arancione il tratto di condotta da dismettere

Il tratto di condotta da rimuovere ha le seguenti caratteristiche:

Caratteristiche Tratto di Condotta da rimuovere	
Coordinate Inizio tratto in dismissione	E 292080.78, N 4927585.21
Coordinate Termine tratto in dismissione	E 292697.40, N 4927852.85
Fondale	Sabbioso-limoso – profondità 13-14 m
Diametro Nominale	600 mm (24")
Lunghezza Tratto da rimuovere	680 m
Materiale	API-5L gr. B S.S.
Spessore	9,52 mm
Appesantimento	con blocchi in cls collegati a coppie ogni 25 m e cavo d'acciaio a cavallo della tubazione

Dopo aver esaminato e valutato i risultati delle survey, l'attrezzatura subacquea per la sorbonatura, un'apposita pompa di aspirazione, verrà dispiegata in corrispondenza del tratto da rimuovere. I sommozzatori inizieranno la rimozione dei sedimenti depositatisi sulla condotta e la controlleranno a intervalli fino a quando non sarà stata rimossa una quantità di materiale sufficiente a consentire un comodo e sicuro accesso ai siti di taglio previsti.

Un lavoro simile²¹ sarà svolto anche in funzione della riduzione di lunghezza delle condotte di collegamento della piattaforma Petra con la centrale PIR sulla terraferma. Si tratta di due tubazioni ormai in disuso che transitano parallele poco a N rispetto al tracciato previsto per il nuovo collegamento sottomarino. In prossimità del punto di allaccio alla piattaforma, saranno asportati circa 340 metri totali su entrambe le condotte seguendo la procedura sopra descritta che prevede lo scavo, l'esposizione il taglio e la rimozione del tratto dei tubi.

I rimanenti tratti di condotta saranno reimpiegati per far transitare il cavo MT che elettrificherà la piattaforma dalla terraferma e il cavo TLC a fibra ottica

I cavi MT e TLC raggiungeranno la piattaforma riutilizzando le condotte dismesse PIR. Nel tratto compreso tra il punto di allaccio alla piattaforma e l'ingresso dei tubi tagliati, i cavi saranno posati sul fondale.

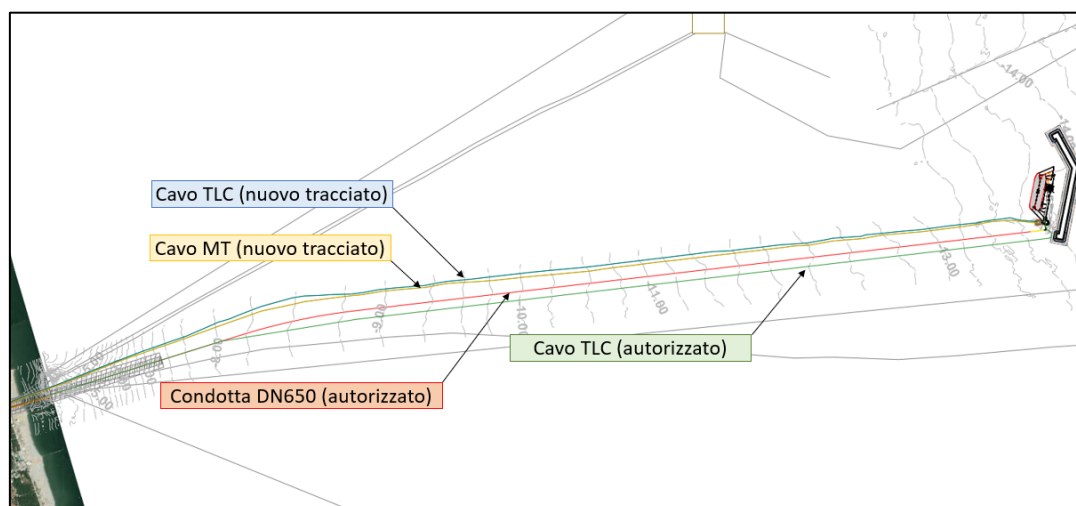


Figura 3.9. Tracciato ricollocato per il collegamento elettrico della piattaforma.

²¹ REL-PROG-E-00009; DIS-ELE-B-09095

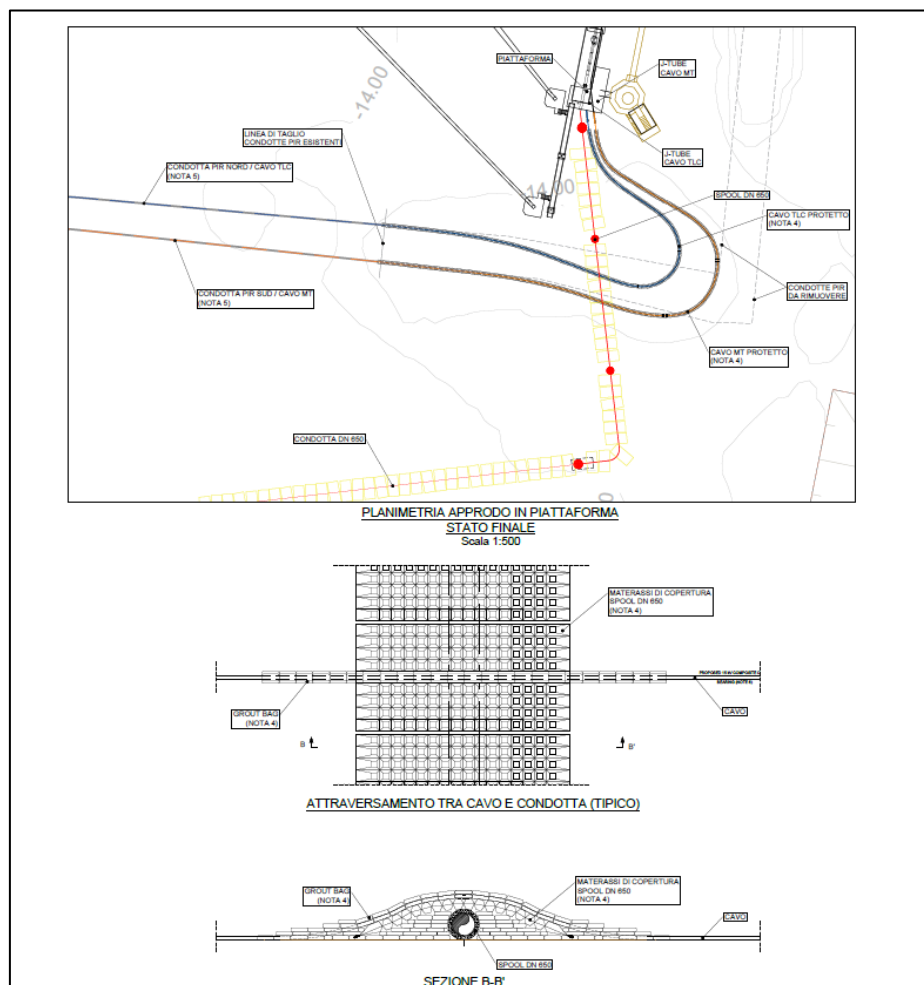


Figura 3.10. Punto di intersezione dei cavi MT e di collegamento con la piattaforma

Tra gli interventi di adeguamento previsti per la piattaforma Petra che ospiterà la nave FSRU sono previste attività di posa di pali per l'installazione sul fondale di un sistema d'ormeggio su Jacket ossia su di una struttura tubolare a forma di traliccio ancorato sul fondale marino per mezzo di quattro pali²². La piattaforma fu realizzata alla fine degli anni '80 ed era destinata all'allibio di navi petroliere che scaricavano il prodotto e lo trasferivano, attraverso due condotte tuttora esistenti, al parco serbatoi a terra situato nell'area industriale del porto di Ravenna e da qui, attraverso un oleodotto, alla Centrale Enel di Porto Tolle. La piattaforma risulta inattiva da almeno un decennio. La piattaforma ha una lunghezza di circa 350 m, è alta circa 11,5 m e consentiva l'attracco di petroliere con stazza (DWT) da 18.000 a 80.000 tons con lunghezze comprese tra 160 e 270 m ed un pescaggio massimo di 11,5 m. La necessità di adeguare la struttura all'ormeggio del mezzo FSRU impone la creazione di idonee strutture su palificate che andranno a impattare sull'attuale fondale prospiciente la piattaforma dove il fondale risulta sabbioso e si incontra a quote comprese tra 13 e 14 m.

²² MI-SDF-E-09101; PG-FTE-E-09000; REL-PROG-E-00009

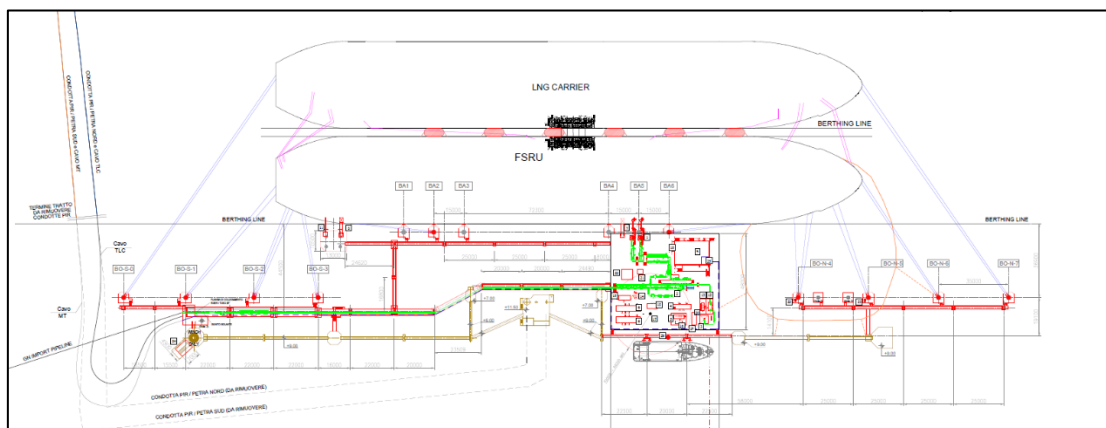


Figura 3.11. Planimetria generale dell'ormeggio.

➤ **Met. Allacciamento FSRU Ravenna - Tratto a mare 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. Il metanodotto (diametro: 26") sarà varato sul fondale dalla piattaforma offshore di Petra fino alla batimetrica di -5,5 m (distanza dalla costa di circa 1,3 km), in corrispondenza della quale sarà posato all'interno di un microtunnel in modo da consentire lo spiaggiamento senza l'esecuzione di trincee aperte. La sezione di condotta rimasta esposta sul fondo sarà successivamente infossata tramite post trenching²³.

La scelta del tracciato è stata eseguita con l'obiettivo di garantire, per quanto possibile, lo sviluppo della condotta in parallelo (e in stretta vicinanza) alle condotte PIR che attualmente collegano la piattaforma offshore alla stazione di ricezione a terra, consentendo in questo modo di minimizzare possibili interferenze con l'ambiente e le attività antropiche presenti nello specchio marino di interesse.

Dalla piattaforma offshore il tracciato si svilupperà lungo la direttrice Ovest-Sud-Ovest per circa 8,4 km, posizionandosi a sud delle condotte esistenti PIR. Per i primi 5,5 km circa il tracciato si sviluppa parallelo alle condotte esistenti del PIR (rimanendo comunque ad una distanza non inferiore a 87 m dalle stesse). Il gasdotto presenta un breve tratto curvilineo di raggio pari a 5000m da KP 5.5 per un tratto di circa 1,0 km. Successivamente, il tracciato si disporrà nuovamente rettilineo (secondo la direttrice Ovest-Sud-Ovest) fino al punto di uscita del tratto in microtunnel, situato a circa 1,3 km dalla costa su una profondità d'acqua di -5,5 m (coordinate WGS84/UTM-33_N: X=285944.059 mE; Y=4925398.595 mN). Il punto di uscita a terra del microtunnel sarà ubicato presso la stazione di ricezione Petra (coordinate WGS84/UTM-33_N: X=284693.761 mE; Y=4925007.627 mN).

Nella tabella sottostante sono riportate le coordinate del tracciato di progetto della condotta sottomarina:

²³ PG-FTE-E-09000

Tabella 3.2. Coordinate del tracciato

KP (km)	Longitudine (mE)	Latitudine (mE)	WD @ LAT (m) (NOTA 1)	Raggio Curva (m)
0.00	292912.6693	4926424.5419	-13.0	
1.00	291919.4200	4926308.5422	-12.3	
2.00	290926.1708	4926192.5424	-10.6	
3.00	289932.9215	4926076.5427	-10.4	
4.00	288939.6723	4925960.5429	-9.2	
5.00	287946.4231	4925844.5431	-7.9	
5.46	287491.8798	4925791.4579	-7.1	5000
6.00	286957.6386	4925699.4777	-6.6	
6.39	286579.6341	4925597.3397	-6.0	
7.00	285999.0193	4925415.7815	-5.4	
8.00	285044.5937	4925117.3326	-2.2	
8.37	284693.7613	4925007.6273	1.0	
COORDINATE: WGS84 / UTM ZONE 33N (EPSG: 32633)				

L'area interessata dal tracciato della condotta è caratterizzata da una batimetria che dalla linea di costa degrada dolcemente verso il largo fino a raggiungere una profondità di -13/14 m in corrispondenza della Piattaforma Petra. Il terreno per i primi metri dalla costa è formato da sabbie litorali e prosegue verso mare con Peliti di Prodelta e di Piattaforma. Si è inoltre previsto l'infossamento della sezione di condotta al di fuori del microtunnel (tratto di lunghezza di 7,1km circa) prima della fase di avviamento. Lo scavo sarà eseguito con la tecnologia del post-trenching.²⁴

➤ **Scavo del punto di uscita del microtunnel e area di cantiere funzionale alle attività di posa**

Il progetto autorizzato prevede che l'approdo costiero della condotta venga realizzato con tecnologia trenchless, in particolare tramite la realizzazione di un microtunnel.

Il punto di uscita a mare del microtunnel è localizzato a circa 1200 m dalla linea di costa, ad una profondità del fondale di circa 6 m. La lunghezza del microtunnel è di circa 1300 m.



Figura 3.12. Riproduzione esemplificativa del microtunneling e del recupero finale della testa fresatrice

²⁴ Tubo del tipo DN 650 – Ø = 26" (660,4mm)

Per la realizzazione del microtunnel è previsto l'utilizzo di una fresa a scudo chiuso, una volta che la fresa ha raggiunto la posizione finale prevista, in corrispondenza del punto di uscita a mare (exit point), la stessa viene recuperata attraverso la realizzazione di una trincea di scavo che dovrà consentire anche le successive operazioni di infillaggio della condotta di circa 30.000 m³.

Come anticipato, la scarsa qualità dei sedimenti marini non esclude che il volume da asportare possa sensibilmente aumentare dagli stimati (senza indagini geotecniche) circa 17.000 m³ a circa 30.000 m³, anche per una diminuzione stimata dell'angolo di inclinazione delle pareti di scavo dal previsto 1:3 ad un atteso 1:5 circa.

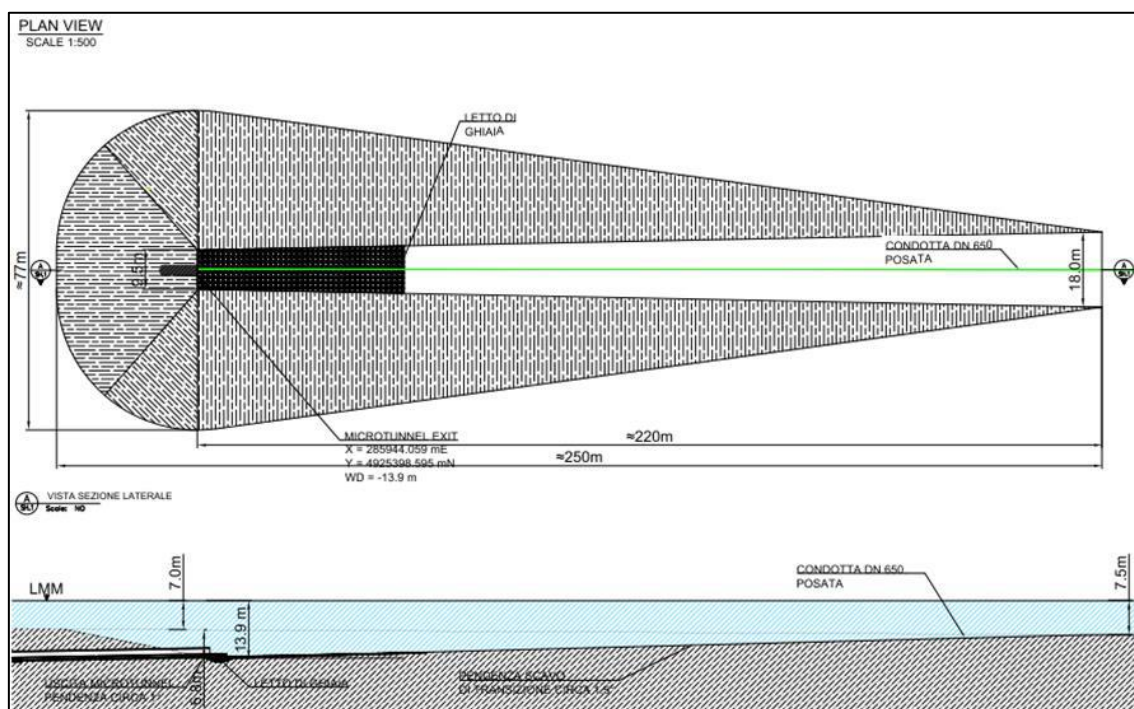


Figura 3.13. Layout dell'area di transizione per le attività previste all'uscita del microtunnel offshore

Complessivamente la realizzazione del progetto per le attività a mare prevede tre diverse tipologie di attività che andranno ad interferire la stratigrafia attuale del fondale o semplicemente ad alterarne la superficie attualmente esposta.

➤ Opere di Dragaggio

Questa attività avverrà principalmente tramite l'impiego di draghe del tipo Trailer Suction Hopper Dreger-TSHD:

- ✓ Su tutta l'area di manovra e il canale di accesso la profondità di dragaggio è confermata a -15,40 m s.l.m;
- ✓ Sotto l'impronta della FSRU e della LNG carrier verrà previsto un approfondimento del dragaggio da -15,40 m s.l.m a -17,80 m s.l.m.
- ✓ Sotto l'impronta della diga frangiflutti verrà previsto un dragaggio fino a -17,00 m s.l.m.
- ✓ In corrispondenza del punto di uscita del microtunnel

➤ Scavo in micro tunneling

Queste opere avranno anch'esse un impatto sulla stratificazione del fondale su scala minore con interventi puntuali in corrispondenza del tracciato del microtunnel lungo circa 1300 metri dal punto di imbocco a terra a quello di sbocco a mare. Il diametro del tunnel sarà di circa 2,5 metri. il volume totale del terreno rimosso per il tunnel è stato stimato all'incirca in 11.000 m³.

➤ **Opere di ricollocamento dei sedimenti e di posa delle tubazioni**

Queste attività avranno un impatto pressoché nullo sulla stratigrafia riguardando la superficie del fondale e lo strato superficiale dello stesso.

4 IL CONTESTO MARITTIMO RAVENNATE NELL'ANTICHITÀ

Nella storia della navigazione l'Adriatico si colloca come un settore di primaria importanza nel quadro generale della navigazione mediterranea. Questo mare, infatti, ha sempre rappresentato una via di transito molto trafficata che metteva in contatto, tra l'altro, le regioni centro-europee con quelle mediterranee.

Le culture adriatiche, dunque si sono sviluppate sempre in stretta relazione con l'attività della navigazione, della quale, tuttavia, per alcuni periodi storici, ci sfugge una panoramica storica completa e dettagliata.

L'Adriatico fu interessato dalla navigazione di cabotaggio e a vista in epoca preistorica e protostorica, come documenta la diffusione di elementi culturali e materiali lungo le regioni costiere e sulle isole, in modo simile a quanto documentato su vasta scala nel resto del Mediterraneo. Lo stesso popolamento in antico delle isole Tremiti, insieme ai corrispettivi archeologici dei primi materiali di scambio e delle assonanze culturali tra le sponde dell'Adriatico, indicano una navigazione preistorica attiva sin dal Neolitico²⁵. I materiali provenienti dal sito di Fornace Cappuccini di Faenza sono riferibili alla cultura della ceramica impressa diffusa su entrambe le sponde dell'Adriatico²⁶.

Nell'Età del Bronzo ed in particolare nelle fasi tarde e finali, inizia ad essere documentata una penetrazione in Adriatico di elementi culturali mediterranei di provenienza egea e vicino orientali che possono inquadrarsi in un contesto di apertura di mercati e di consolidamento delle rotte, riflesso dell'impiego di tecniche di navigazione evolute e imbarcazioni di stazza tale da poter affrontare lunghi periodi in mare. Tali situazioni di rapporti transmarini sono noti anche grazie alle fonti letterarie antiche che offrono per le fasi fino all'IX secolo a.C. indizi importanti della frequentazione dell'alto Adriatico trasfigurati nei racconti mitografici degli Iperborei della saga degli Argonauti che, secondo una delle tradizioni, risalendo il fiume Istro (Danubio) pervennero nell'alto Adriatico sulle rive dell'Istria e degli eroi omerici Antenore e Diomede che, di ritorno dalla guerra di Troia, giunsero in Adriatico fondando *Patavium* e alcune città fra cui Spina e Adria.

Durante l'Età del Ferro il dato archeologico e iconografico permette di ricostruire l'esistenza di una *koinè* circumadriatica, che si concretizza nel diffuso scambio di materiali di pregio lungo le coste adriatiche oltre che nella trasmissione di elementi culturali e artistici riscontrabili nelle tecniche di incisione e nelle stele incise o lavorate a bassorilievo con tematiche legate al mare e alla navigazione. Le principali popolazioni affacciate sull'Adriatico ne controllavano saldamente le acque con un'attività navale consolidata che filtrò e limitò la presenza greca organizzata in Adriatico almeno fino alla prima metà del VI secolo a.C. circa. In questo periodo, sulle propaggini più orientali del sistema lagunare del delta del Po fu fondato l'abitato di Spina. Sito di fondamentale importanza per la ricerca archeologica dell'alto Adriatico, questo centro fu un importante emporio Etrusco noto nella tradizione letteraria antica come *polis Hellenis* caratterizzato da una produzione materiale che, tra V e VI secolo a.C., combinava caratteri greci ed etruschi confermandone il carattere di città portuale crocevia di culture. In questa fase la localizzazione degli abitati sulla costa assume una precisa connotazione legata al commercio e allo sfruttamento del mare. A questo contesto risalgono le prime attestazioni note dell'abitato di Ravenna provenienti da uno scavo effettuato in via Morigia che restituisce un quadro paesaggistico ambientale di Ravenna del tutto simile a quello della vicina Spina²⁷.

Anche Ravenna affonda le proprie radici in un tessuto mitico ricondotto dagli autori greci e latini a un'epoca antecedente la guerra di Troia. Secondo Strabone, Ravenna *“fu fondazione dei Tessali, i quali, non potendo sopportare le aggressioni dei Tirreni accolsero volentieri alcuni Umbri che occupano la città tuttora, mentre i Tessali ritornarono nelle loro sedi”*²⁸. La città si inserisce in un sistema commerciale di antichissima tradizione diventando tappa importante nei centri sorti nel paesaggio lagunare del delta del Po.

Complessivamente le fonti riportano un quadro dell'area alto adriatica prima di Roma come caratterizzata dalla presenza di una pluralità di popolazioni, di movimenti di popoli ed etnie affacciate sull'Adriatico e dedite al commercio, alla marineria e alla pirateria, quest'ultima attività esercitata dalle popolazioni illiriche, liburne ed istriane e documentata dalle fonti a partire dal IV-III secolo a.C.

Il legame delle popolazioni Adriatiche con il mare e la navigazione si riflette anche nelle tecniche costruttive navali nell'area medio alta dell'Adriatico che sembrano indicare l'impiego di caratteristiche tecniche inusuali per gli altri settori marittimi del Mediterraneo frutto di un adattamento delle marinerie locali alle condizioni ambientali dettate da questo mare.²⁹ Il caso maggiormente conosciuto è quello della Liburna, tipologia di imbarcazione attribuita al popolo dei Liburni dediti alla pirateria. Di questa tipologia d'imbarcazione le fonti tramandano la velocità, agilità e leggerezza. Per quanto attiene la tecnica d'assemblaggio di queste imbarcazioni sappiamo, grazie ad un passo di

²⁵ Medas S. 1996, pp.91-133

²⁶ Montanari G. B. et alii 1994, pp. 173-195.

²⁷ Cassai C.C. (a cura di) 2017.

²⁸ Strabone, Geog. V,1,7.

²⁹ Medas S. 1996, pp.91-133

Aulo Gellio, che erano cucite, ovvero impiegavano una tecnica di assemblaggio tramite legature che trova poco riscontro nel Mediterraneo tardo arcaico e classico ma che, al contrario, in area adriatica sembra venir praticato per tutta l'epoca romana e alto medioevale, come testimoniato dal relitto di Valle Ponti a Comacchio (datato all'epoca augustea), dal relitto di Nin in Croazia (datato al II-III secolo d.C.), dal relitto di Cervia (probabilmente riferibile al IV secolo d.C.) e da quello di Pomposa (FE) del XI secolo d.C..³⁰

Nel II secolo a.C. Strabone descrive Ravenna come la più grande città tra quelle edificate nelle paludi. Interamente costruita su palafitte, attraversata da canali che potevano contare su una considerevole quantità d'acqua di mare che, con l'alta marea, penetrava al loro interno e, sostituendo quella stagnante, contribuiva a mantenere un ambiente salubre³¹. La città doveva essere circondata da mura di fortificazione, costruita alla confluenza, tra due vie d'acqua su palificate in legno e contornata da canali navigabili che collegavano le foci e le lagune retro-costiere dell'alto Adriatico fino al Po, arteria principale navigabile di collegamento della pianura padana con il mare. Plinio³² cita gli Etruschi come i primi promotori della costruzione di canali e opere idrauliche nel delta padano creando i presupposti per quelle che i romani chiameranno *Fossae*³³.

La linea di costa all'epoca correva molto vicina alla conurbazione di Ravenna, mentre oggi il centro di età repubblicana dista circa 8 km in linea d'aria dall'attuale litorale di Marina di Ravenna. In questa fase l'area di Classe³⁴ doveva essere un'area rurale, periferica rispetto al centro urbano e caratterizzata da aree sepolcrali e abitazioni sparse. Il paesaggio ravennate cambia in epoca imperiale quando la città viene monumentalizzata, dotata di un porto voluto da Augusto per ospitare la flotta imperiale che avrebbe dovuto controllare l'Adriatico in parallelo con quella di Miseno che controllava il Tirreno. Tra il I e il III secolo d.C. il sistema idroviario padano era nel suo massimo sviluppo. Questo seguiva due direttive principali una para-litoranea, con andamento S-N (piegando verso Nord-Est nel tratto superiore), si sviluppava attraverso una sequenza ininterrotta di foci e lagune dell'Alto Adriatico che iniziava a Sud di Ravenna e proseguiva fino ad Aquileia ed erano a tratti collegate tra loro con canali artificiali ricavati dalla modellazione dei corsi d'acqua denominate *fossae*. Tra queste la più importante era la fossa Augusta che riprendeva l'andamento del Padenna, un corso d'acqua che si staccava dalle ramificazioni deltizie del Po nell'area dove oggi si trovano le Valli di Comacchio e, fluendo parallelamente alla costa, trovava sbocco poco a sud di Ravenna³⁵.

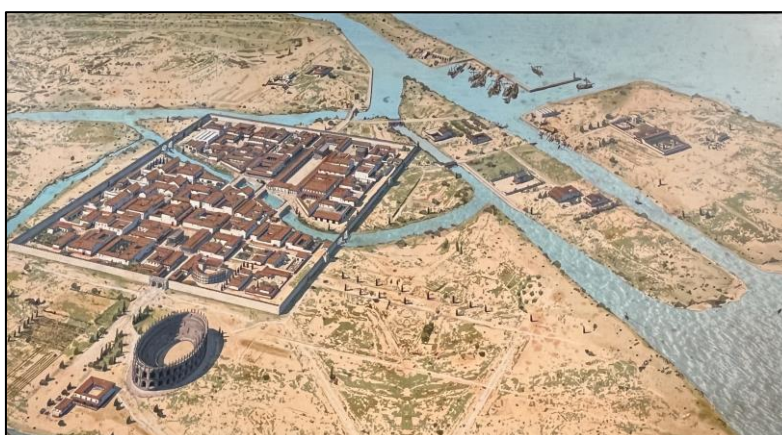


Figura 4.1. Ricostruzione di Ravenna in età Repubblicana (Museo di Classe)

Secondo gli studi topografici questa canalizzazione correva sotto le attuali vie di S. Alberto, via di Roma e via Cesarea per poi sfociare nella laguna interna e alimentare uno dei bacini portuali interni³⁶. Merita menzione il fiume Candiano, un corso d'acqua riportato sull'antica cartografia storica a partire dal XVI secolo, che deve aver sempre costituito un elemento caratterizzante del territorio ravennate già da quest'epoca fino all'epoca moderna. La direttrice Est-Ovest era rappresentata dal corso del Po, asse portante di un articolato sistema di idrovie che consentiva di risalire il delta fino alle regioni centrali e occidentali della pianura padana. Questi due assi principali erano intercettati da idrovie più o meno trasversali, nel primo caso dai fiumi che nella Venetia consentivano di inoltrarsi nella regione interna del delta e verso i territori prealpini, nel secondo caso dagli affluenti del Po, che

³⁰ Medas S. 1996, pp.91-133; Beltrame C. 2016, pp. 75-84

³¹ Strabone, Geog., V,1,7.

³² Plinio, Nat. Hist. 3,16,120.

³³ Volpe R., Belardelli P. 2004.

³⁴ Augenti A. (a cura di) 2011.

³⁵ Struttura citata da Plinio, Nat. Hist. 3,16,119; Medas S. 2022, pp. 45-51.

³⁶ Cirelli E. 2008, pp. 21-22

permettevano di risalire fino ai centri della bassa e dell'alta pianura, oltre che, in Transpadana, fino ai grandi laghi, vie privilegiate per i commerci con la Rezia e le regioni transalpine. Il consolidarsi del ruolo strategico di Ravenna sotto Augusto, con la fondazione del porto di Classe e lo stanziamento della flotta preposta al controllo dell'Adriatico e rete idroviaria padana.

La direttrice paralitoranea consentiva il collegamento tra Ravenna e i centri portuali della laguna veneta, principalmente il porto alla foce del Medoaco e quello di Altino, ma doveva proseguire fino ad Aquileia, benché quest'ultimo tratto sia storicamente documentato solo a partire dall'età di Diocleziano. La fitta rete di fiumi e canali che la intercettavano offriva la possibilità di risalire fino ai centri dell'interno, come Adria, Verona, Padova, Vicenza, Treviso e altre località, che disponevano evidentemente di propri porti fluviali o per lo meno di approdi. Questo collegamento idroviario consentiva, dunque, di proseguire le attività di trasporto su acqua anche se il mare era reso impraticabile dalle tempeste, soprattutto nei mesi autunnali e invernali, quando il grosso della navigazione marittima conosceva un fermo stagionale, onde evitare i pericoli generati dalle cattive condizioni meteorologiche³⁷.

All'inizio del I secolo a.C. Ravenna è quindi già dotata di un porto dove nel I secolo d.C. vi si stanziò la base navale di Augusto. Il porto ravennate era parte integrante del commercio dell'alto Adriatico. Al mercato alimentare testimoniato dagli studi sulla diffusione degli anforacei, si affianca il ben testimoniato commercio dei materiali da costruzione. Tra I secolo a.C. e I secolo d.C. quello dei laterizi della Pansiana, ovvero la principale fabbrica di laterizi dell'Italia nordorientale in epoca romana, ne è un esempio³⁸. La diffusione di questi prodotti comprende tutta l'area Adriatica ma si tratta di un fenomeno quasi esclusivamente costiero con scarsa penetrazione nell'entroterra, con i maggiori ritrovamenti nell'area del Delta del Po, a Rimini, in Istria a Zara e Salona. Studi sulla distribuzione dei bolli laterizi insieme agli importanti relitti di tegole segnalati lungo la costa croata hanno permesso di delineare per questa fase storica l'esistenza sia di rotte paralitoranee di collegamento tra Ravenna - Rimini - Pesaro - Ancona e, sul versante opposto tra Pola - Zara - Salona, anche di rotte specifiche tra una sponda e l'altra dell'Adriatico. Tra queste si possono citare quelle ricostruite tra Ravenna e Pola, dai bolli del *triplo Pansae Vibi* presenti solo nel Ferrarese e nel triestino ed a Pola; la rotta Rimini Zara/Rimini - Ancona - Zara, dai bolli QCP Pansiana attestati solo a Rimini e a Zara. Complessivamente l'area di diffusione di questi bolli sembra coinvolgere in misura ridotta e sporadica tutta la costa Friulana e veneta dalla zona a N di Adria fino all'Istria settentrionale; si ritiene che i porti d'imbarco fossero proprio Adria, i centri di Ravenna e forse Rimini e che le rotte raggiungessero Pola e Zara.

Sulla localizzazione del primo porto ravennate il quadro è incerto e non è adeguatamente chiarito dalle fonti. Si suppone - e le evidenze archeologiche documentate in località Chiavichetta a partire dagli anni Settanta del secolo scorso in parte lo confermano - che esso si trovasse a Classe, dove, nel V secolo d.C., ovvero all'indomani del trasferimento di sede imperiale da Milano a Ravenna, si concretizzò il progetto urbano relativo alla città di Classe con la realizzazione di un circuito murario che incorporava il centro portuale, Ravenna e il sobborgo di Cesarea³⁹.



Figura 4.2. Il porto di Classe in età Tardo Antica (Museo di Classe).

³⁷ Medas S. 2022, pp. 45-51.

³⁸ Righini V. 1996, pp. 135-198.

³⁹ Augenti A. 2011.



Figura 4.3. Linea di costa nel IV secolo d.C. (Museo di Classe)

Nel punto di massima importanza e monumentalità del porto ravennate la linea di costa correva molto vicina alla conurbazione e Classe divenne uno dei porti principali del mediterraneo caratterizzato da un quartiere portuale che si articolava lungo il canale che costituiva il limite N dell'insediamento e che collegava il bacino portuale interno, di epoca Augustea, con il mare. Il quartiere era composto da magazzini che affacciavano sulle strade basolate. Il canale presentava un'isola centrale anch'essa occupata da edifici legati all'attività portuale. In epoca Tardo Antica tra V e VI secolo il porto riceveva merci principalmente dai mercati del Mediterraneo orientale e dall'Africa settentrionale.

I dati provenienti dagli scavi archeologici indicano che la destrutturazione dei magazzini e la crisi del porto classense cominciò nel VII secolo fino alla completa destrutturazione del centro, e che, nel IX secolo, la poca popolazione rimasta si concentrò intorno agli edifici ecclesiastici e a quanto restava degli edifici ecclesiastici principali. L'interramento del porto e il mutamento del paesaggio con l'arretramento della linea di costa comportò la trasformazione del paesaggio intorno ai principali monumenti sopravvissuti, ossia la chiesa di Sant'Apollinare in Classe e quella di San Severo a cui si aggiunge un monastero benedettino.

Nel corso dell'VIII secolo i continui straripamenti del Po e le inondazioni della pianura Padana avevano costretto l'autorità ad aprire l'alveo alternativo di Primaro che aveva decretato la defunzionalizzazione della fossa Augusta e del porto romano di Classe, già da almeno un secolo in fase decadente anche a causa del processo di regressione marina che comportò un lento ma costante spostamento della costa da occidente verso oriente.

Un punto importante per rintracciare la linea di costa nel corso del IX-XI secolo è costituito dal porto di Santa Maria che si sviluppò accanto alla chiesa di S. Maria in Porto Fuori costruita successivamente alla completa defunzionalizzazione di Classe. La presenza di una foce a Porto Fuori nell'XI secolo dimostra l'avvenuto avanzamento della linea di costa di oltre 2,5 km in non più di 6-7 secoli. Lo scalo di Maria in Porto risulta attivo e segnalato in portolani medioevali e carte nautiche a partire dal XIII secolo. Durante il Medioevo Ravenna viene servita da porti minori posizionati alle foci dei principali corsi d'acqua (approdi citati dagli storiografi e dai portolani)⁴¹. Più che porti propriamente detti, quelli del ravennate sono canali attrezzati per lo scarico delle merci o litorali attrezzati per la manutenzione delle navi. Questi caricatori solo in taluni casi permettevano alle grandi navi mercantili, per lo più veneziane che navigavano a vista risalendo l'Adriatico, di fermarsi in rada o al riparo nei canali poiché il loro pescaggio non lo permetteva. Ravenna rappresenta un caso a parte. Qui, dopo il decadimento del porto antico, si realizzò nel basso medioevo tutta una serie di bonifiche, di variazioni dei percorsi fluviali, di canalizzazioni, così

⁴⁰ Augenti A 2011.

⁴¹ Pirani F. 2014, pp. 187-213

che la morfologia degli approdi palustri ravennati rimandava più ai porti fluviali padani che non a quelli marittimi adriatici, con una effettiva riconversione dell'economia ravennate verso l'agricoltura e distante dall'ambito commerciale. Lo storico Agnello⁴² attribuisce al porto Candiano il ruolo di porto centrale e più importante di Ravenna nel IX secolo; tuttavia, nei secoli successivi le fonti menzionano un gran numero di scali per l'area ravennate che sembrano confermare l'esistenza di un certo numero di caricature alle foci dei torrenti. Il Candiano risulta l'unico porto maggiormente strutturato e sfruttato anche per il commercio di opere d'arte frutto della spoliatura della città di Ravenna tanto che, quando nel 1441 entrò nel dominio veneziano, era corrente il detto che essa fosse «antica» nel senso di vetusta e per questo ricca di materiali di pregio da reimpiegare⁴³. Ad un carico allestito in questo contesto potrebbero appartenere i ritrovamenti effettuati tra Casal Borsetti e Porto Corsini di 4 erme, riproduzioni romane di originali greci, quali parte di un carico destinato alla corte estense di Ferrara ma naufragato davanti alle coste di Ravenna nel XVI secolo⁴⁴.

Alla fine del Cinquecento le fonti indicano come inservibile il porto Candiano di Ravenna dopo un lungo periodo di abbandono. Nel 1608 il Cardinale Gaetano, Legato Pontificio, decise per la riattivazione del porto canale tramite il finanziamento di scavi in funzione della ripresa della navigazione. Quarant'anni dopo, il Delegato Pontificio genovese, Stefano Donghi, promosse ulteriori migliorie con la creazione del canale Panfilio con l'obiettivo di facilitare il collegamento della città con il porto. Il canale partendo da Porta Garibaldi, rasentava sulla sinistra via Romea fino ai Fiumi Uniti dei quali seguiva il corso fino al mare. Attraverso quest'importante opera Ravenna sviluppò il proprio commercio marittimo fino al 1737, anno in cui si decise per la diversione dei fiumi Ronco e Montone che scorrevano sotto le mura della città circondandola. Allo stesso tempo venne garantita una diretta comunicazione della città con il mare per mezzo del nuovo porto canale Corsini. Ravenna perse così il suo vecchio porto medioevale, la linea scelta per la diversione dei fiumi infatti rese impossibile il mantenimento del porto antico che si trovava già in condizioni di decadenza: la foce era quasi del tutto interrata e nel canale Panfilio la maggior profondità che si raggiungeva era di 1,66 metri⁴⁵. La progettazione e posizionamento del nuovo porto fu oggetto di diversi studi concordanti nel posizionare la nuova struttura alla foce della Baiona. Nel corso di un secolo il porto canale venne più volte espurgato e infine prolungato fino alla città, quindi munito di palificate e protetto alla foce per evitar che le mareggiate lo insabbiassero. Nel Settecento, il territorio costiero era comunque molto diverso da quello odierno. I Fiumi Uniti sfociavano nel punto dove oggi si trova Punta Marina, sede del ritrovamento in mare di un'ancora di tipo ammiragliato di XVI-XVII secolo⁴⁶. A Nord di Ravenna, nella zona del Primaro, sfociavano il fiume Lamone e un ramo del delta del Po. Tra il Settecento e l'Ottocento un'intensa piovosità, da molti anni in atto, finì per provocare una forte immissione, tramite i fiumi, di torbide ed altro materiale solido, creando nelle foci cuspidi sabbiose molto accentuate. La linea di costa, dalla "Punta Marina" della foce dei Fiumi Uniti, piegava verso l'entroterra, fino a lambire la pineta di San Vitale, per poi tornare verso Est fino al delta del Primaro, formando in tal modo, tra le due foci, una grande insenatura.

I nuovi lavori modificano ulteriormente l'aspetto della costa che, nel corso dell'Ottocento assume l'attuale conformazione. Una volta ultimato, il porto canale si sviluppa in un'area che per secoli ha ospitato solo pinete, paludi e qualche risaia. L'area di Porto Corsini è scarsamente o per nulla popolata e il porto non è visto di buon occhio dall'imprenditoria e dalla comunità ravennate impegnata nell'agricoltura intensiva e nelle attività di bonifica. Durante il periodo Napoleonico l'Adriatico è occupato dalle navi della flotta Italo – Francese costituite da brigantini e vascelli armati che pattugliano le coste arrivando non di rado allo scontro con le flotte delle potenze europee rivali come testimoniato dalle indagini archeologiche sul relitto del *Mercure*, un brigantino militare a due alberi affondato nel 1812 dagli inglesi fuori dal porto di Malamocco⁴⁷.

Nel 1844 cominciano i lavori per lo scavo di canali anastomotici convergenti nel canale del porto all'interno delle Piasse con la funzione di aumentare la circolazione dell'acqua nel porto canale e diminuire la possibilità di insabbiamento. Il censimento del 1949 contava 113 abitanti a Porto Corsini e solo 7 abitanti a Punta Ravenna, con presenti solamente tre edifici di rilievo nell'area del Porto costruiti lungo la strada d'alaggio che collegava Ravenna al porto⁴⁸. Nel 1862-63 sorgono nuovi edifici pubblici e all'altezza dell'attuale Via Garibaldi viene eretto il primo faro di Porto Corsini. Quest'ultimo rimane in funzione fino al secondo conflitto mondiale quando, dopo ripetuti bombardamenti, viene abbandonato e ricostruito nell'attuale sede, anche perché con il progressivo recedere del mare, si trovava ormai in una posizione troppo distante dall'imboccatura del porto.

Alla fine dell'Ottocento il nuovo piano regolatore traccia la via all'espansione dell'abitato su entrambe le rive del porto canale intorno al quale cominciano a insediarsi i primi stabilimenti balneari.

⁴² Agnello Ravennate, *Liber Pontificalis*, 39 - de sancto Iohanne

⁴³ Ricci G. 1989 pp.537-561

⁴⁴ Archivio SABAP-BO_ Casal Borsetti.

⁴⁵ Moretti U. 1904.

⁴⁶ Stoppa E. 1998.

⁴⁷ Beltrame C. 2009, pp. 249-256.

⁴⁸ Stoppa E. 1998.

Negli anni Venti del Novecento la crescita dell'interesse turistico per il litorale porta alla nascita degli abitati di Marina di Ravenna e Casal Borsetti. Con lo scoppio del primo conflitto mondiale l'alto Adriatico diventa campo di battaglia e sperimentazione delle tecniche della guerra aerea navale. Il fulcro dello scontro di forze dei contendenti si collocò immediatamente sulla linea dell'Isonzo, che scendeva passando dal Carso fino alla costa, coinvolgendo anche il fronte a mare di entrambi gli schieramenti, in un litorale ristretto che andava da Grado a Trieste. Nelle giornate limpide entrambe le località si possono vedere a occhio nudo, come da San Martino del Carso si può vedere il mare di Monfalcone. Fin dai primi giorni le operazioni che si svolsero nel teatro del mare Adriatico ebbero tutte le caratteristiche della guerra aerea navale vera e propria. L'alto Adriatico, un mare limitatamente esteso, dove la distanza tra una costa e l'altra non supera le cento miglia, si presentava adatto al naviglio leggero, agli idrovolanti e agli agguati dei sommergibili che nel frattempo avevano migliorato le loro caratteristiche nautiche. L'impero austro-ungarico aveva in Pola il massimo centro della potenza marittima. Qui infatti erano presenti il grosso della flotta, i cantieri navali posti nella penisola di Scoglio Ulivi, l'arsenale, la base di idrovolanti nell'isola di Santa Caterina e, ultimo ma non meno importante, un consistente numero di sommergibili⁴⁹. Agli inizi del conflitto, nel 1914, la Marina italiana si trovava in un momento di assestamento in quanto la guerra italo-turca (1911-12) aveva ritardato la costruzione di nuove navi e logorato in modo particolare incrociatori e siluranti; gli arsenali si trovarono così sovraccarichi di lavoro. La guerra in mare era funzionale a distruggere le vie di approvvigionamento dei materiali principalmente tramite attacchi con l'impiego di sottomarini ma anche la posa di banchi di mine lungo le rotte delle principali vie di navigazione. Un'ulteriore arma era costituita dalle flotte aeree volanti che bombardavano in mare e terraferma le postazioni nemiche. Aviazione navale e sommergibili ebbero un ruolo di prim'ordine nella condotta delle operazioni in Adriatico.

Porto Corsini in questo quadro era stata scelta come base di appoggio per i sommergibili e presentava una stazione per le torpediniere all'interno della quale vi era una squadriglia di aviazione con quattro idrovolanti. Il 24 maggio del 1915 il porto subì un imponente attacco da parte di torpediniere che entrarono in porto cannoneggiando il faro e il centro abitato⁵⁰. Porto Corsini, in quanto uno dei pochi porti attrezzati della riviera, fu soggetto a innumerevoli attacchi sia dal mare sia dai reparti dell'aviazione austro-ungarica. Sul finire della guerra, con l'ingresso degli Stati Uniti nel conflitto, la base di Porto Corsini divenne ufficialmente la Naval Air Station, la prima ed unica unità della Marina americana operativa in Italia.

Alla fine della guerra gli spazi e alcuni hangar e serbatoi impiegati dalla base aerea americana vengono acquistati dalla PIR ovvero la Petrolifera Italo Rumena che in quel periodo, si occupava dell'importazione via mare e stoccaggio e distribuzione di prodotti Petroliferi. Negli stessi anni il litorale, diventato meta del turismo balneare suggerisce all'amministrazione di mutare il nome dei territori a sud del canale Porto Corsini in Marina di Ravenna ritenendolo più consona al nuovo status di luogo di villeggiatura⁵¹. Durante il secondo conflitto mondiale il porto canale diventa strategico per la difesa delle posizioni tedesche in ritirata dall'Italia a seguito dell'avanzata alleata a partire dal 1943. Nel 1944 Marina di Ravenna, dopo importanti bombardamenti da parte degli alleati fu liberata dai Tedeschi che ripararono inizialmente a Porto Corsini sulla sponda settentrionale del Canale, quindi furono definitivamente sconfitti dalle forze partigiane e alleate⁵². Il paesaggio costiero e offshore ravennate subisce una importante trasformazione a partire dal 1960, quando si perfora il primo pozzo nell'Adriatico, davanti a Ravenna, dove inizia la prima produzione europea di gas da giacimenti offshore. Alla costruzione del primo impianto seguono numerosi pozzi per l'estrazione di Gas naturale e petrolio. Questa nuova fonte d'indotto per Ravenna comporta un'accelerazione nello sviluppo del porto canale e un continuo flusso di imbarcazioni e mezzi da lavoro dalle nascenti piattaforme ai porti sulla costa. In questo contesto storico, tra la fine degli anni Ottanta e l'inizio degli anni Novanta, la PIR, in collaborazione con ENI, vara la piattaforma offshore PETRA che sarà oggetto di riqualificazione in funzione del progetto in oggetto.

4.1 PERIPLI E ROTTE NELLA NAVIGAZIONE ANTICA IN ADRIATICO

Il panorama della documentazione sulla nautica antica deriva dallo studio della letteratura greco-latina che, in tutti i suoi generi, è ricca di immagini legate alla marineria e al mare. Per quanto riguarda la navigazione, in particolare, fonti di fondamentale importanza sono costituite dai peripli e dai Portolani di epoca medioevale. I primi sono opere greche e romane di geografia descrittiva redatti secondo un principio unidimensionale, passando da una località a quella successiva più vicina destinati ad un pubblico ampio e colto. I portolani, all'interno dei quali in parte confluiscono le notizie ricavate dai Peripli antichi, nascono come opere destinate ad un pubblico specialistico, ossia quello dei naviganti e risultano più dettagliati.

⁴⁹ Antonellini M., Rossano N. 2018.

⁵⁰ Luparini A. 2010 (a cura di), pp. 59-68.

⁵¹ Stoppa E. 1998.

⁵² Stoppa E. 1998.

L'area adriatica è considerata unica perché - eccezione fatta per la Bora, vento da N/NE i cui effetti sono limitati al settore settentrionale - è principalmente caratterizzato da venti longitudinali piuttosto che trasversali: il maestrale soffia da NO lo scirocco e il Siffanto da SE. Questi venti consentivano la navigazione in ingresso e uscita dal canale d'Otranto, tuttavia, il pericolo per la navigazione in antico era dovuto al rischio di rimanere all'ancora anche per lunghi periodi, quando girava il vento, in attesa di poter riprendere la navigazione⁵³.

In generale, la ventilazione dell'Adriatico costringeva ad una navigazione litoranea che permettesse, in caso di necessità, di raggiungere velocemente un porto o un ridosso riparato dai venti. Mentre i venti di NO sono dominanti in estate quelli di SE lo sono in inverno, da ottobre a maggio. Mutevolezza del mare e del vento dell'Adriatico hanno portato a ritenere che molte delle imbarcazioni provenienti dall'Egeo preferissero raggiungere e fermarsi a Brindisi piuttosto che avventurarsi nell'Adriatico, salvo per raggiungere mercati o trasportare merci particolarmente pregiate. La difficoltà nel risalire l'Adriatico sarebbe anche indirettamente testimoniata dal costo elevato, come riportato all'interno dell'*Edictum de pretiis rerum venalium*⁵⁴ relativo ai prezzi del collegamento tra l'Oriente, Aquileia e Salona, nel quale si dice che più di 1/3 del costo totale del percorso è dedicato al tratto Salona-Aquileia⁵⁵. Effettivamente, la navigazione costiera in direzione N, contro i venti dominanti, doveva rallentare il viaggio e renderlo ancor più difficoltoso di notte, soprattutto lungo la costa dalmata a causa delle innumerevoli isole e secche presenti. La navigazione a vista, lontano dalla costa, doveva avvenire nei periodi di mare *apertum*, quando i venti dominanti s'invertivano, mentre è più probabile che nel resto dell'anno si effettuasse una navigazione di cabotaggio frazionato e svolto seguendo il regime delle brezze. Al contrario, una navigazione in mare aperto poteva essere affrontata sulla via del ritorno, lungo le coste italiane, favorito anche dall'andamento delle correnti⁵⁶.

Tra i testi periplografici noti e conservatisi quello dello Pseudo Scilace rappresenta una delle testimonianze più note. A quest'autore, navigatore e geografo vissuto tra IV e V secolo a.C., viene riferito il periplo del Mediterraneo (generalmente denominato "Periplo del mare Interno" o "Periplo del mare di Europa, Asia e Libia")⁵⁷ databile IV secolo a.C. Per il tratto di litorale interessato dal progetto, lo Scilace cita così la costa dei Tirreni:

*“Dopo gli Umbri, i Tirreni. Anch'essi vanno dal mar Tirreno all'Adriatico: e qui si trova la città greca e un fiume: la navigazione verso la città tramite il fiume è di venti stadi. Questa città si raggiunge da Pisa in tre giorni di cammino”*⁵⁸.

Il passo cita i Tirreni dell'area adriatica ed in particolare del delta del Po. La città di origine greca cui fa riferimento l'autore è probabilmente Spina. Data la vicinanza ed il medesimo contesto paesaggistico di questo centro con la vicina Ravenna, sorta sul medesimo cordone dunale, questo passo riveste particolare interesse dal punto di vista paesaggistico se confrontato con quanto scrive all'epoca Strabone⁵⁹. Questo geografo latino, nato nel I secolo a.C., ricorda come l'antica colonia greca di Spina, un tempo porto importante di origine greca sull'Adriatico, si fosse trasformata in un centro dell'entroterra distante ben 90 stadi dal mare⁶⁰.

Strabone è l'autore antico che meglio descrive la costa italiana comparandola con quella illirica⁶¹. All'interno della sua opera "La Geografia" riporta come la navigazione sulle coste dell'Iliria beneficiasse di porti eccellenti a differenza delle coste italiane povere di punti d'attracco, dotate di pochi porti ma di mirabile fattura.

Un altro autore che sottolineava l'assenza di porti lungo il versante italiano tra la fine dell'età repubblicana e l'età imperiale fu Tito Livio, che aggiunge un'informazione ulteriore riguardante la pericolosità della navigazione nell'Adriatico. Riferendosi all'impresa del principe spartano Cleonimo, che tra il 303 e il 302 a.C. tentò una sortita contro i Patavini, lo storico romano illustra bene le condizioni della navigazione nell'Adriatico centro-settentrionale:

“doppiato quindi il territorio di Brindisi, e trovatosi in mezzo all'Adriatico dov'era stato sospinto dai venti, poiché temeva a sinistra le spiagge importuose dell'Italia, a destra gli Illiri, i Liburni e gli Istri, popolazioni selvagge e in gran parte tristemente famose per le loro piraterie, giunse fino alle spiagge dei Veneti. Fatti sbarcare pochi uomini per esplorare i luoghi,

⁵³ Arnaud P. 2020, p. 211.

⁵⁴ Editto emanato dall'imperatore Diocleziano nel 301 d.C. per fissare dei prezzi imposti per numerose prestazioni d'opera e per tutti i beni di scambio.

⁵⁵ Arnaud P. 2020, p. 212.

⁵⁶ Arnaud P. 2020, p. 213.

⁵⁷ Cordano F. (a cura di) 1992.

⁵⁸ Cordano F. (a cura di) 1992, p. 23.

⁵⁹ Strabone 5,1.

⁶⁰ <https://penelope.uchicago.edu/Thayer/E/Roman/Texts/Strabo/home.html>

⁶¹ Strabone 7,5.

*quand'ebbe sentito che si trattava di una stretta lingua
di terra, superata la quale ci si trovava di fronte delle
lagune formate dalle maree, che non lontano si scorgevano
aperte campagne e più oltre apparivano delle
colline, e che v'era la foce di un fiume assai profondo,
dove si potevano far girare le navi verso un ancoraggio
sicuro - era il fiume Meduaco -, ordinò di fare entrare
là la flotta e di risalire il fiume contro corrente”⁶²*

(Livio, X, 2, 4-7).

L'autore nel libro X⁶³ dell'opera dedicata alla fondazione di Roma descriveva sinteticamente i pericoli che un navigante avrebbe incontrato risalendo l'Adriatico alla fine del IV secolo a.C., ovvero l'assenza di approdi lungo la costa occidentale caratterizzata da foci considerate l'unico eventuale approdo sicuro e la presenza di popoli dediti alla pirateria lungo la costa opposta⁶⁴.

Nonostante la pirateria nella navigazione antica dell'Alto Adriatico, i transiti lungo la costa illirica dovevano essere preferibili a quelli lungo la costa italiana caratterizzata da una linea costiera mutevole a causa dei numerosi corsi d'acqua che comportavano insabbiamenti creando continuamente secche pericolose per la navigazione oppure aree lagunari ridossate alle foci. La costa illirica offriva ripari sicuri permettendo una navigazione di cabotaggio lungo la costa che, per sua conformazione naturale, garantiva di trovare un facile riparo in caso di tempeste improvvise. Inoltre, non va dimenticato che l'improvviso alzarsi della Bora, il vento più temibile per la navigazione, avrebbe spinto verso terra le navi che transitavano lungo la costa italiana e, viceversa, direzionato distanti dalle isole e verso il mare aperto chi navigava lungo la rotta opposta.

Sulla base delle fonti⁶⁵, dunque, la nascita del porto ravennate fu motivata anche dalla necessità di fornire di un porto sicuro l'Alto Adriatico e combattere la pirateria particolarmente radicata in questo ramo del Mediterraneo. Qui risiedeva la flotta augustea che svolse un ruolo fondamentale nella costruzione dell'impero. Qui arrivavano grandi quantitativi di merce, come attestato dai rinvenimenti archeologici susseguitisi in località Chiavichetta a Classe tra gli anni Sessanta del secolo scorso e oggi⁶⁶. Plinio segnala come il porto fosse dotato di una torre faro funzionale al segnalamento dell'ingresso al porto e dei bassi fondali alle navi in ingresso e uscita⁶⁷. Lo stesso autore ricorda l'esistenza della Fossa Augusta e di quelle idrovie che collegavano il porto con i centri della Pianura Padana e Aquileia⁶⁸.

Il cambiamento del paesaggio e il collasso del porto di Classe tra VIII e IX secolo sono il prodotto di importanti trasformazioni ambientali, quali la nuova inalveazione del Po di Primaro, e culturali, quali le distruzioni operate dai Longobardi. In questa fase il porto fu trasferito lungo il tratto terminale del Badareno, in prossimità della Chiesa di Porto Fuori.

L'autore Agnello, del IX secolo, nella sua opera *Liber Pontificalis* elenca i porti⁶⁹ esistenti lungo il litorale ravennate citando tra gli altri quello del Savio e quello del Candiano. Porto, quest'ultimo, che rimase attivo per lungo tempo, anche se è verosimile pensare che i cambiamenti e le modifiche della linea di costa corrisposero ad altrettante modifiche degli scali fluviali funzionali ad un commercio locale di tutt'altra natura rispetto al movimento di merci e al porto ravennate di epoca Tardoantica.

Infine, secondo quanto attestano i portolani risalenti al XII-XV⁷⁰ secolo, nell'ampia fascia costiera tra Ravenna e Termoli erano presenti e discontinuamente attestati circa una cinquantina di porti o approdi. Si tratta di una densità molto alta se commisurata all'attività commerciale dell'epoca. Gran parte di questi approdi in realtà non erano veri e propri porti quanto piuttosto dei caricatoi cioè semplici scali che servivano un retroterra spesso limitato e che supplivano alla viabilità terrestre nel trasporto delle merci. Inoltre, il loro funzionamento escludeva l'approdo delle grandi navi mercantili, per lo più veneziane, che percorrevano la costa adriatica sempre con una navigazione a vista e che, fermandosi in rada all'altezza di tali scali venivano servite da imbarcazioni più piccole per lo scarico e carico delle merci. Così accadeva anche per Ravenna, dove di concerto con il decadimento del porto nel basso

⁶² Testo tratto dall'articolo di Medas S. 2016, pp. 143-166.

⁶³ Tito Livio 10,2

⁶⁴ Medas S. 2016, p. 144

⁶⁵ Augenti A. 2011 (a cura di), p. 203, nota 43.

⁶⁶ Augenti A. 2011 (a cura di).

⁶⁷ Plinio, Nat. Hist XXXVI, 83

⁶⁸ Plinio, Nat. Hist III, 119

⁶⁹ Pirani F. 2014, pp. 187-214

⁷⁰ Moroni M. 2012, pp. 357-398

medioevo cominciarono opere di bonifica e variazione dei corsi fluviali che modificarono la morfologia degli approdi trasformandoli con il tempo in porti fluviali piuttosto che in approdi marittimi⁷¹.

⁷¹ Pirani F. 2014, pp. 187-214

- ✓ le principali biblioteche di Ravenna e Bologna;
- ✓ l'Archivio Atti e la Biblioteca della Soprintendenza archeologica Soprintendenza ABAP per la città metropolitana di Bologna e per le province di Modena, Reggio Emilia e Ferrara;
- ✓ l'Istituto Idrografico della Marina Militare;
- ✓ l'Autorità Marittima e la Capitaneria di Porto ravennate.

➤ **WWW.WRECKSITE.EU**

[illegible]

Pag. 32

Relitti documentati tramite consultazione di Wrecksite

ID relitto/ W n.	Lat N	Long E	Sistema di riferimento	Descrizione	Tipologia	Anno	Prof. (m)	Note
01/80696	44°32'24,0"	12°19'41,4"	WGS 84	-	-	-	9 m	-
02/62777	44°32'40"	12°23'12"	WGS 84	Lucia II	-	-	13 m	-
03	44°32'11,4"	12°28'38,4"	WGS 84	-	-	-	19/21 m	-
04/74450	44°32'56,4"	12°30'34,8"	WGS 84	-	-	-	24 m	--
05/79128	44°29'27,1"	12°17'49,4"	WGS 84	-	-	-	2,7/6 m	-
06/79129	44°29'23,8"	12°17'32,0"	Monte Mario	-	-	-	3 m	-
07/79132	44°29'12,9"	12°17'30,8"	WGS 84	-	-	-	3 m	-
08/79131	44°29'19,4"	12°18'12,2"	WGS 84	-	-	-	6 m	-
09/79130	44°29'19,7"	12°18'26,1"	WGS 84	-	-	-	-	-
10	44°29'00"	12°17'00"	-	MS-F41 - torpediniera Schnellboot	II GM	28-09-1944	-	-
11/62196	44°29'07,8"	12°18'39,8"	WGS 84	Piroscafo SS Skipjack costruito nel 1910	-	19-09-1946	7 m	dimensioni 67,8x10,1x4,4 m
12/37065	44°30'48,3"	12°20'21,2"	WGS 84	Candiano	chiatta	11-1987	10 m	-
13/62195	44°30'30"	12°20'15"	WGS 84	Chiatta	-	-	9 m	-
14/ 80174	44°30'09,6"	12°27'56,9"	WGS 84	-	-	-	20 m	-
15	44°30'34,8"	12°30'32,4"	WGS 84	-	-	-	24 m	-
16/58292	44°28'30,0"N	12°22'47,9"E	WGS 84	-	-	-	-10/12 m	-
17/78174	44°29'41,4"	12°21'33,6"	WGS 84	-	-	-	7,8/11 m	-
18/36958	44°29'28,4"	12°21'34,4"	WGS 84	MV Paros. Affondato per speronamento	nave cargo	10-11-1979	7,8/11 m	dimensioni 64,9x11x4 m
19	44°29'24,0"	12°22'18,6"	WGS 84	-	-	-	11 m	-
20/ 82284	44°29'25,8"	12°22'52,8"	WGS 84	-	-	-	12 m	-
21	44°28'06,0"	12°33'31,2"	WGS 84	-	-	-	15/27 m	-
22/82968	44°35'45,0"	12°17'28,8"	WGS 84	-	-	-	4 m	-
23	44°32'11,4"	12°28'38,4"	WGS 84	-	chiatta (?)	-	19/21 m	-
24/37057	44°23'06,1"	12°34'52,9"	WGS 84	-	Piattaforma	29-09-1995	23 m	-

➤ **ADRIREEF**

Il progetto Interreg integrato con 9 partner dei Paesi dell'Adriatico ha l'obiettivo di valorizzare le barriere marine sommerse sia naturali che artificiali. Il sito <https://adrireef.github.io/sandbox3/> raccoglie un database consultabile online che racchiude una moltitudine di informazioni e dati specificatamente legati al contesto Adriatico.

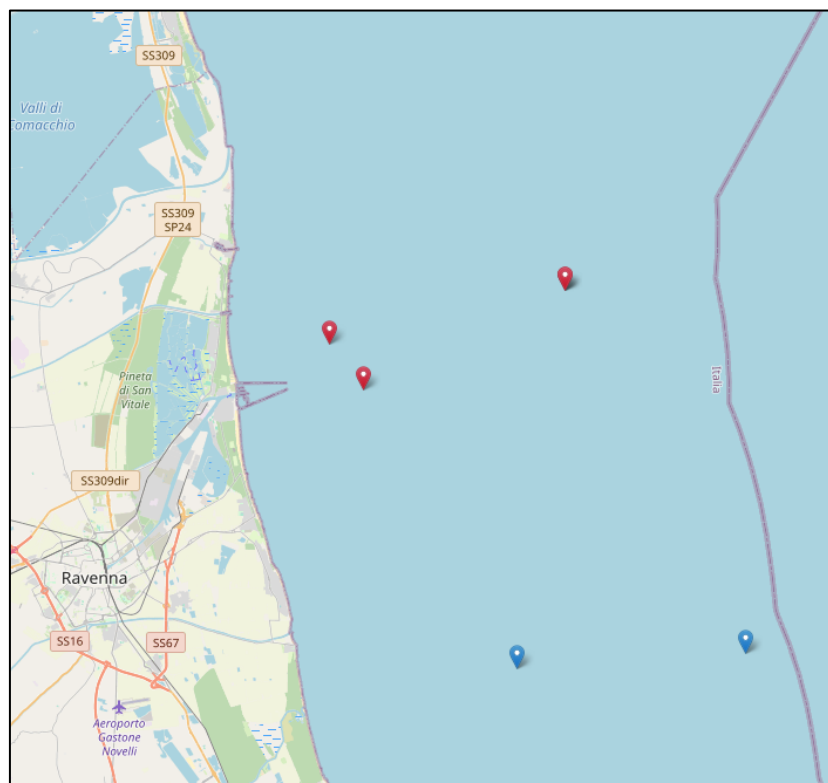


Figura 5.2. Stralcio cartografico con le segnalazioni ADRIREEF (sito Adrireef).

Relitti documentati tramite consultazione di ADRIREEF

ID relitto	Lat N	Long E	sistema di riferimento	Descrizione	tipologia	anno	prof. (m)	note
12/37065	44°30'48,3"	12°20'21,2"	WGS 84	Candiano	chiatta	11-1987	10 m	Pivetta S., Spazzapan G. 2012.
18/36958	44°29'28,4"	12°21'34,4"	WGS 84	MV Paros. Affondato per speronamento	nave cargo	10-11-1979	8/12 m	Pivetta S., Spazzapan G. 2012.
23	44°32'11,4"	12°28'38,4"	WGS 84	-	chiatta (?)	-	19/21 m	Pivetta S., Spazzapan G. 2012.
24/37057	44°23'06,1"	12°34'52,9"	WGS84	-	Piattaforma	29-09-1995	23 m	Ponti M., Capra A., Gabbianelli G., Ceccherelli V.U. 1998.
25	-	-	-	artificial Reef Foce del Bevano	artificial Reef	-	13 m	Congi A. 2012.

➤ **GNA/ARCHEODB/ARCHIVIO SABAP**

Il Geoportale Nazionale per l'Archeologia (GNA) costituisce il punto di raccolta e condivisione online dei dati esito delle indagini archeologiche condotte sul territorio italiano. Obiettivo primario del progetto attivato nel 2023 è la creazione di una carta archeologica dinamica del territorio nazionale, facilmente implementabile nel tempo, di accesso libero e di facile consultazione, aperta al riuso e all'integrazione da parte di tutti gli utenti. Il GNA è stato implementato ed è costantemente aggiornato dai dati caricati su ArcheoDB, il Geodatabase dei siti oggetto di interventi e/o ritrovamenti archeologici sviluppato a partire dal 2019 dalle Soprintendenze e dal Segretariato Regionale dell'Emilia Romagna. Infine, i dati ricavati dall'analisi dei portali sono stati implementati dalla ricerca effettuata in archivio.

Relitti documentati tramite consultazione del Geoportale Nazionale per l'Archeologia

ID/codice	Lat N	Long E	sistema di riferimento	Descrizione	tipologia	anno	prof. (m)	note
26/ER_003346_pl	44°32'	12°18'50"	WGS84 (?) non precisato nei documenti	Relitto dei Cannoni e area di dispersione delle Erme	dispersione di materiali	XVI sec.	7.5 m	rif. Gps tratto dal doc depositato negli archivi SABAP. Area di dispersione dei reperti più ampia.
27/ER_003306_pt	-	-	-	Ancora con ceppo in legno tipo ammiragliato	ritrovamento fortuito	XVI sec.	-4 m	Archivio SABAP
28	44°35.609'	012°17.960'	WGS84	Torre e barena Tardo medioevale alla foce del Primaro	ritrovamento fortuito	XVI sec.	- 4.2/5 m	Archivio SABAP
29	-	-	-	Catino graffito	ritrovamento fortuito davanti a P. Corsini	XVI sec.	-	Archivio SABAP

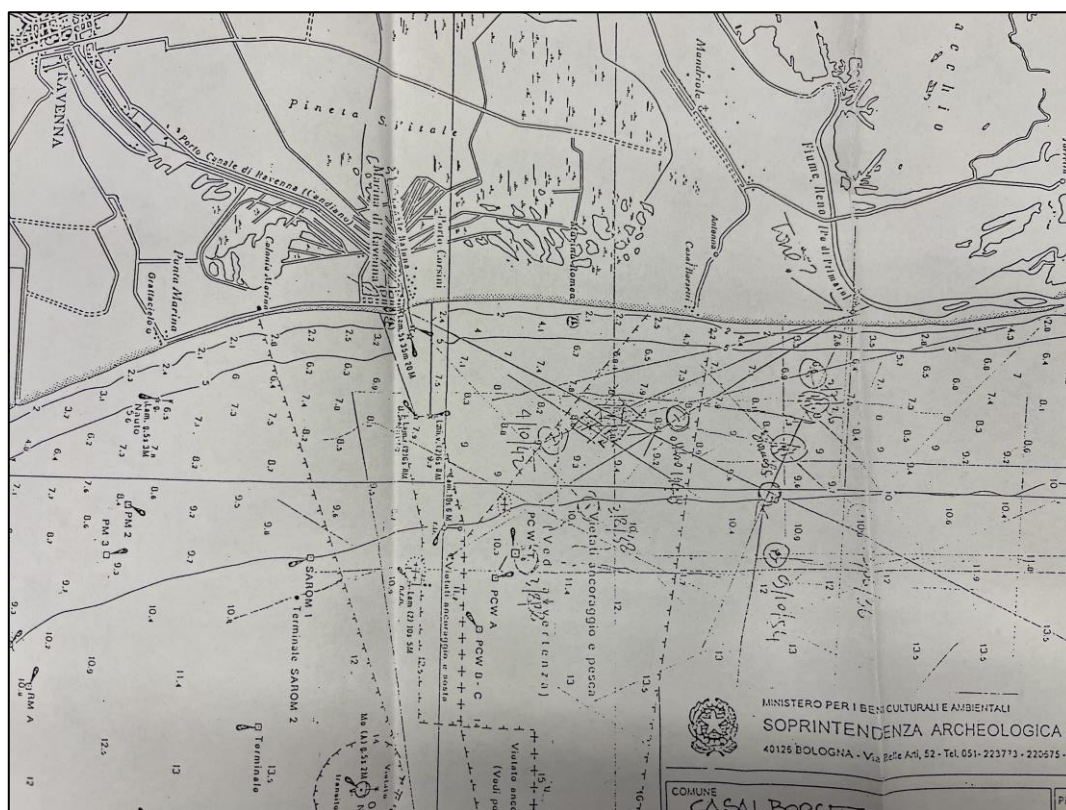


Figura 5.3. Particolare dell'area di dispersione delle erme intorno al presunto posizionamento del relitto detto dei Cannoni (archivio SABAP-BO_Casal Borsetti)

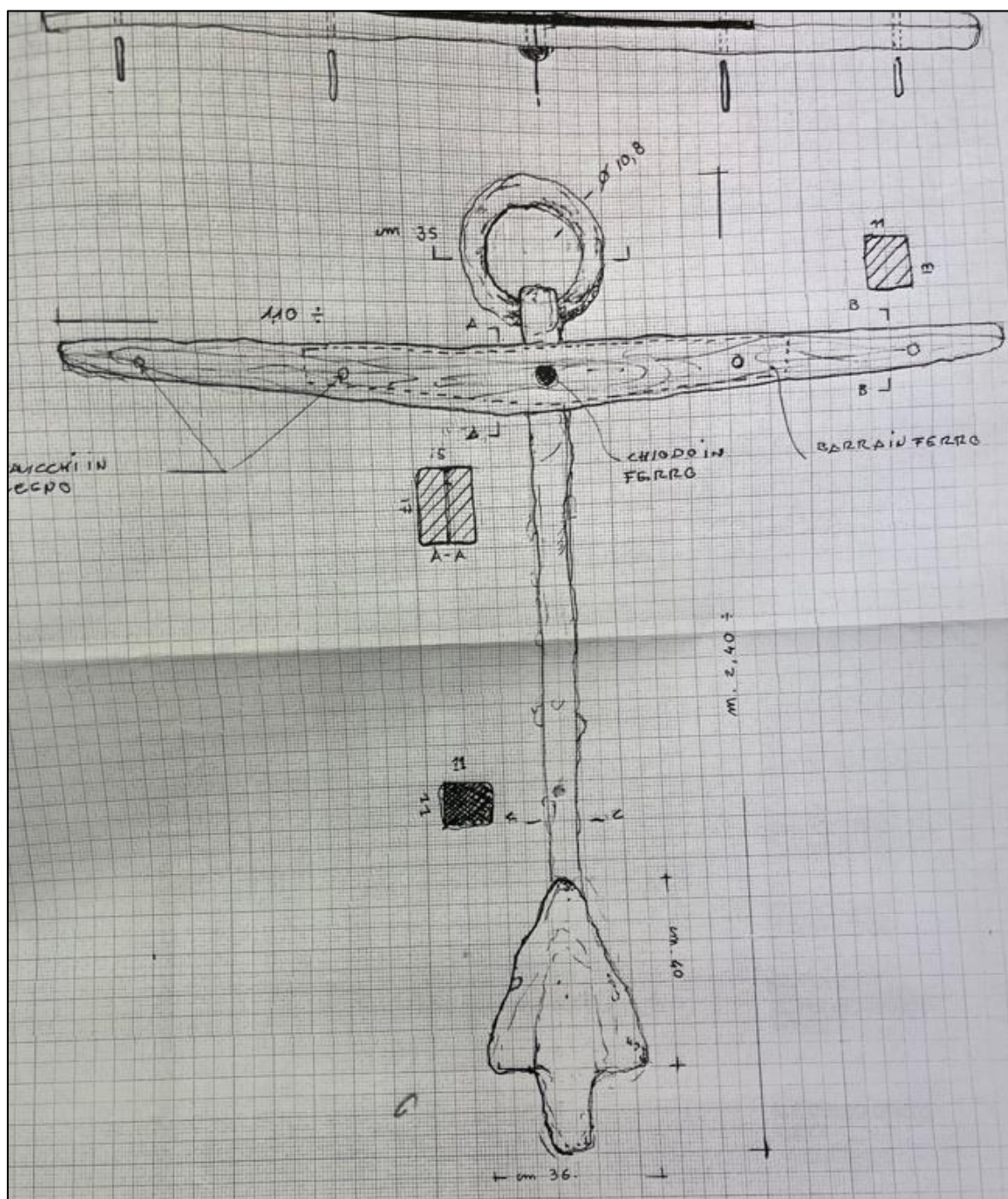


Figura 5.4. Schizzo misurato dell'ancora trovata a Punta Marina nel 2006 (archivio SABAP)

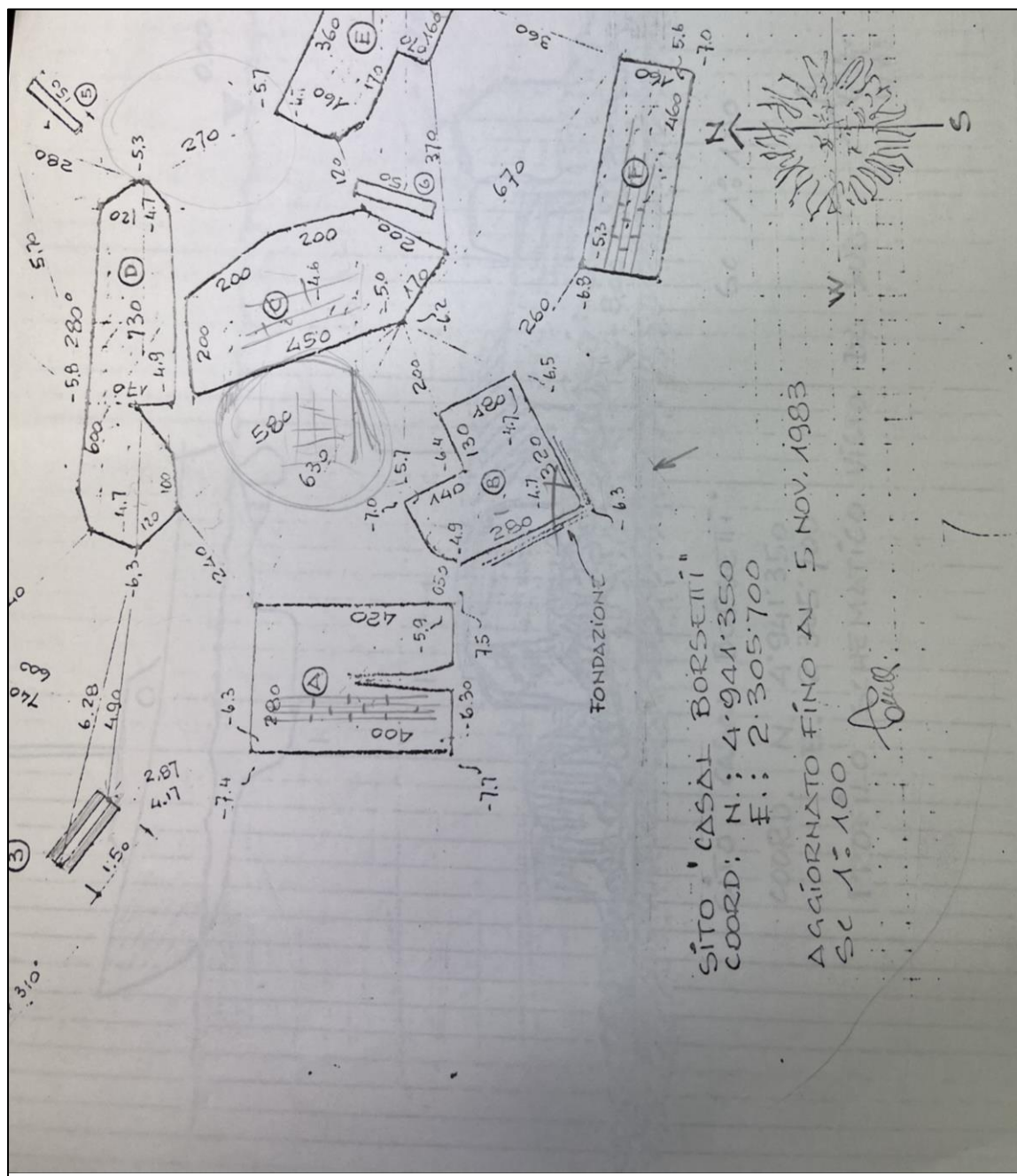


Figura 5.5. Particolare dello schizzo misurato dell'area di dispersione dei blocchi della possibile torre Gregoriana alla foce del Primaro (Archivio SABAP-BO)

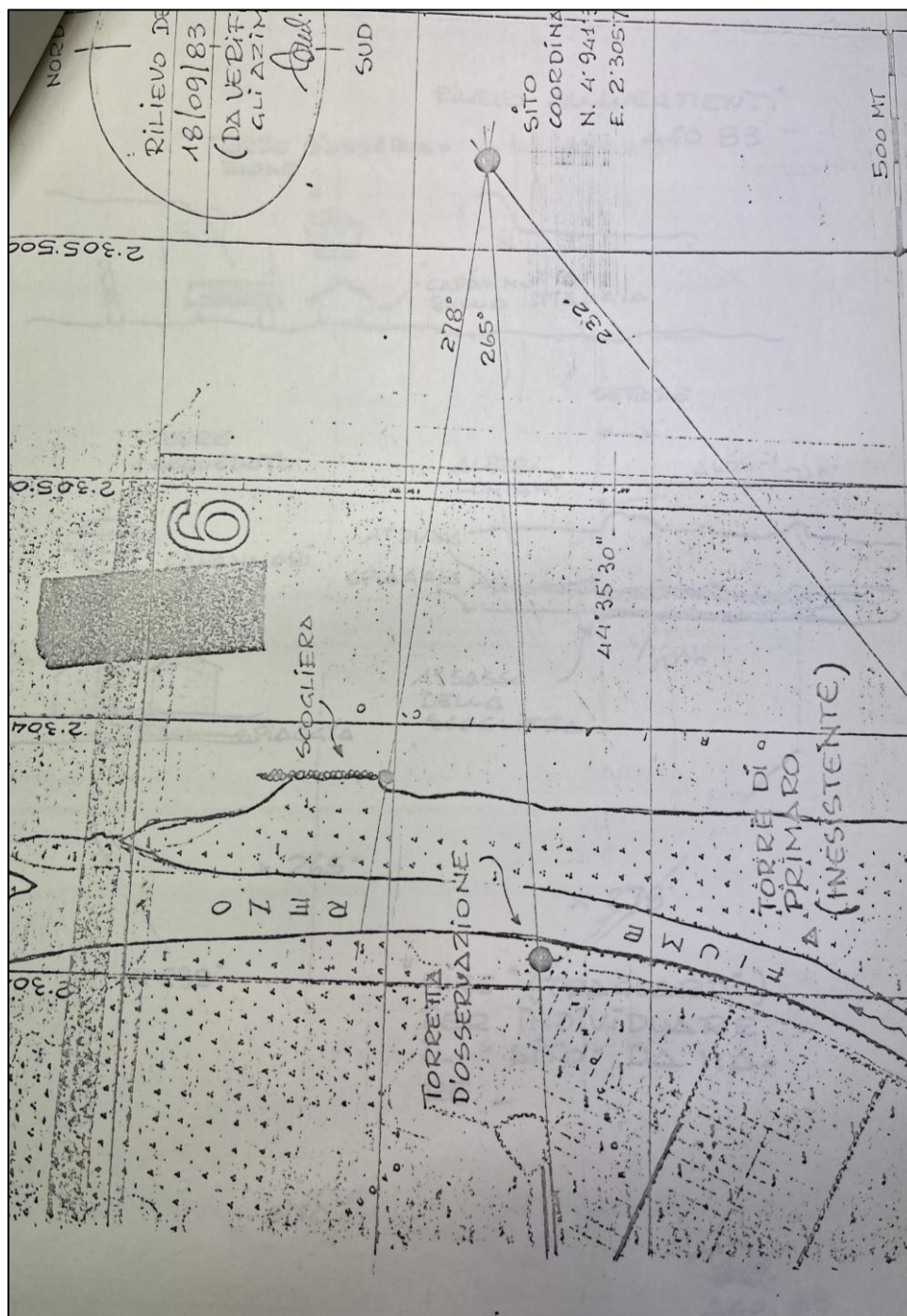


Figura 5.6. Posizione dei resti archeologici relativi alla foce del Primaro rispetto alla costa. (Archivio SABAP-BO)

Relitti documentati tramite letteratura grigia

ID/codice	Lat N	Long E	sistema di riferimento	Descrizione	tipologia	anno	prof. (m)	note
05/79128	44°29'27,1"	12°17'49,4"	WGS 84	cassone in cemento dentro la diga	-	-	2,7/6 m	-

Relitti documentati tramite letteratura grigia								
ID/codice	Lat N	Long E	sistema di riferimento	Descrizione	tipologia	anno	prof. (m)	note
12/37065	44°30'48,3"	12°2"	WGS 84	Candiano	chiatta	11-1987	10 m	-
18/36958	44°29'28,4"	12°21'34,4"	WGS 84	MV Paros. Affondato per speronamento	nave cargo	10-11-1979	7,8/11 m	dimensioni 64,9x11x4 m
01/80696	44°32'24,0"	12°19'41,4"	WGS 84	Bettolina Oda	-	2013	11 m	dimensioni 50x7 m
03/xxxxx	44°32'11,4"	12°28'38,4"	WGS 84	relitto R/R più chiatta	-	-	19/23 m	ptf Ago.Gar
09/79130	44°29'19,7"	12°18'26,1"	WGS 84	materiale ferroso (tubo/i in ferro)	-	-	7 m	17 m lung.x 1.5 m
08/79131	44°29'19,4"	12°18'12,2"	WGS 84	materiale ferroso (tubo/i in ferro) e resti metallici	-	-	6 m	17 m lung.x 1.5 m
30	44° 30' 4.59"	12° 22' 42.02"E	WGS 84	oggetto ritrovato sul fondo. Interdizione navigazione	Possibile relitto/aereo della II GM	II GM (?)	14 m	ordinanza n. R.0000005.25-01-2023 possibile aereo della II GM. Oggetto delle dimensioni di 20 metri

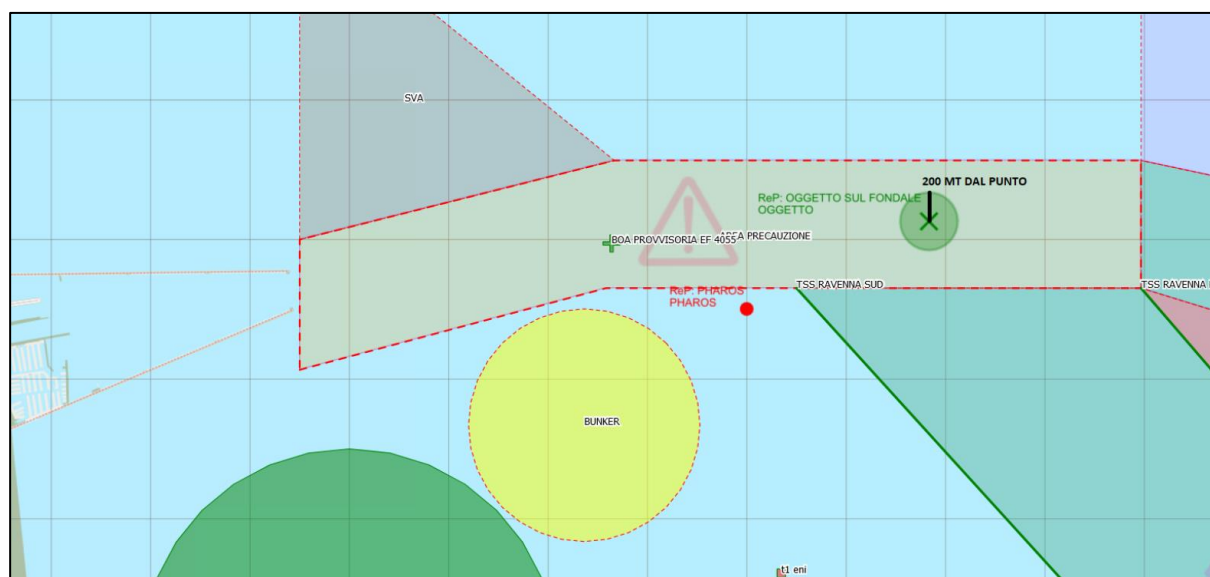


Figura 5.7. Area interdetta alla navigazione per ritrovamento sul fondale di oggetto di 20 metri, sospetto relitto. Stralcio cartografico dell'ordinanza della Capitaneria di Ravenna n. R.0000005.25-01-2023. (stralcio ordinanza).

6 L'EVOLUZIONE DEL PAESAGGIO: CARTOGRAFIA

La cartografia storica ci restituisce un paesaggio diverso dalla prospettiva attuale ormai abituata alla visione totalizzante delle immagini satellitari. Le carte redatte nel passato, in base all'argomento e al tema per le quali erano redatte, facevano emergere taluni aspetti del paesaggio rispetto ad altri.

Per l'area in esame le tavole più antiche a disposizione sono quelle redatte tra il XIV secolo e il XVII Secolo e contribuiscono alla ricostruzione della linea di costa antica i cui mutamenti sono stati piuttosto rapidi nel corso dei secoli.

Infine l'importanza dell'integrazione tra i dati desumibili dalla cartografia storica e quelli derivanti da scavi e scoperte, soprattutto se effettuate prima dell'avvento dell'archeologia contemporanea, risiede nella possibilità di contestualizzare cronologicamente quei contesti altrimenti difficilmente databili con precisione dal solo esame dei dati archeologici.

È questo il caso di due ritrovamenti subacquei effettuati tra gli anni Ottanta del Novecento⁷² e i primi anni duemila, ovvero i resti della presunta torre Gregoriana davanti alla foce del Reno e l'ancora del tipo ammiragliato documentata davanti a Marina di Ravenna⁷³.

Per quanto riguarda il primo ritrovamento si tratta di un'area ampia più di 35 metri di diametro indagata nel 1983 a seguito di segnalazioni effettuate dai pescatori davanti al tiro al poligono militare di tiro di Casal Borsetti. Le indagini subacquee effettuate portarono alla documentazione di una dispersione di ciottoli molto ampia emergente dal fondale fangoso pianeggiante su di un fondale che allora si attestava a - 6 di profondità su cui erano state documentati i resti di strutture che si elevavano dal fondo fino alla quota di -4.5 m. Si documentarono nell'occasione 7 strutture murarie collassate aventi spessore compreso tra 1.20 e 1.60 m costruite con impiego di mattoni pieni aventi le seguenti misure: 26x12,5x4,5/5 cm. Oltre a questi furono documentati blocchi di pietra lavorati e fu recuperato un manufatto in pietra con una scanalatura per chiavarda e residui di piombo e ferro⁷⁴. L'analisi della cartografia antica ha permesso di verificare come questa struttura tuttora sommersa, potrebbe riferirsi a quanto resta di una torre di avvistamento, forse la Torre Gregoriana, nota alla foce del Reno, nell'area dell'antico Porto del Primaro ovvero della fascia di sabbie consolidate che prolunga verso nord l'andamento delle pinete di San Vitale e del Piratolo.

L'area oggi sommersa è ben documentata dalla cartografia seicentesca di Antonio Magini (fig. 6.1) dove oltre alla torre sono documentati due banchi di sabbia affioranti, forse artificialmente prodotti a difesa del porto, mentre sono del tutto sommerse già nella prima metà dell'Ottocento, come si evince dalla sovrapposizione cartografica tra la carta e la carta storica del territorio Ferrarese del 1814 (fig. 6.2). In quest'ultima carta l'area è completamente cambiata a seguito delle operazioni di bonifica delle lagune retrostanti.

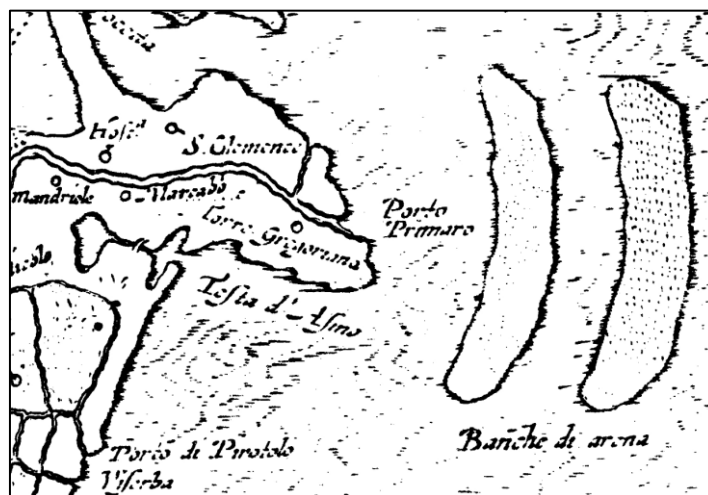


Figura 6.1. Particolare della tavola dell'Atlante d'Italia di Antonio Magini del 162075

⁷² Montanari G.B. 1982, pp. 1-18.

⁷³ Rambelli F. 2007, pp. 22-26.

⁷⁴ Rilievo archeosub offshore Casalborsetti Settembre-Novembre 1983. Archivio SABAP-BO

⁷⁵ <https://servizimoka.regione.emilia-romagna.it/mokaApp/apps/CST1H5/index.html>



Figura 6.2. Carta Storica del Territorio Ferrarese del 181476

Il secondo ritrovamento, ossia l'ancora di tipo ammiragliato, è stato datato al XVI – XVIII secolo e assimilato a produzioni di tipo Spagnolo⁷⁷. Questo ritrovamento è il più vicino all'area oggetto d'intervento insieme al catino decorato a graffita a punta datato al XVI secolo il cui ritrovamento, genericamente posizionato davanti a Porto Corsini, è del 1956⁷⁸.

L'ancora, trovata su di un fondale di -4 metri di profondità tra i bagni 4 Venti e Pelo, sporgeva dal fondo e per questo è stata riconosciuta dal pescatore subacqueo in immersione nel 2006. Il rinvenimento isolato frutto di una perdita voluta o accidentale oppure rimasta sul fondo durante un naufragio o il tentativo di evitarlo, si trova in un punto di mare oggi molto vicino alla costa ma che tra il XVI e il XVIII secolo doveva essere decisamente più distante.

Il confronto tra la cartografia attuale e quella prodotta tra il XVIII e il XIX secolo in funzione della costruzione del canale di Porto Corsini dimostra un rapido avanzamento della linea di costa e la trasformazione del litorale avvenuta a seguito delle attività di bonifica e della diversione del Montone e del Ronco avvenuta nel Settecento ben schematizzata dalla tavola redatta dall'Istituto Geografico della Marina in funzione della verifica della riduzione delle pinete demaniali (fig. 6.6.). Infine si riporta la tavola prodotta in funzione dello studio delle variazioni della spiaggia lungo il litorale romagnolo (fig. 6.7).

⁷⁶ <https://servizimoka.regione.emilia-romagna.it/mokaApp/apps/CST1H5/index.html>

⁷⁷ B/8_1DS_Marina di Ravenna_Carpetta_8 SABAP-BO

⁷⁸ Ravenna Porto Corsini. Catino graffito del XVI secolo. S. Gelichi. Archivio SABAP-BO



Figura 6.3. Particolare del punto di ritrovamento dell'ancora. (portale GNA)

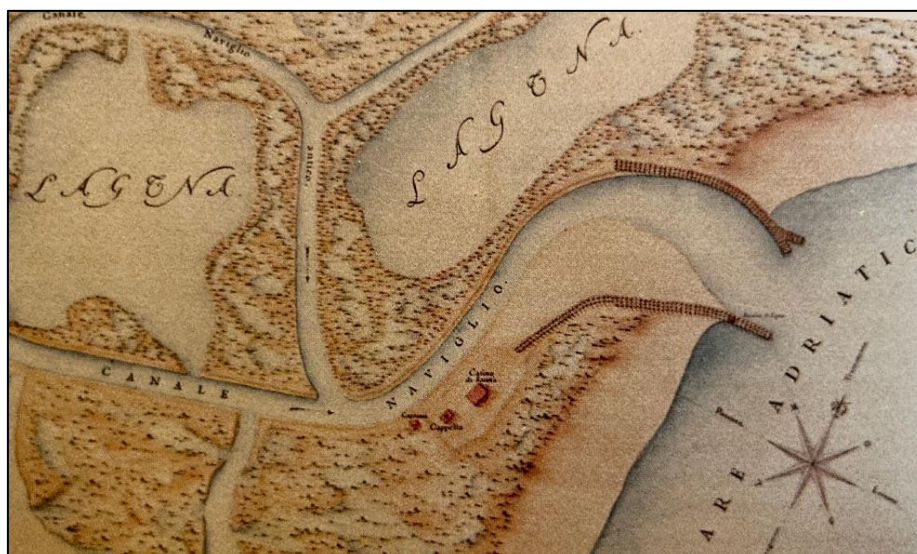


Figura 6.4. Pianta dimostrativa del porto di Ravenna sul mare Adriatico alla fine del '700 (Stoppa P. 1998, p. 47)

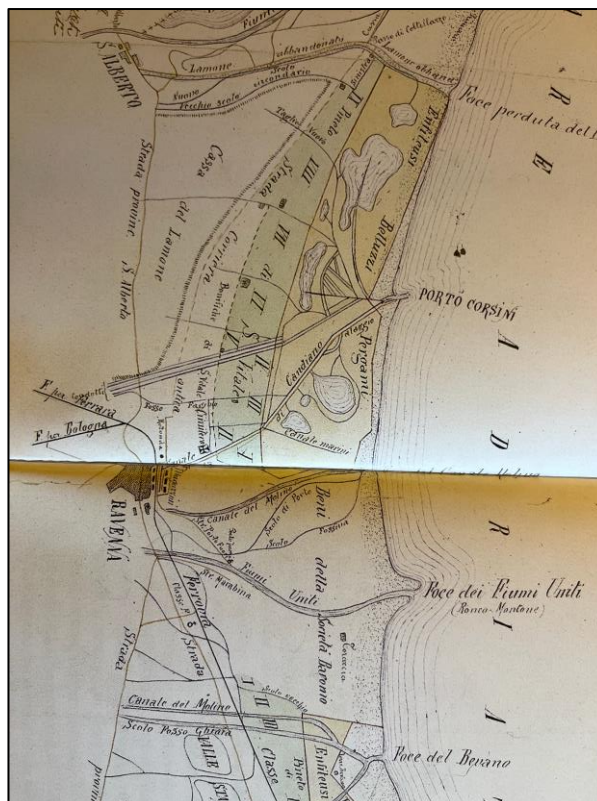


Figura 6.5. litorale di Ravenna del 1898 (Stoppa P. 1998 p.64)

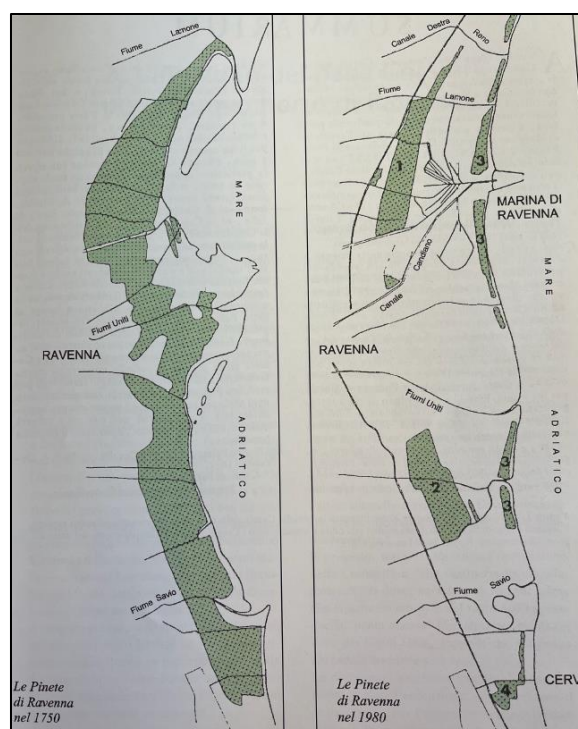


Figura 6.6. Mappe dell'Istituto Geografico Militare tematica sulla riduzione delle pinete demaniali.

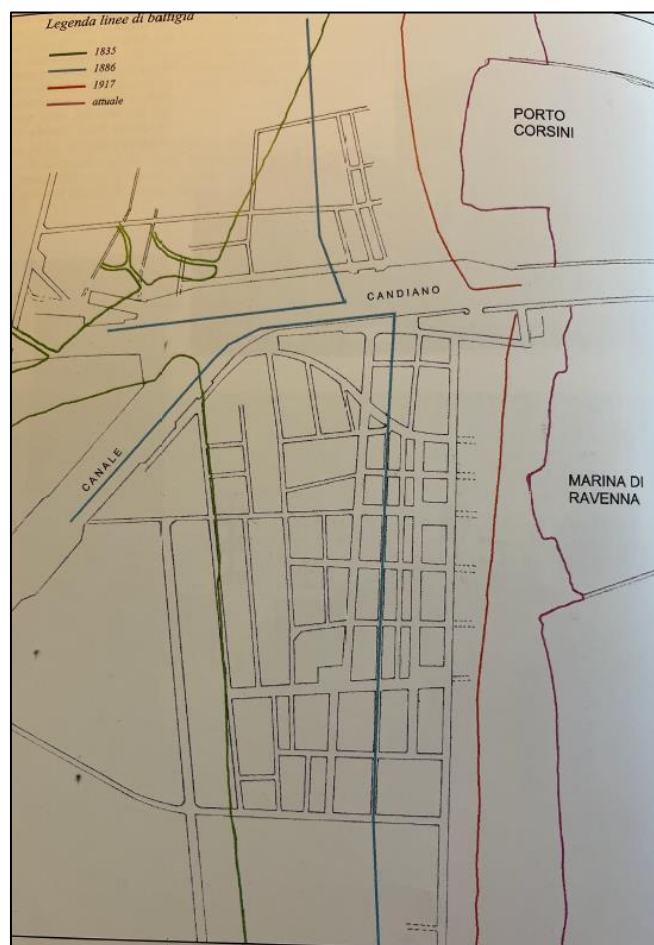


Figura 6.7. Avanzamento della linea di costa tra il 1835 ad oggi a Marina di Ravenna.

7 ANALISI DELLA FOTOGRAFIA AEREA

I voli IGM consultabili sul Geodatabase della regione Emilia Romagna⁷⁹ permettono in maniera immediata di verificare sia l'avanzamento della costa negli ultimi novanta anni sia l'espansione del porto e dell'abitato di Marina di Ravenna. Nella prima immagine è riportato in primo piano il fotomosaico dell'area di Porto Corsini mentre nella seconda la sovrapposizione con lo stato attuale dei luoghi.

Quest'ultima immagine permette di apprezzare un avanzamento della linea di costa in questo breve lasso di tempo di circa 300 metri in avanti rispetto alla linea di battigia degli anni Trenta del secolo scorso e di circa il doppio in due secoli.

Volo IGM 1931-1937



Figura 7.1. Volo IGM 1933-37.

⁷⁹ https://servizimoka.regione.emilia-romagna.it/mokaApp/apps/VIGM3137_H5/index.html

Volo IGM 1931-1937



5/12/2023, 11:50:17

1:10.000
0 0.13 0.25 0.5 mi
0 0.2 0.4 0.8 km

Figura 7.2. Sovrapposizione del Volo IGM del 1933-37 con lo stato attuale dell'abitato.

8 INDAGINI GEOFISICHE

Il presente capitolo riporta una sintesi degli esiti delle indagini geofisiche effettuate dalla società Subsea Fenix s.r.l. di Ravenna nei mesi di luglio e agosto 2022 in funzione della progettazione⁸⁰ delle opere a mare. Esse hanno riguardato una serie di rilievi batimetrici, morfologici e magnetometrici e geotecnici con lo scopo di determinare:

- ✓ la profondità dei fondali ed il loro andamento batimetrico;
- ✓ la tipologia del sedimento, la sua consistenza e le forme di fondo (morfologia);
- ✓ la presenza e la mappatura planimetrica delle condotte scoperte o interrato presenti all'interno dell'area indagata;
- ✓ la presenza di ostacoli naturali o artificiali al fondo mare, incluse strutture posate o interrato, in integrazione al rilievo side scan e batimetrico;
- ✓ l'eventuale presenza di relitti/rottami o altri oggetti, emersi o interrati, presenti all'interno dell'area indagata con particolare attenzione alle aree di dragaggio;
- ✓ la stratigrafia delle formazioni sedimentarie superficiali;
- ✓ la sedimentologia di massima dell'area indagata.

Le attività svolte dalla Subsea Fenix hanno riguardato:

- ✓ una campagna di rilievo Multibeam Echo Sounder (MBES) e magnetometrici.
- ✓ una campagna di rilievi con tecnologia Sub Bottom Profiler (SBP) e Side Scan Sonar (SSS).

8.1 L'AREA DI LAVORO

L'area di indagine è posta davanti alla costa della località di Punta Marina, a circa 4.3 km a sud dell'imboccatura del porto commerciale di Ravenna. Essa si estende a partire dal litorale di Punta Marina fino a raggiungere la distanza massima da costa di circa 13 km. I settori d'indagine sono stati divisi in:

- ✓ Area Corridoio (acronimo CO);
- ✓ Area PIR (acronimo PIR);
- ✓ Area Dragaggio (acronimo DR);

L'area indagata dal punto di vista morfologico e magnetometrico presenta un'estensione di circa 34,5 km² e comprende i tre settori sopraindicati.

Nei settori del Corridoio (CO), ampio 600 m, e dell'area PIR - per un totale di circa 7 km² - sono state condotte esclusivamente indagini Side Scan Sonar e Sub Bottom Profiler.

⁸⁰ I risultati delle indagini sono riportati nella relazione tecnica "Campagna di indagini geofisiche - Relazione tecnico illustrativa - Rif. Subsea Fenix C2268_TECHFEM_LNG RAVENNA_GEOFISICA" (settembre 2022).

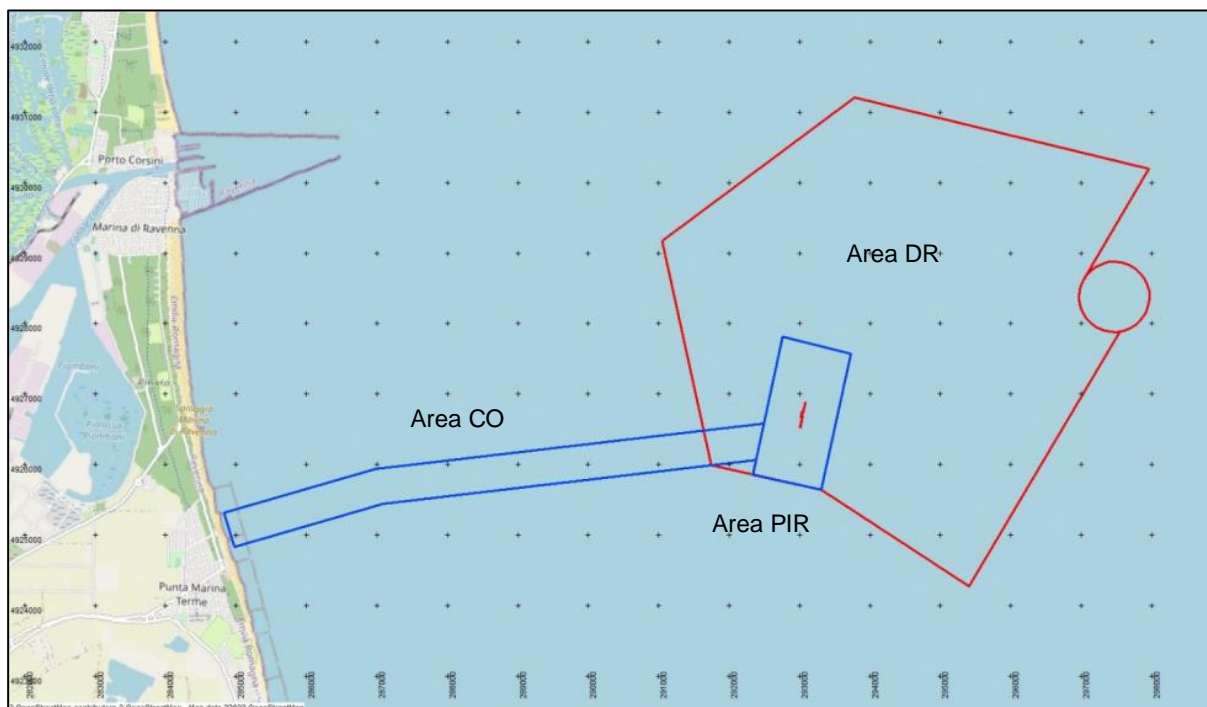


Figura 8.1. Area d'indagine e settori d'indagine

8.2 STRUMENTAZIONE

Nel presente paragrafo si riportano brevemente le caratteristiche tecniche della strumentazione impiegata per le indagini, rimandando all'allegato 8 C2268_TECHFEM_LNG RAVENNA_GEOFISICA per ulteriori dettagli sulla strumentazione.

8.2.1 Ecoscandaglio Multibeam Echo Sounder

Le indagini batimetriche hanno avuto l'obiettivo di determinare con precisione le profondità che caratterizzano le superfici interessate dall'indagine al fine di fornire un quadro aggiornato ed accurato dello stato attuale dei fondali. Per la raccolta dei dati è stato impiegato un SeaBat 8125 Upgrade della RESON, strumento in grado di acquisire un elevato numero di dati (256 Beam) a frequenze e velocità di campionamento molto elevate (440Khz–50Hz Pulse Rate), oltreché di garantire una risoluzione verticale del dato batimetrico acquisito inferiore ad un centimetro (6mm).

CARATTERISTICHE TECNICHE MBES			
Swath coverage (up to)	120°	Depth Resolution	6 millimeters
Across-track receiver beam width	0.5°	Along-track beam width	1.0°
Ping rate (range dependent)	Up to 50 pings/s	Acoustic performance	455kHz
Number of beams	Min. 10 – Max 512	Range	1m – 200m
NOTA: Il Sistema utilizzato è dotato dell'opzione SSS & Snipped			

Tabella 8.1. Caratteristiche tecniche del MBES

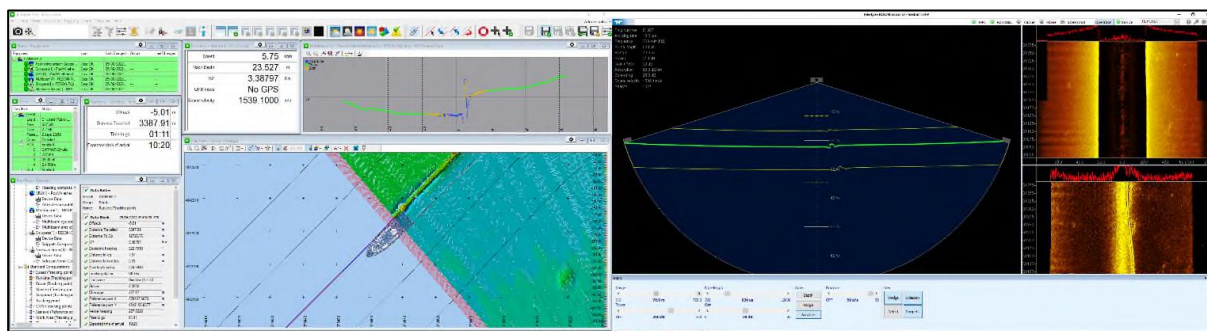


Figura 8.2. Immagine degli schermi durante la fase di acquisizione

8.2.2 Sub Bottom Profiler

Per il rilievo sismico è stato utilizzato il sub bottom profiler Innomar Compact SES 2021 Compact SES 2021. Si tratta di un sistema fisso che viene installato a palo lungo la murata dell'imbarcazione di tipo multi-parametrico capace di acquisire contemporaneamente fino a quattro canali di dati, uno in alta frequenza e tre diversi in bassa frequenza selezionabili all'interno della gamma dei canali utilizzabili che partono da 5KHz fino a 15KHz. Il sistema è in grado di garantire una risoluzione verticale del dato stratigrafico acquisito inferiore al cm e di penetrare all'interno dei sedimenti fino a 50 m.

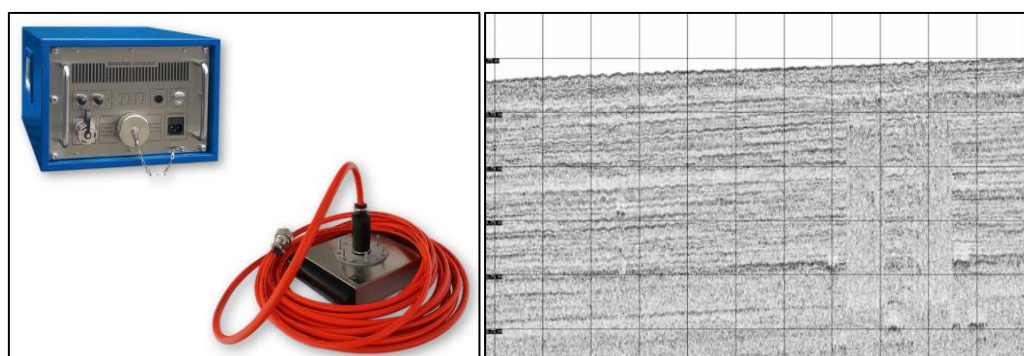


Figura 8.3. SBP Innomar ed esempio di acquisizione

8.2.3 Geoacoustic dual frequency side scan sonar

Lo strumento impiegato per i rilievi Side Scan Sonar è stato un Sonar a scansione laterale Edgetech 4125-P ULTRA HIGH RESOLUTION capace di acquisire in contemporanea tracciati in bassa ed alta frequenza (Rispettivamente 400/900 KHz). Il sistema è stato utilizzato in configurazione "towed" al traino dell'imbarcazione appoggio.

CARATTERISTICHE TECNICHE SIDE SCAN SONAR EDGETECH 4125-P			
Tipologia di impulso	EdgeTech's Full Spectrum® CHIRP (user-selectable CW pulses also included)		
Vertical Beam Width	0.46° @ 400 kHz, 0.28° @ 900 kHz; 0.33° @ 600 kHz, 0.20° @ 1600 kHz		
Resolution Across Track	400 kHz: 2.3 cm, 900 kHz: 1.5 cm, 600 kHz: 1.5 cm, 1600 kHz: 0.6 cm		
Frequenza (Doppia Simultanea)	400/900 Khz	Diametro	9.5 cm
Lunghezza	112 cm	Peso in aria	20 kg

Tabella 8.2. Scheda tecnica del SSS



Figura 8.4. Tow fish del SSS

8.2.4 Magnetometro

I rilievi magnetometrici sono stati eseguiti mediante tecnologia magnetometrica al vapore di Cesio (non radioattivo). Il sistema impiegato è stato un Maggy modello G882 (prodotto dalla Marine Magnetics). Lo strumento è stato trainato tramite l'impiego di un cavo in kevlar.

8.2.5 ROV

Sui diversi Patch morfologici rilevati con il sistema SSS, al fine di poter determinare con esattezza la natura e/o la litologia di questi ultimi per completezza sono state eseguite alcune ispezioni visive subacquee a campione mediante l'impiego di un veicolo ROV Observer Class di piccole dimensioni (modello BlueRobotics).



Figura 8.5. ROV Blue Robotics

8.2.6 Mezzo nautico

Una delle due imbarcazioni utilizzata per le operazioni è stata la M/B Carmar 2 fornita dalla Carmar Sub srl. Si tratta di una imbarcazione di oltre 17 m di lunghezza per oltre 5 di larghezza di base ad Ancona. Offre un ampio ponte dove allocare le attrezzature e una confortevole cabina dove processare i dati acquisti. Di seguito sono riportate alcune immagini e la scheda tecnica.

CARATTERISTICHE TECNICHE MOTONAVE CARMAR DUE			
Nome	CARMAR DUE	Nominativo internazionale	IKKE
Compartimento	ANCONA	N° di matricola	AN4044
Stazza Lorda	29,83 t	Stazza Netta	5,60 t
Lunghezza di costruzione	17,55m	Larghezza di costruzione	5,11 m
Altezza di costruzione	0,63 m	Immersione di progetto	0,60 m
Anno di costruzione	2003	Luogo di costruzione	San Benedetto del Tronto
Classe	RINA (80246) A. Sicurezza	Navigazione	Nazionale Costiera
Velocità	21 nodi	Coperta disponibile	22 mq
Motori principali	2 IVECO AIFO mod 8281 SRM 50 12 - 2 x 330,90 kW ovvero 500CV cad.		
Motori ausiliari	1 alternatore 7 kW a 220 V		
Ausiliari coperta	1 verricello salpa ancore		
Apparati navigazione	Bussola magnetica-Radar GPS-Plotter-VHF – Ecoscandaglio – Pilota automatico		
Alloggi	4 persone in 2 cabine doppie-1 locale igienico -1 saletta con annessa cucina-Saletta trasporto passeggeri e/o allestimento strumentazione per survey;		
Equipaggio	In Nav.Litoranea 2 / In Nav.costiera fino a 10 ore 3 oltre 10 ore 4		
Mezzi salvataggio	2 zattere autogonfiabili da 16 persone 2 salvagente anulari – 17 cinture di salvataggio		
Gasolio	5 t	Autonomia	4 gg
Servizio	Speciale Trasporto 12 passeggeri Oltre equipaggio-Trasporto carico e/o materiali non deperibili uniformemente distribuiti in coperta poppavia per una massa complessiva non superiore a 29,4 kN (3 t)		

Tabella 8.3. Dati della Carmar Due



Figura 8.6. Carmar 2

9 METODOLOGIE DI RILIEVO ED ESITI DELLE INDAGINI

Il rilievo batimorfologico (MBES/SSS) e geologico (SBP) del fondo marino ha restituito una rappresentazione accurata della sua superficie e della stratigrafia superficiale oltre ad una mappatura georeferenziata delle anomalie per le quali si è verificata la rispondenza magnetica in funzione degli approfondimenti per la BOE (bonifica da Ordigni esplosivi) e per la mappatura delle condotte passanti per l'area. Si presentano di seguito i risultati ottenuti nelle singole indagini⁸¹ e le modalità operative adottate dalla società che le ha eseguite. Infine, si riportano brevemente i risultati dei campionamenti eseguiti con la benna Van der Veed e l'ispezione e bonifica di alcuni elementi metallici individuati sul fondale marino durante attività di bonifica bellica.

9.1 RILIEVO BATIMETRICO MULTIBEAM ECHOSOUNDER (MBES)

Per la realizzazione del rilievo batimetrico è stato utilizzato un sistema Multibeam Echo Sounder dotato di opzione, Snippet e Side Scan Sonar. I dati batimetrici ottenuti in cantiere sono stati processati ed elaborati presso gli uffici della Subsea Fenix.

PIANO DI NAVIGAZIONE TEORICO MBES		
N° LINEE	LUNGHEZZA LINEA	SUB TOTALE LUNGHEZZA LINEARE
16	5750	25600
16	1600	92000
1	493000	493000
33	60	1980
TOTALE METRI LINEARI		612580 m (612.58 km)
NOTA: Il totale dei metri/km lineari non sono riferiti al singolo strumento ma all'intera attività che prevede l'acquisizione simultanea sia del dato Batimetrico che del dato Magnetometrico.		

Tabella 9.1. Piano di navigazione MBES

Le rotte eseguite con il MBES sono state pianificate al fine di ottenere una totale copertura delle aree oggetto d'intervento, ovvero il corridoio di posa, l'area intorno alla PIR e l'area che sarà oggetto di dragaggio in corrispondenza dei canali di accesso e di uscita e dall'area di ormeggio della FSRU.

All'interno del corridoio sono state eseguite linee perpendicolari alla costa con spaziatura di 30 m l'una dall'altra mentre, nell'area destinata alle opere di dragaggio, sono state eseguiti passaggi con interlinea di 60 metri tra una rotta e l'altra.

Tutti i sistemi idrografici hardware e software in fase di acquisizione sono stati settati al fine di acquisire i dati secondo gli standard indicati dal Disciplinare Tecnico per la Standardizzazione dei Rilievi Idrografici. Sia il software di acquisizione che gli apparati sono stati impostati al fine di registrare i dati con una frequenza di campionamento di 200Hz, mentre i dati di velocità del suono e profondità con una frequenza di campionamento di 50Hz.

La mole di dati batimetrici acquisiti sul campo durante le operazioni è stata trattata ed elaborata in maniera preliminare direttamente in cantiere e successivamente rielaborata in maniera definitiva presso gli uffici della società esecutrice secondo le modalità previste dalle procedure IHO e adottate dall'Istituto Idrografico della Marina Militare Italiana.

⁸¹ C2268_TECHEM_LNG RAVENNA_GEOFISICA



Figura 9.1. Rotte seguite con il MBES e con il Magnetometro (C2268_TECHEM_LNG RAVENNA_GEOFISICA).

La batimetria dell'area acquisita si estende dalla linea di costa (-0.7m circa) fino a raggiungere il limite Est del Corridoio (-13.6 m circa) posto in corrispondenza della piattaforma esistente PIR.

Prendendo come riferimento la rotta teorica della nuova sealine, a circa 270m dalla linea di battigia procedendo da terra verso mare è presente una scogliera frangiflutti emersa, costruita parallelamente alla linea di costa, posta a protezione del litorale costiero della località di Punta Marina.

Il profilo batimetrico acquisito parte dalla batimetria dei -0.70 m e degrada dolcemente per circa 210m fino alla batimetria -2.5m, per poi scendere e chiudersi alla base interna della scogliera ad una profondità di circa -3.80m.

Lo scopo del lavoro nel tratto interno alla scogliera (dalla spiaggia alla scogliera esistente) ha previsto l'esecuzione del solo rilievo batimetrico e non dei rilievi morfologici e magnetometrici. Sempre prendendo come riferimento la rotta teorica iniziale, la batimetria rilevata alla base della scogliera lato mare è pari a -3.20m. Da qui, per una distanza di circa 140m, scende fino alla batimetria di -5.3m per poi risalire alla batimetria di -3.85m, dove, ad una distanza di 160 m dalla scogliera, interseca una condotta parzialmente scoperta.

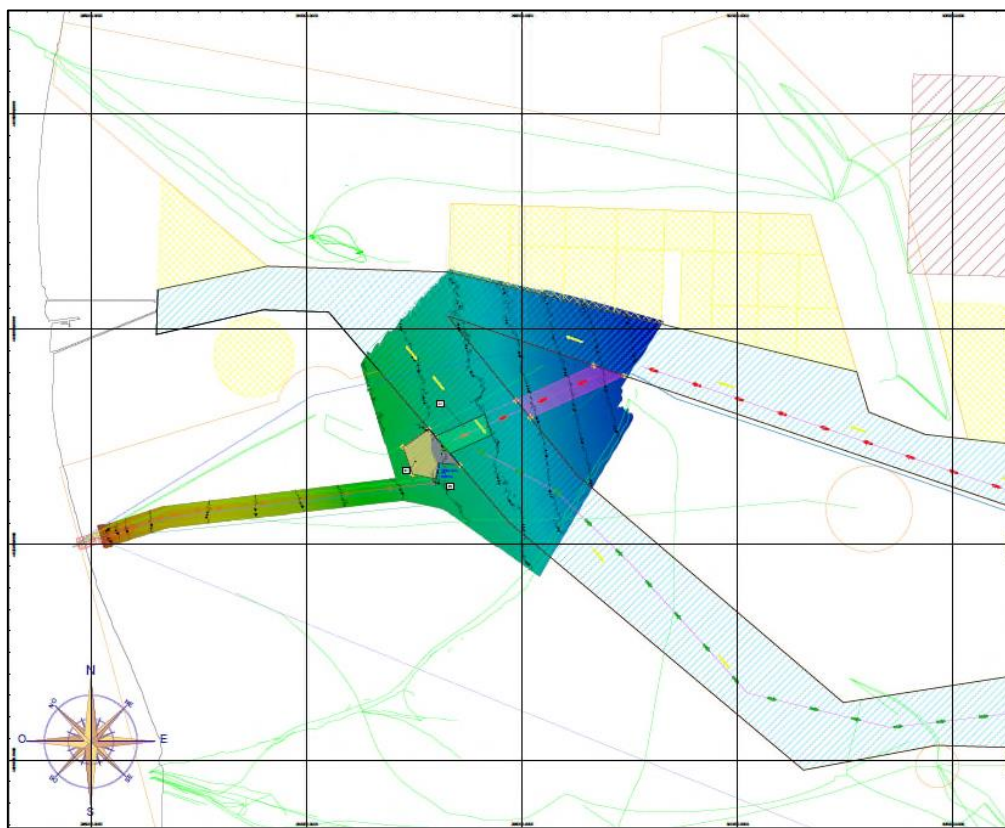


Figura 9.2. Area oggetto dell'indagine MBES e Magnetometrica.

9.2 RILIEVO MORFOLOGICO CON IL SIDE SCAN SONAR (SSS)

Le rotte eseguite durante la navigazione per l'acquisizione SSS hanno coperto un'area complessiva di circa 7 km², includendo tutto il corridoio di posa delle tubazioni con una successione di linee parallele alla costa e, infine, l'area circostante la piattaforma PIR, con linee aventi orientamento leggermente diagonale rispetto all'andamento della linea di costa. In entrambi i casi si sono tracciate rotte aventi interlinea di 60 metri l'una dall'altra.

PIANO DI NAVIGAZIONE TEORICO SSS		
N° LINEE	LUNGHEZZA LINEA	SUB TOTALE LUNGHEZZA LINEARE
9	5750	51930
9	1500	13950
17	2000	34000
35	60	2100
TOTALE METRI LINEARI		101980 m (101.98 km)
NOTA: Il totale dei metri/km lineari non sono riferiti al singolo strumento ma all'intera attività che prevede l'acquisizione simultanea sia del dato morfologico che del dato stratigrafico.		

Tabella 9.2. Piani di navigazione del SSS

I record registrati su linee contigue sono stati acquisiti sempre in senso contrario uno rispetto all'altro, con un range di 75 m in HF e LF. La sovrapposizione del 150% tra i transetti contigui ha permesso la copertura totale dell'area mantenendo una quota di volo dello strumento di circa 10-15% del range laterale in HF-75m di Range in LF). Il setting della strumentazione ed il piano di navigazione adottato hanno permesso di ottenere una sovrapposizione tra transetti contigui pari al 150% ed una conseguente copertura compatibilmente con l'andamento batimetrico del fondale e soprattutto con le accostate da effettuare lungo le banchine. Una volta terminati i rilievi, i dati strumentali ottenuti sul campo sono stati processati ed elaborati in maniera da ottenere un fotomosaico georeferenziato, realizzato grazie al software SeaView della Mogsosoft.

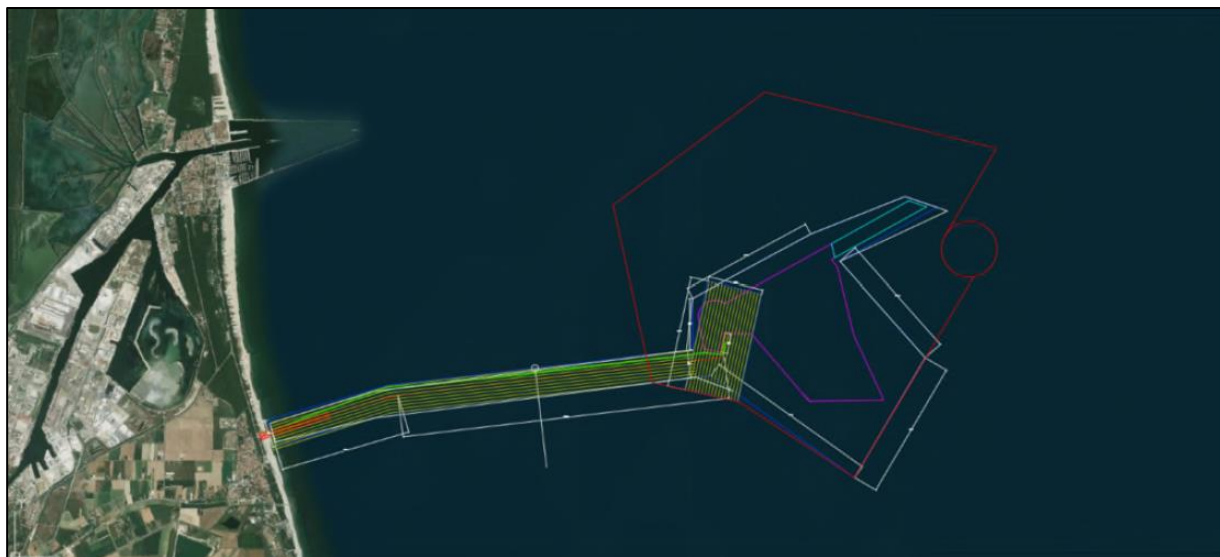


Figura 9.3. Area indagata con il SSS. Rotte effettuate

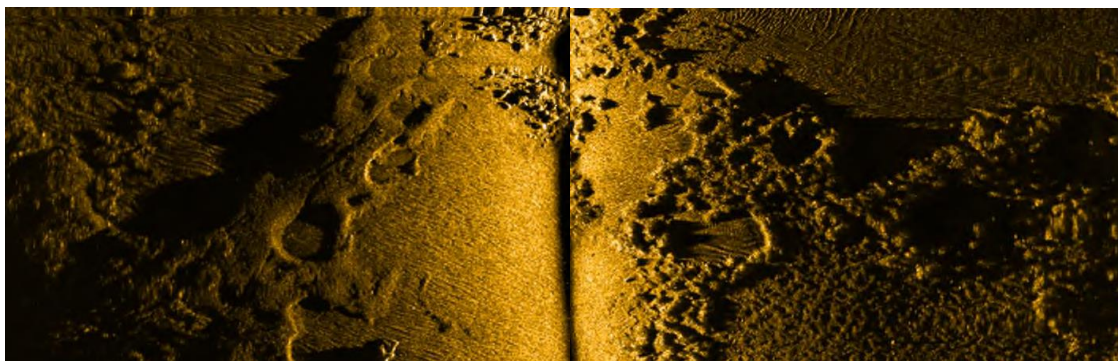
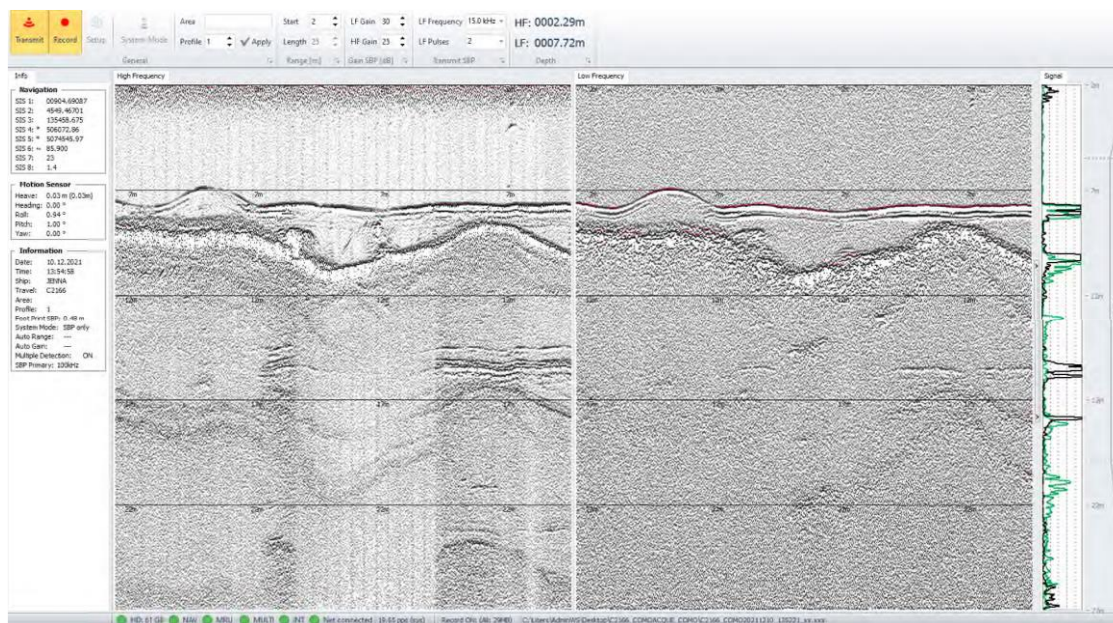


Figura 9.4. Sonogramma di acquisizione SSS.

9.3 RILIEVO STRATIGRAFICO CON SUB BOTTOM PROFILER (SBP)

Scopo del rilievo stratigrafico è stato quello di ricostruire con un adeguato dettaglio la stratigrafia al di sotto del fondale lungo il corridoio della nuova condotta ed all'interno dell'area PIR, consentendo di valutare gli spessori sedimentari di medesime litologie di sedimenti, rispetto al transetto di navigazione.

I dati così ottenuti e successivamente elaborati e correlati con quelli ottenuti dalle acquisizioni SSS e MBES, hanno permesso di procedere ad una verifica dei volumi degli orizzonti stratigrafici individuati nel rilievo, permettendo di produrre, qualora richiesto, dei DTM (generati per quota o per spessore dei riflettori) per ognuna delle principali discontinuità geologiche individuate, al fine di fornire un valido ed aggiornato set di dati per la pianificazione e progettazione del layout del nuovo impianto LNG.



9.4 RILIEVO MAGNETOMETRICO (MAG)

La campagna magnetometrica è stata eseguita seguendo le medesime rotte percorse per l'acquisizione del MBES. L'obiettivo è stato quello di determinare la presenza di oggetti ferromagnetici possibili indicatori di ordigni esplosivi, relitti e lacerti di tubazioni abbandonate sul fondo. Infine, all'interno delle aree è stato verificato l'effettivo tracciato delle condotte transitanti principalmente nell'area del corridoio di posa. I rilievi sono stati eseguiti con tecnologia Maggy modello G882 prodotto dalla Marine Magnetics condotto al traino a una distanza due volte superiore alla lunghezza della barca. Il rilievo così eseguito ha permesso una ricostruzione fedele dell'intero campo magnetico dell'area investigata mettendo in evidenza sottoservizi ed anomalie magnetiche sulle quali effettuare degli approfondimenti di indagine, con video ispezioni.

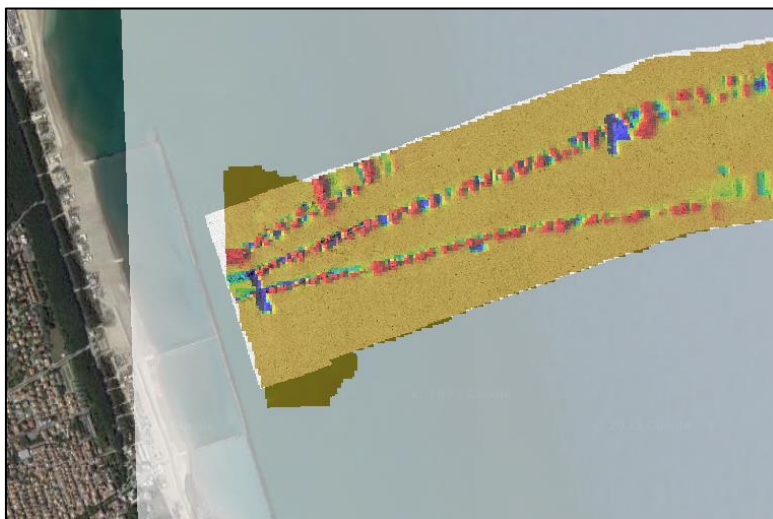


Figura 9.6. Restituzione magnetometrica dell'atterraggio delle tubazioni presente lungo il canale di posa

10 ANALISI DELLE INDAGINI E DELLE ANOMALIE RISCONTRATE

La verifica archeologica dei risultati dell'indagine è stata eseguita analizzando contestualmente gli elaborati post processati e caricati su QGIS e Global Mapper del Sonomosaico SSS, del DTM generato con il MBES e la tavola delle anomalie magnetiche. Infine, si sono visionati i singoli sonogrammi delle anomalie come segnalate e descritte dai tecnici che hanno eseguito le indagini, relativi ad un totale di 379 targets rilevati dall'analisi del mosaico SSS eseguito in corrispondenza del Corridoio (CO) e dell'area PIR.

Di seguito si riporta un'analisi complessiva dei dati indagati premettendo che:

- ✓ Si è lavorato su dati acquisiti in fase di progettazione.
- ✓ I risultati prodotti dall'indagine Sub Bottom Profiler sono stati visionati al fine di individuare eventuali anomalie prodotte da riflettenze discontinue rispetto all'andamento degli strati.
- ✓ L'analisi dei dati è stata condotta ponendo attenzione al contesto paesaggistico analizzato, caratterizzato da fondali fortemente antropizzati e da una successione di limi e sabbie di recente stratificazione, ben osservabili nelle immagini acustiche.

Come anticipato al precedente Capitolo 8, dalla relazione geofisica si evince che, in generale, la batimetria dell'area si estende dalla linea di costa (-0,7 m circa) fino a raggiungere la batimetria massima di -13,6 m circa del Corridoio (CO), ubicata in corrispondenza dell'esistente piattaforma PIR. Prendendo come riferimento la rotta teorica della nuova sealine, a circa 270 m dalla linea di battigia procedendo da terra verso mare, è presente una scogliera frangiflutti emersa, costruita parallelamente alla linea di costa, posta a protezione del litorale costiero della località di Punta Marina. In questo punto il profilo batimetrico acquisito parte dalla batimetria dei -0.70 m e degrada dolcemente per circa 210 m fino alla batimetria -2,5 m, per poi scendere e chiudersi alla base interna della scogliera ad una profondità di circa -3,80 m.

Sempre prendendo come riferimento la rotta teorica iniziale, la batimetria rilevata alla base della scogliera lato mare è pari a -3,20m, e da qui, per una distanza di circa 140 m, scende fino alla batimetria di -5.3 m per poi risalire alla batimetria di -3.85 m, dove, ad una distanza di 160 m dalla scogliera, interseca una condotta parzialmente scoperta. Da questo punto il profilo del fondo degrada per circa 1000 m con una pendenza costante dello 0,47% fino alla batimetria -7.5 m, per poi scendere con una pendenza inferiore allo 0,1% per i restanti 7000 m fino a raggiungere la batimetria massima di -13,60 in corrispondenza della piattaforma PIR. La morfologia del fondale è disturbata da cinque macro-deformazioni del fondale prodotte dalle pipeline che vanno in direzione della PIR e delle piattaforme retrostanti l'area d'indagine.

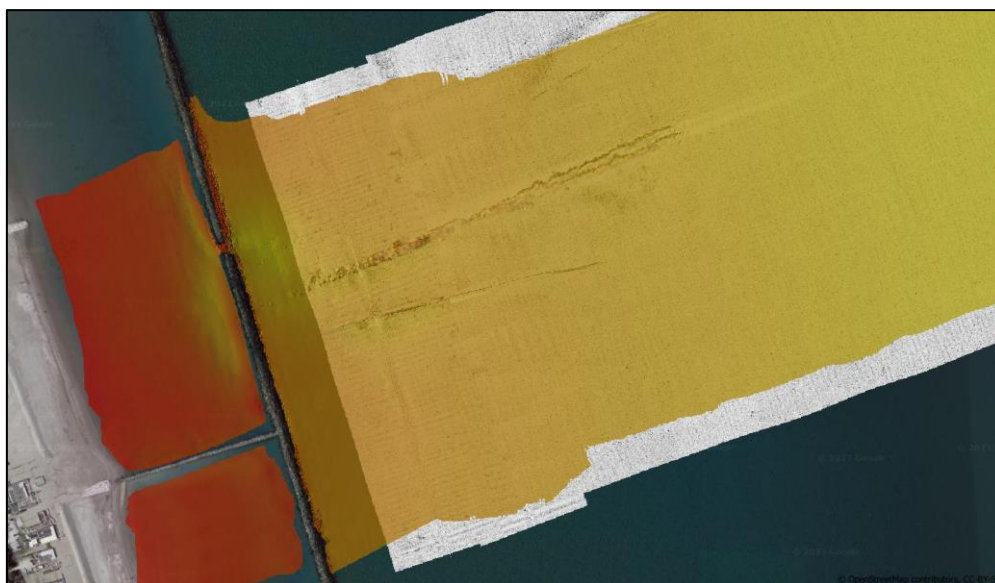


Figura 10.1. Morfologie lineari marcate indicanti le pipeline transanti in prossimità della riva

In corrispondenza dell'area appena descritta, per un tratto di corridoio che si estende per circa 230 m dalla scogliera verso il PIR, sono presenti una serie di anomalie (definite *debris*) di piccole dimensioni non meglio identificabili, interpretate dai geofisici come di probabile natura non antropica.

Sono state documentate, infine, innumerevoli anomalie nel tratto compreso tra le batimetriche dei -7 m e -8 m, seppure non tutte trovino corrispondenza nel DTM. La loro dispersione e forma non richiamano elementi noti, naturali o antropici, di possibile confronto. La quantità e posizione lungo la rotta delle condotte, o a margine di esse, lascia supporre la possibilità che possano riferirsi a materiali/scarti di recente deposizione o a residui di reti rimaste impigliate lungo gli ostacoli rappresentati dalle tubazioni sottomarine.

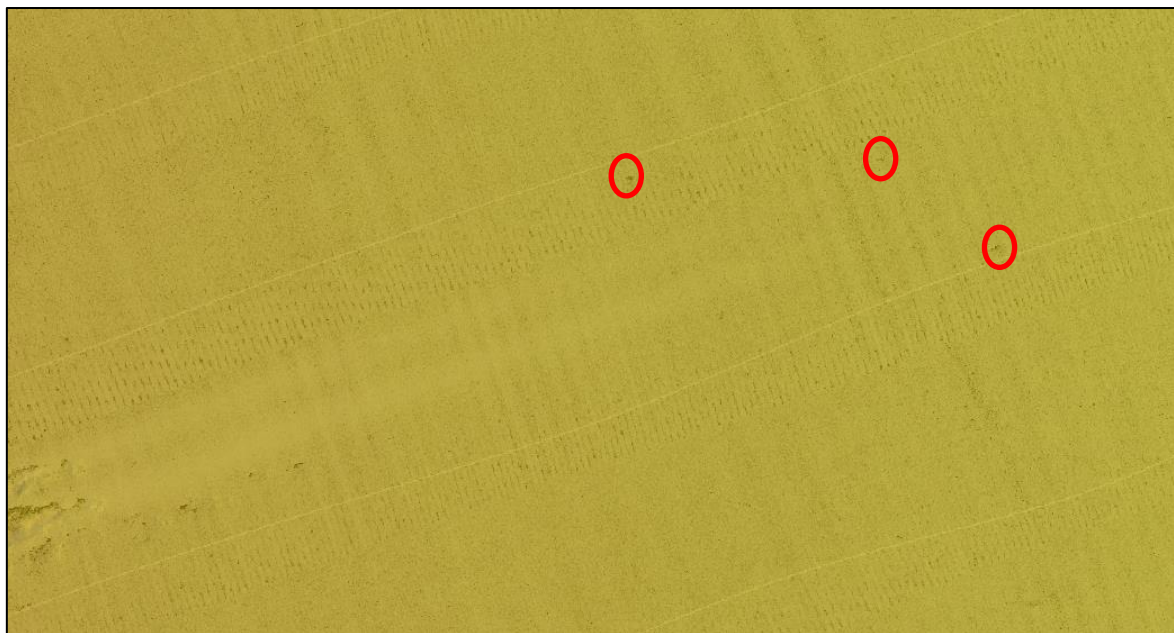


Figura 10.2. In rosso cerchiare le piccole anomalie lungo le tubazioni.

Tra le batimetriche dei -9,0 m e quella dei -10,0 m per circa 700 m è possibile osservare nei dati SSS una variazione di *backscatter* da 'medio' a 'medio alto', probabilmente ascrivibile alla presenza di un sedimento leggermente più grossolano e di silt bioclastico (come osservabile nel mosaico SSS).

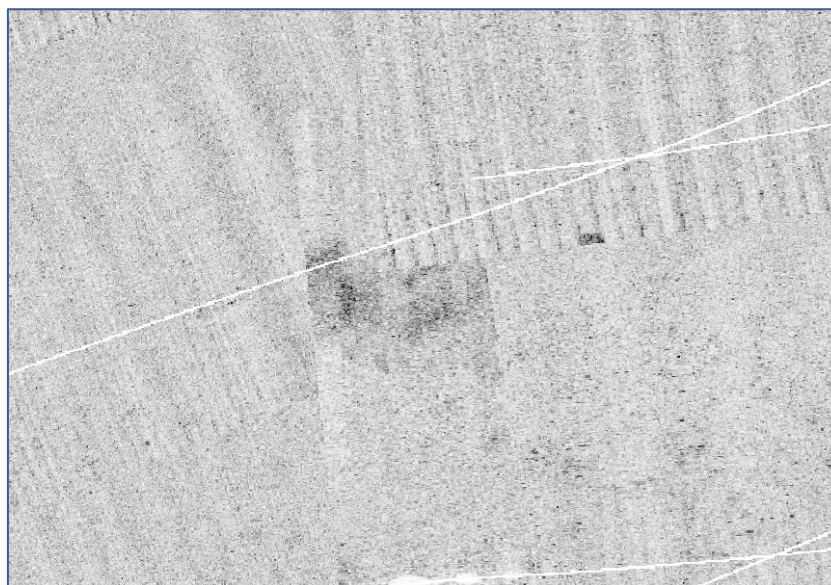


Figura 10.3. Deformazioni nella composizione del mosaico in corrispondenza di silt bioclastico rimaneggiato

Tra le batimetrie comprese tra -10,0 m e -12,0 m è presente un'area che si estende per tutta la larghezza del corridoio indagato ed una lunghezza di circa 2,9 km lineari, composta probabilmente, secondo l'interpretazione data dai tecnici geofisici, da una patch di debris bioclastici. Tale area è osservabile analizzando sia i dati acquisiti con il Multibeam che con il Side Scan Sonar.

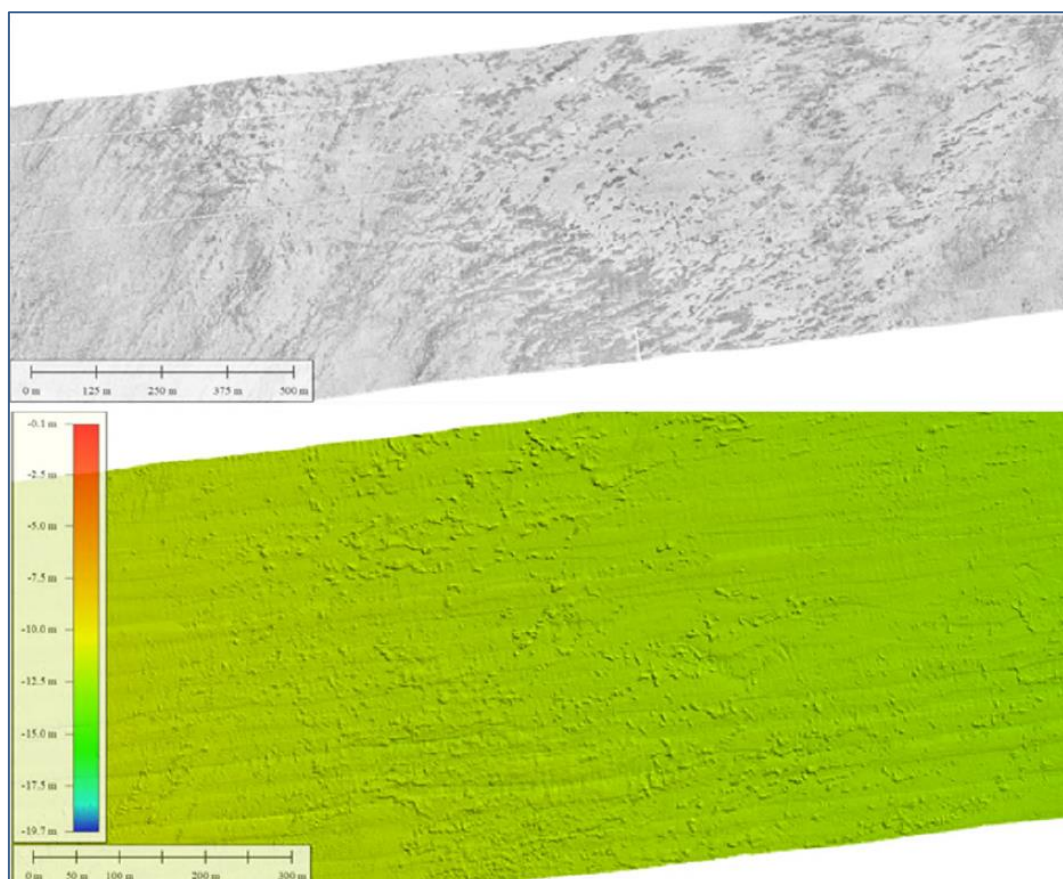


Figura 10.4. Cambiamento evidente nella conformazione del fondale sulla batimetria dei -10 m circa

A 7 km di distanza dalla scogliera riemergono dal sedimento fino alla PIR le due sealines "centrali", tra loro parallele e con orientamento perpendicolare alla linea di costa. Dal punto in cui queste si scoprono dal sedimento, per un tratto di 493 m entrambe le condotte risultano ricoperte da uno strato di materiale inerte (rock dumping). Per i successivi 100 m esse risultano completamente scoperte e ben visibili. In questo tratto, mediante un gomito a 90° cambiano orientamento (da OE a SN) per poi proseguire parallelamente al PIR per i successivi 200 m. Dall'analisi dei dati risulta che, dopo la deviazione, le condotte sono nuovamente ricoperte dal materiale inerte. La dispersione di materiale inerte è evidente in tutta l'area intorno alla piattaforma. Si documentano innumerevoli anomalie, anche di grandi dimensioni, concentrate principalmente nell'area a ridosso della piattaforma tra le batimetriche dei -13 e -14 metri di profondità.

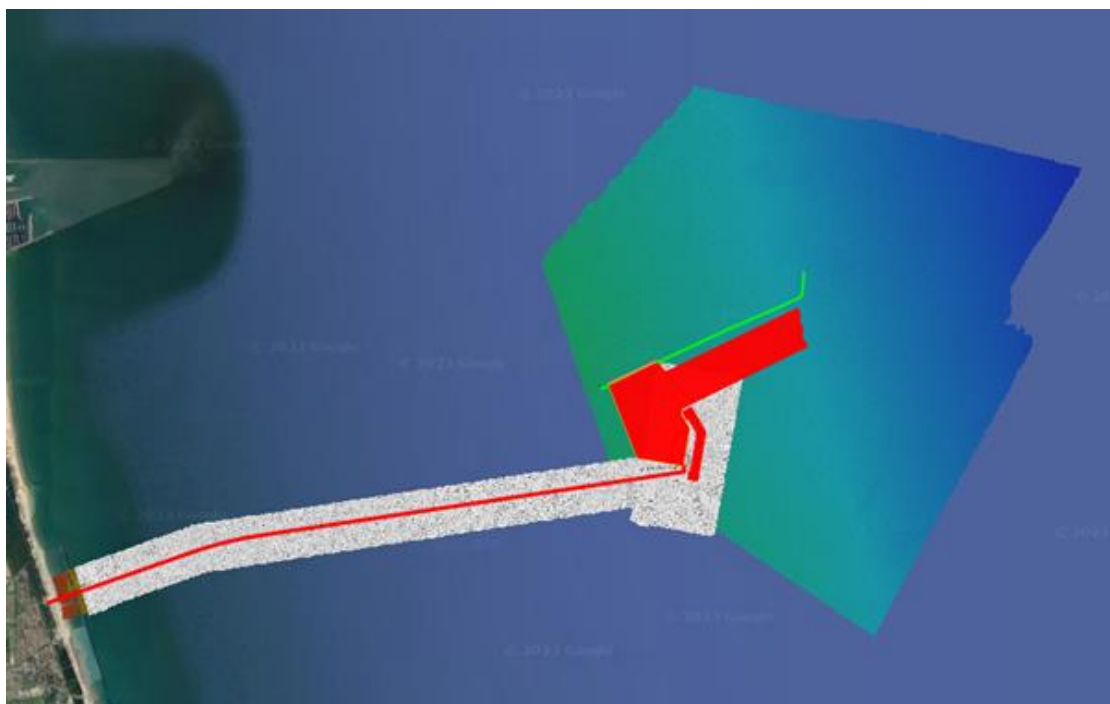


Figura 10.5. Aree SSS indagata dettagliatamente. In rosso l'area di progetto, sullo sfondo il DTM prodotto con il passaggio del MBES

Complessivamente le anomalie documentate dall'analisi SSS sono state 379 concentrate nell'area PIR e nel corridoio. La restante parte dell'area verificata esclusivamente con il MBES ed il magnetometro non è stata considerata durante le fasi processing del dato dai tecnici che hanno eseguito le indagini. In questa sede si è preso in esame il Target Reports⁸² elaborato in fase progettuale e sono stati verificati tutti i sonar contact estrapolati dal sonomosaico. Va segnalato che l'assenza dei dati dimensionali dei target acquisiti ha complicato la lettura e parzialmente compromesso la possibilità di attenzionare quelli che potrebbero presentare un rischio eventuale, potenzialmente maggiore agli altri, di riferirsi a relitti/parti di carichi navali e/o elementi di altro genere di possibile interesse storico archeologico.

ANALISI TARGET SSS ARTIFICIALI (man made object)			
Totali	Pipeline	target PIR	Non id.
141	27	70	44
ANALISI TARGET SSS NATURALI			
Totali	Bioclastic silt	Gas Plume	Ripples
30	26	3	1
ANALISI TARGET SSS DEBRIS ovvero targets di attribuzione non meglio definibile sulla base dei dati ad oggi disponibile			
Totali			
208			

Tabella 10.1. Tabella dei target SSS

⁸² Allegato 1 della presente relazione

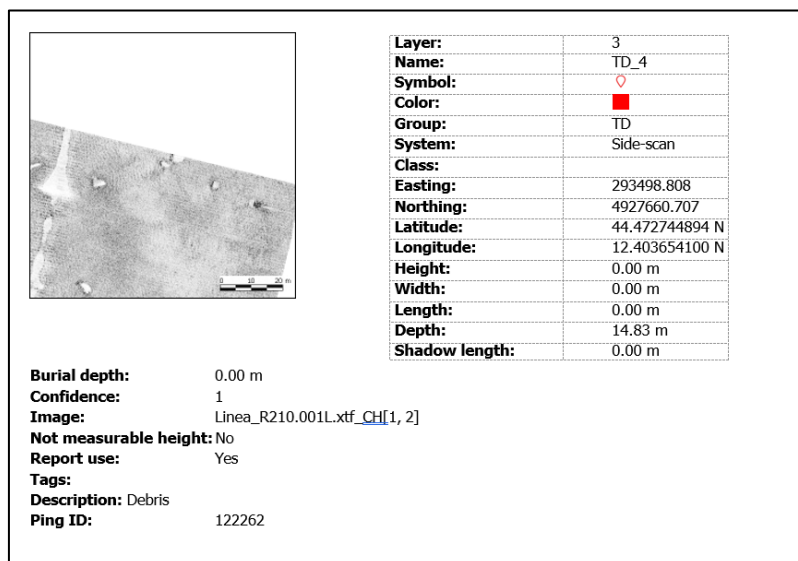


Figura 10.6. Target TD_4

L'analisi dei sonar contacts, deficitaria di indicazioni precise in merito ai dati dimensionali dei target, si è quindi basata sulla morfologia dell'oggetto e su parametri dimensionali, tuttavia, approssimativamente desumibili dal riferimento metrico a margine di ogni singolo sonogramma. La tabella 10.1 permette di verificare come dei 379 sonar contact documentati sul fondale 208 sono stati classificati come "debris". Di questi nessuno presenta forme con certezza riconducibili a elementi di interesse storico archeologico quanto, piuttosto, a elementi anche di grandi dimensioni, quali corpi morti, con molta probabilità legati ad attività connesse con l'impianto/collegamento e manutenzione delle piattaforme.

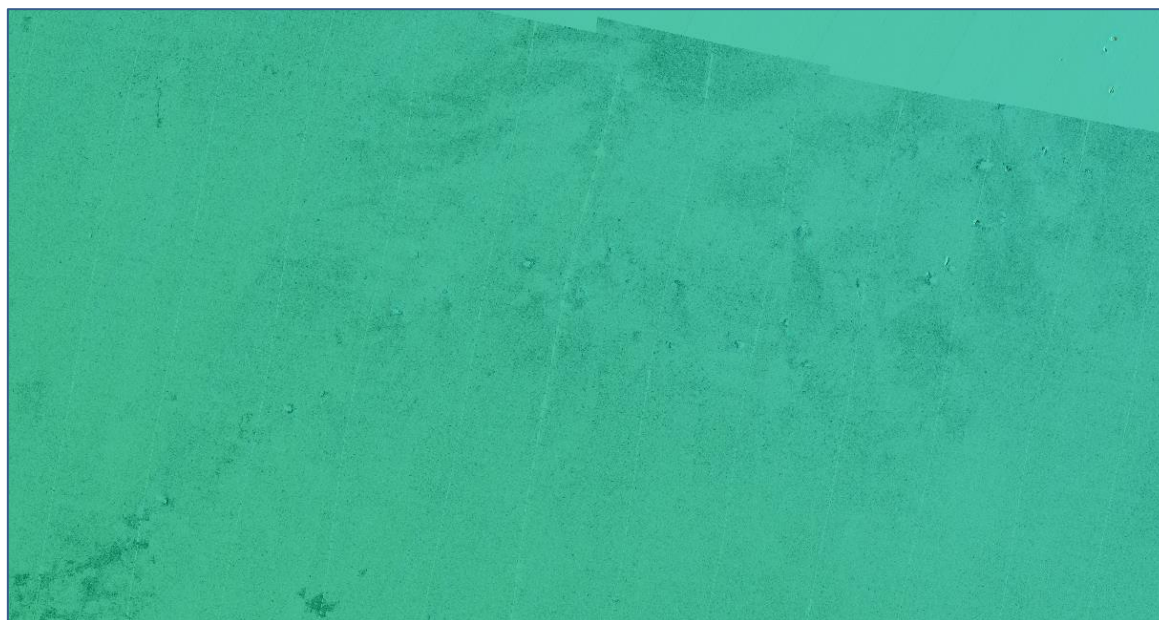


Figura 10.7. Limite settentrionale dell'area. Dispersione di Debris. SSS. Con sovrapposizione del DTM

Dei rimanenti 171 targets segnalati dalla Subsea Fenix s.r.l. 30 sono da ascrivere a variazioni del fondale dovute a cambiamenti nel tessuto sedimentario superficiale, o a gas plume ovvero pockmarck sul fondale prodotti dalla fuoriuscita del gas in risalita. Sacche di gas in risalita sono un tratto distintivo del dato ricavato dal SBP eseguito lungo la rotta. Il gas, saturando i sedimenti altera la rispondenza dell'onda sismica. La frequenza di queste anomalie

è piuttosto elevata e si alterna a quelle facilmente riconoscibili ricavate dal passaggio del SBP sulle pipe line. Sono rari i riflettenti che potrebbero indicare l'esistenza di oggetti sepolti.

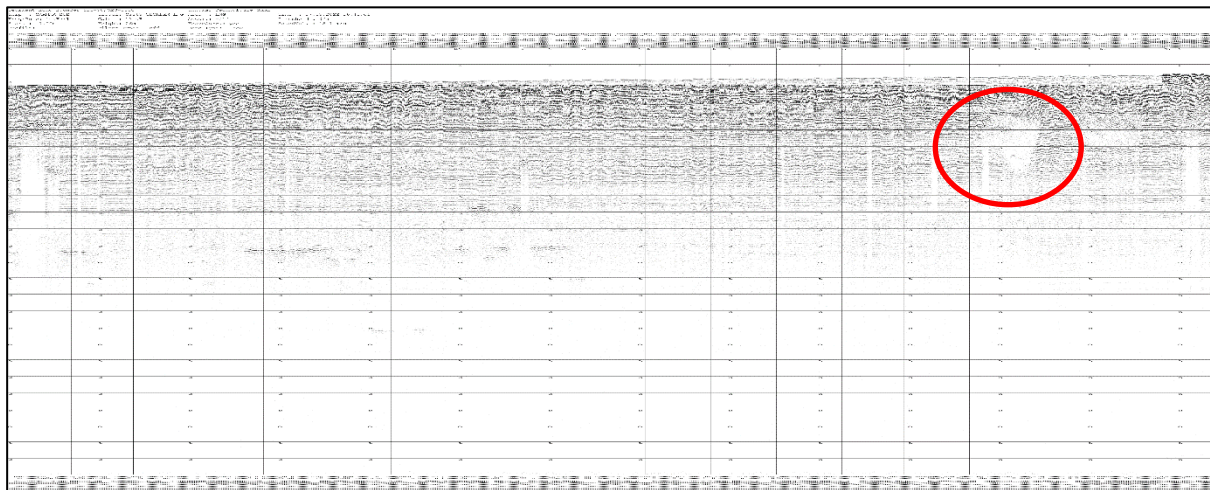


Figura 10.8. Particolare di un tracciato sismico ricavato dalla campagna SBP effettuata. In rosso l'anomalia prodotta dalla tasca di gas.

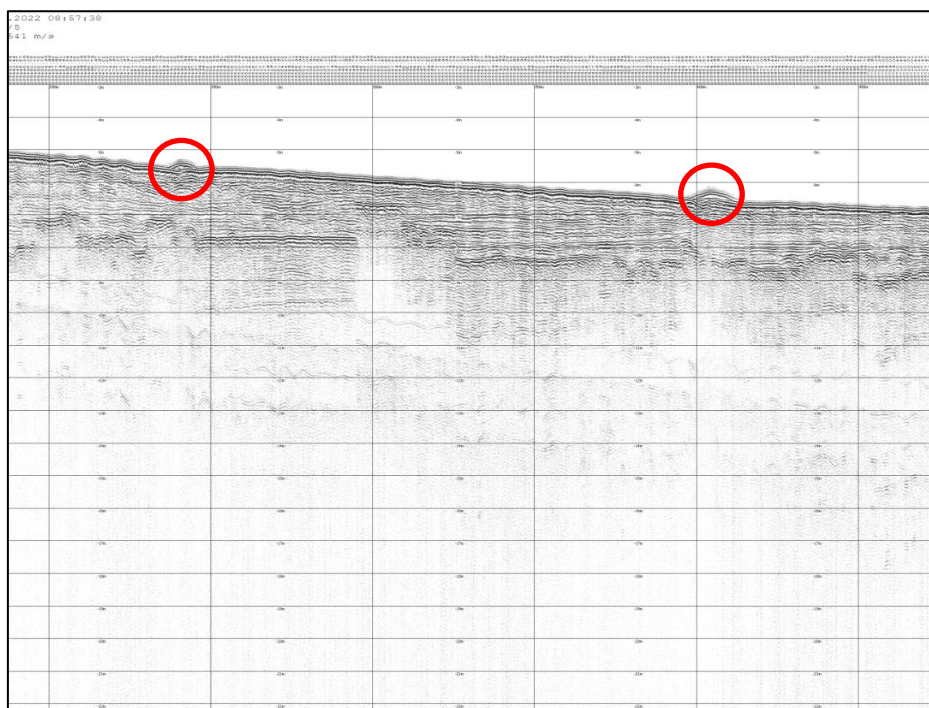


Figura 10.9. Sismogramma. In rosso le condotte passanti superficialmente.

Infine, sono stati identificati 141 target classificati come possibili anomalie artificiali (*man made object*). Di queste è stato possibile escludere dall'analisi 97 target chiaramente riconducibili alle strutture della PIR oppure alle pipeline che attraversano lo specchio acqueo oggetto d'intervento.

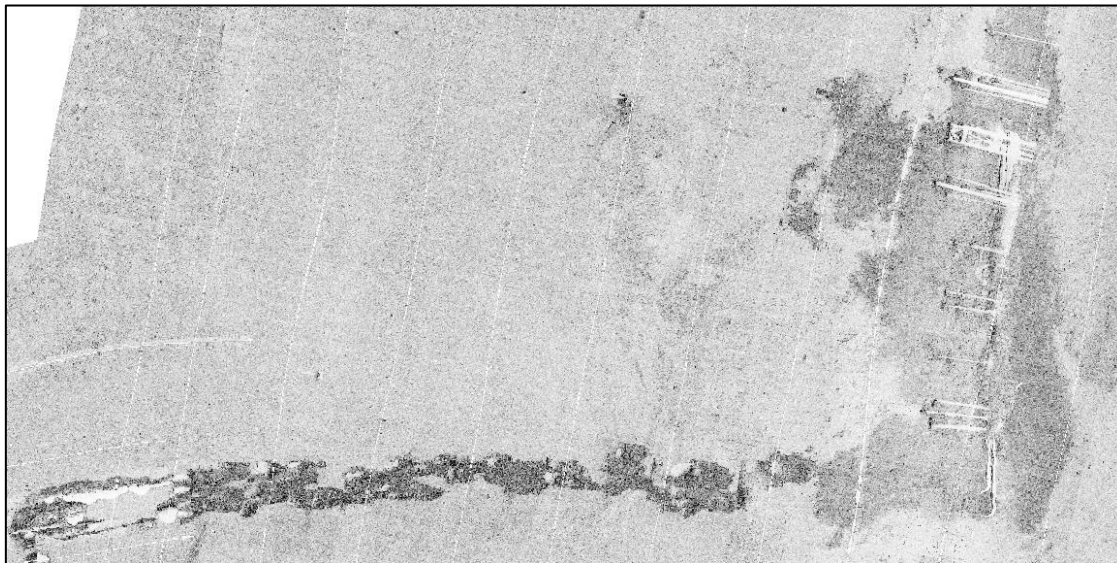


Figura 10.10. la piattaforma PIR e la condotta parzialmente coperta.

Sulla base della documentazione analizzata appare evidente l'elevatissima concentrazione di targets emergenti dal fondale limaccioso e concentrati principalmente nell'area che circonda la Petra, l'ex piattaforma della PIR. Pur nell'incertezza di una interpretazione a posteriori basata su dati acquisiti non calibrati per permettere una lettura archeologica di dettaglio, nessuno dei sonogrammi presenta le caratteristiche di un relitto o di parti di esso e neppure di un elemento archeologicamente noto e riconoscibile. Anche la moltitudine di targets magnetometrici individuati nella medesima area conferma l'ininterrotta attività industriale svolta in questo comparto marittimo, che ha certamente prodotto negli anni un imponente deposito di materiale ferroso sul fondale.

11 INDAGINI GEOTECNICHE

Il presente capitolo riporta una sintesi degli esiti delle indagini geotecniche effettuate dalla società Subsea Fenix s.r.l. di Ravenna in diversi periodi dell'anno tra settembre 2022 e agosto 2023 in funzione della progettazione⁸³ delle opere a mare.

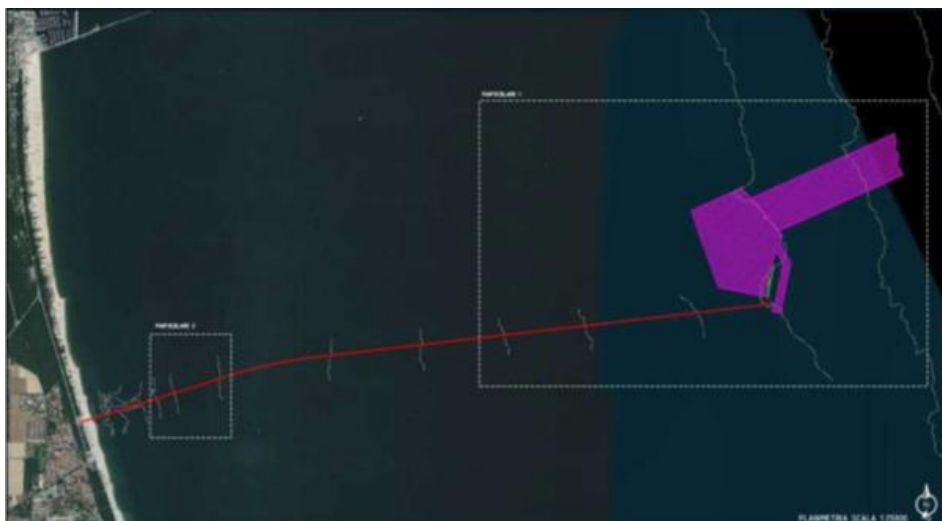


Figura 11.1. Aree oggetto delle indagini Geotecniche.

Complessivamente, le analisi granulometriche effettuate sui campioni di sedimento, hanno confermato una tessitura prevalentemente pelitica (>87.9%) con tenori di sabbia molto bassi compresi tra 0 a 13.6%. Le concentrazioni del Carbonio Organico Totale (TOC) sono risultate con valori compresi tra 0.29% e 2.8%.

⁸³ I risultati delle indagini sono riportati nella relazione tecnica "Campagna di indagini geofisiche - Relazione tecnico illustrativa - Rif. Subsea Fenix C2268_TECHEM_LNG RAVENNA_GEOFISICA" (settembre 2022) e dalla relazione REL-AMB-E-30073.

12 INDAGINI ROV

In funzione del progetto, la Subsea Fenix s.r.l. ha inoltre eseguito nel periodo compreso tra il 24 e il 28 luglio 2023 l'ispezione di un campione rappresentativo dei target identificati durante le indagini geofisiche e UXO preliminari. Per la presente integrazione si è visionata la relazione finale (23-16-C2374-REL-01 - Techfem Ispezione target PIR) contenente le immagini relative alla rispondenza acustica del target e l'oggetto corrispondente sul fondale.

Nello specifico le attività svolte sono state:

- ✓ Ispezione visiva e 2D sonar con ROV (Remotely Operated Vehicle);
- ✓ Ispezione con OTS (Operatori Tecnici Subacquei).

I targets individuati dalle indagini precedentemente svolte ricadono in un'area di estensione pari a 4 km² di forma quadrata, centrata rispetto alla piattaforma PIR che dista circa 7 km dall'imboccatura del porto di Ravenna e 8 km dalla spiaggia di Punta Marina.

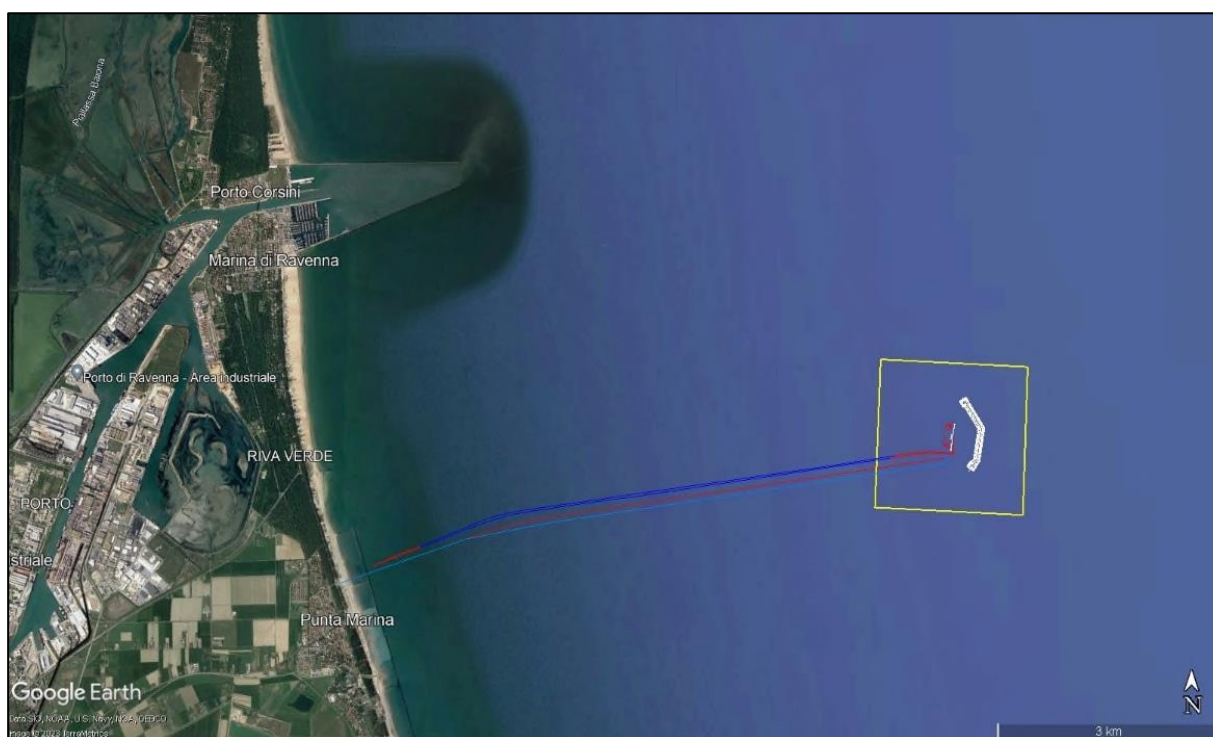


Figura 12.1. Area investigata

Si sono ispezionati cinque targets, i quali si sono rivelati essere riconducibili a materiali di edilizia, scaricati in mare e avanzi metallici di lavorazioni effettuate intorno alla piattaforma (putrelle), reti da pesca e corpi morti dotati di golfare metallico.



Figura 12.2. Posizionamento dei sonar contacts

A seguito degli esiti di tali ispezioni, è stata eseguita una parziale bonifica dell'area con l'asportazione alcune di queste anomalie⁸⁴.

⁸⁴ 23-16-C2374-REL-01 - Techfem Ispezione target PIR.; relazione fotografica target CESUB 01092023_18102023

13 VALUTAZIONE PRELIMINARE DELL'INTERESSE ARCHEOLOGICO

13.1 PREMESSA METODOLOGICA

La Valutazione Preliminare dell'Interesse Archeologico di un'area definisce la probabilità della presenza di depositi o manufatti di interesse archeologico (emergenti o interrati) e la probabilità di interferire con essi delle opere in progetto.

Il **POTENZIALE ARCHEOLOGICO** riguarda la presenza ed il grado di conservazione di eventuali depositi archeologici in una determinata area. Per Potenziale nullo si intende che nell'area si sia già verificata, attraverso precedenti indagini e/o bonifiche archeologiche, l'assenza di depositi di tipo archeologico. Per certezza della presenza si intendono quelle aree per le quali si è già accertata la presenza di depositi archeologici, manifesti, interrati o sommersi a prescindere dall'eventuale esistenza di un vincolo archeologico.

La determinazione dell'indice di potenziale assoluto è effettuata sulla base dei seguenti fattori:

- ✓ *Attestazioni archeologiche: presenti o ipotizzate*
- ✓ *Caratteristiche morfobatimetriche e topografiche dell'area: in base alle loro potenzialità rispetto ad una frequentazione antropica o nell'ottica del livello di conservazione di eventuali depositi o della loro tipologia (in situ o in giacitura secondaria)*
- ✓ *Risultato delle indagini storico archivistiche effettuate nell'area di buffer concordata con la Soprintendenza competente per l'area di progetto.*

LA **VALUTAZIONE DEL RISCHIO ARCHEOLOGICO** riguarda la previsione, in relazione alla tipologia delle opere da realizzarsi, della eventualità di interferire nel corso dei lavori con depositi archeologici. Per "rischio nullo" si intende che nell'area sia già stata verificata, attraverso precedenti indagini e/o bonifiche archeologiche, l'assenza di depositi di tipo archeologico o che, relativamente alle caratteristiche delle opere in oggetto, il rischio sia di fatto assente (mancanza di operazioni di scavo e/o oblitterazione di porzioni di terreno, lavori in galleria, etc.). Per "rischio alto" si intendono quelle aree per le quali si è già accertata la presenza di depositi archeologici, manifesti o interrati, a prescindere dall'eventuale esistenza di un vincolo archeologico e dove le lavorazioni previste incidono direttamente sulle quote indiziate della presenza di stratificazione archeologica.

La determinazione dell'indice di "rischio relativo" è effettuata sulla base dei seguenti fattori:

- ✓ *Potenziale archeologico assegnato all'area nella quale vengono effettuate le opere in progetto*
- ✓ *la tipologia dei lavori (scavi, rilevati, oblitterazione di superfici etc.)*
- ✓ *I risultati delle indagini geofisiche e geotecniche preliminarmente eseguite*

13.2 VALUTAZIONE DEL POTENZIALE ARCHEOLOGICO

Nella storia della frequentazione dell'Alto Adriatico, il comparto marittimo ravennate si colloca come un settore di primaria importanza nel quadro generale degli scambi sia tra una sponda e l'altra dell'Adriatico sia con l'entroterra padano. In particolare, incidono sulla formulazione del potenziale archeologico dell'area oggetto d'intervento:

- ✓ I ritrovamenti archeologici noti avvenuti nelle acque di Casal Borsetti; Porto Corsini, Marina di Ravenna.
- ✓ L'indagine storico archeologica effettuata che ha certificato l'esistenza di porti e caricaturati attivi in tutte le epoche lungo il tratto di costa interessato dal progetto, a partire dall'interrato porto di Classe fino al settecentesco Porto Corsini.
- ✓ Gli eventi bellici che hanno coinvolto direttamente Porto Corsini e Marina di Ravenna.
- ✓ I caratteri geomorfologici del litorale e la tipologia dei fondali limo sabbiosi che garantisce un elevato grado di conservazione dei reperti quando non esposti all'acqua.

Per i motivi suddetti il **potenziale archeologico subacqueo** nell'area di intervento è ritenuto **ALTO**

13.3 VALUTAZIONE DI RISCHIO RELATIVO

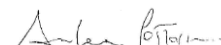
Si evidenzia che l'area dove si colloca il progetto è caratterizzata dalla presenza storica di infrastrutture industriali offshore e condotte sottomarine. La nuova piattaforma di ormeggio va ad affiancarsi a pochi metri di distanza dalla piattaforma esistente Petra realizzata negli anni ottanta del Novecento. Le opere in progetto riguardano tre principali tipologie di attività che incidono in maniera differente sui fondali marini direttamente interessati dall'opera: i dragaggi; la posa dei tubi e la copertura di aree di fondale attualmente esposte con materiale di riporto e infine gli interventi di trivellazione in funzione della posa di pali e della creazione del microtunneling. I ritrovamenti archeologici documentati nelle acque di Casal Borsetti Porto Corsini e Marina di Ravenna indicano la possibilità di individuare altri eventuali reperti di possibile interesse storico-archeologico sepolti e/o affioranti dal fondo.

Per i motivi suddetti il rischio relativo subacqueo nell'area di intervento è ritenuto:

- **ALTO:** per tutte le attività di scavo/dragaggio e trivellazione/carotaggio previste per la realizzazione del progetto.
- **MEDIO:** per tutte le attività di posa/copertura di materiali sul fondale marino.

Genova, 06 dicembre 2023

TESI ARCHEOLOGIA SRL



BIBLIOGRAFIA e SITOGRAFIA

AA.VV. 1996, *Adriatico Genti e Civiltà*, Cesena

Abballe M. 2021, Fiumi, valli e litorali tra Lamone e Savio dal periodo romano all'Età medievale pp. 35-48 in: Galetti P. 2021, (a cura di) *Una terra antica. Paesaggi e insediamenti nella Romania dei secoli V-XI*, Sesto Fiorentino.

Archetti R., Paci A. 2018, *OFFSHORE ADRIATICO Opportunità di riutilizzo delle strutture esistenti*.

Antonelli M., Rossano N. 2018, *Gli americani a Porto Corsini nella Grande Guerra*, Ravenna.

Arnaud P. 2020, *Les Routes de la navigation antique. Itinéraires en Méditerranée et Mer Noire (Nouvelle Edition)*, Arles.

Augenti A. (a cura di) 2011, *Classe indagini sul potenziale archeologico di una città scomparsa*, Bologna

Augenti A. 2010, *Città e porti dall'antichità al Medioevo*, Roma.

Beltrame C. 2009, *The Excavation of the Brick Mercure of the Regno Italico (1812). Why to investigate a Military Vessel from the Beginning of the 19th Century?*, in International Symposium on Boat and Ship Archaeology II pp. 249-256.

Beltrame C. 2016, *Archeologia Marittima del Mediterraneo Navi, merci e porti dall'antichità all'età moderna*, Roma.

Carile A. (a cura di) 1991, *Storia di Ravenna II/1*, Venezia

Carile A. (a cura di) 1992, *Storia di Ravenna II/1*, Venezia

Cassai C.C. (a cura di) 2017, *Spina. Scavi nell'abitato della città etrusca 2007-2009*, Bologna.

Cirelli E. 2008, *Ravenna, archeologia di una città*, Sesto Fiorentino.

Cordano F. 1992, *Antichi viaggi per mare, peripli greci e fenici. Testi di Annone Scilace di Carianda Arriano Rufo Festo Avieno*, Pordenone.

Gabbianelli G., Rambelli F. e Rossi P.L. (1994) - *L'apporto storico- archeologico allo studio dell'evoluzione costiera emiliano - romagnola: la "scoperta" della Torre Gregoriana di Foce Reno*. In: Atti Convegno "L'antropico e l'entropico", Quaderni Flaminia, Ravenna, 3: 79- 95

Galetti P. 2021, (a cura di) *Una terra antica. Paesaggi e insediamenti nella Romania dei secoli V-XI*, Sesto Fiorentino.

Fabbri P. 1990, *Il paesaggio ravennate nell'evo antico*, in SUSINI 1990, pp. 7-30.

Fabbri P. 1991, *Il controllo delle acque tra tecnica ed economia*, in: CARILE 1991, pp. 9-25.

Fabbri P. 1993, *Terra e acque dall'alto al Basso Medioevo*, in A. VASINA (a c.), *Storia di Ravenna*, III, Venezia 1993, pp. 33-68.

Fabbri P. 2001, *Fiumi e canali nella storia urbana di Ravenna*, in «Acque» 5, 2001, pp. 94- 103.

Fabbri P. 2004, *L'età antica e medievale. Le mura tardo-antiche*, in P. FABBRI (a c.), *Le mura nella storia urbana di Ravenna*, Ravenna 2004, pp. 34-41.

Ivetic E. 2019, *Storia dell'Adriatico*, Bologna.

- Luparini A. 2010 (a cura di), *La Grande Guerra nel Ravennate (1915-1918)*, Ravenna.
- Mazzotti O. 1998, *Porto Corsini dagli anni '40 alla fine dell'Ottocento*. Tesi di Laurea
- Medas S. 1996, *la navigazione adriatica nella prima età del Ferro*, in: AA.VV. 1996, *Adriatico Genti e Civiltà*, Cesena, pp. 91-133.
- Medas S. 2004, *De Rebus Nauticis, l'arte della navigazione nel mondo antico*, Roma
- Medas S. 2016, *La navigazione tardo-arcaica in Adriatico*. l'iconografia navale e la peculiarità della tradizione nautica, *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad Autónoma de Madrid* 42, pp. 143-166.
- Medas S. 2022, *Nautica Antica. Itinerari nel mondo della navigazione tra storia archeologia ed etnografia*, Roma
- Montanari G.B. 1982, *Archeologia Subacquea in Emilia Romagna, Possibilità e prospettive*. Supp. Bollettino D'Arte 4, Roma, pp. 1-18.
- Montanari G. B., et alii 1994, *L'insediamento neolitico di Fornace Cappuccini di Faenza (Ravenna)*, *Preistoria Alpina - Museo Tridentino di Scienze Naturali*, VOL 27, pp. 173-195.
- Moretti U. 1904, *Per la storia di Porto Corsini*, Roma
- Moroni M. 2012, *Nel medio Adriatico Risorse, traffici, città fra basso Medioevo ed età moderna*, Napoli.
- Rieth E. 2023, *Pour une histoire de l'architecture navale méditerranéenne XV-XVI siècle*, Parigi
- Righini V. 1996, *per una storia dei commerci in Adriatico*, in: AA.VV. 1996, *Adriatico Genti e Civiltà*, Cesena. pp 135-190.
- Pirani F. 2014, *Città, insediamenti costieri e strutture portuali nel medio adriatico*, in: *Attività economiche e sviluppi insediativi nell'Italia dei secoli XI-XV: omaggio a Giuliano Pinto: atti del convegno svoltosi a Cherasco presso la sede del CISIM il 25-27 ottobre 2013*, LUSO E. ed., Cherasco, pp. 187-213
- Ricci G. 1989, *Ravenna spogliata fra Tardo Medioevo e prima età Moderna*, *Quad. Storici N.S. n.71/2* pp. 537-561.
- Sassatelli G., Corbara F. 2019, *Classis. Ravenna. Museo della città e del Territorio*, Ravenna.
- Stoppa P. 1998, *Porto Corsini, Marina di Ravenna: una storia*. Ravenna
- Vasina A. (a cura di) 1993, *Storia di Ravenna III*, Venezia
- Veggiani A. 1965, *Trasporto di materiale ghiaioso per correnti di riva dall'area marchigiana all'area emiliana durante il Quaternario*, in «*Bollettino della Società dei Geologi Italiani*» 84, 1965, pp. 315-328.
- Veggiani A. 1968, *La linea di spiaggia tra Ravenna e Pesaro all'inizio dell'Era Volgare e considerazioni sul ciclo sedimentario olocenico*, in *Atti* 1968, pp. 115-133.
- Veggiani A. 1970, *L'idrografia dell'antico Delta Padano tra Ravenna e Comacchio*, in «*BECCR*» 12, 1970.
- Veggiani A. 1973, *Le trasformazioni dell'ambiente naturale del ravennate negli ultimi millenni*, in «*StRomagn*» 24, 1973, pp. 3-24.

Veggiani A. 1976, *Le variazioni della linea di costa del Ravennate dall'età preromana al Medioevo*, in «CARB» 23, 1976, pp. 2-24.

Veggiani A. 1980, *Considerazioni geologiche sulla captazione e sul tracciato dell'acquedotto romano di Ravenna*, in «StRomagn» 31, 1980, pp. 3-19.

Volpe R., Belardelli P. 2004. *Il territorio di Ravenna dalla Protostoria all'Alto Medioevo*. Sesto Fiorentino.

Sitografia

www.wrecksite.eu

www.relitti.it

www.gna.cultura.gov.it

<https://emiliaromagna.cultura.gov.it/archeodb/>

<https://geoportale.regione.emilia-romagna.it/approfondimenti/applicazioni-moka>

<https://adriareef.github.io/sandbox3/>

<https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/parchi-natura2000/rete-natura-2000/siti/rete-natura-2000-in-emilia-romagna>

<https://www.guardiacostiera.gov.it/ravenna/Pages/avvisi.aspx>