



**MINISTERO DELLE POLITICHE AGRICOLE
ALIMENTARI E FORESTALI**



Dipartimento delle politiche europee e internazionali

Direzione generale della pesca marittima

e dell'acquacoltura

PEMAC I

TEMATICA C1

PROGETTO B

MARICOLTURA

DEFINIZIONE DI SISTEMI DI PIANIFICAZIONE E PROGRAMMAZIONE
DEGLI SPAZI MARITTIMI DA ALLOCARE ALL'ACQUACOLTURA, SECONDO LE
RECENTI INDICAZIONI DEL PROGRAMMA NAZIONALE 2013-2015 E DELLA
PROPOSTA DI DIRETTIVA 2013 (COM 133) PER UN "MARITIME SPATIAL
PLANNING".



SOMMARIO

1.	Principi e finalità	1
1.1	Il contesto Mediterraneo e Nazionale.....	3
2.	Raccolta dati e sistemi GIS	5
2.1	Cartografia di base ambientale e amministrativa	6
2.2	Vincoli ambientali o antropici	7
2.3	Dati ambientali chimico fisici.....	10
2.4	Il GIS.....	14
3.	Analisi effettuata e risultati	16
3.1	Inquadramento ambientale: Carta delle aree protette	21
3.2	Inquadramento antropico: carta dei vincoli.....	28
3.3	Aree idonee	31
4.	Selezione dei parametri ambientali.....	35
4.1	Il modello utilizzato	37
4.2	Risultati.....	39
4.2.1	Descrizione delle mappe tematiche ambientali considerate	39
4.2.2	Mar Adriatico.....	40
4.2.3	Mar Tirreno	49
4.2.4	OUTPUT del modello spaziale	55
5.	Bibliografia di riferimento	62
6.	Tavole cartografiche	69

ALLEGATO MAPPE PARAMETRI AMBIENTALI



Link per scaricare le mappe cartografiche

INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1: Schema dei passaggi eseguiti per ottenere le aree di potenziale espansione della acquacoltura off-shore</i>	<i>20</i>
<i>Figura 2: Carta delle aree protette.</i>	<i>25</i>
<i>Figura 3 Acque territoriali regionali</i>	<i>26</i>
<i>Figura 4 Carta dei manufatti e delle attività antropiche I simboli non rappresentano la reale estensione delle aree ma sono solo indicativi della loro posizione e della numerosità.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 5: Mar Adriatico</i>	<i>39</i>
<i>Figura 6: Mar Tirreno</i>	<i>39</i>
<i>Figura 7: Principali correnti superficiali del bacino adriatico settentrionale, centrale e meridionale. Nel bacino meridionale sono evidenziate la depressione medio-adriatica o di Pomo (230 m) e la depressione dell'Adriatico meridionale (1000 m).</i>	<i>41</i>
<i>Figura 8: SST skin in corrispondenza dell'Adriatico settentrionale nella stagione invernale, primaverile, estiva ed autunnale per gli anni Luglio 2006/Giugno 2012 (fonte CNR-ISAC).</i>	<i>43</i>
<i>Figura 9: Mappe stagionali di CHL (mgm-3) in corrispondenza dell'Adriatico settentrionale nella stagione invernale, primaverile, estiva ed autunnale dal 2001 al 2009 (fonte CNR-ISAC).....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 10: Mappe stagionali di pH superficiale per le acque italiane nelle stagioni invernale, primaverile, estiva e autunnale per il periodo 2006-2012.</i>	<i>48</i>
<i>Figura 11: SST in corrispondenza del Tirreno nella stagione invernale, primaverile, estiva ed autunnale per gli anni Luglio 2006/Giugno 2012 (fonte CNR-ISAC).</i>	<i>50</i>
<i>Figura 12: 11 KD490 in corrispondenza del Mar Tirreno nella stagione invernale, primaverile, estiva ed autunnale dal 2001 al 2009 (fonte CNR-ISAC).</i>	<i>51</i>
<i>Figura 13: Campo fluidodinamico del bacino Tirrenico con i valori medi di corrente superficiale negli anni 2001-2010.</i>	<i>54</i>
<i>Figura 14: Mappe dei valori superficiali di corrente per le acque italiane nella stagione invernale, primaverile, estiva ed autunnale per gli anni 2001-2010.</i>	<i>54</i>
<i>Figura 15: Scenario invernale (gennaio-marzo) in Adriatico settentrionale per i molluschi.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 16: Scenario primaverile (aprile-giugno) in Adriatico settentrionale per i molluschi.</i>	<i>56</i>
<i>Figura 17: Scenario estivo (luglio-settembre) in Adriatico settentrionale per i molluschi.</i>	<i>57</i>
<i>Figura 18: Scenario autunnale (ottobre-dicembre) in Adriatico settentrionale per i molluschi.</i>	<i>57</i>
<i>Figura 19: Scenario invernale (gennaio-marzo) nel Tirreno per i pesci.</i>	<i>58</i>
<i>Figura 20: Scenario primaverile (aprile-giugno) nel Tirreno per i pesci.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 21: Scenario estivo (luglio-settembre) nel Tirreno per i pesci.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 22: Scenario autunnale (ottobre-dicembre) nel Tirreno per i pesci.</i>	<i>59</i>
<i>Figura 23: Particolare dello scenario autunnale nel Tirreno (Toscana e Lazio settentrionale)</i>	<i>60</i>
<i>Figura 24: Particolare dello scenario autunnale nel Tirreno (Lazio meridionale, Campania, Calabria e Sicilia)</i>	<i>60</i>
<i>Figura 25: Particolare dello scenario autunnale nel Tirreno (Sardegna, Toscana e Lazio).....</i>	<i>61</i>

INDICE DELLE TABELLE

<i>Tabella 1: Lista della cartografia utilizzata e delle fonti</i>	<i>10</i>
<i>Tabella 2: Lista dei parametri ambientali, della risoluzione spaziale e delle fonti.....</i>	<i>13</i>
<i>Tabella 3: Elenco dei tematismi e dimensioni delle relative aree di rispetto considerate.....</i>	<i>18</i>
<i>Tabella 4: Aree marine soggette a tutela ambientale e rapporto percentuale rispetto alla superficie totale delle acque territoriali regionali</i>	<i>27</i>
<i>Tabella 5: Aree marine vincolate da attività antropiche e rapporto percentuale rispetto alla superficie totale delle acque territoriali regionali</i>	<i>29</i>
<i>Tabella 6: Aree disponibili per la piscicoltura marina a livello regionale, considerati i vincoli ambientali ed antropici. La scala cromatica mette in evidenza i dimensionamenti delle superfici disponibili, in verde i valori maggiori sia in termini di superficie che di percentuale rispetto al totale regionale, in rosso i valori inferiori.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabella 7: : Aree disponibili per molluschicoltura a livello regionale, considerati i vincoli ambientali ed antropici. La scala cromatica mette in evidenza i dimensionamenti delle superfici disponibili, in verde i valori maggiori sia in termini di superficie che di percentuale rispetto al totale regionale, in rosso i valori inferiori.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabella 8: Tavole rappresentanti i vincoli esistenti e le aree potenzialmente disponibili per uno sviluppo della maricoltura (AZA) per pesci e molluschi in Italia.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabella 9: Lista dei parametri, degli intervalli e dei valori soglia utilizzati per i pesci.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabella 10: Lista dei parametri, degli intervalli e dei range soglia utilizzati per i molluschi.</i>	<i>36</i>

Il presente studio è stato eseguito da Consorzio Unimar S.c.r.l., in collaborazione con
l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA)

Responsabile Tecnico Scientifico:

Paolo Bronzi

<u>UNIMAR</u>	<u>ISPRA</u>
Consulenti/esperti Claudia Camolese Adriano Mariani Eraldo Rambaldi	Consulenti/esperti Maria Grazia Finoia Marta Manca Zeichen Tommaso Petoichi
Elaborazioni GIS Claudia Camolese	Elaborazioni GIS Massimiliano Archina Giancarlo Ciotoli (CNR-IGAG)

1. PRINCIPI E FINALITÀ

Le zone allocate per l'acquacoltura (AZA, Allocated Zone for Aquaculture) sono definite come aree prioritariamente utilizzate a questo scopo, ovvero aree vocate con condizioni ambientali idonee all'allevamento e nelle quali non vi sono interferenze con altri utilizzatori (FAO-GFCM, 2012). Il processo di identificazione delle AZA si basa su alcuni criteri principali che tengono conto degli obiettivi di sviluppo dell'acquacoltura, delle condizioni ambientali e del contesto amministrativo e socio-economico, ed è finalizzato ad incrementare le produzioni in modo sostenibile, minimizzando i rischi ambientali e riducendo i conflitti d'uso e di spazio e a sostenere l'economia del settore a livello locale e nazionale.

Lo studio, la selezione, la realizzazione e il coordinamento delle AZA sono promossi e guidati dalle autorità competenti locali/nazionali per la pianificazione territoriale e marittima, interfacciandosi con le diverse parti interessate (stakeholders) coinvolte nel processo.

L'identificazione delle AZA prevede una prima fase di "zonazione" finalizzata alla delimitazione di aree di studio e alla produzione di mappe preliminari da sottoporre agli stakeholders.

Lo scopo del presente studio è una preliminare identificazione di tali aree in considerazione dei vincoli esistenti, che verrà dettagliata nei capitoli successivi.

In questa fase è preliminarmente necessario definire i criteri di esclusione, sia nel rispetto delle norme, sia in relazione agli usi e ai vincoli presenti nella zona identificata (es. vincoli infrastrutturali, amministrativi, ambientali, archeologici, etc.). Le Amministrazioni centrali e locali, supportate dalle informazioni disponibili (dati tecnici, amministrativi, territoriali, ambientali e socio-economici, pareri tecnico-scientifici, delibere, ordinanze, etc.) procedono quindi ad una prima analisi spaziale coordinandosi sui metodi, gli strumenti operativi e le procedure da utilizzare.

Le Autorità competenti dovranno coinvolgere gli stakeholders (produttori, associazioni di categoria, associazioni ambientaliste, enti per il turismo e lo sviluppo territoriale, ONG, etc.) promuovendo un approccio trasparente e partecipativo al fine di condividere le analisi spaziali delle zone identificate, rilevare le interazioni, le conflittualità e gli interessi comuni e valutare le potenzialità di sviluppo delle diverse attività di acquacoltura. Il confronto con gli stakeholders è

parte integrante del processo ed esso stesso strumento operativo per l'identificazione e la validazione delle AZA.

Il fine è l'individuazione di zone che saranno classificate come:

i) **aree idonee**: non vi è alcuna interferenza con altri usi e sono presenti buone condizioni ambientali,

ii) **aree idonee con restrizione**: soggette a particolari regolamentazioni o limitazioni,

iii) **aree non idonee**: per incompatibilità di tipo infrastrutturale, amministrativa o ambientale.

L'assegnazione di aree da parte delle Autorità si baserà sulle migliori conoscenze ambientali, tecniche, biologiche e sulla disponibilità di strumenti e modelli che consentano di prevedere i potenziali impatti. Pertanto, la disponibilità di criteri e indicatori per la scelta dei siti, di dati ambientali georeferenziati nonché di sistemi informativi geografici (GIS) per associare le aree di produzione d'acquacoltura con le informazioni ambientali e con le altre attività antropiche che insistono nell'area, sono strumenti indispensabili per individuare siti idonei e disponibili e ridurre le esternalità negative che possono originarsi dalle attività d'acquacoltura.

L'assegnazione delle aree dovrà prevedere, inoltre, la definizione di programmi di monitoraggio ambientali per valutare i potenziali impatti delle attività di acquacoltura all'interno delle AZA e adottare misure operative se necessario. Tali programmi dovranno essere flessibili ed adattabili in funzione delle attività di produzione (specie, tecnologia, biomasse) e delle caratteristiche del sito. Modelli di stima dei carichi e della dispersione dei reflui d'acquacoltura, basati sulla produzione attesa, sulle specie allevate ed il loro metabolismo, sulle correnti e le caratteristiche idrodinamiche del sito, potranno essere utilizzati per stimare le pressioni e gli impatti attesi e supportare i decisori sulla opportunità di concedere licenze e permessi.

Le AZA identificate dovranno essere inserite in un quadro normativo e in un piano di gestione condiviso che le preservi, al fine di garantire lo sviluppo sostenibile del settore.

1.1 Il contesto Mediterraneo e Nazionale

La mancanza nella definizione, individuazione e pianificazione dei siti idonei per l'acquacoltura è considerato uno dei fattori che ha limitato lo sviluppo e la crescita del settore a livello europeo negli ultimi 15 anni. Anche in Italia l'assenza di una pianificazione territoriale per l'individuazione di AZA emerge tra i principali punti di debolezza del settore (PSA – Piano Strategico per l'Acquacoltura, 2015).

Gli orientamenti strategici della Commissione Europea riconoscono l'importanza dell'acquacoltura nella bioeconomia europea e auspicano lo sviluppo di una industria moderna, sostenibile, dinamica, competitiva e integrata nelle aree costiere, in grado di promuovere lo sviluppo socio-economico e soddisfare le esigenze dei consumatori, nel rispetto dell'ambiente, del benessere animale e della qualità del prodotto. La riforma della PCP (Politica Comune della Pesca) assegna agli Stati membri il compito di realizzare una pianificazione coordinata dello spazio, compresa la pianificazione dello spazio marino a livello dei bacini marittimi, che tenga conto del potenziale e delle esigenze dell'acquacoltura garantendogli l'assegnazione di spazi adeguati per lo sviluppo sostenibile. L'identificazione di AZA è quindi in linea con gli obiettivi di aumento del potenziale dei siti previsti dal FEAMP (Fondo Europeo per gli Affari Marittimi e la Pesca) e con le politiche di pianificazione, tutela ambientale e governance fissate dalla Direttiva quadro per la pianificazione dello spazio marittimo, dalla Direttiva quadro sulle acque e dalla Strategia Marina.

A livello Mediterraneo il processo per la creazione di AZA è promosso nell'ambito della gestione integrata delle zone costiere (ICZM – Integrated Coastal Zone Management) e dell'approccio ecosistemico per l'acquacoltura (EAA – Ecosystems Approach to Aquaculture), definito come “la strategia per l'integrazione delle attività di acquacoltura all'interno di un più vasto ecosistema nell'ambito dello sviluppo sostenibile, dell'equità e della resilienza dei sistemi socio-economici” (FAO, 2010). I progetti Europei finanziati dalla DG Mare quali ShocMed - Developing site selection and carrying capacity guidelines for Mediterranean aquaculture within aquaculture appropriate areas - e InDAM – Indicators for Sustainable Development of Aquaculture and Guidelines for their use in the Mediterranean - (FAO, 2011) sono stati fondamentali per definire le metodologie e le linee guida a supporto del processo di realizzazione delle AZA e dello sviluppo sostenibile dell'acquacoltura nel bacino Mediterraneo. Nel 2012 la Commissione Generale per la Pesca del Mediterraneo (GFCM) ha approvato la risoluzione sulle AZA (FAO GFCM/36/2012/1) delineandone i principi fondamentali.

Quanto descritto trova applicazione negli obiettivi nazionali per aumentare la crescita e la competitività dell'acquacoltura. Nel Piano Strategico Acquacoltura 2014-2020 sono infatti fissati obiettivi e azioni strategiche per assicurare lo sviluppo e la crescita sostenibile dell'acquacoltura attraverso la pianificazione coordinata dello spazio e l'aumento del potenziale dei siti d'acquacoltura.

Il presente lavoro è quindi in linea con le politiche europee e mediterranee sulla pianificazione marittima e coerente con l'esigenza di sviluppo di conoscenze e di nuovi strumenti per la definizione delle AZA promossa dal Piano Strategico nazionale.

2. RACCOLTA DATI E SISTEMI GIS

L'individuazione di siti idonei prevede l'acquisizione del maggior numero possibile d'informazioni geografiche e ambientali in grado di descrivere il territorio e di evidenziare quali sono i vincoli e gli usi attuali, nonché le pianificazioni e gli sviluppi nel breve e medio termine.

Una delle maggiori problematiche in un progetto di tale ampiezza è di riuscire a selezionare dati quanto più possibile omogenei e completi. La scala di riferimento o la copertura del dato sul territorio sono fondamentali, in quanto non si possono confrontare dati con dettagli troppo diversi. In particolare non si può utilizzare uno strato informativo se la sua copertura spaziale non comprende tutta l'area di studio, poiché altrimenti l'informazione risultante sarebbe parziale e incompleta. Nell'ambito di questo progetto si è scelto quindi di raccogliere, tra le varie banche dati disponibili, unicamente le informazioni in grado di descrivere fenomeni a livello nazionale, e non sono state quindi considerate informazioni anche a dettaglio maggiore presenti però solo a livello locale. Tale secondo livello informativo potrà essere utilizzato in ambito locale, durante la fase di istruttoria per il rilascio della concessione demaniale in maricoltura. I dati territoriali presentano quindi una copertura nazionale e sono stati raccolti ed elaborati per fornire indicazioni complete e confrontabili su base regionale, rappresentando un approccio unico e originale e uno strumento di prima pianificazione e sviluppo della maricoltura, da implementare successivamente con analisi di dettaglio locale.

Le informazioni geografiche già presenti nei geodatabase di Unimar, sono state integrate con altre provenienti da banche dati disponibili in rete o generate a partire da decreti e/o normative. Il dato già in formato geografico e perciò direttamente utilizzabile dai sistemi GIS non è sempre reperibile e in questo caso si è fatto riferimento ai documenti ufficiali come i decreti o le ordinanze, in cui sono solitamente riportate le coordinate dei vertici delle aree argomento del decreto o vi è una cartografia allegata che può essere georeferenziata e importata nel GIS.

Come area di studio iniziale per il progetto è stato considerato tutto il tratto di mare compreso dalla linea di costa italiana e le 12 miglia nautiche di distanza verso il largo. Alcuni elementi antropici o naturali, pur essendo localizzati sulla terra ferma, possono comunque avere influenza sul tratto di mare considerato (ad esempio i SIN – Siti di Interesse Nazionale- o i corsi d'acqua) e sono state perciò raccolte informazioni relative anche ad elementi non propriamente situati all'interno dell'area di studio e che sono stati successivamente inclusi nell'analisi.

I dati così reperiti sono stati raggruppati in 3 macrotematiche:

1. cartografia di base ambientale e amministrativa,
2. vincoli ambientali o antropici,
3. dati ambientali chimico fisici.

Nel paragrafo successivo sono elencati i singoli tematismi all'interno delle macrotematiche, specificando le loro fonti e come sono stati utilizzati nell'analisi GIS.

2.1 Cartografia di base ambientale e amministrativa

Comprende tutti i tematismi che rappresentano e descrivono le diverse componenti ambientali e amministrative che già insistono nell'area considerata.

- *Limiti amministrativi (regioni, province e comuni).* Gli shapefile utilizzati sono quelli rilasciati dall'Istat come strati informativi a livello nazionale e aggiornati al primo gennaio 2011. I limiti amministrativi sono costituiti da tre livelli gerarchici a copertura nazionale, rispettivamente regioni, province e comuni.

- *Linea di costa.* Shapefile lineare generato dai limiti regionali pubblicati dall'istat nel 2011.

- *Batimetria.* Le batimetriche riportate sulle carte nautiche 1:250.000 dell'Istituto Idrografico della Marina sono state digitalizzate e sono servite a generare dei poligoni utilizzati per delimitare le nostre aree.

- *Porti e aree di pertinenza.* Lo shapefile poligonale rappresentante i porti italiani è stato generato estraendo la classe 123 relativa ad "*aree portuali*" dalla versione 2012 del Corine Land Cover (CLC). Il Corine Land cover è un progetto europeo iniziato nel 1985 e aggiornato ogni 6 anni circa e fornisce una cartografia della copertura del suolo suddivisa in 44 classi. L'unità minima di mappatura (MMU) è di 25 ettari, ciò ha fatto sì che i porti minori o i semplici moli non siano stati inseriti nel nostro progetto. I poligoni rappresentanti invece le aree di pertinenza dei porti a mare come le zone di sosta o di allibio sono stati generati partendo dalle informazioni presenti sulle ordinanze emesse dalle capitanerie di porto.

- *Capitanerie di porto e uffici marittimi.* È stato generato un file puntuale raffigurante la localizzazione delle capitanerie di porto e dei principali uffici marittimi partendo dalle informazioni desunte dai decreti pubblicati nelle gazzette ufficiali.

- *Corsi d'acqua principali.* Dallo shapefile disponibile sul GeoPortale Nazionale sono stati estratti i corsi d'acqua principali.

2.2 Vincoli ambientali o antropici

Comprende i tematismi che contengono elementi che possono essere di vincolo ad un eventuale sviluppo della maricoltura a causa di interferenze d'uso che possono sorgere nella stessa zona.

- *Siti di Interesse Nazionale.* I SIN sono delle aree contaminate molto estese classificate come pericolose a livello nazionale e che necessitano perciò di interventi di bonifica del suolo. Sono stati individuati 28 SIN lungo la fascia costiera istituiti con la legge n 349 del 08/07/1986. Sono stati riportati in cartografia le limitazioni di questi siti adiacenti alla costa generando i poligoni a partire dai decreti ministeriali sulle norme di perimetrazione o dalle loro leggi istitutive.

- *Praterie di Posidonia oceanica e Cymodocea nodosa.* Le fanerogame marine sono di vitale importanza per gli ecosistemi marini svolgendo un ruolo attivo come fonte di cibo e riparo per molti organismi e favorendo la stabilizzazione dei fondali. La posidonia oceanica in particolare è una specie protetta essendo riconosciuta come habitat prioritario per la direttiva Habitat 94/43/CEE. Gli shapefile raffiguranti la loro collocazione sono stati estratti dal lavoro pubblicato dal Ministero dell'Ambiente e dal Politecnico di Torino nel 2005 GIS NATURA, il GIS delle conoscenze naturalistiche in Italia.

- *Aree marine protette.* Sono zone di mare circoscritte di particolare importanza ambientale o paesaggistica all'interno delle quali vi sono delle limitazioni alle attività consentite al fine di garantire la conservazione degli habitat presenti. Sono state importate nel GIS le coordinate presenti nei decreti ministeriali relativi a tutte le AMP presenti nei mari italiani e sono stati generati i poligoni corrispondenti comprendendo anche la suddivisione nelle diverse zone interne.

- *Rete Natura 2000.* Istituita ai sensi della Direttiva 93/43/CEE "habitat" è una rete europea di siti protetti che contengono aree con habitat di alto valore e specie di piante e animali rari, in pericolo o vulnerabili. La rete Natura 2000 è formata dai Siti di Interesse Comunitario (SIC) e dalle Zone di Protezione Speciale (ZPS) istituite ai sensi della Direttiva 2009/147/CE "Uccelli" e rappresenta una rete ecologica diffusa su tutto il territorio ed è il principale strumento della politica Europea per garantire la conservazione della biodiversità. Lo shapefile della

perimetrazione delle singole aree della rete è stato estratto dal GeoPortale Nazionale del Ministero dell'ambiente.

- *Aree Ramsar.* In accordo con la convenzione di Ramsar, ratificata e resa esecutiva dall'Italia con il DPR 13 marzo 1976, n. 448, sono state individuate le aree umide che svolgono un'importante funzione ecologica per la regolazione del regime delle acque e come habitat per flora e fauna. Il file vettoriale utilizzato è stato estratto dal GeoPortale nazionale del ministero dell'ambiente.

- *Servitù militari e ordigni inesplosi.* In accordo con la legge n. 898 del 1976, per servitù militare si intende l'insieme delle limitazioni, ossia dei divieti, che possono essere imposti tanto su beni privati quanto su beni pubblici situati in vicinanza delle installazioni militari e delle opere a queste equiparate. In particolare è relativo alle aree che si trovino in vicinanza di altre aree sostanzialmente riconducibili a tre categorie: a) aree adiacenti ai depositi di munizioni e carburanti; b) aree soggette ad emissione elettromagnetica, per la presenza di radar o trasmittenti per le comunicazioni ovvero per gli impianti di assistenza al volo; c) aree adiacenti a poligoni di tiro. Per perimetrare le aree soggette a vincoli militari si è utilizzato il bollettino di avviso ai naviganti che viene emesso ogni anno dall'Istituto Idrografico della Marina militare. Nel fascicolo del 2014 sono riportate le coordinate dei vertici delle aree militari suddivise nelle seguenti categorie:

- ✓ zone impiegate per esercitazioni di tiro (Mare - Terra);
- ✓ zone impiegate per esercitazione di tiro (Terra - Mare);
- ✓ zone in cui sono presenti ostacoli subacquei (Esercitazioni di dragaggio);
- ✓ zone nelle quali vengono svolte esercitazioni con sommergibili.
- ✓ i poligoni, con fronte a mare, per esercitazioni di tiro con armi portatili.

Una volta trascritte e importate le coordinate nel GIS sono stati generati i poligoni corrispondenti.

Sempre dall'avviso ai naviganti 2014 sono state aggiornate le posizioni degli ordigni inesplosi integrando così le informazioni ricavate dalle ordinanze delle capitanerie.

- *Impianti di acquacoltura.* La geolocalizzazione degli impianti attivi, suddivisi per il metodo di allevamento (in sospensione o a fondo per i molluschi e gabbie per i pesci), deriva direttamente dalla raccolta contestuale dei dati produttivi effettuata dai rilevatori di Unimar nella parte specifica del progetto. Ogni rilevatore ha infatti fornito le coordinate per localizzare i singoli

impianti, quando possibile utilizzando un ricevitore satellitare (gps) in loco, altrimenti basandosi su individuazione del sito tramite Google earth o programmi simili.

- *piattaforme estrattive di idrocarburi.* Dal sito del Ministero dello Sviluppo Economico è stato utilizzato il file contenente le coordinate di tutte le piattaforme e teste pozzo sottomarine attive e non attive aggiornato al dicembre 2015. Da questo file è stato generato lo shapefile puntiforme utilizzato successivamente.

- *Insedimenti industriali.* Lo shapefile poligonale è stato generato selezionando e esportando la classe 121 relativa a “*Aree industriali, commerciali e dei servizi pubblici e privati*” dalla versione 2012 del Corine Land Cover.

- *Relitti e manufatti.* Le coordinate dei punti in cui si trovano imbarcazioni affondate o altri manufatti sommersi o emersi come ad esempio statue, resti di impianti di acquacoltura, boe, tonnare fisse ecc. provengono dalle ordinanze delle capitanerie di porto emesse e raccolte da Unimar durante il progetto FEP (Fondo Europeo per la Pesca).

- *Rotte principali dei traghetti.* Un file lineare rappresentante le maggiori rotte in arrivo e in partenza dalle coste italiane è stato estratto dal database fornito da EuroGeographics.

- *Cavi e condotte sottomarine.* I dati sono stati estratti dal sito <http://www.cablemap.info/>

Tabella 1: Lista della cartografia utilizzata e delle fonti

Dati Cartografici		Fonti
Cartografia di base ambientale e amministrativa	<i>Limiti amministrativi</i>	Istat, 2011
	<i>Batimetria</i>	Digitalizzazione carte nautiche Istituto Idrografico della Marina
	<i>Aree Portuali</i>	Corine Land Cover 2012
	<i>Aree di pertinenza porti</i>	Unimar, ordinanze capitanerie
	<i>Capitanerie di porto e uffici marittimi</i>	Unimar, gazzette ufficiali
Vincoli ambientali o antropici	<i>Siti di Interesse Nazionale</i>	Unimar, gazzette ufficiali
	<i>Praterie di Posidonia oceanica e Cymodocea nodosa</i>	Unimar, GIS Natura 2005
	<i>Aree marine protette</i>	Unimar, gazzette ufficiali
	<i>Rete Natura 2000</i>	GeoPortale Nazionale
	<i>Aree Ramsar</i>	GeoPortale Nazionale
	<i>Servitù militari e ordigni inesplosi</i>	Unimar, Istituto Idrografico della Marina
	<i>Impianti di acquacoltura</i>	Unimar
	<i>Piattaforme estrattive di idrocarburi</i>	Unimar, Ministero sviluppo economico
	<i>Insedimenti industriali</i>	Corine Land Cover 2012
	<i>Corsi d'acqua principali</i>	GeoPortale Nazionale
	<i>Relitti e manufatti</i>	Unimar, ordinanze capitanerie
	<i>Cavi e condotte sottomarine</i>	ISPRA, www.cablemap.info

2.3 Dati ambientali chimico fisici

- I dati relativi alla temperatura superficiale o SST (*Sea Surface Temperature*) sono stati processati dal CNR ISAC mediando i prodotti di livello L4 ovvero i prodotti mediterranei ottimamente interpolati (OI) e distribuiti attraverso il progetto *MyOcean*. I campi delle medie mensili sono stati calcolati partendo dai dati che coprono il periodo luglio 2006/Giugno 2012. I prodotti OISST consistono nei campi di temperatura superficiali privi di gaps ad una risoluzione

spaziale di $1/16^\circ$ (Buongiorno Nardelli *et al.*, 2013). Sono stati ottenuti mediante la combinazione e l'interpolazione delle immagini notturne di SST collezionate da tutti i sensori ad infrarosso reperibili e sono rappresentativi nominalmente delle SST misurate alle 00:00 UTC. I sensori considerati sono l'*Advanced Along Track Scanning Radiometer* (AATSR, installato sull'*European ENVironment SATellite*, ENVISAT), il *MODerate resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS, su entrambi i satelliti Aqua and Terra), l'*Advanced Very High Resolution Radiometer* (AVHRR, sul *METEorological Operational satellite*, METOP, e i satelliti del *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA)), *Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager* (SEVIRI, installato su *Meteosat Second Generation*, MSG).

- I dati di temperatura al fondo del progetto *MyOcean* sono interpolati su una griglia regolare con una cella di dimensioni di $1/16^\circ$ per entrambe latitudine e longitudine e su 72 livelli. I dati si riferiscono a 10 anni di medie stagionali dal 2001 al 2010. In oceanografia l'inverno è composto dai mesi di gennaio, febbraio e marzo, la primavera dai mesi di aprile, maggio e giugno, l'estate dai mesi di luglio, agosto e settembre e l'autunno dai mesi di ottobre, novembre e dicembre.

- I dati di salinità sono stati estrapolati sempre dal database del progetto *MyOcean* e sono anch'essi interpolati su una griglia regolare con una cella di dimensioni di $1/16^\circ$ per entrambe latitudine e longitudine. I dati si riferiscono a 10 anni di medie stagionali dal 2001 al 2010.

- I dati di correntometria sono i dati di reanalisi per il periodo 2001-2010 forniti dal modello numerico per il Mar Mediterraneo del progetto *MyOcean* e *MyOcean2* su grigliato regolare con passo di griglia di dimensioni di $1/16$ di grado per entrambe latitudine e longitudine. Tali dati della velocità della corrente consistono in medie mensili su 72 livelli di profondità. I dati sono stati raggruppati per stagione al fine di calcolare in ogni punto di griglia le medie stagionali dell'intensità e della direzione della componente orizzontale della velocità in corrispondenza della superficie.

- I dati di esposizione al moto ondoso sono medie mensili climatologiche per il periodo 2006-2011 fornite dalla reanalisi del modello numerico ECMWF ERA-Interim per il Mediterraneo. I dati sono su una griglia di cella di dimensione di 0.25° per entrambe latitudine e longitudine.

- Per i dati di mixing sono state utilizzate le medie mensili relative al periodo 2001-2010 fornite dalla reanalisi del modello numerico del progetto *MyOcean* per il Mediterraneo (ref. FP7 progetto *MyOcean*). I dati sono su una griglia regolare con una cella di dimensioni di $1/16^\circ$ per

entrambe latitudine e longitudine e su 72 livelli. Per ogni sottobacino è stata calcolata la frequenza di Brunt Väisälä al quadrato (N^2).

- I dati di torbidità derivano dalle medie climatologiche mensili del coefficiente di attenuazione diffusa (KD490) collezionati dal sensore *Sea-viewing Wide Field-of-view* (SeaWiFS) dal 2001 al 2009. I dati SeaWiFS a risoluzione piena (*full resolution*) L0 sono stati acquisiti e processati dal CNR-ISAC utilizzando il CNR *Mediterranean Ocean Colour Observing system*. La catena di processamento del CNR include molteplici moduli, dall'estrazione dei dati al controllo preliminare della qualità dei dati, alla rimozione dei pixel contaminati dalle nubi. Ulteriori dettagli sull'algoritmo applicato per stimare il KD490 dalle misure satellitari della radianza in uscita dall'acqua (*Water Leaving Radiance*) sono descritte nel sito seguente: http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/REPROCESSING/SeaWiFS/R5.1/k490_update.html. I dati KD490 ad alta risoluzione (1.1 km) per il Mediterraneo sono stati mappati con una proiezione equirettangolare sul Mar Mediterraneo e successivamente sono stati suddivisi in 8 sottobacini. Le medie climatologiche mensili sono state ottenute mediando tutti i dati giornalieri di KD490 acquisiti nel suddetto periodo (Volpe et al., 2012).

- I dati di clorofilla (*Chl*) derivano dalle medie climatologiche mensili della clorofilla *a* collezionati dal sensore *Sea-viewing Wide Field-of-view* (SeaWiFS) dal 2001 al 2009. I dati SeaWiFS a risoluzione piena (*full resolution*) L0 sono stati acquisiti e processati dal CNR-ISAC utilizzando il CNR *Mediterranean Ocean Colour Observing system*. La catena di processamento del CNR include molteplici moduli, dall'estrazione dei dati al controllo preliminare della qualità dei dati, alla rimozione dei pixel contaminati dalle nubi descritta in dettaglio (Volpe et al., 2012). Dettagli sull'algoritmo applicato per la stima della CHL dalle misure telerilevate della riflettanza sono descritti in Santoleri et al. (2008). I dati di CHL ad alta risoluzione (1.1 km) per il Mediterraneo sono stati mappati con una proiezione equirettangolare sul Mar Mediterraneo e successivamente sono stati suddivisi in 8 sottobacini. Le medie climatologiche mensili sono state ottenute mediando tutti i dati giornalieri di *chl* acquisiti nel suddetto periodo.

- I dati di pH sono stati collezionati dalle campagne di monitoraggio ambientali ISPRA, dalla rete maregrafica nazionale ISPRA e dal Programma Nazionale del Monitoraggio Marino effettuato dalle Agenzie Regionali per la Protezione Ambientale (ARPA) (<http://www.sidimar.tutelamare.it/index.jsp>):

1. ISPRA Servizio Mareografico Nazionale 10 stazioni (1/gen/2011 – 21/feb/2012). Le stazioni considerate sono state: Imperia, Carloforte, Otranto, Vieste, Messina, Palinuro, Porto Torres, Venezia, Trieste, Lampedusa.

2. Dati Sinanet (2006-2009). 15 regioni.

3. Dati piattaforme ENI (Lug/Ago 2006-2009) valori superficiali della stazione utilizzata come bianco (Adriatico).

4. Dati ISPRA stazione di Lampedusa (2007)

Tutti i dati sono stati raccolti nelle acque superficiali (<25 m) e sono relativi al periodo 2006-2012.

Al fine di fornire una rappresentazione spaziale dei dati suddetti è stato utilizzato il metodo di interpolazione statistica Kriging universale ad una risoluzione spaziale di 1 km.

Tabella 2: Lista dei parametri ambientali, della risoluzione spaziale e delle fonti.

Parametri		Risoluzione spaziale (km)	Fonti
PARAMETRI CHIMICO-FISICI	<i>Temperatura di superficie (SST)</i>	6.0	CNR-ISAC
	<i>Temperatura al fondo</i>	6.0	CNR-ISMAR- Venezia, MyOcean
	<i>Salinità</i>	6.0	ISPRA, CNR-ISMAR, MyOcean
	<i>Torbidità (kd490)</i>	1.1	C.O.I. (Commissione Oceanografica Italiana), CNR-ISAC
	<i>Correntometria superficiale</i>	6.0	MyOcean
	<i>Correntometria al fondo</i>	6.0	MyOcean
	<i>Mixing</i>	6.0	INGV
	<i>Residence Time</i>	6.0	ISPRA
	<i>Altezza d'onda</i>	25	ISPRA
	<i>Valori di PH</i>	1.0	ISPRA, CNR-ISMAR
	<i>Clorofilla (chl)</i>	1.1	CNR-ISAC

2.4 Il GIS

Lo strumento utilizzato in questo contesto è il GIS (Geographic Information System) che offre grandi potenzialità per ottimizzare il valore delle informazioni raccolte. Il GIS consente di dividere il soggetto in strati informativi o tematismi della zona in esame, e poiché, grazie al loro riferimento spaziale si sovrappongono l'un l'altro, questi strati creano una rappresentazione grafica della realtà il cui risultato finale è una mappa che descrive completamente la nostra area. Parallelamente, con tecniche di analisi è possibile elaborare le informazioni singolarmente o i vari strati in relazione tra loro.

Tramite l'utilizzo di un software GIS è quindi possibile mettere in relazione tra loro dati diversi per creare nuove informazioni sfruttando sempre la potenzialità del loro comune riferimento geografico.

Questi risultati si ottengono grazie a delle funzionalità di analisi spaziale in grado di trasformare ed elaborare sia gli elementi geografici che i loro attributi. Tra le varie elaborazioni possibili, per lo svolgimento di questo lavoro sono stati condotti numerosi *overlay topologici*, che consistono nella sovrapposizione degli elementi di due o più tematismi per poterne creare di nuovi contenenti gli attributi dei tematismi che li hanno generati. Sui dati sono state eseguite delle *query spaziali*, del tutto simile alle interrogazioni che possono essere effettuate ad un qualsiasi database, con la differenza che qui i criteri di selezione sono su base spaziale, cioè vicinanza, inclusione, sovrapposizione etc. Infine fondamentale è stata la funzione di *buffering* dove da un tema puntuale o lineare è stato possibile definire un nuovo poligono costruito in base ad un valore di distanza di rispetto stabilita di volta in volta a seconda dei vari temi.

Una modellizzazione spaziale GIS è una sequenza di funzioni che comprendono le seguenti operazioni di geoprocessing: il ranking, il binary, il rating, la valutazione ponderata (weighted rating analysis) dove i grid vengono moltiplicati, addizionati, mediati e pesati. Il modello di analisi spaziale in ambiente GIS fornisce:

- Una visione semplificata e gestibile della realtà
- Lo studio e l'analisi delle relazioni spaziali tra gli oggetti
- L'attribuzione di diversi parametri ad un oggetto
- La comprensione, la descrizione e la stima dei parametri ambientali oggetto di

studio

- Un miglioramento del livello di conoscenza del mondo reale

Nell'ambito delle ricerche su possibile aree vocate all'acquacoltura, la costruzione di un modello spaziale in ambiente GIS può costituire uno strumento idoneo per la valutazione e la selezione delle aree più idonee.

3. ANALISI EFFETTUATA E RISULTATI

L'obiettivo di questo studio e della relativa restituzione cartografica allegata è di evidenziare le porzioni potenzialmente idonee per la pianificazione di nuovi impianti di maricoltura eliminando le aree decisamente non idonee. All'interno delle aree potenzialmente idonee sono state ulteriormente evidenziate, aggiungendo nuovi parametri, le aree con restrizioni in cui l'installazione di un eventuale nuovo impianto non è totalmente interdetto ma è soggetto ad ulteriori accertamenti.

Sono state così identificate 3 tipologie di aree:

i) **aree idonee**: non vi è alcuna interferenza con altri usi e buone condizioni ambientali,

ii) **aree idonee con restrizione**: soggette a particolari regolamentazioni o limitazioni,

iii) **aree non idonee**: per incompatibilità di tipo infrastrutturale, amministrativa o ambientale.

E' stato utilizzato un software GIS della ESRI ArcInfo 10 che permette di elaborare dataset di grandi dimensioni. I file geografici utilizzati nell'analisi sono tutti in formato vettoriale. Nella prima parte di questo lavoro non sono compresi i dati ambientali che sono tipicamente rappresentati da raster, essendo infatti modelli di fenomeni continui, ma sono stati utilizzati solamente dati rappresentanti elementi discreti, caratterizzati da forme ben precise e quindi facilmente visualizzati in forma vettoriale.

Le relazioni topologiche hanno consentito di effettuare operazioni di sovrapposizione dei diversi strati tematici evidenziando così le interazioni presenti.

Per prime sono state valutate le caratteristiche ambientali di base, in particolare la batimetrica di riferimento utile per gli allevamenti di molluschi o di pesci, e in parte la distanza minima dalla costa. Per ottenere una preliminare indicazione anche dai portatori di interesse esperti del settore è stato inviato un questionario ai rappresentanti delle maggiori associazioni di allevatori (AMA – Associazione Mediterranea Acquacoltori - e API – Associazione Piscicoltori Italiani) in cui si chiedeva di suggerire un valore congruo per questi due parametri e di esprimere anche un giudizio su gli altri fattori che sono stati in seguito inclusi nella nostra analisi.

E' il caso di evidenziare come le parametrizzazioni che saranno di seguito trattate rappresentano quelle più significative e aderenti alle tipologie e alle caratteristiche delle imprese attualmente operanti nella maricoltura nazionale, sia pesci che molluschi, fermo restando la possibilità di poter optare, in determinati ambiti locali, nella definizione di limiti diversi ma coerenti con le caratteristiche morfologiche ed ambientali del sito prescelto, fermo restando i divieti normati per legge. Ciò è ancora più valido per future innovative tecnologie di allevamento, più sostenibili sotto il profilo ambientale, che potrebbero modificare alcuni dei parametri prescelti. Per i molluschi poi si possono evidenziare alcune aree in-shore di particolare interesse e con caratteristiche morfologiche, ecologiche e trofiche del tutto particolari e quindi non perfettamente rientranti in questo approccio di pianificazione di sviluppo del settore; si possono annoverare in particolare alcune aree dell'alto-adriatico, della Puglia garganica e tarantina e alcune aree in-shore del Tirreno in Campania, Lazio e Liguria.

Da questo confronto è emerso che per quanto riguarda l'allevamento di molluschi una profondità inferiore ai 5 metri o maggiore di 50 metri non è ottimale.

Per i pesci si è adottata una profondità minima di 20 metri e una massima di 100 metri, questo per far sì che la colonna d'acqua sottostante la gabbia sia sufficiente per consentire un'adeguata dispersione dei reflui prodotti, con riduzione degli impatti sotto i moduli di allevamento. Il valore massimo è stato calcolato in relazione agli elevati costi di realizzazione e gestione degli impianti a causa della significativa profondità del sito, che possono rendere antieconomica l'attività stessa.

Preso atto di queste indicazioni l'area di interesse, che comprendeva inizialmente tutta l'area fino alle 12 miglia dalla costa, è stata riconfigurata utilizzando la batimetrica minima dei 5 metri e massima di 50 m per i molluschi e quella minima dei 20 metri e massima di 100 per i pesci. Dalle aree così delimitate sono state sottratte le superfici già occupate da altre attività o soggette a vincoli che possono impedire attività di maricoltura al loro interno. Nel maggior parte dei casi sono stati anche imposti dei *buffer* (Tabella 3) intorno ad alcuni vincoli, cioè un'area poligonale di rispetto circostante le superfici precedentemente definite. In letteratura è riportato da più fonti che l'effetto di un impianto di maricoltura a gabbie può avere una dispersione di materia organica su di una superficie con un raggio medio di 200-250 metri dall'unità di allevamento, arrivando in alcuni casi fino a 1 km, a seconda della tipologia di impianto, delle correnti e del ricambio (Molina Dominguez *et al.*, 2001, Wu *et al.*, 1994). Si è perciò utilizzato il valore cautelativo di 1 km come

distanza minima da lasciare nel caso si sia in prossimità di habitat di particolare pregio e vulnerabilità come ad esempio le praterie di fanerogame marine.

Negli altri casi in cui sono le attività antropiche (SIN, porti etc.) a poter influenzare negativamente l'impianto si è lasciato un margine di sicurezza variabile a seconda delle informazioni desunte da vari decreti o riportati in lavori simili.

Tabella 3: Elenco dei tematismi e dimensioni delle relative aree di rispetto considerate

Tematismo	Area di rispetto
Aree Marine protette	1 km di buffer per le aree B e A
Condotte sottomarine	500 metri di buffer
Cavi sottomarini	500 metri di buffer
Rotte traghetti	500 metri di buffer
Siti Interesse Nazionale	5 km di buffer
Aree portuali	500 metri
Servitù militari	500 metri
Piattaforme estrattive	500 metri
Praterie fanerogame	1 km di buffer
Tonnare fisse	valore riportato sull'ordinanza
Aree sicurezza idrocarburi	Comprendono già un buffer di sicurezza ed è stato valutato non necessario generarlo un ulteriore
Relitti	Nel caso la fonte è un'ordinanza si utilizza il valore riportato nella stessa, altrimenti si considera un raggio di 500 m
Ordigni inesplosi	Nel caso la fonte è un'ordinanza si utilizza il valore riportato nella stessa, altrimenti si considera un raggio di 500 m
Zona Sosta portuali	valore riportato sull'ordinanza
Manufatti	valore riportato sull'ordinanza
Barriere soffolte	valore riportato sull'ordinanza
Zone archeologiche	valore riportato sull'ordinanza
Altri allevamenti ittici	Buffer 1km
Altri allevamenti di mitili	Buffer 500 m

L'area risultante dalle successive sottrazioni effettuate tramite overlay topologico rappresenta l'area potenzialmente libera da impedimenti. Va però considerato che le aree così ottenute possono comprendere al loro interno zone che necessitano di ulteriori approfondimenti

in quanto associate a fattori che potrebbero costituire un impedimento a specifiche espansioni di forme di acquacoltura.

Ad esempio, le aree designate dei SIC e ZPS (non rappresentano di per sè un impedimento vincolante; l'acquacoltura nei siti di Natura 2000 o nelle loro vicinanze infatti può essere compatibile con i principi della direttiva Habitat. È obbligatorio però presentare al ministero dell'ambiente una valutazione di incidenza che certifica che le attività previste non provocano il degrado degli habitat dei siti e non recano disturbi significativi alle specie per cui i siti sono stati designati.

I parametri aggiunti in questa seconda fase di valutazione delle aree sono i seguenti:

- *Siti Natura 2000.* Come già detto tutte le attività antropiche che intendono insistere in queste aree necessitano di una valutazione di incidenza.
- *Aree umide (convenzione Ramsar).* In queste aree e nelle zone attigue le attività antropiche necessitano di una valutazione per verificarne la eco compatibilità. Considerando anche le aree limitrofe si è lasciata una zona di rispetto di 1 km di ampiezza.
- *Zone C delle aree marine protette.* La possibilità di ottenere una licenza per un nuovo impianto è da valutare in base al decreto istitutivo della singola area protetta. In misura precauzionale si è considerata una zona di rispetto aggiuntiva di 1 km di ampiezza dal limite di suddette zone.
- *Aree industriali.* Sono state individuate estraendo il campione dal Corine Land Cover 2012 che nella stessa classe accorpa poli industriali e commerciali. Intorno ad ogni polo è stato costruita un area di rispetto di 2 km di ampiezza e si consiglia di effettuare ulteriori analisi e accertamenti per valutare la reale natura del polo e se effettivamente ha una qualche influenza sulle acque marine limitrofe.
- *Foci dei fiumi.* Si è considerata un'area di rispetto di 3 km intorno alla foce dei fiumi principali. Resta però necessario effettuare uno studio delle correnti per valutare l'effettiva dispersione delle acque del corso d'acqua.

Nel seguente diagramma (Figura 1) sono riassunti tutti i passaggi eseguiti per ottenere le tre tipologie di area.

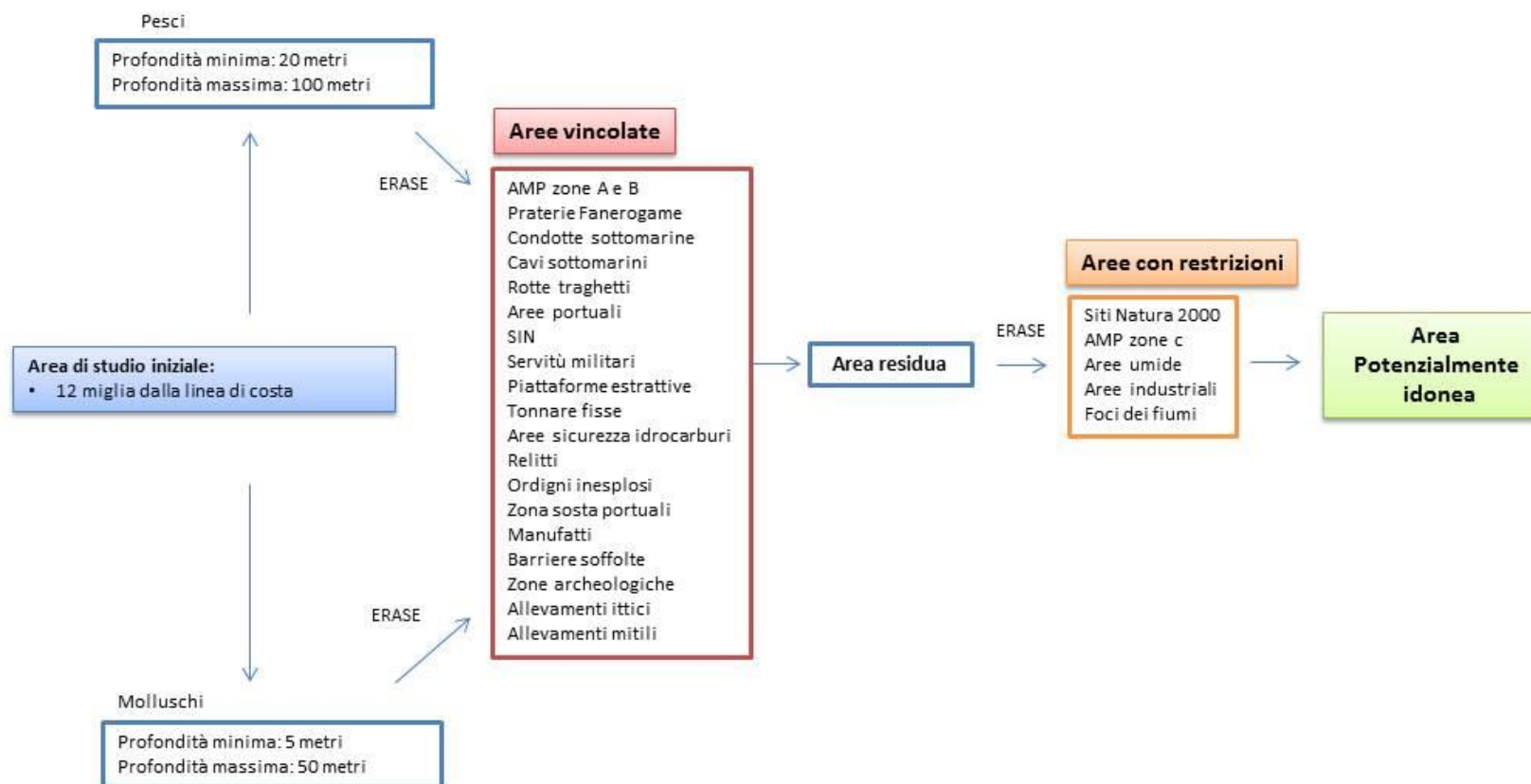


Figura 1: Schema dei passaggi eseguiti per ottenere le aree di potenziale espansione della acquacoltura off-shore

3.1 Inquadramento ambientale: Carta delle aree protette

L'Italia con circa 56.000 specie animali diverse è il paese europeo con la più alta biodiversità. Le aree naturali protette, chiamate comunemente anche riserve naturali o oasi naturali, sono delle aree naturali che hanno la funzione di mantenere l'equilibrio ambientale di un determinato luogo, conservandone la biodiversità. La costa Italiana, in particolare, si estende per circa 8.000 km e il mare antistante è un elemento di grande valore per il turismo, la pesca e le altre attività antropiche tra le quali anche l'acquacoltura.

Una serie di **aree protette**, istituite secondo diversi regolamenti e normative sono presenti nei nostri mari ed insieme formano una rete che garantisce il mantenimento del nostro patrimonio ecologico. Data la loro importanza devono essere tenute in considerazione e tutelate per la pianificazione di qualsiasi attività antropica futura.

Ad oggi, in Italia sono state istituite 30 aree marine protette, inclusi i due parchi sommersi di Baia e Gaiola (Napoli) e il Santuario Internazionale dei mammiferi marini, detto anche Santuario dei cetacei (Mar Ligure) a queste si aggiungono i due Parchi Nazionali con perimetrazione a mare (P.N. Arcipelago de La Maddalena, P.N. dell'Arcipelago Toscano). Attualmente queste aree protette tutelano complessivamente oltre 300mila ettari di mare e circa 700 chilometri di costa.

Ogni area protetta è suddivisa, generalmente, in tre tipologie di zone con diversi gradi di tutela e sono costituite da ambienti marini, dai fondali e dai tratti di costa prospicienti che presentano un rilevante interesse per le caratteristiche naturali, geomorfologiche, fisiche, biochimiche, con particolare riguardo alla flora e alla fauna marine e costiere e per l'importanza scientifica, ecologica, culturale, educativa ed economica che rivestono (www.minambiente.it).

L'iter istitutivo delle aree protette a mare differisce a seconda che si tratti di area marina protetta, di parco sommerso ovvero di parco nazionale ed in riferimento ai singoli strumenti normativi si precisa quanto segue.

Le **aree marine protette** sono istituite con Decreto del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio, d'intesa con il Ministro dell'Economia e Finanze, sentite sia le Regioni sia i comuni territorialmente interessati; i **parchi sommersi** di Baia e Gaiola sono istituiti con Decreto del Ministro dell'Ambiente, di concerto con i Ministri per i Beni e le Attività Culturali, delle Infrastrutture e dei Trasporti e delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali, mentre gli **Enti**

parchi nazionali sono istituiti con Decreto del Presidente della Repubblica, su proposta del Ministro dell'Ambiente e della tutela del territorio, su deliberazione del Consiglio dei ministri, sentita la Regione territorialmente interessata. (Casola et al. 2014)

Secondo quanto previsto all'art. 19 della l. n. 394/1991, le attività vietate nelle aree marine protette, quelle cioè che si ritiene possano compromettere la tutela delle caratteristiche dell'ambiente oggetto della protezione e delle finalità istitutive dell'area sono:

- la cattura, la raccolta e il danneggiamento delle specie animali e vegetali nonché l'asportazione di minerali e di reperti archeologici;
- l'alterazione dell'ambiente geofisico e delle caratteristiche chimiche e idrobiologiche delle acque;
- lo svolgimento di attività pubblicitarie;
- l'introduzione di armi, esplosivi e ogni altro mezzo distruttivo e di cattura;
- la navigazione a motore;
- ogni forma di scarica di rifiuti solidi e liquidi.

Ogni area così' identificata è suddivisa in più zone denominate dalle lettere A,B,C, e talvolta D. All'interno di queste zone sono applicate diverse norme di tutela in base alla necessità di conservazione. La zona A, è il cuore della riserva ed è quella in cui le limitazioni sono maggiori; a seguire vi è la zona B in cui vi sono meno divieti, ad esempio è consentita la balneazione, le visite guidate e il transito di imbarcazioni a vela o a remi, è consentita inoltre la sola pesca artigianale e non invasiva per la tutela e il mantenimento delle specie ittiche. La zona C infine è una sorta di area cuscinetto e serve a garantire un approccio graduale alle zone più tutelate. Tutte le attività devono sempre avere comunque un impatto ambientale minimo. Non è esplicitamente dichiarato che le attività di acquacoltura devono essere interdette, motivo per cui le aree C sono state inserite nelle nostre *aree con restrizioni* e non completamente eliminate dalle superfici disponibili.

La **Convenzione di Ramsar** sulle zone umide di importanza internazionale, nella quale venne riconosciuta l'importanza ed il valore delle zone denominate "umide" soprattutto come habitat degli uccelli acquatici, è stata firmata a Ramsar, in Iran, il 2 febbraio 1971.

La Convenzione si pone come obiettivo la tutela internazionale delle zone umide mediante la loro individuazione e delimitazione, lo studio degli aspetti caratteristici, in particolare

dell'avifauna, e la messa in atto di programmi che ne consentano la conservazione degli habitat, della flora e della fauna.

Ad oggi sono 168 i paesi che hanno sottoscritto la Convenzione e sono stati designati 2.241 siti Ramsar per una superficie totale maggiore di 200 mila ettari.

In Italia sono presenti 57 aree in totale che soddisfano i criteri per rientrare nei siti Ramsar, di questi al fine del nostro studio sono stati selezionati i siti più vicini alla costa. Questi 27 siti così selezionati misurano un totale di oltre 47 mila ettari.

In aggiunta a queste aree bisogna citare le aree appartenenti alla rete **Natura 2000**, il principale strumento della politica dell'Unione Europea per la conservazione della biodiversità. Si tratta di una rete ecologica diffusa su tutto il territorio dell'Unione, istituita ai sensi della Direttiva 92/43/CEE "Habitat" per garantire il mantenimento a lungo termine degli habitat naturali e delle specie di flora e fauna minacciati o rari a livello comunitario.

La rete Natura 2000 è costituita dai Siti di Interesse Comunitario (SIC), identificati dagli Stati Membri secondo quanto stabilito dalla Direttiva Habitat e comprende anche le Zone di Protezione Speciale (ZPS) istituite ai sensi della Direttiva 2009/147/CE "Uccelli" concernente la conservazione degli uccelli selvatici.

Le aree che compongono la rete Natura 2000 non sono riserve rigidamente protette dove le attività umane sono escluse; la Direttiva Habitat intende garantire la protezione della natura tenendo anche "conto delle esigenze economiche, sociali e culturali, nonché delle particolarità regionali e locali" (Art. 2). Soggetti privati possono essere proprietari dei siti Natura 2000, assicurandone una gestione sostenibile sia dal punto di vista ecologico che economico.

La Direttiva riconosce il valore di tutte quelle aree nelle quali la secolare presenza dell'uomo e delle sue attività tradizionali ha permesso il mantenimento di un equilibrio tra attività antropiche e natura (minambiente.it).

Attualmente in Italia sono stata designate 610 aree ZPS e 2314 aree SIC. La maggior parte di queste aree mostrano delle sovrapposizioni tra loro perciò per poter quantificare la superficie realmente occupata sono state eliminate le aree di sovrapposizione. Si ottengono così più di 6 milioni di ettari di cui circa 584 mila ettari in mare e i rimanenti sulla terraferma.

Queste tre tipologie di aree protette mostrano a volte sovrapposizioni anche tra loro, ad esempio è probabile che un'area marina protetta possa essere anche SIC e che un'area Ramsar sia ZPS vista l'importanza per l'avifauna. I risultati di questa analisi sono suddivisi per ambiti regionali.

Nelle successiva Figura 2 sono riportate le aree con vincoli ambientali a livello nazionale. Le aree Natura 2000 a mare non sono spesso visibili perché all'interno delle aree marine protette



Figura 2: Carta delle aree protette.

Per **acque regionali** si intendono, in via del tutto arbitrario, i tratti di mare compresi nelle 12 miglia di distanza dalla costa e delimitate da delle linee perpendicolari alla linea di costa tracciate a partire dai confini delle varie regioni. Si è scelto di utilizzare questo metodo per poter quantificare le aree di pertinenza regionale, anche se, come è noto, non esiste una vera distinzione dei confini regionali a livello delle acque (Figura 3).

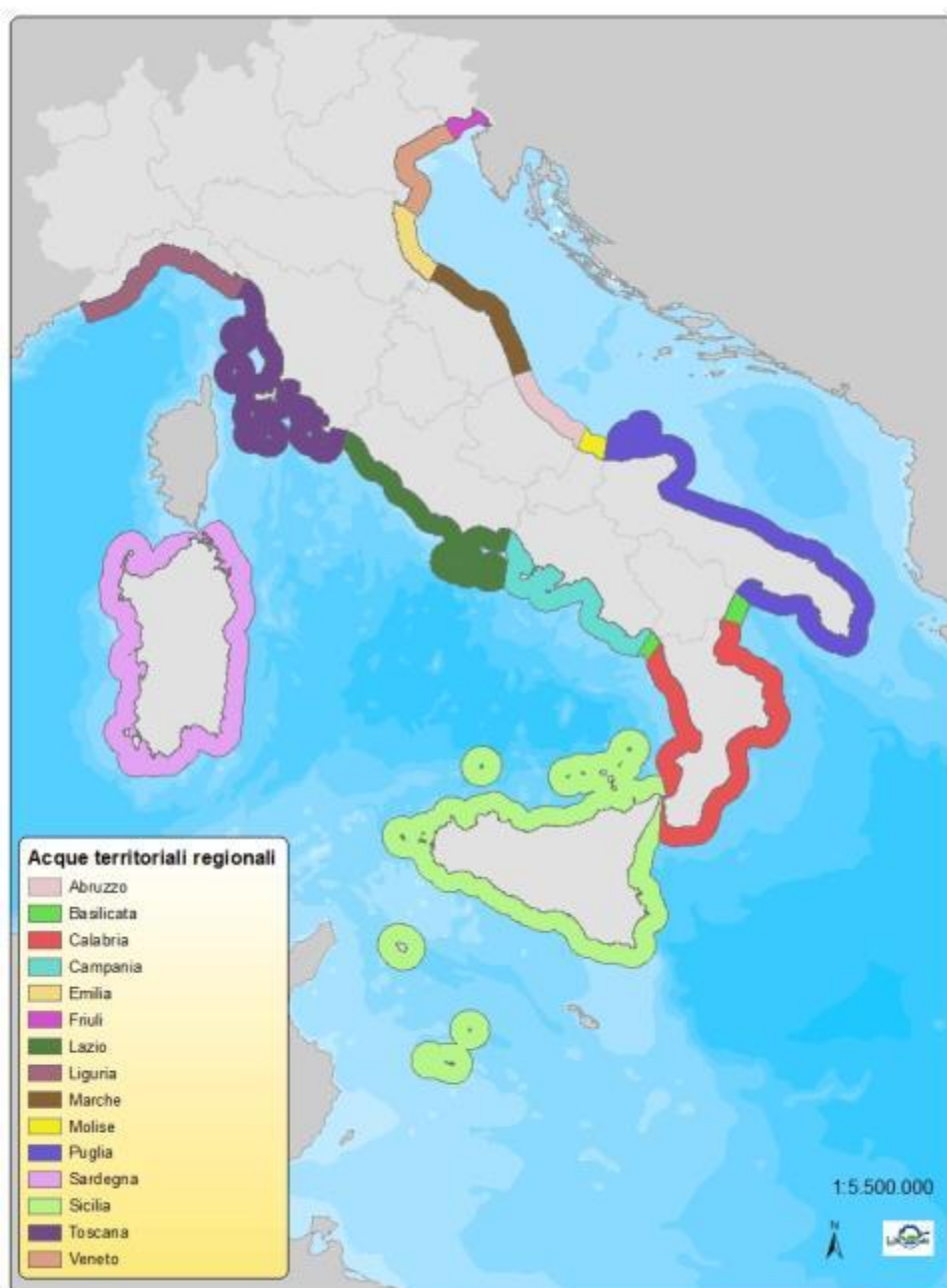


Figura 3 Acque territoriali regionali

Nella Tabella 4 sono riportate per ogni regione le aree delle superfici totali (fino a 12 mn dalla costa) e di quelle in cui insistono tutele ambientali.

Tabella 4: Aree marine soggette a tutela ambientale e rapporto percentuale rispetto alla superficie totale delle acque territoriali regionali

Regione	Superficie totale acque regionali (ettari)	Superficie aree tutelate (ettari)	Percentuale aree tutelate	Totale aree disponibili (ettari)
Abruzzo	249.066,7	3.462,4	1,4%	245.604,3
Basilicata	114.862,2	5.945,6	5,2%	108.916,6
Calabria	1.383.765,8	46.185,0	3,3%	1.337.580,8
Campania	725.878,8	36.162,0	5,0%	689.716,8
Emilia	215.691,3	4.052,9	1,9%	211.638,4
Friuli	81.066,3	4.930,3	6,1%	76.136,0
Lazio	968.850,6	53.615,9	5,5%	915.234,7
Liguria	543.759,1	13.314,2	2,4%	530.444,9
Marche	387.671,8	1.100,6	0,3%	386.571,2
Molise	75.679,9	110,9	0,1%	75.569,0
Puglia	1.664.961,2	88.878,4	5,3%	1.576.082,8
Sardegna	2.148.698,3	129.504,3	6,0%	2.019.194,0
Sicilia	3.652.687,0	168.678,0	4,6%	3.484.009,0
Toscana	1.529.067,9	74.637,2	4,9%	1.454.430,7
Veneto	315.158,9	4.231,8	1,3%	310.927,1
Totale	14.056.865,8	634.809,5	4,5%	13.422.056,3

3.2 Inquadramento antropico: carta dei vincoli

All'interno dei nostri mari vengono svolte varie **attività antropiche** che interessano diversi settori come i trasporti, l'estrazione di fonti di energia e le attività militari. Queste attività negli anni hanno avuto una crescita esponenziale, anche grazie al fatto che per quanto riguarda i mari non esiste ancora un vero strumento di pianificazione territoriale come invece troviamo per gli ambienti terrestri.

Fino a non molto tempo fa non esisteva infatti una percezione di come tutte queste attività dovessero in qualche modo essere coordinate tra loro per evitare che potessero appunto creare conflitti a causa della competizione per gli spazi marittimi disponibili.

Nel luglio del 2014 la comunità europea pubblica la direttiva 2014/89/UE che istituisce un quadro per la pianificazione dello spazio marittimo. L'obiettivo è appunto quello di raggiungere una gestione efficiente per evitare potenziali conflitti e creare sinergie tra le diverse attività.

Nel presente studio sono state raccolte ed analizzate quante più informazioni possibili riguardanti le attività antropiche che si svolgono in mare e le aree in qualche modo già interessate da **manufatti** (Figura 4). In questa figura molti simboli che rappresentano le varie attività non corrispondono alla loro reale estensione ma sono solo indicativi della loro posizione e della loro numerosità

I risultati per quanto riguarda la suddivisione a livello regionale sono riassunte nella seguente Tabella 5. Le percentuali sono calcolate prendendo come riferimento l'area compresa tra i limiti regionali delle coste e le 12 miglia nautiche di distanza dalla costa.

Tabella 5: Aree marine vincolate da attività antropiche e rapporto percentuale rispetto alla superficie totale delle acque territoriali regionali

Regione	Superficie totale acque regionali (ettari)	Superficie aree vincolate da altre attività (ettari)	Percentuale aree vincolate	Totale aree disponibili (ettari)
Abruzzo	249.066,7	28.058,1	11,3%	221.008,6
Basilicata	114.862,2	39.705,0	34,6%	75.157,2
Calabria	1.383.765,8	149.492,1	10,8%	1.234.273,7
Campania	725.878,8	158.644,7	21,9%	567.234,1
Emilia	215.691,3	46.682,1	21,6%	169.009,2
Friuli	81.066,3	18.042,3	22,3%	63.024,0
Lazio	968.850,6	195.933,4	20,2%	772.917,2
Liguria	543.759,1	148.757,5	27,4%	395.001,6
Marche	387.671,8	53.249,6	13,7%	334.422,2
Molise	75.679,9	2.166,2	2,9%	73.513,7
Puglia	1.664.961,2	365.372,0	21,9%	1.299.589,2
Sardegna	2.148.698,3	404.515,9	18,8%	1.744.182,4
Sicilia	3.652.687,0	723.120,5	19,8%	2.929.566,5
Toscana	1.529.067,9	214.069,9	14,0%	1.314.998,0
Veneto	315.158,9	28.114,5	8,9%	287.044,4
Totale	14.056.865,8	2.575.923,8	18,3%	11.480.942,0

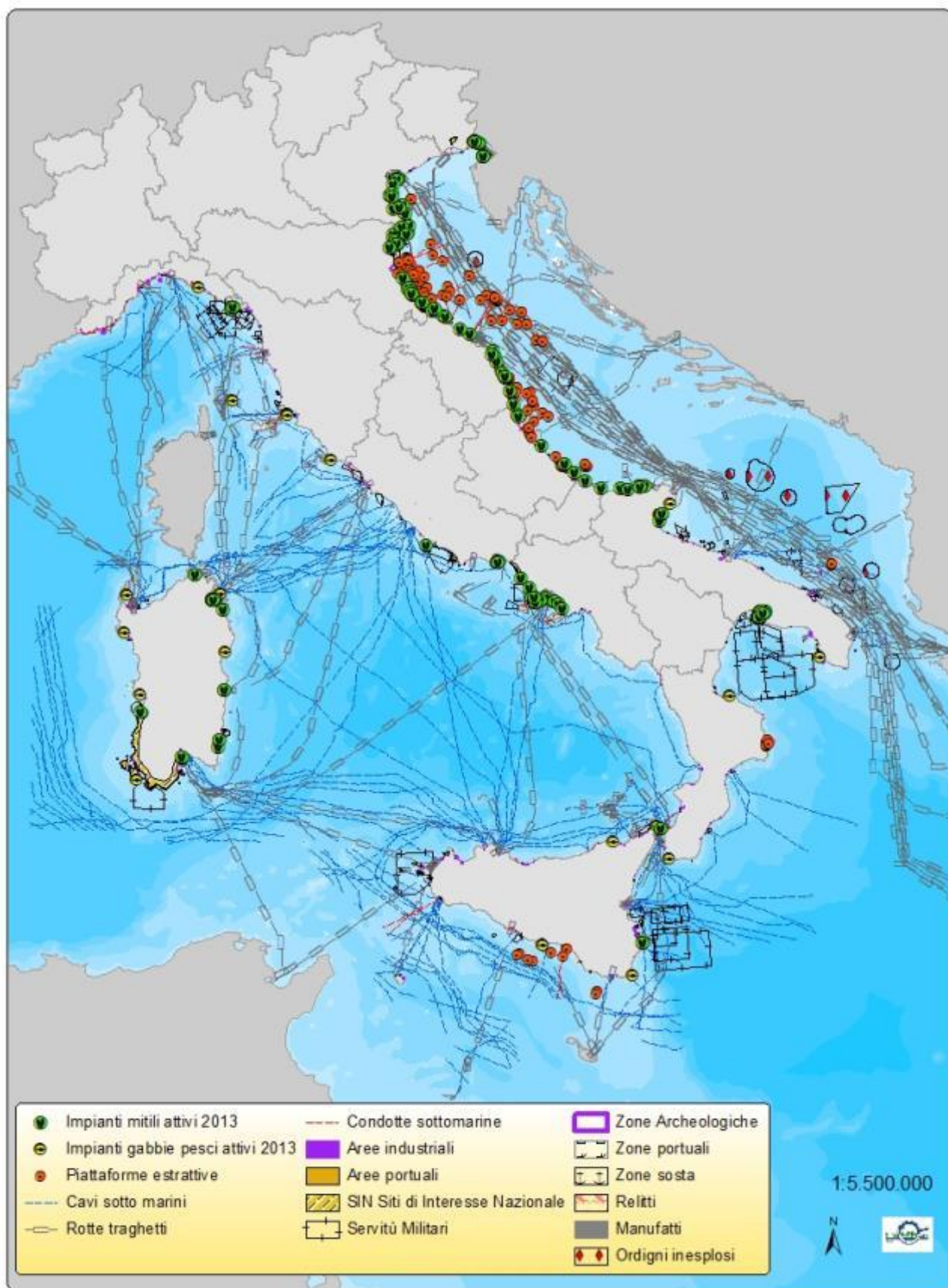


Figura 4 Carta dei manufatti e delle attività antropiche I simboli non rappresentano la reale estensione delle aree ma sono solo indicativi della loro posizione e della numerosità

3.3 Aree idonee

Dall'applicazione dei criteri precedentemente esposti sono state ottenute 51 carte tematiche a scala 1:250.000 raccolte nelle tavole allegate che illustrano a dettaglio maggiore le aree che sono state ricavate e che risultano essere idonee per la pianificazione di nuovi spazi dedicati all'acquacoltura. E' evidente che i dati riportati di seguito derivano da un primo screening, su dati territoriali, sull'idoneità o meno di ampi tratti di mare per la maricoltura, sia pesci che molluschi, ma è altrettanto evidente che l'idoneità e la possibilità di espansione della maricoltura a livello regionale deve tener conto delle altre attività antropiche che in esse interagiscono, quali la pesca professionale e sportiva, le attività nautiche, le rotte commerciali e turistiche ed altre ancora.

A livello numerico le superfici ricavate per ogni singola regione sono riassunte nelle seguenti tabelle (Tabella 6 e Tabella 7), nelle quali per ogni regione sono quantificate le aree disponibile suddivise per idoneità alla piscicoltura marina e alla molluschicoltura.

Tabella 6: Aree disponibili per la piscicoltura marina a livello regionale, considerati i vincoli ambientali ed antropici. La scala cromatica mette in evidenza i dimensionamenti delle superfici disponibili, in verde i valori maggiori sia in termini di superficie che di percentuale rispetto al totale regionale, in rosso i valori inferiori.

PESCI COLTURA			
Regione	Area disponibile per eventuali ampliamenti di maricoltura	Area totale compresa tra le batimetriche di riferimento	% area disponibile sul totale della Regione
Sicilia	580.699,70	811.029,50	72%
Puglia	501.688,40	655.836,10	76%
Sardegna	415.346,90	742.110,90	56%
Toscana	301.168,20	399.691,50	75%
Marche	178.776,60	196.854,80	91%
Veneto	173.974,90	190.677,90	91%
Abruzzo	159.544,80	167.635,30	95%
Lazio	138.839,40	253.743,10	55%
Campania	84.641,30	160.393,70	53%
Calabria	80.897,70	154.098,90	52%
Molise	51.845,50	55.016,50	94%
Liguria	45.218,10	101.616,70	44%
Emilia	34.295,50	55.647,60	62%
Friuli	15.333,30	17.183,90	89%
Basilicata	9.114,70	11.420,60	80%
Totale	2.771.385,00	3.972.957,00	70%

Tabella 7: : Aree disponibili per molluschicoltura a livello regionale, considerati i vincoli ambientali ed antropici. La scala cromatica mette in evidenza i dimensionamenti delle superfici disponibili, in verde i valori maggiori sia in termini di superficie che di percentuale rispetto al totale regionale, in rosso i valori inferiori.

MOLLUSCHICOLTURA			
Regione	Area disponibile per ampliamenti della molluschicoltura	Area totale compresa tra le batimetriche di riferimento	% area disponibile sul totale della Regione
Puglia	292.082,50	463.163,10	63%
Marche	282.930,60	336.018,00	84%
Veneto	262.265,30	300.300,10	87%
Sicilia	155.043,10	399.688,30	39%
Emilia	126.425,30	198.065,30	64%
Toscana	112.400,30	233.637,80	48%
Abruzzo	98.388,70	130.093,70	76%
Sardegna	72.565,90	399.748,20	18%
Lazio	58.140,00	159.938,00	36%
Friuli	52.554,50	72.408,60	73%
Molise	37.375,30	40.506,20	92%
Campania	26.562,30	107.889,10	25%
Calabria	21.060,60	127.487,20	17%
Basilicata	11.607,80	19.483,00	60%
Liguria	7.002,80	58.788,90	12%
Totale	1.616.405,10	3.047.215,40	53%

Dei 14.056.866 ettari di acque marine nazionali, comprese cioè dalla linea di costa alle 12 mn di distanza dalla costa, 634.809,50 risultano tutelate da vincoli ambientali (4,5% sul totale), mentre 2.575.923,8 Ha (18,3%) sono interdette alla maricoltura da varie attività antropiche. In alcune situazione si osservano sovrapposizione tra vincoli ambientali e antropici. .

Delle aree delimitate dalle batimetriche specifiche, le superfici realmente disponibili per uno sviluppo della pescicoltura marina in gabbie, tenuti in considerazione i vincoli suddetti, risultano di 2.771.385 Ha, pari a circa il 70% della superficie totale potenzialmente utile. Le regioni con maggior disponibilità risultano essere le due isole principali, Sicilia e Sardegna, la Puglia, la Toscana e il Lazio.

Con le medesime considerazioni, le superfici disponibili per uno sviluppo della molluschicoltura, sono di 1.616.405,10 ettari, pari al 53% della superficie totale potenzialmente utile. Le regioni con maggior disponibilità, simili fra loro, sono la Puglia le Marche ed il Veneto con circa 260-290.000 ettari; seguono Sicilia, Emilia Romagna e Toscana. Le altre regioni con meno di 100.000 ettari.

Come già detto, i risultati delle elaborazioni indicate hanno prodotto 51 Tavole, ciascuna delle quali rappresenta in scala 1:250.000 un tratto della costa italiana, dove, dato il maggior dettaglio, sono visibili tutti gli impedimenti e le aree disponibili per uno sviluppo della maricoltura off-shore. Nella Tabella 8 è riportato l'elenco delle Tavole, e per ciascuna la regione o le regioni di pertinenza e il tratto di costa descritto.

Tabella 8: Tavole rappresentanti i vincoli esistenti e le aree potenzialmente disponibili per uno sviluppo della maricoltura (AZA) per pesci e molluschi in Italia

Tavola	Regione	Riferimento
1	Friuli	Da Trieste alla Laguna di Caorle
2	Veneto	Dalla Laguna di Caorle alla Sacca di Goro
3	Emilia	Dalla Sacca di Goro a Riccione
4	Emilia - Marche	Da Riccione a Porto Recanati
5	Marche	Da Porto Recanati a Grottamare
6	Marche - Abruzzo	Da Cupra Marittima alla foce del Sangro
7	Abruzzo - Molise - Puglia	Dalla foce del Sangro al Lago di Lesina
8	Puglia	Dal Lago di Lesina a Mattinata
9	Puglia	Da Mattinata a Bari
10	Puglia	Da Bari a Torre Rossa
11	Puglia	Da Torre Guaceto a Punta San Cataldo
12	Puglia	Da Punta San Cataldo a Porto Cesareo (Salento)
13	Puglia	Da Ugento a Taranto
14	Puglia - Basilicata - Calabria	Da Taranto alla foce del Crati
15	Calabria	Da Amendolara alla foce del Neto
16	Calabria	Da Torre Melissa a Monasterace
17	Calabria	Da Badolato a Palizzi Marina
18	Sicilia - Calabria	Stretto di Messina
19	Sicilia	Da Capo S. Andrea a Siracusa
20	Sicilia	Da Siracusa a Marina di Ragusa
21	Sicilia	Da Pozzallo a Licata
22	Sicilia	Da Licata a Sciacca
23	Sicilia	Dalla foce del Platani a Marsala
24	Sicilia	Da Marsala a San Vito Lo Capo e Isole Egadi
25	Sicilia	Da San Vito lo Capo a Termini Imerese
26	Sicilia	Da Termini Imerese a Sant'Agata di Militello
27	Sicilia	Da Sant'Agata di Militello a C. Milazzo e I. Eolie
28	Calabria	Da Paola a Rosarno
29	Calabria - Basilicata - Campania	Da Capo Palinuro a Paola
30	Campania	Da Torre del Greco a Capo Palinuro
31	Campania	Golfo di Napoli e Ischia
32	Campania - Lazio	Golfo di Gaeta
33	Lazio	Da Anzio a Sperlonga e Isole Pontine

34	Lazio	Da Civitavecchia ad Anzio
35	Lazio - Toscana	Da Punta Cala di Forno a Civitavecchia
36	Toscana	Da Piombino a Capalbio
37	Toscana	Isola d'Elba, Pianosa e Monte Cristo
38	Toscana	Da Livorno a Piombino
39	Toscana - Liguria	Da Punta Manara a Livorno
40	Liguria	Da Capo di Vado a Punta Manara
41	Liguria	Da Ventimiglia a Capo di Vado
42	Sardegna	Da Posata a Punta Li Francesi
43	Sardegna	Da Arbatax a Posada
44	Sardegna	Da Capo Ferrato ad Arbatax
45	Sardegna	Da Chia a Capo Ferrato
46	Sardegna	Da Capo Pecora a Chia
47	Sardegna	Da Capo Maragiu a Capo Pecora
48	Sardegna	Da Punta Tramontana a Capo Maragi'
49	Sardegna	Da Punta Li Francesi a Isola Piana
50	Sicilia	Pantelleria
51	Sicilia	Linosa e Lampedusa

Per una corretta valutazione della completa idoneità, le aree disponibili così definite dovranno necessariamente essere ulteriormente valutate, oltre che con le altre attività antropiche insistenti, anche con i parametri ambientali specifici, come esemplificato nel capitolo che segue.

4. SELEZIONE DEI PARAMETRI AMBIENTALI

Data la natura e il dettaglio spaziale dei parametri ambientali disponibili in letteratura, la loro applicazione alla definizione delle aree idonee può essere considerata come una dimostrazione dell'approccio, una valutazione di massima che richiederà comunque studi specifici approfonditi nelle aree che verranno identificate come potenzialmente interessanti per una ipotesi progettuale di sviluppo della maricoltura.

Numerosi processi fisici e biologici che hanno ripercussioni sull'ambiente marino possono essere altamente correlati con la posizione topografica e batimetrica.

Una volta raccolte tutte le informazioni ambientali e infrastrutturali disponibili (Tabella 1 e Tabella 2), si è proceduto alla scelta di quei parametri considerati più importanti per la biologia dei pesci e dei molluschi. I sottobacini considerati sono stati rispettivamente l'Adriatico settentrionale per i molluschi ed il Mar Tirreno per i pesci. La selezione dei parametri ambientali ottimali è stata effettuata tenendo conto dei parametri chiave per i pesci (Tabella 9 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) e per i molluschi (Tabella 10 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) che influenzano la variazione fisica e biochimica delle proprietà dell'acqua di mare, così come il ciclo vitale in termini di taglia, metabolismo, crescita, struttura di popolazione, determinazione sessuale (Handeland S.O. et al. 2008; Person-Le Ruyet J. et al. 2004; Pavlidis M. et al. 2000; Sigholt T. et al. 1990; Tandler A. et al. 1989; Jonsson B. et al. 1985).

I parametri considerati sono: correntometria superficiale (velocità), temperatura superficiale (SST) e torbidità, per i pesci; temperatura superficiale (SST), pH e clorofilla, per i molluschi. Il modello spaziale è stato costruito su due sottobacini, uno nell'Adriatico Settentrionale e l'altro nel Tirreno.

Tabella 9: Lista dei parametri, degli intervalli e dei valori soglia utilizzati per i pesci.

PARAMETRO	MIN	MAX	REFERENCE
SST (°C)	12	24	giudizio esperto
Correntometria superficiale ($m\ s^{-1}$)	0.05		giudizio esperto
Torbidità (m^{-1})	0.2		giudizio esperto

Tabella 10: Lista dei parametri, degli intervalli e dei range soglia utilizzati per i molluschi.

PARAMETRO	MIN	MAX	REFERENCE
SST (°C)	12	24	giudizio esperto
pH	8.0	8.6	giudizio esperto
Clorofilla (mgm ⁻³)	1	20.0	giudizio esperto

4.1 Il modello utilizzato

Il modello di analisi spaziale elaborato segue un approccio di tipo ranking (Ciotoli et al., 2011; Ciotoli et al., 2013; Ciotoli et al., 2016; Valentini et al., 2016). Questo modello si basa su una scala ordinale di aumento di idoneità e considera le celle con valori interi (tipo 1, 2, 3, ecc.). Un modello ranking produrrà quindi come risultato scenari che mostrano aree più o meno idonee, ordinate l'una rispetto all'altra. I valori pari a zero sono aree che non incontrano un parametro definito. I valori sopra lo 0 incontrano uno o più parametri definiti, e l'idoneità dell'area aumenta all'aumentare dell'ordine. Lo strumento utilizzato per l'elaborazione del modello tipo ranking è ArcGIS 10.3 e in particolare l'estensione *Spatial Analyst*.

L'elaborazione del modello è stata effettuata attraverso le seguenti fasi:

- Come già riportato in precedenza, all'interno dell'area di studio si è proceduto alla sottrazione di quelle porzioni che, in base alla normativa esistente, sono precluse all'installazione di nuovi impianti di acquacoltura, ognuna con la propria fascia di rispetto. Queste includono le praterie delle fanerogame marine (*Posidonia oceanica* e *Cymodocea nodosa*), le ordinanze delle capitanerie di porto riguardanti aree interessate dal ritrovamento di ordigni bellici, campi boe, zone archeologiche, zone portuali, zone di sosta natanti, relitti ecc., piattaforme estrattive, rotte, servitù militari, cavi e condotte sottomarine, aree occupate da barriere soffolte, Siti Inquinati di Interesse Nazionale (SIN), zone A e B delle Aree Marine Protette (AMP).
- Sono state calcolate le medie stagionali dei valori dei parametri considerati con l'applicazione *Spatial Analyst – Raster calculator*, in quanto i dati erano suddivisi per i dodici mesi. Il Raster Calculator utilizza la mappa algebra (linguaggio di analisi per l'analisi spaziale) per permetterci di interrogare i dati raster ed effettuare operazioni matematiche.
- Si è proceduto ad un resampling con cella di lato 1 km, con l'applicazione *Data management tools – Raster processing - Resample*. Non si è trattato di un down-scaling del dato, ma semplicemente di un ricampionamento in modo da avere per tutti gli strati informativi considerati raster con celle della stessa dimensione.
- Il ricampionamento ha riguardato anche il poligono delle aree disponibili derivato dalla sottrazione dei vincoli infrastrutturali.

- Con l'applicazione *Spatial Analyst - Reclassify* i raster sono stati classificati come 1 (buono) e 0 (cattivo) stabilendo per ciascun parametro valori soglia al di sopra e al di sotto dei quali i valori sono stati considerati favorevoli o sfavorevoli ad un'area da destinare a nuovi impianti di acquacoltura.

- Con l'applicazione *Spatial Analyst – Raster calculator* tutti i raster calcolati sono stati sovrapposti e combinati al fine di creare il modello binario. La sovrapposizione è stata fatta utilizzando le stesse stagioni di ogni parametro e il raster delle aree disponibili, ovvero unendo l'autunno della SST con l'autunno della correntometria e della torbidità e il raster delle aree disponibili, e via dicendo per tutte le altre stagioni. Laddove il risultato della sovrapposizione tra le celle ha incrociato tutti 1 (1+1+1) la cella è stata classificata ottima; laddove sono stati incrociati due 1 e uno 0 (1+1+0) la cella è stata classificata buona; laddove sono stati incrociati due 0 e un 1 (0+0+1) la cella è stata classificata mediocre; ed infine laddove sono stati incrociati tutti 0 (0+0+0) la cella è stata classificata non idonea.

In questo modo sono stati generati scenari ipotetici per l'individuazione delle aree più favorevoli all'installazione di nuovi impianti di acquacoltura.

4.2 Risultati

4.2.1 Descrizione delle mappe tematiche ambientali considerate

I sottobacini prescelti per la modellizzazione spaziale GIS sono stati l'Adriatico settentrionale (Figura 5) ed il Mar Tirreno (Figura 6).



Figura 5: Mar Adriatico

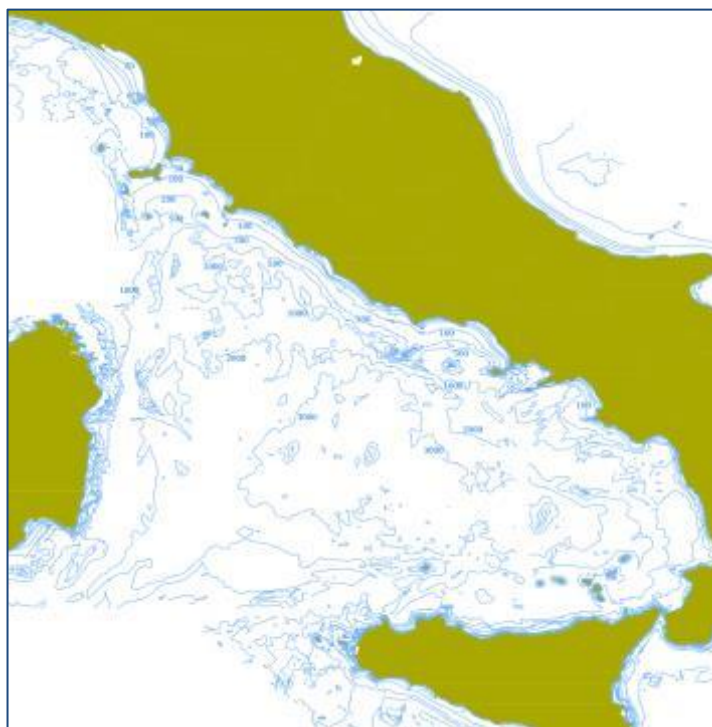


Figura 6: Mar Tirreno

4.2.2 Mar Adriatico

L'area di indagine si colloca nel bacino adriatico settentrionale che ha una profondità media di 50 m e gradualmente sprofonda verso l'Adriatico centrale ad una profondità media di circa 100 m. Le caratteristiche fisiche del bacino adriatico hanno effetto sulla sua circolazione. In corrispondenza del cambiamento della batimetria del bacino, tre subregioni possono essere riconosciute. Il nord Adriatico con una profondità media di meno di 50 m, gradualmente sprofonda verso l'Adriatico centrale (profondità media ~100 m). Nell'area centrale, una bassa depressione di circa 250 m è nota come Jabuka, la depressione di Pomo (Pomo pit) o depressione medio-adriatica. Una soglia relativamente bassa demarca l'inizio dell'Adriatico meridionale caratterizzato da una estesa depressione con una profondità maggiore di 1000 m. La soglia di Otranto si trova al termine meridionale del bacino (Böhm et al., 2003).

La circolazione generale nel Mar Adriatico è ciclonica con tre gyres (vortici) inclusi (Artegiani et al., 1997a, b). L'interazione con il fondale e le coste limitrofe risulta nella formazione di piccoli gyre, eddies (mulinelli) e altre formazioni a piccola scala come i filamenti (Borzelli et al., 1999).

L'entrata del flusso avviene in corrispondenza del lato orientale dello Stretto di Otranto e apporta acque oligotrofiche provenienti dal Mar Ionio. Parte del flusso superficiale segue la costa dalmata nota come corrente adriatica orientale. All'apice settentrionale del bacino, il flusso costiero è noto come corrente adriatica settentrionale fino a dove incontra il plume (pennacchio) del Po. L'incontro ed il mescolamento con le acque dolci del Po e dei fiumi adiacenti porta ad una profonda modificazione delle masse d'acqua (Hopkins et al., 1999). A valle dell'area di rimescolamento si forma la ben definita corrente adriatica occidentale che continua lungo la penisola italiana uscendo sul versante occidentale dello Stretto di Otranto. Lungo l'asse centrale del bacino, ci sono tre gyres principali associati alle sub regioni adriatiche. Queste sono il gyre settentrionale, medio e meridionale. Inoltre episodi di formazione di acque dense occorrono nell'Adriatico settentrionale e meridionale con particolari condizioni invernali e con possibili conseguenze nella circolazione superficiale (Artegiani et al., 1997a, b; Hopkins et al., 1999) (Fig. 7).

Al fine di individuare le aree più idonee agli allevamenti di molluscoltura nell'Adriatico settentrionale, sono stati presi in considerazione i seguenti parametri: temperatura superficiale (SST skin), il pH e la clorofilla (CHL).

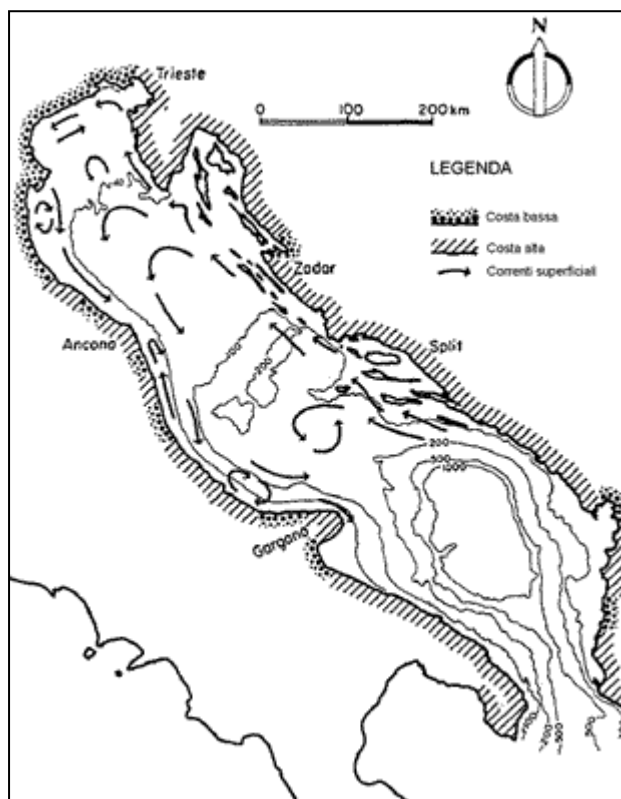


Figura 7: Principali correnti superficiali del bacino adriatico settentrionale, centrale e meridionale. Nel bacino meridionale sono evidenziate la depressione medio-adriatica o di Pomo (230 m) e la depressione dell'Adriatico meridionale (1000 m).

4.2.2.1 Temperatura Superficiale (SST skin)

Durante i mesi invernali, da gennaio a marzo, è visibile come vena fredda la corrente adriatica costiera occidentale che determina un raffreddamento delle acque costiere rispetto a quelle del restante del bacino. L'esteso gradiente di temperatura superficiale nord-ovest e sud-est mostra i valori estremi nella parte nord-occidentale del bacino e nel Golfo di Trieste che risulta più freddo di 5-6 °C rispetto alla zona sud orientale del bacino. Queste differenze sono dovute in parte all'input di acque dolci che portano acque più fredde dell'interno del bacino ed anche al raffreddamento delle acque superficiali (Gacic et al., 1997). Le acque fredde scorrono lungo la costa italiana formando un ben definito pennacchio (*plume*) costiero; tale corrente fredda occidentale è più prominente in gennaio e febbraio. Durante i mesi invernali è possibile notare che le acque costiere del Nord Adriatico sono più fredde di quelle del restante del bacino; le temperature più fredde sono associate alla fuoriuscita costiera di acque dal Po (BÖhm et al., 2003).

I mesi primaverili (Figura 8) sono caratterizzati dall'inversione del gradiente orizzontale di temperatura e dall'occorrenza di zone di acque calde nell'area adiacente al delta del Po. Un'altra zona di acqua calda si verifica in questa stagione in corrispondenza dell'area della Jabuka Pit associata probabilmente con un *gyre* anticiclonico della circolazione al di sopra del termoclino.

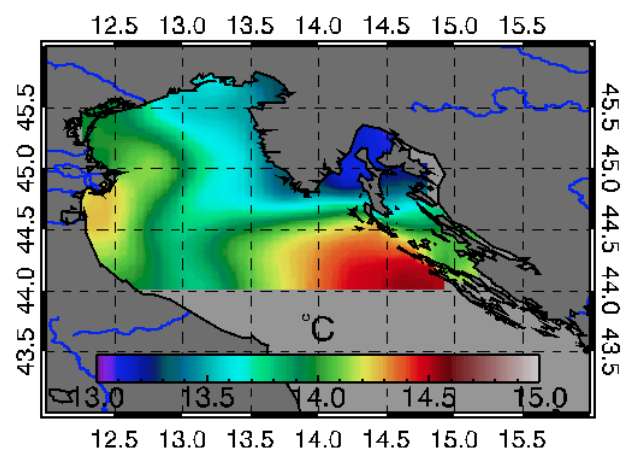
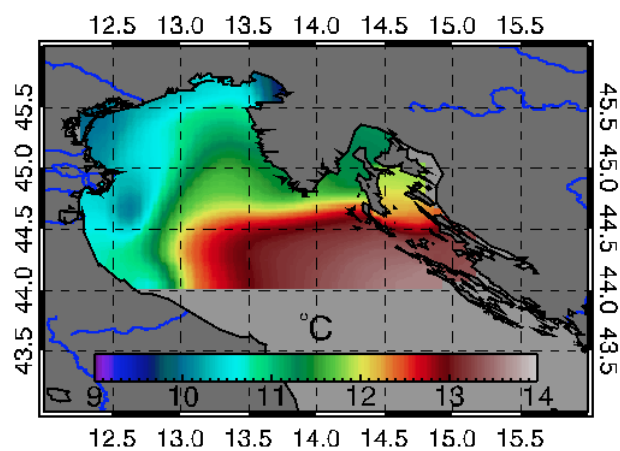
Durante i mesi primaverili è difficile discernere la circolazione nel bacino settentrionale ad eccezione delle acque leggermente più calde vicino al delta del Po.

L'andamento delle SST nei mesi estivi (Figura 8) rimane sostanzialmente simile a quello primaverile con la presenza di un nucleo di acque più calde in corrispondenza al delta del Po. In questo periodo le SST più elevate si registrano nella parte nord-occidentale del bacino settentrionale mentre le più fredde lungo le coste croate.

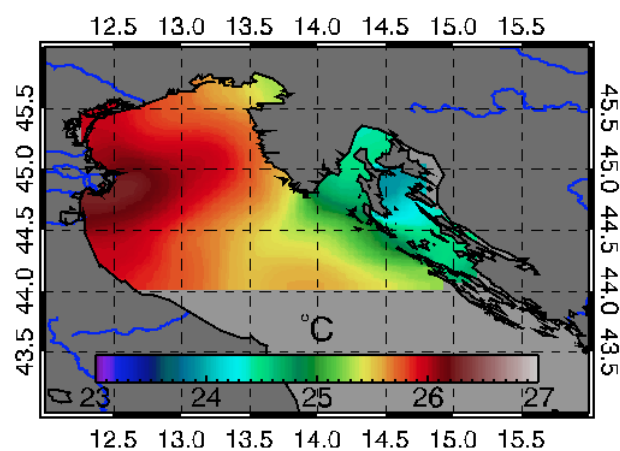
Nel Medio Adriatico l'upwelling costiero causa temperature più fresche al largo della costa dalmata. I filamenti associati si propagano al centro del bacino Medio adriatico formando una larga banda di acque più fresche nel campo medio delle SST.

In autunno (Figura 8), come conseguenza di una netta perdita di calore, l'area più a nord del bacino settentrionale diventa nuovamente più fredda della restante parte del bacino. Ci sono segni di formazione della corrente fredda costiera rispetto alle più alte SST notabili nella parte meridionale del bacino.

Durante i mesi autunnali il flusso costiero più freddo diviene nuovamente visibile. La corrente occidentale adriatica è visibile come una fredda vena costiera nelle mappe mensili di SST skin da Novembre a Marzo.

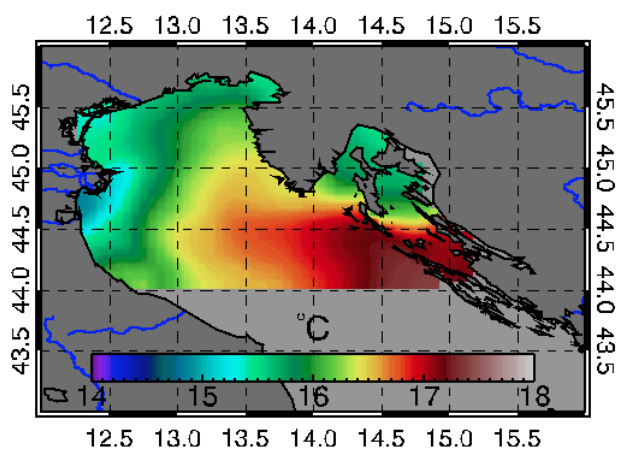


Inverno



Estate

Primavera



Autunno

Figura 8: SST skin in corrispondenza dell'Adriatico settentrionale nella stagione invernale, primaverile, estiva ed autunnale per gli anni Luglio 2006/Giugno 2012 (fonte CNR-ISAC).

4.2.2.2 Clorofilla (CHL)

L'Adriatico è una delle aree più produttive del bacino Mediterraneo (Böhm et al., 2003). Stime basate sull'analisi dei dati satellitari collezionati dal sensore *Coastal Zone Color Scanner* (CZCS) effettuate da Antoine et al. (1995) hanno confermato che il Mar Adriatico ha la più alta biomassa fitoplanctonica e produttività primaria di tutti i sub-bacini mediterranei. Utilizzando i dati CZCS, Barale et al. (1986) ha mostrato una diretta correlazione tra la distribuzione invernale-primaverile dei pigmenti fitoplanctonici nell'Adriatico settentrionale e l'emissione di acqua dolce dal fiume Po. Infatti l'eterogeneità del pigmento fitoplanctonico appare governata dalle fluttuazioni nell'immissione di acqua dolce, mentre i campi di vento dominanti non sembrano avere importanti effetti diretti. Il fiume Po presenta un pennacchio che si muove in modo predominante nella direzione sud-est con una scala positivamente correlata con il suo deflusso. Le scale spaziali della corrente costiera occidentale al contrario sono inversamente correlate con il deflusso del Po e con la scala del pennacchio.

La mappa della concentrazione di clorofilla della stagione invernale mostra come le concentrazioni più elevate ($>5.0 \text{ mg m}^{-3}$) si riscontrino a sud del delta del Po (Fig. 9) lungo costa. Il bacino settentrionale è caratterizzato da un gradiente molto netto dei valori di clorofilla che oscillano tra circa 0.5 mg m^{-3} al largo e 3.0 mg m^{-3} lungo la costa.

In primavera (Figura 9) si nota un significativo aumento della concentrazione di clorofilla rispetto all'inverno dovuto alla fioritura fitoplanctonica primaverile che investe l'area del delta del Po con concentrazioni di clorofilla che raggiungono i 15 mg m^{-3} . Gli alti valori di clorofilla si riscontrano sempre dalla foce del Po verso sud lungo la costa. I valori del bacino settentrionale rimangono praticamente inalterati rispetto all'inverno. Il *plume* del Po in questa stagione presenta la sua massima estensione protendendosi verso il centro del bacino Adriatico settentrionale.

In estate (Figura 9) si ha una situazione simile a quella primaverile bensì si può notare una significativa diminuzione del *plume* del Po e delle concentrazioni di chl lungo il pennacchio del Po verso sud-ovest (direzione ciclonica) e sotto costa (tra 3.0 mg m^{-3} al largo a circa 10 mg m^{-3} lungo costa).

In autunno (Figura 9) si nota come le acque più ricche in clorofilla che formano il *plume* del Po, vengano spinte in direzione sud-est. E' possibile notare come l'area del delta mostri, al contrario, un intervallo di concentrazioni più basso compreso tra 3 mg m^{-3} al largo del delta del Po

e 10 mg m^{-3} lungo la fascia costiera a sud del delta. La fascia costiera nel bacino settentrionale raggiunge valori massimi pari a 3.0 mg m^{-3} sotto costa e valori pari a 1.0 mg m^{-3} al largo.

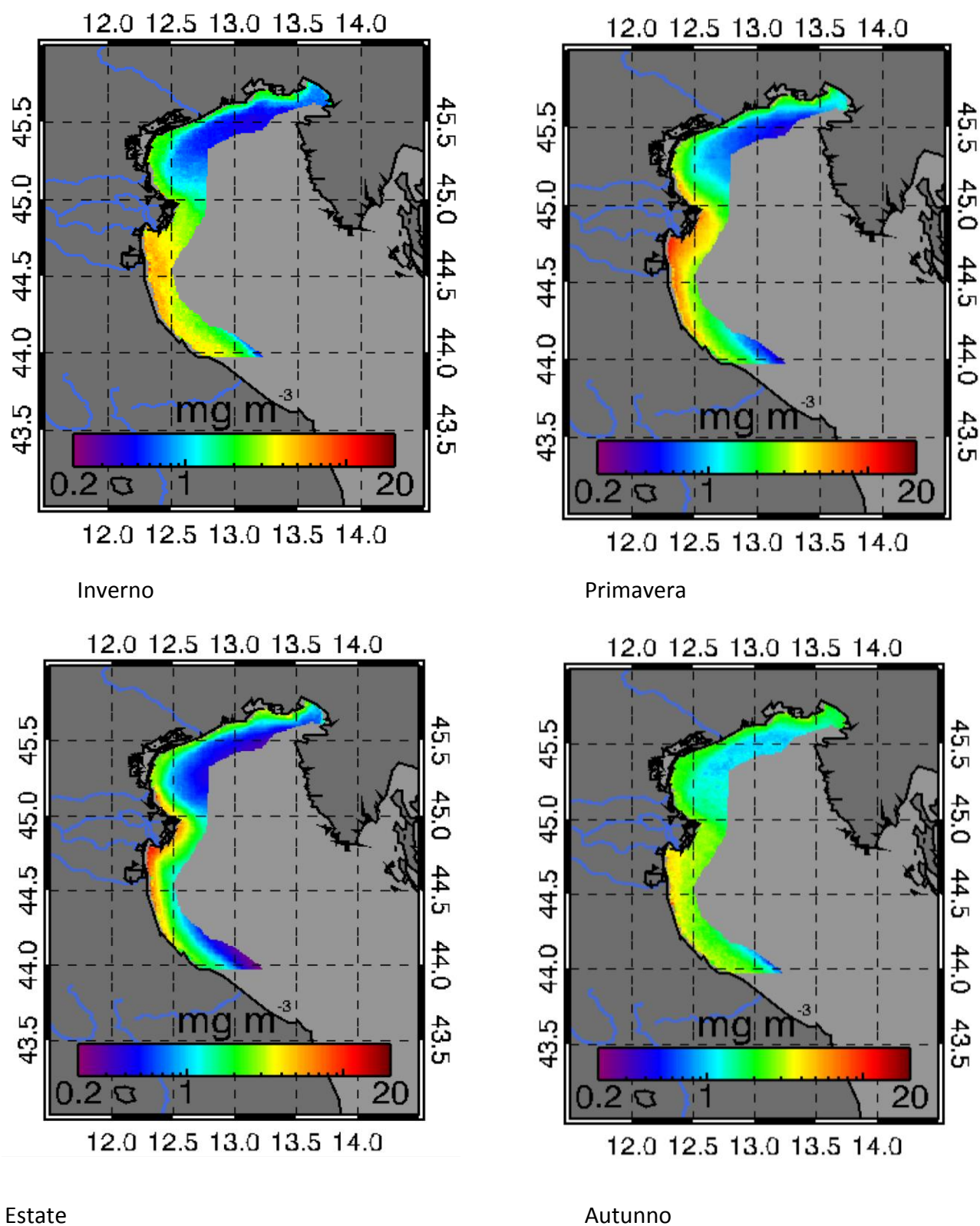


Figura 9: Mappe stagionali di CHL (mg m^{-3}) in corrispondenza dell'Adriatico settentrionale nella stagione invernale, primaverile, estiva ed autunnale dal 2001 al 2009 (fonte CNR-ISAC).

4.2.2.3 pH

Dalle analisi dei dati collezionati dalle sonde di pH poste sulle stazioni della rete mareografica ISPRA lungo le coste italiane indica come il pH superficiale si attesti tra i valori di 7.9 e 8.9 unità di pH (*baseline range*). Il valore medio per l'Adriatico settentrionale determinati dall'analisi statistica si attesta su 8.477 ± 0.245 unità di pH (Sample size 20798). Valori di pH nell'intervallo tra 7.917 e 7.973 con una media di 7.947 ± 0.003 unità di pH sono stati riportati per le acque dell'Adriatico settentrionale nel periodo invernale (Luchetta et al., 2010). Dati più recenti (Cantoni et al., 2012), acquisiti nel Golfo di Trieste su base annuale (serie storiche mensili) mostrano un'ampia variazione del ciclo annuale di pH sia alla superficie che al fondo. Le acque superficiali mostrano valori medi che vanno da 8.000 a 8.220 unità di pH (a 16.8 °C), i più bassi valori si registrano in inverno (dovuto alla prevalenza dell'assorbimento della CO₂ dall'atmosfera) mentre i più alti durante le stagioni primaverili e d'estive (dovuta all'effetto combinato di degassaggio e di produttività primaria). Gli strati profondi mostrano valori che variano da 8.050 e 7.800 unità di pH (a 16.8 °C), con i valori più alti in inverno (dovuti al mescolamento profondo delle masse d'acqua e agli scambi con l'atmosfera) mentre i valori più bassi si registrano durante l'estate e l'autunno (dovuti alla segregazione delle masse d'acqua profonde ed alla remineralizzazione della materia organica). Questo rappresenta un'evoluzione complessa dei valori del parametro pH che dipendono fortemente dall'effetto combinato del ciclo annuale della temperatura e dai processi biologici (processi di produzione primaria/ remineralizzazione).

I risultati dei livelli di Acidificazione Marina (*Ocean Acidification*, OA) stimati da Touratier and Goyet (2011) indicano che tutte le masse d'acqua mediterranee sono già acidificate con un intervallo che va da -0.14 a -0.05 unità di pH. Le acque del bacino orientale sembrano essere meno influenzate rispetto a quelle del bacino occidentale.

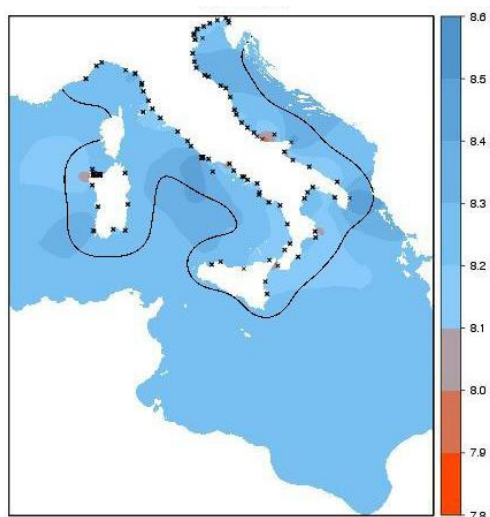
Gli organismi vegetali ed animali che si servono di minerali carbonatici per la formazione del loro scheletro o conchiglia in ambiente marino sono una grande varietà di invertebrati pelagici e bentonici, le alghe corallinacee incrostanti, molte specie appartenenti al fitoplancton ed i *warm- and cold-water corals* (CWC). La sensibilità degli organismi al fenomeno dell'OA è specie specifica, legata in primo luogo agli adattamenti fisiologici.

Lo ione carbonato (CO₃²⁻) precipita tramite reazioni chimiche (calcificazione) sul mantello dei molluschi a formare la conchiglia, oppure nei tessuti di altri organismi per comporre il loro scheletro interno. Il tipo di minerale carbonatico formato a seguito di questo processo influenza la

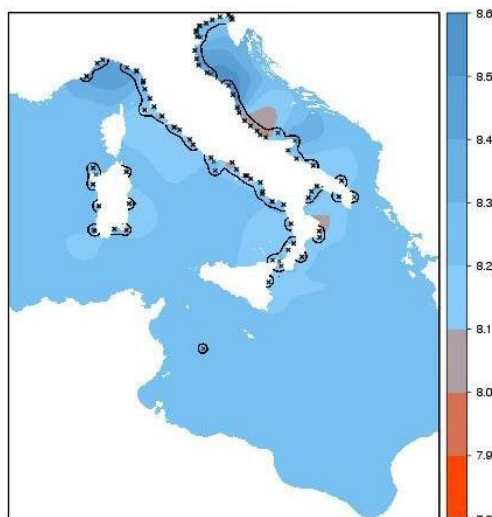
vulnerabilità degli organismi calcificanti rispetto all'acidificazione oceanica. La struttura dello scheletro carbonatico varia considerevolmente tra i taxa, sia per quanto riguarda la quantità di CaCO_3 formata sia che per la forma di carbonato che viene prodotta, oltre che per la composizione chimica. I molluschi (formanti principalmente calcite) hanno mostrato invece cambiamenti variabili nel tasso di calcificazione. La calcificazione è favorita ad alto pH ed alte concentrazioni di ioni carbonato (CO_3^{2-}): con l'abbassamento di pH e la diminuzione della concentrazione dello ione carbonato il dispendio energetico per la calcificazione è destinato a salire. In una grande varietà di invertebrati marini si è evidenziata, in esperimenti di laboratorio a condizioni di saturazioni controllate, una riduzione del tasso di accrescimento dello scheletro carbonatico (Ries et al., 2009).

L'effetto combinato dell'acidificazione marina con i diversi stressori (es. temperatura) sia sulla biogeochimica mediterranea che sugli ecosistemi e sui servizi ecosistemici associati potrebbe essere molto più ampio rispetto ad altre regioni europee.

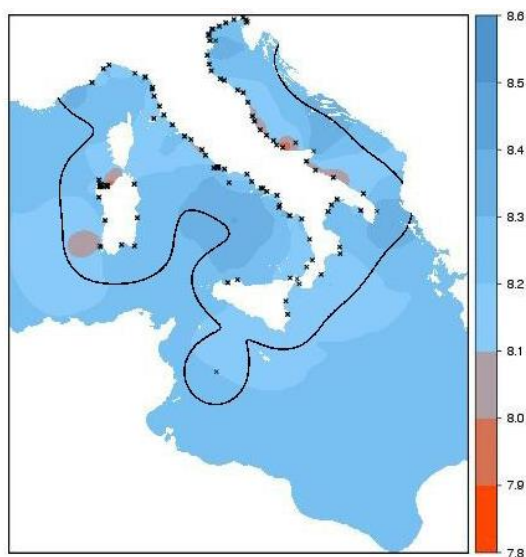
Le ricadute socio-economiche dell'acidificazione sono potenzialmente ingenti (Turley et al. 2010, 2011) e riguardano i beni ed i servizi ecosistemici derivanti dall'ambiente marino in particolare l'acquacoltura (molluschi e veneridi) e la pesca (impatti su componente fito/zooplanctonica base della catena trofica) (UNEP, 2010).



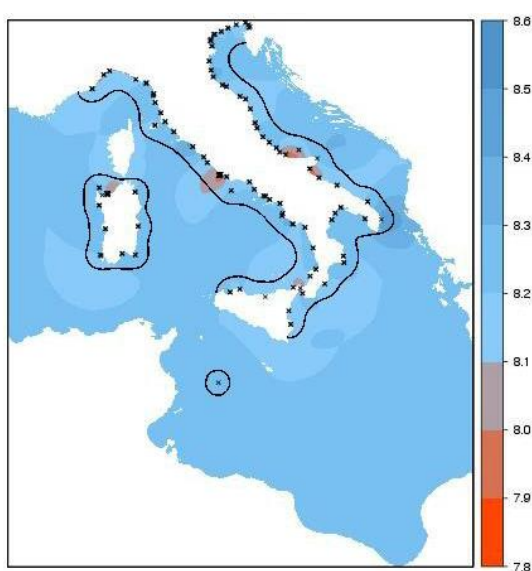
Inverno



Primavera



Estate



Autunno

Figura 10: Mappe stagionali di pH superficiale per le acque italiane nelle stagioni invernale, primaverile, estiva e autunnale per il periodo 2006-2012.

4.2.3 Mar Tirreno

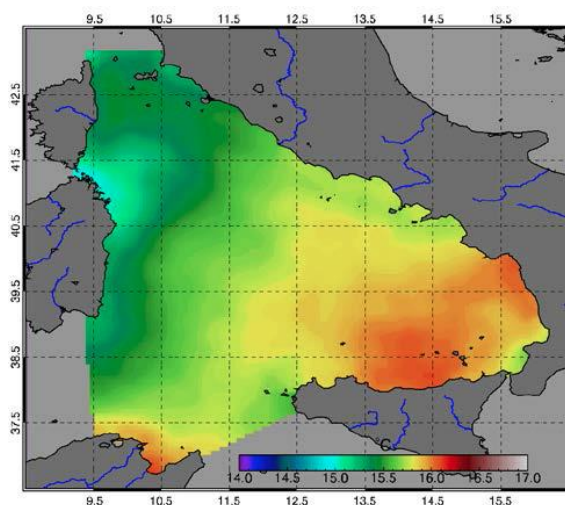
4.2.3.1 Temperatura Superficiale (SST skin)

I pattern invernali della SST (Figura 11) sono caratterizzati dalla corrente ciclonica ed anticiclonica a largo della Sardegna ovvero dal cosiddetto *Tyrrhenian Cyclonic Gyre* (vortice ciclonico tirrenico) a largo dello Stretto di Bonifacio. Il gradiente nord-sud risulta dalla differente insolazione e dalle severe condizioni metereologiche tipiche delle regioni settentrionali del Mediterraneo occidentale (Santoleri et al., 1994). Freddi temperature sono visibili nel Mar Tirreno centrale a largo dello Stretto di Bonifacio in corrispondenza del vortice ciclonico teirrenico o vortice freddo tirrenico che permette alle acque tirreniche di fuoriuscire verso il Mar Ligure dovuto alla sua estensione meridionale (Astraldi, 1994). Nel Mar Tirreno meridionale è possibile notare acque termicamente omogenee. La media invernale di SST è di 15 °C.

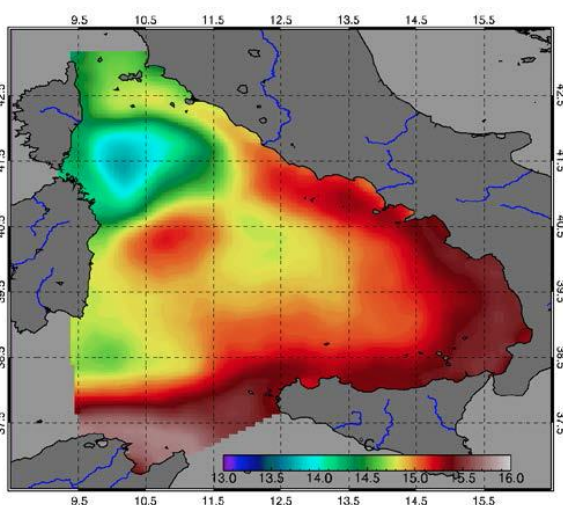
In primavera (Figura 11) si nota un affievolimento del gradiente di SST. Il gradiente si muove verso il Tirreno meridionale dove è possibile notare un gradiente est-ovest. Il *Cold Thyrrhenian Eddy* (vortice freddo tirrenico) è ancora visibile ad est dello Stretto di Bonifacio. In aprile il valore medio si attesta sui 15.7°C.

In estate (Figura 11) è visibile uno stretto gradiente di SST che rinchiude il bacino tirrenico lungo la linea di connessione tra la Sardegna e la Sicilia (Santoleri et al., 1994). Il *Cold Thyrrhenian Eddy* è ancora visibile, ma il suo asse ruota stagionalmente. In luglio il valore medio di SST è di 25.7 °C.

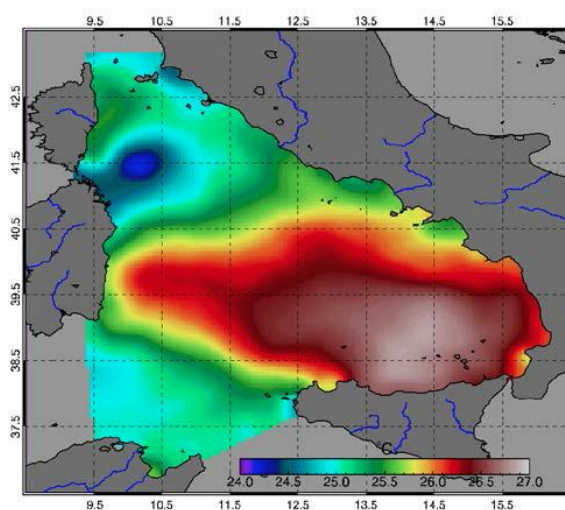
In Autunno (Figura 11) si nota l'apertura meridionale vicino alla Sicilia ed anche la massima estensione zonale del *Cold Thyrrhenian Eddy*. Inoltre è visibile il fronte termico che separa le acque relativamente omogenee del Tirreno Centrale da quelle del vortice freddo tirrenico localizzate più a nord. In ottobre il valore medio di SST è di 22.2 °C.



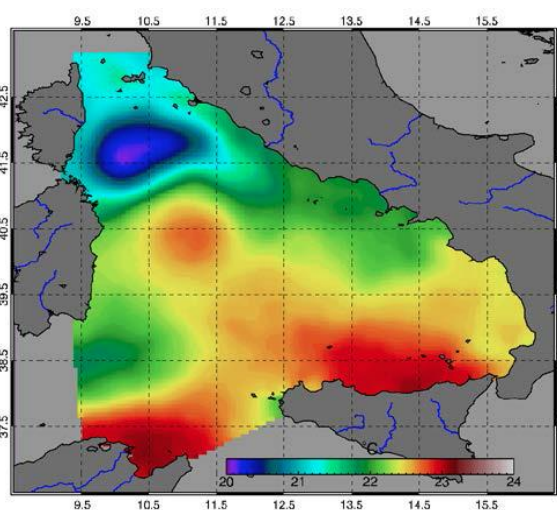
Inverno



Primavera



Estate

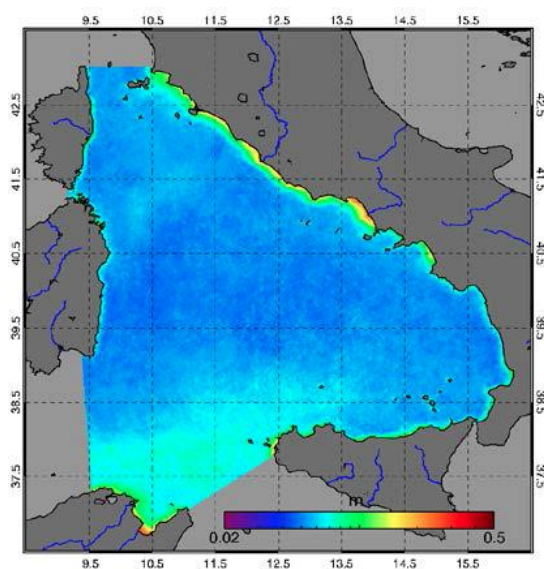


Autunno

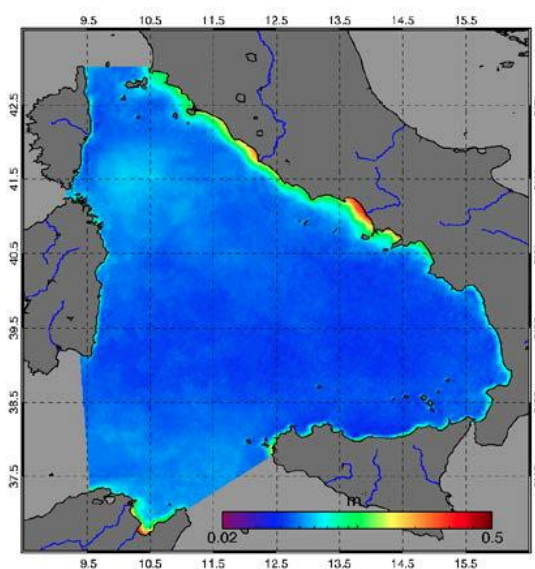
Figura 11: SST in corrispondenza del Tirreno nella stagione invernale, primaverile, estiva ed autunnale per gli anni Luglio 2006/Giugno 2012 (fonte CNR-ISAC).

4.2.3.2 Torbidità (KD490)

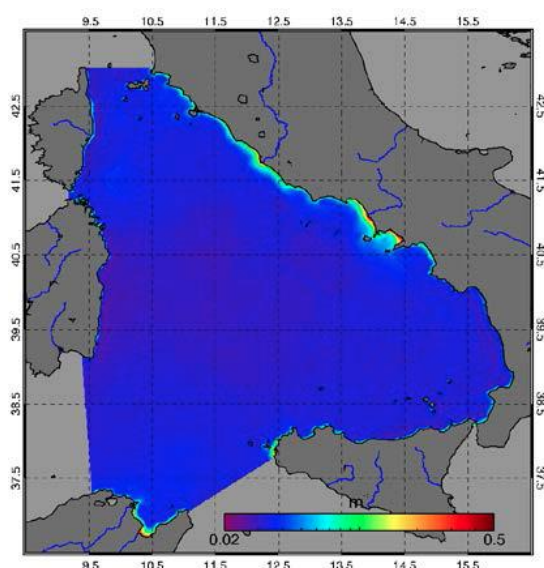
Nel periodo invernale (Figura 12) in questo bacino si riscontra una grande influenza del bloom fitoplanctonico primaverile che occorre in mare aperto nel Tirreno settentrionale e della corrente algerina (Canale di Sicilia). Lungo la costa italiana è visibile un significativo ciclo pluviale che mostra valori di Kd in aumento dall'inverno alla primavera dovuti all'input di acque dolci dei fiumi Garigliano e Volturno, che poi diminuiscono nuovamente durante la stagione estiva.



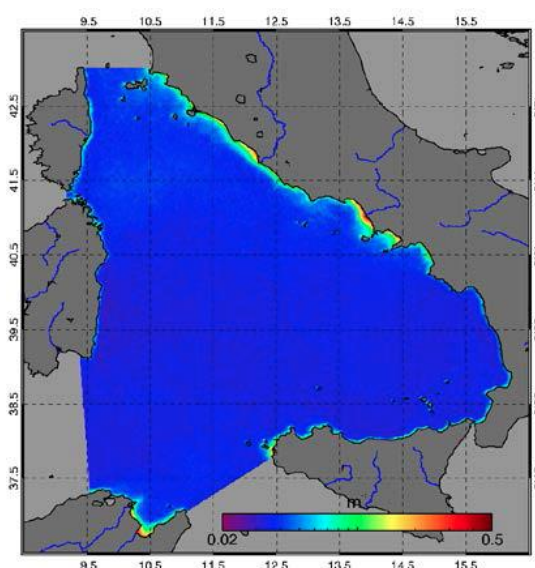
Inverno



Primavera



Estate



Autunno

Figura 12: 11 KD490 in corrispondenza del Mar Tirreno nella stagione invernale, primaverile, estiva ed autunnale dal 2001 al 2009 (fonte CNR-ISAC).

La grande influenza dei fiumi Garigliano e Volturno tra Gaeta e Capo Miseno insieme al fiume Sarno è visibile all'interno del Golfo di Napoli. Il fiume Tevere ha un'influenza minore notevole soprattutto in primavera quando si evidenziano alti valori di K_d a nord del delta.

L'influenza del fiume Arno è visibile lungo la costa Toscana (Figura 12) . I picchi massimi della torbidità sono rilevabili in inverno dovuti all'input del fiume Arno. Alla fine dell'inverno (Marzo) le medie dei valori di K_d sono massimi poiché l'influenza del bloom fitoplanctonico e l'input del fiume sono accoppiati (0.08 m^{-1}). Si può notare come l'influenza del delta dell'Arno è significativa in direzione nord. In estate (Fig. 12) si può notare come la gran parte del bacino mostri valori di K_d molto bassi.

4.2.3.3 Correntometria superficiale

Il bacino tirrenico è influenzato sia dalla circolazione ciclonica dell'acqua atlantica superficiale (*Modified Atlantic Water*, MAW) che dal gyre ciclonico a largo dello Stretto di Bonifacio detto "Vortice Tirrenico freddo" (Cold Tyrrhenian Eddy) che permette alle acque tirreniche di entrare nel Mar Ligure (Astraldi, 1994). La *Levantine Intermediate Water* (LIW) o acqua levantina, invece, mescolandosi con l'acqua superficiale e profonda gioca un ruolo essenziale negli scambi verticali all'interno del bacino tirrenico. Il suo ingresso nello stesso bacino avviene infatti nelle acque profonde tra la Sardegna e la Sicilia.

Il Mar Tirreno connesso al bacino algerino attraverso lo Stretto di Sardegna e al Mar Ligure attraverso il Canale di Corsica, è caratterizzato da un sistema di circolazione debole ciclonico/anticiclonico, nonostante molte osservazioni mostrino come lungo le coste italiane la corrente sia prevalentemente ciclonica (antioraria).

Nel bacino tirrenico meridionale la circolazione è dominata da due strutture cicloniche: il *South Western Tyrrhenian Gyre* (vortice sud-occidentale tirrenico, SWTG) and the *South Eastern Tyrrhenian Gyre* (Vortice sud orientale tirrenico). Quest'ultimo è debole in media probabilmente perché questa è un'area di frequenti vortici anticiclonici che indeboliscono la circolazione media ciclonica. Nel Tirreno nord occidentale, proprio ad est dello Stretto di Bonifacio, un campo di vento specifico induce (dovuto all'effetto di Coriolis) un dipolo sulla mesoscala con la formazione di un anticiclone a sud e di un ciclone a nord, che mostrano strutture molto differenti. L'anticiclone è composto dall'acqua più calda (MAW) e ruota e converge come un vortice isolato. Il

ciclone risulta dalla MAW divergente che forma un anello che circonda una zona più fredda, che si è supposto essere un'occasionale zona di formazione di acque dense.

Nonostante la circolazione del Mar Tirreno venga tradizionalmente descritta come soprattutto ciclonica, recenti studi mostrano che questo è vero solo in senso lato, e che le correnti superficiali siano modulate da una serie di strutture sulla mesoscala/sottobacino di natura sia transiente che semi-permanente. L'importanza di queste strutture può superare di gran lunga il quadro del flusso medio specialmente nel sottobacino meridionale. La controparte meridionale dei suddetti ciclone ed anticiclone tirrenico settentrionale, a largo dello Stretto di Bonifacio, è rappresentato dal *Southern Tyrrhenian Anticyclone* (Anticiclone Meridionale Tirrenico, STA) e da addizionali caratteristiche similari, quali ad esempio quello rilevabili a largo della costa della Calabria.

Un certo grado di variabilità stagionale può essere rilevata. In particolare, le caratteristiche della circolazione nella parte occidentale del bacino sembrano essere più forti in estate che in inverno. D'altra parte, la STA e la circolazione nella regione sud orientale sono più intense in inverno che in estate. Tali segnali stagionali influenzano il pattern generale del flusso e l'energia cinetica media ad esso associata, mentre i campi dei vortici sono meno variabili praticamente nell'intero bacino. Gli andamenti stagionali sono probabilmente più fortemente influenzati dal flusso in entrata ed in uscita ai principali confini aperti del bacino che alla variabilità locale dei campi di vento.

Ad una profondità intermedia la LIW gira in senso ciclonico attorno al SWTG rompendosi in segmenti di corrente che portano la LIW lungo lo Stretto di Corsica e nel bacino algerino attraverso il Canale di Sardegna.

I risultati vengono analizzati attraverso la realizzazione di mappe dei valori di corrente sulla superficie. Attraverso di esse è possibile caratterizzare il campo fluidodinamico della sottoregione tirrenica. In Figura 13 vengono mostrati i valori medi di corrente superficiale negli anni 2001-2010.. Si riportano inoltre 4 mappe rappresentanti il campo fluidodinamico sulla superficie libera nei 10 anni analizzati e i valori medi relativi alle singole stagioni per le acque italiane (Figura 14).

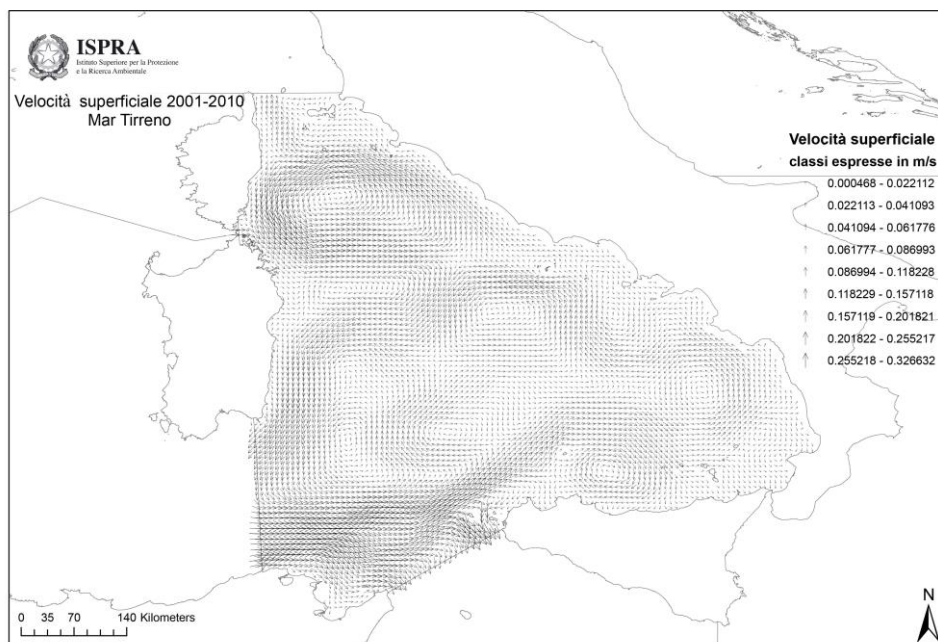
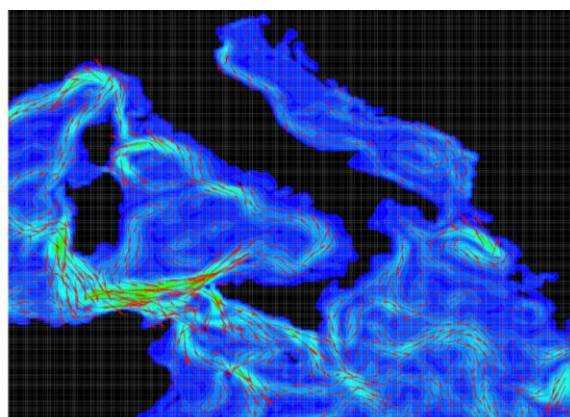
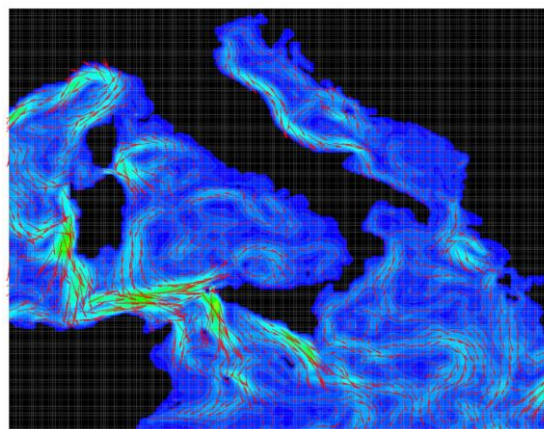


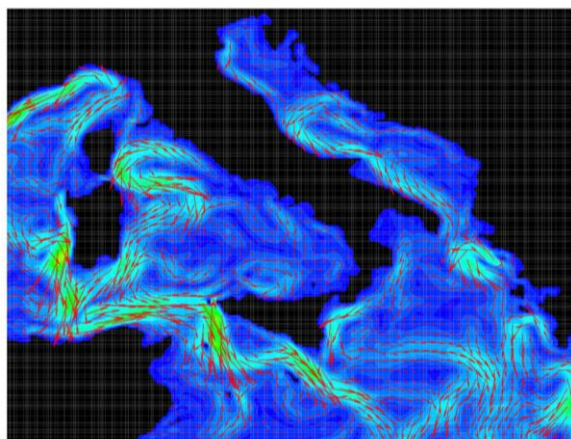
Figura 13: Campo fluidodinamico del bacino Tirrenico con i valori medi di corrente superficiale negli anni 2001-2010.



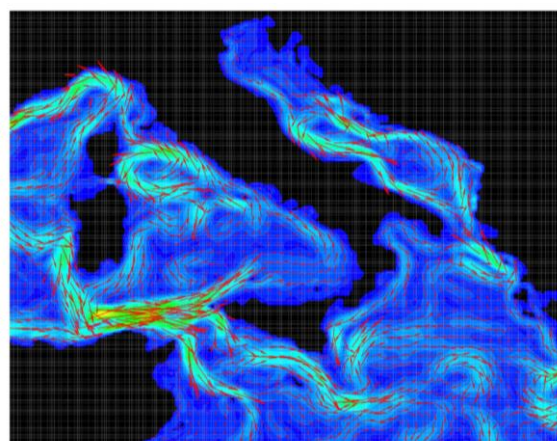
Inverno



Primavera



Estate



Autunno

Figura 14: Mappe dei valori superficiali di corrente per le acque italiane nella stagione invernale, primaverile, estiva ed autunnale per gli anni 2001-2010.

4.2.4 OUTPUT del modello spaziale

Sono stati presentati 2 scenari, utilizzando un numero minimo di informazioni per verificare che anche con limitate informazioni il modello potesse suggerire scenari utili per la pianificazione spaziale. Le mappe output dell'applicazione del modello spaziale mostrano il livello di idoneità di potenziali aree nelle quali installare nuovi impianti di acquacoltura.

I livelli di idoneità sono rappresentati a diversi colori e sono classificati come: idoneità molto bassa, bassa, mediocre, media, discreta, alta, molto alta ed elevata.

Queste mappe rappresentano un'applicazione del modello spaziale tipo ranking sopra descritto, che tiene conto soltanto di alcuni parametri fisico-chimici presi in considerazione a titolo esemplificativo. In particolare l'output dell'Adriatico settentrionale tiene conto esclusivamente dei valori incrociati di clorofilla, pH e temperatura superficiale (Fig. 15 -18) con la finalità di individuare aree idonee per la molluschicoltura.

L'output del Tirreno tiene conto esclusivamente dei valori incrociati di torbidità, temperatura superficiale e correntometria superficiale (velocità) (Fig. 19 -25) ed è pensato per la pianificazione spaziale per la maricoltura di pesci marine in gabbie.

Non sono scenari di fattibilità, ma rappresentano un'applicazione del modello spaziale al fine di testare la sua validità e il suo funzionamento su due aree di possibile applicazione.

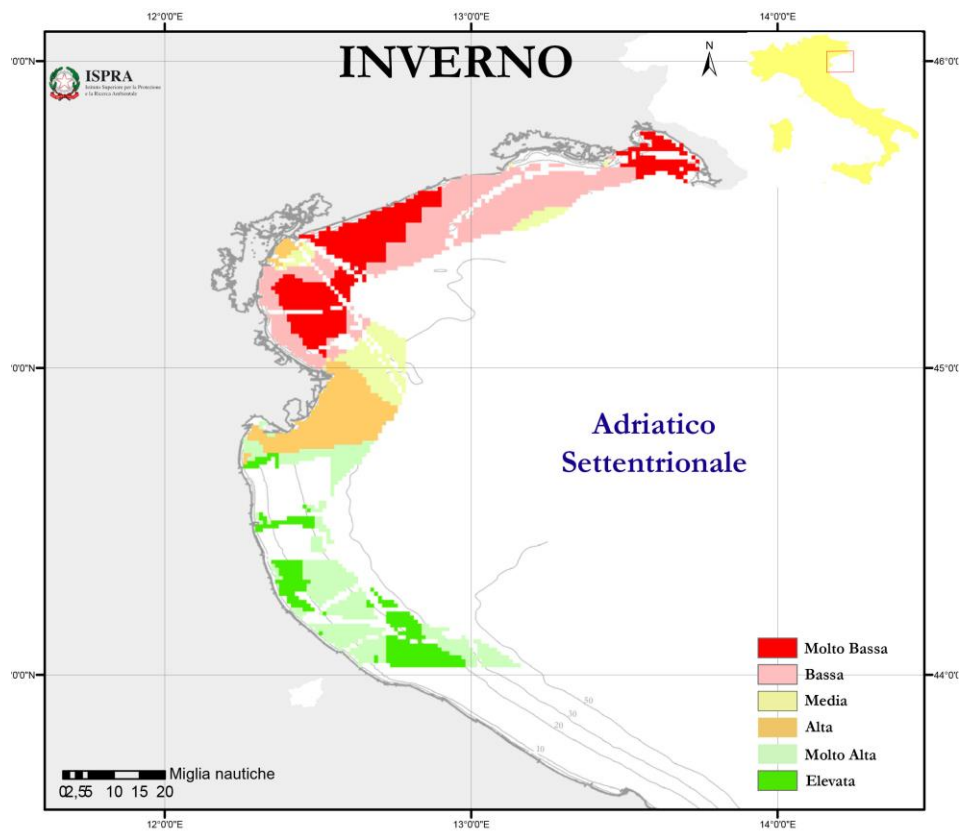


Figura 15: Scenario invernale (gennaio-marzo) in Adriatico settentrionale per i molluschi.

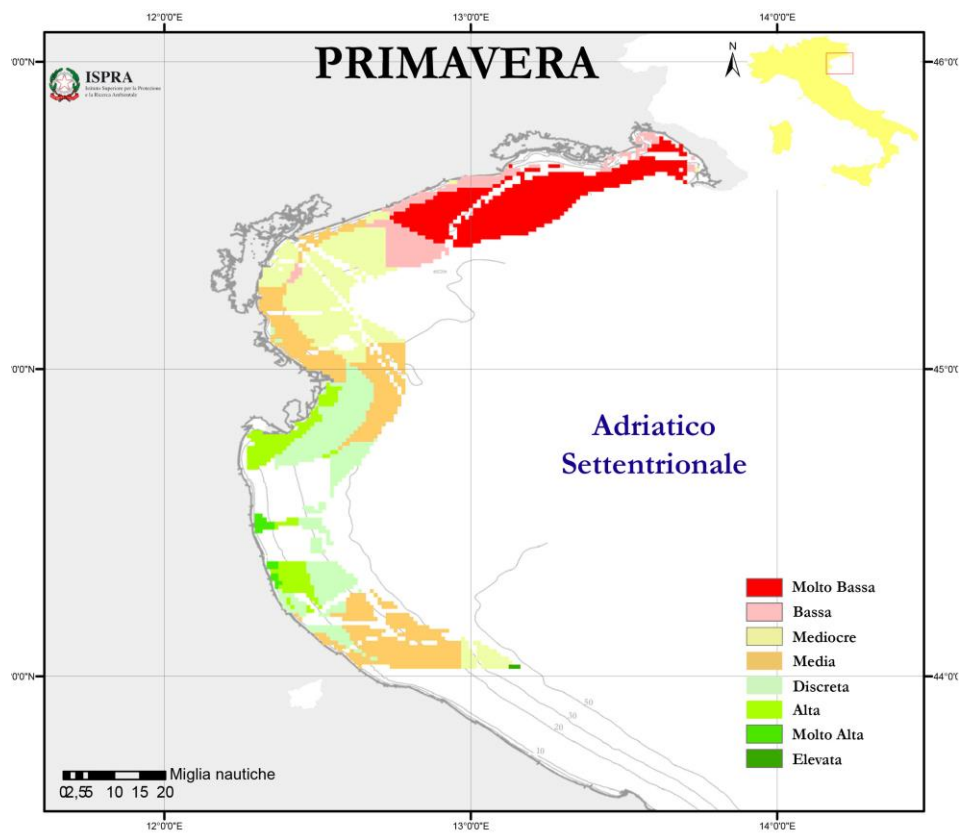


Figura 16: Scenario primaverile (aprile-giugno) in Adriatico settentrionale per i molluschi.

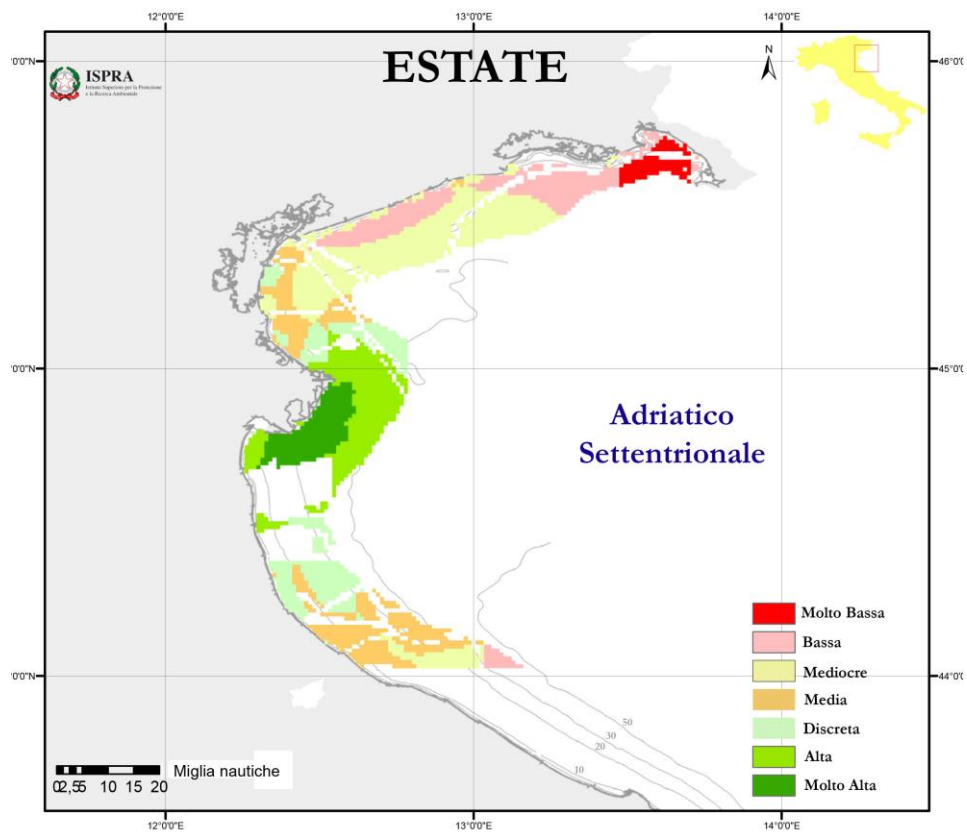


Figura 17: Scenario estivo (luglio-settembre) in Adriatico settentrionale per i molluschi.

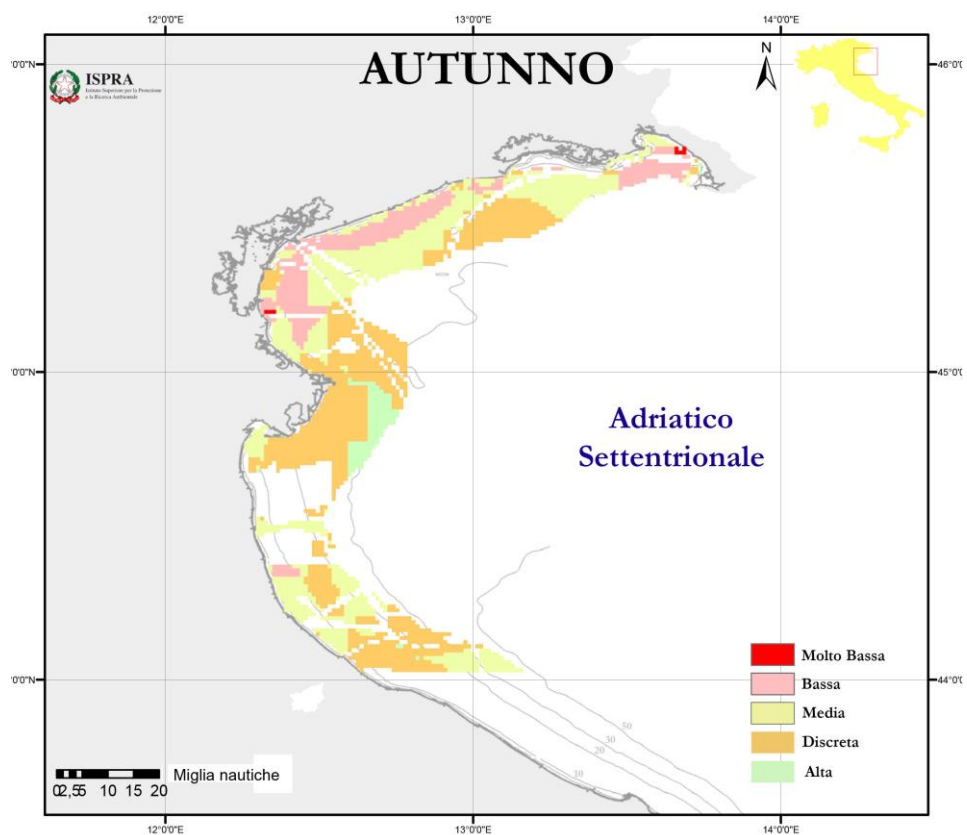


Figura 18: Scenario autunnale (ottobre-dicembre) in Adriatico settentrionale per i molluschi.

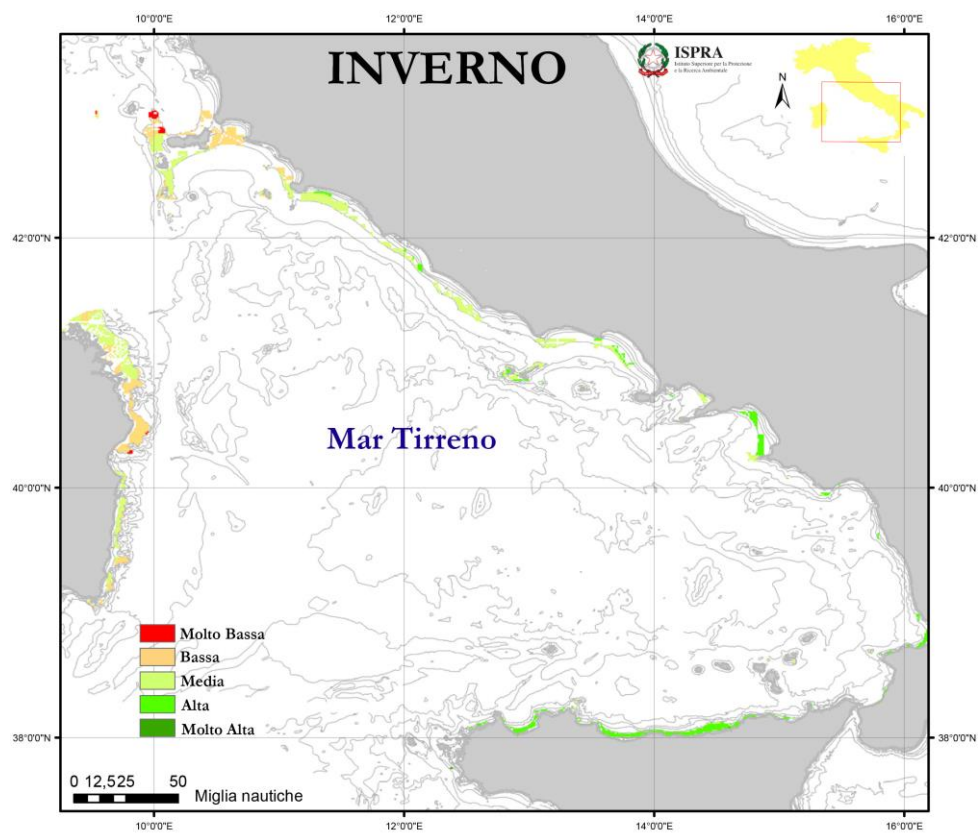


Figura 19: Scenario invernale (gennaio-marzo) nel Tirreno per i pesci.

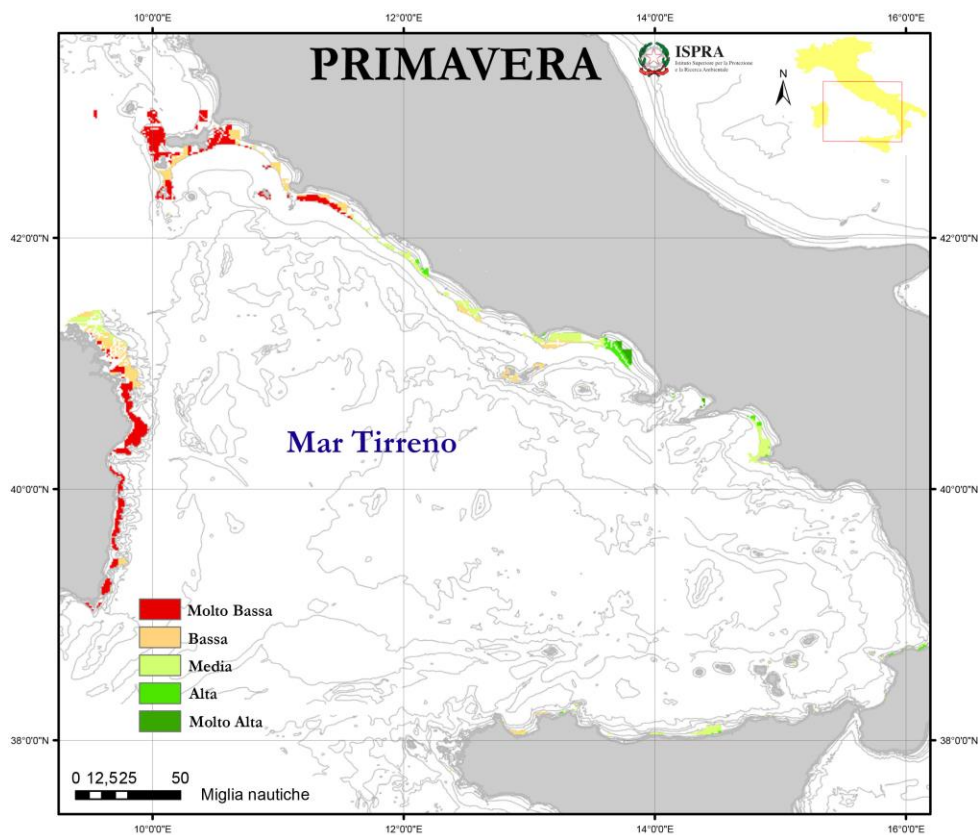


Figura 20: Scenario primaverile (aprile-giugno) nel Tirreno per i pesci

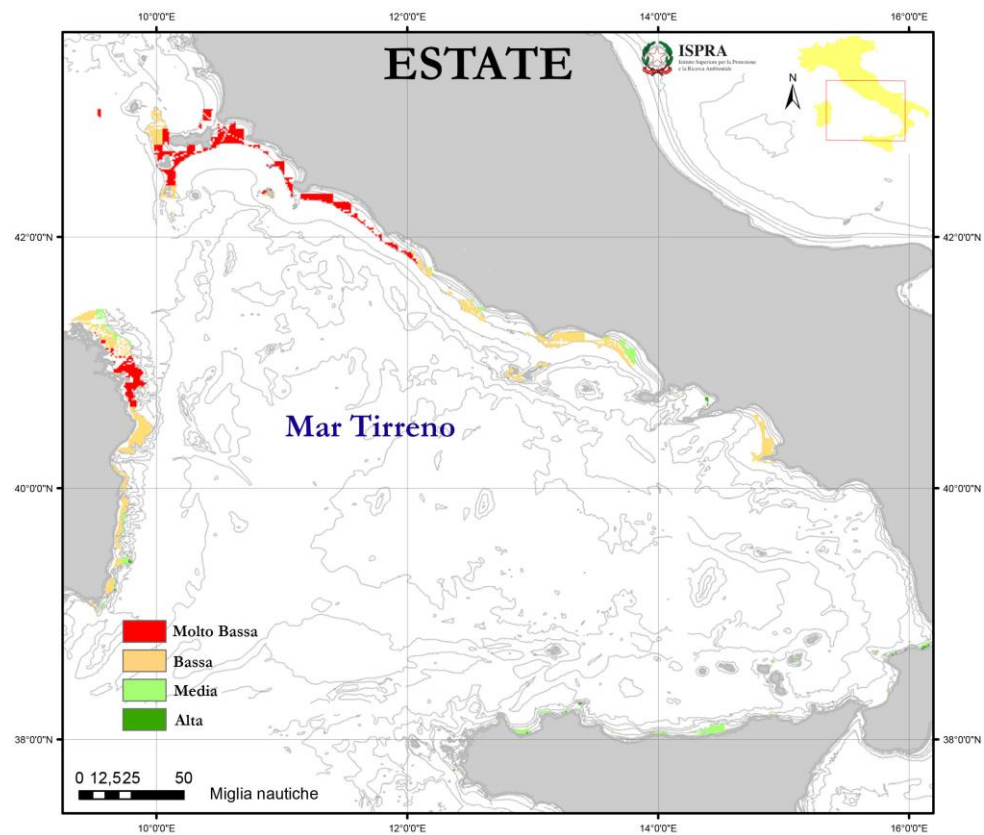


Figura 21: Scenario estivo (luglio-settembre) nel Tirreno per i pesci.

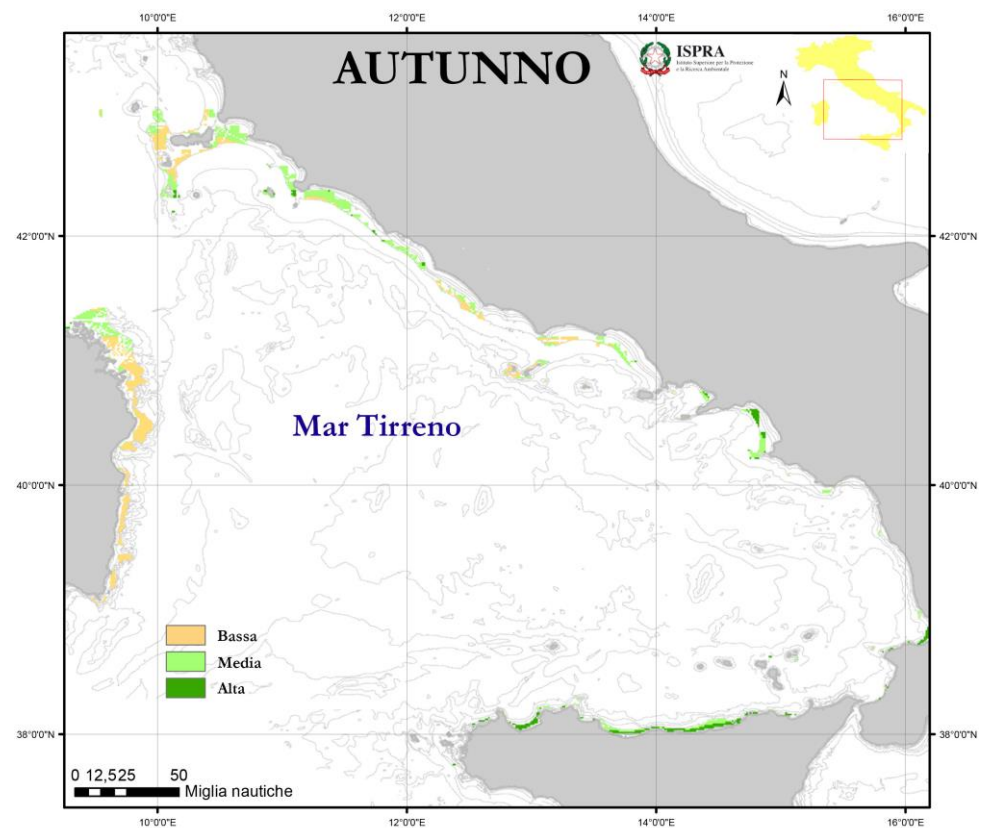


Figura 22: Scenario autunnale (ottobre-dicembre) nel Tirreno per i pesci.

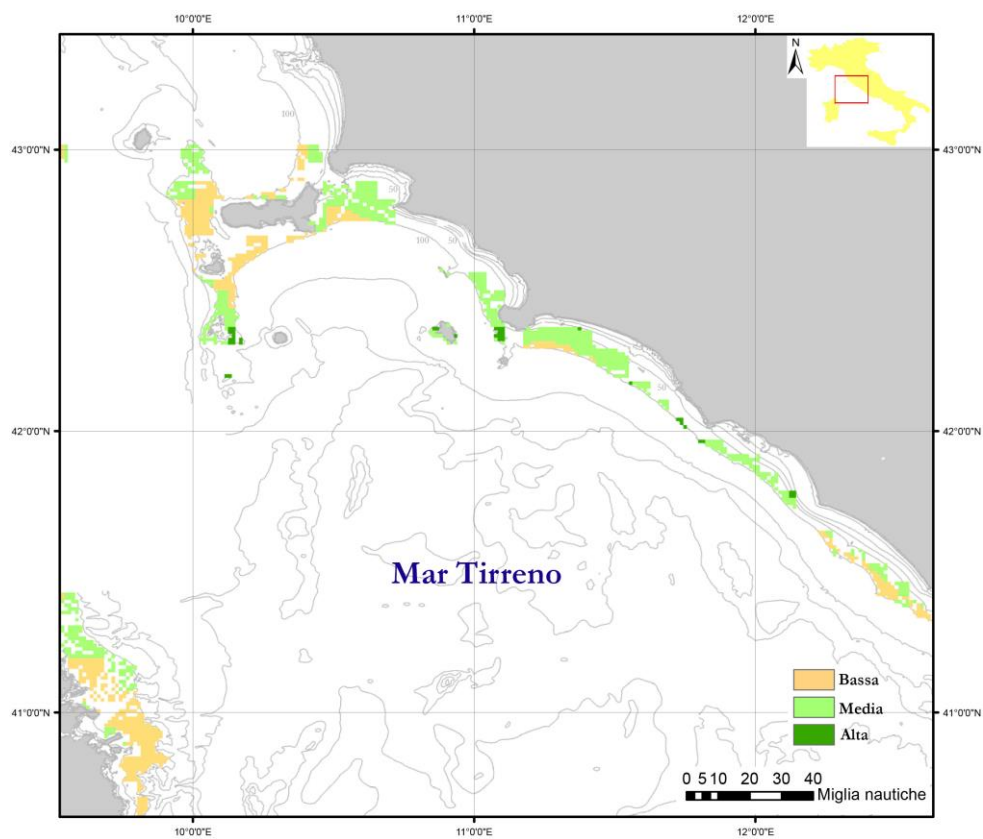


Figura 23: Particolare dello scenario autunnale nel Tirreno (Toscana e Lazio settentrionale)

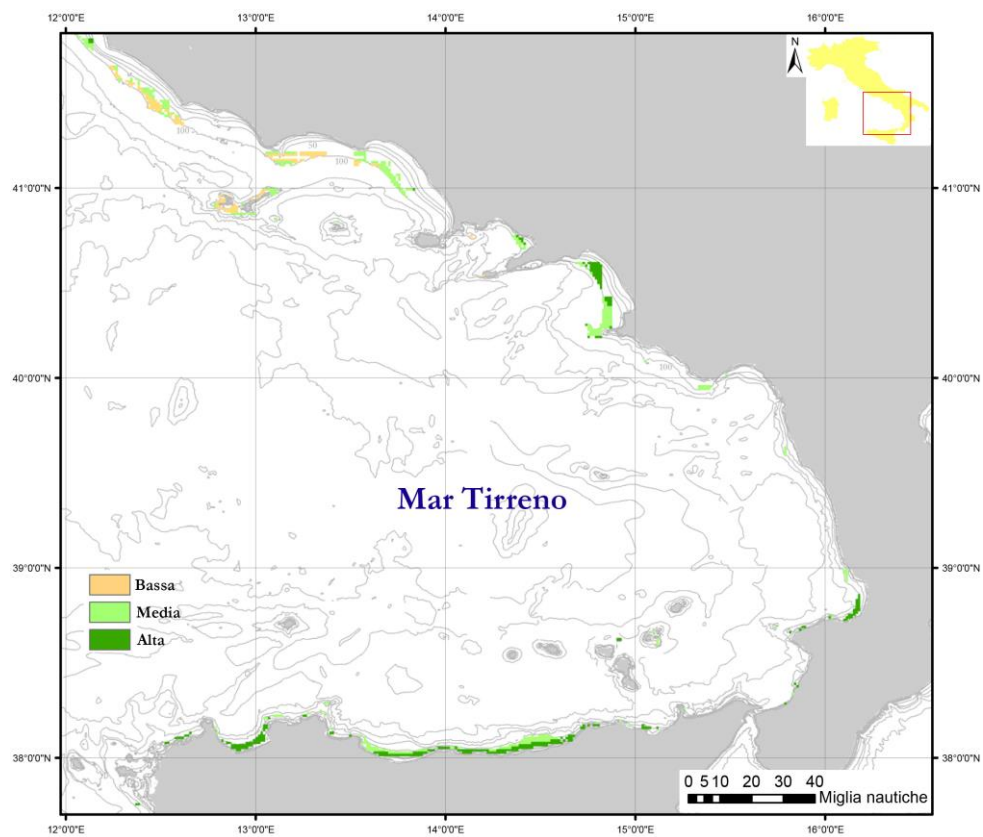


Figura 24: Particolare dello scenario autunnale nel Tirreno (Lazio meridionale, Campania, Calabria e Sicilia)

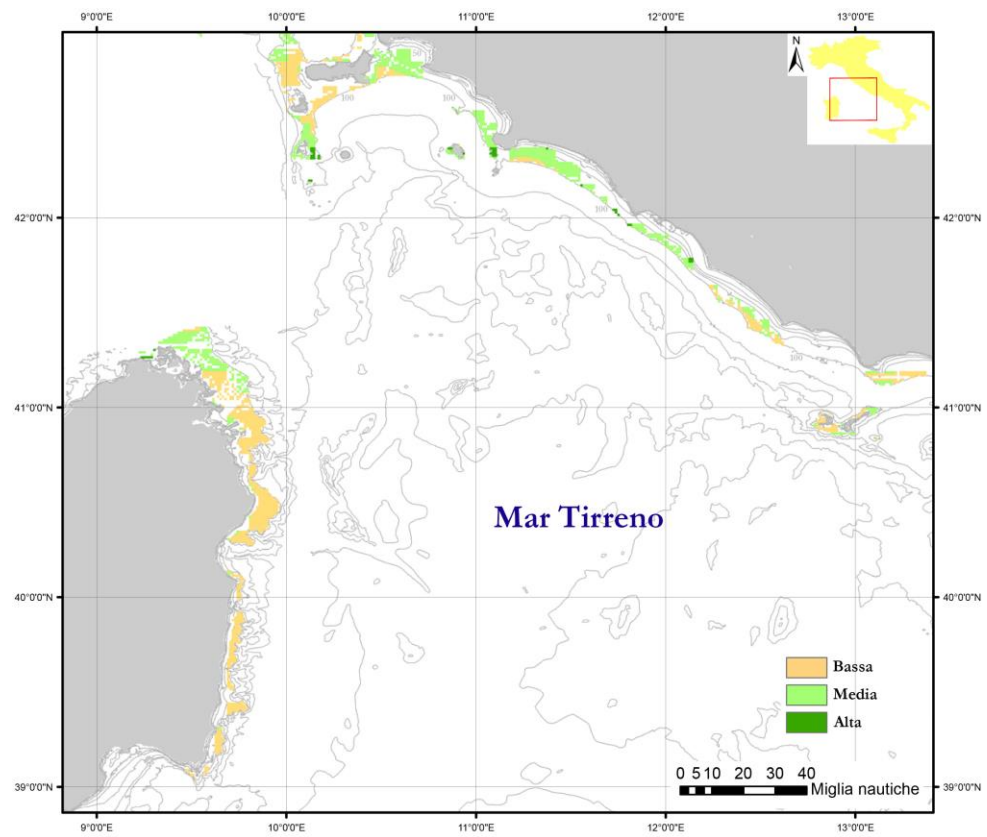


Figura 25: Particolare dello scenario autunnale nel Tirreno (Sardegna, Toscana e Lazio)

5. BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

© EuroGeographics. Original product is freely available at www.eurogeographics.org.

Terms of the licence available at <http://www.eurogeographics.org/form/topographic-data-eurogeographics>".

AA.VV. (2001) - Acquacoltura Responsabile. Cataudella S., Bronzi P. (eds). Unimar-Uniprom, Roma: 683 pp

Antoine D., Morél A., e André J.-M., 1995. Algal pigment distribution and primary production in the eastern Mediterranean as derived from coastal zone color scanner observations. *J. Geophys. Res.*, 100: 16 193-16 209.

Artegiani A., Bregant D., Paschini E., Pinardi N., Raicich F., and Russo A., 1997a. The Adriatic Sea general circulation: Part I: Air-Sea Interactions and water mass structure. *J. Physical Oceanography*, 27: 1492-1514.

Artegiani A., Bregant D., Paschini E., Pinardi N., Raicich F., and Russo A., 1997b. The Adriatic Sea general circulation : Part II: Baroclinic circulation structure. *J. Physical Oceanography*, 27: 1515-1532.

Astraldi M., Gasparini G.P., 1994. The Seasonal Characteristics of the Circulation in the Tyrrhenian Sea. In *Seasonal and Interannual Variability of the Western Mediterranean Sea*, Ed. La Violette P.E., pp. DOI: 10.1029/CE046p0155.

Barale V., McClain .R., and Malanotte-Rizzoli P., 1986. Space and time variability of the surface colour field in the Northern Adriatic Sea. *J. Geophys. Res.*, 91: 12957-12974.

Böhm E., V. Banzon, E. D'Acunzo, F. D'Ortenzio, R. Santoleri, 2003. Adriatic Sea surface temperature and ocean color variability during the MFSP, *Annales Geophysicae*, 137-149.

Borzelli G., Manzella G., Marullo S., e Santoleri R., 1999. Observations of coastal filaments in the Adriatic Sea. *J. Marine Systems*, 20: 187-203.

Buongiorno Nardelli B., Tronconi C., Pisano A., Santoleri R., 2013 High and Ultra-High resolution processing of satellite Sea Surface Temperature data over Southern European Seas in the framework of MyOcean project, *Remote Sensing of Environment*, 129: 1–16.

Cantoni C., Luchetta A., Celiob M., Cozzia S., Raicich F., Catalano G., 2012. Carbonate system variability in the Gulf of Trieste (North Adriatic Sea). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 115 (10): 51–62.

Casola, E. Lariccia, M., Scardi, M.. Aree marine protette e pesca professionale. Unimar-Roma 2014.

Ciotoli G., Corazza A., Finoia M.G., Nisio S., Serafini R., Succhiarelli C., 2013 Sinkholes antropogenici nel territorio di Roma Capitale” *Mem. Descr. Carta Geol. D’It.* XCIII, pp. 143-182.

Ciotoli G., Stigliano F., Marconi F., Moscatelli M., Mancini M., Cavinato G.P., 2011 Mapping the anthropic backfill of the historical center of Rome (Italy) by using intrinsic random functions of order k (IRF-k), *Computational Science and Its Applications ICCSA*, International Conference Santander, Spain, June 20-23, 2011; Proceedings, Part I, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Ciotoli G., Voltaggio M., Tuccimei P., Soligo M., Pasculli A., Beaubien S.E., 2016 Geographically weighted regression and geostatistical techniques to construct the geogenic radon potential map of the Lazio region: a methodological proposal for the European Atlas of Natural Radiation, *Journal of Environmental Radioactivity* XXX, 1-21.

Comunicazione della Commissione al Consiglio e al Parlamento europeo, del 19 settembre 2002, “Una strategia per lo sviluppo sostenibile dell’acquacoltura europea” (COM (2002) 511 def.).

Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo. al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni “Orientamenti strategici per lo sviluppo sostenibile dell’acquacoltura nell’UE” (COM (2013) 229 Final).

Direttiva 79/409/CEE, Direttiva Uccelli.1979.

Direttiva 92/43/CEE, Direttiva Habitat. 1992.

European Commission, 2012. “Guidance document on aquaculture activities in the Natura 2000 Network”

FAO Risol. GFCM/36/2012/1 sulle linee guida sulle zone assegnate per l'acquacoltura (Allocated Zones for Aquaculture AZA).

Giovanardi, F., Finoia M.G., Russo S., Amori M., Di Lorenzo B., 2006 Coastal waters monitoring data: frequency distributions of the principal waters quality variables, *J. Limnol.*, 65(2): 65-82.

Granados-Dieseldorff P., 2008 A GIS-based spatial model for predicting habitat suitability for juvenile mutton snapper (*Lutjanus analis*) in Belize, *Proceedings of the 61th Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, November 10-14 2008, Gosier Guadeloupe, French West Indies, pp. 191-197.

Guisan A., Weiss S.B., Weiss A.D., 1999 GLM versus CCA spatial modeling of plant species distribution, *Plant Ecology*, 143, 107-122.

Handeland S.O., Imsland A.K., Stefansson S.O., 2008 The effect of temperature and fish size on growth, feed intake, food conversion efficiency and stomach evacuation rate of Atlantic salmon post-smolts, *Aquaculture*, 283, 36-42

Hopkins T.S., Artegiani A., Bignami F., e Russo A., 1999. Water mass modification in the northern Adriatic, a preliminary assessment of the ELNA dataset. In: The Adriatic Sea, (Eds) Hopkins T.S., Artegiani A., Cawet G., DeGobbis D., and Malij A., Ecosystem Research Report no. 32, EUR 18 834, European Commission, Brussels: 3-23.

ISPRA, Rapporti 153/2011. Contributi per la tutela della biodiversità delle zone umide.

Istituto Idrografico della marina. Premessa agli avvisi ai naviganti 2014 e avvisi ai naviganti di carattere generale. Supplemento al fascicolo quindicinale avvisi ai naviganti N. 1/14 del 08/01/2014

IUCN, 2009. Guide for the Sustainable Development of Mediterranean Aquaculture 2. Aquaculture site selection and site management, IUCN, Gland, Switzerland and Malaga, Spain. VIII + 303 pages.

Johnson N.L., 1949 Systems of frequency curves generated by methods of translation. *Biometrika*, 36 (Pt. 1-2), 149-176.

Jonsson B., Ruud-Hansen J., 1985 Water temperature as the primary influence on timing of seaward migrations of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts, *Ca. J. Fish. Aquat. Sci.*, 42, 593-595

Legge 8 luglio 1986, n. 349 SUPPLEMENTO ORDINARIO n. 59 G.U.R.I. 15 luglio 1986, n. 162.

Linee guida per la realizzazione di impianti di maricoltura in Sicilia. 2008. Regione Siciliana, Assessorato territorio ed ambiente. Dipartimento regionale territorio e ambiente.

Luchetta A., Cantonia C. & Catalano G., 2010. New observations of CO₂-induced acidification in the northern Adriatic Sea over the last quarter century. *Chemistry and Ecology*, 26, Supplement 1:1-17.

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Politecnico di Torino, 2005 "GIS NATURA. Il GIS delle conoscenze naturalistiche in Italia."

Ministero dello sviluppo economico Direzione generale per la sicurezza anche ambientale delle attività minerarie ed energetiche. Ufficio nazionale minerario per gli idrocarburi e le georisorse. Elenco delle piattaforme marine..

MIPAAF - Unimar, 2008. Lo stato dell'acquacoltura in Italia, anno 2007. Reg. (CE) n° 788/96 pp. 177

MIPAAF - Unimar, 2009. Lo stato dell'acquacoltura in Italia, anno 2008. Reg. (CE) n° 762/2008 pp. 90

MIPAAF - Unimar, 2010. Lo stato dell'acquacoltura in Italia, anno 2009. Reg. (CE) n° 762/2008 pp. 88

MIPAAF - Unimar, 2011. Lo stato dell'acquacoltura in Italia, anno 2010. Reg. (CE) n° 762/2008 pp. 93

MIPAAF - Unimar, 2013. Lo stato dell'acquacoltura in Italia, anno 2011. Reg. (CE) n° 762/2008 pp. 86

MIPAAF - Unimar, 2016. Lo stato dell'acquacoltura in Italia, anni 2012-14. Reg. (CE) n° 762/2008 pp.142

Molina Dominguez L., Lopez Calero G., Vergara Martin J.M., Robaina Robaina L., 2001. Comparative study of sediments under a marine cage farm at Gran Canaria Island Spain. Preliminary results. *Aquaculture*, 192: 225–231.

Pavlidis M., Koumoundouros G., Sterioti A., Somarakis S., Divanach P., Kentouri M., 2000 Evidence of temperature-dependent sex determination in the European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.), *J. Exp. Zool.*, 287, 225-232

Person-Le Ruyet J., Mahe K., Le Bayon N., Le Delliou H., 2004 Effects of temperature on growth and metabolism in a Mediterranean population of European sea bass, *Aquaculture*, 237, 269-280

Policy research Corporation. 2011, The potential of Maritime Spatial Planning in the Mediterranean Sea. Case study report: The Western Mediterranean. For the attention of European Commission directorate-General for Maritime Affairs and Fisheries.

Programma Nazionale Triennale della pesca e dell’acquacoltura 2013 -2015 – Ai sensi dell’art. 2 comma 5-decies del Decreto legge 29 dicembre 2010 n° 225, convertito con modificazioni dalla Legge 26 febbraio 2011 n°10 – MIPAAF.

Regolamento (CE) n° 762/2008 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 9 luglio 2008, relativo alla trasmissione di statistiche sull’acquacoltura da parte degli stati membri e che abroga il regolamento (CE) n° 788/96 del Consiglio.

Ries, J.B., Cohen, A.L., and McCorkle, D.C. (2009). Marine calcifiers exhibit mixed responses to CO₂ induced ocean acidification. *Geology*, 37: 1131-1134.

Rivaro P., Messa R., Massolo S., Frache R. 2010 Distributions of carbonate properties along the water column in the Mediterranean Sea: spatial and temporal variations, *Mar. Chem.*, 121, 236–245.

Santoleri R., Böhm E. and Schiano E., 1994. The Sea Surface Temperature of the Western Mediterranean Sea: Historical Satellite Thermal Data. In *Seasonal and Interannual Variability of the Western Mediterranean Sea*, Ed. La Violette P.E., pp. DOI: 10.1029/CE046p0155.

Santoleri, R., Volpe, G., Marullo, S., and Buongiorno Nardelli, B., 2008. Open Waters Optical Remote Sensing of the Mediterranean Sea, in: *Remote Sensing of the European Seas*, edited by: Barale, V., and Gade, M., Springer, 103–116.

Schneider A., Wallace D.W.R., Körtzinger A. 2007 Alkalinity of the Mediterranean Sea, *Geophys. Res. Lett.*, 34.

Sigholt T., Finstad B., 1990 Effect of low temperature on seawater tolerance in Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts, *Aquaculture*, 84, 167-172

Tandler A., Har'el M., Wilks M., Levinson A., Brickell L., Christie S., Avital E., Barr Y., 1989 Effect of environmental temperature on serviva, growth and population structure in the mass rearing of the gilthead seabream (*Sparus aurata*), *Aquaculture*, 78, 277-284

Touratier F., Goyet C. 2011 Impact of the Eastern Mediterranean Transient on the distribution of anthropogenic CO₂ and first estimate of acidification for the Mediterranean Sea, *Deep Sea Res.*, 1,

Turley C., Eby M., Ridgwell A.J., Schmidt D.N., Findlay H.S., Brownlee C., Riesbell U., Fabry V.J., Feely., Gattuso J.P., 2010. The societal challenge of ocean acidification. *Marine Pollution Bulletin* , 60: 787-792.

Turley C., Keizer T., Williamson P., Gattuso J.P., Ziveri P., Munroe R., Boot K., Huelsenbeck M., 2011. Hot, Sour and Breathless – Ocean under stress. Plymouth Marine Laboratory, UK Ocean Acidification Research Programme, European Project on Ocean Acidification, Mediterranean Sea Acidification in a Changing Climate project, Scripps Institution of Oceanography at UC San Diego, OCEANA; 6pp.

UNEP (2010) - UNEP Emerging Issues: Environmental Consequences of Ocean Acidification: A Threat to Food Security.

Valentini E., Filipponi F., Nguyen Xuan A., Passarelli F.M., Taramelli A., 2016 Earth observation for maritime spatial planning: measuring, observing and modeling marine environment to assess potential aquaculture sites, *Sustainability* 8, 519

Volpe G., Colella S., Forneris V., Tronconi C., Santoleri R., 2012 The Mediterranean Ocean Colour Observing System – system development and product validation *Ocean Sci.*, 8, 869-883. doi:10.5194/os-8-1-2012.

Wu R.S.S., Lam K.S., MacKay D.W., Lau T.C. and Yam V., 1994. Impact of marine fishfarming on water quality and bottom sediment: a case study of the sub-tropical environment. *Mar. Environ. Res.*, 38: 115-145.

6. TAVOLE CARTOGRAFICHE

Tavola	Regione	Riferimento
1	Friuli	Da Trieste alla Laguna di Caorle
2	Veneto	Dalla Laguna di Caorle alla Sacca di Goro
3	Emilia	Dalla Sacca di Goro a Riccione
4	Emilia - Marche	Da Riccione a Porto Recanati
5	Marche	Da Porto Recanati a Grottamare
6	Marche - Abruzzo	Da Cupra Marittima alla foce del Sangro
7	Abruzzo - Molise - Puglia	Dalla foce del Sangro al Lago di Lesina
8	Puglia	Dal Lago di Lesina a Mattinata
9	Puglia	Da Mattinata a Bari
10	Puglia	Da Bari a Torre Rossa
11	Puglia	Da Torre Guaceto a Punta San Cataldo
12	Puglia	Da Punta San Cataldo a Porto Cesareo (Salento)
13	Puglia	Da Ugento a Taranto
14	Puglia - Basilicata - Calabria	Da Taranto alla foce del Crati
15	Calabria	Da Amendolara alla foce del Neto
16	Calabria	Da Torre Melissa a Monasterace
17	Calabria	Da Badolato a Palizzi Marina
18	Sicilia - Calabria	Stretto di Messina
19	Sicilia	Da Capo S. Andrea a Siracusa
20	Sicilia	Da Siracusa a Marina di Ragusa
21	Sicilia	Da Pozzallo a Licata
22	Sicilia	Da Licata a Sciacca
23	Sicilia	Dalla foce del Plataný a Marsala
24	Sicilia	Da Marsala a San Vito Lo Capo e Isole Egadi
25	Sicilia	Da San Vito lo Capo a Termini Imerese

26	Sicilia	Da Termini Imerese a Sant'Agata di Militello
27	Sicilia	Da Sant'Agata di Militello a C. Milazzo e I. Eolie
28	Calabria	Da Paola a Rosarno
29	Calabria - Basilicata - Campania	Da Capo Palinuro a Paola
30	Campania	Da Torre del Greco a Capo Palinuro
31	Campania	Golfo di Napoli e Ischia
32	Campania - Lazio	Golfo di Gaeta
33	Lazio	Da Anzio a Sperlonga e Isole Pontine
34	Lazio	Da Civitavecchia ad Anzio
35	Lazio - Toscana	Da Punta Cala di Forno a Civitavecchia
36	Toscana	Da Piombino a Capalbio
37	Toscana	Isola d'Elba, Pianosa e Monte Cristo
38	Toscana	Da Livorno a Piombino
39	Toscana - Liguria	Da Punta Manara a Livorno
40	Liguria	Da Capo di Vado a Punta Manara
41	Liguria	Da Ventimiglia a Capo di Vado
42	Sardegna	Da Posata a Punta Li Francesi
43	Sardegna	Da Arbatax a Posada
44	Sardegna	Da Capo Ferrato ad Arbatax
45	Sardegna	Da Chia a Capo Ferrato
46	Sardegna	Da Capo Pecora a Chia
47	Sardegna	Da Capo Maragiu a Capo Pecora
48	Sardegna	Da Punta Tramontana a Capo Maragi"
49	Sardegna	Da Punta Li Francesi a Isola Piana
50	Sicilia	Pantelleria
51	Sicilia	Linosa e Lampedusa