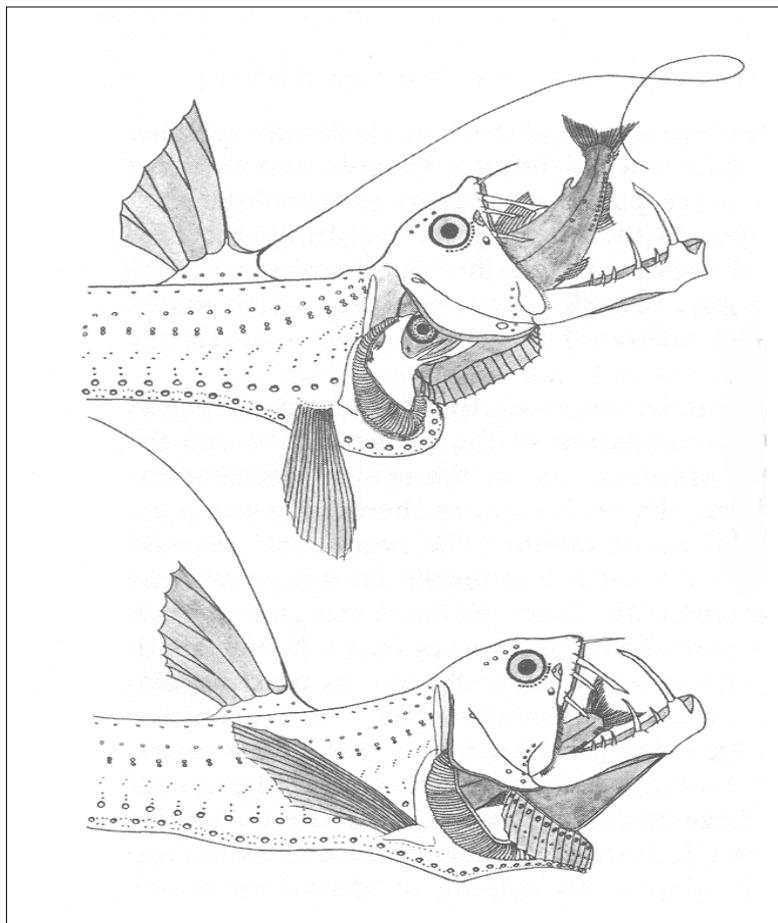


Insegnamento di

CONSERVAZIONE E GESTIONE DELLE RISORSE MARINE

Alterazioni dell'Ambiente Marino



“LA SAPIENZA” UNIVERSITA’ DI ROMA

Laurea Magistrale in Scienze del Mare

INDICE

1. ALTERAZIONI DEGLI ECOSISTEMI MARINI

- 1.1 Inquinamento da sostanze tossiche
- 1.2 Inquinamento da petrolio
- 1.3 L'eutrofizzazione
- 1.4 Le alterazioni sedimentarie
- 1.5 Il prelievo di risorse della pesca
- 1.6 Il "*Global change*"
- 1.7 L'interazione di più effetti inquinanti

1. ALTERAZIONE DEGLI ECOSISTEMI MARINI

Tratteremo in questa ultima parte del testo di degrado ambientale inteso quale modificazione delle caratteristiche naturali dell'ambiente marino: E' forse questo quello che si chiama inquinamento ? Bisogna stare attenti alla corretta interpretazione del termine in quanto, come abbiamo visto nei precedenti capitoli, esistono numerose condizioni "naturali" in cui i parametri ambientali vengono a modificarsi creando condizioni ostili o impossibili per la vita. Casi quali i fondi anossici per stratificazione da salinità o per emissione di gas sono esempi di queste condizioni "naturali" che, in quanto tali non possono essere chiamate inquinamento. **Inquinamento** è la modificazione dell'ambiente marino, con alterazione dei suoi parametri fisico-chimici e dei popolamenti animali e vegetali, causata dall'uomo mediante azione diretta o indiretta sulle acque, sulle coste e sui fondali.

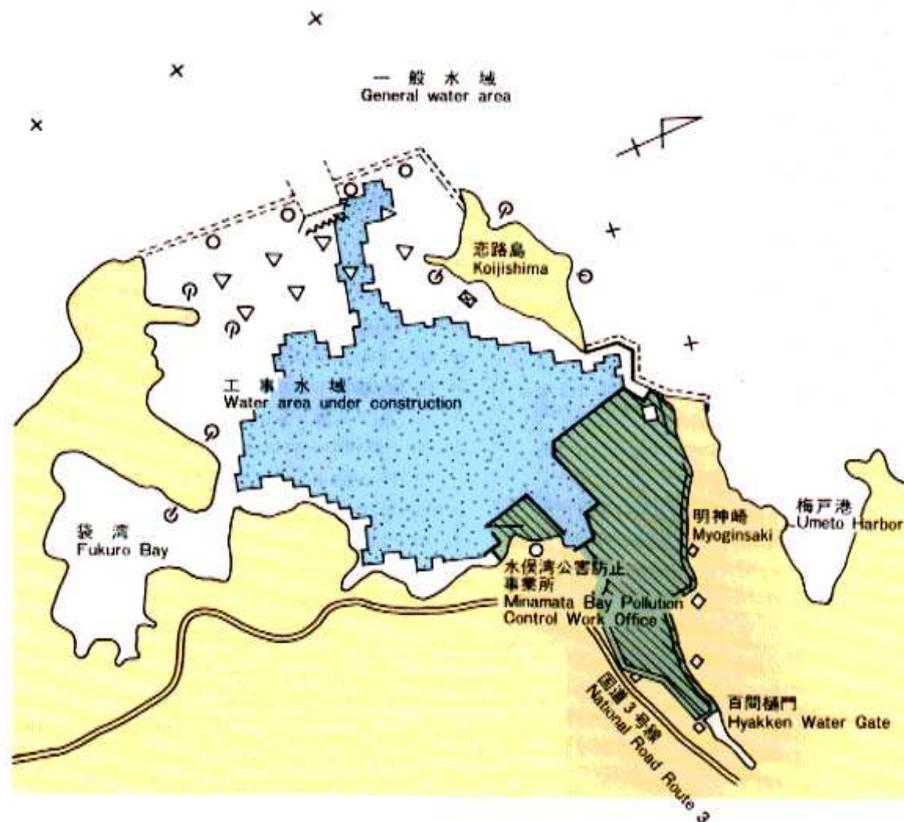
1.1 Inquinamento da sostanze tossiche

Un gran numero di sostanze tossiche può essere immesso dall'uomo nell'ambiente marino e questo può avvenire come singolo episodio accidentale, spesso catastrofico, ovvero come immissione continua di piccoli quantitativi ad esempio in certi processi industriali.

Una prima importante suddivisione di queste sostanze è quella di come loro sono assimilate dagli organismi viventi. Si parla quindi di sostanze che si accumulano per quelle che continuano a concentrarsi nei tessuti nel passaggio da un livello trofico ad un altro, e sostanze che non si accumulano per quelle che sono metabolizzate e quindi non si concentrano anche in esposizione cronica all'inquinante. E' evidente che le sostanze tossiche che si accumulano possono essere molto pericolose poiché possono aumentare progressivamente la loro concentrazione nel passaggio verso i livelli trofici più elevati. Questo può avvenire ad esempio con alcuni metalli e con i pesticidi.

I metalli sono stati rilasciati nell'ambiente dall'uomo fin dai tempi remoti in cui è iniziata la loro estrazione da cave e miniere. Infatti, il processo di estrazione provoca poi esposizione di frammenti e scorie che vengono poi dilavate e trasportate fino a mare. E' noto ad esempio il caso dell'estrazione di mercurio dal monte Amiata effettuata dai Romani che ha condizionato e condiziona tuttora la concentrazione di questo metallo nel mare a valle, lungo la costa del Tirreno centrale. I metalli sono anche trovati in grandi quantità negli scarichi urbani e in quelli industriali e dell'agricoltura. Sebbene siano noti gli effetti tossici sull'uomo non altrettanto sono conosciuti gli effetti sugli organismi marini. Mercurio, Piombo, Cadmio, Zinco, Rame sono tra i più importanti tra i metalli tossici e tutti sono in grado di accumularsi ed avere effetti tossici se ingeriti dall'uomo.

Il **Mercurio** è il più noto di questi metalli. Nella sua forma composta di metil-mercurio viene assimilato e concentrato nell'organismo causando gravi danni al sistema nervoso. Il comportamento folle del cappellaio matto in Alice nel Paese delle meraviglie descrive un caso di avvelenamento da mercurio assai frequente in Inghilterra nel diciannovesimo secolo, tra i fabbricanti di cappelli. Ma ancora più interessante è il caso di avvelenamento per consumo da prodotti marini. Mentre, infatti, nel primo caso è il contatto diretto con la sostanza a creare l'avvelenamento, nel caso di consumo di pesce è la concentrazione nelle catene alimentari marine che induce poi rischi per la salute. Il più famoso esempio è quello della baia di Minamata in Giappone, in cui scaricavano alcune industrie e contemporaneamente lavorava una comunità di pescatori. Molti si ammalarono accusando casi di cecità per il consumo regolare che facevano del pesce della baia. Tra gli organismi a maggior concentrazione di mercurio sono sicuramente, anche in Mediterraneo, i grandi pelagici carnivori e a ciclo biologico molto lungo.



- Legend**
- | | |
|----------------------------------|-------------------------------|
| Dredged area | Dividing nets * |
| Landfill area | Catching nets * |
| Main monitoring points | Section dividing nets * |
| Secondary monitoring points | Acoustic device * |
| Reference survey points | Fish breeding facility |
| Underground water monitor points | * Removed in Oct. 1997 |

Fig. 1.1 – Pianta della Baia di Minamata e degli interventi effettuati in seguito al fenomeno di inquinamento

Anche del **Piombo** è ben conosciuta la tossicità. Era usato dai Romani per le tubature e il vasellame e alcuni ritengono che l'intossicazione cronica conseguente (saturismo) abbia influito nel declino dell'impero.

Oggi è comune in molti processi industriali in quanto presente come additivo dei carburanti, nelle batterie, nelle vernici. E' trovato in quantità importanti in mare nelle vicinanze di estuari e sedimenti marini adiacenti aree urbane. Anche questo metallo ha una importante azione tossica sul sistema nervoso.

I **pesticidi** includono una vasta categoria di sostanze usate per uccidere gli insetti che sono poi dilavate e concentrate nell'ambiente marino. Le forme di resistenza che sviluppano i diversi insetti producono una immissione di sostanze sempre nuove e ad elevata tossicità. Non possiamo trattare tutti i diversi composti, storicamente ed ancora oggi impiegati. E' tuttavia interessante descrivere in breve il ruolo che ha avuto il più noto, anche se attualmente vietato, tra i pesticidi: il DDT (diclorodifeniltricloroetano).

All'inizio del secolo scorso, il **DDT** è stato impiegato largamente per eliminare le zanzare portatrici di malaria, e sicuramente ha contribuito alla soluzione di questo grave problema sanitario. Negli anni 60 si avevano morie di uccelli marini e nei loro tessuti si osservavano grandi concentrazioni di DDT. Si è così compreso il loro modo di concentrarsi lungo la catena alimentare incrementando la tossicità nei carnivori. Questo è il motivo per cui è stato vietato il suo uso, ma nonostante ciò dopo decenni di assenza di uso è ancora possibile osservare concentrazioni di questa sostanza anche in regioni estreme come quelle polari.

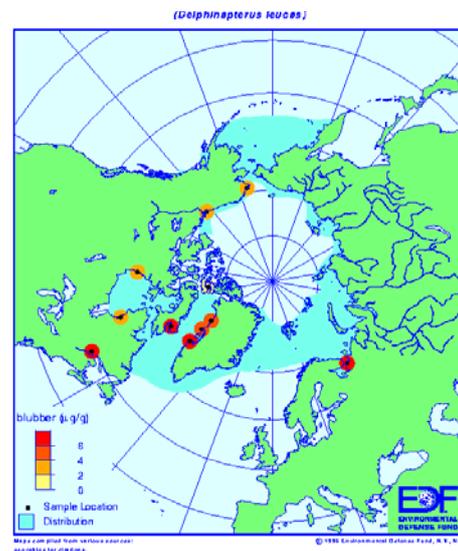
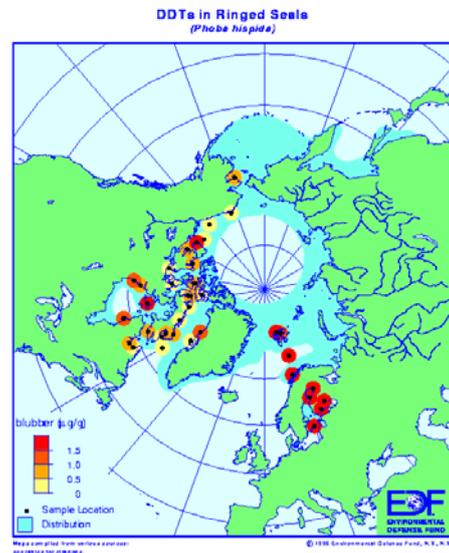


Fig. 1.2 – A sinistra: mappa del Mar Caspio e della concentrazione di DDT nei sedimenti: a destra: concentrazione di DDT nella foca (in alto) e nel beluga (in basso) al polo nord.

Anche i **PCB** (policlorobifenili) sono state sostanze ampiamente usate nell'industria elettrica, delle plastiche e delle vernici. Sono state vietate negli anni 70 a seguito della comprensione della loro tossicità e dell'accumulo nell'ambiente marino con un tempo di eliminazione, dalle catene alimentari, molto lento. Per questo motivo, alcuni tratti di mare in cui versavano effluenti industriali con elevate concentrazione di tali sostanze, sono stati interdetti alla pesca per lunghissimi periodi. I sedimenti inquinati, infatti, consentivano attraverso gli organismi detritivori una continua reimmissione in circolo di tali sostanze.

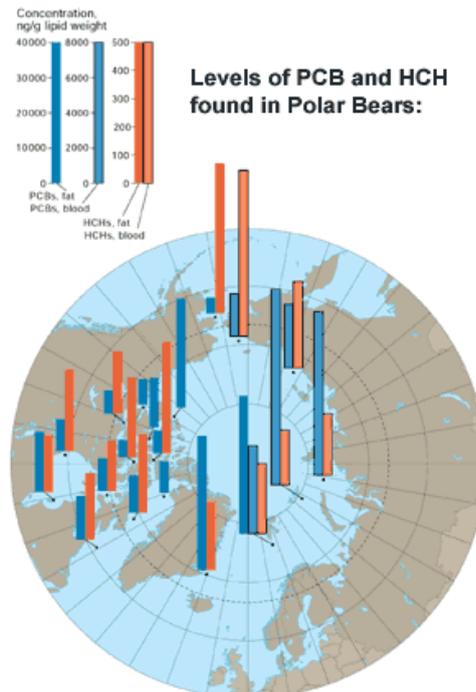


Fig. 1.3 – Livello di PCB e HCH ritrovati nell'orso polare.

1.2 Inquinamento da petrolio

Dall'inizio del secolo scorso, con la crescente industrializzazione, il petrolio è andato assumendo un ruolo sempre più importante nell'economia dei paesi occidentali, tanto che oggi la dipendenza da questo combustibile condiziona gli equilibri politici oltre che economici del pianeta. Tanta importanza significa che nessuno può farne a meno e quindi diventa fondamentale il trasporto, principalmente via mare, dai paesi produttori ai paesi consumatori. Trasporto significa rischio di incidenti e conseguenti immissioni in mare. Questa è una delle principali fonti di inquinamento da petrolio. Nella figura 10.5 sono illustrate le principali vie di trasporto del greggio via mare.

Esistono anche altre fonti di inquinamento da petrolio quali scarichi e perdite da terra da impianti industriali o in mare da pozzi di petrolio off-shore.

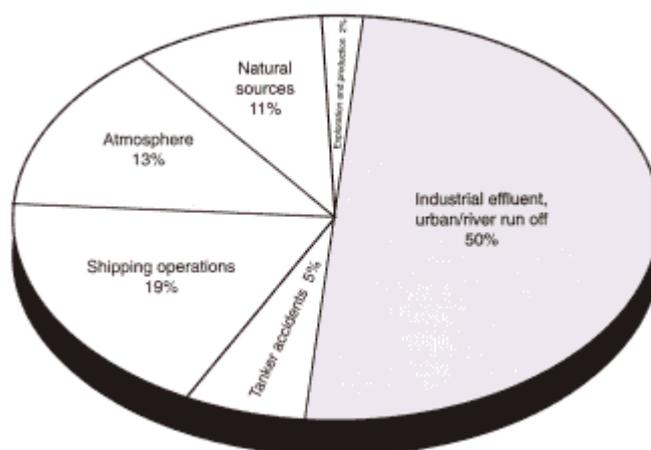
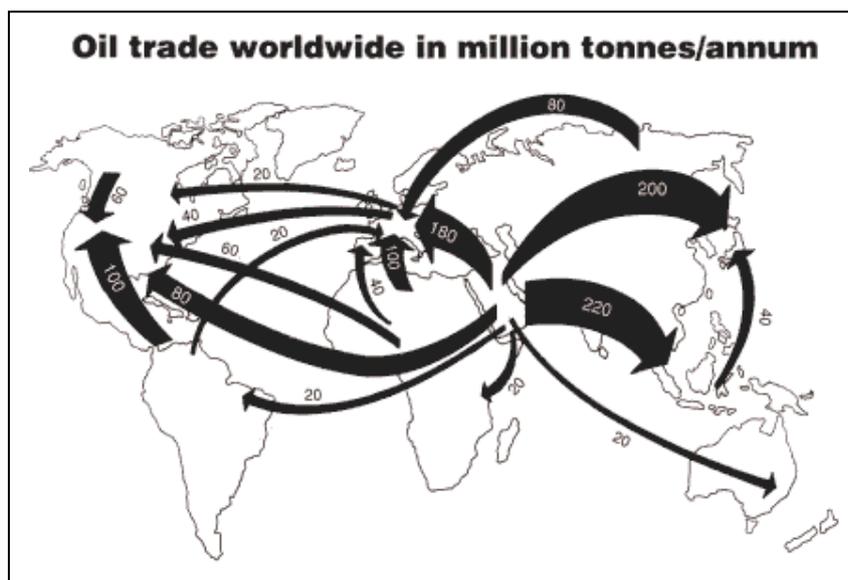


Fig. 1.4 – Le principali rotte del petrolio nei mari del mondo (in alto); provenienza del petrolio sversato negli oceani (in basso)

Sotto il nome di petrolio si comprendono una serie di idrocarburi liquidi di origine organica. I principali sono:

- Idrocarburi saturi
- Idrocarburi insaturi
- Idrocarburi aromatici
- Cicloparaffine

Il petrolio greggio contiene miscele di questi idrocarburi che vengono poi estratti per distillazione frazionata ottenendo così in successione benzine, kerosene, gasoli, oli, paraffine, catrami e bitumi.

Il petrolio disperso in mare tende immediatamente a galleggiare spandendosi su superfici anche molto ampie. Ad esempio 100 kg di petrolio coprono 1 km² con uno spessore di 0,001 mm.

Dal momento dello sversamento, la massa di greggio sparsa sulla superficie ha destini diversi: la frazione più leggera evapora e dopo un giorno il 50% dei composti a 13-14 atomi di carbonio non sono più presenti. A questo punto rimangono le frazioni più pesanti che gradualmente tendono ad

affondare, emulsionandosi prima con l'acqua di mare e in seguito precipitando sul fondale. Sono queste masse viscite emulsionate che sono trasportate dalle onde e dalle correnti sulle spiagge ricoprendole progressivamente di strati di catrame sempre più consistente man mano che prosegue l'evaporazione.

Le conseguenze dell'inquinamento da greggio possono essere diverse. Innanzitutto va considerata una mortalità generalizzata che riguarda gli organismi bentonici. E' evidente, infatti, che la copertura dei fondali con strati consistenti di idrocarburi pesanti soffoca meccanicamente gli organismi di fondo ed altera in maniera persistente gli ambienti sui quali non può essere rapido il ritorno alla normalità. Anche gli organismi planctonici subiscono gravi danni ad opera della modificazione delle caratteristiche delle acque che emulsionate a diverso grado con idrocarburi divengono tossiche e incompatibili con la vita di piccoli organismi. Le alghe unicellulari ad esempio hanno un blocco della divisione cellulare e della fotosintesi. I pesci hanno maggior resistenza, essendo anche in grado di spostarsi rapidamente, ma tendono ad accumulare nei loro tessuti frazioni importanti di idrocarburi. Sicuramente alcuni uccelli marini, che vivono sulla superficie del mare o sulle spiagge, sono tra gli organismi più sensibili all'azione diretta dell'inquinamento da petrolio.

Le condizioni di alterazione causate dalla copertura dei fondali e delle spiagge è tuttavia reversibile in quanto le diverse componenti del petrolio sono soggette a degradazione da parte di diversi microrganismi. Oltre ai batteri numerosi lieviti sono in grado di biodegradare gli idrocarburi. Tanto più sottile è lo strato di idrocarburi tanto più velocemente avverrà la sua degradazione in quanto più direttamente accessibile.

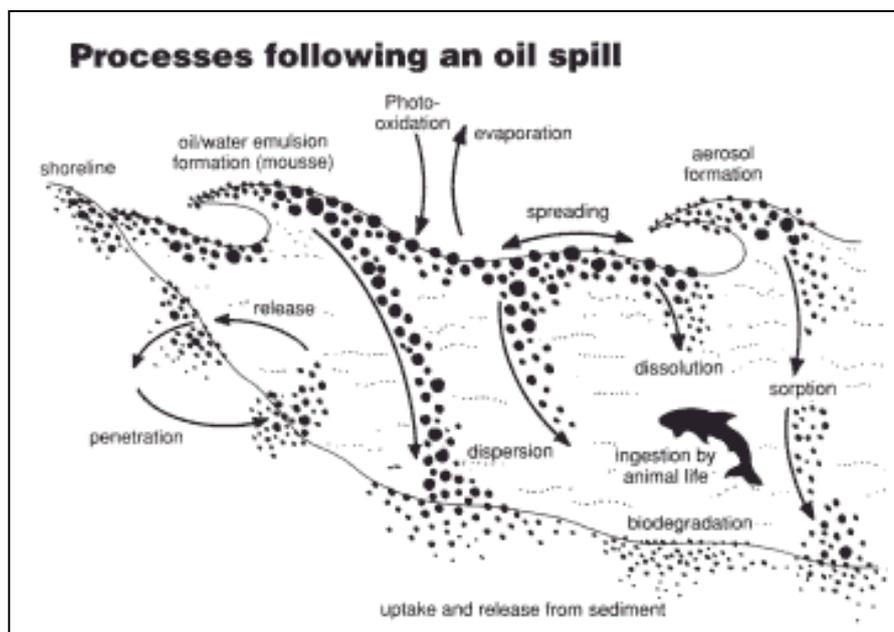


Fig. 1.5 – I processi che il petrolio subisce una volta sversato in mare

1.3 L'eutrofizzazione

L'eutrofizzazione, come inquinamento, è l'accresciuta presenza di nutrienti in mare, causata da attività umane, in grado di causare incremento della crescita algale. In pratica soltanto il Fosforo e L'Azoto possono essere considerati tra i nutrienti inquinanti, in quanto controllabili.

Abbiamo visto come possano esserci anche condizioni di arricchimento di nutrienti "naturali" come ad esempio nelle zone di upwelling o in aree lagunari, ed anche in questo caso possiamo trovarci in condizioni di eutrofizzazione ma non possiamo considerarlo inquinamento.

Quindi l'eutrofizzazione che ci interessa in questo paragrafo è esclusivamente quella conseguente alle immissioni in mare da parte dell'uomo.

Le sorgenti principali di questo tipo di nutrienti sono:

- a) Scarichi urbani
- b) Dilavamento terreni agricoli
- c) Scarichi di allevamenti

E' buona norma per una corretta gestione di queste immissioni stabilire la capacità massima che può avere il bacino ricevente e poi di conseguenza gestire gli apporti. Ad esempio, il Po trasporta dalle 10.000 alle 20.000 tonnellate di fosforo l'anno che influenzano in maniera significativa l'Adriatico settentrionale provocando fioriture fitoplanctoniche elevatissime (fino a 100 mg/m³).

Gli impianti di depurazione hanno un forte effetto di incremento dei nutrienti in quanto mineralizzano la sostanza organica accelerando un processo naturale altrimenti lungo e complesso. Infatti, sono caratterizzati da un **trattamento primario** in cui avviene un primo filtraggio meccanico, un **trattamento secondario** in cui i composti più tossici, come l'azoto ammoniacale, sono ossidati con trattamenti aerobi. Il residuo in questa fase è di fosfati e nitrati in forme disciolte che possono essere immessi in mare ed utilizzati immediatamente dalle componenti vegetali. Solo pochi impianti conducono un **trattamento terziario**, tra l'altro molto costoso, che elimina fosfati e nitrati. In assenza di questo trattamento la depurazione aumenta il rischio eutrofizzazione, in quanto rende maggiormente disponibili i nutrienti .

Gli effetti di questo aumento di nutrienti sono quelli descritti nei precedenti paragrafi e vanno da un semplice aumento delle produzioni primarie come è frequente nelle aree costiere di tutti i continenti a imponenti fioriture nelle aree più chiuse fino a vere e proprie crisi distrofiche, con cadute di ossigeno e moria di organismi, come sono state descritte per gli ambienti lagunari.

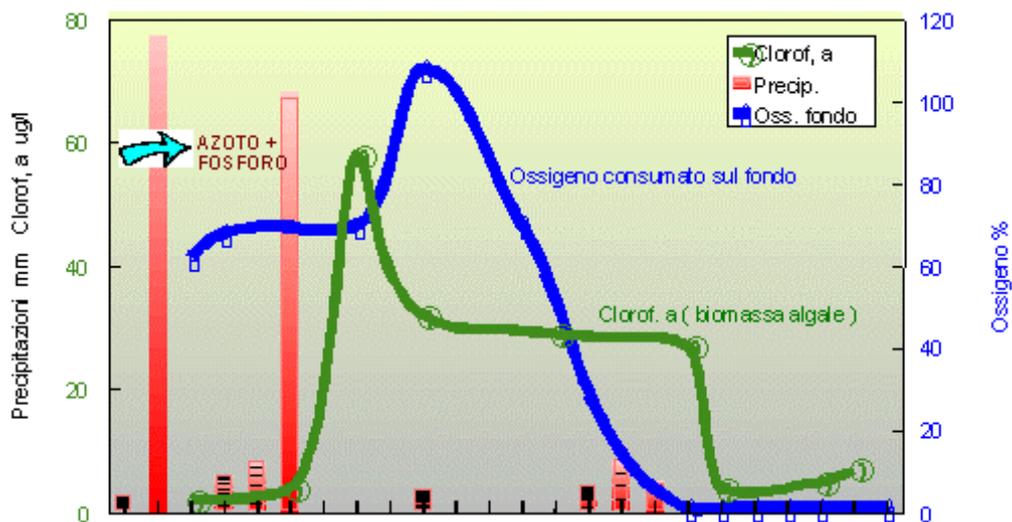


Fig. 1.6 – schematizzazione del processo di eutrofizzazione in mare

1.4 Le alterazioni sedimentarie

Tutte le modificazioni apportate dall'uomo lungo la linea di costa creano alterazioni nel complesso equilibrio del trasporto del sedimento solido e nelle sue caratteristiche. Le origini di queste alterazioni sono molteplici. Innanzitutto, tagliando la linea di costa con opere di costruzione diverse, siano esse strade, complessi residenziali o altro si modifica anche il flusso di dilavamento delle acque meteoriche facilitando la dispersione di frazioni di sedimento sottile anche in aree dove questo non era presente. Ma è l'attività di costruzione stessa, con i riporti di terra necessari, che causa immissioni di sedimenti anomali, ed in quantitativi elevati, verso mare. Questo potrebbe sembrare apparentemente di secondaria importanza per la vita degli organismi e quindi non essere una vera e propria causa di inquinamento, ma in realtà numerosi studi recentemente svolti nella zona costiera dimostrano assolutamente il contrario. La deposizione di questa frazione in aree a basso idrodinamismo causa una lenta e continua copertura dei fondali e della relativa fauna, provocando spesso la morte di molti organismi sessili. A questo si aggiunge una modificazione della trasparenza delle acque in quanto, questa frazione sottile che spesso si solleva dal fondo, fa perdere la trasparenza originaria, modificando le condizioni fotosintetiche delle specie preesistenti e quindi alterando spesso definitivamente le biocenosi originarie. La riconquista di una condizione di equilibrio stabile che riduca il dilavamento anomalo dall'entroterra e l'infangamento in mare è spesso molto più lento di quanto possa essere calcolato in quanto si sommano diverse concause che condizionano a catena l'equilibrio sedimentario. Tra queste va citata anche la modificazione del trasporto solido lungo costa che può essere alterato dalle costruzioni.: l'esempio più eclatante è quello dei porti che si insabbiano. Un molo di un porto che esce dalla costa provoca un'interruzione del trasporto solido e una deposizione del sedimento a valle. Se direzione delle correnti ed entità del trasporto non sono ben calcolati, questa interruzione provoca l'insabbiamento delle aperture dei porti. E se questo avviene facilmente come è possibile osservare in molti piccoli nuovi porti, immaginiamo quanto possa essere diffuso la dove non ci sia un problema di navigazione. Di fatto le numerose costruzioni costiere creano continue alterazioni del trasporto che spesso si traducono in alternanze di zone a più rapida deposizione e di zone in erosione. Sono fenomeni facilmente osservabili lungo tutte le nostre coste. E dinamica instabile delle spiagge e dei sedimenti costieri significa anche alterazioni sedimentarie sui fondali e conseguenti condizioni di instabilità per i popolamenti bentonici su questi presenti.



Fig. 1.7 – Sedimento fine ricopre un fondale con fasci isolati di Posidonia

1.5 Il prelievo di risorse della pesca

Le risorse della pesca, altrimenti dette **alieutiche** in quanto destinate all'alimentazione umana, sono risorse rinnovabili in grado cioè di mantenere la propria consistenza nel tempo, ma sono però anche esauribili. Pertanto esse vanno gestite, adattando il tasso di prelievo alla loro capacità di rinnovarsi. E di questo si occupa la “**biologia della pesca**” ed in particolare lo “**stock assessment**”.

Devono essere quindi considerate attività in grado di modificare l'ambiente marino non solo in quanto riduzione delle popolazioni di interesse commerciale, ma anche per l'impatto sulle specie accessorie e sull'ambiente bentonico in cui queste vivono .

Le risorse alieutiche possono essere suddivise in:

- Risorse bentoniche (hanno relazioni stabili con il fondo): sono ad es. i Molluschi bivalvi che vivono infossati nel sedimento;
- Risorse demersali (hanno relazioni più o meno stabili con il fondo): Pesci ossei, Pesci cartilaginei, Crostacei, Cefalopodi
- Risorse pelagiche (nella colonna d'acqua): i piccoli pelagici e i grandi pelagici quali sardine e tonni.

L'analisi della dinamica di una risorsa ittica è basata sul concetto di “**stock**”. Lo “stock” è la frazione di una popolazione ittica sfruttata dalla pesca. Scopo del cosiddetto “stock assessment” è quindi quello di trovare il giusto livello di sfruttamento di uno stock.

La valutazione delle risorse alieutiche passa attraverso una serie di processi che prevedono la stima della loro abbondanza in senso spazio – temporale, e l'analisi della composizione demografica di uno stock. La prima richiede la raccolta di informazioni sulla distribuzione delle principali specie in senso orizzontale (geografico) e verticale (secondo la profondità) e sulla loro abbondanza. La seconda richiede la raccolta di dati biologici e biometrici a livello di individuo, quali: lunghezza, peso corporeo, sesso, stadio di maturità delle gonadi, età.

Altro parametro fondamentale da considerare è lo “**sforzo di pesca**” e la “cattura per unità di sforzo” (c.p.u.e.: catch per unit effort). Il primo parametro indica l'intensità dell'attività di pesca, e può essere rappresentato in diversi modi: numero di imbarcazioni per attrezzo, numero di giornate di lavoro in mare, numero di attrezzi impiegati, lunghezza delle reti, potenza dei motori, tonnellaggio delle barche, ecc. La cpue indica la cattura ottenuta per ogni unità di sforzo.

La raccolta di tali parametri, la loro archiviazione e l'elaborazione mediante i modelli messi a punto dalla “dinamica di popolazione” permette poi di stimare fattori di incremento (accrescimento e reclutamento) o di decremento (mortalità) di uno stock.

La figura seguente illustra lo stock come un sistema biologico semplice.

Gli individui che formano lo stock nel tempo si accrescono, aumentano cioè la loro massa corporea (C), con caratteristiche che sono tipiche di ogni specie. Arrivati all'epoca della maturità sessuale, gli individui si riproducono (R) (anche qui con caratteristiche e modalità diverse per ogni specie) e i giovani nati, attraverso diversi stadi di sviluppo e con modalità varie, si vanno ad aggiungere alla popolazione originaria. Nel momento in cui i giovani pesci, o meglio le giovani “reclute” entrano nello stock, diventano cioè sfruttabili, si ha la cosiddetta fase di **reclutamento** (R).

Quella del reclutamento è una fase critica per lo stock. Al suo successo è legata la sopravvivenza e il successo dello stock stesso. Il reclutamento può essere continuo se avviene per lunghi periodi nel corso dell'anno (ad es. il merluzzo ha un periodo di reclutamento esteso dalla primavera all'autunno, con due picchi proprio in queste due stagioni) o discreto se avviene solamente in un periodo ristretto dell'anno (ad es. la triglia ha un reclutamento unico che avviene in agosto-ottobre). Ogni specie può avere poi delle aree di reclutamento (o aree di nursery) dove i giovani si concentrano una volta completate le primissime fasi del loro sviluppo, si accrescono e reclutano allo stock. Queste aree possono essere molto costiere, con fondali sabbiosi in pochissimi metri di

profondità per la triglia o possono essere situate al largo, al bordo della platea continentale, tra 100 e 200 m di profondità, come nel caso del merluzzo.

Il nostro ipotetico stock è sottoposto poi a due forme di perdita: la mortalità naturale e la mortalità da pesca. La mortalità naturale (M) è legata a tutte quelle perdite dovute a fattori naturali, quali l'invecchiamento, le malattie, la predazione. La mortalità da pesca (F) è legata al prelievo di individui da parte dell'uomo, quindi all'attività di pesca. La somma di queste due mortalità è la mortalità totale (Z).

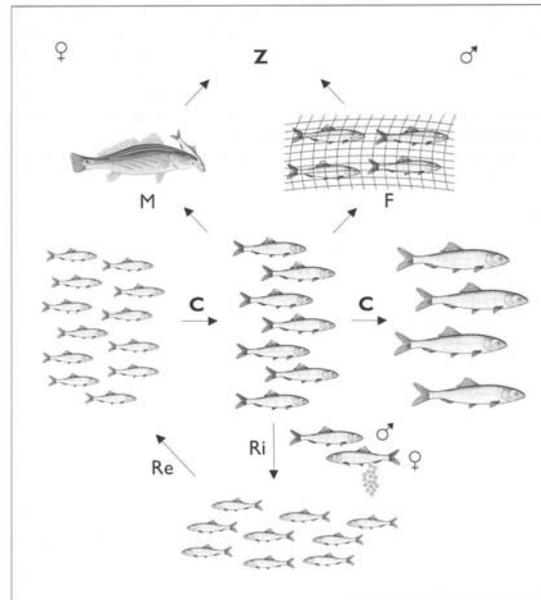


Fig. 1.8 – Schematizzazione di uno stock e dei fenomeni che lo caratterizzano

L'ingresso delle nuove generazioni nello stock è in genere visibile attraverso l'analisi delle distribuzioni di frequenza delle lunghezze. Ogni gruppo di animali della stessa età da, infatti, luogo ad una coorte, come illustrato nella figura seguente. La coorte degli animali appena reclutati è quella spostata più a sinistra ed è la più numerosa (0^+). Man mano che ci sposta a destra nel grafico avremo le coorti degli animali più grandi, quelli del primo e secondo anno, meno numerose, e infine quelle del terzo anno e ancora più vecchie, che tendono a sovrapporsi e ad essere meno riconoscibili.

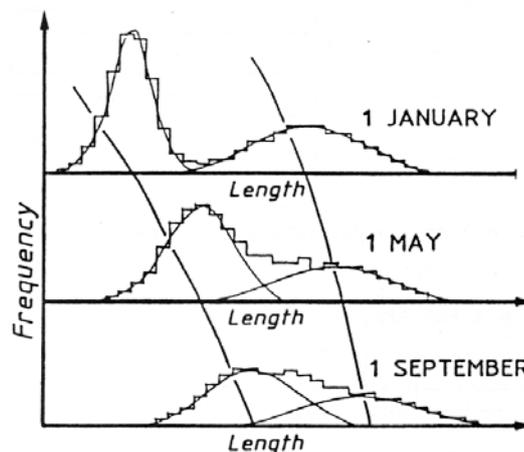


Fig. 1.9 – Distribuzione di frequenza di una popolazione ittica e suo accrescimento nel tempo

Un eccessivo prelievo da parte della pesca, non bilanciato da un idoneo reclutamento, può portare lo stock in uno stato di **sovrasfruttamento** (overfishing).

Un modello molto semplice per schematizzare cosa avviene ad uno stock sottoposto ad attività di pesca non gestita da parte di una certa marineria è illustrato nel disegno successivo.

All'inizio dell'attività di pesca i rendimenti della flotta sono elevati, e tendono ad aumentare all'aumento dello sforzo di pesca (fase di pre-sviluppo, di crescita e di pieno sviluppo). Lo stock reagisce bene a questo prelievo, che avviene soprattutto a carico degli animali di maggiori dimensioni, la sua biomassa è elevata. Arrivati ad un certo punto, si supera l'equilibrio tra alti rendimenti e buone condizioni dello stock in e allora le catture iniziano a diminuire e lo stock mostra segni di sovrappesca (diminuzione delle catture, diminuzione delle taglie medie catturate, ecc.). All'aumentare dello sforzo di pesca i rendimenti non fanno altro che calare e lo stock evidenzia vistosi segni di sovrasfruttamento (le catture avvengono soprattutto a carico dei giovanili, le rese sono molto basse). Il punto di equilibrio tra sforzo di pesca, rendimenti e stato dello stock viene normalmente indicato con il nome di MSY (Maximum Sustainable Yield) o massimo rendimento sostenibile. La successiva fase di collasso porta ad una diminuzione dello sforzo di pesca, della biomassa dello stock e dei rendimenti. A questo punto può esserci una fase di recupero, in cui si ha un certo equilibrio tra i nuovi livelli di sforzo di pesca e di catture.

In realtà tutto il discorso viene complicato dalla caratteristica di multispecificità degli stock presenti soprattutto nel Mediterraneo, dalla presenza cioè contemporaneamente di molte specie che vengono sfruttate dalla pesca, tanto che si preferisce parlare di stock multispecifici.

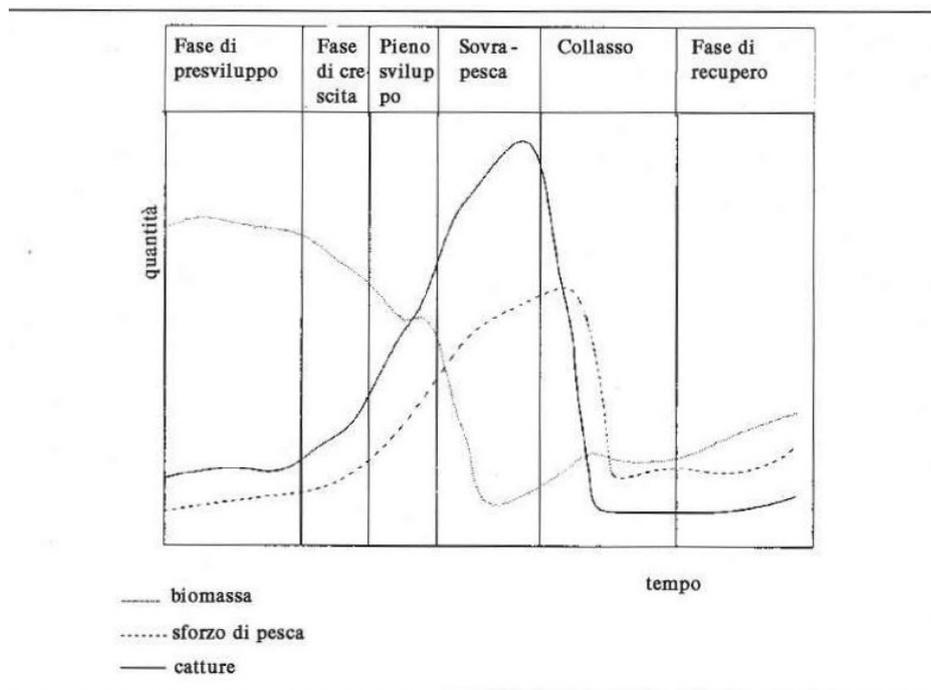


Fig. 1.10 – Schematizzazione della storia di uno stock sottoposto ad attività di sfruttamento

Abbiamo visto come un eccessivo sforzo di pesca possa modificare la struttura e la consistenza di uno stock, fino a portarlo al collasso. Sulla base di indicazioni di tipo biologico, ma anche sociale, economico, ecc., opportune misure di gestione vengono adottate per salvaguardare gli stock. Queste misure prevedono:

- definizione di una quota massima (TAC) prelevabile da uno stock, ad es., per anno. Tale sistema viene ampiamente adottato nel nord Europa, anche se con risultati non sempre soddisfacenti; nel Mediterraneo viene applicato per la pesca del tonno, in Italia per la pesca dei molluschi bivalvi.
- regolamentazione degli attrezzi da pesca: norme per limitare soprattutto la cattura dei giovanili o di specie protette. Sono pertanto stabilite le dimensioni minime delle maglie delle reti, vietate reti quali le spadare per il pesce spada, ecc.

- riduzione della capacità di pesca, ovvero del numero e potenza delle imbarcazioni. Nel nostro paese questa misura è applicata non concedendo più nuove licenze di pesca per determinati mestieri (p.e. pesca a strascico).
- riduzione dello sforzo di pesca, attraverso la riduzione delle ore o delle giornate in cui è possibile pescare con un determinato attrezzo.
- riduzione della mortalità, soprattutto dei giovanili: questo avviene in Italia attraverso il divieto di pesca a strascico entro le tre miglia di distanza dalla costa o entro la profondità di 50 m. In questo modo si intende proteggere tutta la fascia costiera, importante zona di nursery e accrescimento per moltissime specie. Altra misura prevede una taglia minima pescabile per molte specie.
La protezione delle aree di nursery in realtà andrebbe estesa anche alle acque del largo, alle nursery presenti cioè sulla platea continentale (merluzzo) o ancora più al largo (scampi, gamberi).
- fermo di pesca. Altra misura adottata in Italia è il fermo di pesca o riposo biologico. si tratta del divieto di pesca nel periodo estivo - autunnale dell'attività di pesca a strascico. Con questo sistema si intende proteggere la fase di reclutamento della maggior parte delle specie costiere

Molte risorse alieutiche hanno subito in questi ultimi anni dei veri e propri tracolli, talvolta per l'assenza di misure di gestione ma spesso anche per la presenza di misure di gestione inadeguate o insufficienti. Tra le specie più sensibili all'impatto della pesca ci sono sicuramente quelle a ciclo vitale lungo e riproduzione tardiva che con catture importanti si trovano spesso ad avere delle taglie medie inferiori alla taglia minima di riproduzione e quindi rischiano in tali condizioni improvvisi collassi. Caso eclatante di questi ultimi anni è quello del merluzzo atlantico. Seppur gestito con Tac stabilite ogni anno per i diversi paesi, ha avuto una serie di crolli di produzione che hanno costretto la chiusura totale della pesca in molte aree. Questo dimostra come spesso la risorsa non può essere gestita esclusivamente considerando la dimensione della popolazione, ma sia necessario un approccio che valuti lo stato complessivo dell'ecosistema all'interno del quale si trova la risorsa.

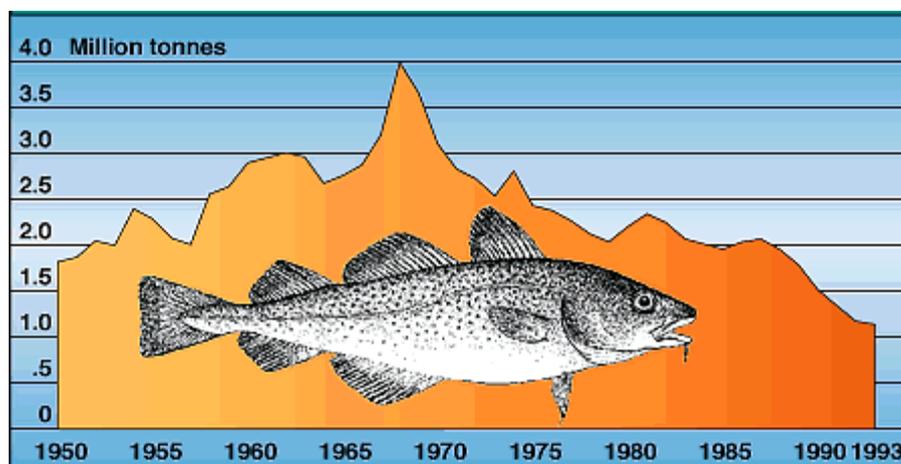


Fig. 1.11 – Andamento delle catture negli ultimi 40 anni del merluzzo atlantico

Le attività di pesca hanno sempre un impatto oltre che sulle specie oggetto di pesca su una serie di specie accessorie prive di interesse commerciale. Alcuni attrezzi, quali quelli che operano sulle acque pelagiche per la cattura di tonni o pesci spada, possono ad esempio catturare mammiferi marini come stenelle, delfini o altre che non solo sono prive di valore commerciale ma spesso hanno anche importanza naturalistica o sono in condizione di rarefazione o rischio di estinzione. Ancora più gravi possono essere gli effetti degli attrezzi che catturano gli organismi presenti sul fondale, come le reti a strascico. Se utilizzate in maniera impropria o illegale (ad esempio

all'interno delle tre miglia dalla costa o con profondità inferiori ai 50 m) danneggiano le biocenosi bentoniche. In Mediterraneo è stato osservato come la regressione di alcune praterie di Posidonia sia imputabile all'attività di pesca a strascico illegale. I danni alle biocenosi possono avere poi conseguenze, a volte difficilmente stimabili, su specie che, ad esempio, si alimentano o vi trovano rifugio durante le fasi giovanili. Le ricadute di un degrado ambientale con la riduzione della complessità biologica derivante dall'uso di attrezzi invasivi deve quindi essere considerata, potenzialmente o realmente, una grave sorgente di impatto e come tale deve essere gestita con tutte le cautele che per ogni attività a rischio di danno ambientale devono essere prese.



Fig. 1.12 – Un gran numero di giovanili di merluzzo mediterraneo (*Merluccius merluccius*) in una pescata della pesca a strascico (a sinistra); fasci di Posidonia e altri invertebrati bentonici catturati da una rete a strascico in una cala costiera illegale (a destra).



1.6 Il “Global change”

Con il termine *Global change* ci si riferisce oggi principalmente alle modificazioni climatiche indotte dal riscaldamento terrestre, a sua volta conseguenza dell'aumento della CO₂ nell'atmosfera (il famoso effetto serra).

La combustione di idrocarburi fossili (tutti i derivati del petrolio) e la deforestazione sono i principali imputati di tale condizione. Si tratta quindi di uno stato di inquinamento trasversale in grado di condizionare poi tutti gli ambienti della terra.

Queste modificazioni si sono osservate negli ultimi cinquant'anni, ma hanno la loro origine all'inizio del secolo scorso quando con la rivoluzione industriale iniziò l'impiego dei combustibili fossili. Il taglio delle foreste con la riduzione della più importante fonte di consumo della CO₂, ha ulteriormente aggravato il fenomeno. Molti ricercatori ritengono che proseguendo questo andamento la concentrazione di CO₂ nell'atmosfera potrebbe raddoppiare nei prossimi cento anni.

Il riscaldamento ha provocato alcune modificazioni già in molti mari. In Mediterraneo ad esempio l'aumento di temperatura media annuale è stato dimostrata per gli ultimi venti anni, e questa modificazione ha influito su numerosi organismi animali e vegetali. Specie ittiche a distribuzione meridionale o addirittura nuovi ingressi dalla regione indo-pacifica attraverso Suez, si sono diffusi rapidamente verso il Mediterraneo centrale e settentrionale. La donzella pavonia (*Thalassoma pavo*), labride comune in tutti i fondi rocciosi costieri, era presente fino a qualche anno fa soltanto dal Nord Africa al Lazio. Oggi è diventata comune in tutte le acque fino alla Liguria. Ancora più eclatante è stata la diffusione del decapode (*Percnon gibbesi*) che in pochi anni dalle zone subtropicali e tropicali dell'Atlantico attraverso lo Stretto di Gibilterra si è diffuso dapprima lungo le coste dell'Africa e poi lungo buona parte della costa tirrenica. Numerosi esempi potrebbero essere ancora fatti ma, al di là delle modificazioni di abbondanza di specie di grandi dimensioni o di interesse per la pesca, fenomeni di alterazioni più complesse potrebbero osservarsi. Le modificazioni di microfauna e flora, ad esempio, sono in grado di condizionare la sopravvivenza di larve e giovani di altre specie in un equilibrio complesso che spesso è difficilmente interpretabile. Ancora importanti effetti possono derivare nelle aree inquinate o a scarso ricambio in cui un aumento delle temperature può aggravare le condizioni eutrofiche.

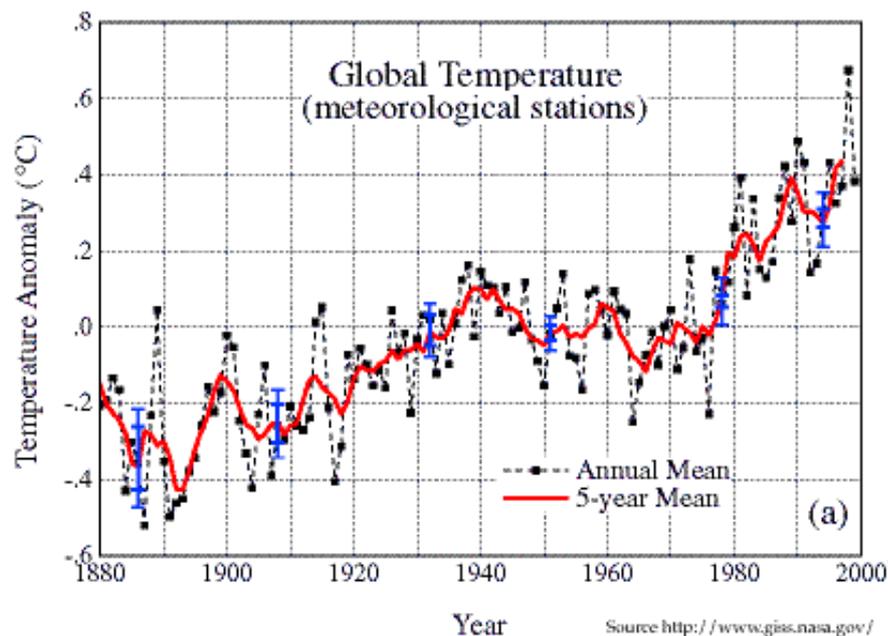


Fig. 1.13 – Andamento delle anomalie della temperatura negli ultimi 220 anni



Fig. 1.14 – A sinistra *Thalassoma pavo*, a destra il decapode *Percnon gibbesi*

Ancora più evidente potrebbe essere il fenomeno in quelle aree costiere soggette ad upwelling. Ad esempio lungo le coste della California i venti di nord-ovest causano il trasporto a largo delle acque superficiali e la risalita di acque profonde ricche di nutrienti. Il riscaldamento globale può intensificare questo processo perché la temperatura diurna sulla terra adiacente aumenta mentre diminuisce il raffreddamento notturno. Questo porta ad un aumento delle differenze di temperatura fra la terra e il mare incrementando i venti e conseguentemente gli upwelling.

Questo effetto è stato dimostrato per il Nord Pacifico dove negli ultimi venti anni l'intensità dei venti è aumentata e conseguentemente gli upwelling. Al contrario nelle aree di mare aperto non esistono evidenze di effetto di aumento della produzione primaria.

Un altro degli effetti ipotizzati è quello dell'innalzamento del livello medio del mare per effetto dello scioglimento dei ghiacci polari, che potrebbe provocare un aumento della massa liquida di acqua. Noi siamo, in questo momento della storia geologica, in una fase di regressione dei grandi ghiacciai, per cui i due effetti potrebbero andare a sommarsi causando un sostanziale aumento del livello del mare. Alcuni studi ipotizzano un aumento del livello del mare di un metro nei prossimi 50-100 anni. Se ciò fosse vero sarebbe facilmente immaginabile il grave danno che ne potrebbe conseguire per molti degli insediamenti umani costieri. Molte sarebbero anche le modificazioni inerenti la fauna e la flora. Basta pensare che le barriere coralline potrebbero averne danni irreversibili in quanto il tasso di crescita delle madrepore difficilmente raggiunge i 10 cm annui. Se la risalita del livello marino fosse superiore al recupero di crescita della barriera, l'aumento di spessore d'acqua sopra la barriera consentirebbe l'ingresso di onde dirompenti, in grado di distruggere la barriera.

Importanti modificazioni potrebbero anche aversi nella circolazione oceanica complessiva. Infatti, le modificazioni termiche possono modificare i venti, e non soltanto, come abbiamo visto, le brezze termiche mare-terra e viceversa, ma anche la struttura dei più importanti venti.

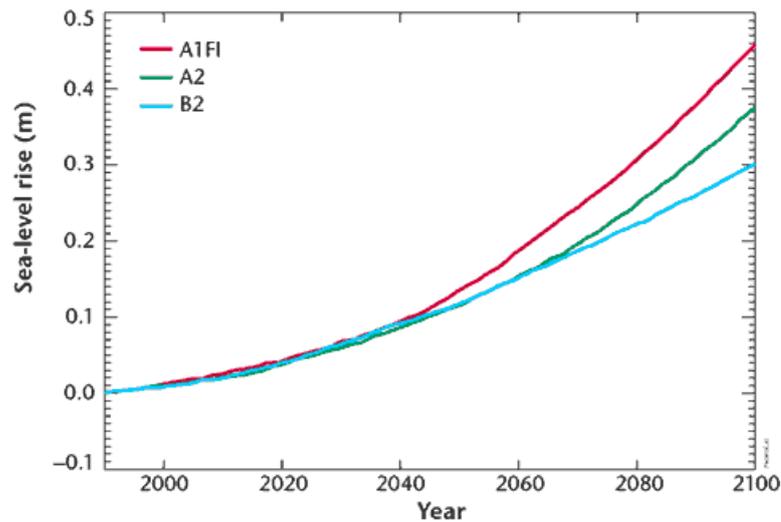


Fig. 1.15 – Crescita del livello medio del mare nei prossimi anni secondo tre modelli di diversi Autori

1.7 L'interazione di più effetti inquinanti

Nel considerare ogni inquinamento si tende a descrivere alterazioni causate da singole sostanze o azioni, i cui effetti hanno una precisa conseguenza sugli organismi e quindi sulle popolazioni e sulle comunità. In realtà in molte circostanze possono coesistere forme di inquinamento diverse e le conseguenze che queste sono in grado di provocare sull'ambiente non sono mai la semplice somma dei singoli effetti. Le modificazioni ambientali che spesso partono da cause puntiformi, come ad esempio nell'arricchimento trofico delle acque, coinvolgono poi a catena, con un processo spesso non prevedibile, una serie ulteriore di alterazioni che possono amplificarsi con la sinergia di altre fonti di inquinamento. E così dall'arricchimento organico si può passare ai bloom fitoplanctonici, alle crisi distrofiche, alle cadute di ossigeno, alle morie di organismi, ovvero alla comparsa di specie tossiche alloctone qualora concorra un cambiamento climatico con l'innalzamento delle temperature.

Un esempio di questo tipo è fornito dal complesso di fattori inquinanti accresciutisi negli ultimi anni in molti mari. In uno in particolare, il Mar Nero, tutto questo è ben documentato ed evidente anche a causa della sua conformazione di bacino chiuso.

L'azoto e il Fosforo presenti in questo mare sono cresciuti cinque volte dal 1950 al 1980 per gli apporti dei tre principali fiumi, tra cui in particolare il Danubio.

Bloom di dinoflagellati sono diventati così sempre più importanti modificando la struttura originaria dei popolamenti fitoplanctonici. Anche lo zooplancton si è accresciuto di conseguenza e con specie di piccole dimensioni. Esplosioni di organismi planctonici di grosse dimensioni come le meduse *Aurelia aurita* e *Noctiluca miliaris* sono diventate frequenti. L'aumento di fitoplancton ha diminuito la trasparenza delle acque, portandola da 15-18 m a 2 - 2.5 m. Di conseguenza la copertura vegetale bentonica si è drasticamente ridotta e modificata. Nel 1950 vi era una copertura di un'alga rossa del genere *Phyllophora* di circa 10000 km² ridottasi a 50 km² nel 1990.

L'aumento di fitoplancton nella colonna d'acqua ha portato ad un aumento della sostanza organica sul fondo di 15-20 volte. Buona parte dei fondali sono quindi attualmente in condizioni di anossia. Nel 1991 il 50% dei pesci bentonici della costa della Romania sono morti per anossia.

Il Mar nero aveva una importante produzione ittica che dava lavoro a circa due milioni di persone. Le specie catturate erano 26. Attualmente le specie catturate sono 6 e le catture sono diminuite da 80000 tonnellate annue a circa 4000 tonnellate. Questo è da imputare in parte alle alterate

condizioni ambientali in parte ad un eccesso di prelievo che ha spinto le risorse residue in una condizione di overfishing.

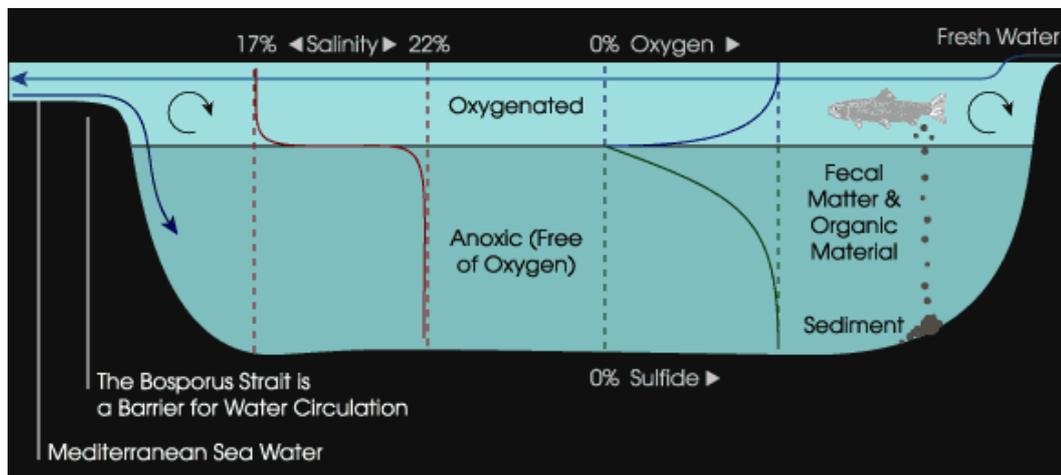


Fig. 1.16 -

Tutti i principali fiumi che si immettono nel Mar Nero sono altamente inquinati con metalli pesanti ed idrocarburi di diversa natura. Il Danubio da solo scarica 1.000 t di Cromo, 4.500 t di Piombo, 6.000 di Zinco, 60 t di Mercurio e 50.000 t di petrolio. Alte concentrazioni di un derivato del DDT sono trovate nelle uova dei pellicani e il 25 % della popolazione della medusa *Aurelia aurita* mostra anomalie imputabili a mutazioni da agenti cancerogeni.

Molte nuove specie sono state introdotte con le acque di sentina delle navi. Tra queste particolarmente significativa è stata l'introduzione dello Ctenoforo *Mnemiopsis leidyi* dalle coste Atlantiche del Nord America. La popolazione di questa specie si è accresciuta in maniera inimmaginabile raggiungendo densità di 100 individui m³. La predazione da parte di questi Ctenofori sulle giovani reclute di acciuga ha ulteriormente ridotto la biomassa di questa specie. Allo stesso tempo lo Ctenoforo non è utilizzato da altre specie ittiche per l'alimentazione e quindi contribuisce anche indirettamente al depauperamento delle risorse della pesca.

Infine il prelievo di acque continentali per l'agricoltura ha ridotto la portata dei fiumi causando un aumento della salinità che ha influito sul comportamento migratorio dello Storione. Inoltre la riduzione dell'apporto di acqua dolce e l'aumento di salinità potrebbero essere corresponsabili dell'aumento dello strato di acque anossiche sul fondo.

Il quadro che si è delineato evidenzia una condizione che è comune a molti mari, ma è esasperata in questo caso dalle condizioni di ridotto ricambio e circolazione delle acque.

Le importanti conseguenze documentate dall'evolvere dello stato di diversi tipi di inquinamento e il conseguente effetto a catena delle alterazioni ambientali osservate, sono un importante elemento di riflessione su quanto sia delicato il tema della valutazione degli effetti dell'inquinamento sull'ambiente marino.

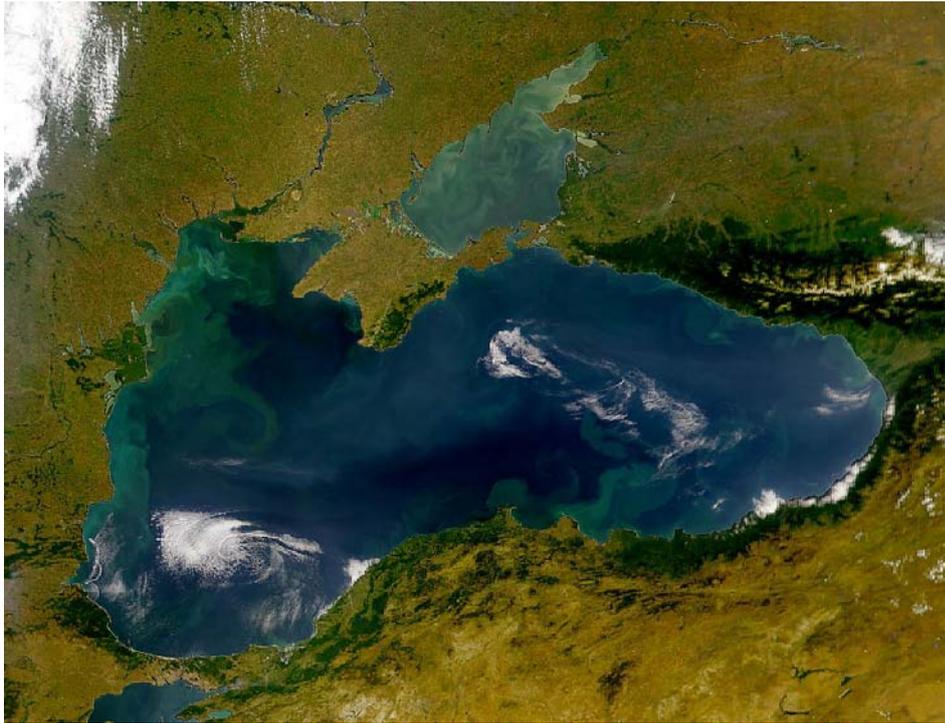


Fig. 1.17 – Il Mar Nero