

COMUNE DI NUMANA

INDAGINI AMBIENTALI E MONITORAGGI ASSOCIATI AI LAVORI DI ESCAVO DEL PORTO DI NUMANA



OPERATORE SCIENTIFICO:
CNR – ISMAR UOS ANCONA

COORDINATORE:
GIANNA FABI
Gianna Fabi

RESPONSABILE SCIENTIFICO:
ANGELA SANTELLI
Angela Santelli

STESURA PIANO A CURA DI:
ANGELA SANTELLI
GIANNA FABI

Ancona, giugno 2018

INDICE

1. PREMESSA	1
2. AREA DI SVERSAMENTO A MARE	1
2.1. INDAGINI POST OPERAM	5
2.1.1. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE DEL FONDALE.....	5
2.1.1.1 Rilevazione con Multibeam Echosounder (MBES).....	5
2.1.1.2 Rilevazione con Side Scan Sonar (SSS)	5
2.1.1.3 Rilevazione con Sub Bottom Profiler (SBP)	5
2.1.2. INDAGINI FISICHE, CHIMICHE ED ECOTOSSICOLOGICHE DEI SEDIMENTI	5
2.1.2.1 Indagini fisiche e chimiche	5
2.1.2.2 Indagini ecotossicologiche	8
2.1.2.3 Valutazione dei livelli di bioaccumulo di inquinanti organici e inorganici in organismi marini	8
2.1.2.4 Valutazione della mortalità e delle risposte biologiche di stress (biomarkers) in organismi marini.....	9
2.1.3. INDAGINI SULLE COMUNITÀ BENTONICHE	10
2.1.4. INDAGINI SUL POPOLAMENTO ITTICO	10
3. CONSEGNA DEGLI ELABORATI	11
4. LETTERATURA CITATA	12

1. **PREMESSA**

Il Comune di Numana ha la necessità di effettuare un escavo dei fondali all'interno del porto stesso al fine di portare il fondale ad una quota che ne consenta l'operatività, in quanto ad oggi lo stato attuale non consente la fruizione del porto stesso da parte di tutti i natanti. A tal fine, il progetto "Escavo del porto di Numana" prevede la movimentazione di circa 8000 mc di materiale caratterizzato in classe A o B (secondo le disposizioni del Decreto attuativo dell'art. 109, comma 2 lettera a), D.lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. - Allegato tecnico) con successivo conferimento in area a mare.

In data 08/06/2018 (Prot. 8715) il Comune di Numana ha richiesto al CNR-ISMAR UOS Ancona la disponibilità ad eseguire le indagini relative all'immersione in mare dei sedimenti provenienti dal dragaggio del porto di Numana al fine di verificare eventuali impatti determinati da tale operazione sull'ambiente marino circostante.

In seguito alla conferma di disponibilità da parte del CNR-ISMAR viene qui proposto un piano di monitoraggio per l'area di sversamento a mare tenendo conto sia delle analisi già svolte in tale area sia del principio di gradualità indicato nel Cap. 3.3 del Decreto attuativo dell'art. 109, comma 2 lettera a), D.lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. - Allegato tecnico, secondo cui *"il numero delle stazioni di campionamento e i parametri da monitorare nella colonna d'acqua, nel sedimento superficiale e nel biota devono essere commisurati alla qualità e alla quantità di materiali da sottoporre a movimentazione, alla durata e alle modalità operative relative alla localizzazione degli specifici interventi"*.

Si specifica che, qualora in corso d'opera se ne ravvisi la necessità, il piano di monitoraggio proposto potrà essere modificato e/o integrato con campionamenti e analisi aggiuntive in relazione alle modalità di svolgimento delle operazioni di sversamento, previo accordo con il Comune di Numana.

2. **AREA DI SVERSAMENTO A MARE**

L'attuale area di sversamento è situata a una distanza di circa 4,8 mn a NE del porto di Ancona e a circa 4 mn dalla costa, a una profondità compresa tra 24 e 30 m (Fig. 1), e ha come vertici i seguenti punti e corrispondenti coordinate geografiche:

A = 43°41',70N	13°36',70E
B = 43°40',15N	13°38',90E
C = 43°39',10N	13°37',50E
D = 43°40',70N	13°35',20E

L'area ha dimensioni di 2,3 x 1,5 mn per cui, considerando una ricopertura massima di 5 cm, spessore che viene ritenuto compatibile con i processi di ricolonizzazione da parte degli organismi bentonici (ICRAM-APAT, 2007), è stato stimato che sia in grado di ricevere circa 590.000 m³ di materiale. Dal 1999 a oggi vi sono stati sversati circa 410.455 m³ di sedimenti. Al fine di ottimizzare la gestione dell'area in oggetto, nel Piano di monitoraggio redatto dal CNR-ISMAR di Ancona nel 2013 (ISMAR, 2013) essa è stata suddivisa in 4 celle ciascuna delle quali ha dimensioni di 1,15x0,75 mn ed è in grado di ricevere circa 83.000 m³ di sedimenti.

L'area è stata caratterizzata nel 2013 dal CNR-ISMAR di Ancona (ISMAR, 2014).

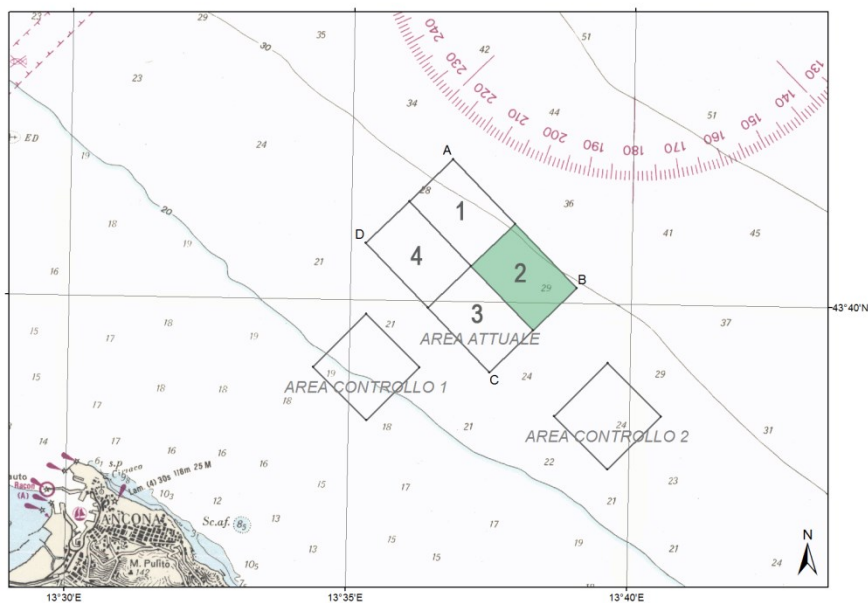


Fig.1 – Ubicazione dell'area di sversamento (ABCD) e delle due aree di controllo. In verde la cella n. 2 da utilizzare per le operazioni di sversamento dei materiali provenienti dalle operazioni di escavo del porto di Fano.

Considerando i conferimenti già avvenuti, per quanto concerne i sedimenti di Numana si ritiene opportuno utilizzare la cella 2 presso la quale, ad oggi, sono stati sversati 51988 mc di materiale tra cui quelli provenienti dal porto di Fano (circa 7310 mc) e sversati all'interno della suddetta cella ad aprile-maggio 2018.

Si ritiene altresì opportuno autorizzare lo sversamento dei sedimenti di Numana nella porzione della cella 2 ancora relativamente libera e indicata in Fig. 2, indirizzando i futuri conferimenti nella cella 3. Tale sub-area è stata parzialmente utilizzata dal Comune di Fano e rimangono circa 8000 mc a disposizione per l'immersione dei sedimenti derivanti dal dragaggio del porto di Numana.

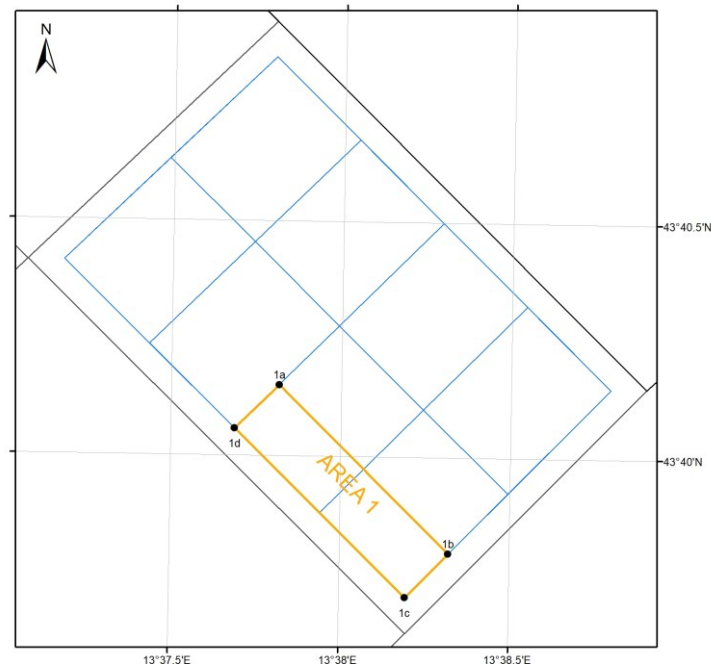


Fig. 2 – Area all'interno della cella 2 individuata per il conferimento del materiale derivante dal dragaggio del porto di Numana.

Tab. 1 – Coordinate geografiche della sub-area individuata all'interno della cella 2.

	Lat	Long
AREA 1		
1a	43°40.151'	13°37.820'
1b	43°39.796'	13°38.324'
1c	43°39.701'	13°38.198'
1d	43°40.057'	13°37.690'
Sistema coordinate geografiche WGS 84		

Considerato che al termine dei lavori di escavo del porto di Fano verranno effettuate nell'area le indagini sui seguenti comparti (Fabi *et al.*, 2017):

- geomorfologia del fondale: Multibeam Echosounder (MBES), Side Scan Sonar (SSS) e Sub Bottom Profiler (SBP);
- fisica e chimica dei sedimenti;
- ecotossicologia dei sedimenti;
- bioaccumulo e biomarkers in organismi marini;

e preso atto che tali analisi hanno anche funzione di *ante-operam* per l'immersione in mare dei sedimenti provenienti dal porto di Numana, si ritiene opportuno effettuare un solo monitoraggio *post-operam*.

2.1. INDAGINI POST-OPERAM

Al termine dello sversamento dell'intero quantitativo di materiale previsto la cella n. 2 sarà sottoposta alle seguenti indagini:

- geomorfologia del fondale (MBES, SSS, SBP);
- fisica e chimica dei sedimenti;
- ecotossicologia dei sedimenti;
- bioaccumulo e biomarkers in organismi marini;
- comunità bentoniche;
- popolamento ittico.

Per quanto riguarda le analisi chimiche, fisiche e biologiche della colonna d'acqua previste dal DM 173/2016 si ritiene necessario specificare quanto segue:

- 1) Il principio di gradualità indicato nel Cap. 3.3 di tale decreto, già citato nel Cap. 1 del presente Piano di Monitoraggio, prevede che il numero delle stazioni di campionamento e i parametri da monitorare nella colonna d'acqua, nel sedimento superficiale e nel biota devono essere commisurati alla qualità e quantità di materiali da sottoporre a movimentazione, alla durata e alle modalità operative relative alla localizzazione degli specifici interventi. A tal riguardo è da specificare che i quantitativi da conferire nell'area a mare sono ridotti (8000 mc) e che le operazioni di dragaggio verranno effettuate in un periodo di tempo molto limitato (5 giorni);
- 2) I sedimenti da dragare sono composti prevalentemente da sabbia (la percentuale di pelite varia da 2,05 a 9,46%) che quindi tende a depositarsi subito sul fondo, senza innescare importanti fenomeni di dispersione;
- 3) lo studio condotto nel 2015 dal CNR-ISMAR per l'Autorità di Sistema del Mare Adriatico Centrale riguardo la diffusione del materiale sedimentario risospeso durante i lavori di immersione nell'area a mare in esame e che ha preso in considerazione vari scenari delle condizioni meteo-marine (venti, correnti) e diverse frazioni granulometriche, ha evidenziato che le particelle di sedimento (e soprattutto la frazione sabbiosa) tendono comunque a depositarsi in gran parte all'interno e nelle vicinanze della zona di immersione;
- 4) In base alle previsioni verranno effettuati al massimo due immersioni di materiali al giorno, con un intervallo di circa 6-8 ore, quindi con tempi sufficientemente lunghi da permettere la deposizione del sedimento tra un'immersione e l'altra.

Pertanto, sulla base delle suddette considerazioni, non si ritiene necessario, in questo caso, procedere al monitoraggio delle componenti chimiche, fisiche e biologiche lungo la colonna d'acqua sia durante le operazioni di immersione che alla fine delle stesse.

2.1.1. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE DEL FONDALE

2.1.1.1 Rilevazione con Multibeam Echosounder (MBES)

Al fine di identificare gli accumuli di materiale, soprattutto quelli con spessore maggiore di 0,25 m, e il rispetto dei limiti della zona di sversamento all'interno della cella n. 2, e in particolare modo all'interno delle due sub-aree 1 e 2, a fine lavori verrà effettuato un rilievo batimetrico tramite Multibeam Echosounder Kongsberg EM2040C provvisto di doppia testa.

L'intera area della cella verrà monitorata mediante transetti paralleli alla linea di costa e posizionati l'uno dall'altro a una distanza tale da assicurare una sovrapposizione minima del 10%.

Sarà prodotta una carta batimetrica con curve di livello ogni 0,25/0,50 m in scala 1:2500.

2.1.1.2 Rilevazione con Side Scan Sonar (SSS)

Il rilievo morfologico tramite sistema acustico SSS verrà condotto per mappare i materiali scaricati e valutare la dispersione dei sedimenti sul fondo.

Saranno effettuati passaggi ad alta frequenza per avere una maggiore definizione delle immagini del fondale.

I sonogrammi acquisiti verranno processati al fine di elaborare una carta morfologica con ubicazione dei materiali presenti sul fondale in scala 1:2500.

2.1.1.3 Rilevazione con Sub Bottom Profiler (SBP)

Il rilievo geofisico superficiale ad alta definizione SBP verrà condotto per verificare gli spessori, soprattutto quelli inferiori a 0,25 m, oltre che lo stato di consistenza dei sedimenti già depositati nella cella.

2.1.2. INDAGINI FISICHE, CHIMICHE ED ECOTOSSICOLOGICHE DEI SEDIMENTI

2.1.2.1 Indagini fisiche e chimiche

I campioni verranno raccolti all'interno della cella n. 2 e in due aree di controllo individuate durante la fase di caratterizzazione (Fig. 3; Punzo *et al.*, 2014). Tali aree hanno ciascuna dimensioni di circa 1,0 x 1,0 mn e sono poste su batimetriche e tipologia di fondale simili a quelle dell'area oggetto di indagine: l'area di controllo 1 si trova a circa 0,6 mn in direzione della costa e l'area di controllo 2 è situata a 1,0 mn in direzione Sud-Est (Tab. 2).

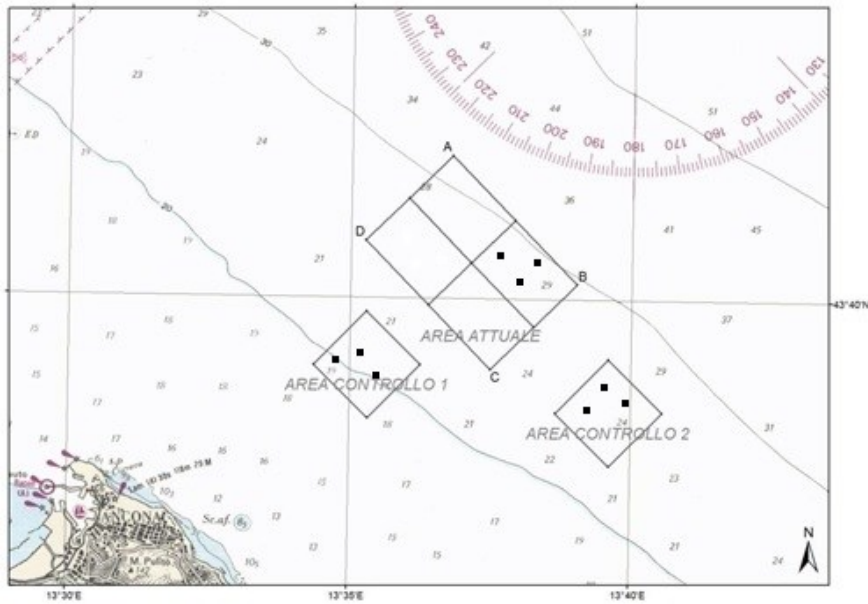


Fig. 3 – Schema di campionamento per le indagini sedimentologiche nella cella n. 2 dell’attuale area di sversamento (ABCD). Area Controllo 1 e Area Controllo 2 = zone di controllo. I punti delle stazioni all’interno di ciascuna area (cella n. 2 e controlli) sono puramente indicativi di un campionamento di tipo random.

Tab. 2 – Coordinate geografiche dei vertici delle aree di controllo 1 e 2.

	Latitudine	Longitudine
Area Controllo 1	43°39',78N	13°35',13E
	43°39',14N	13°36',18E
	43°38',43N	13°35',23E
	43°39',10N	13°34',24E
Area Controllo 2	43°39',22N	13°39',59E
	43°38',61N	13°40',62E
	43°37',91N	13°39',72E
	43°38',52N	13°38',65E

All’interno della cella e di ciascuna area di controllo i prelievi verranno effettuati in 3 stazioni scelte di volta in volta in maniera casuale. Si è deciso di adottare un campionamento di tipo random per tenere conto della variabilità ambientale ed evitare eventuali errori sistematici che possono intervenire in un campionamento a stazioni fisse.

Nel caso in cui i rilievi geofisici evidenziassero sversamenti vicini ai confini della cella o esterni ad essi verrà valutata la possibilità di effettuare campionamenti in stazioni aggiuntive.

In ogni stazione verranno prelevate, tramite “box-corer”, porzioni di sedimento ripartite in due aliquote da preparare per l’invio in laboratorio.

In situ verranno rilevati:

- aspetto macroscopico (colore, odore, eventuale presenza di frammenti di conchiglie, concrezioni, ecc.);
- tessitura;
- presenza di strutture sedimentarie di varia natura;
- temperatura;
- pH;
- Eh.

In laboratorio, invece, verranno analizzati i seguenti parametri fisici e chimici di cui alle Tab. 2.4 e 2.6 del Decreto attuativo dell'art. 109, comma 2 lettera a), D.lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. - Allegato tecnico:

- mineralogia (principali caratteristiche mineralogiche);
- granulometria (frazioni granulometriche al $1/2\phi$);
- carbonio organico totale (espresso in mg/kg di sostanza secca);
- composti organostannici (Monobutil, Dibutil e Tributil stagno o Stagno organico e loro sommatoria);
- metalli pesanti (mg/kg di sostanza secca): Alluminio, Arsenico, Cadmio, Cromo totale, Cromo VI, Ferro, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Vanadio, Zinco;
- Idrocarburi totali (distinti in $C \leq 12$ e $C > 12$);
- Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) - verranno considerati i 16 IPA indicati dall'Environmental Protection Agency come contaminanti di rilevante importanza tossicologica: Acenaftilene Acenaftene, Antracene, Crisene, Fenantrene, Fluorantene, Fluorene, Naftalene, Benzo[a]Pirene, Indopirene, Benzo[b]Fluorantene, Benzo[k]Fluorantene, Benzo[ghi]Perilene, Pirene, Benza[a]Antracene, Dibenz[a,h]Antracene, Indeno[1,2,3-cd]Pirene;
- Pesticidi Organoclorurati (POC): Aldrin, Dieldrin, Endrin, α -esaclorocicloesano, β -esaclorocicloesano, γ - esaclorocicloesano (Lindano), DDD, DDT, DDE (per ogni sostanza verrà fornita la somma degli isomeri 2,4 e 4,4), Eptacloro, Eptacloro epossido, Clordano;
- Policlorebifenili (PCB): PCB 28, PCB 52, PCB 77, PCB 81, PCB 101, PCB 118, PCB 126, PCB 128, PCB 138, PCB 153, PCB 156, PCB 169, PCB 180 e loro sommatoria;
- Clorobenzeni: Esaclorobenzene.

Le analisi riguardanti le principali caratteristiche mineralogiche e la quantificazione delle concentrazioni dei composti organostannici verranno effettuate sui sedimenti di una stazione ubicata all'interno della cella e di 2 all'esterno (1 in ogni area di controllo). Le altre analisi verranno condotte su tutte le stazioni campionate.

Le analisi chimiche e fisiche sui sedimenti verranno effettuate da un laboratorio accreditato secondo lo standard della norma UNI EN ISO /IEC 17025/2005.

2.1.2.2 Indagini ecotossicologiche

Le analisi ecotossicologiche verranno effettuate sui sedimenti di 3 stazioni di campionamento, di cui una ubicata nella cella 2 e due all'esterno (1 in ciascuna area di controllo).

Verranno utilizzati organismi rappresentativi dei diversi livelli trofici:

- *Dunaliella tertiolecta* (saggio di inibizione della crescita algale);
- *Vibrio fischeri* (valutazione della variazione della bioluminescenza);
- *Crassostrea gigas* (test di embriotossicità).

2.1.2.3 Valutazione dei livelli di bioaccumulo di inquinanti organici e inorganici in organismi marini

Le analisi saranno effettuate sui sedimenti delle stesse stazioni utilizzate per le indagini ecotossicologiche (cfr. Cap. 2.1.2.2).

La ricerca di bioaccumulo di metalli pesanti e composti organici di rilevanza ambientale sarà effettuata in esemplari del polichete *Hediste diversicolor*, previamente trattati e posti per 28 gg nel sedimento da testare.

Una serie di caratteristiche, infatti, rendono i policheti particolarmente idonei alla valutazione dell'impatto di sostanze inquinanti nel sedimento marino. L'importanza di questi organismi nell'analisi degli effetti dei composti tossici è stata riconosciuta da differenti organizzazioni ambientali e ha portato alla stesura di linee guida europee su test di tossicità standard applicati sui policheti (ASTM, 1998; ASTM, 2000a; ASTM, 2000b).

Verranno utilizzati campioni di tessuto provenienti da pool di 5 individui compresi in un range ristretto di taglie posti sui sedimenti di ogni stazione. Per ciascuna classe e/o gruppo di classi verranno misurate le concentrazioni di:

- Materia Organica Estratta (MOE);
- IPA: verranno considerati i 16 IPA indicati dall'Environmental Protection Agency come contaminanti di rilevante importanza tossicologica;
- metalli pesanti: Alluminio, Arsenico, Cadmio, Cromo, Ferro, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Vanadio, Zinco.

2.1.2.4 Valutazione della mortalità e delle risposte biologiche di stress (biomarkers) in organismi marini

L'utilizzo di indici biologici di stress subletale (biomarker) permetterà di valutare il livello di rischio a cui gli organismi sono sottoposti, fornendo informazioni di tipo sia qualitativo che quantitativo dell'eventuale sindrome di stress.

Le indagini valuteranno sia i tassi di mortalità, sia eventuali alterazioni biochimiche e cellulari nei medesimi esemplari di *H. diversicolor* posti a contatto per 28 gg con i sedimenti da testare nel corso del test di bioaccumulo (cfr. Cap. 2.1.2.3).

Per le analisi biologiche verranno utilizzati 10-15 individui/stazione prelevati dalle stesse stazioni utilizzate per le indagini di cui ai Capp. 2.1.2.2 e 2.1.2.3 e compresi in un range ristretto di taglie. Per ciascuna classe e/o gruppo di classi verranno misurati i seguenti indici:

- test di stabilità delle membrane lisosomiali;
- attività dell'enzima catalasi e livelli di malondialdeide;
- frequenze di micronuclei;
- livelli di lipofuscine e lipidi neutri.

In Tab. 3 sono riportate le metodologie di riferimento che verranno adottate per ciascuna delle analisi sopra descritte.

Tab. 3 - Metodologie di riferimento adottate per le indagini ecotossicologiche, stima del bioaccumulo e indici di stress su organismi marini.

	Test	Matrice	Metodo di riferimento
Analisi ecotossicologiche	Test di inibizione della crescita algale con <i>Dunaliella tertiolecta</i>	Elutriato di Sedimento	ASTM E 1218-04 e1 – Standard Guide for conducting static toxicity tests with Microalgae
	Test embriotossicità con molluschi bivalvi <i>Crassostrea gigas</i>	Elutriato di Sedimento	ASTM (2004). Standard Guide for Conducting Static Acute Toxicity Tests Starting with Embryos of Four Species of Saltwater Bivalve Molluscs. American Society for Testing and Materials. E 724-98 (2004).
	Determinazione dell'effetto inibitorio di campioni acquosi sull'emissione di luce di <i>Vibrio fischeri</i>	Elutriato di Sedimento	Norma UNI EN ISO 11348-3 (2009): Determinazione dell'effetto inibitorio di campioni acquosi sull'emissione di luce di <i>Vibrio fischeri</i> (prova su batteri luminescenti)
Valutazione bioaccumulo	Test di valutazione della tossicità del sedimento attraverso la mortalità di <i>Hediste diversicolor</i>	Sedimento	ASTM E1688 - 10 Standard Guide for Determination of the Bioaccumulation of Sediment-Associated Contaminants by Benthic Invertebrates
Biomarker	Valutazione della stabilità delle membrane lisosomiali	Cellule cavità celomatica	Catalano <i>et al.</i> , 2012. Can <i>Hediste diversicolor</i> (Nereidae, Polychaete) be considered a good candidate in evaluating PAH contamination? A multimarker approach. <i>Chemosphere</i> 86 (2012) 875–882
	Dosaggio della Malondialdeide	Organismo in toto	Banni <i>et al.</i> , 2009. Mixture toxicity assessment of cadmium and benzo[a]pyrene in the sea worm <i>Hediste diversicolor</i> . <i>Chemosphere</i> 77 (2009) 902–906
	Valutazione dell'attività dell'enzima di Catalasi	Organismo in toto	Banni <i>et al.</i> , 2009. Mixture toxicity assessment of cadmium and benzo[a]pyrene in the sea worm <i>Hediste diversicolor</i> . <i>Chemosphere</i> 77 (2009) 902–906
	Frequenza di micronuclei	Cellule cavità celomatica	Catalano <i>et al.</i> , 2012. Can <i>Hediste diversicolor</i> (Nereidae, Polychaete) be considered a good candidate in evaluating PAH contamination? A multimarker approach. <i>Chemosphere</i> 86 (2012) 875–882
	Dosaggio intracellulare di Lipofuscine e Lipidi Neutri	Criosezioni sottili apparato digerente	Gastaldi <i>et al.</i> , 2007 Application of a biomarker battery for the evaluation of the sublethal effects of pollutants in the earthworm <i>Eisenia Andrei</i> . <i>Comparative Biochemistry and Physiology, Part C</i> 146 (2007) 398–405

2.1.3. INDAGINI SULLE COMUNITA' BENTONICHE

Per lo studio sulle comunità bentoniche saranno campionate le stesse stazioni utilizzate per le analisi fisiche e chimiche dei sedimenti (cfr. Cap. 2.1.2).

I prelievi verranno eseguiti con una benna di tipo Van Veen avente una capacità di 13 lt e presso ciascuna stazione verranno prelevate 4 repliche. Il materiale raccolto sarà setacciato a bordo dell'imbarcazione con una maglia da 0,5 mm, quindi fissato in formaldeide al 5% per le successive analisi di laboratorio.

Il riconoscimento sistematico degli organismi del macrozoobenthos presenti verrà effettuato, quando possibile, a livello di specie. Per ciascun taxon verrà contato il numero degli individui e rilevato il peso totale.

I dati così ottenuti verranno utilizzati per calcolare i seguenti indici:

- abbondanza totale (N);
- ricchezza specifica totale (S);
- ricchezza specifica media (Sm);
- indice di Dominanza (D; May, 1979);
- Diversità specifica di Shannon-Weaver (H'; Pielou, 1974).

Sulla base degli organismi rinvenuti verranno individuate le principali biocenosi presenti nell'area.

Inoltre, il livello di qualità ecologica dell'area verrà valutato tramite l'applicazione degli indici AMBI e BENTIX (Borja *et al.* 2000; Simboura e Zenetos, 2002; Muxika *et al.*, 2007; Borja e Mader, 2008), che potranno essere combinati anche utilizzando indici aggiuntivi quale l'indice W di Clarke (Clarke e Warwick, 1994).

2.1.4. INDAGINI SUL POPOLAMENTO ITTICO

I survey di pesca verranno effettuati con rete a strascico sia all'interno della cella n. 2 sia presso aree di controllo poste sulla medesima batimetrica (Fig. 4).

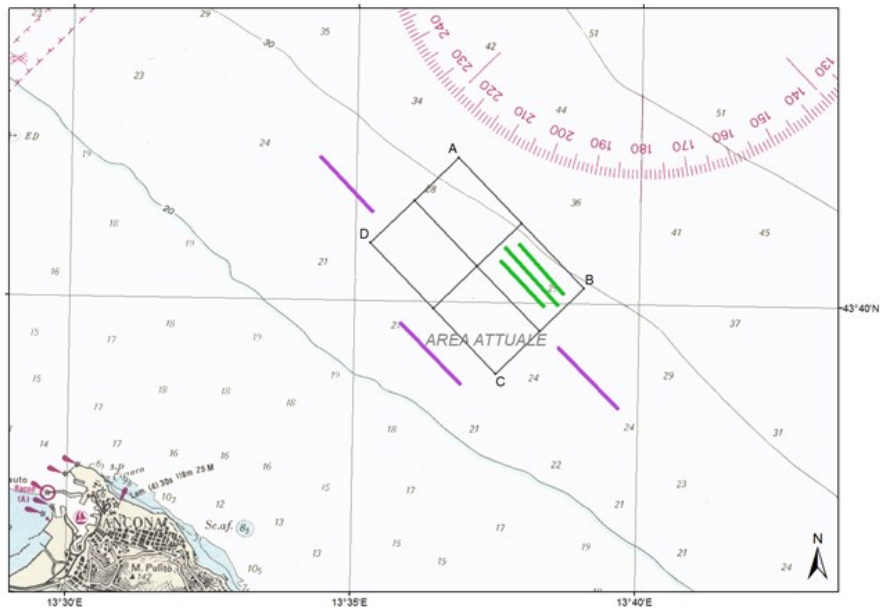


Fig. 4 – Schema di campionamento da utilizzare per lo studio della fauna ittica (in verde sono indicati i campionamenti all'interno della cella n.2; in viola quelli nelle aree di controllo).

Tutti gli organismi catturati verranno determinati a livello di specie e gli individui di ciascun taxon verranno contati e pesati. Verrà anche studiata la demografia delle specie più abbondanti tramite il rilevamento della lunghezza totale di ciascun individuo.

Per ciascun survey e per ciascun sito (cella di sversamento e siti di controllo) verranno calcolati i seguenti indici:

- densità e biomassa (n. ind./km² e kg/km²);
- ricchezza specifica totale (S);
- ricchezza specifica media (S_m);
- Diversità specifica di Shannon-Weaver (H'; Pielou, 1974).

3. CONSEGNA DEGLI ELABORATI

I dati raccolti nel corso del monitoraggio *post-operam* e i risultati delle analisi condotte verranno restituiti in n. 1 rapporto finale che verrà consegnato entro 60 gg lavorativi dalla fine del survey.

4. LETTERATURA CITATA

- ASTM. 1998. *Standard guide for determination of the bioaccumulation of sediment associated contaminants by benthic invertebrates*. Standard ASTM E1688-97a. American Society for testing and materials, Philadelphia, PA.
- ASTM. 2000a. *Conducting Acute, Chronic, and Life-Cycle Aquatic Toxicity Tests with Polychaetous Annelids E 1562–00 (Reapproved 2006)*. American Society for testing and materials, Philadelphia, PA.
- ASTM. 2000b. *Standard Guide for Conducting Sediment Toxicity Tests with Polychaetous Annelids Designation: E 1611–00*. American Society for testing and materials, Philadelphia, PA.
- Borja A., Franco J., Pérez V. 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environment. *Mar. Poll. Bull.*, 40 (12): 1100-1114.
- Borja A., Mader J. 2008. *Instructions for the use of the AMBI index software (version 4.1)*. AZTI-Tecnalia. 13 pp.
- Clarke K.R., Warwick R.M. 1994. *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. Natural Environment Research Council, 140 (2). 144 pp.
- Fabi G., Santelli A., Spagnolo A. 2017. *Indagini ambientali e monitoraggi associati ai lavori di escavo del porto di Fano*. Piano di monitoraggio per il Comune di Fano. 12 pp.
- ICRAM-APAT. 2007. *Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini*. 72 pp.
- ISMAR. 2013. *Analisi ambientali e monitoraggi volti alla individuazione, caratterizzazione e gestione delle aree di sversamento in mare dei sedimenti provenienti dai lavori di escavo del Porto di Ancona*. Piano di monitoraggio per l'Autorità Portuale di Ancona. 49 pp + Allegati.
- ISMAR. 2014. *Caratterizzazione aree di sversamento in mare dei sedimenti provenienti dai lavori di escavo del Porto di Ancona - Area attuale. Rapporto per l'Autorità Portuale di Ancona*. 143 pp + Allegati + Tavole.
- May R.M. 1979. Patterns of Species Abundance and Diversity. Pagg. 81-120, in: Cody M.L. and Diamond J.M. (Eds). *Ecology and Evolution of Communities*, 4.
- Muxika I., Borja A., Bald J. 2007. Using historical data, expert judgment and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Framework Directive. *Mar. Poll. Bull.*, 55: 13-29.
- Pielou E.C. 1974. *Population and Community Ecology: Principles and Methods*. Gordon and Breach Sci. Pubbl., New York. 424 pp.
- Punzo E., Campanelli A., Fabi G., Gomiero A., Spagnolo A. 2014 *Caratterizzazione aree di sversamento in mare dei sedimenti provenienti dai lavori di escavo del Porto di Ancona - Area attuale*. Documento per l'Autorità Portuale di Ancona. 143 pp.
- Simboura N., Zenetos A. 2002. Benthic indicators to use in ecological quality classification of Mediterranean soft bottom marine ecosystem, including a new biotic index. *Mediterr. Mar. Sci.*, 3: 77-111.