

SOS - Piattaforme e Impatti Offshore

Report tecnico I Campagna oceanografica 13-19 maggio 2018

Macro-attività D: Attività sperimentale a supporto del tavolo tecnico finalizzato alla predisposizione del nuovo decreto attuativo ex art. 104, comma 5 del Dlgs. 152/06

Dipartimento Scienze del Sistema Terra e Tecnologie per l'Ambiente

CNR

Luglio 2018



Sommario

Premessa	3
Personale tecnico e scientifico	4
Struttura della relazione	5
1. Selezione delle piattaforme per le indagini ambientali	5
2. Iter autorizzativo finalizzato allo svolgimento delle attività di monitoraggio	6
3. Piano di campionamento	6
3.1. Fase I e II: campionamento delle acque di produzione e dello scarico a mare	7
3.1.1 Criticità	8
3.2 Fase III: Campionamento a tre diverse distanze dallo scarico	8
3.2.1 Definizione dei transetti di campionamento	9
3.2.2 Piattaforma Cervia B	10
3.2.3 Piattaforma Annabella	11
3.3. Fase IV: Studio delle dinamiche idrografiche presso le Piattaforme Cervia B e Annabella	11
3.4 Fase IV: Attività di campionamento e acquisizione dati presso la Piattaforma Cervia B	12
3.4.1 Colonna d'acqua di mare	12
3.4.2 Sedimenti	12
3.5 Fase IV: Attività di campionamento e acquisizione dati presso la Piattaforma Annabella	13
3.5.1 Colonna d'acqua di mare	13
3.5.2 Sedimenti	13
3.6 Analisi di bioaccumulo e biomarkers nei mitili	14
3.7 Identificazione del field blank e del background naturale	14
3.8 Studio dell'impatto attuale e storico della piattaforma Basil	16
4. Criticità	16

Premessa

Nell'ambito della convenzione stipulata tra il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) e il Dipartimento Scienze del Sistema Terra e Tecnologie per l'Ambiente del CNR (DTA), "SOS-Piattaforme & Impatti Off-Shore" è stata prevista un'indagine ambientale nell'area di interesse di 10 piattaforme off-shore ENI presenti nella zona costiera compresa tra Ravenna e Pescara. In particolare, le attività previste fanno riferimento alla sezione Macro-Attività D della convenzione.

Obiettivo principale delle attività di indagine è lo studio della modalità di dispersione in mare delle acque di produzione e una caratterizzazione chimico-fisica ed ecotossicologica delle stesse e delle matrici ambientali (acqua, sedimenti, biota) che ricevono lo scarico. L'attività di ricerca prevede un approccio di analisi 'integrato' di tipo chimico, e fisico per lo studio degli effetti della dispersione in mare delle acque di produzione ed ecotossicologico per la valutazione di eventuali danni a organismi selezionati dopo la loro esposizione all'acqua di produzione e all'acqua di mare prelevata a diverse distanze dal punto di scarico. Inoltre, l'azione di ricerca è volta alla definizione di un approccio metodologico innovativo per le future attività di monitoraggio da effettuare attorno alle piattaforme off-shore per la verifica di processi e meccanismi di impatto sull'ambiente e l'ecosistema principalmente da parte dello scarico di acque di produzione.

Questa relazione descrive le attività di campionamento e acquisizione dati effettuate durante la I Campagna Oceanografica nell'ambito della convenzione "SOS-Piattaforme & Impatti Off-Shore". La campagna di campionamento si è svolta nel periodo 13-19 maggio 2018 a bordo del mezzo navale ROCCO UNO della Marine Consulting International e dei mezzi navali ENI KING DAVID e MARE GRIGIO.

Personale tecnico e scientifico

Di seguito l'elenco del personale tecnico-scientifico del CNR che ha partecipato alle attività della I Campagna Oceanografica:

Elvira Oliveri	elvira.oliveri@iamc.cnr.it	Ricercatrice	Geochimica campionamento sedimenti	IAMC-CNR Capo Granitola
Francesco Placenti	francesco.placenti@iamc.cnr.it	Tecnologo	Geochimica campionamento acqua di mare	IAMC-CNR Capo Granitola
Nadia Sabatino	nadia.sabatino@iamc.cnr.it	Assegnista	Geochimica campionamento acqua di mare	IAMC-CNR Capo Granitola
Luigi Giaramita	luigi.giaramita@iamc.cnr.it	Tecnico	Sedimentologia campionamento sedimenti	IAMC-CNR Capo Granitola
Gaspare Buffa	gaspare.buffa@iamc.cnr.it	Ricercatore	Acquisizione dati chimico-fisici	IAMC-CNR Capo Granitola
Vincenzo Tancredi	vincenzo.tancredi@iamc.cnr.it	Assegnista	Campionamento acque di produzione a bordo delle piattaforme	IAMC-CNR Capo Granitola
Laura La Gattuta	laura.lagattuta@iamc.cnr.it	Tecnico	Campionamento acque di produzione a bordo delle piattaforme	IAMC-CNR Capo Granitola
Francesca Bulfamante	francesca.bulfamante@iamc.cnr.it	Tecnologo	Responsabile rapporti con autorità competenti per rilascio autorizzazioni	IAMC-CNR Capo Granitola
Alberto Ribotti	alberto.ribotti@cnr.it	Tecnologo	Acquisizione dati lagrangiani	IAMC- CNR Oristano
Francesca Garaventa	francesca.garaventa@ismar.cnr.it	Ricercatrice	Ecotossicologia campionamento acque e sedimenti	ISMAR-CNR Genova
Mireno Borghini	mireno.borghini@sp.ismar.cnr.it	Tecnico	Gestione correntometria a mare	ISMAR-CNR La Spezia

Struttura della relazione

La relazione è stata organizzata in due sezioni: una prima parte che descrive la fase propedeutica al campionamento (par. 1, 2) e una seconda parte che descrive il campionamento a mare (par. 3). La seconda parte riporta la descrizione del campionamento secondo una suddivisione in 4 fasi (I, II, III, IV) sulla base delle principali attività di indagine svolte a mare. Nella fase IV esiste una suddivisione per area di studio, relativamente alle Piattaforme Annabella e Cervia B.

1. Selezione delle piattaforme per le indagini ambientali

La selezione delle piattaforme da monitorare nell'ambito della convenzione "SOS Piattaforme & impatti offshore" è stata valutata e definita in stretta collaborazione con il MATTM durante una serie di incontri in tavoli tecnici finalizzati alla definizione delle attività di ricerca. La Tabella 1 mostra l'elenco delle 10 piattaforme selezionate e le coordinate geografiche relative all'area di interesse (settore Nord Adriatico; Fig. 1).

Le piattaforme sono state selezionate principalmente sulla base della criticità dell'impatto sull'ecosistema circostante e sulla base dei diversi volumi di acque di produzione scaricate annualmente ciò al fine di valutare se il loro eventuale impatto sull'ambiente sia proporzionato a tali volumi.

Le attività di indagine hanno previsto il monitoraggio delle acque di produzione a monte e a valle del sistema di trattamento a bordo nonché il campionamento di acqua nel punto di scarico a mare. Inoltre, su due delle 10 piattaforme selezionate sono state effettuate attività di ricerca finalizzate alla verifica di possibili fenomeni di impatto ambientale direttamente correlabili allo scarico delle acque di strato e agli altri processi legati all'attività produttiva delle piattaforme nel loro complesso. A tale scopo sono state selezionate le piattaforme **Annabella** e **Basil**, che mostrano caratteristiche simili dal punto di vista della produzione industriale (estrazione di gas, scarico a mare di acqua di produzione, ecc), ma che differiscono per quanto riguarda l'impatto sull'ecosistema marino circostante (ISPRA, 2009-2015); ovvero, la Piattaforma **Basil** è caratterizzata da un impatto ambientale rilevante, mentre la Piattaforma **Annabella** risulta caratterizzata da livelli di contaminazione assai ridotti. A seguito dell'interruzione improvvisa ed imprevista delle attività estrattive e del relativo scarico a mare delle acque di produzione da parte delle piattaforme **Basil** e **Azalea B** (la cui comunicazione di tale interruzione è stata rispettivamente ricevuta in data 24 Aprile 2018 e 12 Maggio 2018) le attività sul campo hanno subito una variazione rispetto al programma iniziale. In particolare, le attività previste nell'area di interesse della Piattaforma **Basil** sono state riprogrammate per l'area di pertinenza della Piattaforma **Cervia B**. E' stato inoltre concordato con gli uffici del MATTM un piano di campionamento alternativo per la piattaforma **Basil** finalizzato ad un'indagine sulla matrice sedimento specificatamente mirata alla comprensione dell'impatto attuale e storico delle attività della piattaforma sull'ambiente marino circostante.

Infine, per quanto riguarda le attività di indagine nell'area di pertinenza della Piattaforma **Azalea B**, a seguito di comunicazione improvvisa da parte di ENI, come sopra menzionato, e dei tempi ristretti per una riorganizzazione efficace del piano di campionamento, l'attività di campionamento è stata annullata.

2. Iter autorizzativo finalizzato allo svolgimento delle attività di monitoraggio

L'iter autorizzativo intrapreso per l'espletamento delle attività di monitoraggio, è stato concordato e programmato con la Dott.ssa Laura Mauri, del Distretto Centro Settentrionale dell'Eni S.p.A. - Marina di Ravenna - durante tavoli tecnici finalizzati alla programmazione delle diverse attività di lavoro. L'iter autorizzativo, propedeutico allo svolgimento del piano di campionamento, ha interessato l'intero gruppo di 10 piattaforme ricadenti in ambiti definiti "campi" (Campo Cervia e Campo Pineto) di competenza delle Capitanerie di Porto di Rimini, Pesaro e Pescara.

Le diverse attività di campionamento hanno riguardato sia punti di indagine ricadenti nel raggio dei 500 m attorno alle singole piattaforme (in concessione ad Eni) e sia punti di controllo esterni.

Il CNR ha predisposto ed inoltrato la seguente documentazione:

- 1) Richieste per il rilascio dei provvedimenti per lo svolgimento delle attività di monitoraggio da condurre all'interno della fascia dei 500 m e per l'accesso alle piattaforme;
- 2) Documenti di Sicurezza e Salute (DSS), relativi alle attività da condurre nell'area dei 500 m delle piattaforme, ricadenti nei due Campi Cervia e Pineto;
- 3) Richiesta di autorizzazione per lo svolgimento di attività di campionamento di acqua e sedimento nei punti di controllo.

Nello specifico, ogni richiesta di cui al punto 1) è stata inviata alla Capitaneria di Porto di competenza e per conoscenza al Distretto Centro Settentrionale di Eni S.p.A, con sede a Marina di Ravenna. Le Capitanerie di Porto si sono espresse con rilascio di Nulla Osta ed Autorizzazioni, previa acquisizione delle autorizzazioni ottenute dal Distretto Centro Settentrionale di Eni, per il transito e lo stazionamento dell'imbarcazione per lo svolgimento delle attività poste in richiesta.

Nei DSS, di cui al punto 2), sono stati indicati: le attività e la struttura organizzativa del personale operante, l'identificazione dei rischi, le misure, le modalità operative di prevenzione e protezione adottate, etc. Infine, la richiesta di cui al punto 3) è stata inoltrata agli Enti preposti al rilascio dei pareri di competenza.

Le richieste ed i DSS sono stati corredati da vari allegati relativi al personale operante, all'imbarcazione utilizzata, alle attività svolte e alle strumentazioni utilizzate per il monitoraggio.

3. Piano di campionamento

Il piano di campionamento ha previsto quattro fasi di lavoro:

- I. prelievo delle acque di produzione *pre e post* trattamento a bordo delle piattaforme;

- II. prelievo delle acque di produzione in prossimità dello scarico a mare;
- III. prelievo delle acque di mare a tre diverse distanze dallo scarico a mare (5-10-20 m) lungo transetti ortogonali;
- IV. acquisizione dei dati correntometrici, acquisizione dei parametri chimico-fisici della colonna d'acqua di mare, prelievo di mitili insediati sui piloni delle piattaforme, campionamento della colonna d'acqua e dei sedimenti presso le piattaforme **Annabella** e **Cervia B**, campionamento dei sedimenti attorno alla piattaforma **Basil**.

Le attività relative alle fasi I e II sono state svolte in contemporanea o con uno sfasamento temporale di poche ore.

Per ottimizzare i tempi di campionamento, le attività della fase I sono state effettuate da un gruppo di lavoro autonomo formato da un ricercatore ed un tecnico del CNR ed il personale ENI, a bordo delle imbarcazioni ENI KING DAVID e MARE GRIGIO (Fig. 2). Su ogni piattaforma il personale CNR è stato accompagnato fino ai punti di campionamento dal personale ENI che ha fornito informazioni sulle modalità di funzionamento del sistema di trattamento e scarico delle acque di produzione.

Le attività relative alle fasi II, III e IV sono state effettuate da un secondo gruppo di lavoro composto dal personale CNR e dagli Operatori Tecnici Subacquei (OTS) e dal personale della Marine Consulting International a bordo del *M/N ROCCO UNO* (Fig. 3).

Le quattro fasi di lavoro hanno coperto 6 giornate. Il piano delle attività, così come programmato inizialmente, è stato concordato con la Dott.ssa Laura Mauri, responsabile delle operazioni per ENI (per le fasi I e II) e con il comandante del *M/N ROCCO UNO* Com. Edgargo Barboni per quanto riguarda le tempistiche degli spostamenti tra le varie aree per le fasi di lavoro III e IV. In corso d'opera, le condizioni meteo marine avverse hanno richiesto una continua riorganizzazione delle attività.

3.1. Fase I e II: campionamento delle acque di produzione e dello scarico a mare

Il metodo di campionamento adottato ha previsto il prelievo delle acque di produzione in corrispondenza delle 3 fasi che caratterizzano il *pathway* industriale delle acque stesse. In particolare, sulle 8 piattaforme sono state campionate le acque di produzione i) prima del trattamento industriale, ii) dopo il trattamento industriale e iii) in corrispondenza del punto di scarico a mare (Tab. 2).

Le acque di produzione *pre-* e *post-*trattamento sono state campionate sulla piattaforma dal personale CNR supportato dal responsabile ENI presente a bordo delle piattaforme stesse (Fig. 4). Il personale CNR ha prelevato diverse aliquote di acqua di produzione per un volume totale pari a

circa 9 L tramite contenitori scelti in base al tipo indagine a cui sottoporre gli stessi, come schematizzato in Tabella 3. In un secondo tempo, a bordo del *M/N ROCCO UNO*, ogni aliquota di campione è stata pre-trattata e conservata come previsto dalle procedure standardizzate per ogni tipo di analisi (Tab. 3).

Le acque di produzione in corrispondenza del punto di scarico a mare sono state campionate dagli OTS sotto supervisione del personale CNR (Fig. 5). Gli OTS, muniti di un campionatore “Niskin” da 10 L, adatto al prelievo di campioni d’acqua di mare, si sono immersi in corrispondenza della profondità coincidente con il punto di scarico delle acque di produzione post trattamento (localizzato su indicazione del personale ENI) e hanno prelevato il campione di acqua (giusto in corrispondenza del punto di scarico; Tab. 2). A bordo del *M/N ROCCO UNO*, il campione di 10 L contenuto nella “Niskin” è stato successivamente diviso in diverse aliquote dal personale CNR secondo lo schema riportato in Tab. 3. Le aliquote sono state successivamente pre-trattate e conservate come previsto da procedure standardizzate per ogni tipo di analisi (Tab. 3).

3.1.1 Criticità

I campionamenti delle acque di produzione nel punto di scarico a mare previsti presso la Piattaforma **Brenda** (in data 16 maggio 2018) e presso le Piattaforme **Emma W** e **Fratello Cluster** (in data 18 maggio 2018) non sono stati effettuati per i motivi in seguito riportati.

A causa di condizioni meteo marine avverse, che hanno impedito il normale proseguo dei lavori nei giorni 14, 15 e parte del 16 maggio 2018, il personale CNR ha dovuto necessariamente riorganizzare le attività di ricerca sul campo in accordo con la tempistica delle operazioni legate alla presenza del personale ENI (organizzazione dei trasferimenti con *M/N ENI*, accesso alle piattaforme del personale CNR, accesso degli OTS agli scarichi delle piattaforme).

Per quanto riguarda il campionamento delle acque di scarico a mare non è stato possibile ritornare presso **Brenda** a causa dell’impossibilità da parte di ENI ad organizzare un’ulteriore giornata di campionamento, come era accaduto per **Annabella** il giorno 16 maggio 2018.

Infine, per quanto riguarda le Piattaforme **Emma W** e **Fratello cluster**, nella fase di riorganizzazione è stato annullato il campionamento delle acque di scarico perché i tempi di trasferimento non sono risultati conciliabili con le attività di campionamento previste nell’area di pertinenza delle Piattaforme **Annabella** e **Cervia B**.

3.2 Fase III: Campionamento a tre diverse distanze dallo scarico

Per quanto riguarda le piattaforme **Cervia B** e **Annabella**, al fine di studiare l’effetto di dispersione e diluizione delle acque di produzione dal punto di scarico a mare, sono stati prelevati campioni di

acqua di mare a tre diverse distanze dallo scarico (5-10-20 metri) lungo transetti posizionati secondo direzioni ortogonali (Fig. 6).

3.2.1 Definizione dei transetti di campionamento

Al fine di determinare la strategia di campionamento per l'identificazione delle caratteristiche chimico-fisiche delle acque di strato disperse dalle piattaforme Annabella e Cervia B e dei sedimenti trasportati e depositati dal campo idrodinamico nell'intorno di ciascuna piattaforma, è stata utilizzata una metodica di indagine multidisciplinare ed integrata. Per la determinazione del campo di corrente, sia a scala sinottica (breve termine) che della corrente dominante (a lungo termine), inizialmente l'approccio prevedeva l'utilizzo integrato di un sistema di osservazione delle correnti in prossimità dell'area di indagine tramite correntometro acustico, posizionato su una o più catene correntometriche (misure euleriane), e boe lagrangiane (misure lagrangiane). Non essendo stato possibile posizionare la catena correntometrica in prossimità delle piattaforme nei tempi prestabiliti, al fine di determinare le linee di campionamento si sono utilizzate le boe lagrangiane e il modello deterministico OTIS. Attraverso l'osservazione delle traiettorie delle boe è stato possibile determinare in tempo reale il campo di corrente sinottico, cioè quello che definisce la dispersione della plume delle acque di strato nella colonna d'acqua. Viceversa, per la determinazione della corrente dominante che definisce la direzione del trasporto e deposito del materiale solido sul fondo del mare in prossimità delle piattaforme, si è utilizzato il metodo deterministico basato sul modello numerico OTIS (descritto in seguito). Per l'utilizzo di questo modello numerico si è ipotizzato che la corrente di marea rappresenti la corrente dominante della variabilità della circolazione (ipotesi che dovrà necessariamente essere validata in seguito quando saranno disponibili le osservazioni correntometriche a "lungo termine" acquisite in prossimità delle piattaforme).

Lo strumento deterministico OTIS (Regional Tidal Solutions) consente di determinare una stima della variabilità spaziale e temporale del campo di marea per l'intero bacino Mediterraneo con una risoluzione spaziale di $1/30^\circ$, pari circa a 4 km (<http://volkov.oce.orst.edu/tides/med.html>). Le variabili prognostiche (direzione e intensità della corrente di marea), stimate dal sistema OTIS per il periodo pianificato per il campionamento, sono state fornite al personale incaricato delle analisi sotto forma di grafici puntuali in funzione della posizione geografica della piattaforma di estrazione oggetto dello studio, per un periodo temporale di 12 o 24 ore (Fig.7). Al fine di determinare anche la corrente totale a scala sinottica, cioè il contributo delle altre componenti del campo di corrente, come la corrente di deriva, gradiente, densità, etc., prima del campionamento (nel caso di **Annabella** due giorni prima) in prossimità delle Piattaforme **Annabella** e **Cervia B**, sono state rilasciate quattro boe lagrangiane (Tab. 4), due con sistema di posizione GSM e due satellitari. Tutte le boe sono state equipaggiate con una "vela" (posta a circa 1 m sotto il livello del mare per le boe GSM e al livello dello scarico delle acque di strato per quelle satellitari, -20 m per **Annabella** e

-14 m per **Cervia B**) per ridurre l'effetto di trascinamento del vento sulla parte emersa della boa. Le loro traiettorie sono rappresentate in Fig. 9e. L'obiettivo era di monitorare, in tempo reale, il trasporto indotto dalle correnti marine osservate alla quota di riferimento della vela e di fornire una stima qualitativa della corrente di marea determinata dal sistema OTIS (Fig. 8) rispetto a quella totale osservata con le misure lagrangiane (Fig. 10). Tutte le boe lanciate sono state recuperate, tranne la GSM LCA00110 a causa della perdita del segnale di localizzazione. La boa LCE00234, lanciata presso la piattaforma Annabella, è stata recuperata il 13 giugno 2018 al largo di Ortona (Fig. 9c). È stata ributtata alle 10:35 UTC in posizione 42°45.366'N e 014°17.570'E per ottenere altri dati di traiettoria su lungo periodo temporale. L'insieme dei dati raccolti ha permesso di stabilire una strategia accurata per la definizione dei punti di prelievo dei diversi campioni. A seguito dell'analisi delle informazioni modellistico/strumentali si è posizionato la direzione dei transetti coincidenti con la direzione della corrente di marea (corrente dominante) individuata dal sistema OTIS e dalle boe lagrangiane, rappresentata dalla direttrice NW-SE (Fig. 7 e 8), al momento del campionamento presso le Piattaforme. Viceversa, per quanto riguarda la Piattaforma **Cervia B**, al momento del campionamento la corrente totale individuata dalla traiettoria della boa satellitare (NE-SW) è apparsa sensibilmente diversa da quella individuata dalla corrente di marea (Fig. 10a). In questo caso, i primi transetti di campionamento sono stati posizionati lungo la direzione NE-SW (Fig. 11a). Per quanto riguarda la Piattaforma **Annabella**, la direzione NW-SE prevista dal modello è stata supportata dai dati della boa satellitare (Fig. 9a), lungo una direzione media NW-SE. In questo caso, i primi transetti di campionamento sono stati posizionati lungo la direzione NW-SE (Fig. 11b).

3.2.2 Piattaforma Cervia B

Le attività di campionamento subacqueo presso la piattaforma **Cervia B** sono state effettuate il giorno 15 maggio 2018 nelle prime ore del mattino (inizio ore 9:00) lungo il **transetto A** (circa 300° NW, Fig. 6), posizionato lungo la corrente totale dedotta dalle traiettorie delle boe langragiane lanciate prime del campionamento (Fig. 7); a seguire è stato campionato il **transetto B** (Fig. 6). A causa di condimeteo avverse, il campionamento è stato sospeso e successivamente ripreso nelle prime ore del pomeriggio (inizio ore 15:25) lungo il **transetto C e D** (Fig. 6).

Il campionamento è stato effettuato dagli operatori OTS sotto supervisione del personale CNR (Fig. 5). Gli operatori OTS muniti di 3 campionatori "Niskin" da 8 L, adatti al prelievo di campioni d'acqua di mare, si sono immersi alla profondità coincidente con il punto di scarico delle piattaforme (precisamente indicato dal personale ENI) e hanno prelevato campioni di acqua di mare alle tre diverse distanze stabilite dal punto di scarico (Fig. 6). A bordo del *M/N ROCCO UNO*, il volume di acqua contenuto nelle tre "Niskin" è stato suddiviso in diverse aliquote dal personale

CNR secondo lo schema della Tabella 5. Le aliquote sono state successivamente pre-trattate e conservate come previsto da procedure standardizzate per ogni tipo di analisi (Tab. 3).

3.2.3 Piattaforma Annabella

Le attività di campionamento subacqueo presso la piattaforma **Annabella** sono state effettuate il giorno 17 maggio 2018 nelle prime ore del mattino (inizio ore 11:09) lungo il **transetto A** (circa 300° N) posizionato lungo la fase calante della corrente di marea, la cui direzione coincide con quella dedotta dalle traiettorie delle boe langragiane lanciate prime del campionamento (Fig. 8); a seguire è stato campionato il **transetto C** posizionato nella direzione della corrente di marea. A causa di condimeteo avverse che hanno ridotto le ore effettive di lavoro in mare, i campionamenti previsti lungo i **transetti B e D** non sono stati eseguiti. Comunque, il campionamento eseguito lungo i transetti A e C permette di avere informazioni sull'effetto di diluizione delle acque di produzione dal punto di scarico nella direzione della corrente di marea dominante.

Il campionamento è stato effettuato dagli operatori OTS sotto supervisione del personale CNR (Fig. 5). Gli operatori OTS muniti di n.3 campionatori "Niskin" da 8 L, adatti al prelievo di campioni d'acqua di mare, si sono immersi alla profondità coincidente con il punto di scarico delle piattaforme (precisamente indicato dal personale ENI) e hanno prelevato campioni di acqua di mare a tre diverse distanze dal punto di scarico (Fig. 6). Per ogni punto di campionamento è stato prelevato un volume di acqua di mare pari a 8 L. A bordo del *M/N Rocco Uno*, il volume di acqua contenuto nelle tre "Niskin" è stato successivamente subcampionato in diverse aliquote dal personale CNR secondo lo schema della Tabella 5. Le aliquote sono state successivamente pre-trattate e conservate come previsto da procedure standardizzate per ogni tipo di analisi (Tab. 3).

3.3. Fase IV: Studio delle dinamiche idrografiche presso le Piattaforme Cervia B e Annabella

Questa fase di indagine ha inizialmente previsto lo studio delle dinamiche della corrente marina dominante che dovrebbero guidare i processi di diffusione delle acque di produzione e che influenzano il trasporto ed il deposito del materiale solido immesso dalle acque di produzione. Il metodo di indagine ha visto una fase sperimentale di misure *in situ* delle correnti marine e quindi l'integrazione di informazioni elaborate da modelli deterministici capaci di definire le caratteristiche della corrente di marea astronomica.

Per una più corretta valutazione di lungo periodo della corrente presso le Piattaforme **Annabella** e **Cervia B** sono stati inoltre installati due correntometri acustici ad effetto Doppler (ADCP) ad una distanza di circa 100 m dalle piattaforme stesse (Tab. 6; Fig. 13 e 14). Gli strumenti saranno recuperati durante la seconda campagna di acquisizione. I correntometri installati effettuano misure, in continuo, di corrente in 3D tra la profondità di installazione (a -14 m il Nortek a **Cervia B** e a -20 m il Teledyne Workhorse ad **Annabella**) e la superficie permettendo di misurare sia la componente baroclina che quella mareale.

3.4 Fase IV: Attività di campionamento e acquisizione dati presso la Piattaforma Cervia B

Le attività di campionamento e di acquisizione dati presso la piattaforma Cervia B si sono svolte nei giorni 15-16 maggio 2018.

3.4.1 Colonna d'acqua di mare

L'osservazione in tempo reale dei dati della boa satellitare con vela posizionata in profondità, lanciata circa due ore prima del campionamento, ha indicato una direzione della corrente totale al momento del campionamento lungo la direzione NE-SW. Pertanto, le stazioni di prelievo sono state posizionate lungo la medesima direzione a 0, 50, 100 e 500 m di distanza dalla piattaforma nel verso del **transetto A** (circa 30° N) e del **transetto C** (circa 210° N); la stazione più vicina alla piattaforma (ad una distanza di 0 m) è coincidente per entrambi i transetti (Fig. 11a).

Per ogni stazione di campionamento sono stati acquisiti profili di T, pH, salinità, densità della colonna d'acqua (tramite sonda CTD montata su un frame comprendente una "rosetta" di 6 bottiglie Niskin da 8 L). La sonda multiparametrica utilizzata è una SBE 9 plus precedentemente calibrata presso la Communication Technology, le cui misure di accuratezza sono di 0.001°C, 0.001 sm⁻¹ rispettivamente per temperatura e conducibilità. Contestualmente, tramite le bottiglie Niskin sono stati prelevati campioni di acqua di mare in corrispondenza di una quota superficiale (0-1 m) ed una quota di fondo (30-40 m). A bordo del *M/N ROCCO UNO*, il volume di acqua contenuto nelle "Niskin" è stato successivamente suddiviso in diverse aliquote dal personale CNR secondo lo schema della Tabella 7. Le aliquote sono state successivamente pre-trattate e conservate come previsto da procedure standardizzate per ogni tipo di analisi (Tab. 3).

3.4.2 Sedimenti

In corrispondenza delle medesime stazioni posizionate lungo i **transetti A e C** sono state prelevate carote di sedimento (Fig. 12a). Il campionamento è stato effettuato mediante l'utilizzo di box-corer al fine di ottenere un campione poco disturbato e della lunghezza massima di 30 cm (Tab. 8). A bordo del *M/N Rocco Uno*, ogni box-corer è stato sub-campionato in due carote, tramite tubi in PVC, della lunghezza pari a 30 cm (una per le analisi, una per archivio). Le carote di sedimento sono state conservate ad una T di -20 °C e stoccate fino all'arrivo in laboratorio. In laboratorio, le carote di sedimento verranno sub-campionate ad intervalli sedimentari di 2 cm e dai livelli sedimentari 0-2 cm e 8-10 verranno prelevate aliquote per analisi sedimentologiche e geochimiche. Inoltre, in ogni stazione sono stati campionati i sedimenti superficiali (0-5 cm) tramite benna Van Veen per le analisi ecotossicologiche. Una volta a bordo i sedimenti sono stati conservati a +4 °C. In laboratorio, i campioni verranno trattati per effettuare gli screening ecotossicologici sulla fase solida e su quella liquida (elutriato, preparato secondo metodologia Standard).

3.5 Fase IV: Attività di campionamento e acquisizione dati presso la Piattaforma Annabella

Le attività di campionamento e di acquisizione dati presso la piattaforma **Annabella** si sono svolte nel giorno 17 Maggio 2018.

3.5.1 Colonna d'acqua di mare

Le stazioni di campionamento sono state posizionate a 0, 50, 100 e 500 m di distanza dalla piattaforma, lungo il **trasetto A** (circa 300° N), allineato secondo la direzione della corrente dominante al momento del campionamento e lungo il **trasetto C** (circa 120° N) la stazione più vicina alla piattaforma (ad una distanza di 0 m) è coincidente per entrambi i trasetti (Fig.13b). Si fa osservare che sia le boe lagrangiane che il sistema OTIS hanno individuato entrambi la stessa direzione (NW-SE). Questo significa che, durante il campionamento o nella finestra temporale di osservazione della corrente, la dinamica era principalmente dominata dalla sola corrente di marea.

Per ogni stazione di campionamento sono stati acquisiti profili di T, pH, salinità, densità della colonna d'acqua (tramite sonda CTD montata su un frame comprendente una "rosetta" di 6 bottiglie Niskin da 8L). La sonda multiparametrica utilizzata è SBE 9 plus precedentemente calibrata presso la Communication Technology, le cui misure di accuratezza sono di 0.001°C, 0.001 sm⁻¹ rispettivamente per temperatura e conducibilità. Contestualmente, tramite le bottiglie Niskin sono stati prelevati campioni di acqua di mare in corrispondenza di una quota superficiale (0-1 m) ed una quota di fondo (30-40 m). A bordo del *M/N ROCCO UNO*, il volume di acqua contenuto nelle "Niskin" è stato successivamente suddiviso in diverse aliquote dal personale CNR secondo lo schema della Tabella 7. Le aliquote sono state successivamente pre-trattate e conservate come previsto da procedure standardizzate (Tab. 3).

3.5.2 Sedimenti

In corrispondenza delle medesime stazioni posizionate lungo i **trasetti A e C** sono stati prelevati carote di sedimento (Fig. 14b). Il campionamento è stato effettuato mediante l'utilizzo del box-corer al fine di ottenere un campione poco disturbato e della lunghezza massima di 30 cm (Tab. 8). A bordo del *M/N ROCCO UNO*, ogni box-corer è stato subcampionato in due carote, tramite tubi in PVC, della lunghezza pari a 30 cm (una per le analisi, una per l'archivio). Le carote di sedimento sono state conservate ad una T di -20°C e stoccate fino all'arrivo in laboratorio. In laboratorio, le carote di sedimento verranno sub-campionate ad intervalli sedimentari di 2 cm e dai livelli sedimentari 0-2 cm e 8-10 verranno prelevate aliquote per analisi sedimentologiche e geochimiche. Inoltre, in ogni stazione sono stati campionati i sedimenti superficiali (0-5 cm) tramite benna Van Veen per le analisi eco tossicologiche. Una volta a bordo i sedimenti sono stati conservati a +4 °C. In laboratorio, i campioni verranno trattati per effettuare gli screening ecotossicologici sulla fase solida e su quella liquida (elutriato, preparato secondo metodologia Standard).

3.6 Analisi di bioaccumulo e biomarkers nei mitili

Per le analisi di bioaccumulo e di alcuni biomarker, sono stati prelevati campioni di organismi bioindicatori (*Mytilus galloprovincialis*) installati presso i 4 piloni delle due piattaforme **Cervia B** e **Annabella** (Fig. 6). Il campionamento è stato effettuato dagli operatori OTS sotto supervisione del personale CNR. Gli OTS muniti di un sacco fatto di rete da pesca si sono immersi fino alla profondità di circa -3m dalla superficie in corrispondenza dei 4 piloni e con l'ausilio di un coltello da sub hanno prelevato circa 10 Kg di mitili per pilone. A bordo del *M/N ROCCO UNO* i mitili sono stati sub campionati per analisi di bioaccumulo e per valutazioni ecotossicologiche (biomarker).

3.7 Identificazione del *field blank* e del *background naturale*

Il *field blank* o bianco è qui inteso come un punto di campionamento corrispondente ad un sito di controllo che presenta le stesse caratteristiche ambientali dell'area investigata ma che non risulta direttamente influenzato dalle attività industriali anch'esse presenti nell'area di indagine.

Sono stati selezionati 2 siti di bianco denominati stazione **P6**, a 2 miglia nautiche dalla piattaforma **Annabella**, e stazione **P1**, a 11 miglia nautiche dalla piattaforma **Basil** (Fig. 12a). Per ogni stazione sono stati acquisiti profili di T, pH, salinità, densità della colonna d'acqua per mezzo di una sonda CTD montata su un frame comprendente una "rosetta" di 6 bottiglie Niskin da 8L. Contestualmente, tramite le bottiglie Niskin sono stati prelevati campioni di acqua di mare in corrispondenza di una quota superficiale (0-1 m) ed una quota di fondo (30-40 m). A bordo del *M/N ROCCO UNO*, il volume di acqua contenuto nelle "Niskin" è stato successivamente suddiviso in diverse aliquote dal personale CNR secondo lo schema della Tabella 7. Le aliquote sono state successivamente pre-trattate e conservate come previsto da procedure standardizzate per ogni tipo di analisi (Tab. 3).

In ogni stazione è stato effettuato il campionamento di sedimenti mediante l'utilizzo del box-corer al fine di ottenere un campione poco disturbato e della lunghezza massima di 30 cm. A bordo del *M/N ROCCO UNO*, ogni box-corer è stato sub-campionato in due carote, tramite tubi in PVC, della lunghezza pari a 30 cm (una per le analisi, una per l'archivio). Le carote di sedimento sono state conservate ad una T di -20°C e stoccate fino all'arrivo in laboratorio. In laboratorio, le carote di sedimento verranno sub-campionate ad intervalli sedimentari di 2 cm e dai livelli sedimentari 0-2 cm e 8-10 verranno prelevate aliquote per analisi sedimentologiche e geochimiche. Inoltre, in ogni stazione sono stati campionati i sedimenti superficiali (0-5 cm) tramite benna Van Veen per le analisi eco tossicologiche. Una volta a bordo i sedimenti sono stati conservati a +4 °C. In laboratorio, verranno trattati per effettuare gli screening ecotossicologici sulla fase solida e su quella liquida (elutriato, preparato secondo metodologia Standard).

Per quanto riguarda l'indagine relativa al background locale è stata prelevata una carota di sedimento tramite box-corer sul punto **P5**, a 2 miglia dalla piattaforma **Basil** (Fig. 12a). Su questa carota saranno effettuate analisi di radionuclidi (^{137}Cs e ^{210}Pb) per una ricostruzione cronologica degli eventi di impatto antropico nell'area di interesse. Specificamente, a bordo del *M/N ROCCO UNO* la carota è stata sub campionata con risoluzione di 1 cm per tutta lunghezza del record recuperato (21 cm). Ogni livello prelevato è stato suddiviso in aliquote per analisi di composti organici, inorganici, sedimentologici.

3.8 Studio dell'impatto attuale e storico della piattaforma Basil

In corrispondenza della stazione **BA_1** (Fig. 12c), in prossimità della Piattaforma **Basil**, è stata prelevata una carota di sedimento tramite box corer per lo studio del record sedimentario tramite analisi di radionuclidi (^{137}Cs e ^{210}Pb) e contaminanti, finalizzato ad un'indagine dell'impatto attuale e storico della piattaforma sulla matrice sedimento. L'area di prelievo della carota è stata stabilita sulla base delle indicazioni precedentemente riportate dai ISPRA nelle relazioni del 2015 e 2016 in funzione del massimo impatto antropico registrato. A bordo del *M/N ROCCO UNO* la carota è stata sub-campionata con risoluzione di 1 cm per tutta lunghezza del record recuperato (21 cm). Ogni livello prelevato verrà sub-campionato in aliquote per analisi di composti organici, inorganici, sedimentologici.

4. Criticità

Il campionamento nel punto di scarico a mare rappresenta concettualmente il punto in cui le acque di produzione che fuoriescono dallo scarico si mescolano con l'acqua di mare. In realtà, a causa dell'attività discontinua della Piattaforma e, principalmente, a causa delle portate degli scarichi a mare verificate davvero esigue da misura diretta (le tabelle fornite da ENI fanno riferimento a medie mensili), il campione di acque di produzione nel punto di immissione a mare risulta fortemente diluito. Questo dato è sostanzialmente caratteristico di tutte le Piattaforme analizzate. Ciò rappresenta un elemento di forte criticità in relazione agli obiettivi dell'attività di ricerca qui considerata e necessita approfondite valutazioni per la definizione delle azioni programmate per la seconda campagna di misura.

Un altro elemento di criticità è rappresentato da una presenza rilevante di acque caratterizzate da una relativa bassa salinità (soprattutto per ciò che riguarda la Piattaforma **Cervia B**), per effetto di processi di diluzione del plume del fiume Po. In questo caso, la valutazione dello stato di contaminazione che eventualmente verrà costatato, sarà difficile che possa essere adeguatamente discriminare una componente a scala di bacino da quella puntuale dello scarico della Piattaforma.

Tabella 1 – Elenco delle 10 piattaforme ENI con le caratteristiche specifiche.

PIATTAFORMA	Latitudine	Longitudine	Minerale	Anno installazione	Distanza dalla costa (km)	Attività CNR Maggio 2018	Cp. di porto
ANNABELLA	44.228781	13.078865	GAS	1991	35	Fase I), II), III), IV)	Ravenna
ANTONELLA	44.214442	12.776663	GAS	1976	23	Fase I), II),	Pesaro
ARIANNA A	44.306251	12.628146	GAS	1984	21	Fase I), II),	Rimini
AZALEA B*	44.166169	12.720768	GAS	1984	16	Fase I), II),	Rimini
BASIL	44.131649	13.001086	GAS	1983	25	Fase IV)	Pesaro
BRENDA	44.116443	13.044925	GAS	1987	25	Fase I), II),	Pesaro
CERVIA A	44.294608	12.639005	GAS	1986	21	Fase I), II),	Rimini
CERVIA B	44.301650	12.640079	GAS	1992	20	Fase I), II), III), IV)	Rimini
EMMA OVEST	42.808505	14.379206	GAS	1982	36	Fase I), II),	Pescara
FRATELLO CLUSTER	42.610534	14.168514	GAS	1979	12	Fase I), II),	Pescara

*le attività su Azalea B sono state annullate (dettagli nel testo)

Tabella 2 - Campioni di acqua di produzione/scarico prelevati per ogni piattaforma.

PIATTAFORMA	Data	Pre-trattamento	Post-trattamento	Scarico a mare	n. campioni	n. aliquote
ANNABELLA*	17/05/2018	AB_pre	AB_post	AB_sc_0	3	30
ANTONELLA	16/05/2018	AN_pre	AN_post	AN_sc_0	3	30
ARIANNA A	15/05/2018	AR_A_pre	AR_A_post	AR_A_sc_0	3	30
BRENDA**	16/05/2018	BR_pre	BR_post		2	20
CERVIA A	15/05/2018	CR_A_pre	CR_A_post	CR_A_sc_0	3	30
CERVIA B	15/05/2018	CR_B_pre	CR_B_post	CR_B_sc_0	3	30
EMMA W**	18/05/2018	EW_pre	EW_post		2	20
FRATELLO CLUSTER**	18/05/2018	FC_pre	FC_post		2	20

*il campionamento è stato effettuato il giorno 14/05/2018 come da programma e ripetuto il giorno 17/05/2018 (vedi testo);

**il campionamento non è stato effettuato a causa di condizioni meteo marine avverse (vedi testo).

Tabella 3 – Schema di campionamento e pre-trattamento delle diverse aliquote per le matrici acqua di produzione *pre* e *post*, scarico, acqua di mare.

Tipo di analisi	Contenitore	Pre-trattamento in nave	T storage
Metalli	Kartell (1L)	<i>Filtrazione</i>	
particolato		filtrazione con filtro policarbonato 0,45 µm	-20°C
disciolto		50 ml del filtrato stabilizzato con HNO ₃ ultrapuro	amb.
Hg	Bottiglia in vetro pirex (1L)	<i>Filtrazione</i>	
particolato		filtrazione con filtro in cellulosa 0,45 µm	-20°C
disciolto		100 ml del filtrato stabilizzato con BrCl	amb.
Composti organici	Bottiglia in vetro ambrato (1L)		-20°C
Composti organici (C<12)	Vials in vetro (2x20 ml)		-20°C
Solidi sospesi	Kartell (1L)		+5°C
Nutrienti	Falcon (2x15 ml)		-20°C
Ecotossicologia	Kartell (1x1L + 2x500 ml)		+4°C

Tabella 4 – Caratteristiche delle boe langrangiane lanciate in prossimità di Annabella e Cervia B.

Boa	Data e ora	Latitudine [°N]	Piattaforma	Fondale (m)	Tipo boa	Data
-----	------------	-----------------	-------------	-------------	----------	------

	(UTC)	Longitudine [°E]				recupero
LCA00110	14/05/18 08:00	44.22549 13.07719	Annabella	50	GSM	Dispersa
LCE00234	14/05/18 08:00	44.22549 13.07719	Annabella	50	Satellitare	13/06/2018
LCA00113	15/05/18 08:00	44.22549 13.07719	Cervia B	25	GSM	15/05/2018
LCE00236	15/05/18 06:50	44.28886 12.64293	Cervia B	25	Satellitare	15/05/2018

Tabella 5 Campioni di acqua di mare prelevati a diverse distanze dal punto di scarico.

PIATTAFORMA	5 m	10 m	20 m	n. campioni	n. aliquote
ANNABELLA					
transetto a	AB_a_sc_5	AB_a_sc_10	AB_a_sc_20	3	30
transetto c	AB_c_sc_5	AB_c_sc_10	AB_c_sc_20	3	30
CERVIA B					
transetto a	CR_Ba_sc_5	CR_Ba_sc_10	CR_Ba_sc_20	3	30
transetto b	CR_Bb_sc_5	CR_Bb_sc_10	CR_Bb_sc_20	3	30
transetto c	CR_Bc_sc_5	CR_Bc_sc_10	CR_Bc_sc_20	3	30
transetto d	CR_Bd_sc_5	CR_Bd_sc_10	CR_Bd_sc_20	3	30

Tabella 6 – Dettagli del posizionamento dei correntometri presso **Annabella** e **Cervia B**.

PIATTAFORMA	Data e ora [UTC]	Latitudine [N] Longitudine [E]	Fondale [m]	Tipo ADCP	Tempo di acquisizione [min]	#/dimensione celle
ANNABELLA	13/05/18 07:30	44° 13.44' 0013° 04 .75'	49	Teledyne Workhorse	60	16 da 4 m
CERVIA B	13/05/18 09:30	44° 17.28' 0012° 39.38'	24	Nortek	60	14 da 2 m

Tabella 7 Campioni di acqua di mare prelevati a diverse distanze dalle piattaforme **Annabella** e **Cervia B**.

PIATTAFORMA	0 m	50 m	100 m	500m	n. campioni	n. aliquote
ANNABELLA						
transetto a	AB 1 sup	ABa 2 sup	ABa 3 sup	ABa 4 sup	4	40
	AB 1 fondo	ABa 2 fondo	ABa 3 fondo	ABa 4 fondo	4	40
transetto c		ABc 2 sup	ABc 3 sup	ABc 4 sup	3	30
		ABc 2 fondo	ABc 3 fondo	ABc 4 fondo	3	30
CERVIA B						
transetto a	CR B 1 sup	CR Ba 2 sup	CR Ba 3 sup	CR Ba 4 sup	4	30
	CR B 1 fondo	CR Ba 2 fondo	CR Ba 3 fondo	CR Ba 4 fondo	4	30
transetto c		CR Bc 2 sup	CR Bc 3 sup	CR Bc 4 sup	3	30
		CR Bc 2 fondo	CR Bc 3 fondo	CR Bc 4 fondo	3	30

Tabella 8 Carote di sedimenti prelevati a diverse distanze dalle piattaforme **Annabella, Cervia B e Basil.**

	Carota	Profondità (m)	Lat.	Lon.	Lunghezza carota (cm)
ANNABELLA					
punto 0	AB_1	50	44°13'.68 N	13°04'.73 E	
transetto a	AB_a2	49,8	44°13'.69 N	13°04'.71 E	4
	AB_a3	49,8	44°13'.70 N	13°04'.66 E	9
	AB_a4	49,6	44°13'.82 N	13°04'.44 E	15
transetto c	AB_c2	49,8	44°13'.67 N	13°04'.79 E	12
	AB_c3	49,8	44°13'.64 N	13°04'.84 E	14
	AB_c4	50	44°13'.55 N	13°05'.08 E	16
CERVIA B					
punto 0	CR_B_1	24	44°17'.31 N	12°38'.72 E	26
transetto a	CR_B_a2	24	44°17'.36 N	12°38'.75 E	26
	CR_B_a3	24	44°17'.38 N	12°38'.74 E	24
	CR_B_a4	24,5	44°17'.56 N	12°38'.92 E	24
transetto c	CR_B_c2	24	44°17'.31 N	12°38'.70 E	26
	CR_B_c3	24	44°17'.28 N	12°38'.68 E	26
	CR_B_c4	24,5	44°17'.28 N	12°38'.68 E	26
BASIL	BA_1	43,7	44°07'.81 N	13°00'.14 E	21
Field Blank site	P6	49,6	44°15'.36 N	13°05'.58 E	6
Field Blank site	P5	47	44°09'.50 N	13°00'.95 E	19
Field Blank site	P1	33,3	43°58'.46 N	13°09'.17 E	20



Figura 1 – Mappa geografica con la localizzazione delle 10 piattaforme.



Figura 2 – Imbarcazioni ENI a) King David e b) Mare Grigio



Figura 3 – Personale CNR a bordo del M/N *Rocco Uno*.



Figura 4 – Campionamento del personale CNR a bordo delle piattaforme



Figura 5 – Operazioni subacquee per il campionamento dei transetti a varie distanze dal punto di scarico.

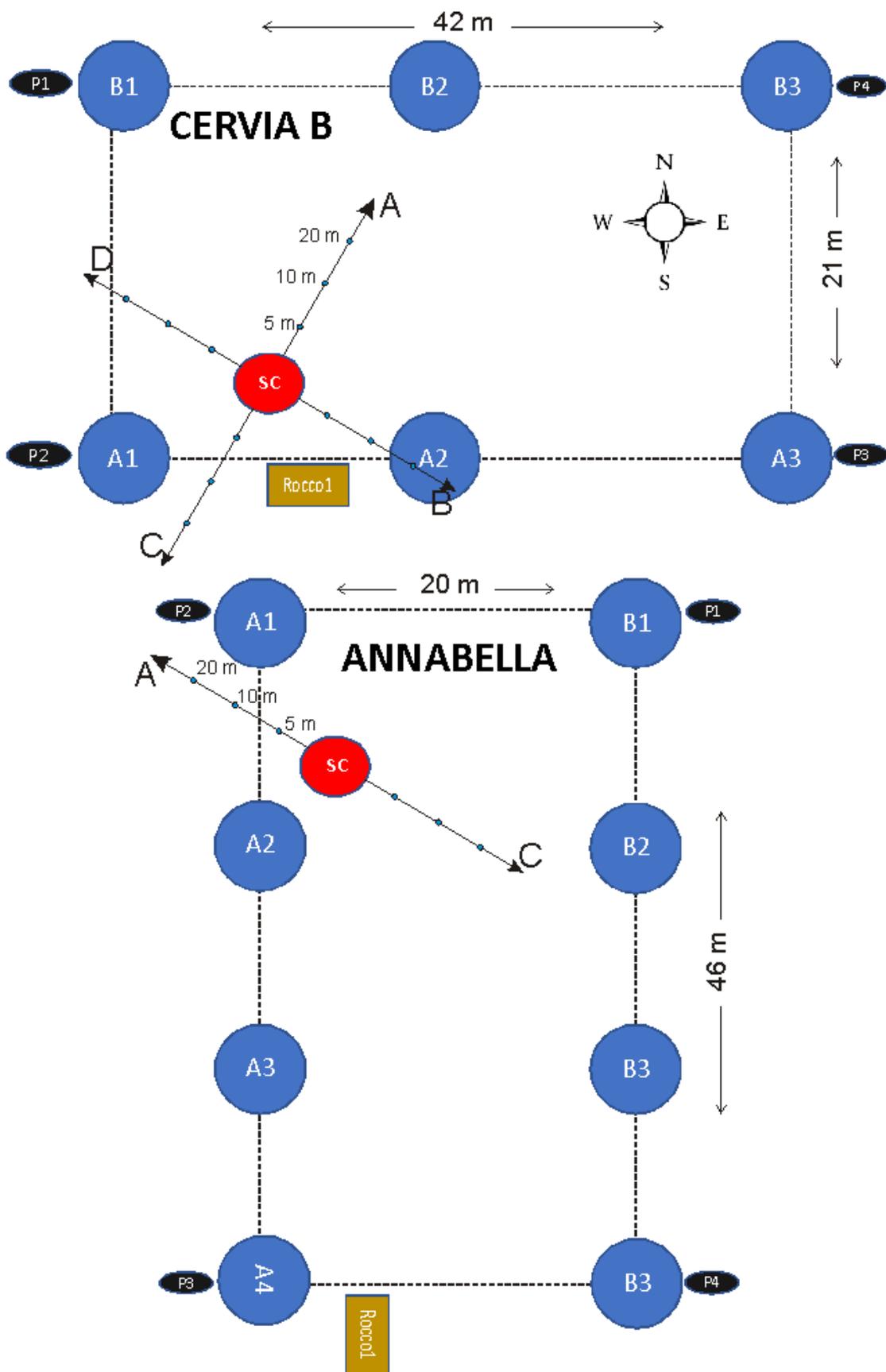


Figura 6 – Schema del campionamento a tre diverse distanze dallo punto di scarico lungo transetti ortogonale presso le piattaforme **Cervia B** e **Annabella**

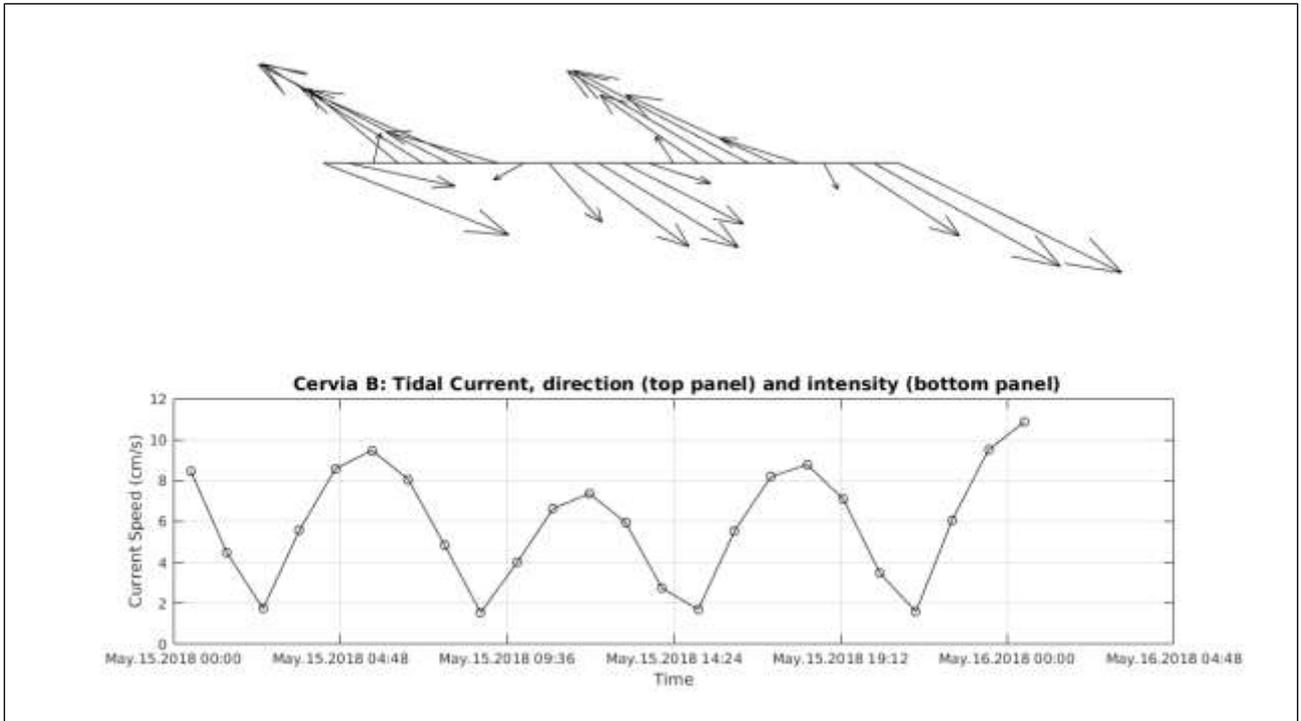


Figura 7 - Previsione di marea per il giorno 15 maggio presso la piattaforma **Cervia B**.

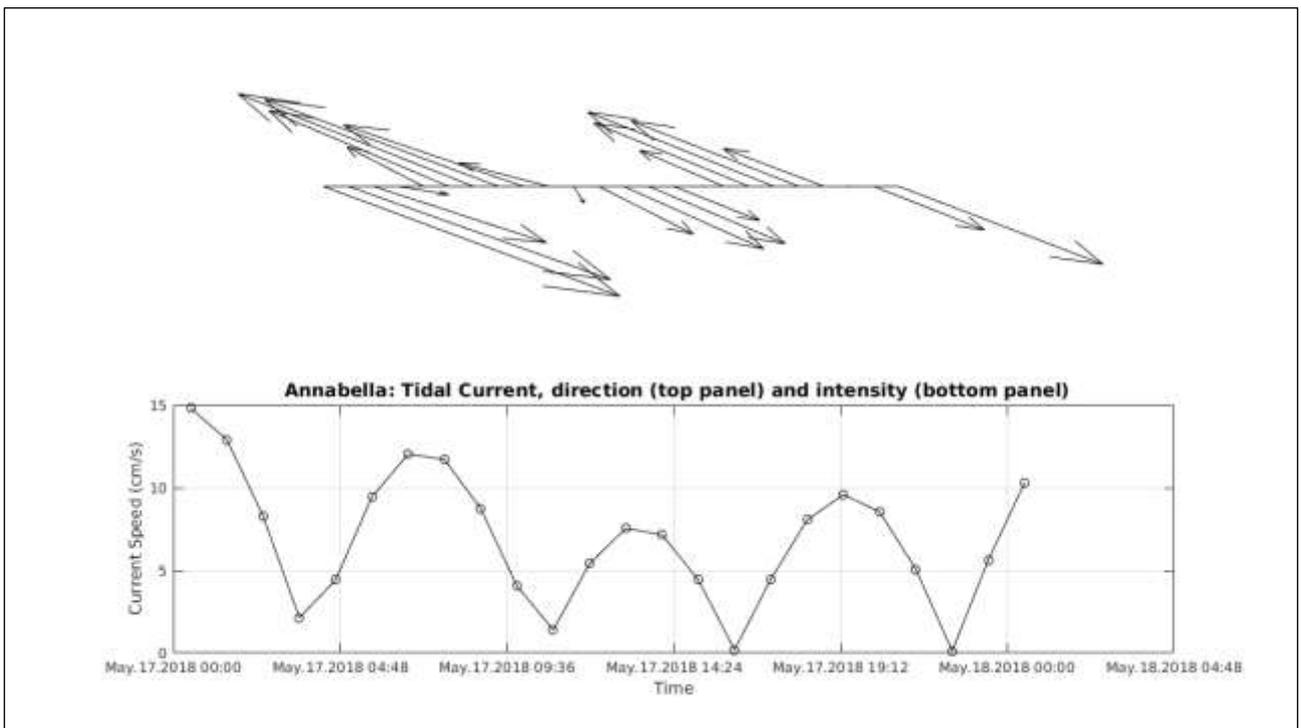


Figura 8 - Previsione di marea per il giorno 17 maggio presso la piattaforma **Annabella**.



Figura 9 - Boa GSM a mare presso Cervia B.

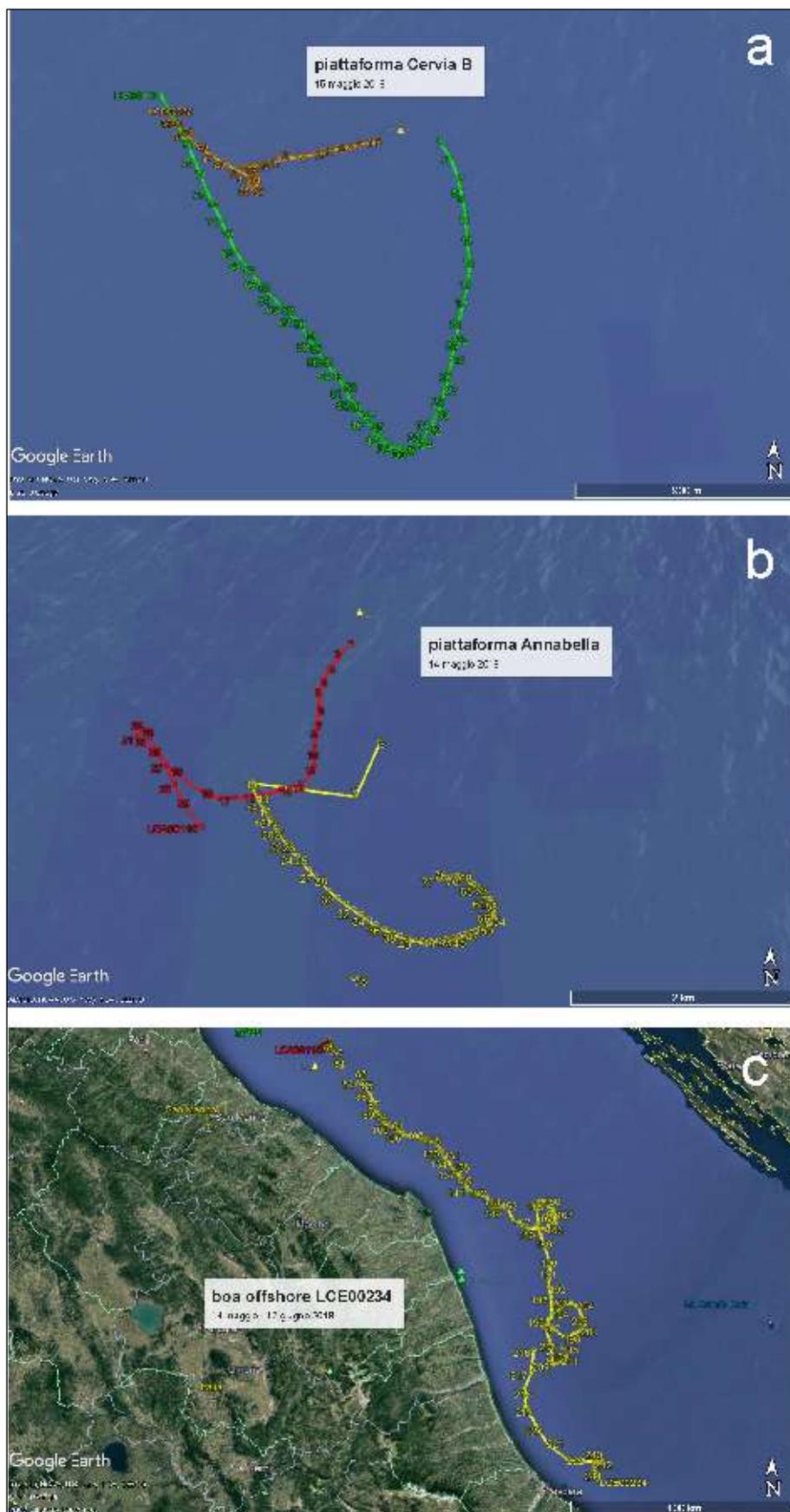


Figura 10 - Traccati giornalieri delle boe LCA00110 (in rosso), LCA00113 (in verde), LCE00234 (in giallo), LCE00236 (in arancio) presso le piattaforme a) Annabella e b) Cervia B; c) boa LCE00234, lanciata presso Annabella, recuperata il 13 giugno 2018 al largo di Ortona.

ACQUA

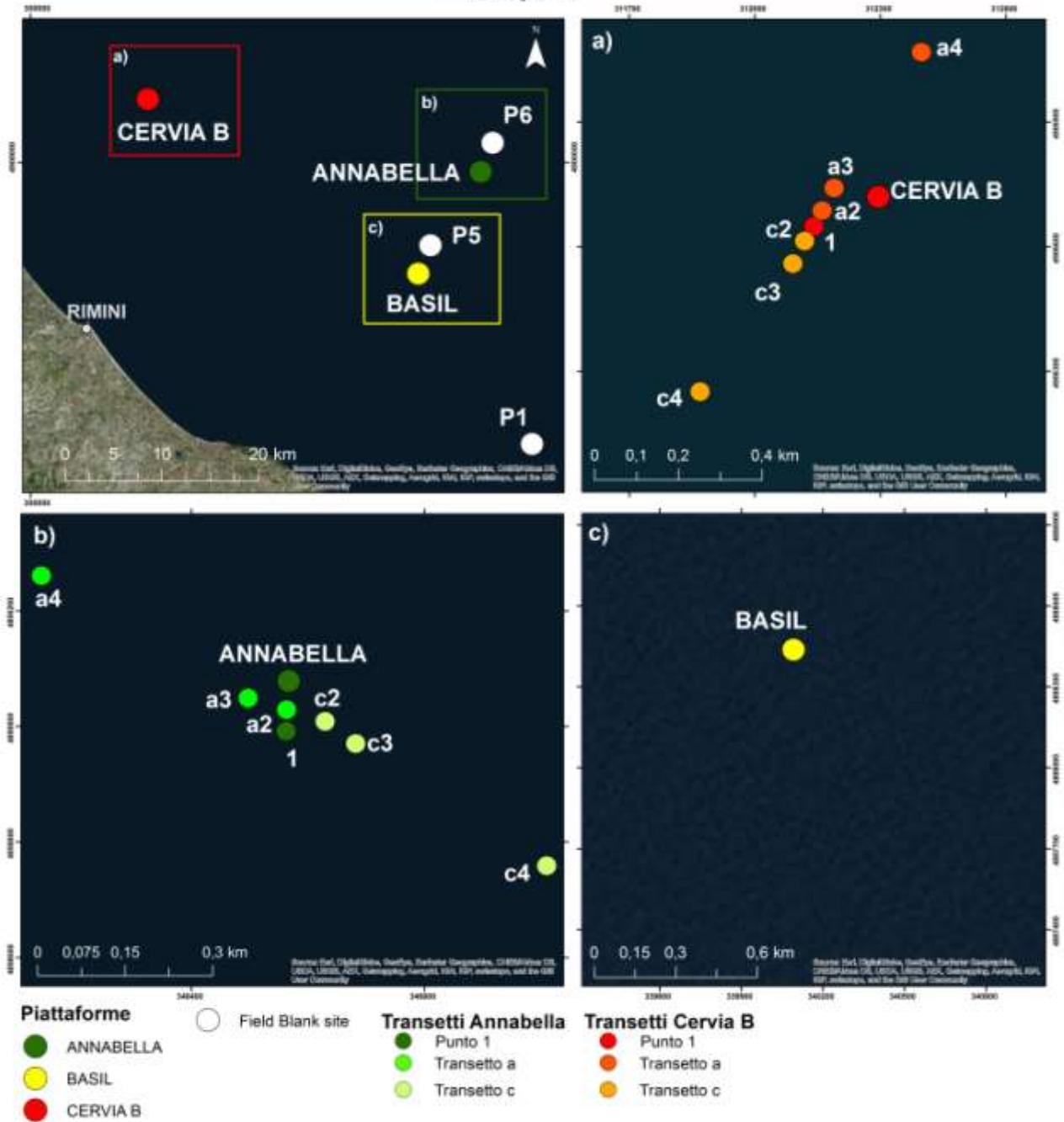


Figura. 11 – Mappe con localizzazione delle stazioni di campionamento della colonna d’acqua

SEDIMENTI

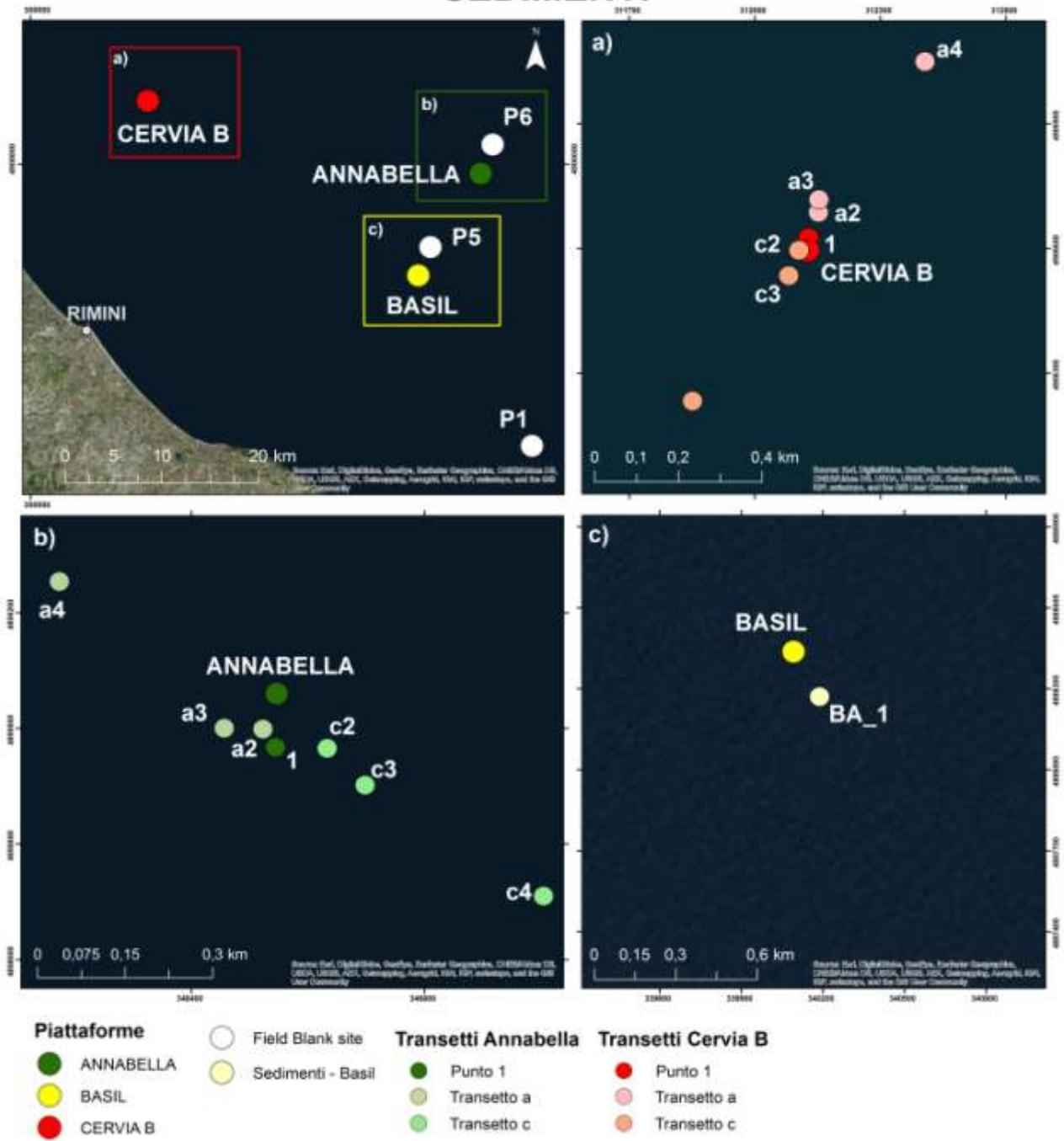


Figura 12 – Mappe con localizzazione delle stazioni di campionamento dei sedimenti

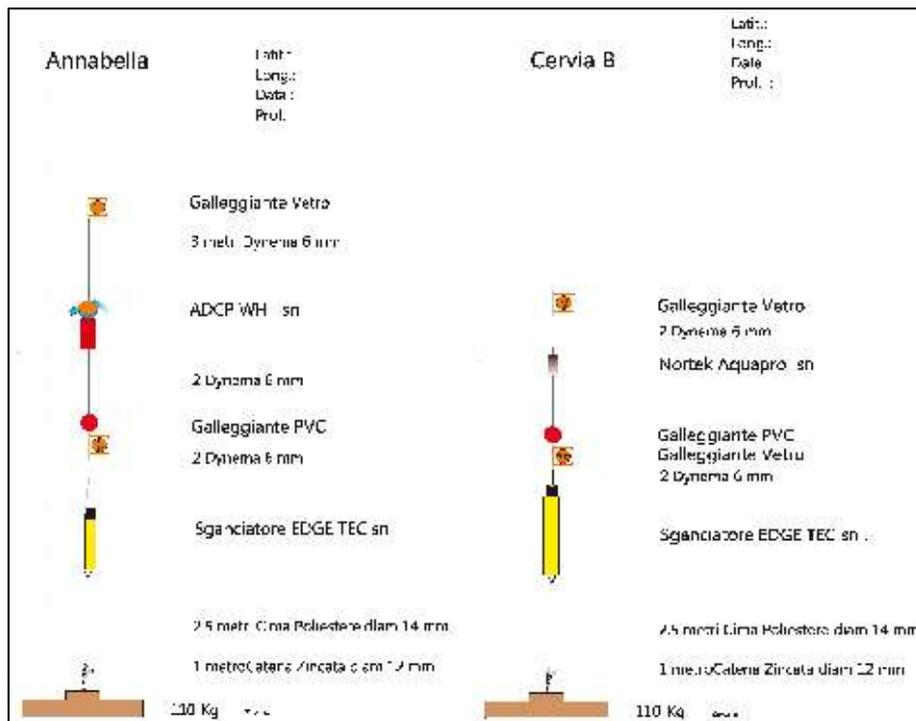


Figura 13 - Caratteristiche delle catene e degli strumenti installati) e su catena poggiante sul fondo

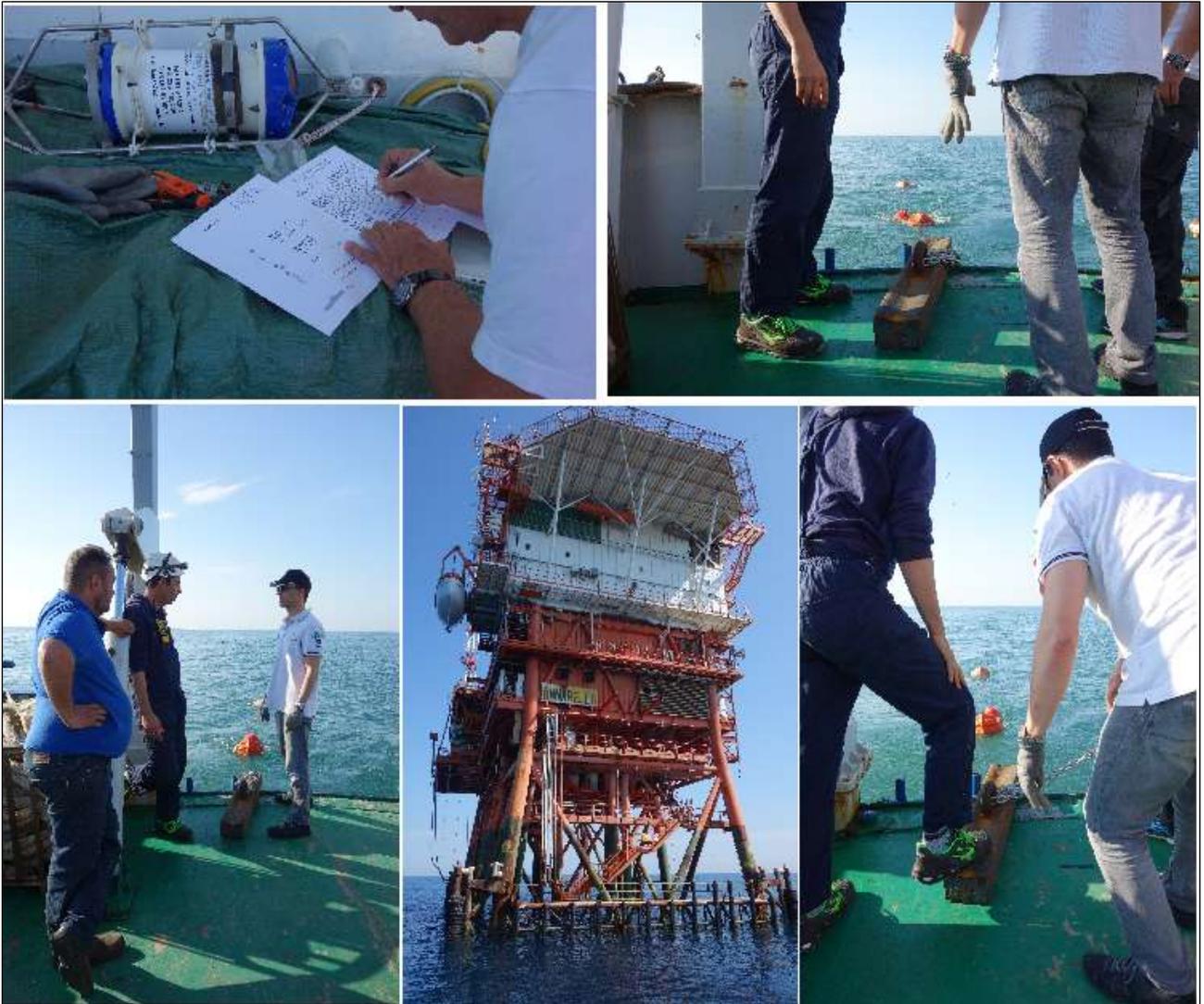


Figura 14 – Immagini dell'attività di posizionamento del correntometro presso la Piattaforma **Annabella**.