

PO FEAMP 2014-2020 Misura 51 - Accordo di collaborazione per lo svolgimento di attività di interesse comune ai sensi dell'art. 15 L. n. 241/90: Piano regionale delle acque per il rilascio di concessione demaniali finalizzate ad attività di maricoltura

DEFINIZIONE DELLE ZONE MARINE IDONEE ALL'ACQUACOLTURA (AZA – ADEGUATE ZONE TO ACQUACULTURE) E STUDIO DEI FONDALI PER LA VALUTAZIONE DELL'IMPATTO DEGLI IMPIANTI DI MITILICOLTURA



Carla Giansante
Emanuela Scamosci
Massimo Petrini
Alessandra Arizzi Novelli
Emanuel Crescenzi
Nicola Di Deo
Federica Conti
Roberto Cacciatore
Antonio Di Giansante

INTRODUZIONE

PO FEAMP 2014-2020 Misura 51 - Accordo di collaborazione per lo svolgimento di attività di interesse comune ai sensi dell'art. 15 L. n. 241/90: piano regionale delle acque per il rilascio di concessione demaniali finalizzate ad attività di maricoltura

Definizione delle zone marine idonee all'acquacoltura (AZA – Adequate Zone to Aquaculture) e studio dei fondali per la valutazione dell'impatto degli impianti di mitilicoltura

Le aree marine costiere sono interessate da un incremento di richieste di uso per scopi diversi, tra cui produzione di energia da fonti rinnovabili, sfruttamento di giacimenti di petrolio e gas naturale, estrazione e smaltimento di sedimenti, pesca e acquacoltura, protezione ambientale e turismo, rotte di navigazione, nuovi porti (De Freitas e Tagliani, 2009; Katsanevakis *et al.*, 2011).

Questa convergenza di molteplici interessi pone nuove sfide per uno sviluppo delle attività umane compatibile con la salvaguardia delle risorse naturali che competono per lo stesso spazio prezioso. In molti casi, i tentativi di bilanciare interessi diversi e valutare le compatibilità sono stati ostacolati dalle difficoltà di utilizzo dei dati e delle informazioni disponibili e dalle politiche settoriali adottate da istituzioni e parti interessate.

Nel Mediterraneo e nel Mar Nero, lo sviluppo e l'espansione futuri dell'acquacoltura dipenderanno fortemente dalla disponibilità di spazio per sviluppare questa attività in modo sostenibile. La definizione delle zone allocate per l'acquacoltura (AZA) è quindi considerata uno strumento essenziale per lo sviluppo sostenibile dell'acquacoltura in una prospettiva di crescita blu, oltre a rivestire un ruolo speciale nella pianificazione dello spazio marino.

È importante ricordare che il Piano Strategico Nazionale per l'Acquacoltura Italiana 2014-2020, predisposto nell'ambito degli strumenti del FEAMP, reca tra i suoi macro-obiettivi il tema della pianificazione spaziale, nell'ambito del quale, appunto, si riconosce alle regioni un ruolo fondamentale nelle politiche di sviluppo territoriale.

Questa situazione richiede un miglioramento nel processo di selezione dei siti e l'istituzione di una pianificazione spaziale marina specifica per l'acquacoltura, al fine di promuovere un'integrazione armoniosa con le altre attività che si svolgono nelle zone costiere. In questo contesto, l'istituzione delle AZA è considerata una priorità per lo sviluppo sostenibile dell'acquacoltura nel Mediterraneo e nel Mar Nero, in quanto potrebbe facilitare l'integrazione nelle zone costiere e contribuire a migliorare il coordinamento tra le diverse autorità ed attori coinvolti.

Una zona allocata per l'acquacoltura (AZA) è definita come "un'area marina in cui lo sviluppo dell'acquacoltura ha la priorità rispetto ad altri utilizzi", e, quindi, sarà principalmente vocata a questo fine. L'identificazione di un'AZA sarà il risultato di processi di zonazione attraverso una pianificazione territoriale partecipativa, in cui le autorità competenti stabiliscono formalmente che determinate aree territoriali all'interno di una regione devono essere prioritariamente utilizzate per lo sviluppo dell'acquacoltura (Sanchez-Jerez *et al.*, 2016).

Questo non significa che al momento tutte le attività svolte in mare non sono regolamentate o non esiste un'allocazione razionale o equa dello spazio: al contrario, esistono molti regolamenti, ma questi sono prevalentemente limitati ai settori economici convenzionali (Douve, 2008) o tradizionalmente gestiti caso per caso. Nell'Unione Europea (UE), un quadro per la pianificazione dello spazio marittimo (MSP – Maritime Spatial Planning) è stato istituito dalla Direttiva 2014/89/CE, nota anche come Direttiva quadro sulla Strategia marina. Questa direttiva stabilisce le linee



guida per raggiungimento della compatibilità tra lo sviluppo economico e la necessità di salvaguardare le risorse marine per le future generazioni (Piroddi *et al.*, 2015). La pesca è una delle principali attività economiche in concorrenza per lo spazio, oltre ad essere soggetta a problemi di sovraccapacità della flotta, declino di stock ittici e ridotta redditività. Le zone di pesca dovrebbero essere definite da un approccio flessibile, in conformità con le modifiche dei modelli di distribuzione del pesce, mentre le attività di acquacoltura richiedono specifiche aree riservate (Aswani e Lauer, 2006).

E' evidente che da parte delle regioni italiane è necessario attivare i processi di pianificazione degli usi dello spazio marino per valorizzare le attività ad esso legate e dare certezze agli imprenditori che hanno interesse ad investire nel settore, nel rispetto della tutela dell'ambiente.

A tale scopo il Dipartimento Politiche dello Sviluppo Rurale e della Pesca della Regione Abruzzo ha finanziato il presente progetto che rappresenta la prima proposta di allocazione di spazi marittimi dedicati alla molluschicoltura, arricchita da uno studio che permetta di valutare eventuali impatti che gli impianti possono avere sui fondali, a discapito di altri potenziali usi limitrofi.

Il progetto prevede anche la calibrazione tra dati ambientali marini, come temperatura e torbidità, rilevati da sistemi satellitari e dati afferenti agli stessi parametri rilevati in loco con sonde multiparametriche. Ciò permetterà di snellire le attività di monitoraggio in campo utilizzando esclusivamente informazioni satellitari, una volta validate, anche a vantaggio degli stessi acquacoltori non dotati, in genere, di strumenti di rilevazione per la gestione dei dati ambientali.

OBIETTIVO GENERALE

L'acquacoltura è in fase di espansione e di sviluppo in tutto il mondo sia nelle zone costiere sia nell'entroterra e vede l'Asia e l'America Latina come maggiori produttori. La FAO ha stimato una crescita della produzione dell'acquacoltura di almeno 50 milioni di tonnellate per il 2030 (Byron *et al.* 2013).

La molluschicoltura rappresenta la tipologia di acquacoltura maggiormente sostenibile dal punto di vista ecologico (Byron *et al.* 2011). La produzione di Bivalvi marini per il consumo umano corrisponde al 14 % della produzione totale di organismi marini (Smaal *et al.* 2019). La maggior parte dei bivalvi che troviamo in tavola, non a caso, proviene dall'acquacoltura e solo una piccola porzione deriva da allevamenti naturali (11%) (Smaal *et al.* 2019). Dal database della FAO risultano allevate ben 79 specie di Bivalvi marini, le quali possono essere raggruppate in quattro gruppi principali: ostriche, vongole, cozze e fasolari. La regina della molluschicoltura è l'Asia con un produzione totale superiore al 85 % (Smaal *et al.* 2019). In Europa, invece, il commercio legato agli allevamenti di Bivalvi marini ha avuto un calo a partire dal 1998 soprattutto per quanto riguarda i Paesi Bassi (Smaal *et al.* 2019). Tuttavia in Italia le imprese di molluschicoltura rappresentano oltre il 50 % degli allevamenti totali e contribuiscono al 63 % della produzione totale dell'acquacoltura (FAO 2006). Attualmente gli allevamenti di molluschi sono presenti in 12 regioni italiane, soprattutto nelle regioni adriatiche. Le specie di molluschi commercializzate in Italia sono principalmente due: il mitilo mediterraneo (*Mytilus galloprovincialis*) e la vongola verace filippina (*Ruditapes philippinarum*). Una minore produzione riguarda poi la vongola verace (*Ruditapes decussatus*) e l'ostrica concava (*Crassostrea gigas*) (FAO 2006).

Il progressivo aumento della richiesta di spazio marittimo e la potenziale pressione sull'ambiente marino richiedono una gestione integrata dell'acquacoltura. Prioritariamente, al fine di raggiungere una crescita sostenibile di questa attività, la Regione Abruzzo ha deciso di individuare le aree



maggiormente vocate all'insediamento di nuovi impianti di molluschicoltura, considerando sia il potenziale produttivo dell'ecosistema marino sia il buono stato ambientale e considerando anche le possibili interazioni con altre attività marittime individuabili attraverso la pianificazione spaziale e temporale.

OBIETTIVI SPECIFICI

Per arrivare alla Pianificazione Spaziale ai fini di realizzare una molluschicoltura sostenibile sono stati individuati i seguenti obiettivi specifici:

1. Implementazione di un WEBGIS dedicato alla Pianificazione Spaziale Marittima per la delimitazione delle AZA;
2. Impatto sul fondale di un impianto per l'allevamento dei mitili;
3. Calibrazione dei dati satellitari con i dati rilevati sul campo mediante sonde multiparametriche.

1) Implementazione di un WEBGIS dedicato alla Pianificazione Spaziale Marittima e all'individuazione delle AZA

La Regione Abruzzo ha partecipato al progetto ECOSEA finanziato all'interno del Programma Operativo IPA-Adriatico 2007-2013 dell'Unione Europea. Lead Partner è stata la Regione Veneto, mentre i partner progettuali sono stati la Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, la Regione Emilia-Romagna, la Regione Marche, la Regione Abruzzo, la Regione Puglia, la Contea di Promorje and Gorski Kotar (HR), la Contea di Zadar (HR) ed il Ministry of Environment, Forestry and Water Administration della Repubblica di Albania. L'obiettivo generale del progetto consisteva nel miglioramento della gestione delle risorse naturali nel Mare Adriatico attraverso la cooperazione delle regioni confinanti, nel quadro d'insieme della Politica Comune della Pesca (PCP). Uno degli obiettivi specifici per ciascun partner del progetto è stata la raccolta delle informazioni su tutte le forme di utilizzo delle aree inshore e offshore nel Mare Adriatico che sono state inserite in un apposito Sistema Geografico Informativo (GIS - Geographyc Information System) denominato SeaGIS, a supporto delle decisioni delle istituzioni e degli stakeholders per la gestione dell'ambiente marino e delle attività ad esso legate anche in prospettiva di futuri scenari. Per la Regione Abruzzo, il GIS, denominato SeaGIS Abruzzo, è stato sviluppato dall'Istituto Zooprofilattico Sperimentale dell'Abruzzo e del Molise "G. Caporale" (IZSAM) che è coinvolto anche in alcune attività del presente progetto.

SeaGIS è stato considerato, a ragione, il supporto più valido per raggiungere questo obiettivo progettuale. Infatti, valorizzato con nuove informazioni anche di carattere ambientale, ha permesso di definire con accuratezza le zone marine che possono essere destinate alla molluschicoltura considerando non solo gli spazi disponibili, ma anche le caratteristiche del fondale e le potenzialità nutritive delle acque marine.

2) Impatto sul fondale di un impianto per l'allevamento dei mitili

Il progetto prevede che ARTA, in collaborazione con la Regione Abruzzo, IZSAM e con il Gruppo Tecnico di Lavoro (GdL) Interdipartimentale, istituito con DGR 225 del 28 aprile 2017 e con DPD027/44 del 31/07/2017 con l'obiettivo di identificare e mappare le zone in cui dovrebbero



essere escluse attività di acquacoltura (mappa dei vincoli) e quelle più idonee per lo sviluppo dell'acquacoltura, provvedesse a monitorare l'impatto delle produzioni di molluschi sul fondale marino presso un impianto di molluschicoltura utilizzando l'imbarcazione Ermione e rilevando:

- le caratteristiche morfologiche del fondale dentro e fuori l'impianto mediante sonar Multibeam;
- le caratteristiche granulometriche, chimiche ed ecotossicologiche di campioni (n. 5 + n. 5) di sedimento prelevati con benna Van Veen dentro e fuori l'impianto.

3) Calibrazione dei dati satellitari con i dati rilevati sul campo mediante sonde multiparametriche.

Un ulteriore obiettivo specifico riguarda il monitoraggio di parametri chimico-fisici delle acque marine mediante sonda multiparametrica su punti di campionamento situati al traverso della foce fiume Pescara, corso d'acqua di portata rilevante, per verificare la dispersione del plume fluviale, il conseguente trasporto di sedimenti ed eventuali microinquinanti e collaborare alla definizione e taratura di modelli previsionali.

Nell'ambito dei suddetti obiettivi, come previsto dal progetto, ARTA deve provvedere a:

- Partecipare ai tavoli di consultazione ed agli incontri tecnici organizzati per la pianificazione in acquacoltura fornendo supporto tecnico alla regione Abruzzo;
 - Definire i parametri spaziali da prendere in considerazione per la definizione delle AZA con relative zone buffer;
 - Definire, i parametri ambientali e microbiologici da prendere in considerazione per la definizione delle AZA;
 - Definire i parametri ambientali per la valutazione della *carrying capacity* per gli allevamenti di mitili;
 - Promuovere di concerto con Regione Abruzzo e del Tavolo tecnico la raccolta dei dati relativi ai parametri individuati e provvedere alla loro validazione, georeferenziazione ed elaborazione per la definizione delle aree marine più idonee alla acquacoltura utilizzando le mappe elaborate dal progetto SeaGIS Abruzzo e quelle che saranno ulteriormente elaborate da IZSAM nell'ambito del presente lavoro;
 - Monitorare l'impatto delle produzioni di molluschi sul fondale marino presso un impianto di molluschicoltura utilizzando l'imbarcazione Ermione e rilevando:
 - le caratteristiche del fondale dentro e fuori l'impianto mediante sonar Multibeam;
 - le caratteristiche granulometriche, chimiche ed ecotossicologiche di campioni (5 + 5) di sedimenti prelevati con benna dentro e fuori l'impianto;
 - Monitorare parametri chimico-fisici e la torbidità delle acque marine su punti di campionamento situati al traverso di un fiume di rilevante portata per verificare la dispersione in mare di inquinanti e dei sedimenti mediante sonda multiparametrica e collaborare alla definizione e taratura di modelli previsionali in casi studio pilota;
 - Redigere contributi tecnici, cartografie tematiche e prodotti per la divulgazione dei risultati;
- Inoltre ARTA provvederà a redigere, in collaborazione con IZSAM e con la Regione Abruzzo, la proposta di Documento recante "Identificazione e mappatura delle aree marine in cui dovrebbero essere escluse attività di acquacoltura (mappa dei vincoli), delle zone marine più idonee per lo sviluppo dell'acquacoltura (AZA)" da rimettere alla Regione Abruzzo e a redigere una relazione finale sulle attività svolte.



METODI E RISULTATI

In merito alla partecipazione ai tavoli di consultazione il primo incontro si è tenuto il 3 aprile 2019 presso la sede della Regione Abruzzo, Assessorato Agricoltura e Pesca, a Pescara. Durante l'incontro sono state discusse le metodologie progettuali e pianificate le attività e le tempistiche.

Riunioni ad hoc si sono tenute presso la sede dell'ARTA Abruzzo per definire il piano di campionamento per i satelliti in data 19/03/2019, 20/06/2019, via Skype il 13/07/2020 e presso la sede della Regione Abruzzo, assessorato alla Pesca, il 03/04/2019 02/08/2019 30/08/2019, 30/10/2019, 15/09/2020, 18/09/2020).

Per definire le aree adatte alla molluschicoltura non è sufficiente costruire un GIS con la sola allocazione degli impedimenti spaziali, ma è necessario considerare e riportare su mappa i risultati di ulteriori valutazioni ambientali e microbiologiche quali:

- la potenziale contaminazione batteriologica, poiché i Molluschi Bivalvi sono animali filtratori in grado di accumulare microrganismi patogeni;
- la capacità trofica delle acque a sostegno del nutrimento dei molluschi;
- le caratteristiche idrodinamiche delle acque costiere.

Di conseguenza sono stati considerati i seguenti fattori:

- 1.1 Implementazione di un WEBGIS dedicato alla Pianificazione Spaziale Marittima delle aree adatte alla molluschicoltura
- 1.2 Valutazione della contaminazione di origine fecale
- 1.3 Valutazione dello stato trofico mediante l'indice TRIX
- 1.4 Caratteristiche idrologiche, chimiche e dinamiche delle acque costiere abruzzesi
- 1.5 Dinamica costiera
- 1.6 Capacità portante (*Carrying capacity*)

Per monitorare l'impatto delle produzioni di molluschi sul fondale marino presso un impianto di molluschicoltura utilizzando l'imbarcazione Ermione sono state rilevate:

- 2.1 Le caratteristiche morfologiche del fondale dentro e fuori l'impianto mediante sonar Multibeam - Rilievo morfobatimetrico;
- 2.2 Saggi ecotossicologici su 5 + 5 campioni di sedimenti prelevati con benna dentro e fuori l'impianto;
- 2.3 Analisi chimiche e granulometriche su 5 + 5 campioni di sedimenti prelevati con benna dentro e fuori l'impianto;
- 2.4 Plastiche su 5 + 5 campioni di sedimenti prelevati con benna dentro e fuori l'impianto;

Per collaborare alla definizione e taratura di modelli previsionali satellitari è stato effettuato:

- 1.1 Monitoraggio di parametri chimico-fisici su punti di campionamento situati al traverso del fiume Pescara (Allegato 1). Tali dati sono stati comunicati all'IZSAM per il confronto e la calibrazione con i dati satellitari.

1. Implementazione di un WEBGIS dedicato alla Pianificazione Spaziale Marittima

Come riportato in precedenza, come strumento di lavoro è stata scelta l'applicazione SeaGIS Abruzzo, che contiene tutti gli utilizzi del mare riportati su mappe digitalizzate, con le relative zone di rispetto. Le informazioni raccolte provengono, in modo ufficiale, dalla Direzione Marittima di Pescara.

Sulle mappe digitalizzate sono riportate:



- le aree protette e le aree di ripopolamento ittico;
- la classificazione sanitaria della produzione di vongole e degli allevamenti di molluschi;
- le aree regolamentate;
- le aree soggette ad impatto ambientale;
- i limiti amministrativi;
- le caratteristiche del fondale marino.

Dal punto di vista spaziale, SeaGIS visualizza tutte le aree nelle quali non è possibile insediare un impianto di molluschicoltura perché in esse è già presente una concessione con un altro uso del mare che spesso possiede anche una fascia di rispetto.

Per raggiungere questo obiettivo, con la collaborazione della Direzione Marittima di Pescara, sono stati aggiornati tutti i dati già disponibili.

Inoltre, come richiesto anche nell'ambito del tavolo di lavoro ministeriale - MIPAAF per l'acquacoltura (ITAQUA) e comunicato via mail il 18 gennaio 2019, si è provveduto ad individuare una zona di distanza cautelativa dagli insediamenti in mare (buffer), soprattutto per la sicurezza della navigazione, ma anche per eventuali inquinamenti. Le indicazioni inviate al MIPAAF, riportate nella Tabella 1, sono state inserite in SeaGIS da IZSAM.

Tabella 1. Buffer per ciascun vincolo

PARAMETRO	BUFFER M	
Siti Natura 2000	3000	
AMP	3000	
ZTB	3000	
IBA	3000	
FANEROGAME	3000	
AREE SENSIBILI	3000	
FOCE FIUMI	3000	
SIN	3000	
PORTI	1500	3000
SITI ARCHEOLOGICI	3000	
ORDIGNI INESPLOSI	1500	
STRASCICO	500	
ROTTE MARITTIME	1000	
NAUTICA DA DIPORTO	500	
INSEDIAMENTI TURISTICI	1000	
PRELIEVO ACQUE INCENDI	1000	
DUMPING AREA	1000	
CONTAMINAZIONE DI		
ORIGINE FECALE	3000	
RELITTI	500	

1.1 Valutazione della contaminazione di origine fecale



Dal punto di vista dell'inquinamento di origine fecale delle acque marine, proveniente da scarichi o da contaminazione di origine fluviale, si è ritenuto che le zone marine destinate alla molluschicoltura, dal punto di vista sanitario, ai sensi del Regolamento (UE) 2017/625 del 15 marzo 2017, debbano risultare classificate come Zone A, cioè zone nelle quali la una carica batterica di *Escherichia coli* risulti essere inferiore a 230 MPN/100 g di polpa e liquido intervalvare, come è auspicabile sia per la salute del consumatore sia per evitare i costi della depurazione. Infatti i molluschi bivalvi provenienti dalle aree marine classificate come A, a seguito di controlli sanitari, possono essere destinati al consumo umano diretto attraverso il passaggio presso un centro di spedizione molluschi, quelli provenienti dalle zone classificate "B", cioè con una carica di *E. coli* superiore a 230, ma inferiore a 4.600 MPN/100 g di polpa e liquido intervalvare, prima dell'immissione sul mercato necessitano di un adeguato periodo di depurazione presso appositi stabilimenti, mentre quelli provenienti dalle zone classificate "C", con una carica di *E. coli* superiore a 4.600 MPN/100 g di polpa e liquido intervalvare, possono essere destinati solo alla trasformazione. Non possono essere raccolti molluschi bivalvi vivi da zone non classificate o con valori di contaminazione da *Escherichia coli* > di 46.000 MPN/100 gr. Pertanto, a titolo precauzionale, **non si prenderanno in considerazione per la molluschicoltura le aree marine al di sotto dei 3.000 metri**, onde evitare l'influenza potenzialmente sfavorevole delle acque fluviali che, attraverso le correnti, possono arrivare fino a questa distanza, come stabilito nei tavoli regionali sull'argomento. D'altronde a 3.000 m di distanza dalla costa la batimetria del fondale marino abruzzese è di circa 13-15 m: al di sotto di questi valori l'altezza della colonna d'acqua non sarebbe sufficiente per un impianto long line con reste di 4-5 m lunghezza.

1.3 Valutazione dello stato trofico mediante l'indice TRIX

Lo sviluppo e la validazione dell'indice trofico denominato TRIX derivano dalla utilizzazione dei dati raccolti nelle campagne di monitoraggio condotte, tra il 1982 e il 1993, lungo la Costa Adriatica della Regione Emilia-Romagna. Nel complesso questi dati coprono uno spettro notevole di situazioni trofiche, da quelle che caratterizzano per elevata produttività le acque sottocosta, con frequenti episodi di blooms algali, a quelle di produttività medio-bassa che si riscontrano nelle acque al largo (oltre i 15 km) (Rapporti annuali della Regione Emilia Romagna).

L'elaborazione statistica di questi dati ha dapprima permesso di stabilire correlazioni tra parametri, di individuare rapporti di causa-effetto, di identificare variabili potenzialmente ridondanti e infine ha consentito la scelta delle variabili più appropriate da utilizzare come componenti del TRIX. Dall'analisi della correlazione, emerge l'elevato livello di interdipendenza tra i principali indicatori trofici, quali la clorofilla e i nutrienti, e i parametri più propriamente fisici del sistema: salinità, temperatura e trasparenza delle acque (rilevata con Disco di Secchi). Di per sè, questi ultimi fattori non sono indicatori trofici. Essi risultano molto utili per definire condizioni al contorno e valutare la qualità complessiva delle acque; possono inoltre trovare utile impiego nell'implementazione di modelli predittivi.

Per quanto riguarda la definizione dello stato trofico, cioè del nutrimento fornito dalle acque marine a sostegno della vita dei molluschi, sono stati utilizzati i dati delle campagne di monitoraggio delle acque marine effettuate da ARTA, ai fini della classificazione dello stato di qualità dei corpi idrici marino-costieri ai sensi del D. Lgs 152/06 e ss. mm. ii..



I dati sono stati elaborati al fine di verificare se all'interno delle acque marine costiere della regione Abruzzo si potessero distinguere aree con caratteristiche diverse dal punto di vista della trofia.

Il monitoraggio è stato effettuato su n. 7 transetti perpendicolari alla costa, ciascuno dei quali presenta due stazioni di campionamento: una posta a 500 m e l'altra a 3.000 m.

Ciascun transetto è stato posto al centro di un rettangolo, a sua volta diviso a metà longitudinalmente: la metà verso la costa è caratterizzata dai valori riscontrati per la stazione di campionamento a 500 m, mentre la metà verso il largo da quelli a 3.000 m.

Per ciascuna zona, utilizzando i dati degli ultimi 3 anni, è stato calcolato l'indice trofico per le acque marine costiere (TRIX), come valore medio annuale, utilizzato per definire lo stato di qualità delle acque per tale indicatore. Il suo valore numerico è dato da una combinazione di quattro variabili (Ossigeno disciolto, Clorofilla "a", Fosforo totale e Azoto inorganico disciolto), indicative delle principali componenti che caratterizzano la produzione primaria degli ecosistemi marini (nutrienti e biomassa fitoplanctonica), messo a punto per esprimere le condizioni di trofia e del livello di produttività delle aree costiere. I valori di TRIX sono raggruppati in 4 fasce, alle quali corrispondono 4 diverse classi di qualità rispetto alle condizioni di trofia e, quindi, allo stato ambientale costiero (Scala Trofica, v. Figura 1 e Tabella 2). In questo modo è possibile misurare i livelli trofici in termini rigorosamente quantitativi, nonché confrontare differenti sistemi costieri.

La formula per ottenere l'indice TRIX è la seguente:

$$\text{Indice Trofico TRIX} = (\text{Log} (\text{Cha} \cdot |\text{OD\%}| \cdot \text{N} \cdot \text{P}) - (-1.5)) / 1.2$$

Dove Cha è il valore di Clorofilla "a" in $\mu\text{g/l}$, OD% è la percentuale di ossigeno disciolto espresso come variazione in valore assoluto dalla saturazione, N è l'azoto solubile (N-NO₃, N-NO₂, N-NH₃) in $\mu\text{g/l}$ e P è il fosforo totale in $\mu\text{g/l}$.



Figura 1. Scala cromatica con la classificazione della scala trofica per dell'indice TRIX.

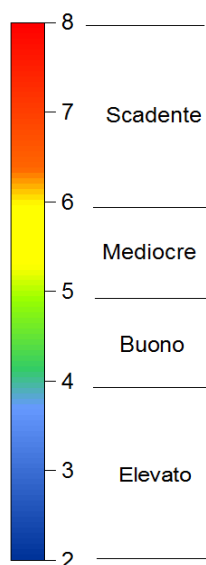


Tabella 2. Scala cromatica con la classificazione delle condizioni di qualità dei valori dell'indice TRIX.

SCALA TROFICA	STATO	CONDIZIONI
2 - 4	Elevato	Acque scarsamente produttive Livello di trofia basso Assenza di ipossie/anossie
4 - 5	Buono	Acque moderatamente produttive Livello di trofia medio Occasionali ipossie
5 - 6	Mediocre	Acque molto produttive Livello di trofia elevato Ipossie e occasionali anossie
6 - 8	Scadente	Acque fortemente produttive Livello di trofia molto elevato Diffuse e persistenti ipossie/anossie

Per l'acquacoltura la scala cromatica dell'indice TRIX va interpretata in maniera inversa, cioè le acque di qualità elevata posseggono una bassa trofia e quindi scarsi apporti nutritivi per il fitoplancton di cui si nutrono i Molluschi filtratori. Il fitoplancton può proliferare quando c'è abbondante nutrimento e quindi un'elevata trofia: ciò può sostenere carichi considerevoli di molluschi negli impianti di acquacoltura. Quindi un'acqua marina scadente è un'acqua fortemente produttiva per il fitoplancton e può supportare l'attività metabolica dei Molluschi.

In merito all'indice TRIX, che sintetizza e rappresenta le condizioni di trofia delle acque marine, sono state elaborate le medie dei valori rilevati per tale indicatore negli anni 2016, 2017 e 2018 sulla rete regionale di monitoraggio secondo quanto previsto dal D.M. 260/10. La loro elaborazione



cartografica realizzata da IZSAM sulle acque marine abruzzesi è riportata nelle Figure 2, 3 e 4.

Figura 2. Medie dei valori TRIX nelle aree definite dai transetti, Anno 2016

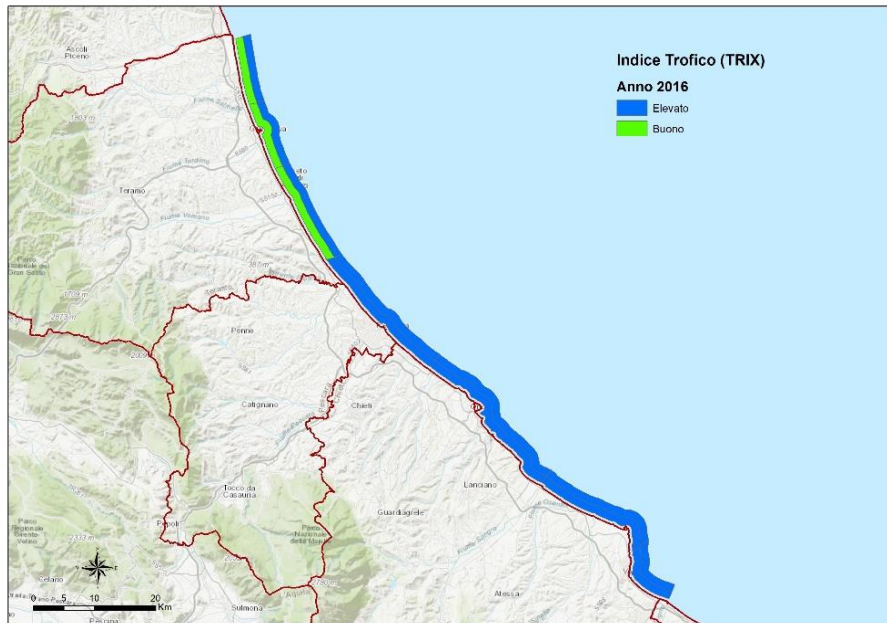


Figura 3. Medie dei valori TRIX nelle aree definite dai transetti, Anno 2017

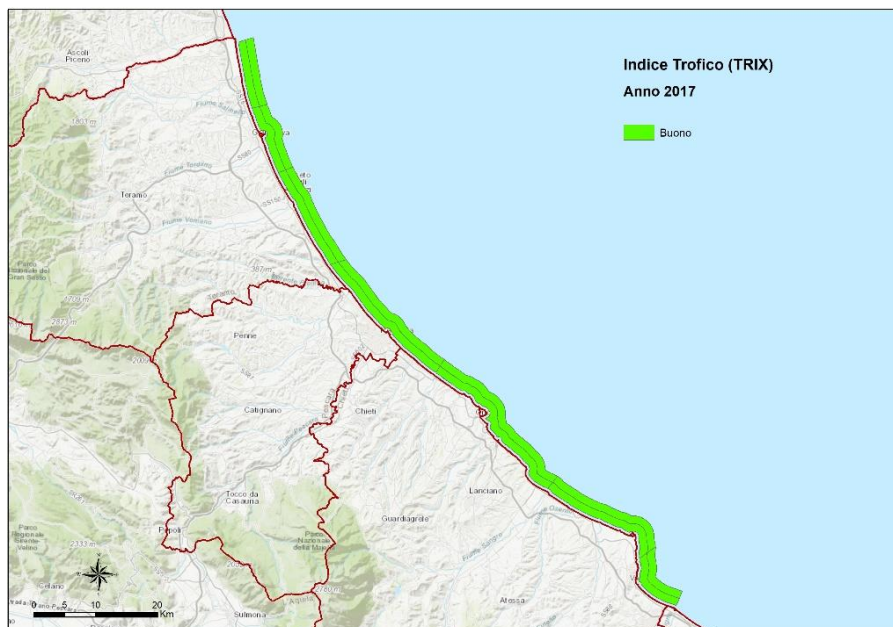
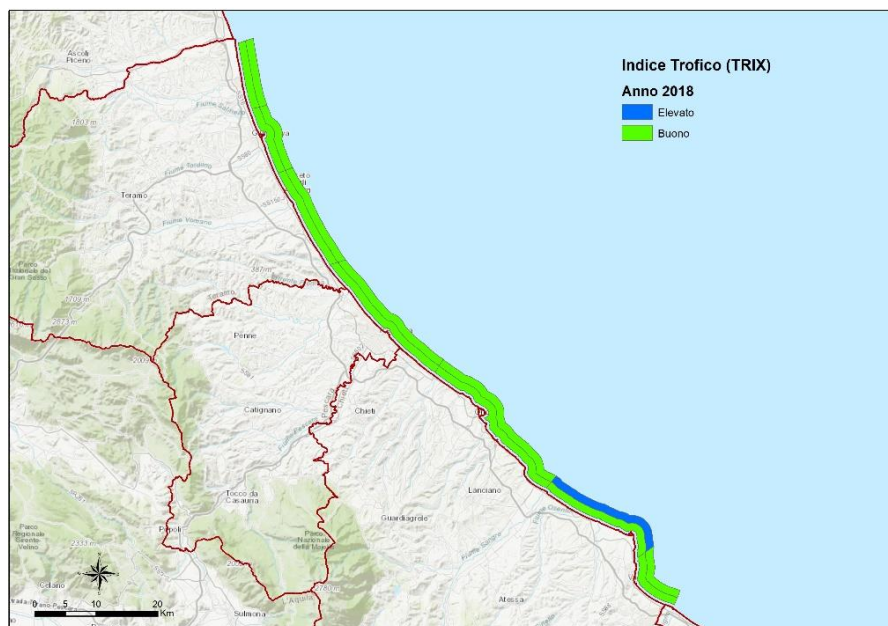


Figura 4. Medie dei valori TRIX nelle aree definite dai transetti, Anno 2018



Le figure sopra riportate mostrano, nel 2016, un valore dell'indice Trofico Elevato su tutta la fascia costiera abruzzese, tranne nel tratto prospiciente la costa teramana a 500 m, dove risulta essere Buono. Nel 2017, su tutte le acque costiere abruzzesi l'indice TRIX risulta Buono, come anche nel 2018, eccetto il tratto che va da Ortona a Vasto dove risulta Elevato.

1.4 Caratteristiche idrologiche, chimiche e dinamiche delle acque costiere abruzzesi

La temperatura delle acque costiere è soggetta a notevoli variazioni stagionali a causa della scarsa profondità, senza notevoli differenze tra la superficie e il fondo. Nei mesi invernali, le acque costiere raggiungono temperature molto basse (circa 6°C) e salinità inferiori al 37‰, mentre al largo la temperatura si aggira attorno a 10-12°C e la salinità presenta valori superiori al 38‰. Sotto costa la salinità, in prossimità del fondo, presenta generalmente valori più elevati rispetto allo strato superficiale, ma sempre inferiori a quelli del largo.

In estate invece, sotto costa si può formare una stratificazione verticale, con acque calde (25-27°C circa) a minore densità in superficie e acque più fredde e più salate sul fondo. Ciò si verifica in condizioni meteomarine particolari, come calma di mare prolungata, forte insolazione ed elevati apporti di acqua dolce che impediscono il rimescolamento delle acque. Sul fondo, nelle zone del largo, sotto il termoclino che si forma intorno ai 20 metri, la temperatura si aggira sui 15°C. La salinità superficiale aumenta progressivamente dalla costa verso il largo anche nei mesi caldi, dove presenta sempre valori non inferiori al 35‰, mentre sul fondo, alla batimetrica di 30 m, si registra una salinità intorno al 38‰. Il contenuto di nutrienti è essenzialmente dovuto all'apporto dei fiumi che sfociano lungo il litorale abruzzese. Dalla letteratura scientifica sull'argomento non sono stati mai segnalati casi di anossia nelle acque costiere abruzzesi.



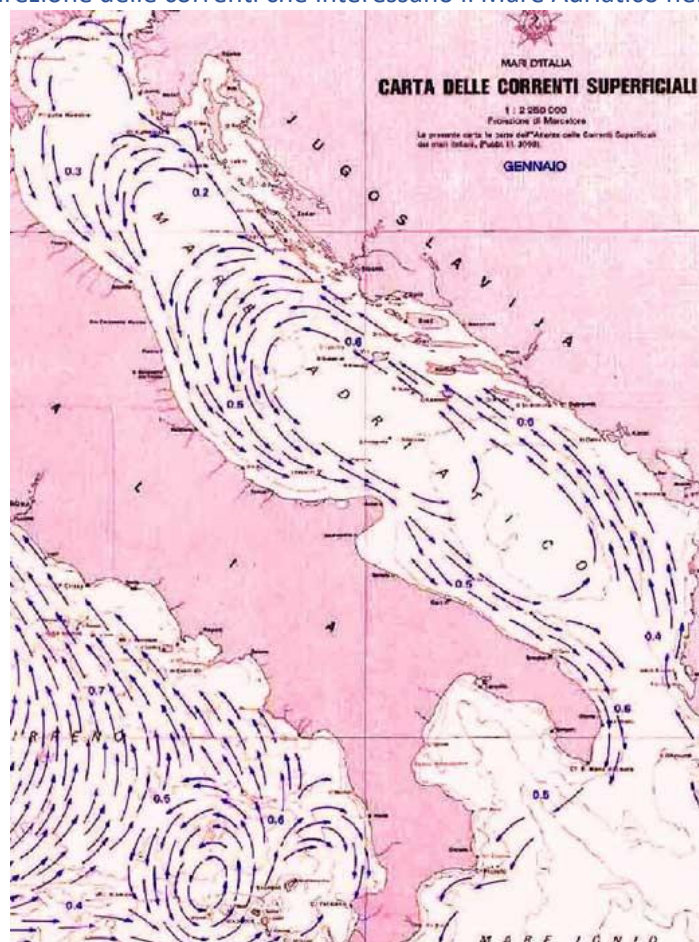
1.5 Dinamica costiera

Si riportano le informazioni fornite dal Portolano P7, edito dall'Istituto Idrografico della Marina Militare, in corrispondenza dell'area antistante la costa pescarese, mediana rispetto alla costa regionale, e comunque non molto difforme su tutto l'ambito abruzzese.

Venti: nelle acque marine abruzzesi il vento regnante spira da Grecale, mentre venti dominanti sono quelli di Tramontana, Grecale e Levante. Il Levante e il Grecale costituiscono la traversia.

Correnti: la corrente delle acque costiere abruzzesi è diretta verso Sud ed è influenzata dai venti. Davanti all'imboccatura del porto di Pescara predomina la corrente verso S-E. Inoltre, dall'Atlante delle correnti superficiali del Centro Adriatico, la velocità delle stesse risulta essere diversa nei vari mesi dell'anno (Figura 5, mese di gennaio).

Figura 5. La direzione delle correnti che interessano il Mare Adriatico nei mesi di giugno e luglio



Altezza delle onde: nelle Figure 6, 7, 8 sono riportate le altezze delle onde nei punti indicati nella Tabella 3, che corrispondono a tre impianti di molluschicoltura. I dati sono stati elaborati da ISPRA

basandosi su un algoritmo che considera i valori del sistema di rilevazione nazionale di boe ondametriche.

Tabella 3. Localizzazione degli impianti per i quali è stata calcolata l'altezza dell'onda

Impianto	Latitudine	Longitudine	Identificazione
OP Costa del teramano (Martinsicuro - TE)	42,87998648	13,97630654	ID 1
Mitilmare (Vasto - CH)	42,46600575	14,31908674	ID 2
Acquachiara (Francavilla a Mare - CH)	42,14216451	14,76730429	ID 3

Figura 6. Altezza d'onda significativa presso l'impianto di molluscoltura OP Costa del Teramano Martinsicuro (ID1)

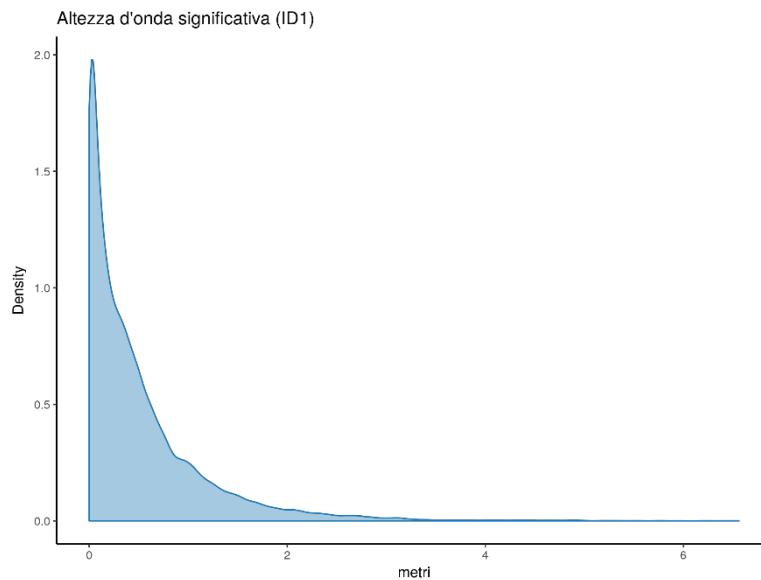


Figura 7. Altezza d'onda significativa presso l'impianto di molluschicoltura Mitilmare (ID2)

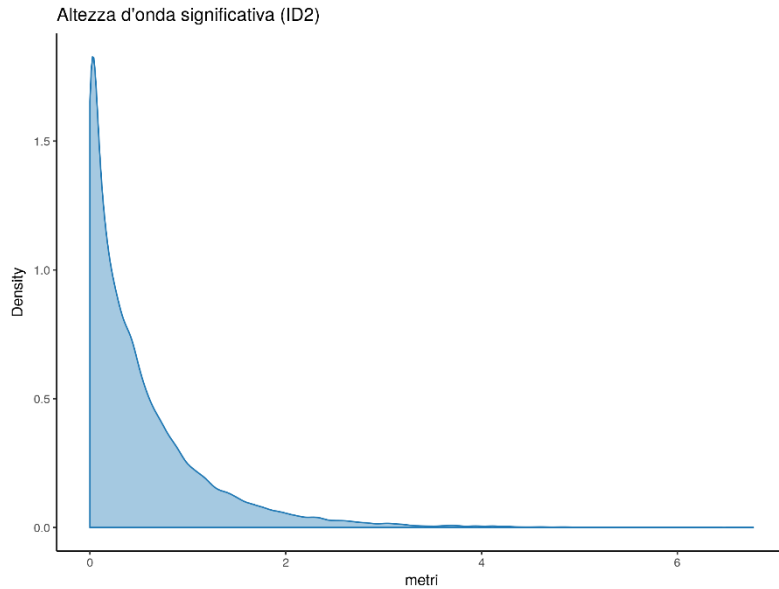
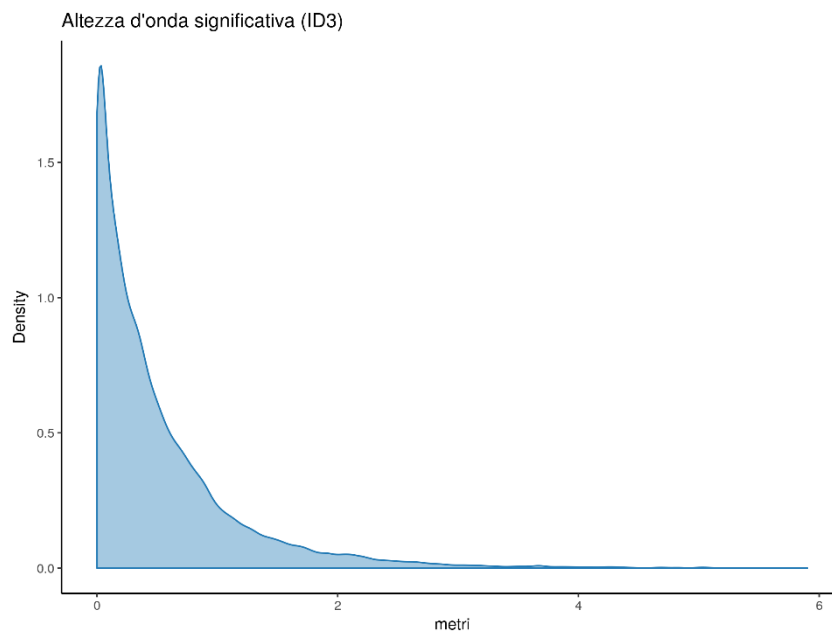


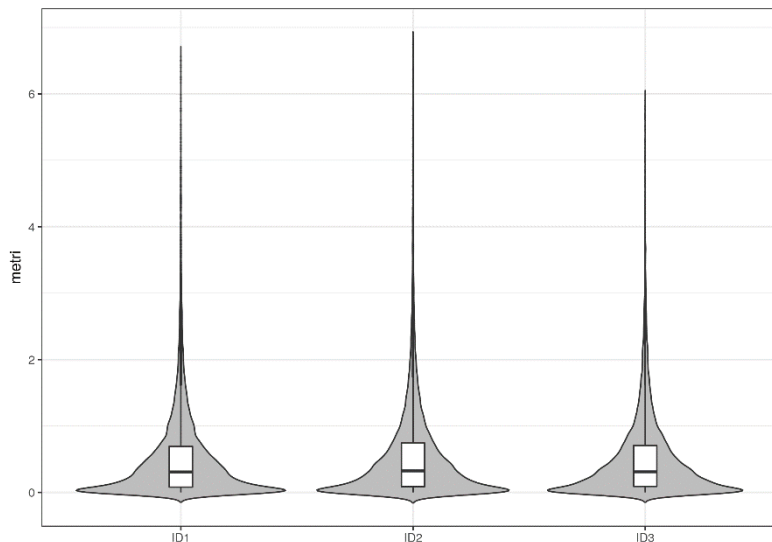
Figura 8. Altezza d'onda significativa presso l'impianto di molluschicoltura Acquachiara (ID3)



Dalle suddette figure si evince che la maggiore frequenza dell'altezza delle onde va da 0 a circa 1 m, al di sopra di questi valori la frequenza è molto bassa. Inoltre si evince che non c'è una differenza significativa tra nord, centro e sud per l'altezza delle onde nelle acque costiere abruzzesi, come è anche mostrato dalla Figure 9.



Figura 9. Confronto tra le frequenze dell'altezza d'onda dei 3 impianti di molluschicoltura considerati



Dinamica costiera: è determinata essenzialmente dal regime ciclonico della circolazione adriatica, che ha direzione discendente NO-SE, con intensità medie di corrente comprese tra 10 e 20 cm/s e picchi di oltre 50 cm/s. Nella fascia compresa tra la costa e 5 m circa di profondità si può verificare una sottocircolazione costiera, con andamento verso NW, che è responsabile dei fenomeni di avanzamento e di arretramento delle spiagge. Questa circolazione è indotta dalle long-shore currents determinate dagli agenti meteomarinari. L'ampiezza media delle maree è di circa 50 cm. In caso di perturbazioni meteorologiche si possono tuttavia registrare oscillazioni di 70 cm ed oltre.

1.6 Descrizione dei fondali

I fondali della costa abruzzese insistono su una porzione della piattaforma continentale adriatica caratterizzata da una morfologia dolce ed omogenea. Procedendo dalla costa verso il largo il fondale degrada dolcemente, con valori medi di approfondimento di 0,7 m/km. La distribuzione dei sedimenti, sempre procedendo dalla costa verso il largo, vede dapprima una fascia sabbiosa che si estende fino a profondità comprese tra i 12 e 14 m. A questa segue una fascia fango-sabbiosa che arriva fino all'isobata di circa 20 m. Oltre questa zona la maggior parte dei fondali più al largo è costituita da fango, più o meno fine, generalmente di colore grigiastro.

1.7 Capacità portante (*Carrying capacity*)

Gli impianti di molluschicoltura continuano a crescere sia nelle zone costiere dei Paesi industrializzati sia in quelle dei Paesi in via di sviluppo (FAO). Questo incremento porta i piccoli pescatori e le aziende di molluschicoltura a competere con altri soggetti interessati agli spazi disponibili in mare. A questo proposito, l'Unione Europea ha adottato una normativa volta a creare un quadro comune per la pianificazione dello spazio marittimo in Europa che permetta la ripartizione degli spazi marittimi tra i vari settori (turismo, pesca, acquacoltura, estrazioni minerarie, energia rinnovabile, diporto, aree marine protette). Quando però la competizione avviene tra imprese di molluschicoltura possono entrare in gioco interessi economici che non tengono



conto degli effetti negativi che si riflettono sull'ambiente marino (Byron *et al.* 2013). Per tale motivo la pianificazione di un impianto di molluschicoltura deve essere fatta nella maniera più responsabile possibile in modo da evitare conseguenze negative a livello ambientale e sociale (Byron *et al.* 2013). Nel momento in cui si decide di progettare un impianto di allevamento di Molluschi Bivalvi si deve tener conto di vari fattori: la salute del consumatore, che dipende dalla qualità del mollusco e dell'ambiente in cui viene allevato, la produttività dell'allevamento, che dipende dalla zona che si sceglie, la tecnica di allevamento e gli effetti che esso ha sull'ambiente. Problemi di sicurezza alimentare dovuti a contaminanti ambientali e biotossine dovrebbero essere ridotti al minimo per aumentare l'affidabilità dei Bivalvi come fonte di cibo sano e per stimolare le richieste del mercato. Per la risoluzione di questi problemi entrano in gioco specifici programmi di monitoraggio regolamentati, i quali prevedono il collocamento di impianti solo in aree consone a questa tipologia di mercato (aree con livelli di metalli pesanti, di tossine e di coliformi fecali nei limiti di legge e aree dove non siano presenti ecosistemi da salvaguardare) (Byron *et al.* 2013).

Per quanto riguarda le stime relative alla resa di un allevamento e ai possibili effetti sull'ambiente la situazione è più complessa. Il continuo crescere dell'attività commerciale legata agli allevamenti di molluschi, infatti, può ostacolare l'integrità dell'ecosistema marino; questioni economiche e politiche possono entrare in conflitto con quelle legate ad una metodica sostenibile. Un impianto di molluschi dovrebbe sfruttare le risorse disponibili nell'ambiente senza oltrepassare la capacità di resilienza dell'ecosistema in cui è collocato (Byron *et al.* 2013). Questa "integrità ambientale" può essere mantenuta solo se la progettazione dell'impianto avviene in un'area avente una capacità portante tale da supportarlo (Byron *et al.* 2011).

La stima della capacità portante o *carrying capacity*, definita come la dimensione massima della popolazione di una specie biologica che può essere sostenuta in quell'ambiente specifico, dato il cibo, l'habitat, l'acqua e altre risorse disponibili, costituisce un pre-requisito per la progettazione o l'espansione di un sistema di acquacoltura su larga scala (Byron *et al.* 2011; Ferreira *et al.* 2009) che permette di valutare quanto l'ecosistema marino sia in grado di sostenere l'allevamento senza rompere gli equilibri tra bioma e biota.

Esistono quattro tipologie di *carrying capacity* (fisica, produttiva, ecologica e sociale) da applicare ad un impianto di acquacoltura, che contengono parametri diversi a seconda del tipo di allevamento: gabbie marine costiere per pesci, stagni, gabbie in acqua dolce, incubatoi, allevamenti di Molluschi Bivalvi (Tabella 4).



Tabella 4. Parametri che costituiscono le quattro tipologie di carrying capacity in relazione alla tipologia di allevamento. Il Sistema 5 evidenziato corrisponde agli allevamenti di molluschi bivalvi (Ross *et al.* 2013).

Farming system	Physical carrying capacity	Production carrying capacity	Ecological carrying capacity	Social carrying capacity
System 1: Coastal marine cages	Wind Waves Currents Depth Temperature Salinity Infrastructure Etc.	Temperature Salinity Diet type Feed regime Investment costs Markets Etc.	Critical habitats Biodiversity Eutrophication indicators EIA data in general Visual impact Etc.	Sea and coastal access rights Access to capital Beneficiaries Workforce Etc.
System 2: Ponds (inland/coastal)	Water quantity Water quality Slope Soils Rainfall Evaporation Infrastructure Etc.	Temperature Diet type Feed regime Infrastructure Investment, costs Markets Etc.	Critical habitats Biodiversity Eutrophication indicators Visual impact EIA data in general Etc.	Land ownership, Water and riparian rights Access to capital Workforce Beneficiaries Etc.
System 3: Freshwater cages	Wind Waves Currents Depth Temperature Salinity Infrastructure Etc.	Temperature Infrastructure Investment, costs Markets Etc.	Critical habitats Biodiversity Eutrophication indicators Visual impact EIA data in general Etc.	Land ownership Water and riparian rights Access to capital Beneficiaries Etc.
System 4: Hatcheries	Water quantity Water quality Infrastructure Etc.	Temperature Diets Infrastructure Investment, costs Markets Etc.	Critical habitats Biodiversity Eutrophication indicators Visual impact EIA data in general Etc.	Local needs Land ownership Water rights Workforce Skills availability Visual impact Etc.
System 5: Bivalve culture	Wind Waves Currents Chlorophyll and productivity Depth Temperature Salinity Etc.	Temperature Salinity Chlorophyll and productivity Investment, costs Markets Etc.	Critical habitats Biodiversity Bottom anoxia indicators Visual impact EIA data in general Etc.	Sea rights Access to capital Workforce Beneficiaries Etc.

La capacità portante fisica analizza l' idoneità a sviluppare una determinata attività tenendo conto dei fattori fisici dell'impianto di molluschi e dell'ambiente in cui viene collocato: temperatura, salinità, qualità dell'acqua, profondità, velocità di corrente (Ross *et al.* 2013).

La capacità portante produttiva stima la resa massima di un allevamento e corrisponde a quella densità di Bivalvi in una resta per la quale si arriva a un massimo di raccolta (Ross *et al.* 2013; Smaal *et al.* 2019).

La capacità portante ecologica e la capacità portante sociale studiano gli impatti inaccettabili che l'impianto può causare a livello ecologico e sociale (Byron *et al.* 2011).

Il concetto di capacità portante deriva da una curva di crescita di popolazione che mostra il massimo del tasso di crescita a metà e non al valore massimo, contrariamente a ciò che accade in natura



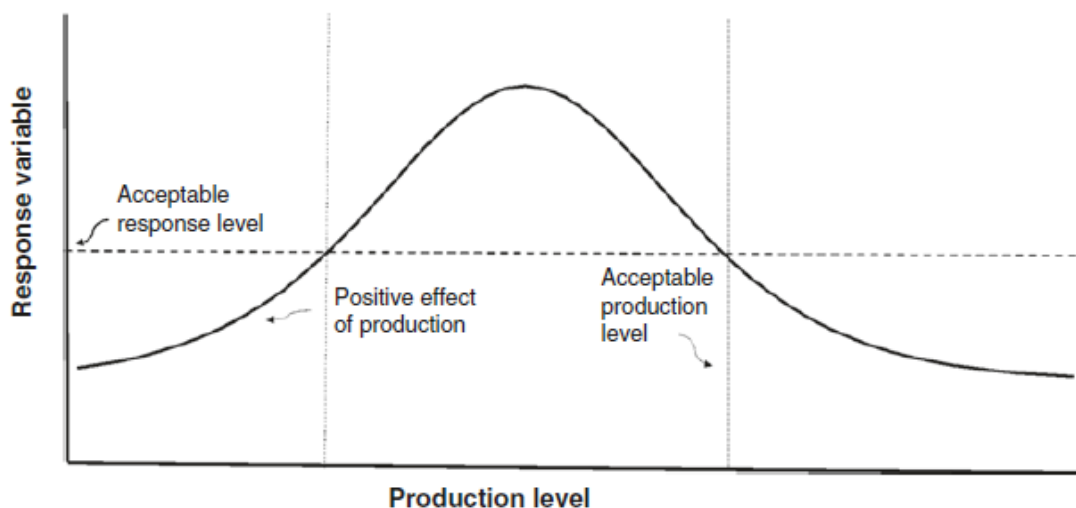
(Smaal *et al.* 2019), in quanto l'aumento degli organismi, collocati in un sistema confinato, causa una diminuzione delle risorse disponibili (ad esempio ossigeno e cibo).

Dame e Prins (1998) definiscono la capacità portante dei Bivalvi come la biomassa totale sostenuta da un dato ecosistema in funzione del tempo di permanenza in acqua, del tempo di produzione primaria e della clearance dei Bivalvi (tasso di filtrazione).

La distinzione della capacità portante in ecologica, fisica, di produzione e sociale è stata proposta in seguito da Inglis *et al.* (2000).

La capacità portante ecologica può essere definita come la resa che un allevamento può dare senza che vi siano cambiamenti significativi a livello di ecosistema, specie, popolazione e comunità. Questa capacità però non può essere considerata come una caratteristica intrinseca dell'ecosistema, ma viene definita dalla società stessa che valuta quali siano gli effetti accettabili (Figura 10) (Smaal *et al.* 2019).

Figura 10. Andamento della curva di produzione dei Bivalvi e variabilità della risposta



Nella Figura 10 l'aumento della produzione di Bivalvi può stimolare una variabile di risposta che da un livello subottimale passa ad un livello ottimale. Tuttavia un aumento della produzione oltre quella soglia porta ha impatti negativi ritenuti non accettabili. Questo andamento è mostrato dall'ipotetica curva presente nel grafico (Smaal *et al.* 2019).

La capacità portante sociale coinvolge figure con interessi differenti e ancora oggi è in fase di sviluppo. L'istallazione di un nuovo impianto di molluschicoltura, ad esempio, può incappare in limitazioni del libero mercato, le quali vengono imposte dal governo per la gestione dello sfruttamento delle risorse comuni.

Per la valutazione della capacità portante ecologica sono stati elaborati degli indicatori ambientali i cui valori non devono superare una determinata soglia oltre la quale l'ecosistema, che ospita l'impianto di molluschi, è considerato in pericolo. A questi parametri si aggiungono informazioni relative al sito scelto per l'allevamento e conoscenze sull'acquacoltura. Per valutare le interazioni che si instaurano tra i molluschi allevati e l'ecosistema sono stati sviluppati complessi modelli matematici; questi modelli hanno elaborato dati empirici relativi a parametri e processi chiave di un ecosistema.



La capacità portante produttiva è messa in pratica direttamente dagli allevatori, i quali sono in grado di effettuare delle stime sulla resa finale di una data densità iniziale di molluschi. Tuttavia la crescita di questi organismi può essere influenzata da altri fattori, come la predazione, o la presenza di altri organismi filtratori in quell'area. Allo stesso modo anche alcune caratteristiche dell'area di allevamento possono influenzare la produzione finale (stabilità del sedimento, forze idrodinamiche, spostamento del nutrimento). Per questo motivo anche per la capacità portante produttiva sono stati elaborati dei modelli in grado di calcolare le dimensioni ottimali dello stock per ottenere la massima resa dell'allevamento (Smaal *et al.* 2019).

La capacità portante fisica infine è analizzata attraverso le informazioni sulla zona di mare o sul corpo idrico in cui viene posizionato l'impianto (spazio disponibile, batimetria, dati inerenti all'idrodinamica e alla qualità dell'acqua) (Ross *et al.* 2013; Smaal *et al.* 2019).

Per valutare la *carrying capacity* sono stati sviluppati dei modelli in grado di analizzare le varie componenti relative ad un allevamento di Molluschi Bivalvi (Ross *et al.* 2013). I modelli ambientali sono basati su algoritmi matematici e sono in grado di stimare i cambiamenti ambientali e le loro conseguenze, utilizzando un pool di dati di monitoraggio. Questi modelli sono utilizzati per minimizzare la mortalità degli organismi e per ottimizzare i profitti attraverso la simulazione della qualità delle acque che ospitano gli allevamenti. Vanno da semplici calcoli matematici a modelli dinamici e integrati che richiedono dei software specifici e mostrano i cambiamenti di una determinata area nel tempo (Ross *et al.* 2013).

I modelli più conosciuti che analizzano in modo specifico la *carrying capacity* relativa ad impianti di acquacoltura sono: Winshell, ShellGIS, AquaFarm, FARM, CADS_TOOL, POND, RDSS. Sia i modelli matematici sia i modelli integrati in software specifici spesso sono accessibili solamente ad un pubblico scientifico. Winshell, ShellGIS e FARM rappresentano dei software alla portata di un utente più comune, in questo caso alla portata di pescatori/allevatori e imprenditori coinvolti nella molluschicoltura (Ferreira *et al.* 2007; Ferreira *et al.* 2009; Ross *et al.* 2013; Smaal *et al.* 2019).

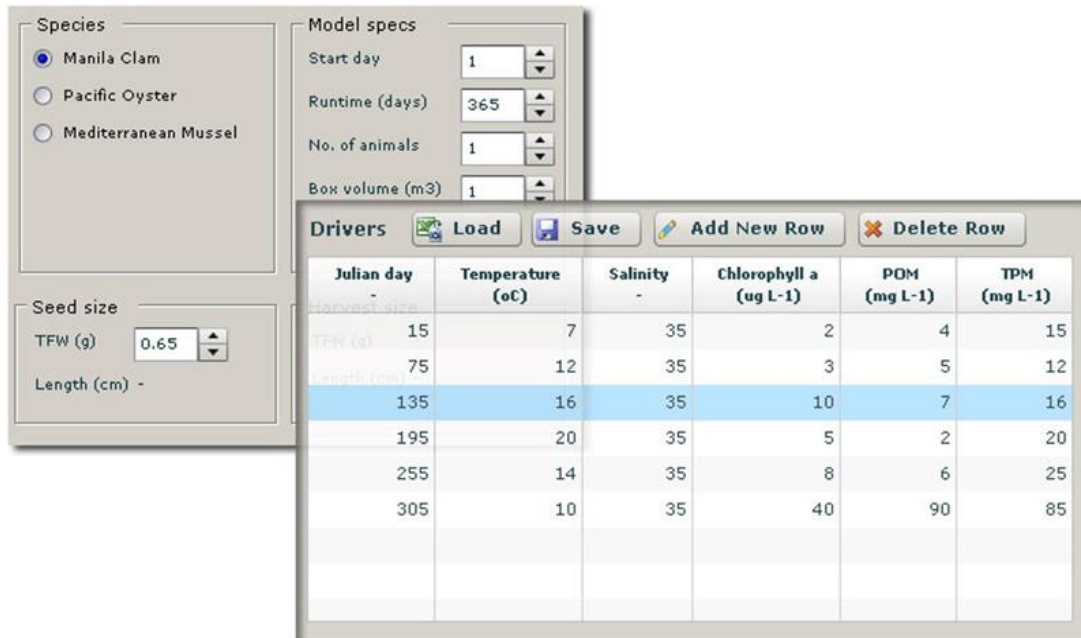
Winshell è progettato per gli allevatori di molluschi e i gestori delle acque, e stima la crescita dell'animale in una determinata area, sulla base della disponibilità di cibo e delle condizioni ambientali nelle acque costiere e di estuario.

(<https://www.longline.co.uk/site/products/aquaculture/winshell/>) (Smaal *et al.* 2019).

L'analisi riguarda la crescita individuale del Mollusco (non quella dell'intera popolazione analizzata nei modelli FARM e ShellGIS) e i Molluschi Bivalvi che possono essere studiati sono ostriche, cozze e vongole. Nella console di WinShell l'utente deve inserire alcune informazioni riguardanti i Molluschi Bivalvi allevati (specie, numero di organismi, peso, durata dell'allevamento, ecc.) e i parametri ambientali (Figura 11).

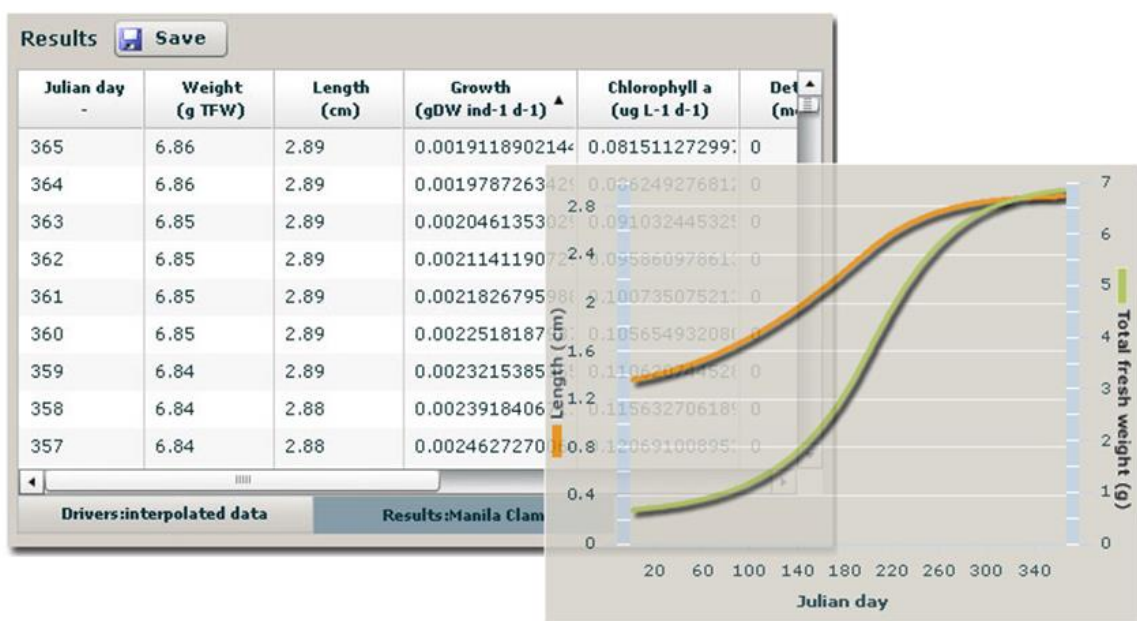


Figura 11. Esempio della schermata per l'inserimento dei dati nel modello WinShell
[\(https://www.longline.co.uk/site/products/aquaculture/winshell/\)](https://www.longline.co.uk/site/products/aquaculture/winshell/)



A seguito dell'inserimento dei dati, il sistema elabora una stima della crescita di ogni singolo Mollusco e i valori numerici sono riportati in una curva di crescita (Figura 12).

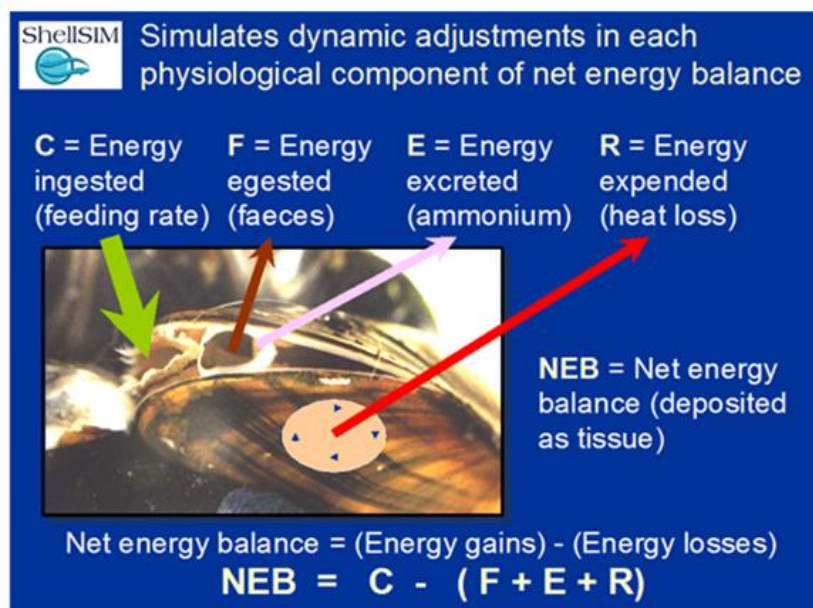
Figura 12. Esempio della schermata dei risultati nel modello WinShell
[\(https://www.longline.co.uk/site/products/aquaculture/winshell/\)](https://www.longline.co.uk/site/products/aquaculture/winshell/)



ShellGIS (Newell *et al.* 2013) è un sistema GIS (Geographic Information System) che simula la crescita e la produttività di un allevamento (la biomassa che può essere raccolta) attraverso il modello di crescita dei molluschi ShellSIM, i dati di crescita geo-referenziati (temperatura, salinità, clorofilla-a, materia organica particellare (POM), particolato totale (TPM), Ossigeno Disciolto (DO)) e la velocità dell'acqua (calcolata con un modello di flusso) (Smaal *et al.* 2019; <http://www.shellgis.com/TailoredUIs.aspx>).

Con il termine GIS si intende una piattaforma virtuale nella quale sono geo-referenziate aree specifiche e sistemi di allevamento. Questo modello può essere usato sia per impianti di molluschicoltura sospesi sia di fondo. La scala dimensionale minima è di 50 m, si vengono a formare delle griglie per le quali si possono calcolare risultati anche inerenti a più griglie. Le informazioni richieste comprendono la distribuzione spaziale associata ai Molluschi (dimensione e posizione dell'allevamento), le tecniche utilizzate (semina, raccolta) e la mortalità. Il software è in grado di simulare i processi fisiologici del mollusco, ad esempio la filtrazione e la produzione di feci (Figura 13).

Figura 13. Rappresentazione delle componenti fisiologiche di un mollusco filtratore calcolate con il software ShellSIM - (<http://www.shellsim.com/sito>)



L'utente ha la possibilità di scegliere tra 14 specie di molluschi comunemente coltivati. L'utilizzo del software richiede una licenza e sul sito è presente una versione DEMO per la simulazione (<http://shellsim.com/Demo/Login.aspx?r=%2fDemo%2fDefault.aspx>).

FARM (Aquaculture Resource Management) è un modello elaborato da Ferreira *et al.* (2007) utile per il calcolo della capacità portante di un impianto di molluschicoltura a livello costiero e offshore. Il sistema è costituito da una combinazione di modelli fisici, biogeochimici, di screening e di crescita dei Molluschi Bivalvi e permette di determinare la produzione e i livelli di eutrofizzazione di un dato allevamento. FARM può essere utilizzato per stime relative a 5 specie di Molluschi Bivalvi: *Crassostrea gigas*, *Mytilus edulis*, *Tapes phillipinarum*, *Cerastoderma edule*, *Chlamys farreri*. La simulazione può essere fatta sia per monoculture sia per policulture, per sistemi di fondo e per sistemi sospesi. La durata massima dell'allevamento che può essere simulata è di 3 anni



(Anyadike *et al.* 2016; Ferreira *et al.* 2007). Il range dimensionale riguarda le dimensioni dell'impianto (lunghezza, larghezza e profondità). In questo modello sono incorporati due tipi di screening: produzione di acquacoltura e valutazione dell'eutrofizzazione. La produzione dell'allevamento è calcolata attraverso l'equazione di Cobb-Douglas (McCausland *et al.*, 2006) che mette in relazione la produzione fisica totale (TPP) e il peso fresco totale (TFW):

$$Y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$$

dove

Y = produzione di organismi raccolti (resa degli organismi raccolti)

x_1 = densità iniziale di stoccaggio di semina (considerato come unico input variabile)

$x_2 - x_n$ = altri input (considerati costanti)

Il modello calcola anche la produzione fisica media (APP) e il valore equivalente espresso in individui, che indica la potenziale raccolta di un allevamento.

$$APP_{x_1} = \frac{TPP}{x_1}$$

Inoltre si può determinare il valore della produzione marginale (VMP) che serve per massimizzare i profitti dell'allevamento (Jolly and Clonts 1993).

Per la valutazione dell'eutrofizzazione viene utilizzato il modello ASSETS (Valutazione dello Stato Trofico degli Estuari), adattato per stime su scala locale (Ferreira *et al.* 2007; Serra 2017). Il modello ASSETS è una metodica integrata che valuta lo stato di eutrofizzazione a livello costiero e di estuario attraverso input antropici, parametri ambientali e un indicatore della risposta direzionale (Bricker *et al.* 2003).

La generazione di variabili fisiche e biogeochimiche del dominio pelagico in presenza di un allevamento sospeso è data in FARM dalla seguente equazione:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -u \frac{\partial C}{\partial x} - w \frac{\partial C}{\partial z} + f(C, \sum_{i=1}^m n_i \gamma_i)$$

dove

C = concentrazione della risorsa (POM, TPM, fitoplancton)

t = tempo

u = è la media della velocità orizzontale che attraversa l'impianto

x = lunghezza dell'impianto

w = velocità di caduta delle particelle

z = profondità dell'impianto

m = numeri di classi di peso (taglia) nella popolazione

n_i = numero di molluschi allevati nella classe i

γ_i = funzioni di crescita per singolo mollusco nella classe di taglia i

Il terzo termine presente nell'equazione è un insieme di "sinks" e "sources" associati alla crescita dei Molluschi Bivalvi: ad esempio l'ammoniaca rilasciata può essere una fonte mentre la POM può essere sia una fonte sia uno scarico in quanto viene rimossa dai Molluschi con l'ingestione, ma poi torna nel sistema attraverso le loro feci (Ferreira *et al.* 2007). FARM calcola la velocità di caduta e di deposizione delle particelle utilizzando l'equazione di Stokes. Per gli allevamenti di fondo o vicino al fondo, però, la deposizione non viene considerata. Per i sistemi sospesi FARM calcola il flusso verticale delle particelle sospese. Il modello calcola la viscosità dinamica, la quale dipende da salinità



e temperatura dell'acqua (Ferreira *et al.* 2007). L'utente quindi deve inserire nella console (Figura 14) le seguenti informazioni:

- tipologia, dimensione e durata dell'allevamento;
- variabili ambientali;
- specie da allevare e densità di allevamento.

Figura 14. Console DEMO del modello FARM presente sul sito (<http://www.farmscale.org>).

RUN THE FARM MODEL

Farm layout		Shellfish cultivation		Environment	
Farm width	20 m	Species	Mussels	Water temperature	10 °C
Farm length	300 m	Cultivation period	180 days	Current speed	0.05 m s-1
Farm depth	10 m	Density (first box)	50 ind. m-3	Chlorophyll a	5.5 ug L-1
N° sections	3	Density (middle box)	50 ind. m-3	POM	5 mg L-1
Section volume	20000 m3	Density (last box)	50 ind. m-3	TPM	50 mg L-1
Total animals	3000000 ind	<input checked="" type="checkbox"/> Use shellfish		Dissolved oxygen	9.02 mg L-1
<input type="checkbox"/> Bottom culture		<input checked="" type="checkbox"/> Use population		ASSETS score	Good

Harvestable biomass		Harvestable animals		Environment	
First box	- tons	Adults (first box)	- ind	Chl a (first box)	- ug L-1
Middle box	- tons	Adults (middle box)	- ind	Chl a (middle box)	- ug L-1
Last box	- tons	Adults (last box)	- ind	Chl a (last box)	- ug L-1
Total harvest (TPP)	- tons	Adults (total)	- ind	Chl a (average)	- ug L-1
Biomass ratio (APP)	-	Individuals (ratio)	- %	Chl a reduction	- %
				D.O. (minimum)	- %
				D.O. (reduction)	- %
				ASSETS score	-

Varie componenti del modello FARM sono state sviluppate e testate con dei software specifici (PowerSim™, Stella™, C++ e FORTRAN) e ogni modello di crescita dei Molluschi è stato validato in condizioni di allevamento. Inoltre FARM è stato applicato in molti Paesi europei, in Cina, Cile e Stati Uniti (Ferreira *et al.* 2007, Ferreira *et al.* 2008, Ferreira *et al.* 2009, Silva *et al.* 2011, Ferreira *et al.* 2012b, Bricker *et al.* 2014, Saurel *et al.* 2014). Sul sito è presente una versione demo della console FARM (Figura 14) (<http://www.farmscale.org>).

La console reale è mostrata in alcuni lavori (Cubillo *et al.* 2015; Ferreira *et al.* 2009) in cui viene utilizzato il modello (Figura 15, Figura 16).



Figura 15. Drivers della console di FARM: l'utente deve inserire tutti i dati (Informazioni sull'area da utilizzare per l'allevamento, sulla specie da allevare, sui parametri fisico-chimici e biologici dell'ambiente in cui viene messo l'impianto). La console in figura mostra un lavoro scientifico relativo ad un allevamento di fondo di ostriche (Cubillo *et al.* 2015).

The screenshot shows the 'Drivers' tab in the FARM software. It includes several input panels and a data table.

Farm layout: Farm location: 47, 0, 7, North; Length (m): 122, Depth (m): 3.0; Width (m): 22, NP Boxes: 3; Culture structure: Bottom culture, Longlines, Other; Intertidal culture: Height above datum 0.5.

Environment: Peak current at spring tide (m s⁻¹): 0.70; Peak current at neap tide (m s⁻¹): 0.40; Spring tidal range (m): 4.0; Neap tidal range (m): 2.5; Mid tide height above datum (m): 2.5; Use wild species: Wild species density (ind. m⁻²): 100; Wild species filtration rate (L h⁻¹): 1.5.

Shellfish economics and finance: Seed cost per kg (USD): 250.00; Sale price per kg (USD): 43.50.

Shellfish cultivation: Species: AquaShell Geoduck clam; Culture period (days): 1825; Mortality percent cycle(-1): 45; First seeding day: 180; Seed weight TFW (g): 2.00; Seed length (cm): ; Harvest weight TFW (g): 562.50; Harvest length (cm): ; Bloddeposition: Suspended fraction (%): 20; Settleeable fraction (%): 80; Percentage of settleable solids: 0-100.

Drivers table:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Julian day	Temperature (°C)	Salinity (-)	Chlorophyll a (ug L ⁻¹)	POM (mg L ⁻¹)	TPM (mg L ⁻¹)	Dissolved oxygen (mg L ⁻¹)	DIN (umol L ⁻¹)	Wind speed (m s ⁻¹)	Secchi depth (m)	
2											
9	187	14.88	28.12	3.6	2.812	7.533	13.1	4	2	2	
10	220	16.23	28.38	14.5	1.723	4.281	14.1				
11	255	16.67	28.74	15.1			11.6	7			
12	285	13.6	28.91	14.3	2.659	14.739	8.4	5			
13	306	11.51	28.73	28.4			12.5	10			
14	348	7.97	28.11	1.5	1.316	4.130	7.7				

Figura 16. Risultati della console FARM relativi ad un allevamento di ostriche nel lago marino Loch Creran in Scozia (Ferreira *et al.* 2009)

The screenshot shows the 'Results' tab in the FARM software. It includes a table of results, a diagram of the farm layout, and a summary table.

Results table:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Julian day	Weight (g TFW)	Length (cm)	Harvest (Tons TFW)	Chlorophyll (ug L ⁻¹)	POM (mg L ⁻¹)	TPM (mg L ⁻¹)	Dissolved oxygen (mg L ⁻¹)	DIN (umol L ⁻¹)
2	-								
3	61	1.58	2.57	0.00	0.04	1.84	4.95	8.00	8.00
4	62	1.59	2.57	0.00	0.13	2.85	12.18	8.00	8.00
5	63	1.60	2.58	0.00	0.13	2.89	12.39	8.00	8.00
6	64	1.61	2.59	0.00	0.13	2.94	12.59	8.00	8.00
7	65	1.63	2.59	0.00	0.13	2.98	12.79	8.00	8.00
8	66	1.64	2.60	0.00	0.13	3.02	12.99	8.00	8.00
9	67	1.66	2.61	0.00	0.13	3.06	13.19	8.00	8.00
10	68	1.67	2.62	0.00	0.13	3.11	13.39	8.00	8.00
11	69	1.69	2.63	0.00	0.13	3.15	13.59	8.00	8.00
12	70	1.70	2.63	0.00	0.13	3.19	13.79	8.00	8.00

Model specs: Farm volume (m³): 824000; Individual TFW (g): 29.99; Box volume (m³): 274667; Shell length (cm): 6.83; Timestep (days): 0.0077; N^o timesteps: 94608.

Diagram: Width: 206 m; Length: 800 m; Depth: 5 m; Sections: 3.

Summary table:

	A	B	C	D	E	F	G
1	Section	Seed (ton)	TPP (ton)	APP (TVP k€)	TR (k€)	TC (k€)	Profit (k€)
2	-						
3	1	4.1	47.5	11.52	237.3	4.1	233.2
4	2	4.1	44.7	10.85	223.6	4.1	219.4
5	3	4.1	42.2	10.25	211.1	4.1	206.9
6	Total	12.4	134.4	10.87	671.9	12.4	659.5
7							
8		Inflow	Outflow				
9	Chlorophyll a (ug L ⁻¹)	2.1	2.0				
10	Diss. oxygen (mg L ⁻¹)	8.0	8.0				
11	ASSETS grade	5	5				



Nel lavoro di Ferreira *et al.* (2007) vengono analizzati diversi parametri per varie specie di Molluschi Bivalvi allevati in sistemi differenti:

- Per un allevamento di fondo di ostriche è stata osservata la produzione totale di organismi in presenza di tre differenti velocità di corrente d'acqua (bassa, media e alta) nei pressi dell'impianto. Gli altri parametri sono stati considerati costanti e dai risultati finali si è visto che solo con corrente bassa ci sono state differenze evidenti nella quantità di ostriche raccolte.
- Per un allevamento di mitili è stata analizzata la produttività totale in relazione a differenti distribuzioni della semina nelle varie sezioni dell'impianto.
- Per un altro allevamento di ostriche di 180 giorni è stata valutata la rimozione dei nutrienti e si è visto che il 40% dell'azoto ingerito è stato restituito al sistema a causa dell'escrezione e dell'eliminazione da parte dei molluschi.

Nel lavoro di Ferreira *et al.* (2007), la sperimentazione di condizioni differenti ha lo scopo di rendere valido l'uso di FARM per sistemi di molluschicoltura basati su differenti tecniche e per comprendere come alcuni parametri (velocità della corrente, ciclo dei nutrienti, ecc.) contribuiscono al rendimento finale dell'impianto e quali siano gli effetti dei Molluschi allevati sull'ambiente.

Nello studio di Cubillo *et al.* (2015) è applicato il modello FARM in un allevamento di vongole dalla proboscide del Pacifico (*Panopea generosa*) nello Stretto di Puget per stimare la produzione dell'allevamento, gli effetti ecologici ed economici. In questo lavoro il modello FARM viene considerato come uno strumento facilmente applicabile, che non richiede una quantità ingente di dati, adatto per valutare il ruolo dei Molluschi allevati nell'ambiente e per stimare gli effetti sociali ed economici dell'allevamento (Cubillo *et al.* 2015).

Un impianto di molluschi può portare alla degradazione del comparto bentonico sottostante l'allevamento a causa dell'ingente tasso di sedimentazione di pseudofeci e materiale di scarto proveniente dai Molluschi e/o ad un aumento dell'eutrofizzazione a causa del rilascio di carbonio, azoto e fosforo (Smaal *et al.* 2019). Cubillo, però, evidenzia l'effetto positivo che un impianto sospeso di Molluschi Bivalvi può avere sull'ecosistema: questi organismi in parte riducono l'eutrofizzazione delle acque (limitano gli alti livelli di clorofilla a) e favoriscono la crescita della vegetazione bentonica in quanto con la filtrazione riducono la POM e rendono l'acqua meno torbida, permettendo la penetrazione della luce fino al fondale (Cubillo *et al.* 2015; Ferreira *et al.* 2007).

In Ferreira *et al.* (2009) il modello FARM è stato testato in 5 impianti di molluschicoltura dell'Unione Europea e la validità del sistema è stata analizzata attraverso la comparazione dei risultati ottenuti con FARM con risultati acquisiti utilizzando altri due modelli (ShellSIM e il modello Brigolin *et al.* (2009). Gli impianti erano di tipologie differenti (long line o a pali fissi per i mitili e coltivazioni sul fondo per le ostriche) ed erano presenti in località differenti, dove le condizioni ambientali erano diverse. I driver per il modello sono stati ottenuti da una combinazione di misure effettuate sul campo e risultati ottenuti con il modello stesso, applicato ai sistemi di molluschicoltura. I risultati ottenuti potrebbero essere usati per simulare una potenziale produzione annua basandosi sulla quantità della semina e/o sulla distribuzione spaziale degli organismi. Nello studio di Ferreira *et al.* (2009), inoltre, vengono indicati anche i valori di azoto rimossi dalla quantità totale di molluschi allevati in un anno. Tutti e cinque gli allevamenti presentano una buona qualità dell'acqua se si basano su tecniche di allevamento standard. Tuttavia l'utilizzo dei risultati come termine di paragone per la stima di un nuovo impianto rappresenta solo un surplus da utilizzare insieme ad un modello specifico come appunto FARM. Poniamo caso che si voglia stimare la produttività e gli impatti ecologici di un nuovo allevamento di Molluschi Bivalvi utilizzando i dati (ottenuti con il modello FARM) relativi alla *carrying capacity* di un impianto long lines di mitili in una data area. Per prima cosa la comparazione è possibile solo se il nuovo impianto presenta lo stesso sistema



di allevamento (long lines) e la stessa tipologia di Molluschi (mitili) e in secondo luogo l'area dove viene introdotto l'impianto deve presentare caratteristiche batimetriche, idrodinamiche, chimiche e biologiche simili, le quali portano a modifiche di altri fattori come quantità di azoto inorganico disciolto, livelli di clorofilla a, pseudofeci, ecc. Il modello FARM simula l'andamento di un allevamento di Molluschi su scala locale e non tiene conto della possibile presenza di altri allevamenti nelle immediate vicinanze che potrebbe, ad esempio, portare ad una diminuzione del cibo disponibile.

Alla luce dei vari studi effettuati, FARM sembra rappresentare un modello semplificato adatto ad un utente comune, come l'allevatore, che permette di stimare la capacità portante di un allevamento di Molluschi Bivalvi tenendo conto della resa produttiva e dell'impatto a livello ecologico e sociale che può essere causato dall'allevamento (Ferreira et al 2007; Smaal et al. 2019). Inoltre un sistema di valutazione combinata in cui sono presenti un modello dinamico come FARM e un sistema GIS, che fornisce informazioni geografiche sul posizionamento degli impianti e sui parametri ambientali ad esso connessi, potrebbe essere sfruttato dagli allevatori per stimare la capacità portante di un impianto attraverso un approccio ecologico (Silvia et al. 2011).

Effettuando un confronto tra i tre modelli illustrati per il calcolo della *carrying capacity* si può affermare che WinShell può essere utilizzato per uno studio più mirato, riguardante l'andamento di crescita dei singoli Molluschi mentre per valutazioni relative ad un intero allevamento possono essere applicati ShellGIS o FARM. ShellGIS, però, è rivolto solo agli allevatori in quanto ha solo due scopi: la scelta del sito per l'allevamento e l'ottimizzazione delle tecniche di allevamento. FARM è rivolto sia agli allevatori sia ai gestori dell'allevamento in quanto, oltre la selezione del sito e il miglioramento delle pratiche di allevamento, valuta anche gli effetti sull'ambiente e gli aspetti economici (Smaal et al. 2019). Inoltre la console relativa ai risultati di FARM è semplificata e più facile da interpretare rispetto a quella di ShellSIM in cui sono presenti grafici e un numero elevato di dati. Infine i lavori scientifici in cui viene applicato il modello FARM sono più recenti rispetto a quelli relative alla sperimentazione del modello ShellSIM (Tabella 5).



Tabella 5. Tabella con confronto dei tre modelli. Le informazioni relative al confronto tra il modello FARM e il modello ShellGIS sono state prese dal lavoro di Smaal *et al.* (2019). Le referenze del modello ShellGIS sono state prese dal sito <http://www.shellgis.com/References.aspx>.

	FARM	ShellGIS	WinShell
Oggetti di analisi	Selezione dell'area, ottimizzazione della tecnica di allevamento, valutazione impatto ecologico	Selezione dell'area, ottimizzazione della tecnica di allevamento	Ottimizzazione della tecnica di allevamento
Target di utenti	Pescatori e autorità di controllo	Pescatori	Pescatori e autorità di controllo
Metodi analitici	Semplice modello di bilancio della massa Modelli inclusi: - Modello di crescita dei molluschi bivalvi (crescita di popolazione) - Modello economico Forze del sistema costanti Non tiene conto del rimescolamento dovuto alle turbolenze ASSETS score	Modello interattivo basato su GIS Modelli inclusi: - Modello di crescita dei molluschi bivalvi (crescita di popolazione) -Modello economico Le forze del sistema variano nello spazio e nel tempo Include il rimescolamento dovuto alle turbolenze nel comparto bentonico	Modello di crescita dei molluschi Modelli inclusi: - Modello di crescita dei molluschi bivalvi (crescita individuale)
Metodi analitici e risultati	Modello di crescita bioenergetica Modello economico Valutazione dell'eutrofizzazione	Modello di crescita bioenergetica Strati GIS di driver di crescita bivalvi Modello strutturale dell'acquacoltura Modello economico	Modello di crescita
Range dimensionale da analizzare	Intero impianto	Singole griglie di 50 m	Singolo organismo
Referenze	Ferreira <i>et al.</i> 2007; Ferreira <i>et al.</i> 2008; Ferreira <i>et al.</i> 2009; Silva <i>et al.</i> 2011; Ferreira <i>et al.</i> 2012b; Bricker <i>et al.</i> 2014; Saurel <i>et al.</i> 2014; Smaal <i>et al.</i> 2019; Saurel <i>et al.</i> 2014.	Smaal <i>et al.</i> 2019, Ferreira <i>et al.</i> 2009; Hawkins 2012; Hawkins <i>et al.</i> 2012; Hawkins <i>et al.</i> 2013a; Hawkins <i>et al.</i> 2013b; Newell <i>et al.</i> 2012a; Newell <i>et al.</i> 2012b; Newell <i>et al.</i> 2013.	Ross <i>et al.</i> 2013 Saurel <i>et al.</i> 2014.

2) Impatto sul fondale di un impianto per l'allevamento dei mitili

Lo studio dell'impatto sul fondale di un impianto per l'allevamento di mitili è stato effettuato presso l'allevamento di mitili realizzato con sistema "long-line" flottante MITILMARE s.r.l., inattivo da settembre 2019, valutando le caratteristiche morfologiche del fondale dentro e fuori l'impianto mediante sonar Multibeam e prelevando e analizzando campioni di sedimenti marini superficiali.

Il campionamento è stato effettuato con il supporto della motonave Ermione, mediante benna Van Veen avente una capacità di 17 litri e una superficie di campionamento di 0,1 m².

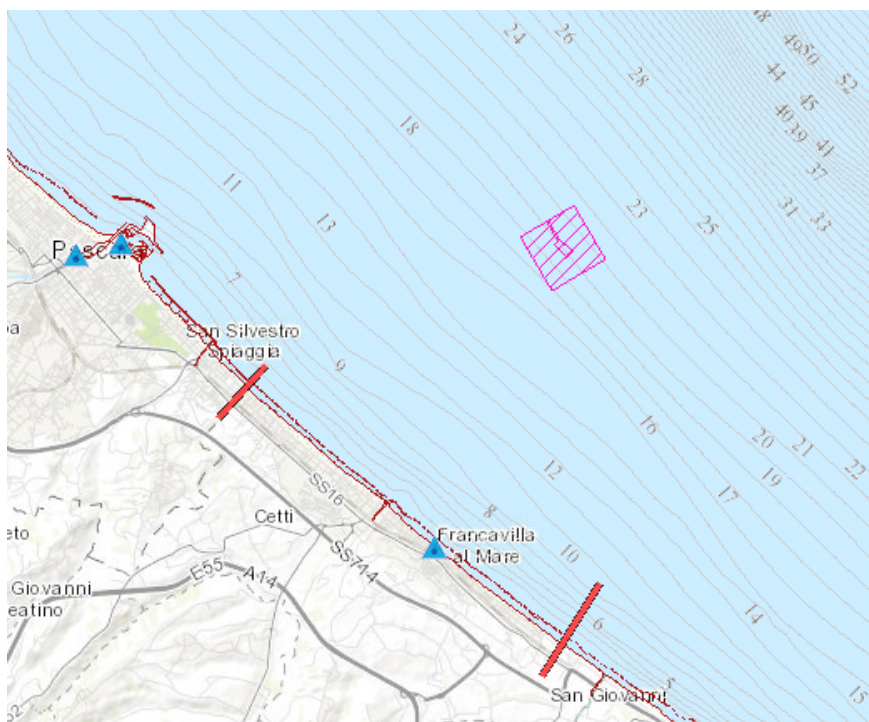
Sui campioni di sedimento prelevati sono stati effettuati saggi ecotossicologici, analisi chimiche e granulometriche e la ricerca di frammenti di plastiche.



L'impianto si trova nel tratto di mare antistante il litorale del Comune di Francavilla al Mare (CH) a 3 miglia dalla costa, ha una dimensione di circa 2126 x 2126 m (Dati Regione Abruzzo - Servizio Politiche Turistiche, Demanio Marittimo e Sostegno Imprese - Novembre 2017).

L'area dell'impianto originariamente era più ampia (il doppio di quella attuale) e aveva un potenziale produttivo di circa 500 t/anno di mitili mentre l'ultima produzione è stata di circa 500 q/anno. Prima dell'istallazione dell'allevamento di molluschi, nella stessa area era stata posizionata una gabbia a mare per l'allevamento di pesci, successivamente rimossa a causa della corrente non adatta a quel tipo di acquacoltura. Le principali fonti antropiche che si trovano nelle vicinanze dell'area di studio sono rappresentate da due porti, quello commerciale, alla foce del fiume, e quello turistico (Marina), la foce del fiume Pescara e uno scarico di acque reflue urbane. Più a sud, come evidenziato in figura, è inoltre presente un secondo scarico a mare posto a ca. 6 Km dall'impianto (Figura 17).

Figura 17. Fonti antropiche nelle vicinanze dell'area di campionamento (http://mapserver.izs.it/gis_ecosea/).



I campioni di sedimento superficiale sono stati prelevati ad una profondità di circa 20 m in 10 punti, indicati rispettivamente con i codici BN1, BN2, BN3, BN4, BN5, BN6, BN7, BN8, BN9 e BN10, dei quali i primi cinque sono posizionati nell'area interna all'impianto e gli altri cinque al di fuori, lungo una linea ideale verso sud-est, direzione predominante della corrente, ad una distanza crescente dall'impianto di 250 m l'uno dall'altro. (Figure 18 e 19 e Tabelle 6 e 7).



Figura 18. Ubicazione dell'impianto MITILMARE (delimitato dal quadrato tratteggiato) attraverso EcoSea Gis – Abruzzo (http://mapserver.izs.it/gis_ecosea/) e dettaglio delle coordinate attraverso Google Earth Pro.



Tabella 6. Coordinate dei quattro angoli di delimitazione dell'impianto Mitilmare.

Punti impianto	Coordinate in gradi, minuti primi e minuti secondi
ANGOLO A	Lat:42°28'3.24" N Long:14°18'42.42" E
ANGOLO B	Lat:42°28'9.90" N Long:14°18'56.52" E
ANGOLO C	Lat:42°27'45.72" N Long:14°19'16.50" E
ANGOLO D	Lat:42°27'39.96" N Long:14°19'6.30" E



Tabella 7. Coordinate geografiche e posizioni dei punti di campionamento rispetto all'impianto.

Punto di campionamento	di	Distanza dall'impianto in m	Coordinate in gradi, minuti, secondi
BN1		Sotto l'impianto	Longitudine: 14°18'55.70"E Latitudine: 42°28'9.37"N
BN2		Sotto l'impianto	Longitudine: 14°18'47.00"E Latitudine: 42°28'0.30"N
BN3		Sotto l'impianto	Longitudine: 14°18'57.41"E Latitudine: 42°27'56.46"N
BN4		Sotto l'impianto	Longitudine: 14°19'11.25"E Latitudine: 42°27'47.70"N
BN5		Sotto l'impianto	Longitudine: 14°19'6.46"E Latitudine: 42°27'47.07"N
BN6		250 m	Longitudine: 14°19'23.10"E Latitudine: 42°27'39.48"N
BN7		450 m	Longitudine: 14°19'30.24"E Latitudine: 42°27'34.56"N
BN8		700 m	Longitudine: 14°19'37.62"E Latitudine: 42°27'29.16"N
BN9		950 m	Longitudine: 14°19'45.24"E Latitudine: 42°27'24.12"N
BN10		1100 m	Longitudine: 14°19'53.10"E Latitudine: 42°27'18.54"N

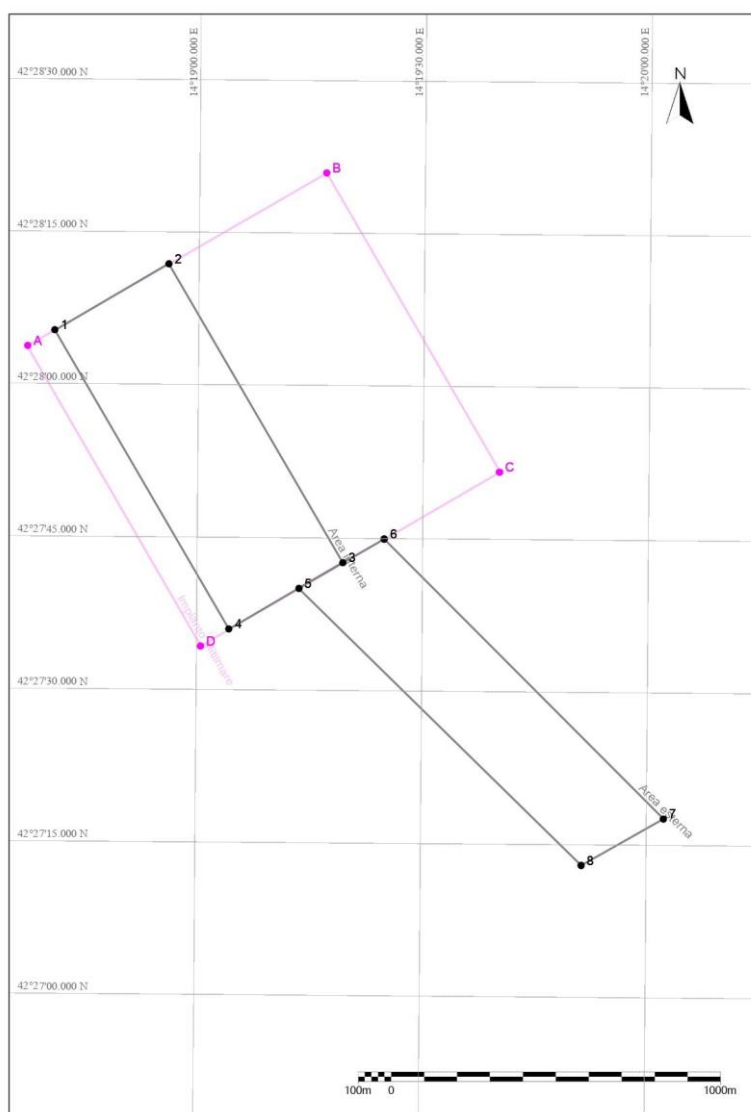
Figura 19. I punti di campionamento e l'impianto MITILMARE attraverso Google Earth Pro. In giallo sono mostrati i punti di campionamento e in verde i quattro angoli che delimitano l'impianto.



2.1 Caratteristiche morfologiche del fondale dentro e fuori l'impianto mediante sonar Multibeam - Rilievo morfobatimetrico

Il rilievo morfobatimetrico dei fondali, dentro e fuori l'impianto Mitilmare è stato effettuato su un'area all'interno dell'impianto e su un'area esterna, in corrispondenza dei punti di campionamento individuati per i prelievi di sedimenti (Figura 20).

Figura 20. In rosa: area di concessione dell'impianto; in grigio: area di rilievo.



Il sonar è stato calibrato seguendo la procedura di patch test.

Il rilievo morfobatimetrico è stato eseguito lungo linee di navigazione con direzione circa N150°E, quanto più parallele all'andamento delle linee batimetriche.

Le linee percorse risultano distanziate di circa 50 metri l'una dall'altra, in modo da garantire sempre una sovrapposizione del 30% tra le strisciate adiacenti del sonar.



La colonna d'acqua è stata caratterizzata con due profili di velocità del suono in acqua, acquisiti con sonda Valeport mini SVP, per la correzione della rifrazione del fascio acustico lungo la colonna (Tabella 8 e Figura 21 e 22). I profili sono stati effettuati rispettivamente all'inizio e alla fine dei lavori e sono stati applicati alle linee di acquisizione seguendo il criterio della massima vicinanza temporale.

Tabella 8. Dettagli dei profili di velocità del suono in acqua.

PROFILI DI VELOCITA' DEL SUONO IN ACQUA					
ID punto	Latitudine	Longitudine	Data	Ora UTC	Ora CEST
SVP1	42° 28' 03.7" N	014° 18' 37.2" E	21/09/2020	07:50	09:50
SVP2	42° 28' 20.9" N	014° 19' 16.9" E	21/09/2020	11:00	13:00

Figura 21. Profili di velocità del suono in acqua.

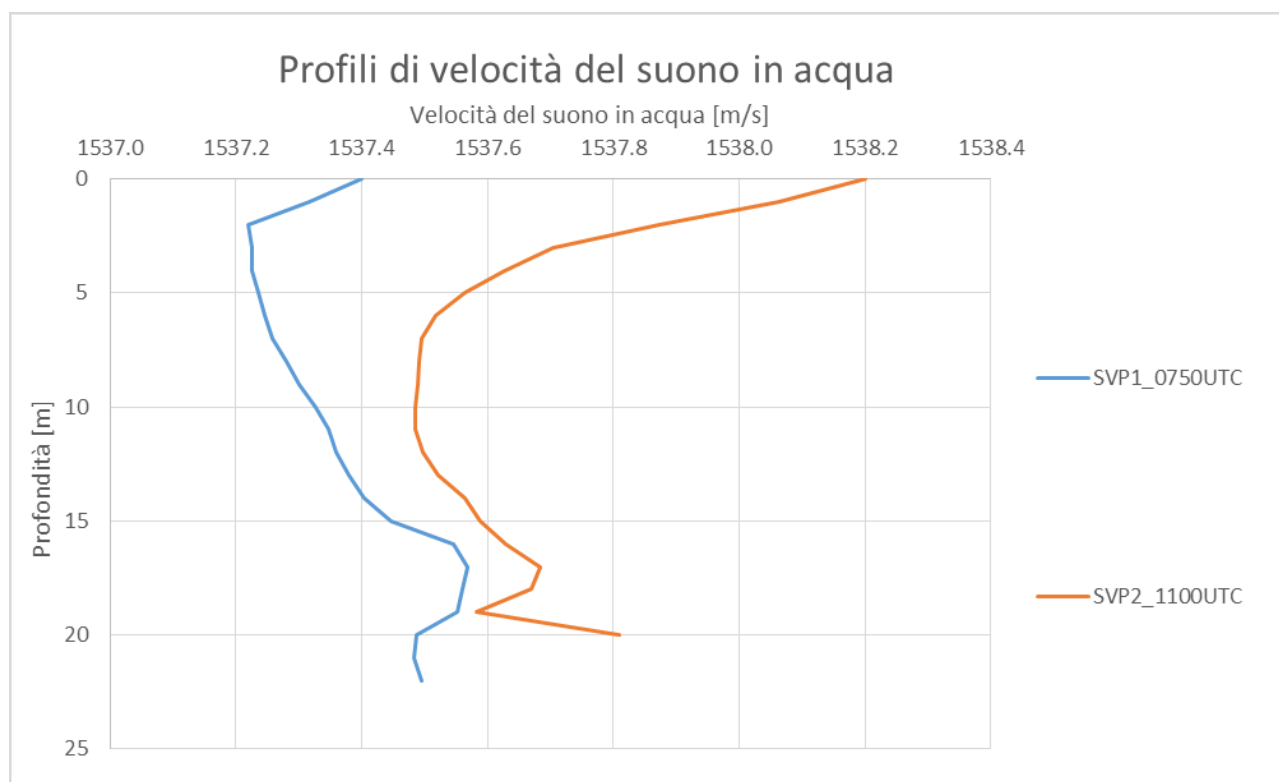


Figura 22. Linee di navigazione e geolocalizzazione dei profili di velocità del suono in acqua.



Tutti i dati acquisiti sono stati georeferenziati attraverso il sistema di posizionamento satellitare GPS/GLONASS LEICA VIVA GS25; la precisione RTK è stata ottenuta attraverso il collegamento con il servizio gratuito di correzione in continuo della rete delle stazioni permanenti della Regione Abruzzo.



Il fascio acustico è stato aperto tra i 120° e i 130° e la velocità di navigazione durante l'acquisizione dei dati è stata mantenuta al di sotto dei 4 nodi.

La Tabella 9 riporta le regolazioni del Multibeam utilizzate; i parametri sono stati mantenuti invariati durante l'intero rilievo con il fine di ottenere un dato di backscatter che non fosse affetto da variazioni legate alle impostazioni di acquisizione.

Tabella 9. Regolazioni di acquisizione del multibeam.

Power dB	Pulse width μsec	Gain dB	Frequency kHz	Absorption dB
212	75	2	400	110

In tempo reale è stato prodotto un sounding grid con risoluzione di 0,5 m contenente i dati batimetrici e di backscatter.

Inoltre, in fase di acquisizione, è stato monitorato costantemente il sonogramma proveniente dal segnale side scan sonar del Multibeam per l'identificazione in tempo reale di eventuali anomalie del fondale.

Per la rilevazione è stata utilizzata la seguente attrezzatura:

- Motonave Ermione PC 1268, di proprietà dell'ARTA Abruzzo, avente lunghezza di 14,81 m e larghezza di 4,14 m, con scafo in vetroresina e 2 motori diesel Volvo Penta da 285 cv ciascuno (Figura 23);
- Sistema batimetrico integrato multibeam / side scan sonar R2SONIC 2022 a 256 beams, composto da proiettore e ricevitore per la misurazione della profondità del fondale con accuratezza centimetrica e frequenza pari a 400 kHz, installato su apposito supporto metallico posto lungo la fiancata dx del mezzo nautico;
- Ricevitore GPS/GLONASS LEICA VIVA GS25 per il posizionamento satellitare in continuo durante la navigazione con precisione centimetrica, con antenna installata sulla sommità del supporto metallico del multibeam / side scan sonar;
- Sensore di orientamento HEMISPHERE VECTOR V103 comprensivo di antenna e ricevitore integrati, installato sull'archetto del flying bridge;
- Sensore di moto SMC IMU-108 per compensazione di onda, rollio e beccheggio, posizionato all'interno dell'imbarcazione in prossimità del suo baricentro;
- Sonda VALEPORT MINI SVS per la misurazione in continuo della velocità del suono in acqua, installata sul supporto metallico del multibeam / side scan sonar;
- Profilatore di velocità del suono in acqua VALEPORT MINI SVP;
- Software di navigazione, acquisizione ed elaborazione dati QINSY 8.12;
- Software di elaborazione dati QIMERA 1.3.1;
- Software di elaborazione dati FMGT 7.5.3;
- PC portatile HP PROBOOK 6570b per registrazione dati durante la navigazione;
- PC fisso HP Z230 per elaborazione dati in ufficio.



Figura 23. La M/n Ermione dell'ARTA Abruzzo dove è visibile il supporto in metallo immerso in acqua, utilizzato per l'alloggiamento del sistema integrato multibeam/side scan sonar R2SONIC 2022 e della sonda misuratrice della velocità del suono in continuo.



Tutti i dispositivi del sistema di rilievo, ossia il trasduttore del multibeam/side scan sonar, l'antenna del ricevitore GPS/GLONASS, l'antenna/ricevitore del sensore di orientamento e il sensore di moto, sono stati preventivamente interfacciati tra di loro e con il software di navigazione QINSy.

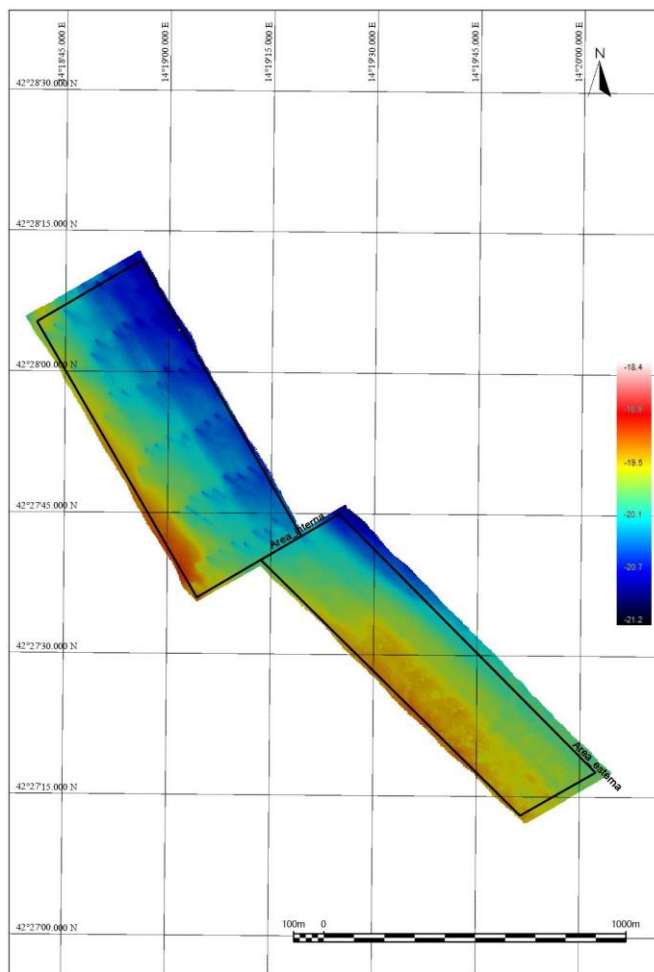
Inoltre (come già precisato in precedenza) in mare sono state effettuate la calibrazione del trasduttore multibeam/side scan sonar, per la correzione dei movimenti di roll, pitch ed heading dell'imbarcazione, e la misurazione del profilo di velocità del suono lungo la colonna d'acqua con la sonda VALEPORT MINI SVP.

I dati acquisiti durante il rilievo in mare sono stati elaborati ed analizzati in ufficio attraverso le procedure di processing dei software QINSy, QIMERA e FMGT.

Tutti gli eventuali punti anomali sono stati identificati e visualizzati anche tridimensionalmente per accertarne l'identità; il rilievo è stato quindi analizzato in ogni sua parte e sono stati rimossi gli spike generati da errori che intervengono durante l'acquisizione, secondo le consuete procedure di processing dei dati batimetrici.

Quindi è stato elaborato il modello DTM (Digital Terrain Model) con una risoluzione di 0,5 m e le profondità espresse secondo la scala dei colori opportunamente settata, come rappresentato in Figura 24.

Figura 24. DTM dell'area di rilievo con risoluzione di 0,5 m.



Nell'area interna all'allevamento sono visibili i corpi morti posizionati con sistematicità sul fondale per la messa in opera dell'impianto (Figure 25 e 26); dall'andamento del rilievo intorno a tali



oggetti si deduce che le correnti principali sul fondo hanno prevalentemente la direzione di circa N120°E (correnti di Sud - Est).

Figura 25. Dettaglio dei corpi morti all'interno dell'impianto di mitili.

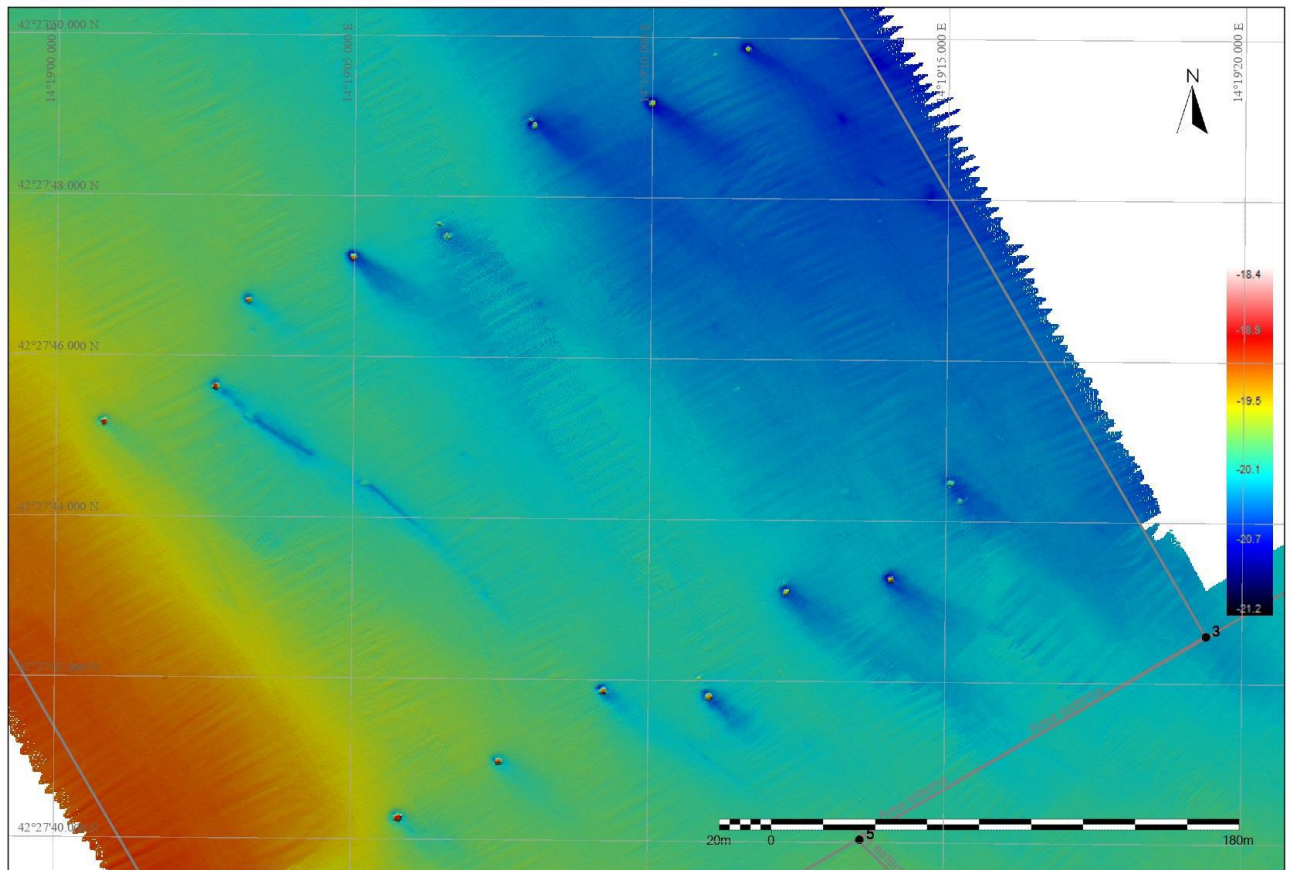
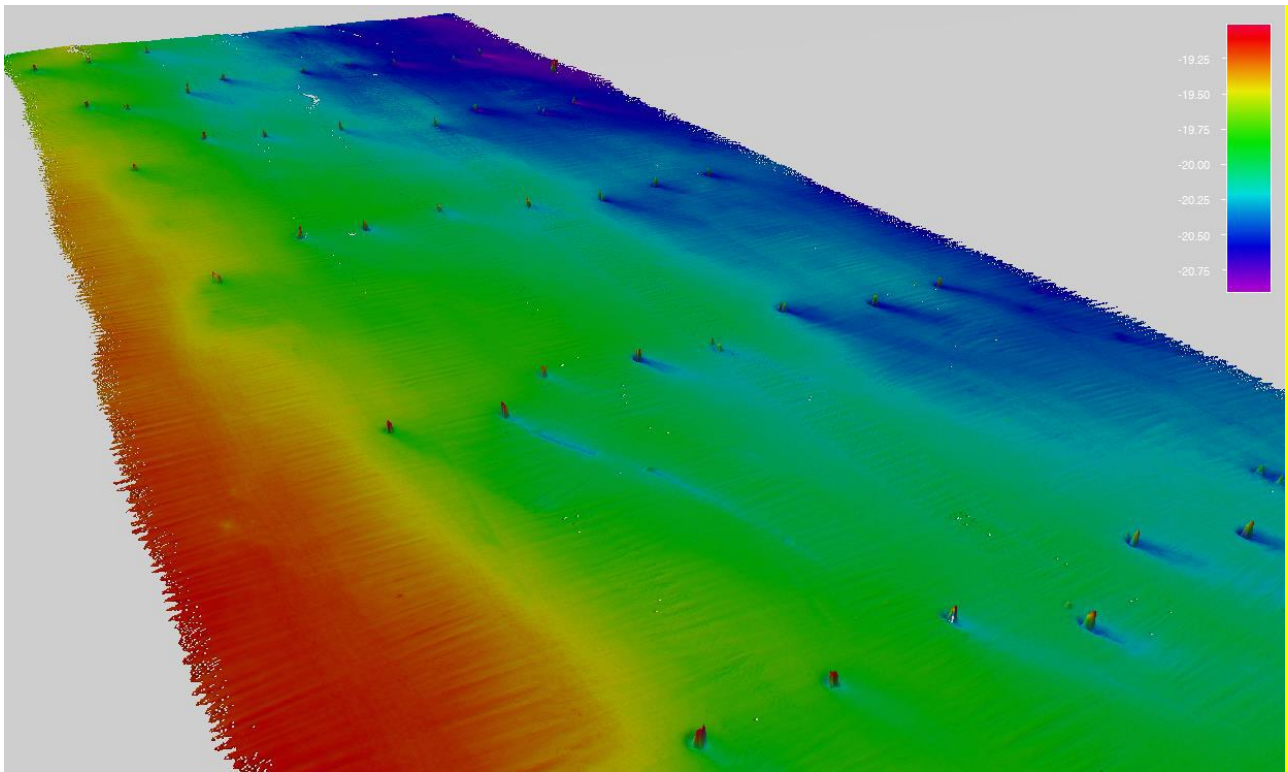


Figura 26. Vista 3D dell'area interna all'impianto.



Infine sono state estratte le curve batimetriche; la distanza tra le isobate rappresentate in Figura 27 è pari a 0,1 m. Il range di profondità dell'intera area è tra i 18.4 m e i 21.2 m.

Ad eccezione dei piccoli avvallamenti generati dalle correnti marine a ridosso dei corpi morti, le curve batimetriche all'interno dell'impianto risultano piuttosto omogenee; per quanto riguarda invece l'area esterna, la sua porzione più sottocosta (dettagliata in Figura 28) mostra un andamento delle isobate più frastagliato probabilmente dovuto ad un maggior grado di compattazione del fondale che genera dei piccoli gradini nei sedimenti, di altezza di ordine decimetrico.



Figura 27. DTM e curve batimetriche dell'area di rilievo; isobate distanziate di 0.1 m.

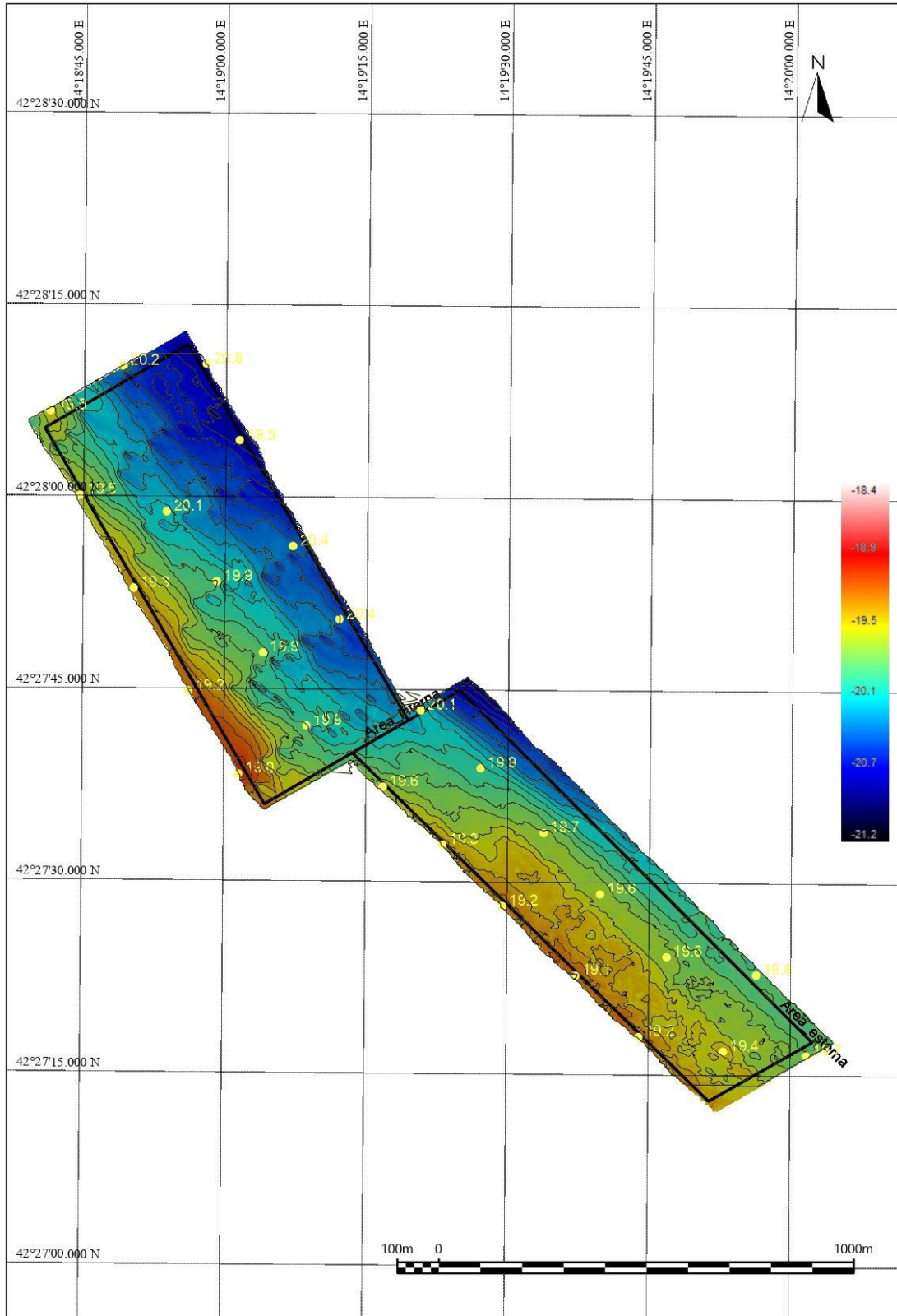
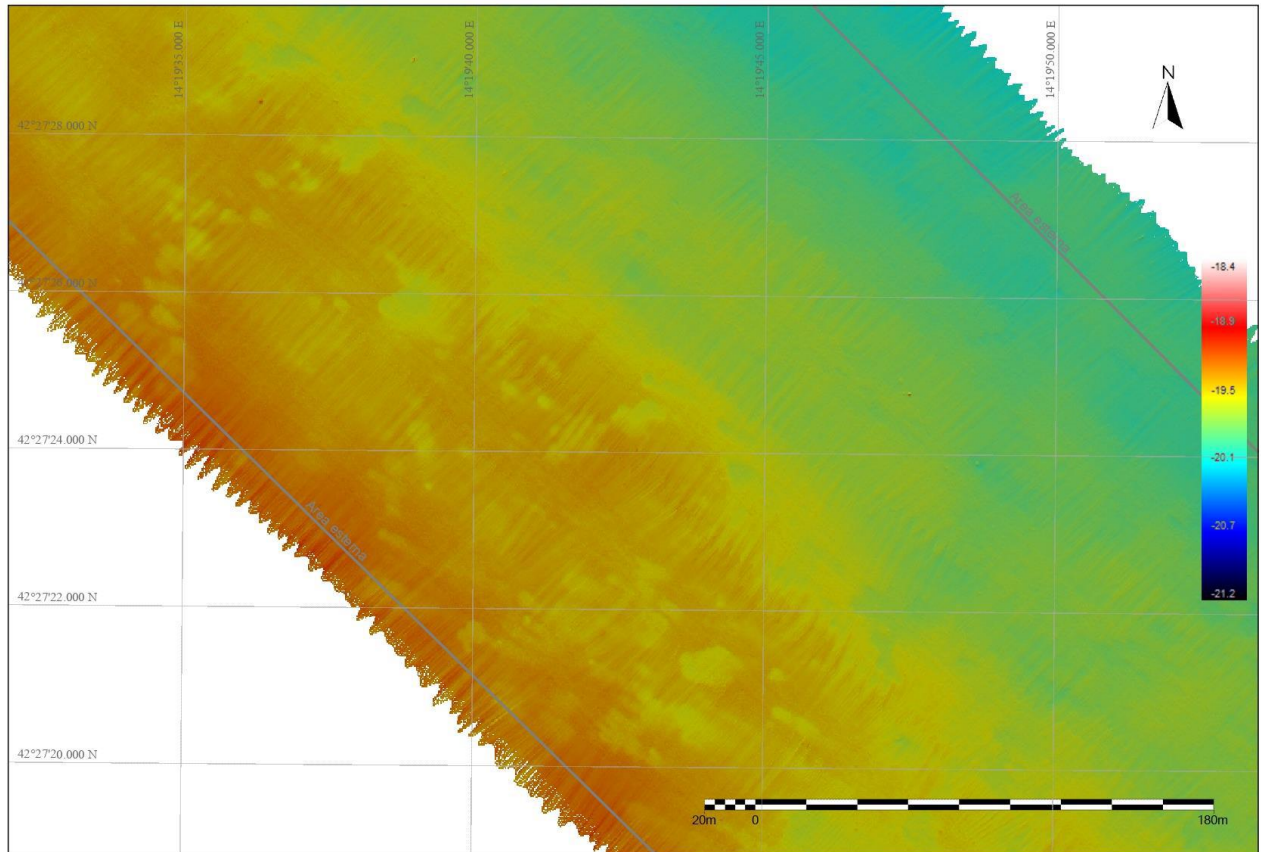


Figura 28. Dettaglio dell'area esterna all'impianto di mitili.



Il dato di backscatter è stato corretto, filtrato ed analizzato con il software FMGT; il mosaico finale, con risoluzione di 0,5 m, è rappresentato in Figura 25.

Nella Figura 26 sono stati sovrapposti i punti nei quali sono stati effettuati i campionamenti di sedimenti con benna.

L'area interna all'impianto ha una tessitura molto eterogenea (Figura 27) e l'intensità del backscatter aumenta (colorazione più chiara) nella porzione più meridionale dell'area (Figura 28). Anche la porzione settentrionale dell'area esterna all'impianto presenta elevati valori di backscatter e tessitura eterogenea (Figura 29) mentre spostandosi verso Sud i valori di backscatter diminuiscono e il mosaico risulta molto più omogeneo (Figure 30, 31, 32, 22, 34)).



Figura 29. Backscatter dell'area di rilievo.

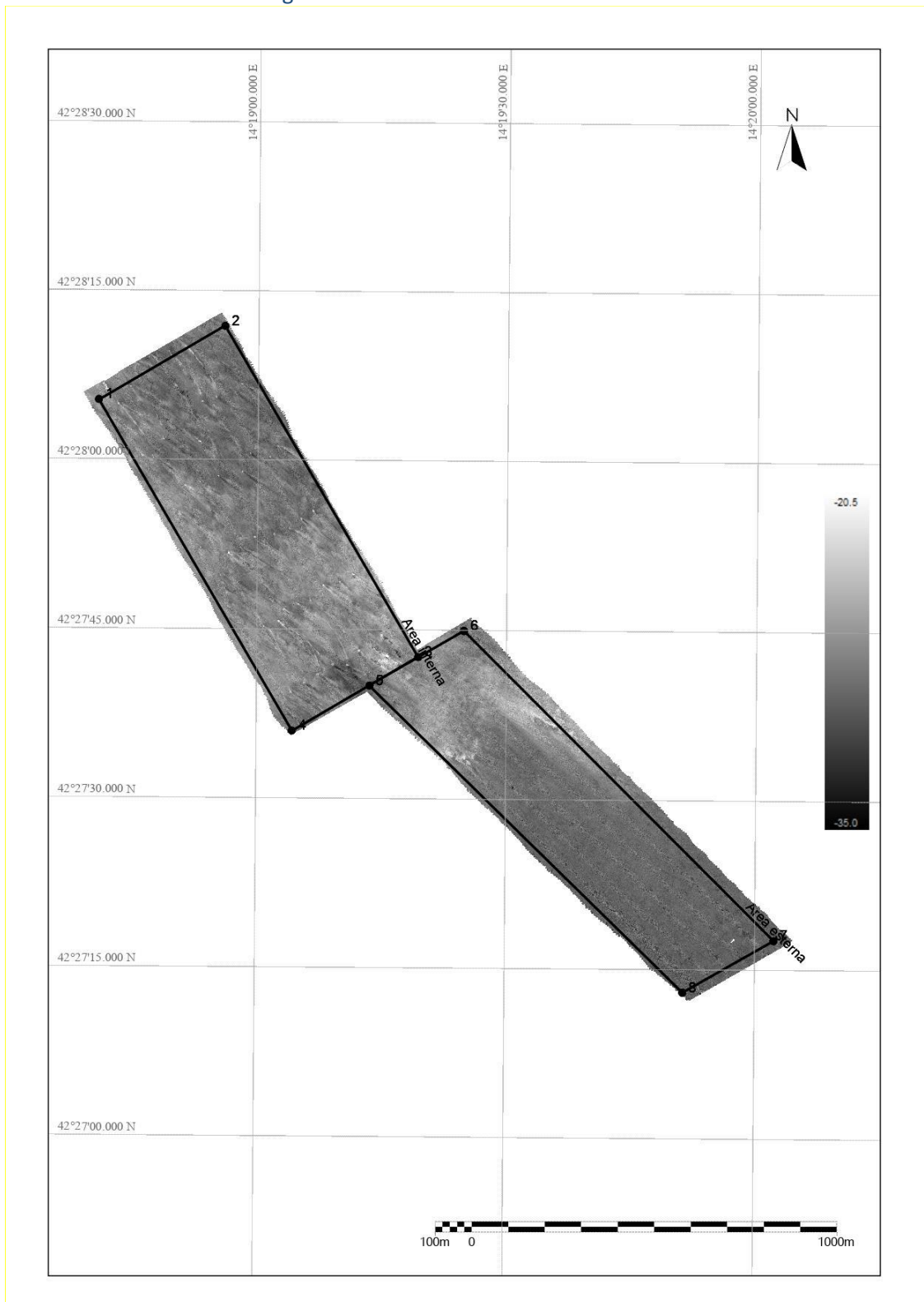


Figura 30. Sovrapposizione dei punti di campionamento con benna.

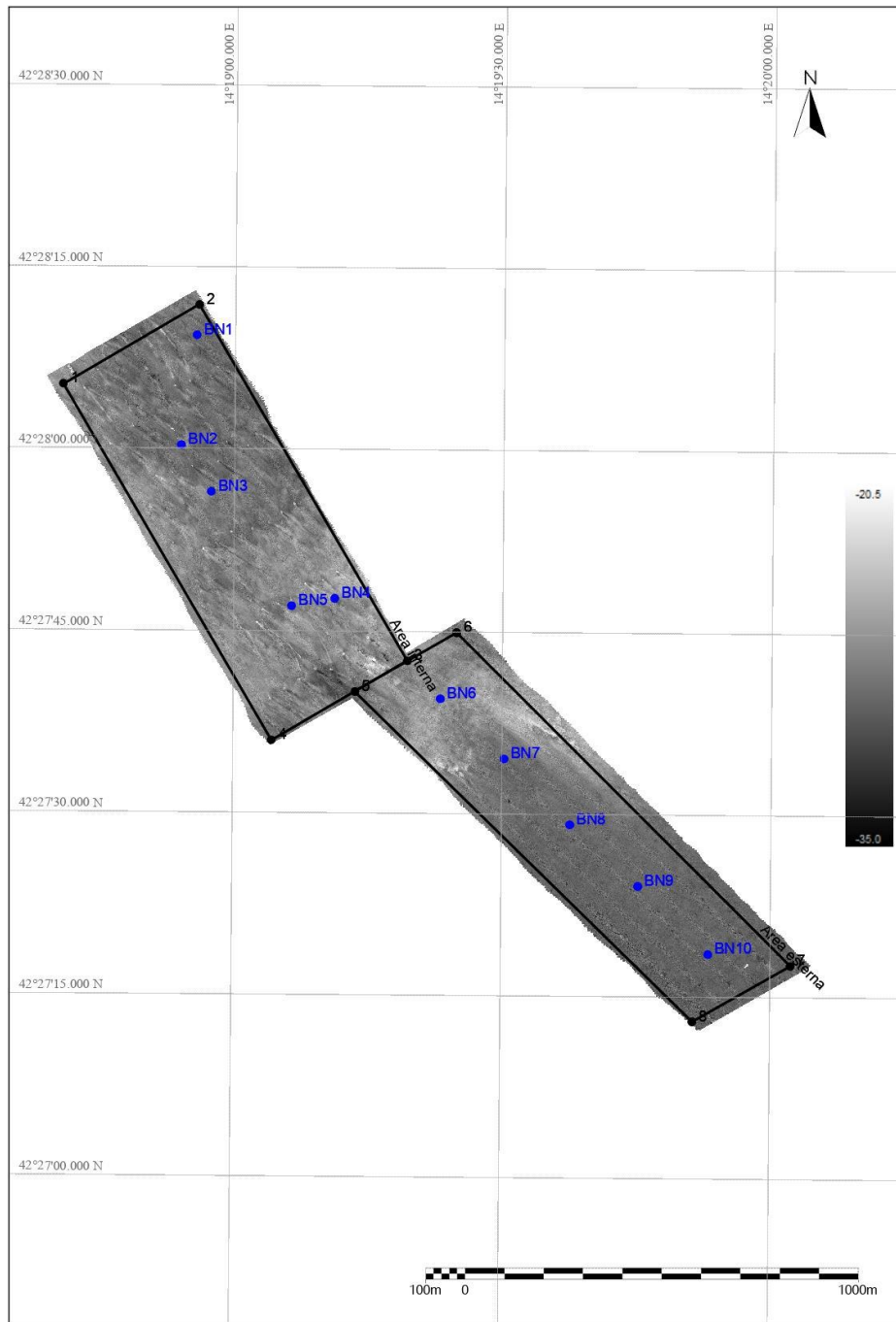


Figura 31. Porzione settentrionale dell'area interna all'impianto

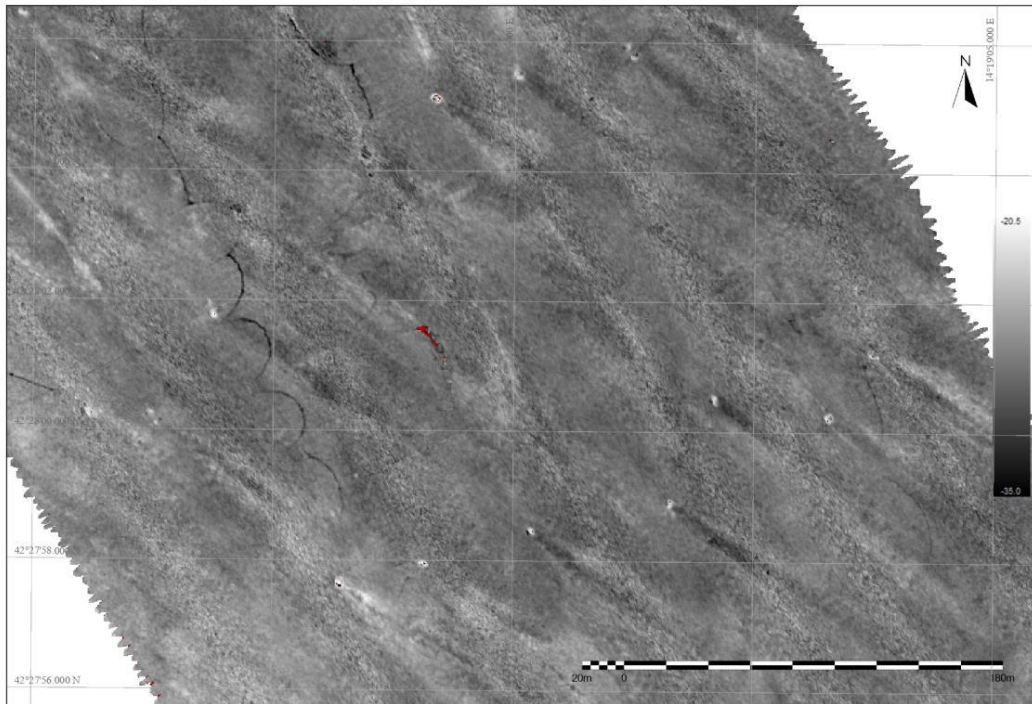


Figura 32. Porzione meridionale dell'area interna all'impianto.

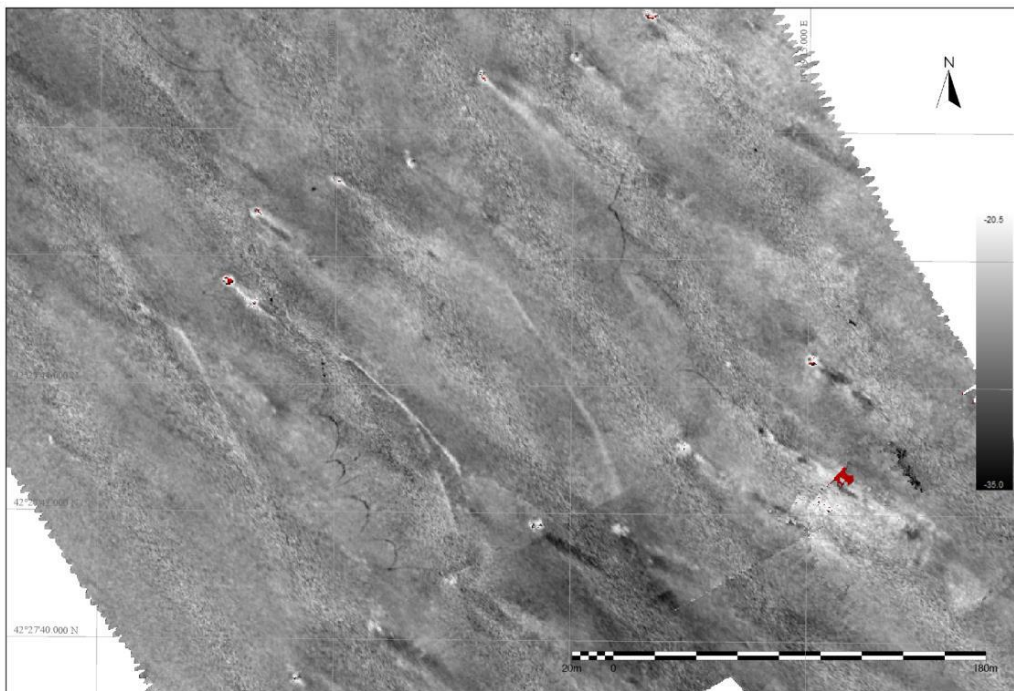


Figura 33. Porzione settentrionale dell'area esterna all'impianto.

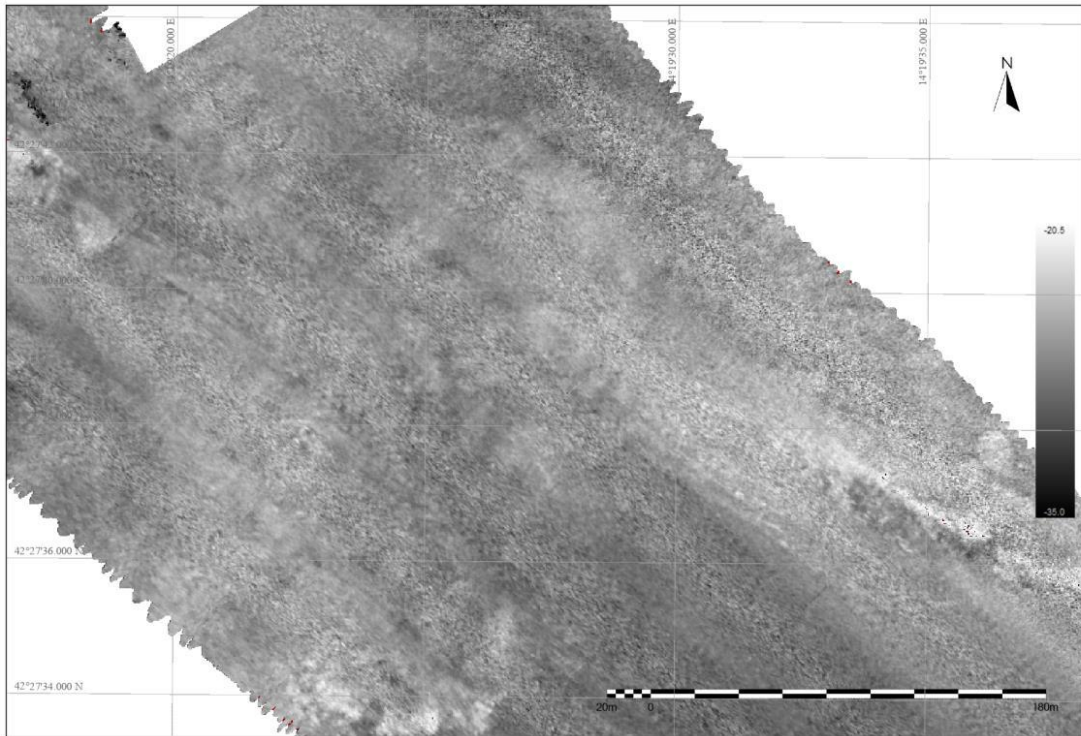
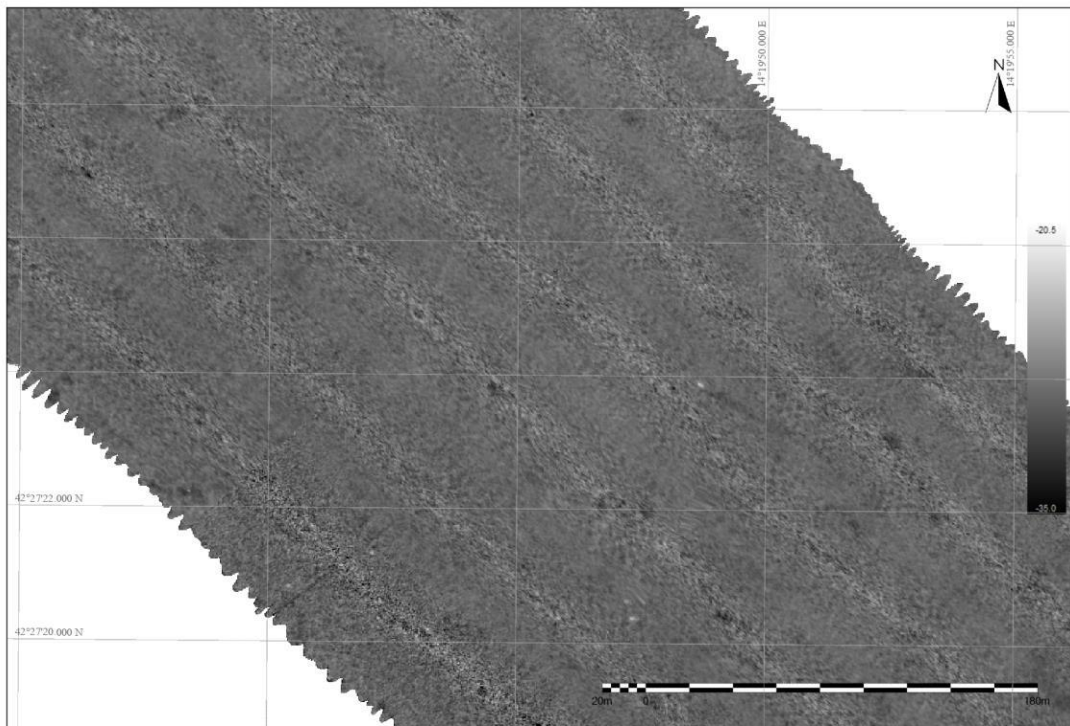


Figura 34. Porzione meridionale dell'area esterna all'impianto.



I dati di backscatter sono stati analizzati anche secondo ARA (Angle Range Analysis), un metodo di caratterizzazione del fondo marino che confronta l'effettiva risposta di backscatter con le curve di risposta acustica attese, basate su un modello matematico (modello Jackson). Quest'ultimo genera le curve di risposta in funzione della relazione esistente tra il "grazing angle" (angolo tra il raggio acustico incidente e la superficie del fondale) e l'intensità del backscatter di ritorno al ricevitore dello strumento. Il metodo tiene inoltre conto delle frequenze acustiche utilizzate e di molte proprietà fisiche dei diversi sedimenti.

La caratterizzazione del fondale utilizzata nel software FMGT è riportata in Figura 35.

Figura 35. Caratterizzazione di ARA nel software FMGT.

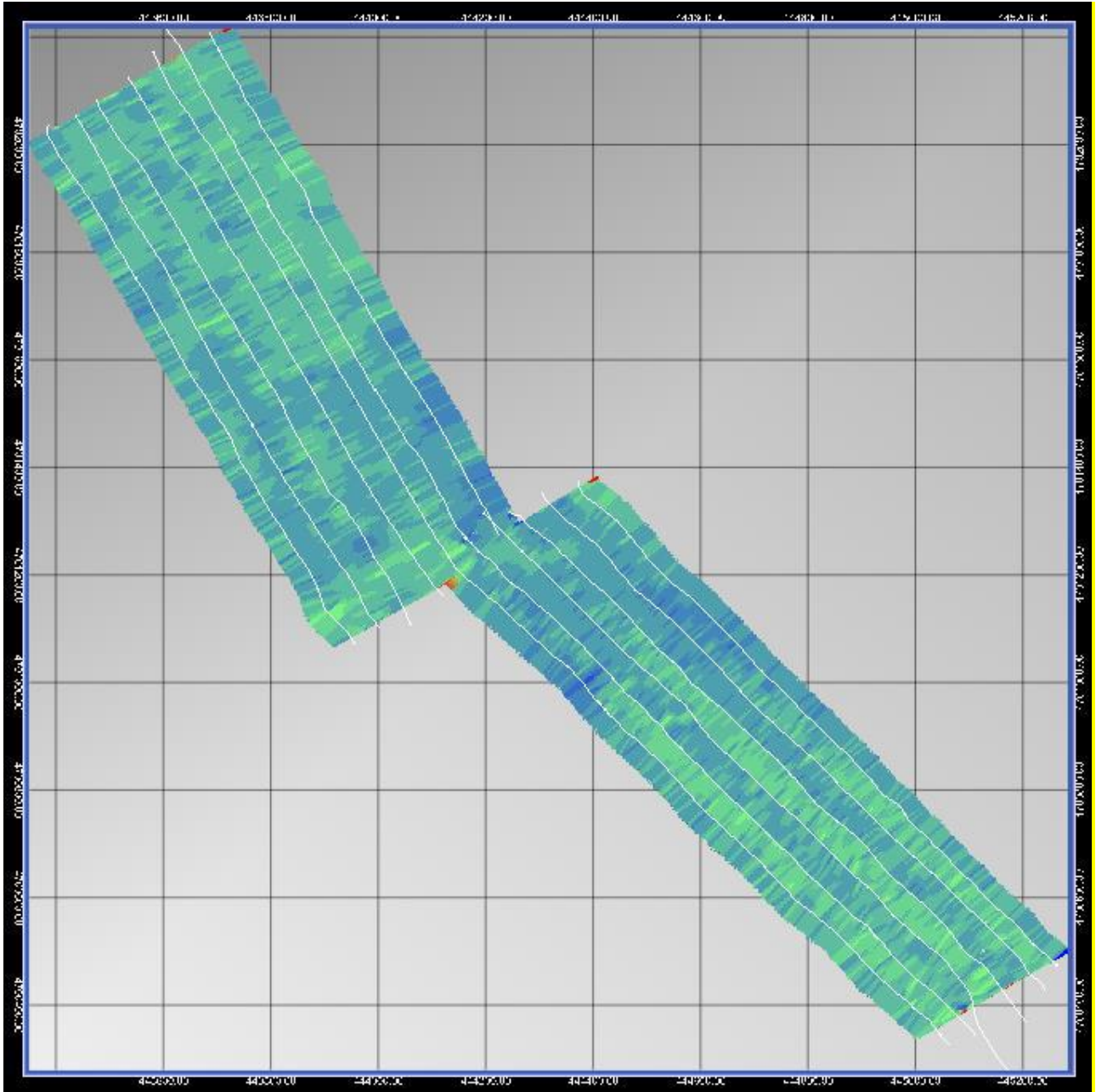
ARA Characterization

- 1 = "GRAVEL",
- 2 = "GRAVELLY COARSE SAND",
- 3 = "COARSE SAND - SANDY GRAVEL",
- 4 = "COARSE SAND - GRAVELLY SAND",
- 5 = "MEDIUM SAND - GRAVELLY MUDDY SAND",
- 6 = "MEDIUM SAND",
- 7 = "FINE SAND",
- 8 = "SILTY SAND",
- 9 = "MUDDY SAND",
- 10 = "VERY FINE SAND",
- 11 = "CLAYEY SAND",
- 12 = "COARSE SILT",
- 13 = "SANDY SILT",
- 14 = "MEDIUM SILT",
- 15 = "SANDY MUD",
- 16 = "FINE SILT",
- 17 = "SANDY CLAY",
- 18 = "VERY FINE SILT",
- 19 = "SILTY CLAY",
- 20 = "CLAY"

L'algoritmo restituisce per l'area rilevata un fondale costituito prevalentemente da sabbia siltosa, ad eccezione della porzione centrale del sito dove i valori si spostano verso le sabbie fini e medie, in accordo con i valori di backscatter più elevati misurati in questo settore di fondale (Figura 36).



Figura 36. Angle Range Analysis (ARA).



2.2 Saggi ecotossicologici

Il grado di ecotossicità eventualmente associabile allo strato superficiale di sedimento marino prelevato nelle stazioni individuate per il Progetto “Acquacoltura”, è stato individuato tramite l'utilizzo di organismi indicatori quali il batterio marino *Vibrio fischeri*, applicato al sedimento, l'alga marina della specie *Pheodactylum tricorutum* e l'ostrica *Crassostrea gigas*, applicati all'elutriato.

2.1.1 Saggio di tossicità acuta con *Vibrio fischeri*

L'applicazione del test di tossicità alla matrice solida (Solid Phase Test, SPT) è importante in quanto permette di associare l'eventuale tossicità alla frazione pelitica che offre una maggiore superficie di adesione o di adsorbimento dei contaminanti.

Il saggio con il batterio marino *Vibrio fischeri* è stato applicato seguendo la metodica Rikz, SOP Specie-02 (2000) indicata per condurre il saggio con sedimento tal quale e che prevede come endpoint la diminuzione della bioluminescenza. I risultati ottenuti, sono espressi come EC50 (Effective Concentration 50), che rappresenta la concentrazione per la quale si ha la diminuzione del 50% della luce emessa dai batteri e successivamente come S.T.I. (Sediment Toxicity Index), inteso come rapporto tra la tossicità misurata e quella naturale stimata in relazione appunto alla frazione pelitica contenuta in ogni campione analizzato. Dato che la tossicità dei sedimenti è riconducibile prevalentemente alla frazione pelitica in quanto essa offre una maggiore superficie di adesione o di adsorbimento dei contaminanti, tale indice permette di correlare la tossicità eventualmente presente nella frazione <63mm. In generale il valore di STI va da ≤ 3 a >12 con un giudizio di qualità che va da tossicità assente a molto alta, come riportato nella Tabella 10.

Tabella 10. Scala di tossicità acuta applicabile al test con *Vibrio fischeri* con i valori del Sediment Toxicity Index (STI).

S.T.I.	Giudizio di qualità
$STI \leq 3$	Assente
$3 < STI \leq 6$	Media
$6 < STI \leq 12$	Alta
> 12	Molta Alta

2.1.2 Saggio di ecotossicità acuta con *Pheodactylum tricorutum*

Questo saggio algale, così come quello con il mollusco bivalve, prevede l'esposizione ad una matrice acquosa quale l'elutriato, cioè la porzione solubile estratta dal sedimento, molto importante negli studi ecotossicologici poiché questa fase liquida è la più rappresentativa in quanto, pur costituendo un artefatto, è la simulazione più vicina alle movimentazioni dei fondali e ai dragaggi.

La metodica per l'esecuzione del saggio algale con la specie *Pheodactylum tricorutum* è la norma UNI EN ISO 10253 (2017), che prevede l'esposizione delle alghe al campione acquoso elutriato.

Tale matrice viene ottenuta mediante un processo di “lavaggio” del sedimento che consente di valutare i potenziali effetti tossici sulle componenti biologiche sensibili della colonna d'acqua in seguito ad eventi di mobilitazione, risospensione e rideposizione del sedimento. La matrice acquosa viene preparata mediante energica agitazione del sedimento con acqua di diluizione (acqua marina artificiale al 31 per mille per i molluschi e 34 per mille per i molluschi bivalvi), seguita



da una fase di decantazione del sedimento e recupero e, se necessario, di successiva centrifugazione del surnatante (ASTM, 1991).

La metodica utilizzata nella preparazione di tale matrice di saggio prevede l'utilizzo del rapporto sedimento:acqua 1:4, utilizzando il peso secco per il calcolo del suddetto rapporto. Nello specifico la procedura utilizzata per la preparazione della matrice di saggio prevede le seguenti fasi:

1. preparazione dei campioni nel rapporto sedimento:acqua di 1:4 con acqua di diluizione: la quantità di sedimento da impiegare è calcolata sul peso secco a 105°C;
2. agitazione della sospensione mediante Jar Test per 30' a 230 rpm;
3. sedimentazione per 1 ora;
4. raccolta del surnatante e stoccaggio di vari subcampioni di elutriato in barattoli di polietilene (PE);
5. congelamento a -18°C sino all'esecuzione dei test di tossicità (se si effettua entro pochi giorni, è sufficiente stoccare la matrice acquosa a $5 \pm 3^\circ\text{C}$).

Il saggio con l'alga marina prevede come endpoint la valutazione del tasso di crescita delle alghe esposte al campione di elutriato per 72 ± 2 h in confronto al controllo. Le colture algali vengono preparate prima dell'esecuzione delle fasi analitiche e vengono esposte in fase di crescita esponenziale al campione tal quale (100%) e alla diluizione del 50%, preparati in 3 repliche miscelando appropriate quantità del mezzo di crescita con la soluzione acquosa da analizzare. Le piastre con gli organismi, vengono incubate per un periodo di 72 ± 2 h al termine del quale vengono fissati per permettere la lettura che viene effettuata mediante contatore di cellule.

2.1.3 Saggio di embriotossicità sub-cronico con *Crassostrea gigas*

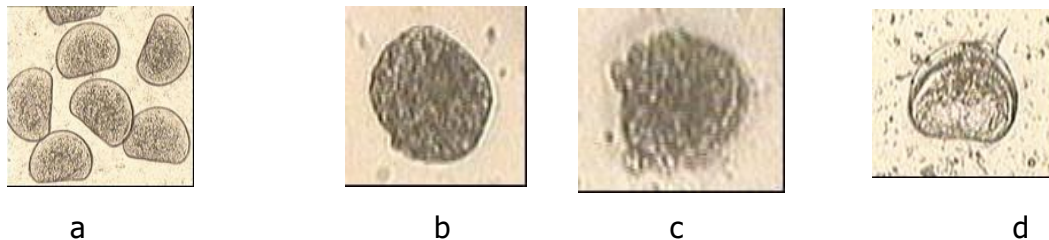
La metodica per l'esecuzione del saggio con *Crassostrea gigas* è la norma ASTM (2004), che prevede l'esposizione di embrioni del mollusco bivalve all'elutriato. Gli organismi di *Crassostrea gigas* sono stati acquistati presso una sea farm che alleva organismi già condizionati e come tali maturi per l'esecuzione dei saggi ecotossicologici.

Il saggio prevede come endpoint la valutazione della percentuale di larve normoformate dopo esposizione al campione di elutriato per 24 h in confronto al controllo. Gli embrioni ottenuti dopo una fase di emissione dei gameti ed una di fecondazione, vengono esposti sia al campione tal quale (100%) e sia alla diluizione del 50%, in 3 repliche.

Le piastre con gli organismi, vengono incubate per 24 ± 2 h al termine del quale vengono fissati per permettere la lettura. Il numero totale di organismi che deve essere contato per ogni camera test è pari a 100 per ogni replica e vanno distinti tra larve normoformate e larve anomale. Le anomalie da osservare possono essere costituite da: stadi prelarvali, cioè tutti quegli stadi che vanno dalle prime divisioni cellulari fino allo stadio di trocofora; larve morte, cioè tutte quegli organismi di cui si riscontra solo la conchiglia, ma non vi è traccia di parti molli; malformazioni vere e proprie, che comprendono la presenza di larva convessa, oppure di margine della conchiglia danneggiato, oppure di conchiglia incompleta oppure di mantello estruso (Figura 37).



Figura 37. Esempi di larva normoformata (a) e delle malformazioni larvali: larva con convessità del cardine (b), margine della conchiglia danneggiato (c), conchiglia incompleta (d).



I risultati ottenuti con la batteria completa dei tre saggi applicati ai sedimenti, vengono riportati nella Tabella 11.

Stazioni	Saggio con <i>Vibrio fischeri</i> (STI)	Saggio con <i>Pheodactylum tricornutum</i>	Saggio con <i>Crassostrea gigas</i>
BN1	≤ 3	-5±13	27±9
BN2	≤ 3	3±5	26±3
BN3	≤ 3	13±15	26±4
BN4	≤ 3	6±8	10±2
BN5	≤ 3	10±5	9±6
BN6	≤ 3	7±11	82±5
BN7	≤ 3	5±10	12±7
BN8	≤ 3	11±5	8±2
BN9	≤ 3	-9±4	20±1
BN10	≤ 3	-5±5	71±12

Tabella 11. Risultati ottenuti con la batteria dei tre saggi di ecotossicità applicati ai sedimenti.

Nella prima colonna sono riportati i risultati ottenuti con il batterio *Vibrio fischeri* applicato al sedimento tal quale. I risultati sono espressi in S.T.I. (Sediment Toxicity Index) come rapporto tra la tossicità misurata e quella naturale stimata in relazione alla frazione pelitica contenuta in ogni campione analizzato.

I risultati mostrano che tutti i campioni presentano una tossicità assente o trascurabile per tutti i campioni analizzati con il batterio luminescente come si evince dal giudizio di qualità applicabile al test con *Vibrio fischeri*.

Nella seconda colonna sono riportati i risultati ottenuti con il saggio di tossicità algale. Il test ha messo in evidenza, per tutti i campioni analizzati, un risultato di tossicità acuta assente per tutti i campioni analizzati con un valore inferiori al 20% e con un leggero effetto di eutrofizzazione per i campioni di sedimento BN1, BN9 e BN10.

Per quanto riguarda il test sub-cronico di embriotossicità con le ostriche, si è avuto un segnale di tossicità assente per la maggior parte dei campioni analizzati ad eccezione dei sedimenti prelevati nei punti denominati BN6 e BN10 che presentano un percentuale di effetto superiore al 50% (82% e 71%, rispettivamente).



2.2 Classe di gravità del pericolo ecotossicologico

L'entrata in vigore del DM 173/2016 relativo alle "Modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini", ha sancito una vera e propria "inversione culturale" riaffermando la centralità dell'approccio ecotossicologico, riconoscendone l'ufficialità e la priorità nell'esecuzione delle analisi dei sedimenti, nell'ottica di una valutazione ponderata ed integrata.

Con questo decreto, come riportato nell'Allegato 1, si passa da un approccio "pass to fail" o "tabellare" basato sul risultato peggiore ottenuto nella batteria di saggi come era proposto nel "Manuale per la movimentazione di sedimenti marini" (APAT ICRAM, 2007), a quello in cui la batteria di saggi (è rigoroso l'utilizzo di tre test per una batteria completa), viene valutata nel suo insieme, pesando la rilevanza biologica degli endpoint, la significatività statistica e l'entità degli effetti oltre la tipologia di esposizione (durata e matrice). I dati ottenuti vengono elaborati tramite un software (Sediqualsoft) reso disponibile da ISPRA con la collaborazione dell'Università Politecnica delle Marche e permettono di ottenere una classificazione ecotossicologica ed un giudizio di "Classe di gravità del pericolo ecotossicologico" assente, bassa, media, alta e molto alta.

Per l'attribuzione del livello di pericolo derivante dalla batteria di saggi ecotossicologici applicata, si fa riferimento all'indice HQBatteria (Hazard Quotient della batteria) (Tabella 12) che ha valori compresi tra 0 e 10 dove 1 corrisponde al valore di soglia della batteria, cioè il valore di HQ che si otterrebbe se tutti i saggi mostrassero un effetto pari alla rispettiva soglia. A seconda del valore di HQBatteria il livello di pericolo ecotossicologico viene attribuito ad una classe di gravità che va da assente a molto alta (Tabella A.3 dell'Allegato tecnico al D.M. 173/2016).

Tabella 12. Classi di pericolo ecotossicologico rispetto ai valori di HQ (Hazard Quotient) della batteria di saggi effettuata.

HQ BATTERIA DI SAGGI	CLASSE DI GRAVITA'
< 1	Assente
≥1 - 1.5	Basso
≥ 1.5 - 3.0	Medio
≥ 3.0 - 6.0	Alto
≥ 6.0 - 10.0	Molto Alta

In relazione ai campioni analizzati, prelevati all'interno e all'esterno dell'impianto per l'allevamento di mitili, la Tabella 13 riporta le classi di pericolo ecotossicologico rispetto ai valori di HQ.



Punti di campionamento	Classe di gravità del pericolo ecotossicologico
BN1	Assente
BN2	Assente
BN3	Assente
BN4	Assente
BN5	Assente
BN6	Medio
BN7	Assente
BN8	Assente
BN9	Assente
BN10	Medio

Tabella 13. Classi di gravità del pericolo ecotossicologico per i sedimenti campionati all'interno e all'esterno dell'impianto per l'allevamento di mitili.

I risultati ottenuti mostrano una tossicità assente per tutti i campioni di sedimenti analizzati, ad eccezione di una tossicità media riscontrata nei sedimenti campionati nei punti BN6 e BN10 che sono situati al centro all'estremità sud dell'impianto di mitilicoltura oggetto dello studio.



2.3 Analisi chimiche e granulometriche sul sedimento

Le determinazioni analitiche relative ai campioni di sedimento superficiale finalizzate alla ricerca dei microinquinanti organici ed inorganici hanno prodotto risultati sempre inferiori ai Livelli Chimici di riferimento nazionali L2 riportati nella Tabella 2.5 del DM173/2016 e agli standard di qualità riportati nelle Tab. 3A e 3B del D.Lgs. 172/2015.

I microinquinanti organici, in particolare, hanno mostrato valori inferiori o comunque prossimi ai limiti di quantificazione in tutte le stazioni di monitoraggio.

Nella Tabella 14 sono riportati i risultati delle analisi chimiche per la determinazione dei metalli pesanti (Arsenico, Cadmio, Cromo Totale, Cromo IV, Nichel, Piombo, Rame e Mercurio).

Nella Tabella 15 sono riportati i risultati delle analisi granulometriche con le percentuali delle diverse componenti.

Tabella 14. Risultati dei metalli pesanti nei 10 punti di campionamento di sedimento.

Descrizione Prova	Arsenico	Cadmio	Cromo totale	Cromo VI	Nichel	Piombo	Rame	Mercurio
Metodica	UNI EN 16174:2012 Met. B + ISO 11885:2007	UNI EN 16174:2012 Met. B + ISO 11885:2007	UNI EN 16174:2012 Met. B + ISO 11885:2007	CNR IRSA 16 Q.64 Vol 3 1986	UNI EN 16174:2012 Met. B + ISO 11885:2007	UNI EN 16174:2012 Met. B + ISO 11885:2007	UNI EN 16174:2012 Met. B + ISO 11885:2007	MATM-ICRAM 2001 -Scheda 10 + EPA 7471 B 2007
Unità di misura	mg/kg s.s.	mg/kg s.s.	mg/kg s.s.	mg/kg s.s.	mg/kg s.s.	mg/kg s.s.	mg/kg s.s.	mg/kg s.s.
BN1	7.6	<0.2	29	<0.2	21.0	6.7	9.9	<0.05
BN2	7.8	<0.2	36	<0.2	18.2	6.8	7.5	<0.05
BN3	8.1	<0.2	43	<0.2	27.5	8.3	13.2	<0.05
BN4	6.9	<0.2	24	<0.2	17.0	5.8	7.7	<0.05
BN5	9.2	0,25	40	<0.2	27.0	8.8	13.0	<0.05
BN6	6.7	<0.2	15	<0.2	14.5	5.4	6.7	<0.05
BN7	6.8	<0.2	12	<0.2	10.3	4.0	4.1	<0.05
BN8	7.4	<0.2	10	<0.2	9.8	3.7	3.4	<0.05
BN9	8.3	<0.2	11	<0.2	12.4	4.4	4.8	<0.05
BN10	8.5	<0.2	14	<0.2	13.5	4.9	5.3	<0.05

Tabella 15. Risultati delle analisi granulometriche nei 10 punti di campionamento di sedimento.

Descrizione Prova	Residuo Secco a 105 °C	Carbonio organico totale	GHIAIA (>2 mm)	Sabbia (1 mm < x < 2 mm)	Sabbia (0.063 mm < x < 1 mm)	SABBIA (0.063 mm < x < 2 mm)	PELITE (< 0.063 mm)
Metodica	ISO 11465:1993/corr 1994	UNI EN 13137 2002	UNI CEN ISO/TS 17892-4:2005	UNI CEN ISO/TS 17892-4:2005	UNI CEN ISO/TS 17892-4:2005	UNI CEN ISO/TS 17892-4:2005	UNI CEN ISO/TS 17892-4:2005
Unità di misura	% m/m	% peso	%	%	%	%	%
BN1	69.8	<0.5	1.7	0.3	39.0	39.3	59.0



BN2	67.6	<0.5	0.0	0.0	56.4	56.4	43.6
BN3	68.1	<0.5	0.1	0.1	23.4	23.5	76.4
BN4	66.0	0.70	0.0	0.0	41.6	41.6	58.4
BN5	66.3	<0.5	0.8	0.2	25.9	26.1	73.1
BN6	74.0	<0.5	0.7	0.2	58.7	58.9	40.4
BN7	72.7	0.64	0.0	0.0	77.3	77.3	22.7
BN8	72.7	<0.5	0.0	0.0	79.5	79.5	20.5
BN9	72.1	<0.5	0.0	0.0	79.1	79.1	20.9
BN10	73.2	<0.5	0.0	0.0	77.9	77.9	22.1

Si può osservare che i livelli di concentrazione di Cromo, Nichel, Piombo e Rame, rilevati nei sedimenti prelevati nell'area sottostante l'impianto, risultano in generale, leggermente più elevati rispetto a quelli posti al di fuori. Si ritiene tuttavia che tali differenze non siano riconducibili alla presenza dell'impianto, ma piuttosto ad una diversa, naturale, composizione granulometrica dei fondali, che presentano una maggiore percentuale pelitica nella fascia costiera in cui è ubicato l'impianto stesso.

2.4 Plastiche

Le sezioni settentrionale e centrale del Mare Adriatico sono soggette ad un maggior apporto di acqua dolce per la presenza di molti fiumi tra i quali il Po è il più rilevante, rispetto alla sezione meridionale. La presenza di plastica nel Mar Adriatico non è una tematica da trascurare: in questo bacino infatti è stata registrata la più alta quantità di plastica flottante del Mar Mediterraneo (Mistri *et al.* 2016). Inoltre da un recente studio (Liubartseva *et al.* 2016) è emerso che l'emivita media stimata delle particelle flottanti, e cioè il tempo in cui il 50 % delle particelle galleggianti rimane sulla superficie del mare, è di soli 43,7 giorni (l'emivita media stimata nell'oceano globale è di 19 anni). Questi risultati suggeriscono che il Mar Adriatico rappresenti un sistema altamente dissipativo per le particelle flottanti e i detriti galleggianti si depositano principalmente lungo la costa e sul fondale marino (Mistri *et al.* 2016). Le principali fonti antropiche intorno all'area di campionamento sono rappresentate da due porti (quello di Pescara e quello di Francavilla, di minore entità), una foce (Fiume Pescara) e due scarichi (le due linee rosse trasversali alla costa della Figura 13). Il porto di Pescara e la foce del Pescara probabilmente contribuiscono in maggiore misura all'apporto di detriti. Per ciascun punto di campionamento (BN1, BN2, BN3, BN4, BN5, BN6, BN7, BN8, BN9 e BN10) una volta effettuata l'omogeneizzazione del sedimento, sono state prelevate 2 aliquote, di circa 1 Kg ciascuna. I campioni sono stati conservati in barattoli di vetro da 1 Kg in frigo a una temperatura di 4 ± 2 ° C (Guerranti *et al.* 2017; Karlsson *et al.* 2017).

Da ciascun barattolo da 1 kg, contenente una aliquota di campione, sono stati prelevati 500 grammi di sedimento. Per prima cosa l'aliquota è stata setacciata attraverso una serie di setacci in acciaio impilati (Tecnotest) aventi rispettivamente maglie da 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0,063 mm (Cannas *et al.* 2017; Fastelli *et al.* 2016; Esiukova 2017); questa separazione serve a suddividere le plastiche in classi dimensionali (Macro > 2,5 cm, meso 2,5 cm – 5,1 mm, microplastiche ≤ 5 mm e microplastiche tra 4 e 2 mm, tra 2 e 1 mm e < 1 mm). Prima della setacciatura il sedimento è stato pretrattato con perossido di idrogeno (H₂O₂ 30 %). La separazione per dimensione delle plastiche da sedimento, organismi e altro detrito è stata facilitata dall'utilizzo di acqua deionizzata, versata sui vari setacci. Il contenuto trattenuto su ogni setaccio è stato visionato e le plastiche presenti sono



state separate da altri materiali e/o organismi o parti di organismi attraverso una pinza. La frazione di plastica visibile ad occhio nudo (macro e meso plastiche) è stata separata dal sedimento e messa in una piastra Petri, mentre la frazione non visibile ad occhio nudo (microplastiche) è stata visionata allo stereomicroscopio (Olimpus SZX16, ingrandimenti 10X e 20X) e raccolta (Cannas *et al.* 2017; Esiukova 2017).

La frazione di sedimento ≤ 1 mm, conservata in frigorifero, ha subito un processo di separazione per densità attraverso una soluzione salina di cloruro di zinco, $ZnCl_2$ 98% (Coppock 2017; Esiukova 2017; Imhof *et al.* 2012). Il sedimento è stato disidratato in stufa a 40° C. Questa temperatura di disidratazione è stata scelta in base alla temperatura di deflessione al calore dei vari polimeri di plastica (Qiu *et al.* 2016). È stata preparata una soluzione di $ZnCl_2$ con densità 1,6 – 1,7 kg/l aggiungendo 900 g di $ZnCl_2$ in 700 ml di acqua deionizzata (Imhof 2012). Il cloruro di zinco, con la sua natura corrosiva, favorisce il distacco delle microplastiche dal sedimento e dalla materia organica e, al contrario di altre soluzioni saline, è in grado di estrarre anche particelle derivanti da polimeri ad alta densità (Imhof *et al.* 2012; Coppock *et al.* 2017). Per l'attuazione di questa fase sono stati presi in considerazione tre differenti lavori (Imhof *et al.* 2012; Quinn *et al.* 2016; Zhang *et al.* 2019). I protocolli, presenti in questi lavori, relativi all'estrazione delle microplastiche dal sedimento attraverso separazione per differente densità sono stati riadattati per il seguente lavoro. Durante l'inizio dell'analisi, dalla setacciatura fino all'estrazione delle microplastiche con la soluzione di $ZnCl_2$, è stato fatto un bianco della giornata mettendo in una piastra Petri una membrana filtrante in nitrocellulosa, inumidita con acqua deionizzata, vicino all'operatore, nei vari punti in cui avvenivano le varie fasi delle procedure e alla fine delle procedure la membrana filtrante è stata visionata allo stereo microscopio per osservare il livello di contaminazione nell'ambiente di lavoro (Coppock 2017).

Le microplastiche sono state osservate allo stereo microscopio (Olimpus SZX16, ingrandimento 2X), contate e differenziate per forma in quattro categorie: filamenti, frammenti, particelle e film (Claessens *et al.* 2011, Esiukova 2017). Inoltre, per i filamenti ≤ 1 mm è stato preso in considerazione anche il colore. L'ingrandimento 2X è risultato adatto per l'osservazione delle plastiche ed inoltre è già stato utilizzato in uno studio precedente relativo alle microplastiche (Zhang *et al.* 2019). La quantità di macroplastiche, mesoplastiche e microplastiche in un sedimento può essere espressa sia in grammi di plastica in 1 chilogrammo di sedimento sia in numero di plastiche (items) presenti in 1 chilogrammo di sedimento. In questo studio la quantità di plastica nel sedimento è stata espressa in items/kg cioè in numero di plastiche contenute in 1 chilogrammo di sedimento (Guerranti *et al.* 2017).

Dalle analisi effettuate si è registrata la totale assenza di macroplastiche ($> 2,5$ cm) e mesoplastiche (2,5 cm - 5,1 cm) mentre le microplastiche (≤ 5 cm) sono state rinvenute in tutti i punti di campionamento. Microplastiche > 4 mm sono state rinvenute solo in due punti: nel punto BN3 con una media di 0,5 in 500 g di sedimento umido e nel punto BN10 con una media di 1 (Tabella 16). Le microplastiche con un range dimensionale compreso tra 4 e 2 mm sono state rinvenute in 5 punti: nel punto BN2 con una media di 0,5, nel punto BN3 con una media di 1, nel punto BN6 con una media di 0,5, nel punto BN9 con una media di 1 e nel BN10 con una media di 0,5. Le microplastiche comprese nella frazione 1-2 mm sono state rinvenute quasi in tutti i punti con una media che va da 0,5 a 2,5 (fatta eccezione del punto BN10 in cui la media è 5,5) con una prevalenza di filamenti, seguiti da qualche frammento, un solo film e zero particelle. Tuttavia le microplastiche > 1 mm sono poche se confrontate con quelle ≤ 1 mm. Le microplastiche ≤ 1 mm sono state rinvenute in tutti i punti di campionamento con media minima di 26 nel punto BN4 e una media massima di 63 nel punto BN9 (Figure 38, 39)



Tabella 16. Presenza di microplastiche nei 10 punti di campionamento.

Punto di campionamento	Distanza dall'impianto in metri	Coordinate in gradi minuti secondi	Totale MP per stazione	Media MP totali	Media Mp x > 4 mm	Media Mp 2 < x ≤ 4 mm	Media Mp 1 < x ≤ 2 mm	Media Mp ≤ 1 mm
BN1	sotto	Longitudine: 14°18'55.70"E Latitudine: 42°28'9.37"N	75	37,5	0	0	0,5	37
BN2	sotto	Longitudine: 14°18'47.00"E Latitudine: 42°28'0.30"N	73	36,5	0	0,5	2,5	33,5
BN3	sotto	Longitudine: 14°18'57.41"E Latitudine: 42°27'56.46"N	72	36	0,5	1	1	33,5
BN4	sotto	Longitudine: 14°19'11.25"E Latitudine: 42°27'47.70"N	55	27,5	0	0	1,5	26
BN5	sotto	Longitudine: 14°19'6.46"E Latitudine: 42°27'47.07"N	60	30	0	0	1	29
BN6	250 m	Longitudine: 14°19'23.10"E Latitudine: 42°27'39.48"N	77	38,5	0	0,5	1,5	36,5
BN7	450 m	Longitudine: 14°19'30.24"E Latitudine: 42°27'34.56"N	127	63,5	0	0	1,5	62
BN8	700 m	Longitudine: 14°19'37.62"E Latitudine: 42°27'29.16"N	106	53	0	0	2	51
BN9	950 m	Longitudine: 14°19'45.24"E Latitudine: 42°27'24.12"N	131	65,5	0	1	1,5	63
BN10	1100	Longitudine: 14°19'53.10"E Latitudine: 42°27'18.54"N	120	60	1	0,5	5,5	53



Figura 38. Numero medio di microplastiche rinvenute nei 10 punti di campionamento.

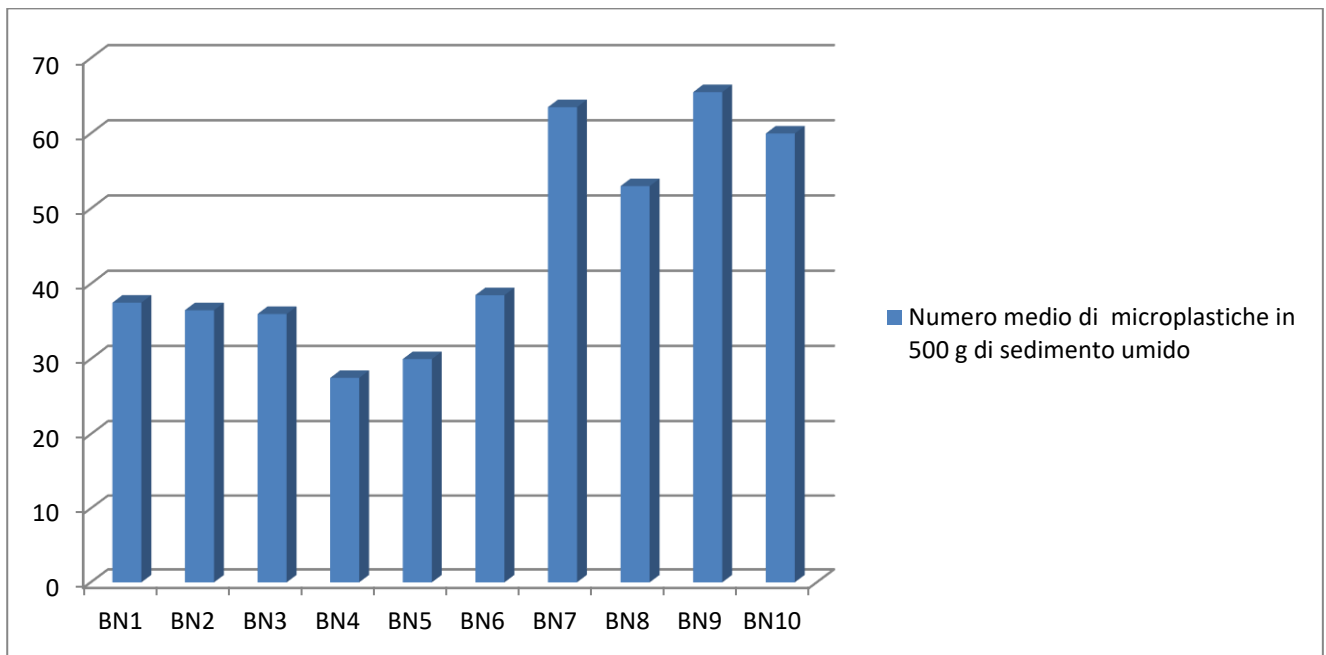
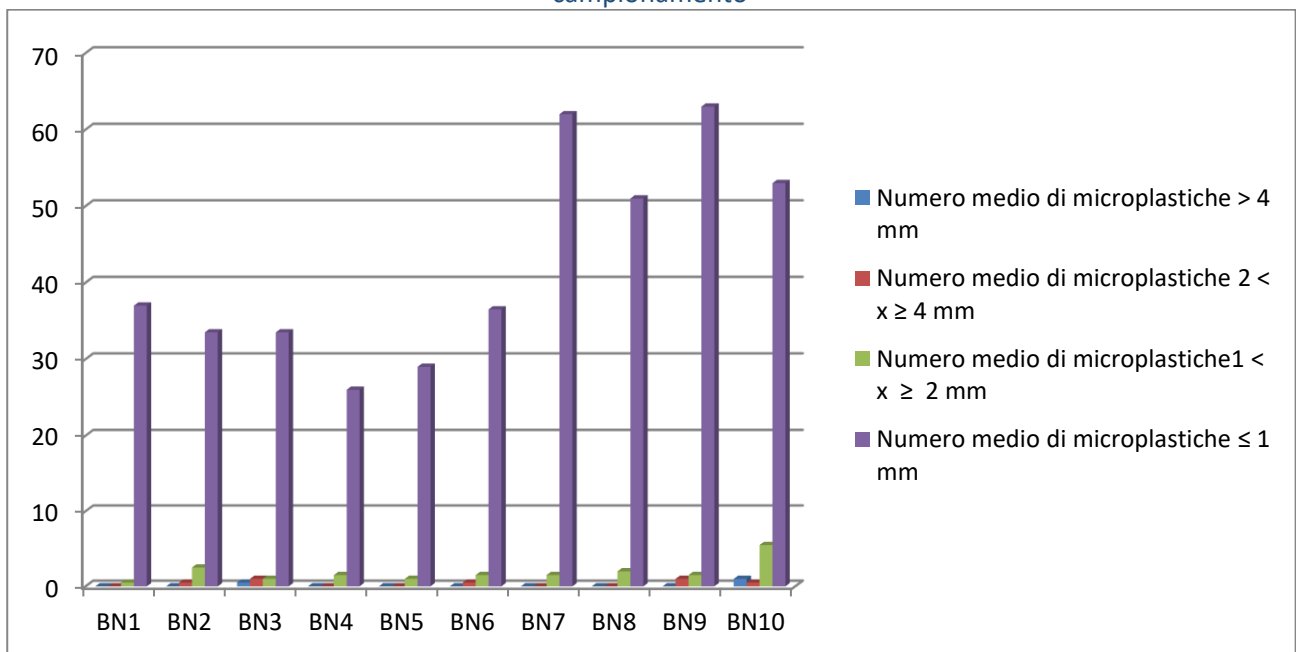


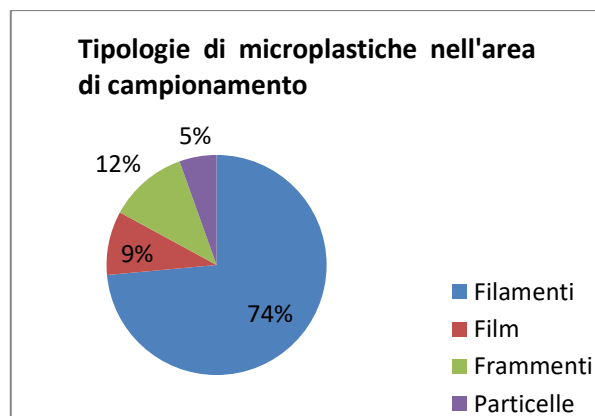
Figura 39. Numero medio di microplastiche suddivise per frazione dimensionale rinvenute nei 10 punti di campionamento



Sono state rinvenute in totale 896 microplastiche con una media di 44,8 per ogni punto di campionamento. Il numero più basso di microplastiche è stato registrato nel punto BN4 con una media di 27,5 mentre il numero più alto è stato registrato nel punto BN9 con una media di 65,5. Nei punti BN1, BN2, BN3, BN4, BN5 e BN6 la media delle microplastiche oscilla tra 27,5 e 38,5 mentre nei punti BN7, BN8, BN9 e BN10 la media è compresa tra 53 e 65,5. Nei campioni sono state rinvenute tutte e quattro le tipologie di microplastiche: il 74 % delle microplastiche totali è rappresentato da filamenti, seguiti da frammenti (12 %), film (9 %) e infine particelle (5 %). In 500 grammi di sedimento umido la media dei filamenti è di 32,95, quella dei frammenti 5,2, quella dei film 4,2 e quella delle particelle 2,45 (Tabella 17 e figura 40).

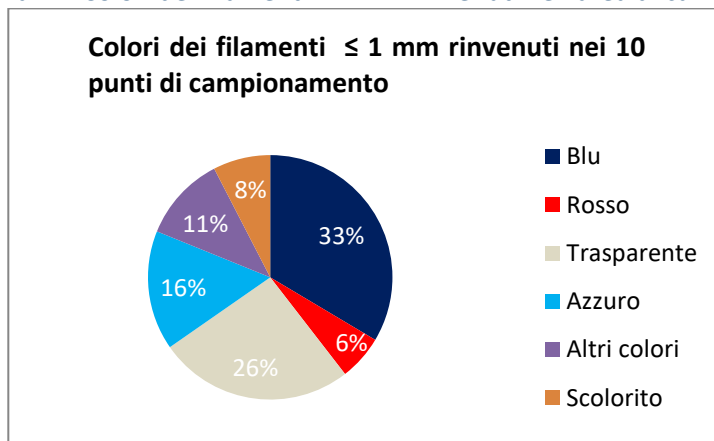
Tabella 17 e figura 40. Tipologie di microplastiche rinvenute nell'area di campionamento.

	Filamenti	Film	Frammenti	Particelle
Numero totale	659	84	104	49
Percentuale	73,55 %	9,38 %	11,61 %	5,47 %
Media in 500 g di sedimento	32,95	4,2	5,2	2,45



I filamenti appaiono morfologicamente diversi: spessi, fini, nastriformi, sfilacciati. I frammenti e i film presentano consistenze e forme differenti. Tutte e quattro le tipologie di microplastiche presentano colorazioni varie. I filamenti ≤ 1 mm sono stati suddivisi in diversi colori: blu (33 %), trasparente (26 %), azzurro (16 %), rosso (6 %), scolorito (8 %) e altri colori non classificabili (11 %) (Figura 41).

Figura 41. Colori dei filamenti ≤ 1 mm rinvenuti nell'area di campionamento



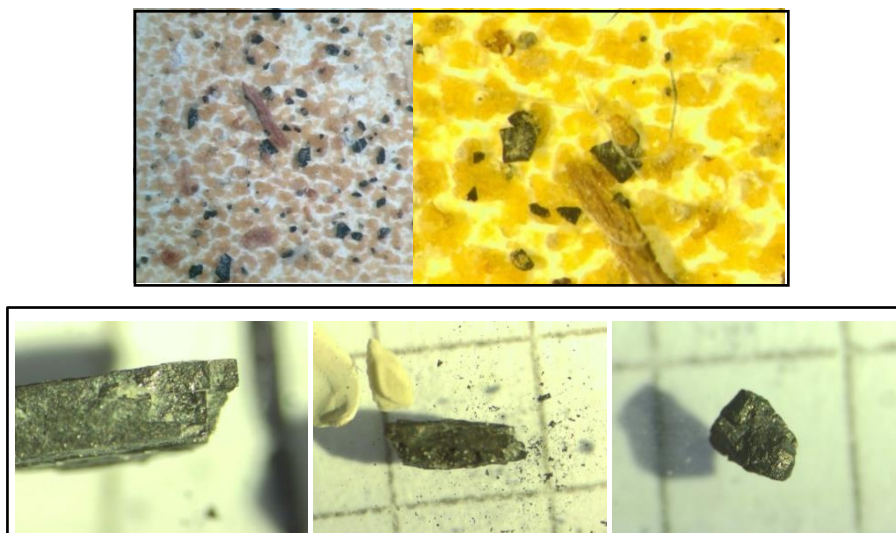
Nella Tabella 18 sono riportate le medie delle differenti frazioni di microplastiche in 500 g di sedimento.

Tabella 18. Media delle differenti frazioni di microplastiche in 500 g di sedimento.

Media delle frazioni dimensionali di microplastiche in 500 g di sedimento			
Numero medio di microplastiche > 4 mm	Numero medio di microplastiche $2 < x \leq 4$ mm	Numero medio di microplastiche $1 < x \leq 2$ mm	Numero medio di microplastiche ≤ 1 mm
0,15	0,35	1,85	42,45

In molte aliquote sono presenti frammenti neri, i quali, se strofinati, si sfaldano e perdono del materiale simile a polvere (Figura 42). È da escludere la formazione di questi frammenti durante il trattamento con la soluzione di Cloruro di Zinco dato che un frammento molto simile è stato rinvenuto anche nella frazione > 1 mm (frazione non trattata) (Figura 42). Inoltre non sembrano appartenere a gusci frammentati di mitili. In alcuni lavori di estrazione di plastica da matrici solide sono stati rinvenuti frammenti neri simili, i quali sono stati associati a vernice stradale, particelle di asfalto, a resti di pneumatici o a materiale che ha subito in mare fenomeni di combustione. In altri casi questi frammenti neri non sono stati presi in considerazione (Corcoran 2015; Noren e Magnuson 2010).

Figura 42. Frammenti neri presenti nella maggior parte delle aliquote di sedimento trattato con soluzione di Cloruro di Zinco (sopra) e frammento nero (non plastica) in frazione setacciata > 1 mm non trattata (sotto).



Per quanto riguarda l'aspetto del sedimento umido esso risulta più compatto nei punti BN7, BN8, BN9 e BN10. La frazione di sedimento secco compresa tra 1 e 0,063 mm è maggiore nei punti BN7, BN8, BN9 e BN10 (Tabella 19).

I punti BN2, BN4 E BN6 presentano una elevata quantità di resti di valve, gusci di gasteropodi e detrito; i punti BN1, BN3, BN5 sono privi di resti di organismi; nei punti BN7, BN8, BN9 e BN10 non

ci sono detriti o resti di conchiglie e compaiono alcuni bivalvi (genere *Corbula*), non rinvenuti negli altri punti, nei quali compaiono in quantità minima Anellidi e/o Crostacei.

Tabella 19. Peso secco medio della frazione di sedimento compresa tra 1 e 0,063 mm.

Punto di campionamento	Media Peso secco in g fraz. 1-0,063 mm
BN1	248,99
BN2	215,45
BN3	253,95
BN4	200,78
BN5	135,36
BN6	263,3
BN7	318,06
BN8	321,29
BN9	320,51
BN10	311,3

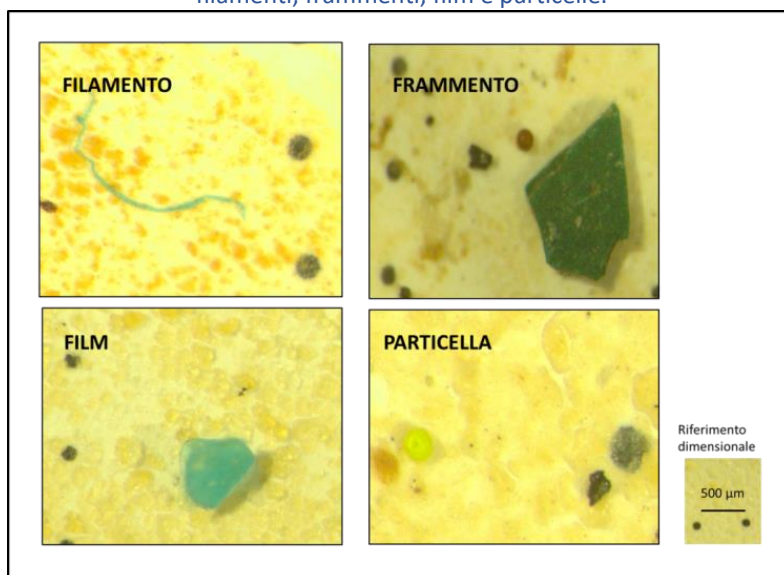
Tabella 20. Numero di bivalvi del genere *Corbula* rinvenuti nei punti di campionamento nella frazione ≥ 2 mm.

Punto di campionamento	Numero medio di bivalvi del genere <i>Corbula</i> ≥ 2 mm in 500 g di sedimento umido
BN1	0
BN2	0
BN3	0
BN4	0
BN5	0
BN6	0
BN7	5,5
BN8	3,5
BN9	2,5
BN10	1

Nei dieci punti di campionamento la presenza di microplastiche è elevata e la dimensione prevalente è quella compresa nella frazione dimensionale ≤ 1 mm. La tipologia di microplastica maggiormente rinvenuta è il filamento, seguito dal frammento, dal film e infine dalla particella (Figura 43). In tutte e quattro le categorie appaiono colori e/o consistenze differenti e per i film e i frammenti varia anche la forma.

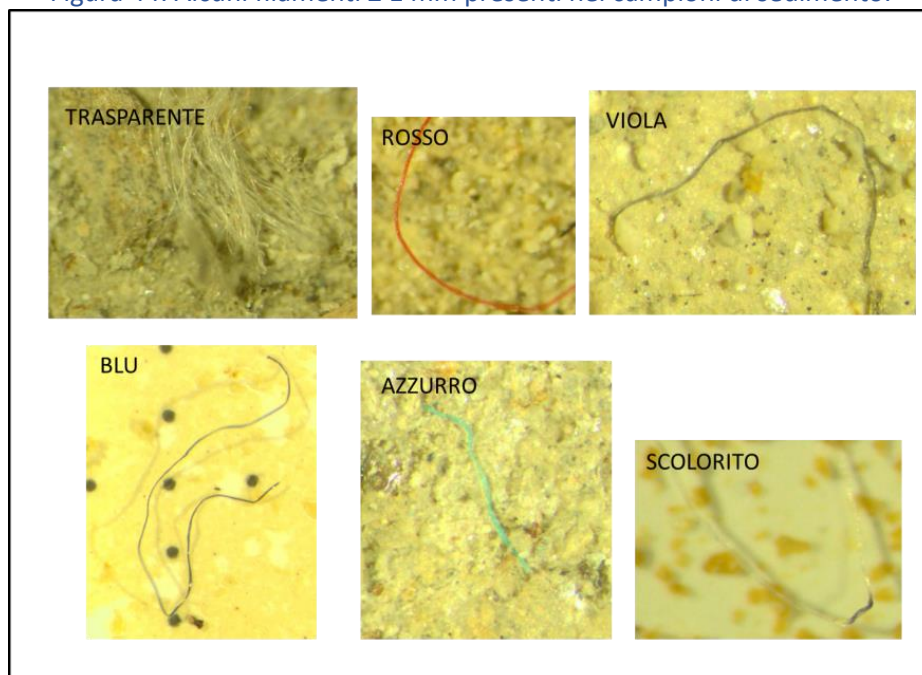


Figura 43. Le 4 tipologie di microplastiche rinvenute nei campioni di sedimento analizzati: filamenti, frammenti, film e particelle.



I filamenti sembrano essere differenti sia per materiale che per colore (Figura 44). Quelli maggiormente rinvenuti appaiono blu, trasparenti e azzurri. Una percentuale minore è rappresentata da filamenti scoloriti, rossi, grigio-viola e da colori non classificabili. Nei controlli sono presenti filamenti trasparenti nastriformi corti che non sono stati contati nei campioni. Il ripetersi di filamenti degli stessi colori fa supporre che essi possano provenire da reste in plastica che vengono utilizzate per contenere i mitili o da reti da pesca. Questi materiali possono avere differenti colorazioni. Tuttavia non si possono attribuire tutti i filamenti all'impianto Mitilmare dato che il colore non è sempre lo stesso e l'aspetto dei filamenti varia.

Figura 44. Alcuni filamenti ≤ 1 mm presenti nei campioni di sedimento.



Anche nel caso di film e frammenti sono stati osservati diversi colori: verde, azzurro, rosso, arancione e in alcuni casi materiale trasparente o scuro (Figura 45 e Figura 46).

Figura 45. Alcuni film ≤ 1 mm presenti nei campioni di sedimento.

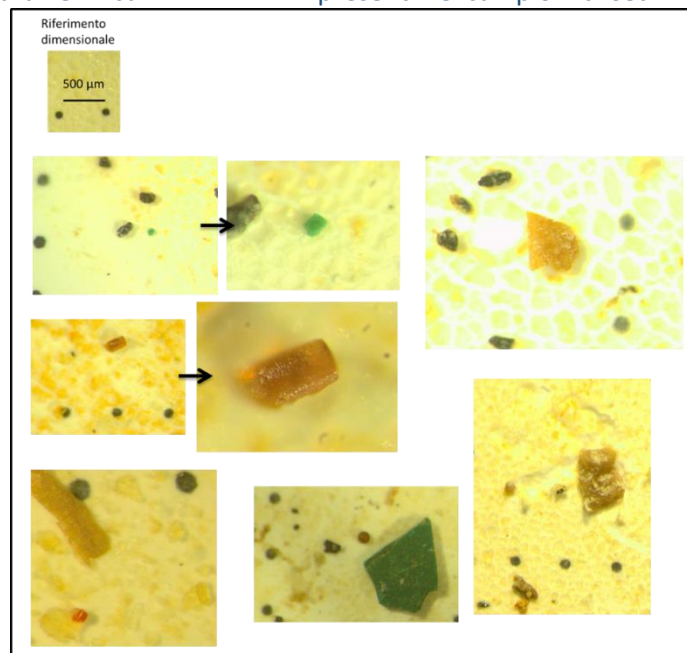
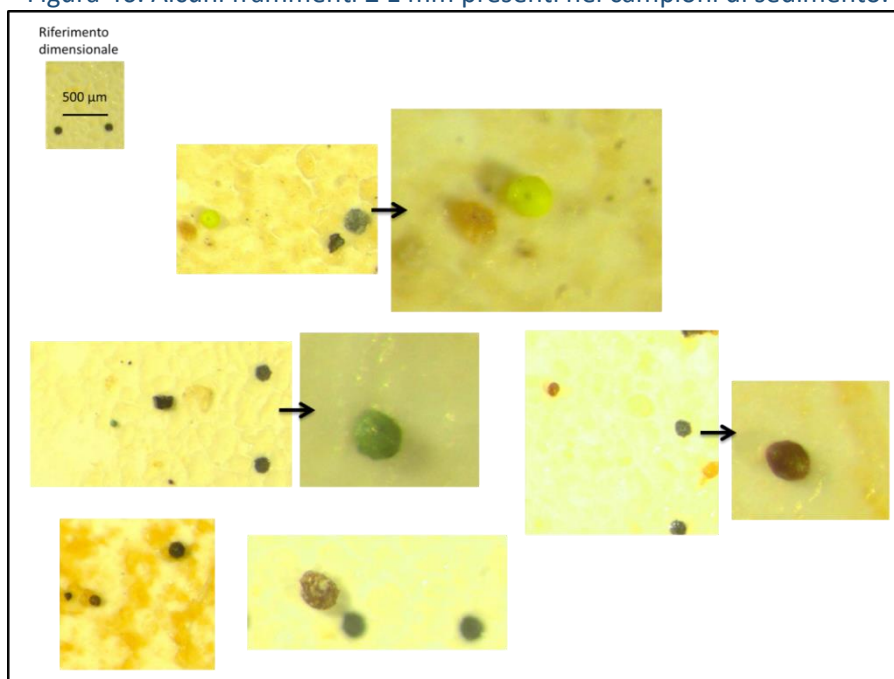
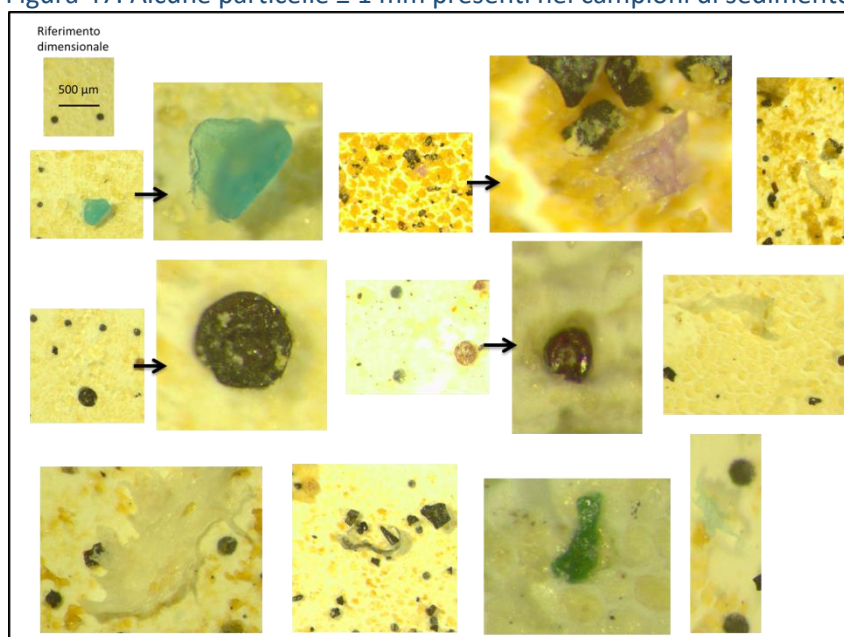


Figura 46. Alcuni frammenti ≤ 1 mm presenti nei campioni di sedimento.



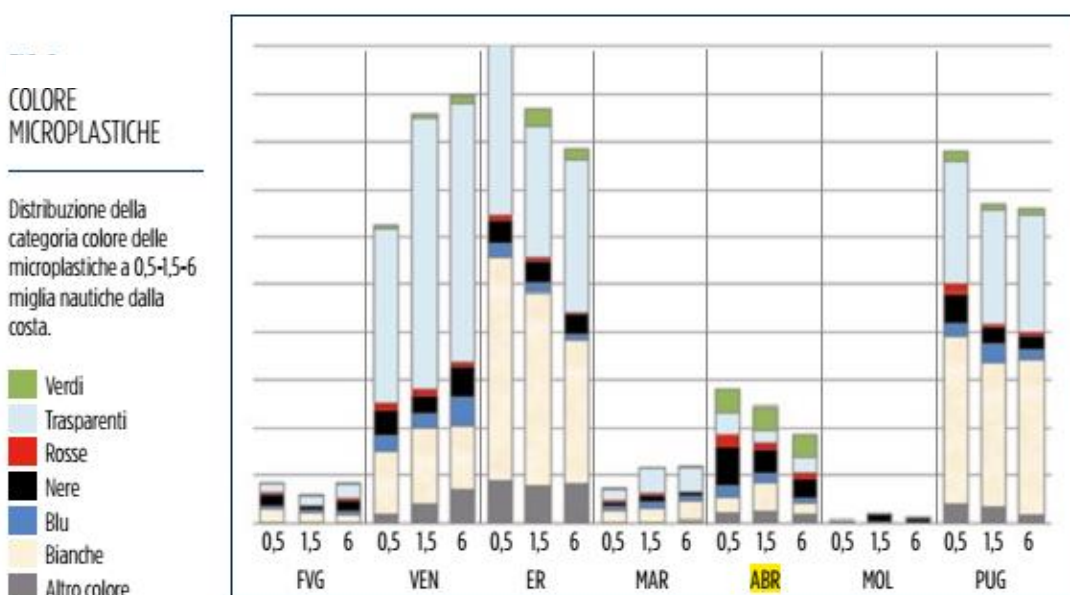
Per quanto riguarda le particelle, invece, come colori predominano il nero e l'arancione/marrone; sono state rinvenute solo due particelle di colore verde (Figura 47).

Figura 47. Alcune particelle ≤ 1 mm presenti nei campioni di sedimento.



Come in questo caso, anche in altri studi (Cannas 2017; Fisher 2016), la quantità di macroplastiche e mesoplastiche è assente o minima se comparata a quella delle microplastiche; inoltre in alcuni studi sono state prese in considerazione solo le microplastiche (Liebezeit 2012). Nel lavoro di Cannas (2017) come microplastica predominano i filamenti e i colori più frequenti sono il blu, il nero e il trasparente; la maggior parte dei filamenti chiari sono stati trovati nei sedimenti profondi (100-150 cm) mentre quelli blu nei sedimenti superficiali (0-50 cm) (possibile provenienza di filamenti blu dai fiumi). In uno studio sulla presenza di microplastiche nei sedimenti, effettuato in 16 stazioni a differente profondità da Pescara fino all'isola di Pianosa, il filamento costituisce di nuovo la tipologia di microplastica maggiormente rinvenuta e i colori più frequenti sono il blu, il rosso, l'arancione e il verde (Mistri *et al.* 2016). In Mistri (2017) la quantità di microplastica nei punti di campionamento con profondità simile a quella del nostro studio (circa 20 metri) è bassa rispetto alla quantità rinvenuta nei sedimenti a maggiore profondità e l'origine di questi detriti si ipotizza sia dovuta all'elevata densità di popolazione sulla costa (Pescara, Francavilla e Ortona e fiume Aterno-Pescara) più che agli impianti di molluschicoltura. Nelle acque abruzzesi è presente una bassa concentrazione di microplastiche in colonna d'acqua rispetto alle altre regioni Adriatiche (Veneto, Emilia Romagna e Puglia). In questa regione è stata registrata una prevalenza di filamenti ad una distanza di 0,5 e 1,5 miglia dalla costa mentre a 6 miglia predominano i film (Figura 48) (triennio 2015-2017 - Ecoscienza). Inoltre l'analisi dei rifiuti spiaggiati ha rilevato una presenza significativa di reti per la mitilicoltura, di frammenti di plastica e rifiuti alimentari. Questi dati suggeriscono che parte dei filamenti presenti nelle stazioni dislocate sotto l'impianto e al di fuori di esso potrebbero avere un'origine terrestre (provenire dai fiumi). Non a caso i filamenti che sono stati rinvenuti sono di colore e aspetto diversi, quindi non tutti sarebbero riconducibili alle reste dell'impianto di mitili, ma potrebbero essere riconducibili a fili provenienti da altre fonti: tessuti, materiale da pesca e reste provenienti da altri impianti o aree portuali. Le reti da pesca possono essere costituite dello stesso materiale delle reste (polipropilene) oppure possono essere di nylon o polietilene a bassa densità; il tempo di emivita di questi materiali usati per la mitilicoltura va da 1 anno (calze in polipropilene) a 5 anni (cordame per travi in Nylon).

Figura 48. Distribuzione delle microplastiche in colonna d'acqua differenziate per colore nelle regioni del Mar Adriatico a tre distanze dalla costa. In giallo è evidenziato l'Abruzzo.



Confrontando i risultati di questo studio con quelli di altri studi in aree differenti come porti, laghi e zone costiere, si è notato che la quantità di microplastiche riscontrate in prossimità dell'impianto Mitilmare in 1 kg di sedimento è più bassa rispetto ad altre aree prive di impianti di acquacoltura (Tabella 21).

Tabella 21. Abbondanza delle microplastiche in diverse aree marine (Zhang *et al.*, 2019).

Paese	Area di campionamento	Abbondanza (items/kg ⁻¹)	Referenza
Belgio	Porto	166.7	Claessens <i>et al.</i> , 2011
Italia	Lago	1445.2	Vianello <i>et al.</i> , 2013
Slovenia	Infralitorale	170.4	Laglbauer <i>et al.</i> , 2014
Tunisia	Costa	316.03	Abidli <i>et al.</i> , 2018
Cina	Bohai Sea Offshore	171.8	Zhao <i>et al.</i> , 2018
Cina	Shilily Bay	499.76	Zhang <i>et al.</i> , 2019
Italia	Impianto di acquacoltura	86,6	Questo studio

Una maggiore quantità di filamenti nei punti fuori l'impianto potrebbe essere giustificata dalla direzione della corrente: la corrente predominante è quella verso sud e i punti che si trovano in questa direzione sono quelli più lontani dall'impianto. Le microplastiche sono costituite da svariati polimeri, i quali possono avere una densità più alta o più bassa dell'acqua di mare (Tabella 22). Plastiche come polietilene e polipropilene, la cui densità è compresa tra 0.92 e 1.00 g cm⁻³, sono meno dense dell'acqua di mare (~ 1,025 g cm⁻³) e di conseguenza possono essere trasportate per lunghe distanze. Altre plastiche, come il nylon, invece, sono più dense e tendono a depositarsi sul fondale marino (Mistri *et al.* 2016). In un impianto di mitilicoltura il cordame per le ventie è formato da materiale con una elevata densità che tende a depositarsi sul fondale (Nylon o poliestere) mentre le reste sono costituite da polipropilene, materiale meno denso dell'acqua che tende a galleggiare e di conseguenza ad essere trasportato dalla corrente (Mistri *et al.* 2016).

Film e frammenti presentano colori e materiali differenti e la loro provenienza non può essere individuata. Tuttavia non dovrebbero provenire dall'impianto data la loro eterogeneità.

Tabella 22. Lista dei più comuni polimeri in plastica con rispettiva densità e utilizzo (A.L. Andrady 2015; Sharma 2019; Herrera *et al.* 2018; Qiu *et al.* 2016; Zhang *et al.* 2019; MSDF 2013).

Polimero	Sigla	Densità g cm ⁻³	Utilizzo
Polietilene ad alta densità	HD PE	0.94 – 0.97 g cm ⁻³	Contenitori del latte
Polietilene a bassa densità	LD PE	0.92 - 0.94 g cm ⁻³	Buste della spesa, anelli reggi lattine, reti, bottiglie, cannuce
Poliammide (Nylon)	PA	1.05 – 1.15 g cm ⁻³	Reti
Cloruro di polivinile plastificato	PVC P	1.1 – 1.35 g cm ⁻³	Cavi elettrici
Cloruro di polivinile non plastificato	PVC UP	1.35 – 1.45 g cm ⁻³	Finestre
Poliuretano	PU	1.05 g cm ⁻³	Spugne
Polistirene	PS	0.96 - 1.05 g cm ⁻³	Utensili di plastica, contenitori alimentari
Poliestere		1.40 g cm ⁻³	Tessuti
Polipropilene	PP	0.83 – 0.85 g cm ⁻³	Corde, reti, tappi di bottiglia
Acetato di cellulosa	CA	1.29 g cm ⁻³	Filtri di sigarette

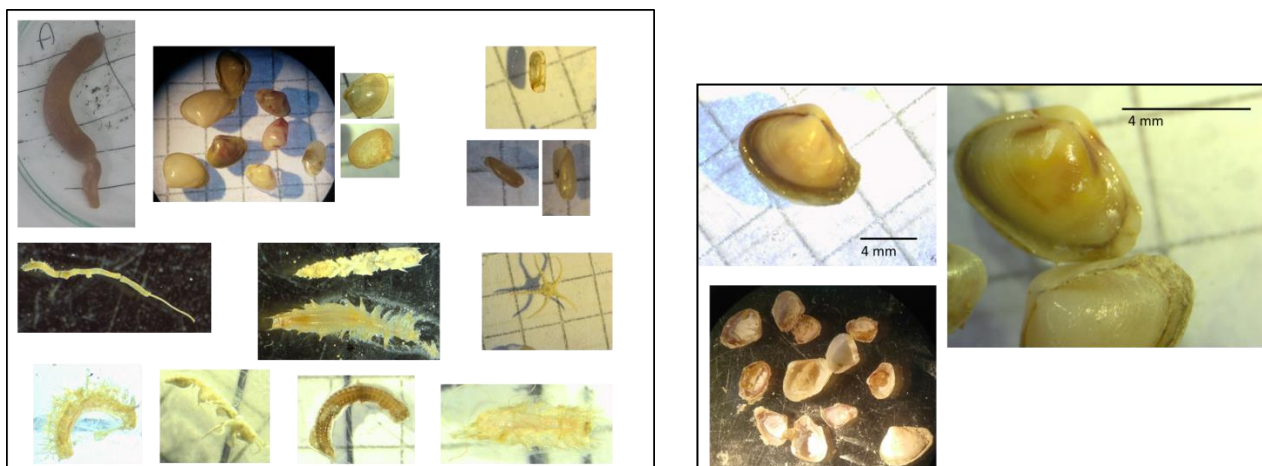


Un possibile impatto sul fondale dovuto alla presenza dell'impianto di mitili sembra quindi non essere strettamente connesso alla presenza di microplastiche. Una differenza evidente però è visibile confrontando gli organismi bentonici presenti nei vari punti. I punti sottostanti l'impianto sono caratterizzati da detrito conchigliare (BN2, BN4 e BN6) (Figura 49) oppure da sedimento (BN1, BN3 e BN5), mentre nei restanti punti (BN7, BN8, BN9, BN10) non sono presenti detriti, ma organismi integri, rappresentati principalmente da Bivalvi della specie *Corbula (Varicorbula) gibba* (Figura 50).

Figura 49. Resti di conchiglie nei punti BN2 (sinistra) e BN4 (destra).



Figura 50. Gli organismi integri rinvenuti nei campioni di sedimento sotto e al di fuori dell'impianto di mitili comprendono Bivalvi, Anellidi, Crostacei e alcuni Gasteropodi (a sinistra).



La presenza di Anellidi nei punti sotto l'impianto, rispetto ad altri organismi come i Bivalvi, suggerisce una possibile ipossia del sedimento. In uno studio relativo all'impatto di un impianto di molluschicoltura sulla fauna bentonica si è notata la presenza di *Varicorbula gibba* (*Corbula gibba*) nei punti esterni all'impianto con una abbondanza media ($N\ dm^{-2}$) in inverno di 0,86 (Fabi 2009). In questo lavoro nei punti BN7, BN8, BN9 e BN10 la media di individui (*V. gibba*) in 500 g di sedimento è rispettivamente 5,5, 3,5, 2,5 e 1 (Tabella 20). Il Bivalve rinvenuto più volte, *Varicorbula gibba*, è un bivalve tipico del ripopolamento di aree depauperate ed è un indicatore di aumento di materia organica.

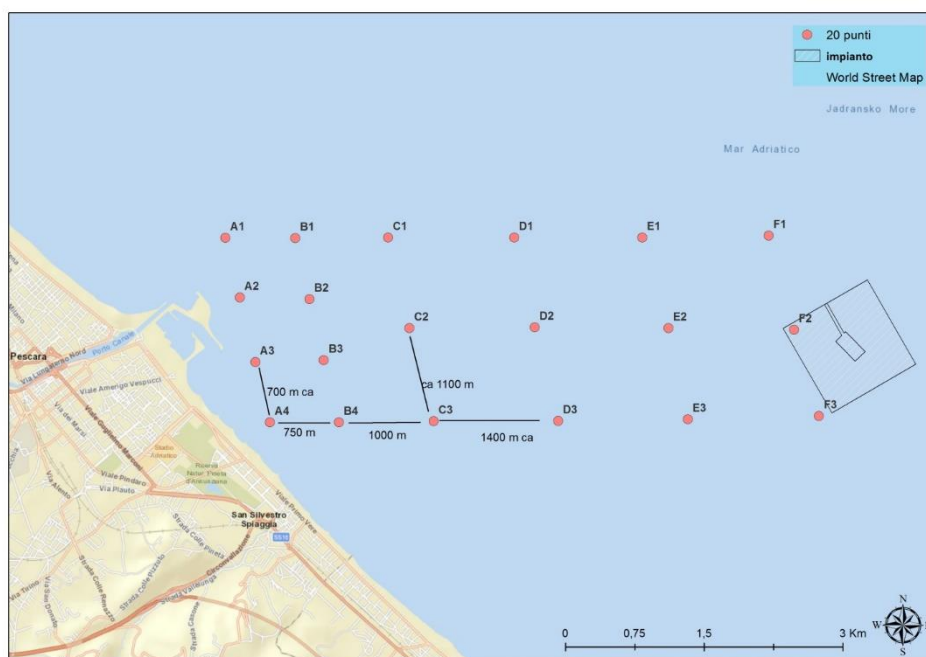
- 3) Calibrazione dei dati satellitari con i dati rilevati sul campo mediante sonde multiparametriche.

3.1 Monitoraggio dei parametri chimico-fisici

In collaborazione con IZSAM è stato implementato un modello matematico in grado di interfacciare dati satellitari con le rilevazioni effettuate sul campo. Una volta verificati i giorni e l'ora del passaggio di satelliti in grado di recepire e trasferire rilevazioni di parametri fisici e chimici come temperatura, torbidità, clorofilla, sono state effettuate uscite in mare con la motonave Ermione, al traverso della foce del fiume Pescara, durante le quali, in contemporanea con il passaggio del satellite, gli stessi parametri sono stati rilevati in acqua con sonda multiparametrica.

Il campionamento è stato effettuato su un reticolo di venti punti, distribuiti su sei file di transetti perpendicolari alla costa, situati tra il porto di Pescara e l'impianto di miticoltura Mitilmare (Figura 51).

Figura 51. Reticolo dei punti di campionamento per la calibrazione dei dati satellitari

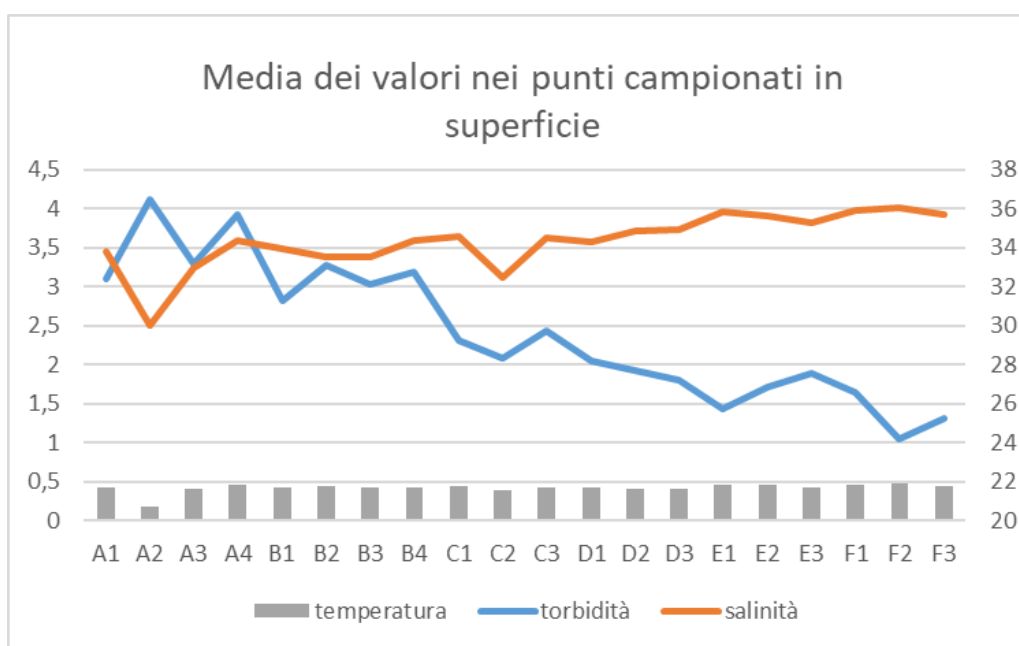


Le date delle uscite in mare ed i risultati della rilevazione dei parametri fisico-chimici con sonda multiparametrica sono riportati nell'Allegato 1 e sono stati condivisi con IZSAM.

I due tipi di rilevazione, con satellite e con sonda, sono stati confrontati per acquisire un modello in grado di quantificare l'eventuale discostamento tra i dati per arrivare ad utilizzare con precisione le informazioni acquisite in remoto. I risultati di questo studio sono riportati nella relazione finale prodotta da IZSAM.

Per definire la direzione prevalente del plume del fiume Pescara in mare sono stati analizzati i valori medi dei dati rilevati in tutta l'attività di monitoraggio per i parametri temperatura, torbidità e salinità. Dal grafico di confronto (Figura 52) è possibile evincere che il punto di campionamento A2 indubbiamente è quello che risente più degli altri dell'apporto delle acque del fiume Pescara perché presenta i valori medi più bassi per temperatura e salinità, mentre registra il valore medio più alto per la torbidità.

Figura 52. Media dei valori di temperatura, salinità e torbidità registrati in superficie in tutti i punti di campionamento



DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

In merito ai risultati ottenuti per il raggiungimento degli obiettivi specifici si riportano le seguenti conclusioni:

1) Implementazione di un WEBGIS dedicato alla Pianificazione Spaziale Marittima per la delimitazione delle AZA

1.1 Implementazione di un WEBGIS dedicato alla Pianificazione Spaziale Marittima delle aree adatte alla molluschicoltura

IZSAM ha raccolto tutte le informazioni rese disponibili dal presente lavoro e le ha utilizzate per implementare il GIS dedicato alla localizzazione delle aree della costa abruzzese destinate alla molluschicoltura. Per ciascun fattore considerato significativo è stato costituito un *layer* che è andato ad alimentare il GIS. La sovrapposizione di tutti i *layer*, compreso quello aggiornato sugli usi del mare, ha prodotto il SeaGIS finale.

I dati satellitari potranno essere utilizzati per individuare la plume di dispersione in mare delle acque dolci provenienti dai corsi d'acqua abruzzesi che potrebbe condizionare la qualità delle acque e, di conseguenza, le condizioni igienico-sanitarie delle specie allevate e, inoltre, indicare zone potenzialmente non idonee alla molluschicoltura perché soggette a fioriture di alghe potenzialmente tossiche o a innalzamenti di temperatura che potrebbero influenzare negativamente le produzioni.

1.2 Valutazione della contaminazione di origine fecale

Il *layer* relativo alla contaminazione fecale ha definito una disponibilità all'utilizzo di tutte le aree marine, escluse quelle interessate da altri vincoli, oltre i 3.000 m dalla costa.

1.3 Valutazione dello stato trofico mediante l'indice TRIX

L'Indice TRIX relativo agli ultimi tre anni di monitoraggio ha manifestato, in linea generale, per tutte le acque costiere abruzzesi uno stato elevato o buono generalizzato, ad indicare acque scarsamente o moderatamente produttive, con un livello di trofia scarso o medio. I risultati indicano che le acque costiere abruzzesi risultano essere poco trofiche, non presentando abbondanza di nutrienti tali da favorire fioriture algali che potrebbero sostenere impianti di molluschicoltura con carichi elevati.

Inoltre, i dati dimostrano che non vi sono differenze tra le acque costiere dal punto di vista trofico, per esempio tra la parte Nord e la parte Sud, differenze che avrebbero potuto far prediligere una zona al posto di un'altra perché più ricca di nutrienti e di fitoplacton.

Seppure le acque marine non sono altamente trofiche, come in altre zone del Mare Adriatico, l'attività trentennale di alcuni impianti presenti dimostrano la sostenibilità degli interventi, in termini di supporto nutritivo.

Pertanto questo fattore non è stato considerato determinante per la definizione di aree adatte alla molluschicoltura.



1.4 Caratteristiche idrologiche, chimiche e dinamiche delle acque costiere abruzzesi

Non si segnalano condizioni ostative all'insediamento di piante di molluschicoltura in relazione alle caratteristiche idrologiche, chimiche e dinamiche delle acque costiere che sono omogenee lungo la tutta la costa abruzzese, anche riguardo all'altezza delle onde.

1.5 Dinamica costiera

Non si segnalano condizioni ostative all'insediamento di piante di molluschicoltura e inoltre la dinamica costiera è omogenea lungo la tutta la costa abruzzese.

1.6. Descrizione dei fondali

Non si segnalano condizioni ostative all'insediamento di piante di molluschicoltura oltre i 3.000 m dalla costa.

1.7 Capacità portante (*Carrying capacity*)

Le modalità per la valutazione della capacità portante descritte nel precedente capitolo possono essere applicate a tutte le acque costiere abruzzesi.

Gli impianti per la molluschicoltura nelle acque abruzzesi sono costituiti da long line con reste di circa di 4,40 m di lunghezza, posizionati su un fondale di circa 12-18 m di profondità. Nella Tabella 19 è riportata la produzione di alcuni di essi al 2017.

Tabella 21. Tabella con le produzioni di alcuni impianti di molluschicoltura situati nelle acque costiere abruzzesi.

	Area (Km ²)	Produzione (t)	Produzione (t/Km ²)
Adriatica off-shore	0,102	144	1.412
Nova Mitil srl	1,236	300	243
Silmar	0,728	585	803
Acquachiarà	2,136	600	281

2) Impatto sul fondale di un impianto per l'allevamento dei mitili

2.1 Caratteristiche morfologiche del fondale dentro e fuori l'impianto mediante sonar Multibeam

L'area interna all'impianto ha una tessitura molto eterogenea e l'intensità del backscatter aumenta nella porzione più meridionale della stessa. Anche la porzione settentrionale dell'area esterna all'impianto presenta elevati valori di backscatter e tessitura eterogenea, mentre spostandosi verso Sud i valori di backscatter diminuiscono e il mosaico risulta molto più omogeneo.



2.2 Saggi ecotossicologici

I saggi ecotossicologici sopra descritti applicati ai 10 punti di campionamento situati dentro e fuori l'impianto hanno mostrato una tossicità media nel primo e nel quinto punto di campionamento alle rispettive distanze di 250 m e 1250 m fuori l'impianto, verso sud.

Dalle analisi ecotossicologiche, effettuate sui 10 campioni di sedimenti utilizzando tre differenti saggi (Saggio acuto con *Vibrio fischeri*, Saggio acuto con *Pheodactylum tricornutum* e Saggio sub-cronico con *Crassostrea gigas*) è stata riscontrata tossicità solo in due punti (BN6 e BN10, rispettivamente 250 m e 1250 m a sud dell'impianto) con una classe di pericolo HQ (Hazard Quotient) media. Inoltre dai risultati ottenuti con il saggio di tossicità algale è stato rilevato un leggero effetto di eutrofizzazione nei punti BN1, BN9 e BN10. Le successive analisi chimiche e batimetriche forniranno ulteriori informazioni per un confronto con i risultati ottenuti fino ad ora (estrazione delle plastiche e analisi ecotossicologiche) per capire se l'impianto di mitili abbia un possibile impatto sul fondale.

2.3 Analisi granulometriche e chimiche

I 10 campioni analizzati hanno presentato caratteristiche granulometriche diverse, con percentuali di pelite comprese tra un minimo di 20,5 ed un massimo di 76,4. In generale la frazione pelitica è risultata più elevata nei sedimenti prelevati in corrispondenza delle prime 5 stazioni, ubicate nell'area sottostante l'impianto di molluschicoltura.

Le determinazioni analitiche relative ai campioni di sedimento superficiale, finalizzate alla ricerca dei microinquinanti organici ed inorganici, hanno prodotto risultati sempre inferiori ai Livelli Chimici di riferimento nazionali L2 riportati nella Tabella 2.5 del D.M. 173/2016 e agli standard di qualità riportati nelle Tab. 3A e 3B del D.Lgs. 172/2015.

I microinquinanti organici, in particolare, hanno mostrato valori di concentrazione inferiori o comunque prossimi ai limiti di quantificazione in tutte le stazioni di monitoraggio.

Per quanto riguarda i metalli, nei campioni prelevati nelle prime 5 stazioni di campionamento sono stati riscontrati livelli di Cromo, Nichel, Piombo e Rame leggermente più elevati rispetto a quelli rilevati negli altri campioni. La maggiore quantità di metalli, indipendentemente dalla presenza dell'impianto, può essere associata ad una naturale, maggiore composizione pelitica dei sedimenti di quel tratto della fascia costiera.

2.4 Plastiche

Nei campioni di sedimento analizzati sono risultate assenti macroplastiche e mesoplastiche.

Da questo si potrebbe dedurre che i detriti in plastica di recente deposizione costituiti da polimeri più resistenti non si sarebbero frammentati, ma potrebbero essere stati ingeriti da organismi pelagici in colonna d'acqua o da organismi bentonici, oppure potrebbero essere stati trasportati dalla corrente (De Witte 2014; Renzi 2018).

Nei dieci punti di campionamento la presenza di microplastiche è elevata e la dimensione prevalente è quella compresa nella frazione dimensionale ≤ 1 mm. Il ripetersi di filamenti degli stessi colori fa supporre che essi possano provenire da reste in plastica che vengono utilizzate per contenere i mitili o da reti da pesca, visto che questi materiali possono avere differenti colorazioni. Tuttavia non si possono attribuire tutti i filamenti all'impianto Mitilmare, dato che il colore non risulta essere sempre lo stesso e l'aspetto dei filamenti varia. Film e frammenti presentano colori e materiali differenti e la loro provenienza non può essere individuata, tuttavia non dovrebbero provenire dall'impianto data la loro eterogeneità.



Inoltre confrontando i risultati di questo studio con quelli di altri studi in aree differenti come porti, laghi e zone costiere, si è notato che la quantità di microplastiche riscontrate, in prossimità dell'impianto Mitilmare, in 1 kg di sedimento è più bassa rispetto ad altre aree prive di impianti di acquacoltura.

Un possibile impatto sul fondale dovuto alla presenza dell'impianto sembra quindi non essere strettamente connesso alla presenza di microplastiche. Una differenza evidente è visibile confrontando gli organismi bentonici presenti nei vari punti. I punti sottostanti l'impianto sono caratterizzati da abbondante detrito conchigliare, mentre nei restanti punti non sono presenti detriti, ma organismi integri, rappresentati principalmente da Bivalvi della specie *Corbula (Varicorbula) gibba*. Questo bivalve, rinvenuto nelle aree esterne all'impianto, costituisce un indicatore di aree depauperate e ricche di materia organica (Fabi 2009). Infine la quasi totale assenza di organismi nei punti sottostanti l'impianto suggerisce una possibile ipossia del sedimento. Nonostante la distribuzione e l'accumulo di plastica nel Mar Adriatico siano relativamente documentati, la maggior parte degli studi e dei monitoraggi sono relativi alle microparticelle disperse sulla superficie del mare e ai detriti spiaggiati. Contrariamente gli studi relativi alle plastiche depositate sul fondale marino coprono aree geografiche molto limitate (Fabi 2009; Mistri *et al.* 2016). Quindi ulteriori indagini sulla presenza di microplastiche nei fondali marini potrebbero sia dare un ulteriore contributo alla conoscenza dei detriti presenti nell'ambiente, sia fornire informazioni sull'impatto che potrebbe o non potrebbe avere un impianto di molluschicoltura sul fondale.

3.1 Monitoraggio dei parametri chimico-fisici

La discussione sul confronto tra dati satellitari e dati rilevati dalla sonda multiparametrica è riportata nella relazione prodotta da IZSAM.

In merito al plume di dispersione delle acque del fiume Pescara, esso appare deviato verso sud, influenzando in modo predominante il punto A2, a differenza di quanto ci si potesse aspettare, immaginando un deflusso più perpendicolare alla costa che influenzasse soprattutto il punto A1. Questi risultati meritano uno studio più approfondito che possa anche definire il ruolo della diga foranea ubicata alla foce del fiume Pescara per eventuali condizionamenti della qualità delle acque nei pressi dell'impianto di mitilicoltura.

BIBLIOGRAFIA

1. Anyadike, C., Mbajiorgu, C., Ajah, G., 2016. Review of aquacultural production system models. Nigerian Journal of Technology 35, pp. 448-457.
2. Applicazione della CGPM del modello sviluppato da Valderrama, Hishamunda e Zhou. (2010). Studi e Revisioni n. 97 - AZA - Una guida per l'istituzione di aree costiere dedicate all'acquacoltura nel Mediterraneo e nel Mar Nero.
3. Aswani S., Lauer M., 2006. Incorporating fishermen's local knowledge and behavior into Geographical Information Systems (GIS) for designing Marine Protected Areas in Oceania. Hum Organ 65:81-102.
4. Atlante delle correnti superficiali dei mari italiani – Istituto Geografico della Marina – Genova, 1982.
5. Byron, C. J., Costa-Pierce, B. A., 2013. Carrying capacity tools for use in the implementation of an ecosystems approach to aquaculture. Site selection and carrying capacities for inland and coastal aquaculture, pp. 87-101.



6. Byron, C., Link, J., Costa-Piercea, B., Bengtson, D., 2011. Calculating ecological carrying capacity of shellfish aquaculture using mass-balance modeling: Narragansett Bay, Rhode Island. *Ecologic. Model.* 222, pp. 1743–1755.
7. Byron, C.J. & Costa-Pierce B.A., 2013. Carrying capacity tools for use in the implementation of an ecosystems approach to aquaculture. pp. 87-101.
8. Cannas, S., Fastelli, P., Guerranti, C., & Renzi, M. (2017). Plastic litter in sediments from the coasts of south Tuscany (Tyrrhenian Sea). *Marine pollution bulletin*, 119(1), 372-375.
9. Claessens, M., De Meester, S., Van Landuyt, L., De Clerck, K., & Janssen, C. R. (2011). Occurrence and distribution of microplastics in marine sediments along the Belgian coast. *Marine pollution bulletin*, 62(10), 2199-2204.
10. Coppock, R. L., Cole, M., Lindeque, P. K., Queirós, A. M., & Galloway, T. S. (2017). A small-scale, portable method for extracting microplastics from marine sediments. *Environmental Pollution*, 230, 829-837.
11. Corcoran, P. L., Norris, T., Ceccanese, T., Walzak, M. J., Helm, P. A., & Marvin, C. H. (2015). Hidden plastics of Lake Ontario, Canada and their potential preservation in the sediment record. *Environmental Pollution*, 204, 17-25.
12. Cubillo, A. M., Ferreira, J. G., Marshall, R., Pearce, C. M., Cheney, D., Hudson, B., Suhrbier, A. D., Dewey, W.F., Becker, P., Wysocki, S. 2015. Ecosystem goods and services of geoduck farming in South Puget Sound: A modelling analysis. PESCA project, funded by NOAA Sea Grant. <http://ecowin.org/geoduck>.
13. De Freitas, D.M., Tagliani, P.R.A., 2009. The use of GIS for the integration of traditional and scientific knowledge in supporting artisanal fisheries management in southern Brazil. *J Environ Manage* 90:2071-80.
14. De Witte, B., Devriese, L., Bekaert, K., Hoffman, S., Vandermeersch, G., Cooreman, K., & Robbens, J. (2014). Quality assessment of the blue mussel (*Mytilus edulis*): Comparison between commercial and wild types. *Marine pollution bulletin*, 85(1), 146-155.
15. Douvère, F, 2008. The importance of marine spatial planning in advancing ecosystem-based sea use management. *Mar Policy* 32:762-71.
16. Esiukova, E. (2017). Plastic pollution on the Baltic beaches of Kaliningrad region, Russia. *Marine Pollution Bulletin*, 114(2), 1072-1080.
17. Fabi, G., Manoukian, S., & Spagnolo, A. (2009). Impact of an open-sea suspended mussel culture on macrobenthic community (Western Adriatic Sea). *Aquaculture*, 289(1-2), 54-63.
18. Fastelli, P., Blašković, A., Bernardi, G., Romeo, T., Čížmek, H., Andaloro, F., ... & Renzi, M. (2016). Plastic litter in sediments from a marine area likely to become protected (Aeolian Archipelago's islands, Tyrrhenian sea). *Marine pollution bulletin*, 113(1-2), 526-529.
19. Ferreira, J.G., Hawkins, A.J.S., Bricker, S.B., 2007b. Management of productivity, environmental effects and profitability of shellfish aquaculture — the Farm Aquaculture Resource Management (FARM) model. *Aquaculture* 264 (1 –4), 160–174.
20. Ferreira, J.G., Sequeira, A., Hawkins, A.J.S., Newton, A., Nickell, T.D., Pastres, R., Forte, J., Bodoy, A., Bricker, S.B. 2009. Analysis of coastal and offshore aquaculture: application of the FARM model to multiple systems and shellfish species. *Aquaculture*, 292 (2009), pp. 129-138.
21. Fischer, E. K., Paglialonga, L., Czech, E., & Tamminga, M. (2016). Microplastic pollution in lakes and lake shoreline sediments—a case study on Lake Bolsena and Lake Chiusi (central Italy). *Environmental Pollution*, 213, 648-657.



22. Guerranti, C., Cannas, S., Scopetani, C., Fastelli, P., Cincinelli, A., & Renzi, M. (2017). Plastic litter in aquatic environments of Maremma Regional Park (Tyrrhenian Sea, Italy): contribution by the Ombrone river and levels in marine sediments. *Marine pollution bulletin*, 117(1-2), 366-370.
23. Giansante, C. Monitoraggio biologico sulle barriere artificiali installate in Provincia di Pescara, IZSAM- Regione Abruzzo, Relazioni finali anni 2005-2014
24. Imhof, H. K., Schmid, J., Niessner, R., Ivleva, N. P., & Laforsch, C. (2012). A novel, highly efficient method for the separation and quantification of plastic particles in sediments of aquatic environments. *Limnology and oceanography: methods*, 10(7), 524-537.
25. Karlsson, T. M., Vethaak, A. D., Almroth, B. C., Ariese, F., van Velzen, M., Hassellöv, M., & Leslie, H. A. (2017). Screening for microplastics in sediment, water, marine invertebrates and fish: method development and microplastic accumulation. *Marine pollution bulletin*, 122(1-2), 403-408.
26. Katsanevakis, S., Stelzenmüller, V., South, A., Sørensen, T.K., Jones, P.J.S., Kerr, S., Badalamenti, F., Anagnostou, C., Breen, P., Chust, G., D'Anna, G., Duijn, M., Filatova, T., Fiorentino, F., Hulsman, H., Johnson, K., Karageorgis, A.P., Kröncke, I., Mirto, S., Pipitone, C., Portelli, S., Qiu, W., Reiss, H., Sakellariou, D., Salomidi, M., van Hoof, L., Vassilopoulou, V., Fernández, TV., Vöge, S., Weber, A., Zenetos, A., ter Hofstede, R., 2011. Ecosystem-based marine spatial management: Review of concepts, policies, tools, and critical issues. *Ocean Coast Manag.* 54:807-20.
27. Liebezeit, G., & Dubaish, F. (2012). Microplastics in beaches of the East Frisian islands Spiekeroog and Kachelotplate. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 89(1), 213-217.
28. Liubartseva, S., Coppini, G., Lecci, R., & Creti, S. (2016). Regional approach to modeling the transport of floating plastic debris in the Adriatic Sea. *Marine pollution bulletin*, 103(1-2), 115-127.
29. Macias, J. C., Avila Zaragozá, P.A., Karakassis, I., Sanchez-Jerez, P., Massa, F., Fezzardi, D., Gier, G.Y., Franičević, V., Borg, J. A., Chapela Pérez, R.M., Tomassetti, P., Angel, D. L., Marino, G., Nhhala, H., Hamza, H., Carmignac, C., Fourdain, L., 2020. COMMISSIONE GENERALE PER LA PESCA NEL MEDITERRANEO - ZONE ALLOCATE PER L'ACQUACOLTURA Una guida per l'istituzione di zone costiere assegnate all'acquacoltura. Food And Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
30. Mistri, M., Infantini, V., Scoponi, M., Granata, T., Moruzzi, L., Massara, F., ... & Munari, C. (2017). Small plastic debris in sediments from the Central Adriatic Sea: Types, occurrence and distribution. *Marine Pollution Bulletin*, 124(1), 435-440.
31. Newell C. R., Brady, D.C., Richardson, J. 2019. Chapter 24 Farm-Scale Production Models. *Tools Goods and Services of Marine Bivalves*, pp. 485-506.
32. Piroddi, C., Teixeira, H., Lynam, C.P., Smith, C., Alvarez, M.C., Mazik, K., Andonegi, E., Churilova, T., Tedesco, L., Chifflet, M., Chust, G., Galparsoro, I., Garcia, A.C., Kamari, M., Kryvenko, O., Lassalle, G., Neville, S., Niquil, N., Papadopoulou, N., Rossberg, A., Suslin, S., REGOLAMENTO (CE) N. 854/2004 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 29 aprile 2004 che stabilisce norme specifiche per l'organizzazione di controlli ufficiali sui prodotti di origine animale destinati al consumo umano (GU L 139 del 30.4.2004, pag. 206).



33. Qiu, Q., Tan, Z., Wang, J., Peng, J., Li, M., & Zhan, Z. (2016). Extraction, enumeration and identification methods for monitoring microplastics in the environment. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 176, 102–109. doi:10.1016/j.ecss.2016.04.012
34. Renzi, M., Blašković, A., Bernardi, G., & Russo, G. F. (2018). Plastic litter transfer from sediments towards marine trophic webs: a case study on holothurians. *Marine pollution bulletin*, 135, 376-385.
35. Renzi, M., Guerranti, C., & Blašković, A. (2018). Microplastic contents from maricultured and natural mussels. *Marine pollution bulletin*, 131, 248-251.
36. Ross, L. G., Telfer, T. C., Falconer, L., Soto, D., Aguilar-Manjarrez, J., Asmah, R., ... & Corner, R. 2013. Carrying capacities and site selection within the ecosystem approach to aquaculture. *Site selection and carrying capacities for inland and coastal aquaculture*, pp. 19-46.
37. Saurel, C., Ferreira, J. G., Cheney, D., Suhrbier, A., Dewey, B., Davis, J., & Cordell, J. (2014). Ecosystem goods and services from Manila clam culture in Puget Sound: a modelling analysis. *Aquaculture Environment Interactions*, 5(3), pp. 255-270.
38. Silva, C., Ferreira, J. G., Bricker, S. B., DelValls, T. A., Martín-Díaz, M. L., Yáñez, E. (2011). Site selection for shellfish aquaculture by means of GIS and farm-scale models, with an emphasis on data-poor environments. *Aquaculture*, 318(3-4), pp. 444-457.
39. Smaal, Aad C., van Duren, L. A. 2019. Chapter 23 Bivalve Aquaculture Carrying Capacity: Concepts and Assessment. *Tools Goods and Services of Marine Bivalves*, pp. 451-484.
40. Uyarra, M.C., 2015. Using ecological models to assess ecosystem status in support of the European Marine Strategy Framework Directive. *Ecol Indic* 58:175-91.
41. Wijsman, J. W. M., Troost, K., Fang, J. Roncarati, A. 2019 Global Production of Marine Bivalves. *Trends and Challenges. Goods and Services of Marine Bivalves*, pp. 7-26.
42. Zhang, B., Wu, D., Yang, X., Teng, J., Liu, Y., Zhang, C., ... & Wang, Q. (2019). Microplastic pollution in the surface sediments collected from Sishili Bay, North Yellow Sea, China. *Marine pollution bulletin*, 141, 9-15.
43. https://www.arpae.it/cms3/documenti/daphne/progetto_mare/morfologia_e_geologia.htm
44. <https://www.boomerangalliance.org.au/mpp-blog-02-microplastics>
45. [https://d3n8a8pro7vhmx.cloudfront.net/boomerangalliance/pages/282/attachments/original/1472189296/Germany_\(2015\)_sources_of_microplastics_relevant_to_marine_protection.pdf?1472189296](https://d3n8a8pro7vhmx.cloudfront.net/boomerangalliance/pages/282/attachments/original/1472189296/Germany_(2015)_sources_of_microplastics_relevant_to_marine_protection.pdf?1472189296)
46. http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_italy/en
47. <https://www.marina.difesa.it/noi-siamo-la-marina/pilastro-logistico/scientifici/idrografico/Documents/download/II%203068%20Atlante%20della%20correnti%20superficiali%20dei%20mari%20italiani.pdf>
48. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749118328562>
49. *Ecoscienza Sostenibilità e Controllo Ambientale, Rivista di Arpae Agenzia regionale prevenzione, ambiente ed energia dell'Emilia-Romagna N° 1 febbraio 2020, Anno XI*
Rivista di Arpae Agenzia regionale prevenzione, ambiente ed energia dell'Emilia-Romagna N° 1 febbraio 2020, Anno XI.





ALLEGATO 1

Tabella giornaliera con data e valori dei parametri rilevati.

Tabella 1

Data Campionamento	Temperatura °C	Conducibilità mS/cm	Salinità psu	Ossigeno disciolto %	Ossigeno disciolto mg/l	pH	Clorofilla "a" µg/L	Torbidità FTU
27/06/2019	26,3723	55,2515	35,5417	102,4	6,73	8,053	0,33	1,436
27/06/2019	25,8187	55,3021	36,0109	101,3	6,71	8,104	0,33	1,171
27/06/2019	25,5202	54,9455	35,9842	99,6	6,63	8,096	0,13	1,247
27/06/2019	25,8089	55,0928	35,865	101,5	6,73	8,103	0,23	1,06
27/06/2019	26,6443	55,7379	35,6836	100,9	6,6	8,083	0,4	1,736
27/06/2019	26,2887	55,2054	35,5731	99,8	6,57	8,081	0,35	3,746
27/06/2019	26,2977	53,8772	34,6041	100,6	6,66	8,083	0,37	1,684
27/06/2019	26,2427	55,3789	35,7348	100,6	6,62	8,09	0,3	1,63
27/06/2019	27,1682	55,5123	35,1218	99,2	6,45	8,067	0,34	1,693
27/06/2019	27,1857	54,8969	34,6706	98,8	6,44	8,078	0,35	1,631
27/06/2019	26,5524	55,5654	35,63	99,9	6,54	8,089	0,4	1,662
27/06/2019	26,5112	54,605	34,9682	100,2	6,59	8,075	0,37	2,189
27/06/2019	26,5045	55,5284	35,6402	99	6,49	8,079	0,43	1,938
27/06/2019	25,964	51,1407	32,8733	98,9	6,65	8,034	0,26	1,781
27/06/2019	26,858	54,7402	34,8038	99,2	6,49	8,065	0,18	1,683
27/06/2019	26,8451	55,8762	35,6284	98,8	6,44	8,078	0,35	1,797
27/06/2019	26,3584	55,7621	35,9231	100	6,56	8,092	0,4	1,591
27/06/2019	25,0222	46,5707	30,2192	96,7	6,71	8,034	0,36	3,936
27/06/2019	26,2466	55,2105	35,6094	99,1	6,53	8,089	0,49	2,239
27/06/2019	26,3751	50,182	31,8966	94	6,31	8,017	0,32	2,463



Tabella 2

Data Campionamento	Temperatura °C	Conducibilità mS/cm	Salinità psu	Ossigeno disciolto %	Ossigeno disciolto mg/l	pH	Clorofilla "a" µg/L	Torbidità FTU
10/07/2019	27,4146	57,9288	36,6562	102,1	6,56	8,016	0,25	0,323
10/07/2019	27,25	57,5727	36,5309	102	6,58	8,023	0,25	0,73
10/07/2019	27,1914	57,4022	36,4545	101,5	6,55	8,012	0,32	1,699
10/07/2019	27,1361	57,046	36,2426	101,8	6,58	8,014	0,53	3,359
10/07/2019	27,1689	57,0923	36,2503	102,2	6,61	8,022	0,36	1,174
10/07/2019	27,3349	57,6336	36,5079	100,5	6,47	8,028	0,18	0,782
10/07/2019	27,0603	55,628	35,286	103,3	6,73	8,026	0,31	1,883
10/07/2019	27,107	55,8883	35,4365	102,3	6,65	8,029	0,41	2,429
10/07/2019	27,0243	55,818	35,4493	103,7	6,75	8,037	0,38	2,077
10/07/2019	27,4234	56,9439	35,9471	102,3	6,59	8,031	0,14	2,577
10/07/2019	27,3792	56,6535	35,7742	103,6	6,69	8,031	0,43	2,243
10/07/2019	27,4325	56,3429	35,5127	103,3	6,68	8,033	0,49	2,023
10/07/2019	27,3909	56,1766	35,4261	103,9	6,72	8,041	0,56	1,616
10/07/2019	27,3222	55,3744	34,908	104	6,75	8,063	0,6	3,766
10/07/2019	26,9498	51,9559	32,7552	101,9	6,74	8,018	0,47	4,289
10/07/2019	26,8142	50,9146	32,1132	103,1	6,86	8,017	0,43	5,292
10/07/2019	27,565	57,3991	36,1616	102,8	6,6	8,042	0,65	4,371
10/07/2019	26,1191	49,6333	31,6815	103,4	6,98	8,009	0,01	5,453
10/07/2019	27,0264	54,1704	34,2718	103,2	6,76	8,016	0,75	4,823
10/07/2019	27,5744	57,3425	36,1142	104,8	6,73	8,037	0,61	1,554



Tabella 3

Data Campionamento	Temperatura °C	Conducibilità mS/cm	Salinità psu	Ossigeno disciolto %	Ossigeno disciolto mg/l	pH	Clorofilla "a" µg/L	Torbidità FTU
06/08/2019	26,5353	55,0021	35,2359	93,2	6,12	7,951	0,14	0,168
06/08/2019	26,6122	55,1091	35,2546	92	6,04	7,958	0,13	0,126
06/08/2019	26,5942	55,0813	35,2483	91	5,97	7,964	0,02	0,06
06/08/2019	26,7283	55,1563	35,2003	92,3	6,05	7,966	0,13	0,138
06/08/2019	26,6725	55,0708	35,1811	91,8	6,02	7,97	0,11	0,153
06/08/2019	26,5778	55,0379	35,2296	92,5	6,07	7,968	0,07	0,08
06/08/2019	26,4128	54,244	34,7823	91,7	6,05	7,963	0,09	1,255
06/08/2019	25,9303	52,1709	33,6424	93,4	6,25	7,944	0,15	1,045
06/08/2019	26,4657	53,9146	34,5051	93	6,14	7,954	0,2	1,362
06/08/2019	26,2981	53,3169	34,1993	93,3	6,19	7,957	0,16	1,497
06/08/2019	26,076	52,0281	33,4327	92,6	6,19	7,949	0,2	1,648
06/08/2019	26,4026	54,2248	34,7762	91,6	6,05	7,968	0,3	1,791
06/08/2019	26,0236	50,8827	32,6448	90,7	6,1	7,941	0,17	1,518
06/08/2019	26,4049	53,1059	33,9682	92,8	6,15	7,957	0,2	1,094
06/08/2019	26,5636	55,0522	35,2505	92,6	6,08	7,972	0,12	1,226
06/08/2019	26,4877	53,8692	34,456	91	6,01	7,969	0,1	1,434
06/08/2019	26,753	55,0302	35,0909	93,1	6,1	7,971	0,18	1,63
06/08/2019	26,1372	50,9196	32,5907	92,9	6,24	7,961	0,11	1,035
06/08/2019	23,1183	34,2822	22,4343	93,3	7	7,828	0,2	2,152
06/08/2019	25,3803	46,0516	29,609	92,8	6,41	7,916	0,23	2,313



Tabella 4

Data Campionamento	Temperatura °C	Conducibilità mS/cm	Salinità psu	Ossigeno disciolto %	Ossigeno disciolto mg/l	pH	Clorofilla "a" µg/L	Torbidità FTU
13/09/2019	25,1012	55,7551	36,9226	97	6,46	7,808	0,19	1,252
13/09/2019	25,005	55,267	36,6362	94,8	6,34	7,882	0,24	2,733
13/09/2019	25,0375	55,4391	36,7384	95,8	6,4	7,894	0,21	2,32
13/09/2019	24,5177	53,1708	35,4565	89,2	6,05	7,945	0,21	4,38
13/09/2019	25,0178	55,1612	36,5467	91,9	6,15	7,925	0,23	3,561
13/09/2019	24,9674	55,0761	36,524	91,8	6,14	7,912	0,19	4,052
13/09/2019	24,3172	41,0598	26,6742	101,8	7,29	7,989	0,25	4,643
13/09/2019	24,7142	53,3223	35,415	101,5	6,87	7,961	0,25	3,761
13/09/2019	24,5502	52,3495	34,8157	93,7	6,38	7,9	0,28	2,641
13/09/2019	25,1741	55,1616	36,4208	91,4	6,1	7,929	0,24	3,857
13/09/2019	23,7271	24,2649	15,1353	90,8	7,02	7,956	0,22	3,354
13/09/2019	24,5982	52,1793	34,6514	94,7	6,45	7,883	0,27	5,527
13/09/2019	24,4702	50,9159	33,8063	94	6,45	7,908	0,32	7,493
13/09/2019	24,8506	51,4468	33,9145	93,8	6,38	7,901	0,24	8,444
13/09/2019	25,03	54,5544	36,0841	89,9	6,03	7,99	0,2	5,048
13/09/2019	25,1142	54,6957	36,122	96,2	6,44	7,95	0,29	6,498
13/09/2019	25,0321	54,7069	36,1962	93,3	6,25	7,918	0,37	9,359
13/09/2019	25,0205	53,6944	35,4515	92,5	6,22	7,914	0,24	5,322
13/09/2019	24,9417	53,7196	35,5322	89,7	6,04	7,937	0,21	6,933
13/09/2019	24,9913	54,3664	35,9748	97,4	6,54	7,939	0,34	7,173



Tabella 5

Data Campionamento	Temperatura °C	Conducibilità mS/cm	Salinità psu	Ossigeno disciolto %	Ossigeno disciolto mg/l	pH	Clorofilla "a" µg/L	Torbidità FTU
25/09/2019	23,5235	54,2358	37,0768	87	5,95	7,915	0,22	1,071
25/09/2019	23,5187	54,2756	37,1116	91,4	6,25	7,928	0,2	0,943
25/09/2019	22,6764	51,4974	35,6565	87,5	6,13	7,922	0,37	3,579
25/09/2019	23,2208	52,4609	35,9588	88,9	6,15	7,926	0,4	4,023
25/09/2019	22,7775	51,3887	35,4897	89,7	6,28	7,915	0,57	4,839
25/09/2019	23,5829	54,2802	37,0612	87	5,95	7,932	0,99	0,84
25/09/2019	22,8244	51,3828	35,4471	88,8	6,21	7,921	0,36	4,246
25/09/2019	23,1576	52,4076	35,9693	89,1	6,17	7,921	0,51	4,882
25/09/2019	23,3472	52,8985	36,1926	89	6,14	7,927	0,39	4,286
25/09/2019	23,5246	52,922	36,0654	88,8	6,11	7,928	0,44	5,662
25/09/2019	23,1905	52,4896	36,0057	88,1	6,1	7,939	0,38	5,275
25/09/2019	23,0027	51,9927	35,7749	90,2	6,28	7,927	0,34	4,849
25/09/2019	23,1003	52,1664	35,8297	88,8	6,17	7,927	0,49	6,072
25/09/2019	22,3819	45,6249	31,3404	87,7	6,33	7,822	0,45	7,418
25/09/2019	23,288	51,768	35,3708	89,3	6,2	7,908	0,25	8,258
25/09/2019	23,238	51,7116	35,3676	88,7	6,16	7,897	0,52	8,547
25/09/2019	23,4641	52,7579	35,9889	87,2	6,01	7,918	0,67	11,497
25/09/2019	23,4012	52,1439	35,5684	87,7	6,07	7,904	0,34	7,116
25/09/2019	21,6652	48,5351	34,1475	87,2	6,27	7,834	0,37	7,837
25/09/2019	23,5771	52,7452	35,8872	88,9	6,12	7,941	0,78	8,613



Tabella 6

Data Campionamento	Temperatura °C	Conducibilità mS/cm	Salinità psu	Ossigeno disciolto %	Ossigeno disciolto mg/l	pH	Clorofilla "a" µg/L	Torbidità FTU
30/09/2019	23,3006	52,0245	35,5579	91,9	6,37	7,878	0,34	1,069
30/09/2019	23,1542	49,439	33,6903	93,8	6,59	7,875	0,37	2,693
30/09/2019	23,9248	53,7465	36,369	96,6	6,59	7,911	0,58	1,657
30/09/2019	23,3417	51,1477	34,8521	96	6,68	7,896	0,65	3,06
30/09/2019	22,9128	47,4622	32,3611	96,4	6,85	7,899	0,32	2,473
30/09/2019	23,2424	50,6378	34,5396	97,5	6,8	7,903	0,4	1,545
30/09/2019	22,6467	46,0141	31,4484	98,1	7,04	7,892	0,62	1,989
30/09/2019	22,5115	47,4986	32,687	96,9	6,92	7,884	0,47	1,636
30/09/2019	22,8205	48,6107	33,3099	96,8	6,85	7,908	0,37	1,43
30/09/2019	22,7034	48,2693	33,1361	98,6	7	7,913	0,42	1,367
30/09/2019	22,8253	50,4352	34,7124	97,6	6,85	7,933	0,62	2,591
30/09/2019	22,8738	50,2578	34,537	97,4	6,84	7,937	0,36	2,759
30/09/2019	22,9228	50,6958	34,8364	98,4	6,89	7,925	0,43	0,845
30/09/2019	22,8881	50,9887	35,0904	98,4	6,88	7,942	0,49	0,735
30/09/2019	22,9147	51,0313	35,1021	97,5	6,82	7,94	0,41	1,835
30/09/2019	22,689	50,6771	35,0085	97,4	6,84	7,945	0,48	1,228
30/09/2019	23,1877	52,0587	35,6755	98,1	6,81	7,945	0,51	0,86
30/09/2019	23,492	53,0358	36,1795	95,8	6,59	7,947	0,12	0,656
30/09/2019	23,3564	52,621	35,9714	96,9	6,69	7,942	0,38	1,475
30/09/2019	23,1361	52,0318	35,6966	97,5	6,77	7,95	0,46	0,587



Tabella 7

Data Campionamento	Temperatura °C	Conducibilità mS/cm	Salinità psu	Ossigeno disciolto %	Ossigeno disciolto mg/l	pH	Clorofilla "a" µg/L	Torbidità FTU
28/10/2019	20,3518	51,7379	37,8393	99,4	7,16	7,746	0,02	0,271
28/10/2019	20,3127	51,9472	38,0472	98,6	7,1	7,819	0,13	0,209
28/10/2019	20,1795	51,5251	37,8184	100	7,23	7,815	0,19	0,576
28/10/2019	19,7007	49,5657	36,6193	97,2	7,14	7,819	0,21	0,921
28/10/2019	19,7529	49,9777	36,9157	99,8	7,31	7,823	0,21	0,925
28/10/2019	20,0889	51,2323	37,6576	99,9	7,24	7,831	0,2	0,773
28/10/2019	19,8667	49,2572	36,2192	99,3	7,29	7,82	0,17	0,993
28/10/2019	19,7951	48,8164	35,9165	98,4	7,25	7,815	0,09	1,817
28/10/2019	20,0836	50,372	36,951	98,2	7,15	7,826	0,28	1,225
28/10/2019	20,2977	51,2391	37,4767	96,1	6,95	7,819	0,08	1,944
28/10/2019	20,112	47,5966	34,6481	96,6	7,13	7,816	0,23	1,583
28/10/2019	20,2135	49,3906	36,0309	97,5	7,12	7,809	0,19	1,228
28/10/2019	20,5079	50,0779	36,3408	95,4	6,92	7,806	0,18	1,338
28/10/2019	20,43	51,443	37,5268	97,2	7,01	7,835	0,18	1,819
28/10/2019	20,588	51,4541	37,3959	99,7	7,17	7,828	0,24	1,433
28/10/2019	20,2897	48,5563	35,2841	96,7	7,08	7,805	0,21	1,844
28/10/2019	20,3805	50,9477	37,1638	98,8	7,14	7,825	0,17	1,704
28/10/2019	19,7264	45,2194	33,0168	96,4	7,23	7,787	0,24	2,591
28/10/2019	19,378	38,2562	27,6308	94	7,33	7,729	0,21	2,41
28/10/2019	20,0346	47,2218	34,4055	91	6,73	7,78	0,21	2,8



Tabella 8

Data Campionamento	Temperatura °C	Conducibilità mS/cm	Salinità psu	Ossigeno disciolto %	Ossigeno disciolto mg/l	pH	Clorofilla "a" µg/L	Torbidità FTU
09/12/2019	11,9229	33,1066	28,4249	101,5	9,16	8,333	2,13	0,782
09/12/2019	11,8494	32,5776	27,9777	102,5	9,28	8,335	1,33	1,195
09/12/2019	11,6225	32,0534	27,6481	100,3	9,15	8,326	1,9	1,08
09/12/2019	11,1935	30,5613	26,5354	99,3	9,21	8,305	0,53	1,433
09/12/2019	11,4171	31,259	27,0411	102,5	9,42	8,345	1,03	1,267
09/12/2019	11,97	32,9755	28,2645	105,1	9,48	8,344	1,19	0,851
09/12/2019	11,4509	31,4459	27,1951	102,1	9,37	8,327	1,7	1,122
09/12/2019	11,3311	29,4705	25,3976	99,9	9,3	8,307	1,4	1,384
09/12/2019	11,3027	28,8789	24,8553	100,6	9,41	8,302	1,73	1,472
09/12/2019	12,0815	30,9443	26,2677	103,6	9,44	8,318	1,85	0,88
09/12/2019	12,3397	32,8522	27,8711	104,2	9,35	8,348	1,2	0,916
09/12/2019	11,9457	32,4355	27,7709	103	9,32	8,341	1,63	1,03
09/12/2019	12,1548	29,5832	24,947	100	9,18	8,298	1,64	1,629
09/12/2019	12,2573	31,2214	26,4035	102,4	9,29	8,347	1,54	1,462
09/12/2019	12,371	32,2883	27,3196	102,8	9,25	8,337	1,87	1,76
09/12/2019	12,3959	32,6256	27,6172	103,5	9,29	8,343	2,13	1,766
09/12/2019	12,247	31,2581	26,445	100,6	9,12	8,291	0,07	1,509
09/12/2019	12,5273	33,5967	28,4291	103,4	9,2	8,353	0,94	1,636
09/12/2019	12,4328	33,5994	28,5031	103,2	9,2	8,349	1,95	1,398
09/12/2019	12,2736	31,0988	26,2776	100,2	9,09	8,29	1,82	1,277



Tabella 9

Data Campionamento	Temperatura °C	Conducibilità mS/cm	Salinità psu	Ossigeno disciolto %	Ossigeno disciolto mg/l	pH	Clorofilla "a" µg/L	Torbidità FTU
17/02/2020	11,0173	37,8928	33,8411	96,5	8,58	7,879	0,31	1,581
17/02/2020	10,9768	30,6966	26,8224	98,4	9,15	7,802	0,27	2,375
17/02/2020	11,2743	30,0168	25,9572	99,9	9,28	7,797	0,22	2,98
17/02/2020	10,7078	36,4253	32,6605	100,8	9,09	7,505	0,29	2,798
17/02/2020	10,9616	37,6862	33,6868	94	8,38	7,893	0,26	3,066
17/02/2020	11,3864	34,8265	30,5035	99,8	8,99	7,842	0,27	5,847
17/02/2020	10,9765	36,8892	32,8814	94	8,41	7,879	0,29	2,824
17/02/2020	10,5378	35,8559	32,2433	101,3	9,19	7,828	0,28	1,422
17/02/2020	11,0081	37,8253	33,7824	93,2	8,29	7,898	0,21	1,387
17/02/2020	10,7978	34,9088	31,0768	99,1	9,01	7,859	0,24	2,331
17/02/2020	10,5212	35,4526	31,855	96	8,73	7,809	0,25	1,846
17/02/2020	11,1267	39,6347	35,4748	101,7	8,93	7,937	0,26	1,731
17/02/2020	10,8264	37,0893	33,2156	99,5	8,92	7,867	0,21	1,102
17/02/2020	10,6655	39,1956	35,4807	99	8,77	7,862	0,33	1,933
17/02/2020	11,2825	39,8591	35,5482	101,6	8,89	7,939	0,2	3,019
17/02/2020	11,2616	39,7818	35,4914	97	8,49	7,867	0,19	0,737
17/02/2020	10,9789	39,4292	35,4119	101,2	8,92	7,885	0,23	1,155
17/02/2020	11,2058	39,505	35,2692	92,8	8,14	7,937	0,18	8,981
17/02/2020	10,9283	39,3852	35,4166	98,4	8,68	7,864	0,25	1,026
17/02/2020	10,9625	39,4698	35,4684	94,3	8,31	7,886	0,21	0,769



Tabella 10

Data Campionamento	Temperatura °C	Conducibilità mS/cm	Salinità psu	Ossigeno disciolto %	Ossigeno disciolto mg/l	pH	Clorofilla "a" µg/L	Torbidità FTU
19/06/2020	21,7692	50,4193	35,5538	93,1	6,63	7,827	0,22	1,502
19/06/2020	21,2321	47,7563	33,8732	95,4	6,93	7,803	0,25	4,602
19/06/2020	21,2171	47,6931	33,8348	91,5	6,65	7,84	0,24	4,216
19/06/2020	21,084	47,534	33,8134	92,9	6,76	7,781	0,24	2,825
19/06/2020	21,8276	51,264	36,1754	91,8	6,5	7,837	0,23	1,534
19/06/2020	21,6701	50,8647	35,9899	94,1	6,69	7,828	0,24	1,494
19/06/2020	21,5999	48,6714	34,307	91	6,54	7,802	0,18	2,713
19/06/2020	21,5381	49,6906	35,1651	92,7	6,64	7,782	0,23	1,908
19/06/2020	21,825	51,6864	36,5132	94,9	6,71	7,825	0,24	2,141
19/06/2020	21,9271	51,792	36,5107	95,6	6,75	7,832	0,24	0,944
19/06/2020	21,5	52,0146	37,0534	94,1	6,67	7,831	0,28	1,106
19/06/2020	22,1689	52,9448	37,2187	93,9	6,57	7,84	0,23	0,896
19/06/2020	22,1539	52,9397	37,2276	93,4	6,54	7,83	0,2	0,654
19/06/2020	21,9042	52,6635	37,2232	93,3	6,57	7,831	0,23	0,995
19/06/2020	22,3356	53,3974	37,4333	96,6	6,73	7,832	0,24	0,517
19/06/2020	22,1006	52,8025	37,1646	95,7	6,71	7,829	0,21	0,831
19/06/2020	22,084	52,7979	37,1752	86,9	6,1	7,871	0,19	0,867
19/06/2020	22,278	53,0379	37,1988	98,4	6,88	7,808	0,28	1,923
19/06/2020	22,1493	52,9746	37,2591	96	6,72	7,828	0,21	0,86
19/06/2020	22,1602	52,8594	37,1584	94,8	6,64	7,832	0,2	1,869



Tabella 11

Data Campionamento	Temperatura °C	Conducibilità mS/cm	Salinità psu	Ossigeno disciolto %	Ossigeno disciolto mg/l	pH	Clorofilla "a" µg/L	Torbidità FTU
06/07/2020	25,4753	57,0489	37,5794	99,5	7,2	7,875	0,35	2,323
06/07/2020	21,3684	32,0832	21,7013	99	7,81	7,753	0,22	9,305
06/07/2020	24,4282	49,5696	32,8355	99,6	7,63	7,826	0,24	4,394
06/07/2020	25,4565	55,4942	36,4407	99,6	7,27	7,872	0,31	4,396
06/07/2020	25,4241	56,8352	37,4627	99,7	7,23	7,874	0,3	2,227
06/07/2020	25,4894	56,344	37,044	99,2	7,21	7,871	0,3	3,545
06/07/2020	25,4053	55,0102	36,1233	98,5	7,23	7,865	0,2	3,161
06/07/2020	25,5545	56,9349	37,4292	98,8	7,15	7,87	0,4	4,546
06/07/2020	25,3537	56,2937	37,1176	98,7	7,19	7,862	0,32	2,569
06/07/2020	25,163	54,4094	35,8704	97,9	7,24	7,847	0,23	2,636
06/07/2020	25,2005	55,0274	36,2998	99,1	7,29	7,833	0,23	2,96
06/07/2020	25,2417	56,8209	37,6032	99,2	7,28	7,865	0,26	2,051
06/07/2020	25,1022	55,137	36,4604	99,1	7,29	7,864	0,26	2,744
06/07/2020	25,1868	56,1467	37,1449	98	7,17	7,848	0,25	2,09
06/07/2020	25,2687	57,3964	38,0111	97,7	7,09	7,85	0,14	1,671
06/07/2020	25,277	57,175	37,8385	98,6	7,16	7,844	0,2	3
06/07/2020	25,1122	56,3137	37,3312	91,6	7,41	7,843	0,25	1,962
06/07/2020	25,3081	57,4405	38,011	97,2	7,06	7,853	0,12	0,844
06/07/2020	25,2497	57,4434	38,0623	99,6	7,22	7,84	0,12	0,79
06/07/2020	25,2856	57,5382	38,103	98,9	7,17	7,848	0,12	0,896



Tabella 12

Data Campionamento	Temperatura °C	Conducibilità mS/cm	Salinità psu	Ossigeno disciolto %	Ossigeno disciolto mg/l	pH	Clorofilla "a" µg/L	Torbidità FTU
21/07/2020	24,398	47,2433	31,1354	91,9	6,41	7,773	0,39	3,8
21/07/2020	24,4267	49,4875	32,7756	92,6	6,4	7,781	0,5	3,037
21/07/2020	24,0603	48,74	32,486	91,9	6,4	7,772	0,51	3,098
21/07/2020	25,7159	56,6178	37,0622	93,1	6,13	7,83	0,43	1,859
21/07/2020	24,4768	51,7806	34,4468	86,7	5,92	7,8	0,31	1,792
21/07/2020	24,3887	47,921	31,6422	92,5	6,43	7,773	0,36	3,423
21/07/2020	23,9702	44,9862	29,7605	88,8	6,29	7,792	0,36	3,025
21/07/2020	24,9222	54,4199	36,0699	89,4	6,01	7,814	0,4	3,417
21/07/2020	24,8025	54,0219	35,8681	92,8	6,26	7,797	0,33	1,79
21/07/2020	24,7718	52,8203	34,9952	91,8	6,22	7,798	0,33	1,962
21/07/2020	24,4437	51,5926	34,3317	90,8	6,21	7,813	0,35	2,159
21/07/2020	25,4902	56,3419	37,0418	92	6,08	7,829	0,23	1,206
21/07/2020	25,4741	56,2912	37,0173	90,1	5,97	7,835	0,27	2,045
21/07/2020	25,5255	56,7478	37,3141	90,4	5,97	7,824	0,27	1,365
21/07/2020	25,3302	56,3143	37,1521	90,2	5,98	7,831	0,24	1,061
21/07/2020	25,494	56,6576	37,273	91	6,01	7,818	0,25	1,142
21/07/2020	25,3464	56,5176	37,2902	90,6	6	7,817	0,3	1,27
21/07/2020	25,2727	55,8484	36,8522	91,3	6,07	7,963	0,26	0,842
21/07/2020	25,289	56,2551	37,1419	90,9	6,03	7,81	0,26	1,049
21/07/2020	25,3832	56,5134	37,2569	86,3	5,71	7,746	0,31	1,277



Tabella 13

Data Campionamento	Temperatura °C	Conducibilità mS/cm	Salinità psu	Ossigeno disciolto %	Ossigeno disciolto mg/l	pH	Clorofilla "a" µg/L	Torbidità FTU
02/10/2020	21,2552	46,1438	32,5771	93,8	6,86	8,108	0,25	2,594
02/10/2020	21,6371	49,3017	34,7761	92,8	6,65	8,182	0,27	1,42
02/10/2020	21,2417	48,9472	34,8146	93,7	6,76	8,217	0,22	1,349
02/10/2020	22,0205	52,6753	37,1324	91,5	6,43	8,135	0,26	1,116
02/10/2020	22,7566	54,1461	37,6598	89,9	6,22	8,183	0,22	1,083
02/10/2020	22,7428	54,0866	37,625	93,5	6,46	8,078	0,25	1,055

