

**ICRAM**

**Istituto Centrale per la Ricerca Applicata al Mare**

**Processi di formazione delle mucillagini  
nell'Adriatico e nel Tirreno**

**Progetto di monitoraggio e di studio**

**Durata: giugno 1999- maggio 2003**

**Presentato: 10 luglio 1998**

**Iniziato: giugno 1999**

**Terminato: luglio 2003**

## **Progetto di monitoraggio e di studio sui**

### **"Processi di formazione di mucillagini nell'Adriatico e nel Tirreno"**

#### **Premessa**

Il progetto che viene di seguito presentato è orientato verso l'attuazione di monitoraggi, l'utilizzo e l'interpretazione di dati pregressi e verso attività di studio, finalizzati prioritariamente alla comprensione del fenomeno "mucillagini". Tali attività intendono fornire una migliore comprensione dei processi fisici, chimici e biologici in alcune aree del Tirreno e nell'Adriatico settentrionale ed in tal senso vanno viste come una integrazione dell'esistente programma di monitoraggio attuato dalle Regioni costiere in ottemperanza alle disposizioni della L. 979/82 (Legge per la difesa del mare).

#### **1. Introduzione**

La formazione di aggregati gelatinosi di dimensioni comprese tra 0.5 mm e qualche decina di centimetri si può considerare un evento diffuso sia negli oceani che nelle acque poco profonde in prossimità di estuari e lagune o di baie. Tali aggregati vengono definiti come neve planctonica. La formazione di aggregazioni gelatinose di dimensioni maggiori che può essere di carattere massivo è un processo che è stato osservato nel mare Adriatico ma anche in altri mari. Le proporzioni del fenomeno sono tali da avere effetti notevoli sugli ecosistemi e sulle attività turistiche, di pesca e di maricoltura.

Molteplici fattori ambientali possono imporre uno stress (ad esempio, una carenza di nutrienti) su alcune specie di alghe e di batteri, provocando una risposta biologica quale la secrezione di polisaccaridi extracellulari od una più lenta degradazione della sostanza organica disciolta. L'accumulo di sostanza organica in forma disciolta, colloidale e particellata può condurre ad eventi di formazione estesa di mucillagini se i forzanti fisici e climatici interagiscono con la componente biologica in modo da favorire i processi di aggregazione.

#### **Stato delle conoscenze sulla formazione e sugli effetti delle mucillagini nell'Adriatico e nel Tirreno**

##### ***Formazione di mucillagini nel mare Adriatico***

La formazione massiva di aggregati gelatinosi nell'Adriatico non è un fenomeno di origine recente, le segnalazioni più antiche risalgono infatti al 1729 e numerose sono le segnalazioni dello stesso tipo di fenomeno verso la fine del 1800 e nei primi decenni di questo secolo (Fonda Umani *et al.*, 1989). A partire dagli anni '50 vi è stato un periodo prolungato in cui non sono state segnalate aggregazioni massive, ricomparse solo nei periodi estivi del 1988, '89, '91 e del '97, anno in cui, nonostante la consistente presenza di aggregati nell'Adriatico settentrionale tra fine giugno e settembre, gli affioramenti sono stati limitati ed hanno interessato un periodo ristretto compreso tra metà agosto e metà settembre.

I numerosi studi condotti in questi ultimi anni hanno contribuito a migliorare la comprensione delle cause all'origine della formazione massiva di mucillagini in vaste aree dell'Adriatico settentrionale.

Alcuni importanti programmi di ricerca nazionali (PRISMA1) ed internazionali (ELNA, MARE, PALOMA), condotti negli anni passati, non hanno avuto l'opportunità di seguire il fenomeno mentre era in corso, in quanto le fasi operative si sono svolte proprio negli anni in cui il fenomeno non si è manifestato. Nel marzo di quest'anno si è svolto un workshop a Trieste in cui è stato fatto il punto sullo stato delle conoscenze scientifiche, derivanti dalle attività svolte nel Programma PRISMA, PALOMA e MARE. E' emerso che rimangono ancora dubbi sui fattori causali del

fenomeno, soprattutto a livello dei meccanismi biologici, sebbene sia sempre più evidente che la circolazione ed i forzanti meteorologici abbiano un ruolo determinante nel favorire l'accumulo degli aggregati (Rinaldi *et al.*, 1995, Degobbi *et al.*, 1995 e 1997).

E' stato evidenziato che il processo di formazione delle mucillagini appare prima nel golfo del Quarnero, quando lo scambio d'acqua con l'Adriatico centrale è minimo, generalmente in maggio/giugno, circa un mese prima che il fenomeno si manifesti nell'Adriatico (Degobbi *et al.*, 1995). Che il Quarnero sia un'area soggetta frequentemente al processo di formazione di mucillagini era stato evidenziato da osservazioni effettuate nel 1976, nel 1983e, più recentemente nel 1990 (ICRAM, 1992), anno in cui nel resto del bacino erano presenti aggregati di notevoli dimensioni ma non in aree molto limitate.

Il perdurare di condizioni meteorologiche stabili durante la tarda primavera e durante i mesi estivi è generalmente considerato come un fattore necessario per lo sviluppo del fenomeno e sembra che anche un aumento dell'ingresso nel bacino Adriatico di acque calde meridionali nel periodo gennaio-aprile sia una condizione necessaria ma non sufficiente per il verificarsi del fenomeno "mucillagini"(Crisciani e Ferraro, 1990). Sono state anche evidenziate le correlazioni tra il manifestarsi del fenomeno e la riduzione della portata del Po e quindi dell'apporto di nutrienti nell'Adriatico durante il periodo primavera-inizio-autunno (Tommasino, 1996).

Generalmente si può affermare che una condizione necessaria sia una circolazione estiva poco attiva che mantiene le acque confinate per lunghi periodi nel bacino settentrionale unitamente a condizioni di marcata stratificazione termoclinica ed assenza di forti rimescolamenti. Tale situazione è dimostrata anche dalle condizioni di ipossia od anossia che si vengono usualmente a creare nelle acque di fondo nella tarda estate/autunno nei periodi di formazione massiva di mucillagini (Giani *et al.*, 1992).

L'aggregazione avviene prevalentemente in corrispondenza dei pycnoclini e successivamente si possono verificare affioramenti ed accumuli in corrispondenza dei fronti alini nelle acque superficiali. Non è tuttavia ancora chiaramente dimostrato il meccanismo di aggregazione che può avvenire per aggregazioni successive o per improvvisa gelificazione di sostanze colloidali o di microparticelle. L'importanza nel ciclo della sostanza organica delle fibrille extracellulari, individuate nella matrice della neve marina, e dei colloidali umici presenti nel mare Adriatico sono stati evidenziati recentemente da Leppard e collaboratori (1997).

Gli organismi che sono considerati responsabili della produzione di essudati sono le Diatomee; anche i batteri sembrano avere un ruolo importante nel processo di formazione degli aggregati (Azam, 1997). Importanti progressi sono stati fatti inoltre nell'ultimo decennio nella conoscenza del microcosmo costituito dalla neve marina e dagli aggregati a partire dai primi studi effettuati nell'Adriatico (Herndl *et al.*, 1986).

Sulla base soprattutto di studi condotti in laboratorio si ritiene che uno sbilanciamento dei rapporti tra i nutrienti, dovuto ad una improvvisa carenza di P od N dopo elevati apporti di nutrienti che consentono una rapida crescita dei popolamenti fitoplanctonici, porti ad un aumento della produzione di essudati polisaccaridici. Accumuli di sostanza organica disciolta possono derivare oltre che dalla produzione biologica marina (essudazione di polisaccaridi extracellulari dal fitoplancton, lisi cellulare, grazing zooplanctonico, ecc.) anche da apporti fluviali e da un rallentata degradazione batterica della sostanza organica. Tuttavia anche le infezioni virali o batteriche sono state indicate tra le possibili cause che possono concorrere ad un maggior disponibilità di materiale organico disciolto nell'ambiente marino. I meccanismi di accumulo e di aggregazione non sono ancora ben conosciuti.

## **Formazione di mucillagini nel mare Tirreno**

Nell'estate del 1991 le mucillagini hanno interessato gran parte del Tirreno, anche se in modo non uniforme (Diviacco, 1992, Calvo *et al.*, 1995, Innamorati, 1992 e 1995), ma sono state osservate anche nel 1990 e nel 1992 nell'area dell'arcipelago Toscano. Sono stati descritti due tipi di mucillagini: una bentonica, costituita da alghe filamentose *Tribonema marinum* e *Acinetospora crinita* (Sartoni e Sonni, 1992) che in genere si presenta come tappeto gelatinoso, ed una pelagica, simile a quella adriatica, con una composizione fitoplanctonica di tipo invernale-primaverile in cui dominano le Bacillarioficee.

## **Presenza di mucillagini in altri mari del Mediterraneo**

La presenza di mucillagini di tipo bentonico è stata segnalata durante l'estate del 1991 anche nel canale di Sicilia (Calvo *et al.*, 1995) e sulle coste siciliane del mar Ionio (Giaccone, 1992). La presenza massiva è stata segnalata sui fondali della Sicilia sud orientale già nel 1985 (Giaccone, 1992). Mucillagini pelagiche sono state segnalate anche nel mar Egeo, in corrispondenza del termocline, con affioramenti limitati, nell'estate del 1982 e del 1983 (Gotsis-Skretas, 1995) e nei periodi primaverili o estivi degli anni 1985, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991 e 1993.

## **Effetti delle mucillagini sugli ecosistemi marini**

A livello planctonico è stato descritto un effetto filtro delle mucillagini che tendono ad aggregare le particelle sospese viventi e detritiche. Non sono stati studiati gli effetti sull'ittioplancton.

A livello bentonico sono stati descritti effetti soprattutto a carico di organismi sessili ma anche di altri organismi bentonici (Rinaldi *et al.*, 1995). In Adriatico sono state descritte zone anossiche al di sotto dello strato ricoperto dalle mucillagini e vere forme di soffocamento meccanico. A tal riguardo sono state documentate morie diffuse di organismi sessili, di molluschi bivalvi e di uova depositate sui fondali da pesci bentonici (le osservazioni si riferiscono al genere *Paganellus*) dovute a processi di sedimentazione del materiale mucillaginoso. Nel mare Tirreno sono state osservate mortalità anche elevate di organismi sessili epibentonici (gorgonie briozoi e coralli in particolare) conseguenti a processi di soffocamento indotti dalle mucillagini.

## **Effetti delle mucillagini sulle attività di pesca e maricoltura**

Nonostante i conclamati effetti sulle attività di pesca derivante dall'impatto delle mucillagini sia sugli attrezzi da pesca che sulle risorse alieutiche, vi è una carenza di studi atti a quantificarli. Altrettanto si può dire per gli effetti sugli impianti di maricoltura, che hanno subito un notevole sviluppo negli anni '90.

Durante la fase terminale della presenza massiva di mucillagini nell'Adriatico verificatasi nel 1997, nel corso di uno studio effettuato agli inizi di settembre sono stati evidenziati effetti negativi delle mucillagini sugli attrezzi utilizzati per la pesca a strascico solo in aree limitate e non sono stati evidenziati effetti immediati a carico delle risorse biologiche commerciali (Ministero per le Politiche Agricole, 1997). Effetti molto negativi sono stati riscontrati a carico della pesca con reti da posta. E' stato segnalato uno stato di sofferenza dei molluschi bivalvi posti in allevamento la cui correlazione con l'evento mucillagini non è stata dimostrata inequivocabilmente per la carenza di dati (Ministero per le politiche Agricole, 1997).

## **Effetti delle mucillagini sulle attività turistiche**

Sono note le negative ricadute del fenomeno sulle attività collegate al turismo balneare. Da stime prodotte dall'AGERTUR dell'Emilia-Romagna, nonché dai riscontri delle Amministrazioni Provinciali costiere della medesima regione, appare evidente come nel periodo 1988-91 vi siano state pesanti flessioni nelle presenze e nei flussi turistici. Più sensibile è risultato il mercato straniero (tedesco in particolare) che nel 1990-91 ha mostrato un calo (recuperato solo

parzialmente nel 1992) del 30-40%. I danni al settore sono per lo più da collegarsi da un lato alla entità degli eventi ed all'oggettivo "fastidio" per i bagnanti, dall'altro anche ad una non soddisfacente comunicazione ed informazione. A prescindere dai problemi connessi alla "non appetibilità" della fascia costiera nei momenti massima presenza delle mucillagini, occorre comunque ricordare che non sono emerse preoccupazioni di rilievo di carattere igienico sanitario; è quanto è emerso dai dati sulla balneabilità prodotti dalle USL/ARPA e dall'Istituto Superiore di Sanità.

### **Problematiche generali delle ricerche e complessità del fenomeno**

L'analisi dei risultati delle principali ricerche condotte portano a concludere che non sembra esserci una semplice relazione causa-effetto nel determinare la formazione delle mucillagini; una serie molteplice di fattori meteorologici, idrologici e biologici concorre a creare le condizioni necessarie al manifestarsi dell'evento su scala di bacino. Se a questo si aggiunge che il bacino nord Adriatico presenta un'elevata variabilità delle caratteristiche idrologiche sia a livello mensile che interannuale, appare evidente quanto sia difficile poter studiare, alle scale temporali adeguate, l'evoluzione dei principali parametri idrologici e biologici nell'Adriatico settentrionale. Spesso le ricerche non possono essere condotte su una scala temporale adeguata, cioè con una frequenza di rilievi mensile od inferiore ed una durata pluriennale, in modo da avere una certa probabilità di studiare il fenomeno quando si manifesta su scala massiva.

Il controllo dell'evoluzione temporale delle componenti fitoplanctoniche e dei rapporti dei nutrienti non sembra sufficiente a comprendere se si stiano creando le condizioni che portano alla formazione di aggregazioni massive. Anche il controllo mediante telecamere filoguidate, sebbene fondamentale per visualizzare gli aggregati, non è sufficiente ad evidenziare eventuali accumuli per la difficoltà di poter quantificare il fenomeno a livello delle particelle microscopiche e delle sostanze colloidali. Vari studi attribuiscono un ruolo fondamentale nella formazione delle mucillagini proprio all'accumulo progressivo della sostanza organica disciolta e/o particellata.

### **Obiettivi generali**

Lo studio si prefigge come obiettivi generali di:

- fornire al Ministero dell'Ambiente strumenti di interpretazione del fenomeno "mucillagini" anche in funzione di una corretta informazione /comunicazione;
- determinare il peso dei principali fattori meteorodinamici nel creare le condizioni necessarie alla formazione di aggregazioni gelatinose massive su scala di bacino;
- individuare i fattori biologici, chimici ed idrologici determinanti nel processo di produzione e formazione di aggregati gelatinosi.

### **Struttura del programma**

Il programma si articolerà in quattro linee di attività principali, funzionali agli obiettivi generali del progetto:

- 1) Monitoraggio delle caratteristiche idrologiche e biologiche nell'Adriatico settentrionale ed in alcune aree del Tirreno.
- 2) Indagini climatologiche, indagini sull'evoluzione delle comunità planctoniche e modellizzazione di processi.
- 3) Processi di produzione, aggregazione, degradazione degli aggregati gelatinosi e loro interazione con i popolamenti biologici.

4) Banca dati del progetto e diffusione dei rapporti e delle informazioni.

## **Monitoraggio delle caratteristiche idrologiche e biologiche nell'Adriatico settentrionale ed in alcune aree del Tirreno**

Considerata la differente rilevanza e ricorrenza che il fenomeno mucillagini ha avuto nel bacino Adriatico, rispetto a quello Tirrenico, il programma operativo prevede un monitoraggio più esteso spazialmente nell'Adriatico settentrionale e centrale. Nel Tirreno verranno monitorate le caratteristiche idrologiche e biologiche solo in alcune aree campione.

### **Monitoraggio nell'Adriatico settentrionale**

#### *Obiettivi:*

Definire l'evoluzione delle principali caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche delle acque del bacino Nord Adriatico al fine di evidenziare precocemente la formazione di processi di aggregazione di sostanze gelatinose, l'instaurarsi di condizioni ipossiche od anossiche, o di particolari situazioni distrofiche.

Determinare l'entità delle variazioni stagionali dei pools di carbonio organico, di azoto e di fosforo disciolti e particellati e le variazioni stagionali nella produzione e nell'utilizzo del carbonio organico.

Mediante le crociere oceanografiche periodiche e mediante le immagini telerilevate verranno evidenziati eventuali affioramenti di mucillagini e la loro distribuzione areale.

#### *Programma operativo:*

In considerazione della necessità di osservare le variazioni delle condizioni idrologiche, chimiche, biologiche nell'Adriatico settentrionale evidenziando gli scambi con il bacino centrale, verrà attuato un monitoraggio mensile su tre transetti (fig.1) disposti rispettivamente sulle direttrici Cesenatico-Capo Promontore, Rovigno-Punta della Maestra e Senigallia-Sansego. Il monitoraggio lungo la direttrice Cesenatico-Capo Promontore avrà una frequenza quindicinale nella fascia costiera italiana fino a 25 miglia dalla costa, per poter seguire meglio la variabilità dei processi fisici, chimici e biologici che interessano le acque costiere. Oltre alla caratterizzazione fisica della struttura termoalina si determineranno le componenti organiche ed inorganiche, disciolte e particellate del carbonio, azoto e fosforo. La produzione primaria, la produzione di carbonio batterico e le attività enzimatiche permetteranno di descrivere eventuali processi di accumulo di sostanza organica. La determinazione dei virus, unitamente alla caratterizzazione biochimica permetterà di dar un peso al ruolo dei virus nel ciclo della sostanza organica. Verranno studiati i parametri che possono fungere da *early warnings* per i processi che portano alla formazione massiva di aggregati gelatinosi (variazioni delle caratteristiche fisico-chimiche dell'acqua, accumuli di sostanza organica quali TEP (Transparent Exopolymer Particles), carbonio organico disciolto, carboidrati, ecc.). La formazione iniziale di aggregazioni sarà osservata utilizzando vari metodi quali il TEP, il potenziale di aggregazione di cui si verificherà l'utilizzo come segnale di "early warning".

Il campo di corrente sulle tre sezioni verrà determinato in base alla distribuzione della densità.

In tre siti costieri verranno posti e mantenuti correntometri per controllare con dati diretti il campo di corrente determinato in modo indiretto.

Verranno eseguite osservazioni sulla presenza di mucillagini in superficie nel corso delle attività sperimentali utilizzando i dati di *ocean colour* di satelliti quali SeaWiFS e MOS. Verrà determinata la posizione e l'estensione degli affioramenti.

Verrà stimato il budget dei nutrienti in entrata ed uscita dal bacino nord Adriatico e a tale scopo verranno determinati mensilmente i carichi di nutrienti disciolti e particellati trasportati dal Po a Pontelagoscuro.

Nel caso si verificassero eventi di particolare rilevanza quali la presenza estesa di mucillagini o l'instaurarsi di ipossie, potranno essere effettuate crociere volte a garantire una maggiore copertura spazio-temporale nelle aree oggetto di studio.

La collaborazione prevista con le strutture delle Agenzie Regionali per l'Ambiente delle regioni adriatiche permetterà un'integrazione delle osservazioni e dei rilievi con gli altri programmi di monitoraggio costiero in corso d'attuazione.

## **Monitoraggio in alcune aree del mare Tirreno**

### *Obiettivi:*

In alcune aree campione verranno rilevate le variazioni mensili delle componenti fitoplanctoniche e delle caratteristiche idrologiche per evidenziare la formazione di mucillagini pelagiche e/o bentoniche e seguirne l'evoluzione.

### *Programma operativo:*

In sei stazioni localizzate nel Tirreno (fig. 2), due nel Tirreno settentrionale, presso le Formiche di Grosseto e l'Isola del Giglio, e due nel Tirreno centrale (isola d'Ischia), e due nel Tirreno meridionale (zona costiera della Sicilia settentrionale), verranno effettuati periodicamente rilievi dei parametri chimico-fisici, campionamenti per la determinazione di nutrienti, carbonio organico particellato e disciolto, la determinazione della densità cellulare fitoplanctonica (analisi quali-quantitativa). In alcune stazioni verranno effettuate anche misure di produzione primaria, ed escrezione di sostanza organica. Le zone sono state scelte anche in funzione dell'esistenza di indagini ed osservazioni pregresse in modo da avere la possibilità di effettuare confronti con le situazioni osservate negli anni passati.

Nel Tirreno è previsto il monitoraggio di tre aree: arcipelago toscano nel Tirreno settentrionale, golfo di Napoli nel Tirreno centrale e Sicilia nel Tirreno meridionale. Nell'Arcipelago toscano sono previsti due siti di osservazione: all'Isola del Giglio e all'Isola d'Elba, nel golfo di Napoli sono previsti due siti in cui effettuare rilievi e campionamenti periodici in prossimità dell'isola d'Ischia, mentre lungo la costa settentrionale della Sicilia sono previsti due siti di osservazione nelle località: Isola delle Femmine e Capo d'Orlando.

## **Indagini climatologiche, indagini sull'evoluzione delle comunità planctoniche e modellizzazione di processi**

### **Indagini climatologiche**

#### *Meteoclimatologia*

##### *Obiettivi:*

Individuare il peso dei fattori meteoclimatici che concorrono a creare le condizioni necessarie allo sviluppo del fenomeno mucillagini a scala di bacino. Il sistema atmosfera presenta accoppiamenti significativi sia con il sistema marino, nel quale si sviluppano gli eventi di mucillagine, che con il sistema terrestre. Il sistema terrestre (pedologico e idrologico) è sede di fenomeni che potrebbero essere in grado di influenzare gli eventi studiati (portata dei fiumi, trasporto di sostanze, ecc.). La ricerca si pone l'obiettivo specifico di descrivere gli accoppiamenti diretti e indiretti tra il sistema atmosfera ed i sistemi marino e terrestre, in grado di influenzare gli eventi di mucillagine.

*Programma operativo:*

Verrà eseguita una ricerca per verificare se siano identificabili condizioni particolari (regimi) in grado di influenzare in modo significativo l'instaurarsi di episodi di "mucillagine".

Sulla base della serie storica degli eventi di "mucillagine" (fornita dal gruppo oceanografico), eventualmente contenente informazioni sulla intensità degli episodi, verrà condotta una analisi delle serie di dati climatologici disponibili e della eventuale correlazione con gli eventi segnalati. Le basi di dati climatologici consentono un'analisi generale dei parametri meteorologici fondamentali (temperatura, precipitazioni), a scala di tutto il bacino del Mediterraneo, per gli ultimi 200 anni. Analisi più dettagliate potranno essere condotte alla scala del bacino Padano Adriatico (BPA) per gli ultimi 15 anni, analizzando le basi di dati meteo-climatici del Servizio Meteorologico Regionale dell'Emilia Romagna, sulla base della rianalisi del Centro Europeo a risoluzione 150 km. Una estensione del periodo di analisi dettagliata agli ultimi 50 anni sarà possibile acquisendo le rianalisi americane (NOAA) a risoluzione di 300 km.

*Climatologia oceanografica*

*Obiettivi:*

Effettuare un'analisi dei dati meteo-oceanografici volta ad evidenziare le correlazioni tra parametri meteo-climatici e parametri idrologici.

Analisi delle caratteristiche idrodinamiche e climatologiche del bacino Adriatico, usando la temperatura superficiale (derivata da 18 anni di dati storici su scala sinottica) come indice di processi meteorologici forzanti e di circolazione delle masse d'acqua principali.

Evidenziare sulla base dei rilievi oceanografici ed immagini di telerilevamento relativi agli ultimi dieci anni eventuali variazioni nella circolazione che siano correlabili con gli eventi di formazione massiva delle mucillagini.

Valutazione e mappatura di parametri bio-geo-fisici associati alla qualità delle acque, durante l'intero corso dell'anno, per tre anni, nella regione nord-occidentale dell'Adriatico.

*Programma operativo:*

Verranno studiate le variazioni climatologiche avvenute negli ultimi dieci/venti anni sulla base dei dati meteorologici, oceanografici e di telerilevamento.

Verrà effettuata una mappatura di parametri superficiali contemporanei (sul periodo di 12 mesi, per 3 anni) relativamente a:

- pigmenti tipo clorofilla / indice biomassa algale
- indice di torbidità / estensione mucillagini affioranti
- temperatura superficiale

Verrà studiata la climatologia del parametro temperatura superficiale a bassa risoluzione negli ultimi 18 anni (1980-1997), da utilizzare per analisi storiche e come input per modelli numerici

**Studi sull'evoluzione temporale delle comunità planctoniche**

*Obiettivi:*

Evidenziare i cambiamenti nelle comunità fito e zooplanctoniche che possano aver portato, nel corso degli ultimi dieci anni, a significative variazioni nella struttura trofica.

*Programma operativo:*

Attraverso l'analisi dei dati ottenuti nel corso delle attività di ricerca svolte negli ultimi dieci/quindici anni potranno essere evidenziate le analogie/differenze nell'abbondanza, nella composizione e nella evoluzione dei popolamenti fito e zooplanctonici nell'Adriatico settentrionale quando si è verificata la formazione massiva degli aggregati.

## **Modellizzazione di processi fisici e biogeochimici**

### *Obiettivi:*

Analizzare i cambiamenti negli ultimi vent'anni della circolazione, del tasso di formazione di acque profonde ed del loro trasporto utilizzando modelli idrodinamici.

Validare e calibrare modelli di ecosistema in funzione di un loro possibile utilizzo nella comprensione dei processi trofici.

Testare dei modelli dell'ecosistema per predire le tendenze dello stato trofico ed accumuli di sostanza organica.

### *Programma operativo:*

Verranno analizzati, utilizzando un modello idrodinamico a risoluzione di pochi chilometri, cambiamenti rintracciabili nella circolazione dell'Alto Adriatico considerando il tasso di formazione delle acque profonde e gli scambi tra il bacino settentrionale e quello centrale.

Verranno utilizzati dati pregressi per mettere a punto modelli dell'ecosistema unidimensionali. Tali modelli verranno sviluppati fino ad utilizzare un forzante meteorologico realistico e una parametrizzazione dei flussi laterali coerente con quella del modello tridimensionale idrodinamico.

## **Processi di produzione, aggregazione e decomposizione di aggregati gelatinosi e loro interazione con i popolamenti biologici**

### *Obiettivi:*

Evidenziare i processi che favoriscono la produzione e l'accumulo di sostanza organica extracellulare (sbilanciamento nella disponibilità dei nutrienti, infezioni batteriche o virali del fitoplancton, fattori fisici).

Caratterizzare sotto l'aspetto chimico e biologico gli aggregati gelatinosi in modo da permetterne l'identificazione ed evidenziare eventuali modificazioni che avvengono nel processo di invecchiamento dell'aggregato.

Identificare parametri che consentano di evidenziare in una fase precoce la formazione degli aggregati gelatinosi.

Studiare i meccanismi fisico-chimici di aggregazione che possono favorire la formazione di macroaggregati gelatinosi nell'ambiente marino.

Seguire l'evoluzione delle biocenosi bentoniche interessate dalla copertura da parte di aggregati gelatinosi e valutarne gli effetti.

### *Programma operativo:*

Al fine di individuare i microrganismi produttori di materiali polimerici esocellulari, verranno effettuati isolamenti in coltura della popolazione fotosintetica (microalghe, cianobatteri) ed eterotrofica (batteri ed, eventualmente, eumiceti) della cenosi microbica delle mucillagini.

Verranno effettuati studi di laboratorio su campioni naturali per evidenziare i meccanismi di produzione di sostanza organica e determinarne la natura chimica.

Verrà valutata la richiesta di carbonio della comunità microbica (produzione batterica + respirazione batterica) usando l'incorporazione di <sup>3</sup>Htimidina e <sup>3</sup>Hleucina e la capacità batterica di utilizzare la sostanza organica disponibile (attività enzimatica). I primi stadi di aggregazione delle componenti proteiche e glucidiche della sostanza organica potranno essere stimati qualitativamente utilizzando colorazioni elettive per valutare l'equilibrio che si instaura tra sostanza organica disciolta e particolata. Tutte le analisi sopra elencate ovviamente verranno eseguite anche all'interno degli aggregati, una volta formati, perché le differenze di tutti questi

parametri risultano significativi e utili all'interpretazione dei fenomeni di degradazione oltre che di formazione degli aggregati stessi. Si è inoltre osservato che il rapporto virus/batteri si modifica in occasione della comparsa degli aggregati e pertanto risulta utile il conteggio in acqua libera ed, eventualmente, all'interno dei diversi stadi di aggregazione della frazione mucillaginosa. Risulta inoltre necessario quantificare la biomassa eterotrofica di ordine superiore (microzooplancton e mesozooplancton) per valutare l'effetto del top control nella regolazione dei flussi di materiale organico nei diversi comparti delle catene trofiche classiche e batteriche.

Verranno effettuati rilievi e campionamenti allo scopo di ottenere aggregati gelatinosi nelle fasi di neoformazione sia nel mare Adriatico che nel Tirreno. Anche in assenza di macroaggregati potranno essere caratterizzati aggregati di dimensioni minori del tipo "marine snow". Ci si avvarrà di osservazioni e prelievi mensili condotti in alcune stazioni "faro" poste nel Tirreno e nell'Adriatico settentrionale. Sugli aggregati gelatinosi prelevati nel corso del progetto si procederà alla determinazione dei principali costituenti organici ed inorganici delle mucillagini e alla purificazione della frazione polisaccaridica ed alla identificazione quali-quantitativa dei principali componenti monosaccaridici. Si procederà inoltre alla caratterizzazione biologica degli aggregati gelatinosi identificando ed enumerando gli organismi inglobati (zooplanctonici, fitoplanctonici, batteri) ed eventuali componenti residuali. Verrà analizzata la morfologia della matrice mediante tecniche di microscopia elettronica SEM e TEM.

In vari siti del Tirreno e dell'Adriatico (fig. 2) verranno monitorati gli effetti sui popolamenti bentonici degli aggregati gelatinosi in via di formazione o di deposizione con particolare attenzione durante il periodo primaverile-estivo.

Nel golfo di Trieste, grazie alla collaborazione con la Riserva Marina di Miramare, sarà possibile, utilizzando una trappola automatica per la raccolta di sedimenti, determinare le variazioni nei flussi di particellato e nelle sue caratteristiche composizionali anche durante eventuali processi di formazione e/o di accumulo di aggregati gelatinosi.

## **Banca dati del progetto intercalibrazione e validazione dati, diffusione dei rapporti e delle informazioni**

### *Obiettivi:*

Obiettivo primario sarà quello di garantire la comparabilità dei dati attraverso la standardizzazione delle procedure di campionamento, pretrattamento dei campioni ed attraverso la partecipazione delle Unità Operative ad esercizi di intercalibrazione. I dati prima di essere archiviati saranno sottoposti a procedure di validazione.

Di fondamentale importanza per la riuscita del progetto è la diffusione delle informazioni, di documenti e di dati interna al progetto per garantire la massima collaborazione tra le unità operative.

### *Programma operativo:*

E' prevista la partecipazione delle unità operative afferenti al progetto ad esercizi di intercalibrazione per i parametri oggetto di esercizi di intercalibrazione a livello internazionale (QUASIMEME o altri programmi). Per altri parametri sono previste procedure di intercalibrazione interne al progetto.

Verrà creata una banca dei dati generati nel progetto, tali dati saranno immessi in modo da poter facilmente confluire in altre banche dati già esistenti (p. es.: SIDIMAR) al fine di mettere a disposizione delle Amministrazioni Centrali/Periferiche e della Comunità Scientifica, i dati prodotti.

## Unità operative

Le unità operative ed i responsabili scientifici delle attività di monitoraggio e studio previste nel progetto sono riportati di seguito:

### Elenco delle Unità Operative e dei responsabili scientifici

Istituto	Sede	Ente di appartenenza	Resp. scientifico
Centro Ricerca Interdip. Scienze Marine	Bologna	Università Bologna	Anna Rosa Borgatti
Centro Ricerche Marine	Cesenatico	Centro Ricerche Marine	Roberto Poletti
Centro Interdipartimentale Ricerche Interazione Tecnologia e Ambiente	Palermo	Università di Palermo	Rossella Barone
Dip. Biologia Vegetale	Firenze	Università di Firenze	Mario Innamorati Gianfranco Sartoni
Dip. Biotecnologie Agrarie	Firenze	Università di Firenze	Massimo Vincenzini
Istituto Scienze Marine	Ancona	Università di Ancona	Attilio Solazzi Roberto Danovaro Ranieri Urbani
Dip. Biochimica, Biofisica e Chimica delle Macromolecole	Trieste	Università di Trieste	
Centro Biologia Ambientale	Urbino	Università di Urbino	Nunzio Penna
Laboratorio di Biologia Marina	Trieste	Laboratorio di Biologia Marina	Serena Fonda Umani
Ist. Geologia Marina	Bologna	CNR	Nadia Pinardi
Ist. Applicazioni del Telerilevamento	Ispra	Centro Comune di Ricerca - Comunità Europea	Vittorio Barale
Istituto di Ricerca sulla Pesca Marittima	Ancona	CNR	Elio Paschini
Istituto di Biologia Marina	Venezia	CNR	Giorgio Socal
ICRAM - Roma	Roma	ICRAM	Mauro Mecozzi Anna Maria Cicero Franco Giovanardi David Pellegrini Michele Giani Otello Giovanardi
Struttura ICRAM di Chioggia	Chioggia	ICRAM	Giuseppe Sunseri Danilo Degobbis
ICRAM-Palermo	Palermo	ICRAM	
Center for Marine Research	Rovigno-Croazia	Rudjer Boskovic Institut	
Dip. Genetica e Microbiol. Univ. Pavia	Pavia	Università di Pavia	Anna Occhipinti
Dip. Scienze Ambientali	Genova	Università di Genova	Mauro Fabiano
Lab. Ecologia Benthos- Lab. Oceanografia Biologica	Ischia	Stazione Zoologica "A. Dohrn" - Napoli	Monica Modigh
Area Tutela Ambiente Marino e Costiero	Piombino	ARPA -Toscana	Mario Bucci
Struttura Oceanografica Daphne	Cesenatico	ARPA Emilia Romagna	Carla Ferrari
ARPA Sez. Provinciale Ferrara	Ferrara	ARPA Emilia Romagna	Claudia Milan
Servizio Meteorologico Regionale	Bologna	ARPA Emilia Romagna	Marco Deserti

## Prodotti

Informazioni tempestive sull'evoluzione di fenomeni anomali che potranno manifestarsi nelle aree oggetto di studio nel corso dei prossimi tre anni.

Atlanti per l'Adriatico settentrionale su supporto informatico.

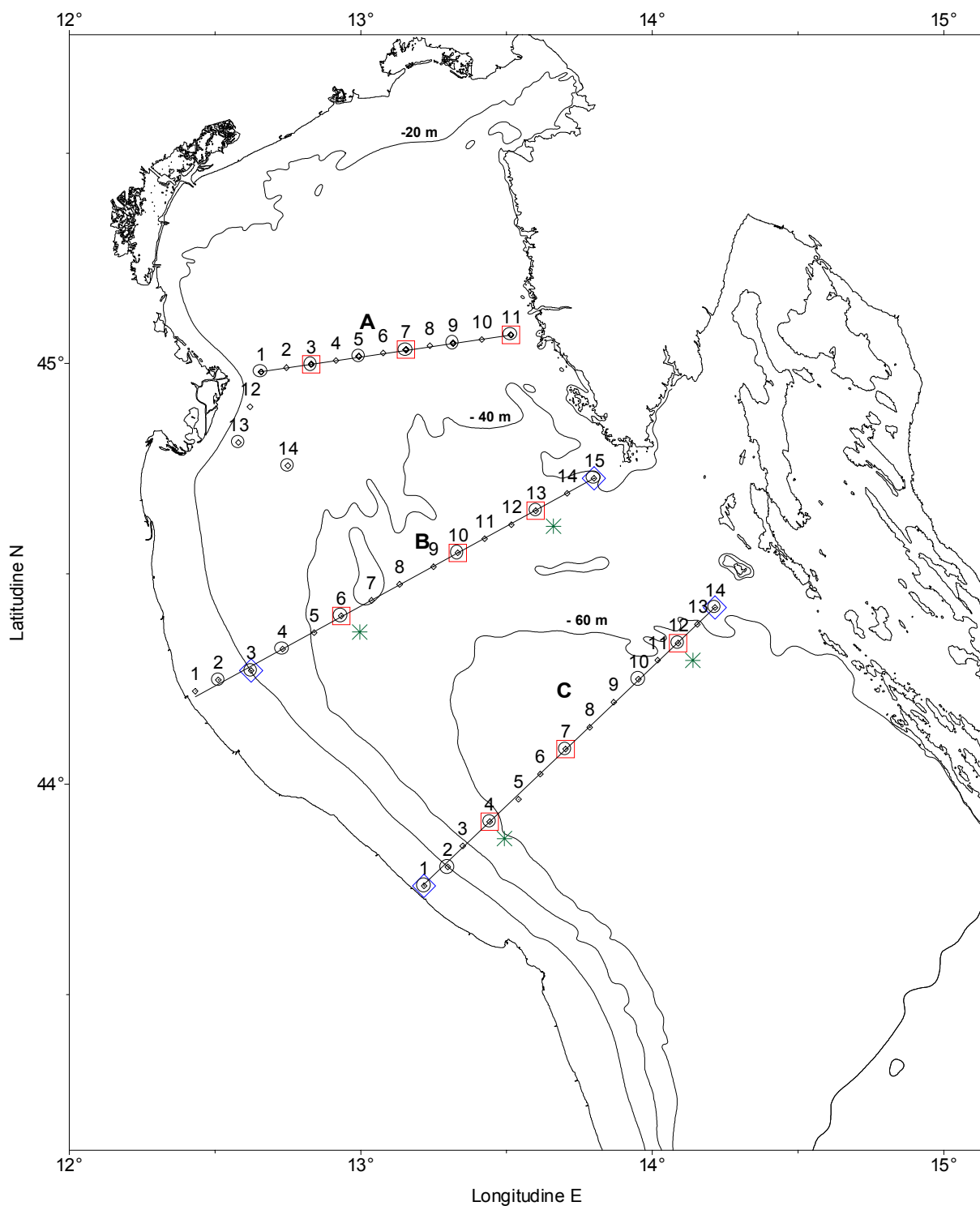
Modelli interpretativi del processo di formazione delle mucillagini.

Monografia sulle mucillagini nel mare Adriatico e nel Tirreno in cui si riassume lo stato delle conoscenze acquisite.

Pubblicazioni scientifiche.

Organizzazione di tre workshop (alla fine di ogni anno di attività) e di un convegno a programma concluso.

Figura 1. Progetto Mat. Monitoraggio nell'Adriatico - Ubicazione stazioni.



- ◊ misure CTD
- misure idrologiche
- ◻ misure biologiche e biochimiche
- ◊ misure biologiche (solo fitoplancton)
- \* misura di produzione primaria e PNF

Fig. 2. Progetto MAT - Ubicazione dei siti di monitoraggio in Tirreno.

