

LE FORME DI INQUINAMENTO DEL MARE E I DANNI ALL'AMBIENTE



In questo capitolo scopriremo:

- ✓ **cosa significa inquinamento**
- ✓ **le possibili fonti di inquinamento marino**
- ✓ **i danni causati dai materiali abbandonati in mare**
- ✓ **il caso della Haven**
- ✓ **alcuni sistemi di depurazione**
- ✓ **i depuratori: un caso ligure**
- ✓ **i bioindicatori**

L'inquinamento

Con il termine di inquinamento si intende una modificazione delle caratteristiche naturali di un ecosistema, causata in genere da attività umane, che provoca effetti dannosi sugli organismi, sulla salute dell'uomo o sulle risorse naturali in senso lato.

La costruzione di moli e dighe o il dragaggio del fondo non vengono generalmente considerati come tipi di inquinamento anche se possono sicuramente influire negativamente sull'ecologia della fascia costiera. Allo stesso modo la pesca distruttiva, con mezzi leciti o non, può determinare anch'essa forme di degrado e danni ingenti alle risorse biologiche.

Il termine è quindi quanto mai generico e comprende molti tipi di inquinamento.

Esistono inoltre casi nei quali le alterazioni dell'ambiente sono dovute a cause naturali, come il riscaldamento delle acque dovuto a fenomeni di vulcanesimo o la diminuzione dell'ossigeno per l'accumulo e la decomposizione di vegetazione in zone di scarso ricambio.

In tutti i casi di inquinamento possiamo individuare delle sorgenti (*i produttori*) e dei recettori.

Gli effetti sui recettori sono differenti a seconda della concentrazione delle sostanze inquinanti e dei tempi di esposizione che possono essere brevi (secondi-minuti), medi (ore-giorni) o lunghi (mesi-anni).

Gli organismi quindi reagiscono in vario modo in rapporto al tipo e all'intensità del disturbo.

La definizione ufficiale dell'O.N.U di **inquinamento marino** consiste "nell'introduzione diretta o indiretta da parte dell'uomo nell'ambiente marino di sostanze o di energie capaci di produrre effetti negativi sulle risorse biologiche, sulla salute umana, sulle attività marittime e sulla qualità delle acque".

Le alterazioni che le attività umane possono apportare all'ambiente marino sono molteplici.



1) In alto: fumi che escono da alcune ciminiere.

2) In basso: un'immagine di una chiazza di rifiuti e materiali naturali (foglie di alberi e di posidonia) in mare.

Secondo alcuni studiosi si possono distinguere quattro tipi di alterazioni:

- 1) **L'introduzione** o immissione, ad opera dell'uomo, di sostanze tossiche direttamente in mare o attraverso i fiumi.
- 2) **La rimozione** cioè lo sfruttamento delle risorse biologiche (pesca) e non, come il prelievo d'acqua per il raffreddamento di centrali elettriche o altri impianti, i prelievi di minerali o idrocarburi, i dragaggi ecc
- 3) **Il cambiamento** ovvero la modifica dell'ambiente geofisico con opere a mare di vario tipo (moli, porti, strutture per allevamenti) che possono determinare conseguenze negative per i litorali sabbiosi, in seguito all'alterazione delle correnti, o per le biocenosi.
- 4) **Il mescolamento**, con il quale si intende l'introduzione di specie da una regione geografica all'altra a causa dell'acquacoltura, delle acque di zavorra (ballast water) rilasciate in mare da navi da trasporto o a causa dell'apertura di barriere naturali, come il taglio di istmi (es. Suez e Panama che hanno modificato le biocenosi preesistenti).



Inquinamento Cronico e Acuto

Come detto gli effetti che alcune sostanze tossiche provocano sugli organismi dipendono in larga parte dai tempi di esposizione e dalla concentrazione delle sostanze inquinanti stesse.

Immaginiamo una grossa industria che ogni giorno, settimana dopo settimana, mese dopo mese, scarichi in mare una sostanza tossica.

Le quantità di sostanza possono essere minime ogni volta ma queste, piano piano, si accumulano sul fondale, nei sedimenti e negli organismi che vivono in prossimità degli scarichi. Molti di questi organismi cominceranno ad avere problemi sempre più gravi fino a quando, quelli più deboli, che si possono adattare meno facilmente alle nuove condizioni, o che non possono spostarsi in altre zone, cominceranno a scomparire per lasciare spazio a quelli più resistenti.

Per quanto tempo si registreranno gli effetti negativi di questo tipo di inquinamento? I danni saranno evidenti per tutti o solo pochi se ne renderanno conto? E quanto tempo ci vorrà per bonificare la zona interessata?

Ora immaginiamo una nave che trasporta una grossa quantità della stessa sostanza e che improvvisamente per qualche ragione ha un'avaria che provoca lo sversamento in mare di tonnellate della sostanza inquinante.

La televisione ne parlerà sicuramente; tutti per qualche giorno sapranno che è avvenuto questo incidente. La sostanza riversata in breve tempo si disperderà e si diluirà nella zona dell'incidente e gli organismi colpiti saranno tutti quelli che vivono nella zona, che probabilmente non saranno in grado di sopravvivere vista la concentrazione così alta della sostanza.

Quanto tempo dureranno gli effetti di questo secondo tipo di inquinamento?

Questi esempi sono utili per capire la differenza tra un inquinamento cronico (come nel primo caso) e acuto (il secondo).

L'inquinamento ACUTO descrive il livello di concentrazione massimo raggiunto da un inquinante in un intervallo di tempo breve (1, 8 o 24 ore); è causato da episodi di grossa entità che avvengono in tempi e spazi ristretti. In genere si tratta di incidenti catastrofici e imprevedibili.

Quando però si interviene tempestivamente, si riescono a ripristinare velocemente le condizioni di normalità. Le cause sono facilmente individuabili e gli effetti sono gravi ma transitori.

3, 4, 5) Dall'alto alcune immagini di disastri ambientali. I pozzi iracheni a fuoco, il disastro della Exxon Valdez, lo sversamento di petrolio nelle vicinanze di una piattaforma petrolifera.

6) In basso: una condotta fognaria a cielo aperto.

L'inquinamento CRONICO descrive invece il livello di concentrazione medio di un inquinante nel corso di un periodo di tempo sufficientemente lungo, tipicamente un anno. E' causato da agenti più o meno costanti, i cui effetti si sommano nel tempo e determinano modifiche nell'ambiente anche significative. Il ripristino delle condizioni iniziali diventa molto più complicato e lungo.

Le principali fonti di inquinamento marino

Il mare rappresenta spesso il serbatoio nel quale vengono convogliati ed immessi i prodotti finali di molti processi e attività che sono sviluppate in città, in campagna (agricoltura) e nelle industrie.

Esistono pertanto molteplici fonti e cause di inquinamento delle acque marine che si possono brevemente schematizzare come segue.

Immissione di sostanze tossiche come prodotti chimici e metalli pesanti

Alcuni processi industriali hanno prodotti finali di lavorazione non degradabili (es. ioni metallici) che una volta giunti in mare vengono accumulati negli organismi provocando loro notevoli danni e arrivando a essere potenzialmente pericolosi anche per l'uomo.

Quando una sostanza tossica non degradabile viene immessa in mare, infatti, entra a far parte dei cicli vitali di numerosi organismi.

Così a partire dal fitoplancton fino ad arrivare ai grossi predatori, tali sostanze vengono accumulate in alcuni organi. Il problema maggiore è che spostandosi da un livello trofico all'altro, la quantità di sostanza tossica accumulata aumenta sempre di più; in questo modo gli organismi predatori al vertice delle catene alimentari di taglia maggiore (tonni, squali, delfini) sono anche i più "intossicati". Questo fenomeno è detto bioaccumulo o biomagnificazione.

Vari regolamenti hanno posto termine alla maggior parte di scarichi di sostanze pericolose nei fiumi e nel mare.

I problemi persistenti dipendono, da un lato, dal mancato rispetto della normativa e, dall'altro, dal peso del passato, dato che nei sedimenti marini si concentrano ancora metalli pesanti e residui di sostanze chimiche oggi vietate (pesticidi organoclorati). L'inquinamento chimico dei mari da parte dell'uomo riguarda un elevato numero di sostanze differenti. Sono circa 63 mila i composti chimici impiegati in tutto il mondo. Ogni anno, inoltre, mille nuove sostanze di sintesi vengono immesse sul mercato. Almeno 4500 dei composti impiegati sono altamente pericolosi.

Alcune di queste sostanze, conosciute come inquinanti organici persistenti [POP], non si decompongono e tendono ad accumularsi nei tessuti degli organismi viventi, alterandone il sistema ormonale, causando tumori, disfunzioni del sistema riproduttivo e alterazioni del sistema immunitario e interferendo con il normale



7) Le alterazioni ambientali sono spesso dovute ad inquinamenti di diverso genere, più o meno permanenti e pericolosi per l'ambiente. Nella foto in alto una zona industriale statunitense, ora soggetta a bonifica, da dove venivano scaricati nel fiume PCBs (bifenili policlorurati). Purtroppo questi composti permangono nell'ambiente e sono destinati ad essere assorbiti da pesci e crostacei, divenendo pericolosi per l'uomo.

8 e 9) L'inquinamento da detersivi arricchisce di nutrienti le acque dei fiumi facendo proliferare in modo anomalo le alghe verdi (cianofite). Nella foto in basso il Mar Caspio. Si notino le zone dove è maggiore il proliferare di alghe.



10) In alto: Un rigagnolo presso il sito minerario di Libiola (Sestri Levante). La notevole presenza di rame ha colorato di azzurro il letto del corso d'acqua riducendo o facendo scomparire gli organismi acquatici.

11) Al centro: lungo il litorale i moti del mare accumulano spesso una gran quantità di rifiuti.

12) In basso: materiale recuperato dopo un'attività di pulizia dei fondali effettuata nella zona "C" dell'Area Marina Protetta di "Portofino".

13) In basso: la mancanza di ossigeno dovuta ad un aumento delle alghe può spingere gli organismi verso la riva alla ricerca di acque più ossigenate. Una relativa carenza di gas può non uccidere gli animali ma stordirli (narcosi da ossigeno). In Alabama questo fenomeno viene sfruttato da alcuni abitanti che durante fenomeni di questo tipo possono facilmente catturare pesci e crostacei.



processo di crescita degli esemplari giovani. I POP possono anche essere trasportati a grande distanza nell'atmosfera e depositarsi nelle regioni più fredde. Gli Inuit del polo Nord, che vivono a grande distanza dalle fonti di emissione di queste sostanze tossiche, sono tra le popolazioni più contaminate al mondo, perché si nutrono di foche e pesce ricco di grasso, che accumulano più di altre specie le sostanze tossiche e le trasferiscono all'uomo.

Immissione di materiali e rifiuti solidi

Sabbie e ghiaie vengono talvolta utilizzate per il ripascimento delle spiagge per rallentare o prevenire l'erosione di alcune di esse. L'eccessivo scarico a mare di tali sedimenti determina talvolta un aumento della torbidità delle acque a danno di tutti gli organismi che hanno bisogno di luce per vivere, prima fra tutte *Posidonia oceanica*.

Inoltre tutti i materiali non biodegradabili che vengono scaricati in mare, più o meno accidentalmente (sacchetti di plastica, polistirolo, spazzatura di vario genere ma anche reti e lenze abbandonate), rimangono a lungo integri e vengono successivamente trasportati dalle correnti lungo le coste o in mare aperto.

Lungo le coste provocano danni agli organismi marini sessili che vengono ricoperti e danneggiati, e sulle spiagge creano un evidente impatto negativo dal punto di vista igienico e visivo.

In mare aperto queste possono comportare un pericolo per alcuni animali che rischiano di rimanere accidentalmente impigliati in reti abbandonate o di ingerire rifiuti scambiandoli per prede. Le tartarughe marine, ad esempio, nutrendosi di plancton, scambiano talvolta sacchetti abbandonati per cibo e muoiono soffocate in seguito alla loro ingestione.

L'eutrofizzazione

Consiste nell'aumento di sali nutritivi (nitriti, nitrati e fosfati che sono alcuni dei sali che globalmente contribuiscono alla salinità dell'acqua di mare) e di sostanza organica, che determinano uno sviluppo eccessivo di alghe seguito, molto spesso, da una diminuzione della quantità di ossigeno disciolto (distrofia).

È determinata da apporti eccessivi di detersivi e scarichi fognari ed è tipico di zone poco profonde e bacini chiusi con scarso ricambio di acqua.

Un apporto eccessivo di sostanze nutritive dai

fiumi, dalle acque dei ruscelli e dagli scarichi provoca una proliferazione della flora acquatica che consuma l'ossigeno disciolto, mettendo in pericolo la vita presente nel corpo idrico.

Questo fenomeno è all'origine delle maree rosse, verdi o marroni. Cause principali di questo apporto di nutrienti sono l'agricoltura intensiva e il suo ricorso sistematico ai fertilizzanti naturali o chimici, nonché gli insediamenti urbani che non procedono al trattamento delle rispettive acque reflue.

Inquinamento termico

L'acqua di mare viene talvolta prelevata per raffreddare impianti industriali e viene scaricata in mare ad una temperatura superiore; tale aumento determina una profonda modificazione nelle specie marine presenti nel tratto di mare interessato dal fenomeno, favorendo lo sviluppo di gruppi più termofili.

Gli scarichi accidentali di petrolio

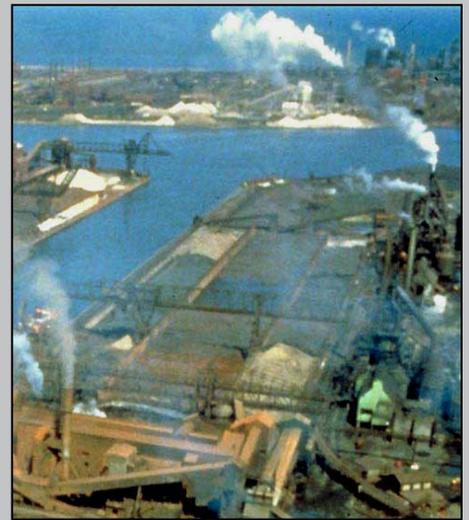
Gli incidenti che avvengono durante il trasporto o l'estrazione di petrolio sono un'altra tra le maggiori cause di inquinamento e danno per organismi che vivono lungo le coste.

Quando si verifica uno sversamento i primi interventi consistono nel cercare di circondare con barriere galleggianti la chiazza di petrolio che si forma in superficie e cercare di recuperarne il più possibile prima che raggiunga le coste. Purtroppo tali manovre non sono sempre fattibili; in caso di mare agitato, ad esempio, non è possibile intervenire tempestivamente.

Tra gli organismi più colpiti in questo caso vi sono gli uccelli che ricoprendosi di sostanze oleose non sono più in grado di volare.

Purtroppo, la normativa sulla sicurezza marittima in costante evoluzione non riuscirà mai ad azzerare totalmente il rischio di incidenti. Attualmente, inoltre, si profila un altro rischio: le piattaforme petrolifere si moltiplicano nel Mare del Nord, aumentando i rischi di incidenti petroliferi.

La più visibile e familiare forma di inquinamento del mare è quella legata agli sversamenti di petrolio dalle petroliere, tipico esempio di inquinamento acuto. In realtà però non vi sono solo gli effetti a breve termine. A distanza di 15 anni dall'incidente alla Exxon Valdez, avvenuto in Alaska nel 1989, ad esempio, sono ancora rilevabili in quella zona tracce di petrolio. La Prestige, che naufragò al largo delle coste spagnole nel 2002, ha causato perdite economiche ingenti, danneggiando gravemente anche la pesca locale.



14) In alto: nelle zone industriali vicino a mare o fiumi spesso le industrie utilizzano le acque e le reimmettono nell'ambiente molto più calde.

15, 16, 17, 17 bis) In basso quattro immagini legate al petrolio: la petroliera "Amoco Cadiz" il 16 marzo 1978 affonda dopo un incidente al largo delle coste bretoni. al centro il petrolio, in occasione dell'incidente, arriva a toccare le coste. In basso: alcuni animali ricoperti di petrolio.





18) anche se raramente, può accadere che sottomarini nucleari abbiano incidenti e liberino materiali radioattivi in mare. Un incidente ad un sottomarino nucleare è avvenuto anche in Italia nell'Arcipelago della Maddalena (foto sopra) senza che, fortunatamente, vi fosse inquinamento radioattivo. 19) Nella foto in basso un sommergibile "SeaWolf" della Marina Americana

L'inquinamento causato dallo scarico intenzionale di idrocarburi eseguito da capitani poco scrupolosi per pulire le cisterne, sebbene meno spettacolare delle marea nere è molto diffuso e altrettanto inquietante. Secondo alcuni studi la quantità di petrolio così rilasciata sarebbe addirittura di gran lunga superiore a quella di una marea nera di proporzioni rilevanti. Il problema consiste nella difficoltà, da un lato, di individuare i trasgressori e, dall'altro, di portare a buon fine le azioni legali.

Le scorie radioattive sommerse

Si tratta di un settore poco conosciuto. Quale può essere l'impatto sull'ambiente marino di un aumento della radioattività in seguito a falle nell'involucro di cemento che circonda i rifiuti altrimenti immersi nel mare? Anche il normale funzionamento delle centrali nucleari ha una sua ricaduta in termini di inquinamento dei mari; ne sono esempio i due impianti di riprocessamento delle scorie radioattive che si trovano in Francia, a La Hague, e in Inghilterra, a Sellafield. Gli scarichi di questi due impianti hanno contaminato le zone marine circostanti al punto che è possibile trovare tracce radioattive in alghe contaminate lungo le coste della Norvegia e della Groenlandia occidentale.

La contaminazione radioattiva dei mari è stata determinata anche da esperimenti nucleari come come quelli nell'atollo di Bikini iniziati nel 1946 nel Pacifico del Nord; ancora oggi queste isole non sono abitate, nonostante i numerosi interventi di bonifica, a causa degli alti livelli di radioattività ancora registrati in piante e animali locali.

L'inquinamento biologico e l'introduzione di specie alloctone.

All'origine di questo tipo di inquinamento vi è una cattiva gestione dei rifiuti naturali, umani e animali. Una parte del problema affonda le sue radici nell'entroterra costiero dove gli insediamenti urbani non trattano le loro acque reflue e i pascoli lungo i fiumi. Questo inquinamento minaccia principalmente la salute dei bagnanti e degli amanti degli sport nautici. L'applicazione rigorosa della normativa sulle acque di balneazione e sulla gestione delle acque reflue sarebbe sufficiente a ridurre questo rischio. Negli ultimi secoli, inoltre, l'immissione e la traslocazione di specie da un paese all'altro sono diventati fenomeni sempre più ricorrenti. Entrambi i processi fanno capo all'introduzione di specie



20) Un'immagine del manifesto promozionale dell'iniziativa "Pesci mai visti?", ideata dall'Area Marina Protetta delle Isole Pelagie per individuare nuove specie alloctone.

alloctone in una determinata area. I problemi derivanti da tale introduzione sono principalmente dovuti al fatto che nel momento in cui una specie esotica si insedia in un nuovo territorio, in tale area non sussistono le condizioni che generalmente regolano e limitano la demografia di tale specie (per esempio, potrebbero essere assenti i predatori naturali di questa specie). Queste condizioni "favorevoli" portano talvolta ad un'espansione incontrollata della specie aliena, creando grandi problemi per le specie endemiche del territorio in cui è avvenuta la traslocazione e/o l'immissione.

L'introduzione di specie esotiche è infatti considerata la seconda più grave minaccia alla perdita di biodiversità, dopo la distruzione degli habitat.

E' per questa ragione che negli ultimi anni si pone molta attenzione al riguardo, e la gestione delle specie alloctone è centrale nella conservazione della biodiversità.

Acquacoltura

L'acquacoltura è una pratica millenaria, utilizzata dalle comunità rurali per integrare la produzione di proteine animali.

In generale, il termine acquacoltura si riferisce ad una produzione in qualche modo controllata e come tale distinta dalla raccolta o pesca di organismi che vivono in acqua sia marina sia dolce. Per questo il termine può riferirsi all'allevamento di pesci (piscicoltura), di molluschi (mitilicoltura, ostreicoltura e venerupicoltura), di crostacei (gambericoltura) e piante (molte specie di alghe marine sono coltivate sia per l'alimentazione umana diretta, sia per la produzione industriale).

In acquacoltura si possono distinguere tre forme di allevamento: estensivo, semintensivo ed intensivo.

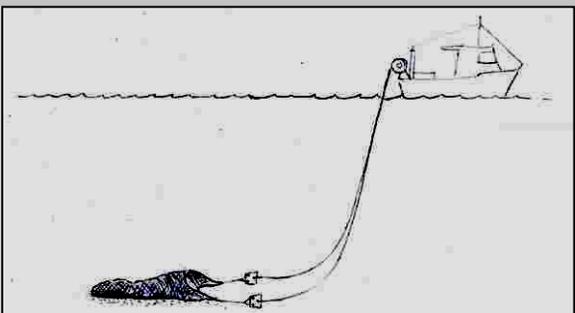
Si può definire estensivo un allevamento nel quale l'alimento è totalmente desunto dall'ambiente. In alcune zone era e continua a essere pratica comune utilizzare piccoli bacini d'acqua dolce concentrando alcune specie commestibili di pesci, talvolta nutriti in parte con scarti dell'alimentazione umana. Allevamenti di questo tipo, in genere, prevedono solo quello che tecnicamente è chiamato un "ingrasso" del pesce, di cui non si controlla l'intero ciclo vitale: ad esempio, non si controlla la riproduzione, ma si catturano gli esemplari giovanili che vengono appunto messi ad "ingrassare" in un ambiente



21) In alto: la *Caulerpa taxifolia*, una delle specie alloctone ormai presente in grandi quantità nel Mediterraneo.

22, 23) Al centro: acquacoltura a Lavagna. Gli impianti in mare e una fase di lavoro in una delle gabbie.

24 e 24 bis) In basso: negli impianti di acquacoltura vengono prodotte alghe per alimentare organismi del plancton, come *Artemia salina*, foto sotto, che sarà utilizzata per nutrire i giovani pesci appena nati.



25 In alto: le attività di pesca in un impianto di acquacoltura estero.
 26 e 27) Al centro: il branzino o spigola e l'orata sono tra i pesci maggiormente riprodotti in acquacoltura
 28) In basso: lo schema di funzionamento di una rete a strascico.

protetto dai predatori.

L'allevamento semintensivo implica la somministrazione, come supplemento alla prevalente assunzione di cibo naturale, di alimento secco prodotto da aziende mangimistiche. Il termine semintensivo fa riferimento alla bassa densità di allevamento della specie.

Intensivo è l'allevamento totalmente dipendente da alimentazione artificiale condotto in vasche o gabbie ad elevata densità.

La crisi dell'industria della pesca mondiale, che dopo una crescita esplosiva nel secondo dopoguerra è di fatto collassata già a partire dagli anni '80, ha portato sull'acquacoltura interessi di grossi gruppi industriali.

L'acquacoltura è pertanto una delle attività a più rapida crescita nel panorama delle produzioni agro-alimentari.

In Italia le produzioni di pesci e molluschi da allevamento sono costantemente aumentate negli ultimi anni. Oltre al consolidamento della molluschicoltura e della trotticoltura, già forti prima della "esplosione" dell'acquacoltura moderna, si è assistito anche ad una crescita significativa della piscicoltura mediterranea.

Benché molti siano gli organismi oggetto di tentativi di allevamento, a tutt'oggi in Italia la produzione marina economicamente significativa è sostenuta, nel settore ittico, da anguilla, orata, spigola e mugilidi; per i molluschi da mitili, vongole veraci ed ostriche; per i crostacei da due specie di penneidi. L'allevamento di alghe, come la Gracilaria, è rimasto a livello sperimentale.

Fra i fattori che limitano oggi in Italia lo sviluppo dell'acquacoltura vi è la scarsa disponibilità di spazi a terra e le difficoltà nel reperire spazi in mare. Gli impianti di allevamento in mare rispondo meglio all'esigenza di rendere disponibili quantità elevate di prodotto di ottima qualità per il consumatore. Le moderne tecniche dell'allevamento prevedono l'uso di grandi gabbie galleggianti o sommerse poste lontano dalla costa al fine di utilizzare ambienti marini più aperti ed evitare l'influsso negativo degli scarichi provenienti dai depuratori.

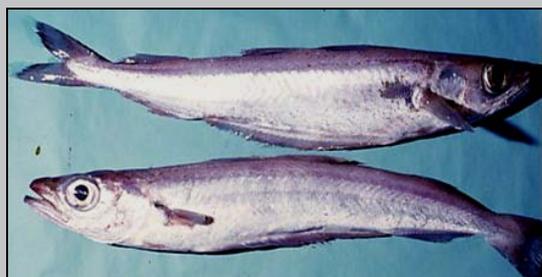
L'acquacoltura ha contribuito al miglioramento della situazione socio-economica di numerose comunità costiere, generando occupazione e benessere. Inoltre il mercato si è orientato proprio su quelle specie allevabili che, per prime, erano state decimate dalla pesca industriale; in questo modo i danni e la pressione di pesca sulle specie selvatiche dovrebbero nel tempo diminuire.

Allo stesso tempo però per allevare un predatore, pesce o gambero che sia, ci vogliono altri pesci o comunque proteine. Il risultato è che per ottenere 1 chilogrammo di pesce di acquacoltura servono circa 4 chili di altri pesci, in funzione della specie allevata e del tipo di pesce che si trasforma in farina che serve da mangime. In altre parole, talvolta è possibile che l'acquacoltura contribuisca al depauperamento delle risorse ittiche e non aiuti a risolvere il problema della pesca eccessiva: ciò avviene particolarmente nell'allevamento di specie predatrici (quasi tutte quelle marine) che, per lo più, sono specie ad elevato valore aggiunto e, quindi, destinate ai mercati più ricchi del Nord America, Europa, Giappone. Il deficit di proteine di popolazioni rurali ed in via di sviluppo viene aiutato ad essere risolto con l'allevamento di specie prevalentemente d'acqua dolce ed erbivore (Tilapia, Carpa e mugilidi), che costituiscono, in termini quantitativi, oltre l'80% delle produzioni mondiali. Le condizioni di allevamento intensivo, infine, possono determinare l'insorgere di epidemie fra le popolazioni ittiche allevate, che vengono curate con l'uso di antibiotici o terapeutizzanti. Proprio per evitare un possibile inquinamento da "medicinali", negli ultimi anni, è stata sviluppata considerevolmente la pratica della vaccinazione che, per esempio in salmonicoltura, ha portato all'azzeramento quasi totale dell'uso di antibiotici. In conclusione, da attività di sussistenza integrativa l'acquacoltura, come ogni altra pratica zootecnica, può trasformarsi, se gestita in modo scorretto e disordinato in un sistema che contribuisce alla distruzione dell'ambiente.

Lo sfruttamento eccessivo delle risorse.

Alcune attività determinano, in mancanza o inosservanza di regole, la rimozione di risorse (animali e non) in quantità significative ed irreversibili.

Una delle tecniche di pesca che provoca un impatto non trascurabile sull'ambiente marino è la pesca a strascico. Una rete a strascico è costituita da un sacco chiuso ad un'estremità e tenuto aperto, dall'altra, da due divergenti, strutture in legno e metallo. La rete trainata dall'imbarcazione, sfiora il fondo e raccoglie tutto quello che incontra sul suo cammino. La maglia del sacco, se di dimensioni troppo piccole, non lascia uscire i piccoli pesci determinando una distruzione totale degli stadi giovanili. È per questo motivo che non è possibile effettuare questo tipo di pesca sotto costa dove

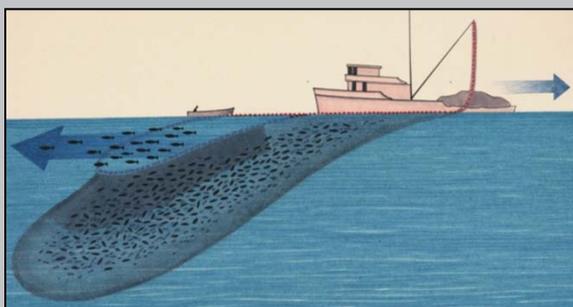


29) In alto: una rete a strascico sta per essere recuperata dalla barca da pesca.

30) In alto: un pescatore del Tigullio che recupera una rete a strascico.

31 e 32) Al centro: i pregiati "gamberoni" sempre più rari per via della pesca a strascico e scomparsi nei bassi fondali costieri: *Aristeomorpha foliacea* e *Aristeus antennatus*.

32 bis) In basso: il potassolo, uno dei pesci pescati con rete a strascico.



33) in basso: la caccia delle balene in Giappone. Questo tipo di pesca cruenta viene autorizzata ufficialmente per "scopi scientifici" e contribuisce gravemente ad abbassare il numero delle già poche balene presenti nei mari del mondo. A questo tipo di pesca si oppone già da molti anni l'associazione ambientalista Greenpeace. Le balene vengono uccise con arpioni sparati dalle navi, provocando una morte lenta all'animale, o con una cartuccia contenente penthrite, un esplosivo che provoca temperature altissime nell'area colpita provocando entro pochi minuti la morte dell'animale.

34 e 34bis) Al centro: immagini di pesca intensiva del tonno. Spesso nelle reti rimangono cetacei di diverse specie.

35) In basso: alcune pinne di pescecane destinate al mercato orientale.

maggiore è la presenza di novellame.

La rete a strascico inoltre è un attrezzo di scarsissima selettività (cattura tutte le specie presenti sul fondo e in vicinanza di esso) con un elevatissima percentuale di scarto (in media il 42%).

Questo tipo di pesca è presente in tutti i litorali italiani, anche se è più praticata in Adriatico ove operano 2.107 barche, pari al 56% della flotta a strascico nazionale, e in Sicilia con 684 battelli (18% della flotta nazionale).

Le interazioni dirette riguardanti specie protette coinvolgono tartarughe come *Caretta caretta*, che viene ripetutamente pescata dalle paranze, alcune specie di cetacei, e organismi sessili che vivono sul fondo come il mollusco bivalve *Pinna nobilis* e la fanerogama marina *Posidonia oceanica*.

Un altro esempio di sfruttamento è rappresentato dallo *shark finning* ovvero l'amputazione delle pinne pettorali e dorsale di numerose specie di squali che per questo stanno diminuendo in maniera critica in molti oceani.

Nel menù di quasi tutti i ristoranti cinesi si può trovare infatti la zuppa di pinne di pescecane, considerata una vera prelibatezza. Si tratta di un antico piatto cinese oggi largamente diffuso in tutto il mondo. L'ingrediente base sono le pinne di squalo, delle quali vengono utilizzate le fibre di collagene presenti internamente, ottenute dopo una lunga preparazione che consta di diversi passaggi. Tali fibre hanno ben poco sapore e, più che altro, danno alla zuppa maggiore corposità; per questo devono essere aggiunti altri ingredienti, quali pollo, granchio e abalone. Un tempo la zuppa di pinne di pescecane era un piatto riservato alle classi più ricche a causa degli elevati costi di produzione. Non era infatti impresa facile procurarsi la materia prima in grandi quantità. Oggi i moderni metodi di pesca permettono di ottenere grandi quantità di squali in tempi ristretti.

Poiché le pinne hanno un valore molto più elevato di quello della carne del corpo, si è ampiamente diffuso il "finning". È una pratica abominevole: non appena lo squalo viene issato a bordo del peschereccio, gli vengono tagliate le pinne quando ancora l'animale è vivo; quindi, così menomato, viene ributtato in mare. A quel punto lo squalo è destinato a morte sicura e, per di più, inutile, visto che tutta la carne del corpo va sprecata. Il motivo di questa assurdità è di natura puramente economica: per chi pratica questa pesca è più conveniente riempire le stive di sole pinne o lasciare il posto ad altro pesce di maggior valore

economico, quale tonno e pesce spada, piuttosto che tenere i corpi degli squali, che sono sì commestibili ma ritenuti di scarso valore. Arrestare il commercio selvaggio di pinne di squalo non è semplice. Il miglioramento della qualità di vita in Cina ha fatto sì che un ampio spettro di persone possa oggi permettersi di consumare questo cibo un tempo esclusivo di pochi. La zuppa di pinne di pescecane è uno status symbol: in Cina è ritenuto quasi indispensabile offrirla agli invitati nei banchetti e alle cerimonie. Il prezzo di questa delicatezza è mediamente altissimo e, in un ristorante di Hong Kong, si può spendere da 10 a 100 dollari a porzione. La produzione ed il commercio di pinne sono maggiori in Cina, Hong Kong, Singapore, Taiwan, Giappone, ma i dati disponibili circa l'effettivo ammontare di questo mercato devono essere ritenuti ampiamente lacunosi e la richiesta del mercato seguita a crescere. Le specie di squali che vengono catturate sono tantissime, anche se vengono preferite quelle di grosse e medie dimensioni. In ragione dei loro delicati meccanismi riproduttivi, gli squali sono animali vulnerabili: impiegano diversi anni per raggiungere la maturità sessuale, hanno lunga gestazione e generano un numero di piccoli per volta relativamente ridotto. Pressioni di pesca elevate possono quindi dare risultati disastrosi, come è drammaticamente evidenziato dalla massiccia diminuzione in numero di molte popolazioni di squali a livello mondiale. Il finning è attualmente proibito in Stati Uniti, Canada, Brasile, Australia e Oman.



Inquinamento acustico

Il rumore e le vibrazioni prodotte in mare dalle attività umane possono interferire in vario modo con la vita animale. Possono limitare la capacità degli animali di comunicare, di chiamarsi e di riconoscersi, ad esempio, nel periodo riproduttivo, ma anche di segnalare situazioni di pericolo o di individuare ostacoli tramite il biosonar. Il rumore può quindi produrre alterazioni del comportamento, diminuire la capacità riproduttiva o indurre l'allontanamento da determinate aree, con gravi implicazioni ecologiche. Approfondire questi aspetti ha una grande importanza nella formulazione di nuove norme per la navigazione e per le attività potenzialmente dannose soprattutto nelle aree tutelate quali Parchi e Riserve marine.

36, 37) In alto: alcuni dei cetacei più diffusi nel nostro mare: la stenella e il tursiopo.

Alcuni spiaggiamenti di cetacei vengono imputati ai sonar in uso nelle imbarcazioni, in particolare a quelli funzionanti a bassa frequenza i cui segnali possono interferire con i meccanismi di orientamento di questi mammiferi marini.

38) Al centro: uno schema che mostra un ipotetico spiaggiamento causato da onde prodotte da apparecchiature costruite dall'uomo.

39) In basso: una piccola balena morta vicino alla costa. Talvolta i cetacei possono avvicinarsi alla costa, se malati o feriti e, in questo caso, l'eventuale spiaggiamento non è imputabile a cause artificiali.

Materiali in mare: reti, lenze e rifiuti abbandonati.

Occorrono da due a quattro settimane perché un biglietto d'autobus si dissolva in mare; sei mesi per un mozzicone di sigaretta, da cento a mille anni per una bottiglia di plastica, da 200 a 500 anni per una in alluminio e cento per una in ferro. Dei sei milioni di oggetti che si stima siano gettati ogni giorno nel nostro mare, dal 60 al 90% sono di plastica. La circolazione delle correnti in Mediterraneo fa sì che il nostro mare abbia un ricambio d'acqua con l'Oceano Atlantico molto lento, da 70 a 100 anni; ogni oggetto gettato nel nostro mare quindi vi rimane per un tempo lunghissimo. Reti da pesca, plastica, rifiuti di ogni genere vengono abbandonati ogni giorno e sono disseminati in aree sempre più vaste dei fondali, provocando una crescente forma di degrado degli ecosistemi marini costieri e di mare aperto. Anche lungo i fondali del Promontorio di



1, 2) Resti di lenze rimaste su alcune colonie di gorgonie.

3) Pesci impigliati in una rete abbandonata



4) Un capodoglio impigliato in una rete.



5 e 6) Tartaruga intrappolate da reti. Spesso questi rettili muoiono sott'acqua come si può vedere nella seconda foto. Talvolta, invece, possono morire dopo aver ingerito inconsapevolmente ami di attrezzi da pesca.

Portofino si ritrovano talvolta attrezzature della pesca sportiva che costituiscono una fonte di degrado, inquinamento e costante minaccia per la vita degli organismi marini.

I rischi per l'ambiente marino sono molteplici:

Danni ad organismi sessili

Il principale danno all'ambiente è dato dalle modifiche dei substrati sui quale reti, lenze o rifiuti rimangono impigliate.

Nel caso di organismi sessili come le gorgonie, ad esempio, il tessuto vivente viene inciso e danneggiato lasciando scoperte ampie porzioni dei rami che possono essere così velocemente colonizzati e ricoperti da altri organismi, indebolendo progressivamente le colonie.

Nel caso di reti impigliate e abbandonate a profondità non elevate, inoltre, la copertura algale che si forma su di esse, con il tempo può determinare una barriera alla penetrazione della luce causando la scomparsa delle specie più sensibili.

Una rete che poggia su una secca oltre ad ostacolare le specie che trovano riparo in tane (es. cernie, murene, scorfani, gronchi) con il tempo determina anche la desertificazione dei fondali interessati raschiando e danneggiando il fondo mentre viene trascinato dalle correnti.

A questo bisogna aggiungere che le reti abbandonate spesso continuano a "pescare", imprigionando predatori che tentano di trovare tra le maglie facili prede.

Anche per l'uomo, infine, le reti abbandonate possono essere pericolose, specie in zone frequentate dai subacquei, come le acque del Promontorio di Portofino, che possono rimanere intrappolati.

Danni ad organismi nectonici

Le reti abbandonate possono intrappolare cetacei e tartarughe marine che muoiono per soffocamento e per annegamento, non potendo tornare in superficie a respirare. Anche grossi pesci come tonni, squali, pesci spada ma anche molluschi, come polpi e seppie e molti crostacei rimangono intrappolati e muoiono inutilmente non essendo l'oggetto della pesca.

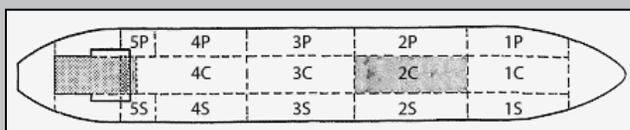
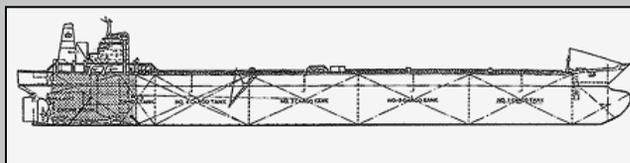
Inquinamento da petrolio: il caso della Haven

La Haven era una superpetroliera di tipo VLCC (Very Large Crude Carrier), ossia nave cisterna di grandissime dimensioni adibita al trasporto di greggio, di 344 m di lunghezza fuori tutto. Inizialmente chiamata Amoco Milford Haven, quarta di una serie di quattro navi gemelle, fu costruita presso i cantieri Asterillos Espanoles di Cadiz (Spagna) e consegnata nel 1973 alla Amoco Transport Company di Chicago, immatricolata sotto bandiera liberiana. Nel 1985 l'unità fu venduta alla Maritime Corporation di Monrovia e fu immatricolata sotto bandiera cipriota con il nuovo nome di Haven. Nel 1990 la proprietà passò alla Venha Maritime Company, ancora di Monrovia, mantenendo la bandiera cipriota ed il nome Haven. Sotto la nuova proprietà la nave fu impiegata sulla rotta Golfo Persico – Indonesia sotto la gestione della Troodos Shipping del Pireo, del gruppo Troodos Maritime International SA di Montecarlo (Monaco).

Nel marzo del 1988, partita da Ras Tanura (Arabia Saudita) con un carico di greggio e diretta a Teluk Semangka (Indonesia), fu colpita al largo di Dubai (Emirati Arabi Uniti) da un missile Exocet sparato da una motovedetta iraniana, riportando gravissimi danni al fasciame dei fianchi e del fondo, al ponte di coperta, alla sovrastruttura poppiera ed al motore di propulsione.

Durante il trasferimento a Singapore per l'esecuzione dei lavori di riparazione, che si protrassero dal luglio 1988 al dicembre 1990, la Haven subì un attacco da parte di una imbarcazione di pasdaran, guerriglieri integralisti iraniani.

Dopo il completamento dei lavori e l'esecuzione delle prove di navigazione, la



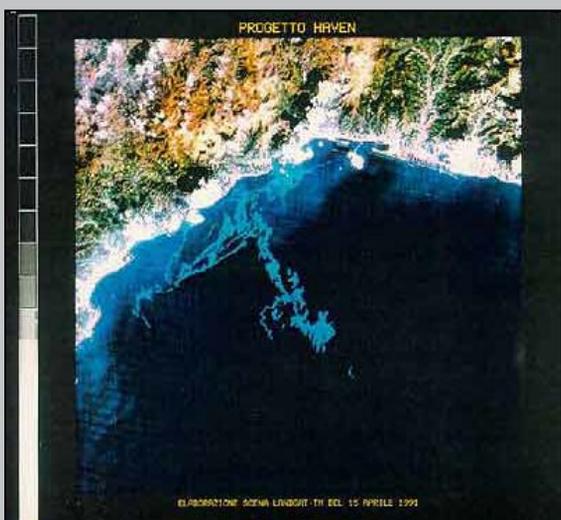
7) La petroliera Haven era munita di 3 cisterne centrali e 10 cisterne laterali, per una capacità totale di carico di quasi 284.000 m³. Tra le cisterne di carico centrali era inserita la cisterna 2C per la zavorra.

Vice Haven: caratteristiche principali

Nome	Haven (ex. Amoco Mildford Haven)
Bandiera	Cipro
Cantiere di costruzione:	Asterillos Espanoles – Cadiz (Spagna)
Anno entrata in esercizio:	1973
Classe:	A1 Oil Carrier
Tipo:	VLCC (Very Large Crude Carrier)
Dimensioni principali:	Lunghezza fuori tutto: 344 m
	Larghezza massima: 51 m
	Altezza di costruzione: 26 m
	Immersione estiva a pieno carico: 20 m
Dislocamento a pieno carico:	267.500 t
Portata lorda:	232.166 t
Capacità cisterne del carico	283.626 m ³



8) Petroliera Amoco Cadiz gemella della Haven affondata lungo le coste bretoni l'11 Marzo del 1978.



nave, ripartita a pieno carico il 10 gennaio 1991, fece rotta verso l'Europa via Capo di Buona Speranza. Giunse a Genova l'8 marzo e rimase ancorata in rada sino al 7 aprile.

Dal 7 al 9 aprile la Haven si ormeggiò alla piattaforma a mare del Porto Petroli per una scarica parziale del greggio, per tornare quindi in rada.

Nelle sue cisterne al momento dell'incidente erano stivate circa 144.000 tonnellate di petrolio greggio Heavy Iranian Oil e più di 1.200 tonnellate di combustibile (*fuel oil* e diesel) per la propulsione della nave.

L'incidente

L'11 aprile 1991, alle 12.30 circa, davanti al porto petroli di Genova Multedo, si verifica un'esplosione a bordo durante un'operazione di travaso di greggio dalla stiva 1 (a prua) alla stiva 3 (a centro nave).

L'esplosione fa saltare parte della coperta a prua della nave, e il pezzo staccato lungo 100 m (coperta prodiera) sprofonda sul fondale a 94 m di profondità davanti a Genova Voltri.

L'imbarcazione alla deriva prende fuoco e il greggio inizia a bruciare.

Il giorno successivo cominciano i primi interventi per bloccare la chiazza di petrolio in fiamme che fuoriesce dalle cisterne. Il rimorchiatore Olanda aggancia la nave dal timone di poppa e inizia ad avvicinarla alla costa. Nel corso dell'operazione si stacca la parte di scafo di prua (troncone di prua, lungo circa 100 m e contenente 3 cisterne) che è rimasta priva di coperta, e sprofonda a 460 m di profondità.

Alle ore 9.35 del 13 aprile, dalla nave ancora in fiamme (lunga ora 220 m e parzialmente sprofondata e inclinata verso dritta), si ode un forte boato seguito da altre esplosioni. Rimorchiatori e bettoline scaricano intorno alla Haven acqua e solvente ma il petrolio raggiunge comunque le spiagge.



9, 10, 11, 12) Alcune immagini dell'incendio e del disastro provocato dal naufragio della petroliera Haven. 13) A lato: alcuni uccelli morti, finiti in una chiazza di petrolio galleggiante.

Il mattino del 14 aprile, in seguito ad una serie di esplosioni con perdita di greggio, la Haven affonda completamente ad un miglio e mezzo dal porto di Arenzano e si posa sul fondo alla profondità di 80 metri leggermente inclinata sul fianco di dritta (relitto principale).

Tra i trentasei componenti dell'equipaggio si contano cinque morti, compreso il capitano Petros Grigorakakis. Più di 140.000 tonnellate di idrocarburi vengono liberate nell'ambiente: è il più grave disastro ambientale mai avvenuto nel Mediterraneo. Tutti i relitti sono posizionati all'interno del mare territoriale (entro le dodici miglia da costa).

Successivamente all'affondamento, il relitto principale della Haven è stato oggetto di numerosi interventi di studio al fine di accertare la presenza di idrocarburi allo stato liquido bonificato nella primavera 2008.

Invasione di specie alloctone: il caso di *Caulerpa taxifolia* e *Ostreopsis ovata*.

L'invasione di specie alloctone (organismi non originari di una zona che colonizzano nuove aree perchè dispersi naturalmente o insediati a seguito dell'intervento diretto o indiretto dell'uomo) è divenuta una minaccia per la biodiversità dei mari del pianeta, non solo del Mediterraneo.

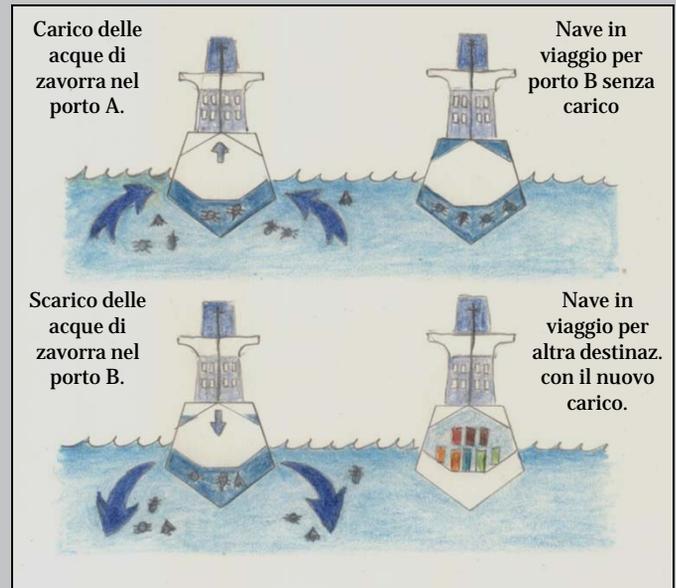
Sino a pochi anni fa, una specie animale o vegetale per raggiungere e colonizzare un nuovo mare doveva fare un lungo viaggio per venire poi, molto spesso, respinta dalle specie autoctone.

Oggi invece, una infinità di specie animali e vegetali o le loro uova, larve, cisti e spore vengono comunemente trasportate nelle acque di zavorra delle navi cisterna e nelle incrostazioni degli scafi di imbarcazioni turistiche e navi commerciali.

Le acque di zavorra (ballast water) sono costituite da acqua di mare utilizzata dalle navi da trasporto per riempire le loro cisterne, al fine di mantenere la stabilità, quando effettuano viaggi con carico parziale o senza carico. L'acqua di mare viene quindi caricata nel paese di origine e scaricata a miglia di distanza e con essa tutti gli organismi ancora vivi dopo il viaggio (forme larvali ecc). Anche le navi petroliere, che effettuano viaggi completamente scariche, devono allo stesso modo riempire parzialmente le cisterne con acqua di mare, che in questo caso viene anche contaminata dal petrolio. Le navi più moderne sono dotate di un sistema detto "a zavorra segregata", ovvero hanno cisterne dedicate esclusivamente alla funzione di zavorra, che evitano il miscelamento e il conseguente inquinamento dell'acqua di zavorra con i prodotti petroliferi trasportati.

Molte specie alloctone vengono inoltre importate per l'acquariologia ed altre sono state introdotte in acquacoltura (come nel caso di *Tapes philippinarum* o vongola filippina). Infine l'apertura di canali realizzati per accorciare sensibilmente rotte commerciali hanno messo in contatto mari prima geograficamente separati; dopo la costruzione del Canale di Suez (1868) infatti, si è osservato un massiccio ingresso di specie tropicali provenienti dal Mar Rosso (migrazione lessepsiana).

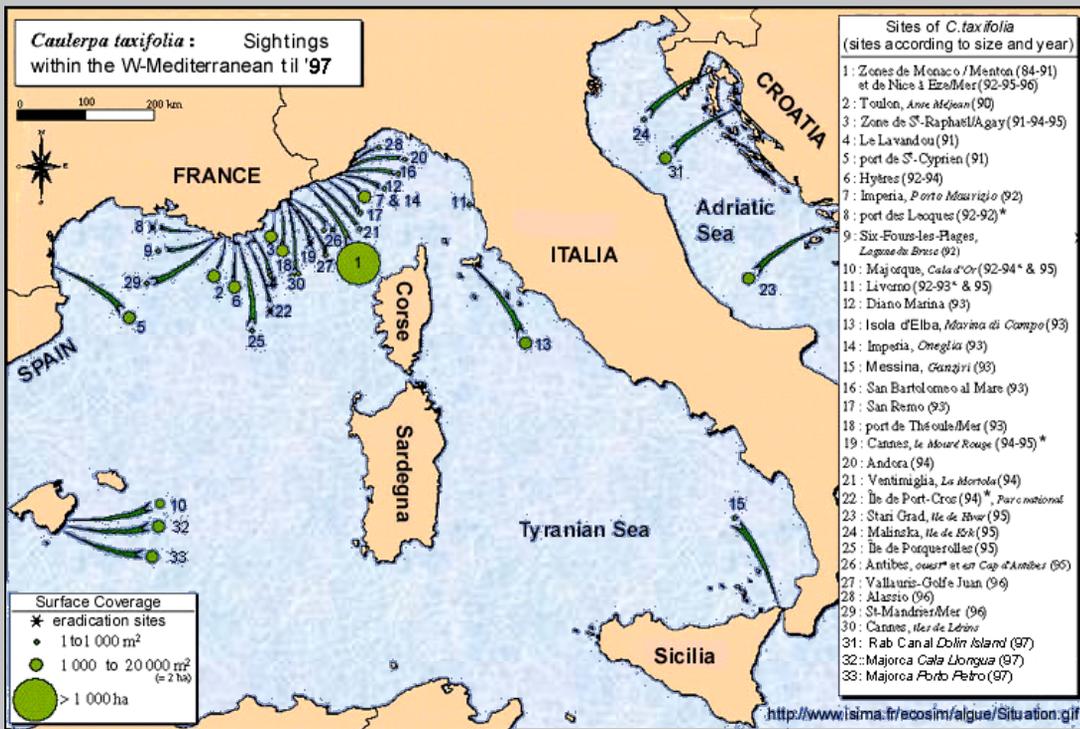
Solo nel Mediterraneo si contano oltre 250 specie



14) Esempio di carico e scarico di acque di zavorra da parte di una nave da trasporto, in un ipotetico viaggio da un porto A ad un porto B situati in mari diversi.



15 e 15bis) La *Caulerpa taxifolia* tende ad invadere le praterie di *Posidonia oceanica*. A destra un ingrandimento dei talli.



16) Una carta che illustra la distribuzione della *Caulerpa taxifolia* nel Mediterraneo occidentale. Come si può osservare almeno fino ad oggi quest'alga infestante non ha attecchito nella Riviera di Levante dove si trova l'Area Marina Protetta di "Portofino".



17) Nella tavola si possono osservare le diverse forme di specie diverse di caulerpa che si sviluppano nei mari del mondo. 18) In basso *Caulerpa racemosa*, visitata da una *Flabellina*, una specie che al pari della *C. Taxifolia* si sta propagando nei nostri mari.

'aliene', di cui 56 specie di pesci, molti dei quali stanno soppiantando quelli autoctoni. Le nuove specie entrano subito in competizione con quelle mediterranee e molto spesso le soppiantano. La maggior parte delle specie tropicali sono infatti molto più competitive di quelle mediterranee, abituate ai rapidi cambiamenti naturali.

Accanto alle nuove specie, inoltre, c'è il fenomeno della 'meridionalizzazione' del Mediterraneo, cioè l'aumento dei pesci nostrani ma termofili, abituati a climi più caldi.

Un esempio di "invasione" da parte di specie alloctone, largamente conosciuto, è rappresentato dall'alga verde *Caulerpa taxifolia*.

Nel 1984 viene avvistata, per la prima volta, sul fondo antistante il Museo Oceanografico di Monaco, su una superficie di appena un metro quadrato. Tra i possibili responsabili della sua immissione vengono indicati i tecnici del Museo, i quali la utilizzano nelle loro vasche tropicali e che, più tardi "inquisiti", respingono ogni addebito avanzando l'ipotesi che l'alga sia stata trasportata tramite le pompe di sentina delle navi provenienti o dall'Atlantico tropicale o dal Mar Rosso. In Italia viene segnalata la prima volta ad Imperia, qualche anno dopo, nel 1991.

Gli studi condotti su questa specie nel corso degli anni hanno mostrato che abitualmente invade gli ambienti instabili e degradati, prediligendo sabbie grossolane prive di insediamenti. L'aumento del degrado ne favorisce l'avanzata e l'occupazione di nicchie ecologiche vuote o semivuote.

La sua rapida diffusione è dovuta all'efficace riproduzione sia vegetativa (tramite stolone e

frammenti distaccati) che sessuata (tramite zoospore trasportate dalle correnti). È quindi inutile l'eradicazione grossolana che favorisce invece la sua espansione, così come l'asportazione involontaria tramite reti od ancore. È stata rilevata inoltre sia in acque limpide sia in acque inquinate. Ciò che preoccupa di più è la sua interferenza con le biocenosi marine della costa. Quando si tratta di specie particolarmente aggressive è purtroppo presumibile una loro rapida proliferazione fino alla saturazione dell'habitat comportando una progressiva regressione delle specie autoctone fino ad una possibile estinzione.



19) *Caulerpa prolifera* in prossimità di una prateria di *Posidonia*. Questa specie nell'area protetta è indigena e quindi naturale e non infestante.

È noto, infatti, che ai bordi delle praterie di *Posidonia* in condizioni di sofferenza, *Caulerpa*

è in grado di invadere le praterie sofferenti e, in situazioni in cui la pianta è in svantaggio di competizione, riesce a raggiungere dimensioni eccezionali, andando ad ombreggiare e quindi a danneggiare la sua antagonista.

Alcuni studi, presso il laboratorio di algologia del Dipartimento di Botanica dell'Università di Catania, hanno mostrato che nei popolamenti di *Caulerpa taxifolia* è presente un numero crescente di organismi vegetali e animali, sia epibionti (che, cioè, vivono sulle fronde), sia coinquilini dei medesimi areali: è possibile quindi che si stia osservando l'instaurarsi di un nuovo equilibrio seppur innescato dall'uomo.

Per quanto riguarda la tossicità, *Caulerpa* appartiene alle poche specie di macroalghe che producono sostanze tossiche. Tra i vari composti tossici ritrovati, la caulerpenina (chimicamente appartenente alla famiglia dei "terpenoidi") è quella che viene prodotta in maggior quantità e nelle popolazioni attualmente invasive del Mediterraneo la percentuale di tossine per peso secco è solitamente più alta che nei mari tropicali. Per quanto attiene alla presunta tossicità dell'alga per l'uomo, questa tesi si è rivelata poco fondata, poiché i terpenoidi sono contenuti, talvolta in

concentrazioni maggiori, anche in altre alghe da sempre presenti in Mediterraneo, senza con ciò aver mai procurato avvelenamenti nelle popolazioni rivierasche che si cibano di pesci e molluschi normalmente al "pascolo" su tali alghe.

Occorre comunque non sottovalutare il fenomeno dell'introduzione di nuove specie alloctone ed espansione di quelle già insediate. Il Protocollo della Convenzione di Barcellona del 1995 sulle aree di protezione speciale e la biodiversità in Mediterraneo, stabilisce che le parti debbano prendere "...tutte le misure necessarie per regolamentare l'introduzione intenzionale o accidentale di specie non indigenee proibire quelle che possono determinare un impatto dannoso sugli ecosistemi, gli habitat o le specie che sono già state introdotte quando, dopo una valutazione scientifica, risulti evidente che tali specie causino o abbiano la probabilità di causare danni agli ecosistemi, habitat o specie nelle zone di applicazione del Protocollo".

Tutti i paesi che si affacciano sul Mar Mediterraneo devono pertanto adottare le necessarie misure per prevenire e rallentare la diffusione di *Caulerpa taxifolia* proibendo, ad esempio, la sua commercializzazione o invitando alla pulizia delle ancore, degli strumenti di pesca e delle attrezzature subacquee in situ in modo da limitare il più possibile il rilascio



20) L'alga *Ostreopsis ovata* vista al microscopio ottico.

21) La maggiore presenza di nutrienti organici nelle acque causano la proliferazione di alghe verdi autoctone come *Ulva sp.*



Un campione dell'alga tossica

L'ALLARME

«L'alga tossica
minaccia
tutta
la Liguria»

22) In alto: sviluppo di fitoplancton lungo le coste britanniche. Si tratta di un fenomeno naturale che da origine alle principali catene alimentari marine.

23) In basso: un giornale di aprile 2007 che, con qualche allarmismo, annuncia il ritorno dell'alga *Ostreopsis ovata*. In realtà il rischio di fioriture dell'alga è ormai reale in alcune zone della Riviera di Levante e del litorale genovese dove le condizioni di inquinamento e riscaldamento del mare in estate divengono ottimali per la crescita di questi vegetali. In limitatissime quantità l'alga è stata rinvenuta anche nella zona "A" dell'Area Marina Protetta di "Portofino".

di frammenti e la sua conseguente proliferazione.

Un altro caso segnalato, ma meno noto, di specie tropicali che proliferano improvvisamente in modo abnorme nei nostri mari è quello di alghe del genere *Ostreopsis*.

Appartenente alla famiglia delle Dinoficee, l'*Ostreopsis* è il genere di una microalga di origine tropicale. Ama le temperature elevate e la luce: per questa ragione si sviluppa soprattutto sotto costa nei primi metri d'acqua dalla riva. È un'alga bentonica (vive sul fondo) ed epifita (si insedia su altre alghe). Si nutre di sali di azoto e fosforo e l'eccessiva concentrazione di questi elementi (per lo più legata agli scarichi delle acque di fogna mal depurate), è una condizione necessaria per la "fioritura" (diffusione della specie).

La "fioritura" provoca la diffusione di milioni di cellule per litro di acqua e avviene solo per la contemporanea presenza di più fattori tra cui l'abbondanza di nutrimento, l'alta pressione atmosferica, condizioni di mare calmo e luminosità prolungata (le lunghe e assolate giornate di agosto sono state, dunque, condizione ideale). Tutte le alghe del genere *Ostreopsis* producono tossine responsabili principalmente della ciguatera, una neurointossicazione che può causare moria di pesci e invertebrati e indurre uno stato morboso acuto nell'uomo caratterizzato da vertigini, febbre alta, dilatazione delle pupille, tosse, irritazione delle vie respiratorie e dissenteria se si ingeriscono organismi a loro volta intossicati sia cotti che crudi visto che le tossine per la loro natura termostabile non vengono distrutte dalla cottura del cibo.

La presenza di alghe velenose nel Mediterraneo è accertata da tempo, in Italia almeno dal 1989 da quando il fenomeno ha iniziato ad interessare i mari dell'Alto Adriatico ma, dall'Estate del 2005, è comparsa anche nel Mar Ligure anche se solo nello specchio d'acqua di fronte a Genova (dove i depuratori non funzionano a pieno regime).

"La tesi più accreditata è che queste alghe siano giunte con le acque di zavorra delle navi. O semplicemente può darsi che ci siano sempre state ma a livelli bassi di concentrazione e che poi i cambiamenti climatici abbiano creato le condizioni per una loro riproduzione abnorme".

E' quanto ha dichiarato una ricercatrice dell'Istituto per l'Ambiente Marino e Costiero del Cnr di Messina, esperta di alghe tossiche, spiegando così l'origine delle alghe che hanno intossicato i bagnanti nel mare di Genova. "È difficile, valutare le cause della loro presenza nei nostri mari; negli ultimi anni c'è stato un aumento degli studi sulle alghe tossiche, ed è possibile che in passato siano sfuggite al controllo degli studiosi perchè presenti in forma nascosta, per esempio nel sedimento sottoforma di cisti di resistenza". "Non si può dimostrare con certezza - conclude la ricercatrice - che i malesseri dei bagnanti di Genova siano dovuti a quell'alga, diciamo solo che c'è un'associazione di eventi".

Gli spiaggiamenti

Le cause che determinano lo spiaggiamento di animali vivi sono al centro di un dibattito aperto che dura ininterrottamente ormai da molti decenni. Le teorie sono varie; tale evento può essere provocato di volta in volta da cause diverse, singole o combinate.

Cause individuali, patologie o comunque situazioni di difficoltà individuale, possono indurre un animale a portarsi in prossimità della costa alla ricerca di un bassofondo sul quale appoggiarsi per poter respirare senza eccessivo sforzo.

Se l'animale appartiene a una specie dal comportamento sociale particolarmente sviluppato, può succedere che gli individui del branco seguano fino a terra quello o quelli di loro che sono in difficoltà.

Per i Cetacei che arrivano a terra ormai morti, spinti dalle correnti e/o dalle mareggiate, invece, la determinazione delle cause di morte assume un aspetto di estrema importanza per la valutazione dello stato di salute delle popolazioni e dell'impatto antropico operato dalle attività umane direttamente in mare o sulla costa. Certamente anche cause ambientali, quali ad esempio anomalie locali nel campo geomagnetico, al quale sembra che i cetacei siano sensibili, possono provocare fenomeni di spiaggiamento talvolta anche massiccio.

Le principali minacce e cause potenziali di spiaggiamento sono ancora molteplici:

- Pesca
- Traffico marittimo e collisioni
- Frequenze sonore (es. esperimenti militari)
- Inquinamento (cronico o accidentale)
- Malattie e infezioni di esemplari indeboliti
- Rifiuti galleggianti (es. sacchetti plastica)
- Attività di "whale watching"

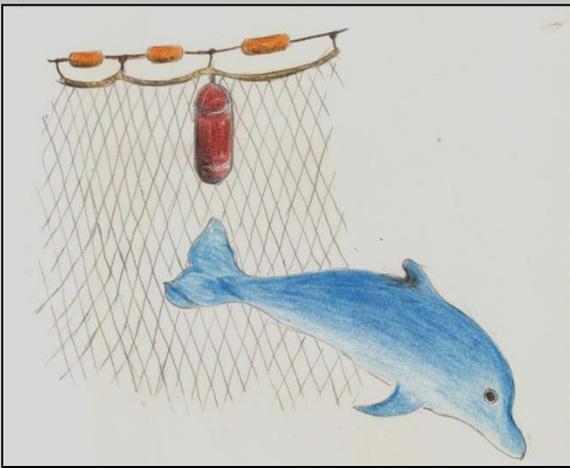
Tra tutte le attività umane che si svolgono in mare una di quelle in cui è più probabile un'interazione diretta tra uomo e mammifero marino è la pesca. Si va dalle catture accidentali, ai problemi causati nel tentativo di allontanare i mammiferi dai propri attrezzi da pesca, alla riduzione della disponibilità di cibo e al degrado dell'ambiente naturale, con conseguenti modificazioni del comportamento dei cetacei.

Per favorire una pacifica convivenza tra cetacei e pescatori, i ricercatori del Gruppo interdisciplinare di oceanografia dell'Istituto di ricerche sulle risorse marine e l'ambiente del CNR a Mazara del Vallo hanno messo a punto il 'pinger'.

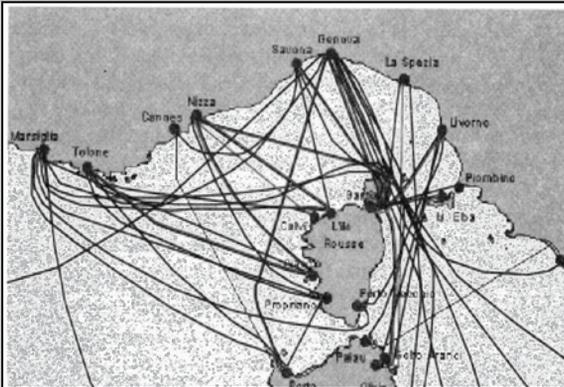


24 e 25) In alto: alcune stenelle e una *Balaenoptera physalus* nella acque del "Santuario dei cetacei".

26 e 27) In basso: immagini ben diverse rispetto a quelle in alto di spiaggiamenti di cetacei su spiagge americane dovuti spesso a cause sconosciute. La prima immagine risale ad inizio novecento, la seconda all'anno 2007.



Si tratta di uno strumento, collegato alle reti, che emette suoni in grado di tenere lontani i delfini. I delfini possiedono un apparato uditivo molto sofisticato che permette loro di 'vedere' attraverso i suoni che ricevono. I ricercatori hanno così concentrato la loro attenzione sulla possibilità di utilizzare un metodo acustico per evitare che i delfini si avvicinassero agli attrezzi da pesca. Gli studiosi hanno quindi cercato di individuare segnali acustici in grado di provocare una reazione di allarme e di fuga nei delfini, senza però creare in loro alcun danno al sistema uditivo. Nell'ambito di un progetto durato tre anni, è stato quindi creato il 'pinger'. Esperimenti in mare, nella zona davanti a San Vito Lo Capo, durante azioni di pesca, hanno dimostrato l'efficacia dello strumento e dei segnali selezionati per un periodo molto lungo (3 mesi). Durante questo periodo gli animali non hanno mostrato assuefazione e tutte le volte che sono stati utilizzati i prototipi non si sono registrati danni alle reti.



Nelle aree ad intenso traffico marittimo ed elevata concentrazione di cetacei, specialmente per quelli di grosse dimensioni esiste inoltre un forte rischio di collisione.



Negli ultimi anni si sono moltiplicati i progetti di studio sulla navigazione e il disturbo arrecato ai mammiferi marini, nonché il pericolo di collisioni tra imbarcazioni e cetacei, in particolare nel bacino Corso – Ligure – Provenzale che è soggetto, durante i mesi estivi, ad un intenso traffico navale e ciò comporta un alto rischio di collisione.

Il traffico marittimo può essere distinto in due tipologie differenti:

- navi passeggeri o merci generalmente di grandi dimensioni (più di 100m) che viaggiano a velocità variabili tra i 14 e i 40 nodi percorrendo rotte ben definite senza deviare;
- barche da diporto che hanno stazza, motorizzazione e velocità variabili e che non seguono rotte definite variando continuamente velocità.



Le specie di cetacei più studiate sono quelle che vivono in aree costiere dove il traffico marittimo è più intenso e dove gli animali sono più abituati di quelli pelagici al contatto con l'attività antropica.

Dal punto di vista del comportamento le reazioni degli animali immediatamente dopo il passaggio di mezzi nautici sono raggruppabili in tre tipologie:

- reazioni positive: l'animale è attratto del suono emesso dalla barca e può trovare piacere nel giocare con la pressione dell'acqua spostata dalla

28) In alto: il "Pinger", lo strumento capace di tenere lontani i delfini dalle reti dei pescatori.

29) Al centro: le rotte del traffico marittimo estivo in Mar Ligure.

30, 31) In basso: grandi navi e veloci mezzi nautici possono provocare danni ai cetacei anche se ciò avviene piuttosto raramente.

barca.

-reazioni indifferenti o di non disturbo: gli animali continuano le loro attività senza prestare attenzione alle barche

-reazioni negative: gli animali si allontanano velocemente immergendosi o nuotando veloce, cercando di rendersi il meno visibili possibile non emettendo suoni, smettendo di saltare e allungando i tempi di immersione; alcuni animali rimangono immobili o si ritirano in luoghi riparati, se presenti nelle immediate vicinanze, o in aree a maggiore profondità.

Le reazioni a lungo termine invece sono generalmente negative e comprendono cambiamenti nel comportamento, abbandono temporaneo o permanente dell'area, cambiamenti fisiologici (tasso di riproduzione, disturbi della crescita, taglia di maturazione) solo per citarne alcuni. Gli animali stressati hanno minor tempo per le loro occupazioni vitali come la ricerca del cibo, il riposo o l'allattamento con il conseguente declino dello stato di salute.

Non si può escludere la possibilità che tra le conseguenze a lungo termine si possa osservare anche l'abitudine e la tolleranza; vi sono casi, infatti, in cui lentamente gli animali si abituano alla presenza delle barche e dell'uomo.

I dati sui danni dovuti a collisioni vengono raccolti sostanzialmente in due modi: con lo studio degli animali spiaggiati, quando l'animale viene ucciso, e con la fotoidentificazione quando il cetaceo è solamente ferito.

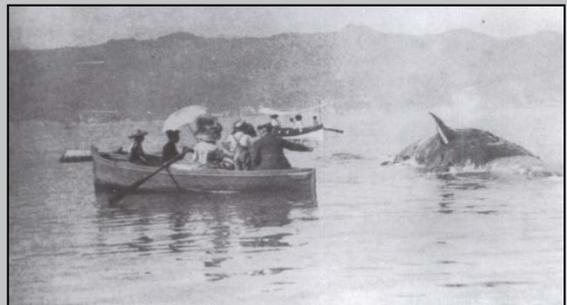
Bisogna sempre tener conto che questo tipo di dato è sicuramente sottostimato in quanto non tutti i cetacei morti vengono trovati e anche del fatto che le navi, se di grosse dimensioni, spesso non si accorgono della collisione.

A questo proposito è interessante segnalare come per esempio a Genova, dal 1991 ad oggi, in più di un'occasione una nave in arrivo al porto, si sia resa conto di aver trascinato la carcassa di una balena solo al momento della manovra di ormeggio.

Tutte le specie di cetacei sono coinvolte nelle collisioni anche se alcune più di altre. I cetacei di piccole dimensioni, se non in caso di grande traffico, sono feriti raramente, mentre le specie più grandi sono le più coinvolte.

I dati raccolti con gli spiaggiamenti sono i più numerosi, anche se non è sempre facile stabilire la causa del decesso dell'animale specialmente se la carcassa rimane in mare per lungo tempo.

Tra 2265 cetacei censiti trovati spiaggiati sulle coste italiane e francesi del Santuario circa l'1,2% è morto per collisione con imbarcazioni.



32) In alto: l'attività di whale watching deve essere svolta secondo rigidi criteri di rispetto dei cetacei.
33) al centro: un'*Eubalaena glacialis*, morta per gli effetti di una collisione con le eliche di una grossa imbarcazione. In mare sono molto frequenti gli incontri dei cetacei con le imbarcazioni e spesso gli animali vengono feriti più o meno gravemente.

34) Al centro: talvolta i cetacei giungono sulle spiagge ancora vivi. In questi casi spesso si attivano numerosi volontari che mantengono in vita i grossi animali in attesa di poterli riportare in acqua.

35) In basso: un'antica immagine, risalente al 1909, di un grosso cetaceo nei pressi della costa del promontorio. Il grosso animale riuscì poi a sfuggire alla cattura. Lungo la costa Tirrenica si hanno comunque testimonianze, risalenti ai primi del novecento e successive, di spiaggiamenti e conseguenti catture di cetacei da parte della popolazione.



Fenomeni di mortalità di massa

Solo negli ultimi anni le mortalità di massa in mare sono state riconosciute come eventi relativamente frequenti ed è stato ipotizzato un loro significato ecologico ed un loro ruolo dal punto di vista evoluzionistico. In ambienti di barriera corallina, ad esempio, questo tipo di eventi può essere utile nel mantenere la biodiversità, impedendo a specie più aggressive di colonizzare completamente l'ambiente. Le mortalità possono colpire intere comunità o una singola specie.

36) Moria di pesci lungo una costa americana.

I casi di mortalità di intere comunità sono spesso collegate al deterioramento delle condizioni abiotiche (talvolta causate da fattori biotici), quali, ad esempio, un sviluppo algale nocivo, che può portare ad una condizione di anossia tale da causare la morte di un'intera comunità.

Quando mortalità di massa si abbattano su organismi perenni la nostra attenzione è facilmente attirata; se una specie diventa parte di un paesaggio per lungo tempo, infatti, la sua presenza è avvertita come normale e la sua scomparsa sembra essere una catastrofe. L'ambiente nel suo insieme, tuttavia, può anche non mostrare alcun segno di sofferenza ed essere una sola la specie colpita. Questo tipo di eventi passa spesso inosservato ed i casi registrati si riducono a specie di interesse economico diretto o indiretto. In genere questo tipo di mortalità non porta all'estinzione locale delle specie interessate; la maggior parte degli organismi muore ma dopo un certo periodo la popolazione si ristabilisce a valori quasi normali.

Per spiegare questo tipo di morie sono spesso evocati diversi fattori chimici, fisici e biologici a seconda del periodo dell'anno, della località e delle specie colpite.



37) Colonie di *Eunicella cavolini* colpite dalla mortalità del 1999 lungo le coste del Promontorio di Portofino.

La temperatura, ad esempio, sembra essere uno dei fattori determinanti nello sviluppo di malattie in diversi gruppi di invertebrati e nell'innescare, quindi, fenomeni di mortalità di massa.

Durante la fine dell'estate del 1999 un'estesa mortalità di numerosi organismi bentonici è stata registrata in più siti, lungo le coste del Mediterraneo Occidentale, dall'arcipelago Toscano fino alle coste francesi tra Nizza e Marsiglia.

Nel Mar Ligure la moria ha interessato gorgonie ed altri organismi epi-bentonici (spugne, coralli, briozoi, alghe coralline) mediamente tra le batimetrie dei 15 ed i 35 metri di profondità. Inizialmente ha colpito pesantemente le gorgonie nei primi metri d'acqua, soprattutto *Eunicella cavolini*, ma ha raggiunto progressivamente gli strati più profondi, fino a 70 metri almeno, nelle settimane successive.

Anche le specie *Eunicella singularis*, *Eunicella verrucosa*, *Paramuricea clavata* e *Lophogorgia sarmentosa* mostravano diversi gradi di mortalità.

Secondo i dati satellitari raccolti dal U. S. Naval Research Laboratory verso la fine di Ottobre, questa zona ha mostrato anomalie positive della temperatura superficiale dell'acqua fino a 4° C.

Dati raccolti da computer subacquei, durante le immersioni in quel periodo, documentano un improvviso riscaldamento delle acque al di sotto dei 15 m. Inoltre i dati raccolti dalla boa ODAS ancorata al largo delle coste della Liguria, sembrano indicare che la temperatura delle



38, 39) Due specie di gorgonie colpite: *Eunicella verrucosa* a sinistra e *Paramuricea clavata* a destra.

acque nella tarda estate sia stata più alta del normale di 2-4 °C, cosa che sembra essere in accordo con i dati registrati dal satellite.

I dati raccolti dell'Osservatorio Meteorologico di Genova indicano un insolito periodo di calma di venti durante il periodo indicato, ma nessuna anomalia particolare in termini di piogge. La temperatura dell'aria è risultata essere superiore alle medie annuali del periodo.

Sembra quindi che l'andamento possa essere schematizzato come segue: la temperatura superficiale dell'acqua è stata superiore al normale durante il periodo in considerazione, con un picco probabilmente verso la fine di Agosto; nella colonna d'acqua, invece, la temperatura intorno ai 30 metri è stata nella norma, forse leggermente più fredda, fino a fine Settembre, quando un picco di temperatura ha quasi raggiunto i 23 gradi per poi diminuire, rimanendo comunque 1 o 2 gradi sopra la media stagionale.

Gli effetti della mortalità sono stati valutati su alcune specie di gorgonie, in particolare *Eunicella cavolini*. I dati raccolti nel corso di questi studi hanno permesso di riscontrare una correlazione positiva e significativa tra l'entità dei danni e la taglia delle colonie: le colonie di dimensioni maggiori, infatti, sono state maggiormente colpite dal fenomeno di mortalità.

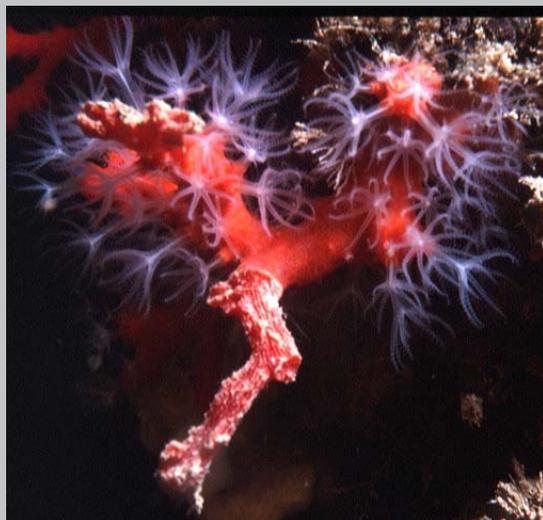
La struttura di popolazione (ossia la suddivisione delle gorgonie di una stessa popolazione in gruppi di colonie di età/taglia simili) si è spostata di conseguenza verso taglie minori risultando, quindi, ringiovanita.

Le colonie hanno mostrato una velocità di ricrescita del cenenchima significativa nei primi mesi dopo la moria (fino a 1 cm di nuovo cenenchima prodotto al mese) evidenziando una grande plasticità e potenzialità di ricrescita del cenenchima stesso.

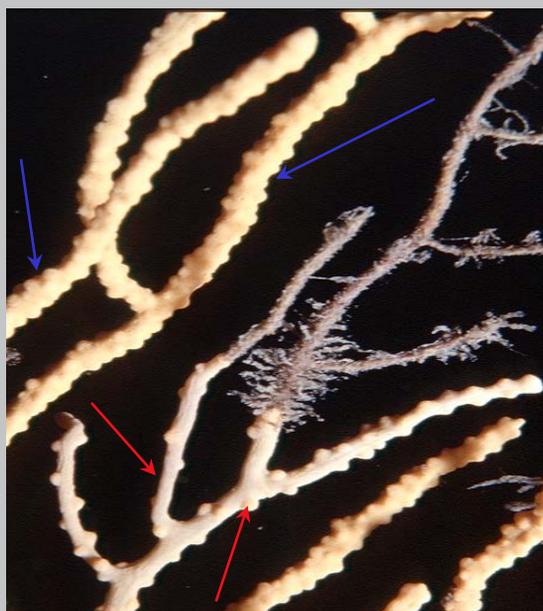
Per quanto riguarda le cause della mortalità sembra si possa escludere l'azione di un agente patogeno come fattore primario che abbia innescato il fenomeno di mortalità.

È stato ipotizzato che l'aumento della temperatura insieme ad una diminuzione dell'ossigeno disciolto nell'acqua, siano stati i due fattori determinanti nell'innescare la mortalità di massa.

La conoscenza di fenomeni di questo tipo richiede comunque ulteriori studi per capire se, episodi di questa entità siano da considerare come parte di una catena ciclica di eventi, a noi non ancora completamente nota e abbiano, quindi, un loro ruolo e significato ecologico, o se siano invece eventi episodici, dovuti ai cambiamenti ambientali significativi registrati negli ultimi anni.



40) Una colonia di corallo rosso (*Corallium rubrum*) colpito dalla mortalità del '99.

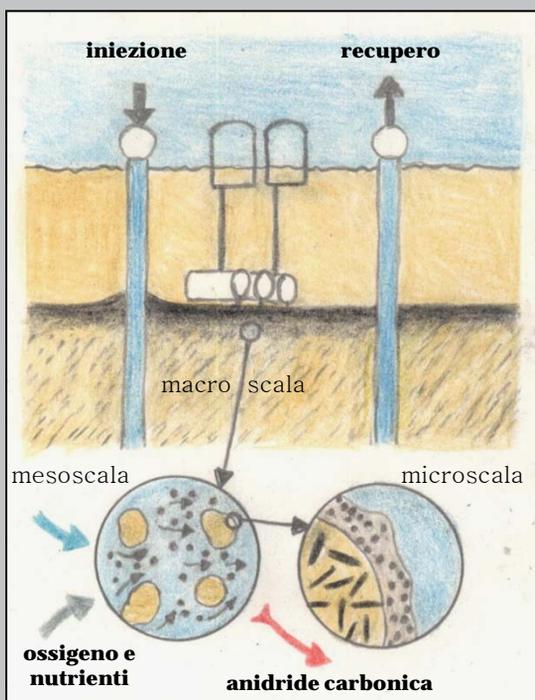


41) Cenenchima in ricrescita (freccie rosse) in una colonia di *Eunicella cavolini* colpita dalla mortalità: si può notare il colore più chiaro del tessuto in crescita e la maggiore densità di polipi sui rami non colpiti dalla moria (freccie blu).



42) Alcune giovani colonie osservate in mare nel 2000; la mortalità di massa sembra aver determinato un ringiovanimento della popolazione di *Eunicella cavolini* studiata.

La bioremediation o biorisanamento



43, 44) Alcuni disegni relativi al biorisanamento.
45) In basso alcuni uomini utilizzano getti di acqua calda ad alta pressione per la pulizia delle rocce (metodo fisico e non biologico).

contaminante.

Gli esempi più noti di biorisanamento sono quelli relativi al trattamento di acque e suoli contaminati da petrolio a seguito di sversamenti o incidenti a carico di oleodotti o petroliere. Questo tipo di intervento è destinato a sostituire in gran parte altri tipi fisici o chimici finora utilizzati. I metodi fisici, che consistono nell'asportazione del suolo fino a mezzo metro di profondità, o nel lavaggio di spiagge e rocce dal petrolio, sono lunghi, costosi e scarsamente efficaci.

I mezzi chimici sono invece causa di seri problemi ambientali se utilizzati in acque costiere poco profonde.

La degradazione microbica degli idrocarburi è un processo ben conosciuto e rappresenta sicuramente il miglior approccio per rimuovere il petrolio da coste e acque poco profonde.

Il più colossale intervento di biorisanamento in ambiente naturale è rappresentato dal trattamento di duecentomila barili di petrolio in Alaska nel 1989. Si è trattato però di un intervento basato esclusivamente sul potenziale decontaminante dei microrganismi presenti nel sito impattato senza il ricorso a microrganismi opportunamente selezionati come invece è stato sperimentato per la prima volta in occasione di una consistente perdita di petrolio nel Golfo del Messico nel 1990.

La scelta della tipologia di trattamento deve essere fatta sulla base di diversi parametri come le proprietà chimico fisiche dei contaminanti e le caratteristiche microbiologiche del sito. Ad essi vanno affiancate valutazioni di tipo economico e di impatto ambientale.

La bioremediation – o biorisanamento – è un insieme di processi che impiega tecniche biologiche per il recupero di acque e terreni inquinati da scarichi industriali o da petrolio. Alcuni microrganismi infatti, grazie alla loro potenzialità metabolica sono in grado di degradare una vasta gamma di inquinanti organici, come benzine, gasolio, oli combustibili, catrame, cianuri, solventi aromatici, e composti aromatici clorurati. Alcuni composti però risultano particolarmente resistenti all'attacco microbico.

In questi casi risulta spesso impossibile selezionare dall'ambiente microrganismi in grado di degradarli; esiste però la possibilità di costruire in laboratorio ceppi microbici ricombinanti.

I vantaggi dei trattamenti biologici sono i costi molto contenuti, i bassi consumi energetici e gli scarsi rischi di inquinamento di acque e aria circostante. Gli interventi di bonifica di siti contaminati possono essere di due tipi:

- Trattamenti sul luogo: il sito viene trattato direttamente sul posto senza essere rimosso;
- Trattamenti on site/off site: nel primo caso il terreno viene rimosso per essere trattato in un impianto mobile sul posto; nel secondo caso l'impianto di trattamento è ubicato in un luogo distante.

Il biorisanamento comporta la degradazione di composti tossici attraverso la loro conversione in sostanze innocue, ovvero anidride carbonica e acqua. In genere la biodegradazione aerobica ha un'efficienza maggiore dei processi anaerobici ed è ampiamente utilizzata compatibilmente con la natura chimica del

I depuratori

Un impianto di depurazione è costituito da un insieme di camere che riceve acque reflue urbane, le tratta opportunamente e le scarica in mare purificate, al meglio di quanto consentano le migliori tecnologie e, comunque, nel rispetto dei limiti parametrici di legge.

Il primo trattamento depurativo cui vengono sottoposte le acque reflue urbane si realizza nella rete fognaria, dove accanto a processi fisici di primaria importanza, come l'equalizzazione dei flussi e la miscelazione ed omogeneizzazione dei carichi inquinanti, avvengono rilevanti reazioni

chimiche, come la neutralizzazione tra sostanze acide e basiche, ed anche biochimiche, seppure in entità minori, promosse da batteri in ambiente anaerobico.

Per tali motivi la rete fognaria dovrebbe concettualmente essere considerata come un indispensabile pretrattamento dei liquami e quindi come parte integrante del complessivo processo depurativo. Da questo punto di vista, l'adozione di reti miste, convoglianti cioè, al sistema depurativo acque nere ed acque meteoriche cosiddette bianche, costituisce un grosso impedimento.

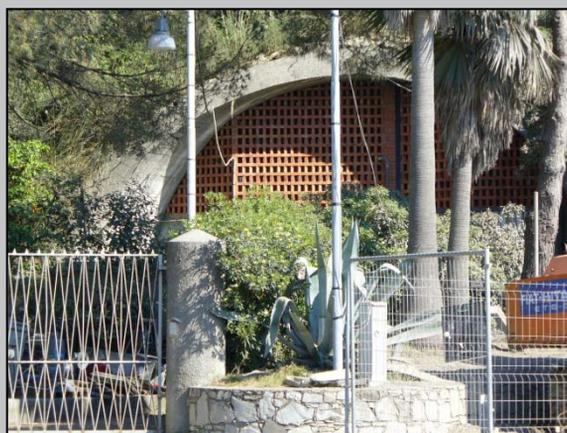
Un depuratore, piccolo o grande che sia, dovrebbe essere costituito da tutti i trattamenti essenziali, naturalmente diversamente dimensionati a seconda della portata degli scarichi che riceve e tenendo conto della vulnerabilità del sistema idrografico interessato. Purtroppo negli impianti piccoli e medi più di una delle fasi rappresentate spesso sono mancanti o, se esistono, sono notevolmente sottodimensionate, sovente per ridurre i costi di costruzione, più spesso perché, a torto, si ritiene che le piccole portate richiedano trattamenti più semplici e contenuti.

Nei paesi e nelle città che si trovano lungo la costa esistono due sistemi per trattare gli scarichi che vanno a finire in mare: impianti di depurazione e condotte sottomarine.

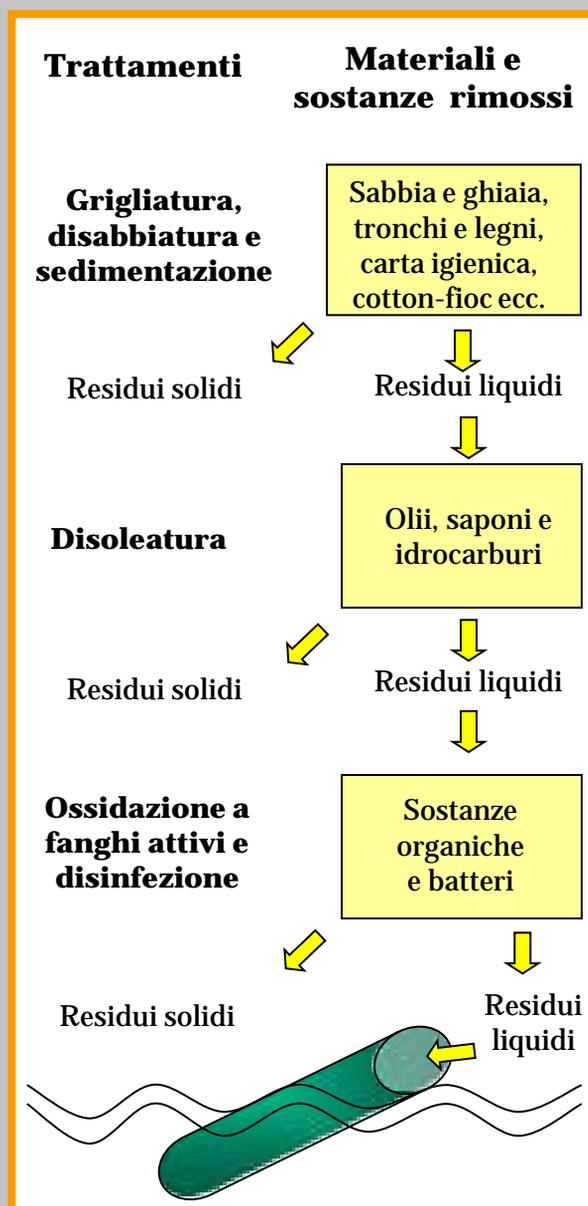
Questi due sistemi servono ad eliminare sostanze potenzialmente dannose per l'ambiente e per l'uomo (es. agenti patogeni) e dovrebbero essere utilizzati insieme, ma non sempre è così.

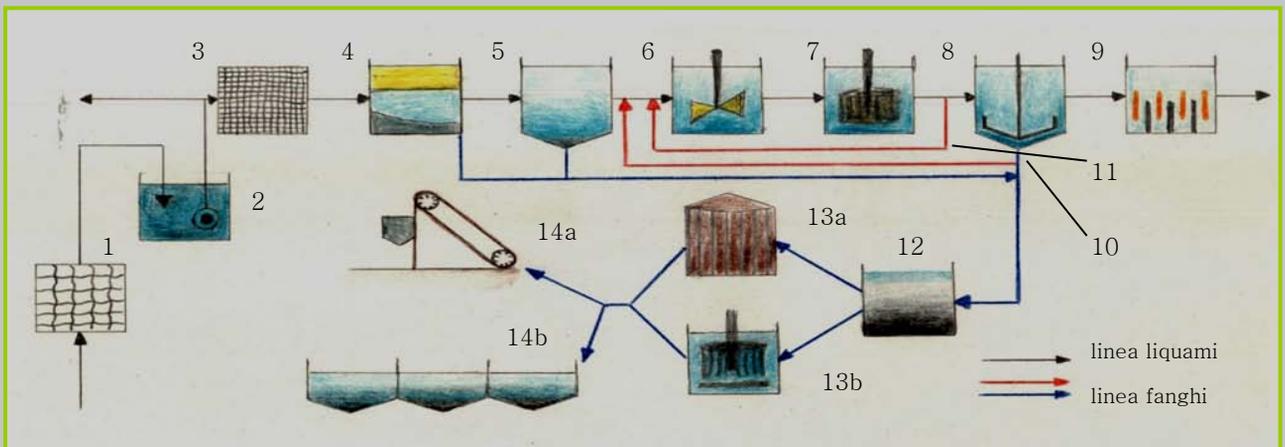
In ogni fase del trattamento vi sono residui solidi e liquidi; i primi vengono raccolti progressivamente e disidratati (cioè seccati) e poi, se sono formati da sostanze ancora potenzialmente tossiche, vengono mandati in discarica. Altrimenti possono essere utilizzati in agricoltura o come combustibili.

I residui liquidi subiscono progressivamente trattamenti che li rendono sempre più "puliti" fino ad essere immessi direttamente in mare attraverso condotte sottomarine.



46) Il depuratore di Santa Margherita Ligure.





- 1) Griglia grossolana
- 2) Pozzetto di sollevamento
- 3) Griglia fine (≤ 5 mm)
- 4) Dissabbiatura – disoleatura
- 5) Decantazione primaria
- 6) Denitrificazione
- 7) Ossidaz. + nitrificaz. a microbolle
- 8) Decantatore secondario a pianta circolare, flusso radiale, lama raschiafango, ecc.
- 9) Disinfezione (attiva)
- 10) Ricircolo fanghi
- 11) Ricircolo torbida aerata
- 12) Ispessitore fanghi
- 13) a) Digestore anaerobico dei fanghi b) Digestore aerobico
- 14) a) Disidratazione per drenaggio b) Disidratazione meccanica fanghi

47) Lo schema generale di un impianto di depurazione.

Lo schema sopra rappresenta una filiera di depurazione comunemente adottata. Come detto esistono diverse fasi nel trattamento dei reflui urbani. Di seguito verranno trattate schematicamente le più significative.

Trattamenti Primari:

comprendono essenzialmente processi fisici e meccanici quali: accumulo ed equalizzazione, sollevamento, grigliatura fine, dissabbiatura e disoleatura, decantazione primaria, flottazione, sedimentazione. Tali trattamenti sono di estrema importanza e, quando ben condotti, possono da soli eliminare già buona parte del carico inquinante.

Processi biologici:

questi processi che costituiscono il "cuore" del trattamento depurativo comprendono l'ossidazione-nitrificazione e la denitrificazione. Tali processi sono molto delicati e richiedono un'attenta conduzione.

Disinfezione:

è un trattamento che viene effettuato sugli effluenti dei decantatori che presentano tenori ancora elevati di solidi sospesi. Questo trattamento resta nel complesso uno dei più critici e sulla sua opportunità è ancora aperto un ampio dibattito tra chi ritiene indispensabile ridurre comunque, con la disinfezione, il carico batterico immesso nei corpi idrici ricettori e chi teme maggiormente i possibili impatti ambientali determinati dai residui dei disinfettanti e dei loro sottoprodotti. Una tale disinfezione può essere eseguita nel modo tradizionale con Cl_2 o NaOCl , ma migliorando la miscelazione ed incrementando i tempi di ritenzione idraulica (almeno 60'). Analoghi risultati sono conseguibili con acido peracetico e raggi UV.

Linea fanghi:

la maggior parte dei processi di trattamento delle acque di scarico dà luogo alla produzione di fanghi. I principali trattamenti dei fanghi sono l'ispessimento e la digestione.

Le difficoltà connesse al conferimento finale dei fanghi digeriti e stabilizzati in discariche ed i costi relativi, sempre elevati, condizionano sovente l'intero processo depurativo. Difficoltà e costi che potrebbero essere assai più contenuti se i fanghi, naturalmente quando rispondenti agli specifici requisiti, potessero essere riutilizzati in agricoltura, come potrebbe avvenire spesso. Fortunatamente tale conferimento che, tra l'altro, rappresenta la "chiusura" naturale di un ciclo che prevalentemente trae origine proprio dall'agricoltura, è in deciso incremento, anche per gli impianti maggiori, cosa che rappresenta un notevole vantaggio sia dal punto di vista ecologico che economico.

Il MUDS (Marine Biological Underwater Depuration System) sistema per il trattamento dei liquami urbani.

Lo smaltimento e il trattamento dei liquami rappresenta ancora oggi un problema irrisolto, specie per i piccoli comuni costieri a vocazione turistica che sono interessati da una grande differenza di volume dei reflui da trattare durante il corso dell'anno.

Gli impianti di depurazione a terra oltre ad essere molto costosi, richiedono ampi spazi non facilmente reperibili; per questo motivo molte città costiere (con meno di 100.000 abitanti) scelgono di scaricare i reflui direttamente a mare con condotte di spandimento, dopo aver effettuato solo un trattamento primario (rimozione della parte grossolana dai liquami).

Purtroppo i reflui scaricati direttamente a mare, avendo caratteristiche chimico/fisiche molto diverse (es. salinità minore, temperatura maggiore), si mescolano con difficoltà con le acque circostanti. Inoltre in caso di condizioni idrodinamiche sfavorevoli, i reflui non trattati possono arrivare sotto costa con conseguenze igieniche ed estetiche evidentemente sgradevoli e talvolta pericolose.

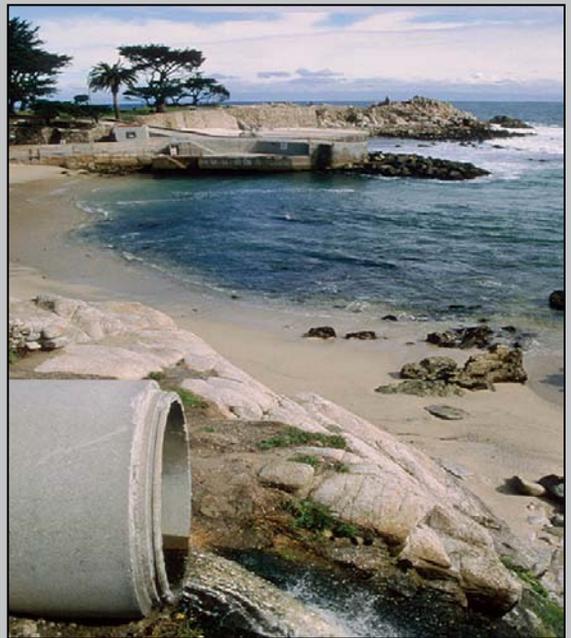
Una delle possibili soluzioni che può favorire lo smaltimento dei liquami urbani è la realizzazione, direttamente allo sbocco delle condotte, di sistemi di filtrazione e diffusione che favoriscano i processi autodepurativi che naturalmente si sviluppano in mare, innescando diverse catene trofiche sostenute dalla sostanza organica sversata.

Questo sistema detto MUDS, Marine Biological Underwater Depuration System, è costituito da una camera di raccolta sottostante un sistema di filtrazione.

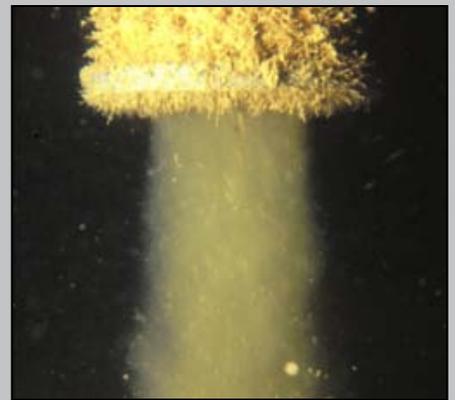
Viene posizionato allo sbocco della



51) Diffusore: sistema di controllo della fuoriuscita dei reflui dalla condotta per favorirne la corretta distribuzione lungo il filtro percolatore.

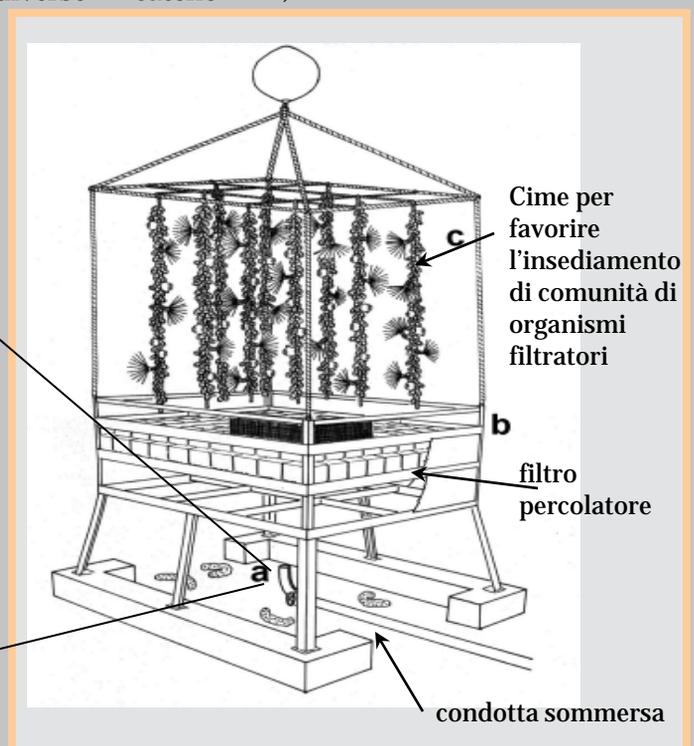


48) una condotta fognaria con spandimento a mare.



49) In alto: Liquami all'uscita di una condotta.

50) Sotto: lo schema del MUDS.





52) La camera di raccolta del MUDS di Rapallo prima di essere posizionata in mare.



53, 54) Due immagini del filtro percolatore.



55) Pergolato per favorire l'insediamento e lo sviluppo di comunità macrobentoniche.

condotta costringendo il flusso di liquami ad attraversare un letto percolatore, sfruttando la minore densità dei reflui stessi rispetto all'acqua marina circostante, e questo favorisce il mescolamento con le acque circostanti e l'innescò di una nuova catena trofica.

Nel filtro si istaurano fenomeni di riciclo aerobio della sostanza organica grazie allo sviluppo di una ricca fauna a protozoi.

Tutto questo favorisce le naturali capacità autodepurative del mezzo marino e un veloce ricambio di sostanza organica.

Un'unità MUDES è formata da un parallelepipedo di acciaio che costituisce la camera di raccolta, con il lato superiore che funziona da filtro percolatore.

Il sistema di filtrazione è spesso circa 50 cm ed è costituito da due diversi materiali filtranti industriali:

BACTOBALL, elementi sferici con una superficie filtrante di circa 300 m²/m². Favoriscono l'istaurarsi di una comunità prevalentemente filtratrici;

SPUGNE SINTETICHE a taglio cubico con una superficie filtrante di 2500 m²/m², che favoriscono l'istaurarsi di una comunità prevalentemente detritivora.

Il MUDES è stato sviluppato nell'ambito di ricerche condotte dal CNR (Consiglio Nazionale delle Ricerche) ed è stato brevettato dal CNR stesso in collaborazione con il Comune di Rapallo (Genova).

Un prototipo è in funzione da Febbraio 1999, sistemato ad una profondità di circa 27 metri nelle acque del Golfo del Tigullio e collegato alla condotta del Comune di Rapallo.

Gli studi fino ad ora condotti hanno mostrato come l'impiego del MUDES produca una serie di effetti ottimali per una gestione corretta dei reflui urbani: favorisce lo sviluppo di reti trofiche refluo-dipendenti che innescano una rapida conversione della sostanza organica in biomassa vivente; rende più efficiente ed efficace il processo di diffusione dei reflui; favorisce l'aggregazione di pesce, richiamando anche specie di interesse economico e favorendone la riproduzione e la protezione delle fasi giovanili; può essere impiegato come deterrente per la pesca a strascico illegale proteggendo le condotte dai danni causati dai divergenti dei pescherecci.

Offre inoltre notevoli vantaggi per le amministrazioni di piccoli comuni costieri ad elevato interesse turistico in quanto ha bassi costi di realizzazione e manutenzione e non richiede la costruzione di opere a terra o la modifica delle condotte già esistenti.

Monitoraggio e valutazione dello stato di conservazione dell'ambiente marino

Una delle problematiche scientifiche di maggiore interesse per la corretta gestione e la salvaguardia della fascia marina costiera è rappresentata dallo sviluppo di sistemi di monitoraggio che consentano di seguire in tempi reali l'evoluzione di fenomeni capaci di compromettere l'integrità dell'ecosistema e di intervenire in modo tempestivo per opporsi alle cause di perturbazione.

I controlli effettuati sulle acque costiere prevedono le analisi microbiologiche e la determinazione dei principali parametri oceanografici quali Temperatura, Salinità, pH e Ossigeno disciolto.

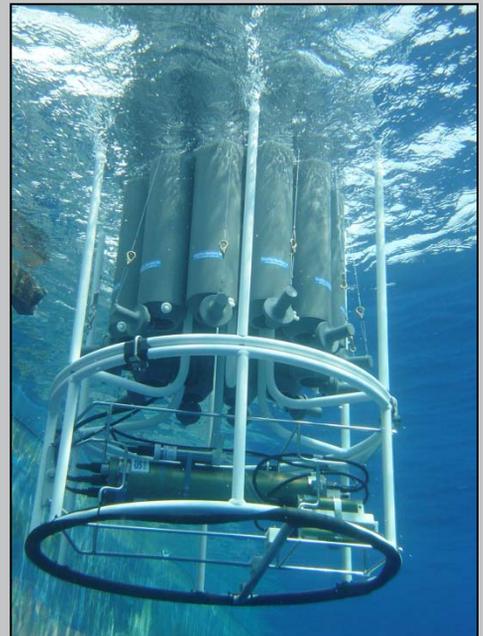
Per effettuare queste misure si utilizzano sonde dette "multiparametriche" in quanto, dotate di sensori differenti, forniscono la misura di più parametri contemporaneamente. Questi strumenti, consentono di effettuare sia misure superficiali sia lungo la colonna d'acqua.

La qualità delle acque marino-costiere e degli ecosistemi costieri è direttamente collegata alle attività che si svolgono sul territorio e alla loro gestione. Pertanto l'attività di monitoraggio effettuata dovrebbe prevedere anche un attento studio del territorio al fine di rilevare eventuali punti di immissione in mare di acque superficiali e scarichi, la presenza di fenomeni di eutrofizzazione delle acque marine e di erosione costiera, le caratteristiche e lo stato di conservazione di biocenosi come le praterie di *Posidonia oceanica* e l'eventuale presenza di discariche abusive di rifiuti, solo per citarne alcuni.

Quando si verificano danni che producono alterazioni dell'ecosistema, è necessario effettuare ogni tipo di analisi, per individuarne appunto le cause. Ciò si fa, ad esempio, mediante l'applicazione di test tossicologici, che permettono di rilevare la presenza di sostanze che abbiano alterato le proprietà chimico-fisiche delle acque e dei sedimenti, oppure con misurazioni del pH, Eh e di altri analoghi parametri, senza però trascurare la composizione delle comunità biologiche, focalizzando l'attenzione su organismi definiti "indicatori".

Un indicatore biologico permette di osservare o misurare un cambiamento a livello molecolare, biochimico, cellulare, fisiologico o comportamentale di un organismo, che rivela l'esposizione presente o passata di un individuo ad almeno una sostanza chimica di carattere inquinante.

I bioindicatori consentono una sorveglianza sia nello spazio che nel tempo, fornendo una immagine dinamica delle variazioni quantitative degli inquinanti presenti nell'ambiente marino. Essi permettono anche di valutare lo stato di "sofferenza" degli organismi, valutazione che è la vera ragion d'essere di qualsiasi sorveglianza dello stato di salute dell'ecosistema.



56) In alto: i materiali filtranti di un filtro percolatore. Sopra due bactobal, sotto una spugna sintetica.

57) Al centro: una Rosette mentre viene calata in mare dalla nave oceanografica. Si può notare come le bottiglie siano aperte prima dell'immersione e come alla base della struttura sia fissata anche una batisonda per la raccolta di dati di temperatura e salinità.

58) In basso: Un ricercatore effettua un campionamento di alghe sensibili all'inquinamento, del genere *Cystoseira*.



59, 60, 61, 62,) Esempi di indicatori biologici: un nematode, alcuni mitili, un ippocampo e un'Actinia equina nel bagnasciuga. Gli ultimi due organismi sono sensibili all'inquinamento e quindi in presenza di alterazioni ambientali scompaiono o riducono drasticamente il numero di esemplari.

Gli indicatori biologici sono specie animali e/o vegetali sensibili anche a minime variazioni dei fattori ecologici, biotici e abiotici, determinate da certi tipi di inquinamento o da particolari condizioni idrologiche; la loro comparsa o scomparsa è pertanto indice inequivocabile di variazione di equilibri.

La funzione di indicatori è dovuta al fatto che queste specie tollerano, si sviluppano e, in alcuni casi, diventano dominanti in condizioni ambientali che sono negative per tutte le altre.

Gli indicatori biologici definiti 'indici generali di stress' traducono una risposta dell'organismo a un insieme di inquinanti, senza consentire di determinare la natura degli inquinanti stessi.

Gli indicatori biologici definiti 'indici specifici di stress' traducono una risposta dell'organismo a una famiglia di inquinanti.

Tra gli indicatori biologici si annoverano forme macro- e microscopiche; tra queste ultime, in particolare, notevole importanza hanno assunto, grazie agli studi degli ultimi decenni, alcuni componenti della meiofauna, organismi cioè le cui dimensioni sono comprese tra 1 mm e 43 μ m, che popolano sedimenti incoerenti, dalle sabbie grossolane ai fanghi più sottili. In particolare tra gli organismi della meiofauna, i Nematodi (vermi) sono i più importanti perché rappresentano un gruppo che, grazie ad una formidabile radiazione adattativa, con le sue moltissime specie, ha saputo conquistare ogni ambiente dell'ecosistema marino, senza limiti di profondità, latitudine, substrato; di conseguenza alcune loro specie sono degli ottimi indicatori. Lo studio della meiofauna, e quindi della Nematofauna, diventa di importanza primaria laddove alcuni fondali, come quelli sabbiosi, non ospitano macrofauna, le cui alterazioni quali/quantitative, per la presenza di pericolosi inquinanti, sono facilmente individuabili.

Nei sedimenti tali danni non sono visibili ad occhio nudo, ciononostante esistono; da qui l'importanza di questi studi.

Per i substrati duri una delle specie più studiata è *Mytilus galloprovincialis*, la comune "cozza"; i mitili fungono da sentinelle perché sono specie bioaccumulatrici poiché hanno la capacità di concentrare alcuni contaminanti presenti nell'ambiente circostante, fino a livelli nettamente superiori al livello di contaminazione dell'ambiente fisico.

Attraverso analisi degli organismi bioindicatori, sulla base dell'abbondanza, frequenza, presenza o assenza di alcune specie, è possibile dunque migliorare la valutazione del grado di impatto antropico, e, di conseguenza, correre ai ripari nelle aree considerate più a rischio, mediante interventi volti ad eliminare le eventuali cause, che nel tempo possono avere più ampie ripercussioni.

Lavoriamo insieme

Oggi il nostro mondo è costantemente minacciato non solo da effetto serra e da inquinamenti di vario genere, ma anche da un vertiginoso aumento dei rifiuti che stanno riempiendo i siti di accumulo presenti sul territorio nazionale. La raccolta differenziata deve quindi essere attuata da tutti, almeno per ridurre il carico di rifiuti che giungono alle discariche.

Nel nostro piccolo possiamo anche pensare di fare qualcosa di più...

Il riciclo fantasioso

Sulle spiagge dopo ogni forte mareggiata giungono i materiali più svariati. Si tratta per la gran parte di oggetti prodotti dall'uomo che la forza delle onde riduce spesso a brandelli. La gran parte di essi sono stati abbandonati dall'uomo lungo i fiumi o le coste o, addirittura, gettati volontariamente in mare.

Alcuni di essi, come i contenitori di plastica, galleggiano sino a giungere ad un litorale, altri, come le bottiglie di vetro, finiscono sul fondo marino e se sono in grandi quantità possono creare problemi alle forme di vita che vivono sui fondali, anche se vengono utilizzate ottimamente dai piccoli polpi come rifugio. Questi materiali inoltre hanno vita lunga; una bottiglia di vetro si degrada in 1000 anni!

Si sa bene poi quanto possono essere pericolosi i sacchetti di plastica e le cicche di sigaretta. I primi possono essere scambiati per meduse dalle rare tartarughe marine e le seconde addentate dai pesci che le possono scambiare per cibo, con tutte le conseguenze che possiamo ben immaginare.

Se, dopo una mareggiata, facciamo un giro sulla spiaggia ci possiamo facilmente rendere conto di quanto materiale potremmo riutilizzare. Innanzitutto il legno e il sughero, che si possono recuperare ottimamente per creare sculture e piccoli mobili. Anche la plastica, gli oggetti di vetro e i cordami, così diffusi, possono ispirarci qualche idea.

I materiali che sceglieremo potranno divenire oggetti preziosi, sia per noi che per altri. Inoltre, rimuovendoli dalle spiagge e riconvertendoli in oggetti utili, avremo svolto un ruolo a favore dell'ambiente. Si ricordi che, anche qualora gli oggetti vengano rimossi dalla spiaggia dagli addetti della nettezza urbana, gli stessi verrebbero portati in discarica e non sempre riciclati, o solo in parte (legno), creando il continuo aumento di materiale nelle discariche.



63, 64, 65, 66) Alcune immagini di quello che le mareggiate trasportano sulle spiagge e va a finire in discarica.



67 e 68) sulle spiagge sono comuni i gusci di conchiglie. In alto quello di *Patella ulysippensis* e in basso una valva del bivalente *Arca noae*.

69) Dopo le mareggiate giungono sulle spiagge anche piante di *Posidonia oceanica* che portano con se "molta biodiversità". La pianta della foto è ricca, sulle foglie, di piccoli organismi quali briozoi, idroidi e alghe e, sui rizomi, di alghe (a sinistra) e spugne (organismo arancione).

Monitoriamo il nostro territorio

L'inquinamento degli ambienti costieri, e non solo di quelli, può verificarsi in ogni momento ed inoltre anche le attività antropiche saltuarie, come la sistemazione degli arenili o la loro parziale cementificazione possono in qualche maniera alterare le aree marine e costiere.

C'è da augurarsi che ciò non accada mai.

Con l'ausilio di un educatore ambientale possiamo comunque provare a "monitorare" la natura che ci circonda attraverso l'osservazione degli ambienti a cui possiamo accedere dalla costa.

La nostra ricerca, che potrà essere anche piuttosto ampia, potrà svilupparsi all'interno di un'area facilmente accessibile e vicina alla nostra scuola. Ciò ci darà l'opportunità di effettuare facilmente le ricerche una volta che le avremo pianificate e, tra compagni, ci saremo divisi i compiti.

Per prima cosa occorre una carta del territorio e del tratto di mare costiero che avremo scelto.

Occorrerà definire il periodo dell'anno in cui si effettua la ricerca e sarà buona norma registrare le condizioni generali (temperatura diurna e notturna, condizioni meteo marine) per un periodo lungo (da 15 giorni ad un mese prima e dopo il periodo in cui effettueremo le osservazioni).

Queste operazioni preliminari occorrono per rendersi conto, ad esempio, se eventuali proliferazioni algali precoci (alghe verdi) non sono dovute a riscaldamento precoce dell'acqua di mare piuttosto che a maggior inquinamento.

Sulla carta quindi potremo riportare sia le aree degradate, dove si sviluppano organismi che amano ambienti inquinati, sia quelle in cui avremo trovato specie a rischio e sensibili all'inquinamento, come i "pomodori di mare".

Potremo inoltre inserire i campionamenti effettuati, come quelli relativi a specie di scogliera tipo i balani e le patelle. Riporteremo infatti ad esempio la quantità di questi organismi per decimetro quadrato, utilizzando il sistema descritto nel "lavoriamo insieme" del precedente capitolo sugli organismi marini.

Se il nostro monitoraggio sarà approfondito servirà come utile base scientifica per le attività dei compagni che frequenteranno la nostra scuola dopo di noi consentendo loro di fare interessanti valutazioni per gli anni a venire dello stato di salute del territorio preso in considerazione.

QUESTIONARIO N° 4

Prima sezione

1 La definizione ufficiale dell'O.N.U di inquinamento marino è:

A l'introduzione diretta o indiretta da parte dell'uomo nell'ambiente marino di sostanze o di energie capaci di produrre effetti negativi sulle risorse biologiche, sulla salute umana, sulle attività marittime e sulla qualità delle acque

B l'introduzione diretta da parte dell'uomo nell'ambiente marino di energie capaci di produrre effetti negativi sulle risorse biologiche, sulla salute umana, sulle attività marittime e sulla qualità delle acque".

C l'introduzione indiretta da parte dell'uomo nell'ambiente marino di sostanze capaci di produrre effetti negativi sulle risorse biologiche, sulla salute umana, sulle attività marittime e sulla qualità delle acque".

2 Qual è la differenza che esiste tra inquinamento cronico e inquinamento acuto?

A L'inquinamento acuto è dovuto a fenomeni improvvisi in cui si verifica un alta concentrazione di inquinante nell'ambiente. Quello cronico si verifica per lungo tempo con continua e periodica immissione di inquinanti nell'ambiente

B L'inquinamento acuto è dovuto a fenomeni protratti per lungo tempo con continua e periodica immissione di inquinanti nell'ambiente. Quello cronico ad un alta e improvvisa concentrazione di inquinante nell'ambiente

C inquinamento cronico è simile a quello acuto ma è sempre precedente

3 L'eccessivo scarico a mare di sedimenti può determinare:

A Una diminuzione della torbidità delle acque

B Un aumento della torbidità delle acque

C Una maggiore ossigenazione delle acque

4 Gli sversamenti di greggio dalle navi petroliere sono tipici esempi di inquinamento:

A Termico

B Acuto

C Cronico

5 L'introduzione di specie alloctone in una zona consiste nel:

A L'introduzione di specie di piccole dimensioni

B L'introduzione di specie di grandi dimensioni

C L'introduzione di specie di aliene

6 Quale specie alloctona è comparsa nel Mar Mediterraneo negli ultimi anni

A l'alga *Cystoseira compressa*

B l'alga *Caulerpa racemosa*

C la *Paramuricea clavata* (gorgonia rossa)

7 In acquacoltura si possono distinguere tre forme di allevamento:

A Estensivo, semiintensivo ed intensivo

B Estensivo, oltreintensivo ed intensivo

C Superestensivo, iperintensivo ed intensivo.

8 Intensivo è l'allevamento:

A Con una produzione di almeno 100 pesci per m²

B Totalmente dipendente da alimentazione artificiale

C Che utilizza vasche galleggianti in mare aperto

9 I divergenti sono:

A Strutture in legno o in metallo che mantengono aperte le reti a strascico

B Strutture galleggianti per contenere gli sversamenti di petrolio

C Strutture sommerse per deviare il corso delle correnti

10 Lo *shark finning* è:

A L'allevamento di squali

B La realizzazione di documentari su gli squali

C L'amputazione delle pinne degli squali

11 Quale di questi tre effetti che può provocare l'inquinamento acustico sugli animali marini.

A La difficoltà nell'individuare ostacoli

B La cecità

C La sordità

Seconda sezione

1 Le "gost nets"

A Non provocano danni

B Possono disturbare solo organismi bentonici

C Determinano danni sia ad organismi bentonici sia ad organismi pelagici

2 La Haven è affondata

A In Oceano Pacifico

B In Liguria davanti alle coste di Genova

C Lungo le coste dell'Africa

- 3 *Tapes philippinarum* è:
- A La comune vongola verace
 - B Una specie di pesce antartico
 - C Un'alga alloctona
- 4 *Caulerpa taxifolia* è:
- A una pianta marina
 - B un'alga invasiva
 - C un'alga endemica del Mar Mediterraneo
- 5 Quale di quelle elencate non è una potenziale causa di spiaggiamento di animali vivi.
- A malattie e infezioni
 - B Collisione con imbarcazioni
 - C mancanza di cibo
- 6 Il pinger è:
- A Uno strumento, collegato alle reti, che emette suoni in grado di tenere lontani i delfini
 - B Uno strumento, collegato alle reti, che le mantiene a mezz'acqua
 - C Uno strumento, collegato alle reti, che emette odori sgradevoli per i delfini
- 7 Le reazioni degli animali immediatamente dopo il passaggio di mezzi nautici possono essere:
- A Piacevoli
 - B Tristi
 - C Positive, negative o indifferenti
- 8 I dati sui danni a cetacei dovuti a collisioni vengono raccolti sostanzialmente:
- A Con la semplice classificazione degli animali spiaggiati quando l'animale viene ucciso
 - B Con la raccolta di un campione di sangue quando il cetaceo è solamente ferito.
 - C Con lo studio degli animali spiaggiati quando l'animale viene ucciso e con la fotoidentificazione quando il cetaceo è solamente ferito.
- 9 La mortalità di massa è:
- A un fenomeno dovuto a grave alterazione di parametri ambientali (chimici, fisici o biologici), dovuto a cause naturali o umane
 - B un effetto della pesca intensiva
 - C un fenomeno dovuto ad un limitato inquinamento acustico
- 10 La bioremediation o biorisanamento è:
- A un insieme di processi che impiega tecniche chimiche per il recupero di acque e terreni inquinati da scarichi industriali o da petrolio
 - B un insieme di processi che impiega tecniche biologiche per il recupero di acque e terreni inquinati da scarichi industriali o da petrolio
 - C un insieme di processi che impiega tecniche fisiche per il recupero di acque e terreni inquinati da scarichi industriali o da petrolio
- 11 A quale scopo viene utilizzato un depuratore ?
- A Per stoccare i liquami urbani
 - B Per trattare i liquami urbani, rendendoli meno inquinanti attraverso una serie di operazioni come il recupero degli olii
 - C Per trattare i liquami rendendoli appetibili per i pesci marini
- 12 I Trattamenti primari dei liquami comprendono essenzialmente processi :
- A Fisici e meccanici
 - B Chimico-fisici
 - C Biologici
- 13 Le sonde multiparametriche possono:
- A fornire la misura di più parametri contemporaneamente, sia in superficie sia lungo la colonna d'acqua
 - B fornire la misura di più parametri in tempi diversi ma solo in superficie
 - C fornire la misura di più parametri contemporaneamente ma solo lungo la colonna d'acqua
- 14 Un indicatore biologico indicativamente non permette di:
- A osservare o misurare un cambiamento a livello molecolare e biochimico
 - B osservare o misurare un cambiamento a livello cellulare, fisiologico o comportamentale di un organismo, che rivela l'esposizione presente o passata di un individuo ad almeno una sostanza chimica di carattere inquinante.
 - C Solitamente, dopo un inquinamento, di misurare la diffusione del bioindicatore stesso nell'ambiente, prima dell'evento negativo, a meno che non si tratti di bioindicatori con scheletro o conchiglia.

Fonti bibliografiche e delle immagini

Foto G. Franci: (2° sezione: 37, 38, 29, 40, 41, 42, 57)
Foto e disegni G. Massa: (1° sezione: 2, 10, 11, 28, 38, 39), (2° sezione: 14, 21, 28, 31, 43, 44, 46, 47, 62, 63, 64, 65, 66)
Foto S. Bava: (1° sezione: 12, 36), (2° sezione: 1,2, 58)
Foto M. Rosso: (1° sezione: 37), (2° sezione 24, 25)
Immagine manifesto AMP Isole Pelagie: (1° sezione: 20)
Foto S. Schiaparelli (2° sezione: 19)
Foto L. Capurro-Scagno 10: (1° sezione: 26,27)
Foto M. Vinelli: (2° sezione: 61)
Foto F. Cardia-Acquacoltura Lavagna (AQUA): (1° sezione 22 e 23)
Foto Greenpeace: (1° sezione: 33)
Foto F. D'Errico: (2° sezione: 18)
Foto G. Relini: (1° sezione 29, 30, 31, 32)
Immagine tratta dal sito www.whales.org (foto di Alberto Romeo)
Immagine dal sito dell' associazione "Marevivo": (2° sezione: 3)
Immagine tratta da "il Secolo XIX": (2° sezione: 23)
Immagini Regione Liguria: (2° sezione: 7, 8, 9, 10, 11, 12)
Immagine tratta dal volume "Saluti da S. Margherita" (900-999) a cura del Fotoclub "Immagine" di S. Margherita Lig. : (2° sezione: 35)
Immagini tratte dal depliant esplicativo del MUDS, realizzato grazie al contributo di diversi enti di ricerca tra cui l'Università degli Studi di Genova: (2° sezione: 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56)

Immagini da Wikipedia in pubblico dominio: Immagine di inizio capitolo – autore US NOAA (1° sezione: 1-fonte United States Federal Government, 3- aut: Jonas Jordan United States Army Corps of engineers, 4, 5- fonte United States National Oceanic and Atmospheric Administration, 6- fonte United States Federal Government, 8- CNRC, 9- fonte NASA, 13, 15- fonte United States Federal Government, 16- fonte United States National Oceanic and Atmospheric Administration, 18,19 - fonte United States Federal Government, 21- Immagine di Rachel Woodfield, Merkel & Associates, inc, Bugwood.org United States (creative commons, no pubblico dominio), 24- aut: Maria Carmen Mingorance Rodriguez, 24 bis- fonte United States National Oceanic and Atmospheric Administration, 25- fonte United States Federal Government,) (2° sezione: 5- fonte United States federal government (National Oceanic and Atmospheric Administration), 13-aut sconosciuto,17-Disegno Haeckel, 22 – fonte NASA, 26- fonte United States National Oceanic and Atmospheric Administration, 27-autore Merzperson, 30-autore Richzena, 32-autore M. Catanzariti, 33-fonte United States Federal Government, 34-autore Ilan Adler, 45- fonte United States National Oceanic and Atmospheric Administration, 60 – Autore Jon Sullivan)

Immagini dal sito Noaa Photo Library (no copyright): (1° sezione: 7-Noaa restoration center, NE region, 17- Noaa Damage Assesment and Restoration Program, 17 bis- Noaa Restoration center, 34, 34bis- NOAA's Fisheries collection), (2° sezione: 6- Autore Bob Williams)

Immagini da altri siti Noaa:(1° sezione: 14, 36- fonte National Oceanic and Atmospheric Administration Ocean Service Education, 48 - fonte National Oceanic and Atmospheric Administration Monterey bay National Marine Sanctuary, 35 – fonte NOAA Fisheries Office for law enforcement)

Immagini tratte dal volume edito dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare: "Giuda al Riconoscimento del Plancton nei Mari Italiani-Vol. 1-Fitoplancton": (2° sezione: 20-lavoro di M. Abbate)

Immagine da galleria PICASA, da galleria pubblica di Piotr Rotkiewicz (2° sezione: 60)

Immagini dal sito www.invasive.org (immagini con licenza creative commons) (2° sezione: 15- aut: Rachel Woodfield, Merkel & Associates, Inc., Bugwood.org, 15 bis – Caulerpa Action Team Archive, Bugwood.org)

Immagine modificata da: ISIMA (Istitut Superieur d'Informatique del Modélisation et de leurs Application) elaborazione relativa a presenza *Caulerpa taxifolia* nel Mediterraneo (2° sezione: 16)

Capitolo realizzato da Giada Franci ed Edoardo Zucco, .con la collaborazione di Giorgio Massa.

