

***Programma Nazionale Triennale della Pesca e
dell'Acquacoltura 2022-2024
Annualità 2022***

Effetti della pesca a strascico sull'ambiente



Ottobre 2022

Tavola dei contenuti

Sintesi.....	2
Premessa.....	8
Contesto.....	10
La base conoscitiva di riferimento.....	12
Selezione della letteratura di riferimento.....	14
Analisi temporale della letteratura di riferimento.....	16
Gli autori della letteratura di riferimento.....	22
I finanziatori della letteratura di riferimento.....	25
Aree tematiche della letteratura di riferimento.....	26
Le citazioni.....	29
La pesca a strascico come sorgente di perturbazione degli ecosistemi marini.....	32
Necessità di un approccio olistico.....	32
Pesca a strascico e ambiente: cenni storici.....	38
Primi lavori scientifici sull’impatto della pesca a strascico.....	41
La ricerca scientifica nel nuovo millennio.....	61
Valutazione dell’impatto della pesca a strascico su grande scala.....	79
L’impatto globale.....	79
L’impatto sui mari europei.....	89
La ricerca sui mari italiani.....	96
Limiti alla pesca a strascico.....	105
Mediterraneo e mari italiani.....	105
Altri mari.....	107
La pesca a strascico ha sempre effetti devastanti?.....	110
Conclusioni.....	126
Bibliografia.....	132

Sintesi

La pesca con attrezzi a traino fornisce il 20% circa dello sbarcato su scala globale, in Italia il segmento dello strascico (comprensivo dei rapidi) risulta dominante, le quantità sbarcate sono pari al 31% della quantità complessiva. In termini economici, in ragione dell'elevato pregio commerciale del mix di specie bersaglio, tra cui gamberi rossi e scampi, il contributo risulta ancor più significativo ed è pari al 50% del fatturato dell'intera flotta italiana.

Fra le tecniche di pesca con attrezzi a traino, la pesca con reti a strascico a divergenti è quella più praticata nei nostri mari ed è anche la meno impattante sul comparto bentonico, interessando solo marginalmente il sedimento.

Nelle aree in cui la pesca è consentita, le alterazioni che può provocare sull'ambiente e, *in primis*, sul comparto bentonico sono state oggetto di numerosi studi, i quali hanno portato a conclusioni contrastanti. In generale, sembra evidente che siano l'intensità dello sforzo di pesca e la natura degli attrezzi utilizzati a modulare l'impatto della pesca a strascico, che, come per qualsiasi altro tipo di pesca, non può essere mai nullo.

Questo principio sposta il problema sulla definizione di una soglia di accettabilità dell'impatto, legata al valore naturalistico e conservazionistico delle aree sfruttate ed a quello dei servizi ecosistemici che esse forniscono, in un'ottica di sviluppo sostenibile, che contempera gli aspetti ambientali con quelli di natura sociale ed economica.

Nel caso della pesca con attrezzi al traino la sostenibilità di questo tipo di pesca è fortemente legata al modo in cui essa è regolata, può venire meno se il suo impatto non è compatibile con la conservazione delle funzioni ecosistemiche delle aree sfruttate, ma può venir meno anche per un eccesso di vincoli, che ne rendano la pratica non compatibile con livelli adeguati di redditività e di occupazione.

Questo documento si propone di affrontare i temi inerenti agli effetti della pesca a strascico sull'ambiente marino con il conforto della letteratura scientifica corrente. L'obiettivo è quello di valutare le conoscenze sugli effetti della pesca a strascico sull'ambiente marino e di identificare non solo i temi intorno ai quali c'è un più largo consenso, ma anche quelli che richiedono approfondimenti o che sono stati affrontati in maniera parziale.

Le aree su cui la pesca a strascico è interdetta rappresentano circa i 2/3 della superficie totale dei mari sotto la giurisdizione italiana, con un margine di correzione, verosimilmente per eccesso, legato alla parziale conoscenza della posizione e dell'estensione delle aree in cui sono presenti substrati biogenici.

Se si concentra l'attenzione sui mari italiani, la letteratura scientifica corrente fornisce almeno due elementi che possono sottendere una valutazione oggettiva di tale impatto.

In primo luogo, il tipo di pesca a strascico prevalentemente (ma non esclusivamente) praticato nei nostri mari, ovvero la pesca a strascico a divergenti, non è il più impattante, poiché in genere interessa solo lo strato più superficiale del sedimento.

In secondo luogo, la reiterazione della pesca in aree già ampiamente sfruttate produce un modesto effetto aggiuntivo: quando il "secchio" degli effetti è pieno, non se ne possono sommare altri.

Dunque, esistono i presupposti per un'azione che gradualmente riduca l'impronta ecologica della pesca a strascico entro limiti sostenibili per l'ambiente e per l'economia.

Ciò che è essenziale, a questo fine, è conoscere i problemi ed affrontarli in maniera laica, senza preconcetti e senza cedere alla facile tentazione di pensare che la chiusura di un'area alla pesca sia sempre e comunque un risultato intrinsecamente positivo.

Infatti, la chiusura di un'area del pianeta ad una qualsiasi attività antropica comporta inevitabilmente un aumento della pressione su di un'altra, magari remota e meno soggetta ad una gestione improntata ai principi della sostenibilità. In questo caso la somma algebrica degli effetti positivi e negativi ha spesso il segno meno, in un'ottica globale.

La ricerca si interessa dell'impatto della pesca a strascico da tempo, ma solo dagli anni '90 il numero degli studi sul tema è andato crescendo in maniera apprezzabile, con l'avvento delle riviste scientifiche Open Access e delle valutazioni bibliometriche della ricerca che hanno reso esponenziale la crescita, non solo nel nostro Paese.

Come è ovvio, l'aumento del numero dei prodotti scientifici non si è potuto accompagnare ad un aumento della qualità complessiva, con molti studi che si limitano a ripercorrere quanto già fatto da altri o a concentrarsi su casi molto particolari.

Non deve stupire, quindi, il fatto che gran parte di ciò che oggi sappiamo rappresenta una revisione, magari aggiornata, di una base di conoscenze già consolidata nell'ultima parte del secolo scorso.

Tuttavia, ancora oggi ci sono pochi studi che collegano la pesca a strascico ai cambiamenti ambientali osservati in maniera diretta ed inequivoca. Ciò a causa del fatto che è molto difficile isolare una specifica sorgente di perturbazione all'interno di ecosistemi complessi e caratterizzati da un gran numero di interazioni fra le loro componenti.

Si pensi anche soltanto all'effetto del clima o dell'inquinamento ed al modo in cui essi possono modulare le risposte biotiche alle perturbazioni generate dalle attività di pesca.

Con l'esclusione delle fasce batimetriche e delle aree interdette alla pesca o protette a vario titolo e di quelle geomorfologicamente inadatte, la parte restante dei fondali dei nostri mari è ormai sistematicamente sfruttata dalla pesca a strascico con livelli di pressione che sono fra i più alti al mondo e che agisce da un tempo sufficientemente lungo da aver profondamente modificato gli ecosistemi marini su aree molto vaste, se non addirittura su scala di bacino, come per esempio nel medio ed alto Adriatico.

Ciò implica che nella gran parte delle aree sfruttate dalla pesca a strascico **le comunità bentoniche sono ben adattate alla perturbazione che subiscono e un loro ipotetico ritorno ad uno stato pristino**, che qualcuno evoca come un possibile obiettivo, **non è verosimile né necessariamente vantaggioso per svariati motivi.**

In primo luogo, lo stato pristino a cui si dovrebbe sperare che le comunità bentoniche lentamente ritornino non è uno stato noto.

In secondo luogo, l'ecologia delle successioni ci ha insegnato che **dopo una perturbazione** (a maggior ragione se prolungata) **non è affatto certo che il nuovo assetto delle comunità interessate sia quello che precedeva la perturbazione stessa.**

In una situazione in cui si assiste a intensi processi di meridionalizzazione, che spingono le specie della sponda meridionale del Mediterraneo ad espandersi verso nord, per non parlare della diffusione delle specie aliene, la composizione della fauna e della flora bentoniche in

un ipotetico mare in cui la pesca a strascico non agisca più potrebbe essere del tutto diversa da quanto si vorrebbe ottenere attraverso un processo di rinaturalizzazione.

Lasciando da parte le questioni legate all'impatto socio-economico di una ulteriore compressione delle attività di pesca nel nostro Paese, merita di essere ricordato il fatto che, ad invarianza di domanda da parte del mercato, quanto non si dovesse pescare nei nostri mari si pescherebbe altrove.

Ciò ovviamente porterebbe con sé uno spostamento della pressione della pesca verso altre aree del Mediterraneo o del pianeta, ma lo farebbe con dei costi sociali ed ambientali elevati, anche se pagati da altri.

Per esempio, sarebbero sfruttate aree che oggi sono ancora imperturbate o soggette ad una pressione che, come ci dicono i dati disponibili, è quasi ovunque di uno o due ordini di grandezza inferiore a quella che agisce sui nostri mari.

E in queste aree il danno ambientale sarebbe assai elevato, a differenza di quanto avviene in **mari in cui l'ecosistema è già in equilibrio con la pressione antropica**, che peraltro non è solo legata alla pesca.

Ciò è ancor più grave se si considera che nelle aree del pianeta verso cui si riorienterebbe lo sforzo di pesca, le norme e i controlli a protezione dell'ambiente sono meno stringenti, se non del tutto assenti, e la mancanza di tutele non si applica solo alle aree vulnerabili del fondale, ma anche a questioni come le emissioni (più alte dove la flotta è più vecchia ed il costo del carburante più basso), la sicurezza alimentare (catena del freddo), la sicurezza sul lavoro, il lavoro minorile, etc.

Ritornando ad aspetti prettamente ambientali, è importante notare come fra tutti gli attrezzi a traino impiegati dalle marinerie del nostro e di altri paesi, **la rete a strascico a divergenti è risultata la meno impattante** nell'ambito di tutti gli studi comparativi, poiché la sua azione perturba soltanto lo strato più superficiale del sedimento, a meno delle tracce dei divergenti.

Ovviamente ciò non implica l'assenza di impatto, ma i dati disponibili mostrano come **il recupero della comunità macrozoobentonica in termini di abbondanza e diversità**, laddove questa sia già adattata alla specifica perturbazione, **si misuri in giorni o al massimo in poche**

settimane dall'ultimo passaggio dell'attrezzo. La velocità di tale recupero è di grande importanza in termini funzionali, come rinnovata capacità di fornire un servizio ecosistemico essenziale, che consiste nel supporto trofico ai consumatori di livello superiore, primi fra i quali le specie oggetto di sfruttamento da parte della pesca.

Se l'idea semplicistica che l'azione della pesca a strascico possa addirittura aumentarne autocataliticamente la resa è ormai consegnata al passato, esistono diverse evidenze sperimentali del fatto che essa, modificando le comunità macrozoobentoniche, possa in alcuni casi creare condizioni più vantaggiose per le specie ittiche sfruttate.

Ciò può avvenire (ed è avvenuto in più casi) attraverso l'affermarsi di *taxa* macrozoobentoniche opportunisti, di piccola taglia, a crescita rapida, che sono poi prede ideali per una o più specie oggetto di pesca.

Questo scenario è di più facile realizzazione in aree geografiche in cui la pesca è orientata ad una singola specie o ad un piccolo numero di specie affini, e ne esiste traccia in letteratura anche per i nostri mari.

In sintesi, la pesca a strascico ha effetti incontestabilmente negativi su ecosistemi imperturbati dall'uomo e dalle forze della natura, come quelli profondi, quelli dominati da substrati biogenici e quelli che ospitano una ricca epifauna.

In questi casi è ovvio che l'unica politica ammissibile è l'interdizione alla pesca ed un controllo rigoroso del rispetto dei divieti.

Il quadro cambia laddove l'ecosistema sia già per sua natura esposto a sorgenti di disturbo o dove sia stato già profondamente modificato, nel lungo termine, dalle attività di pesca. In questi casi il danno ambientale è come l'acqua in un secchio pieno, che può tracimare e continuare ad accettare nuova acqua, senza per questo contenerne di più.

Insomma, **quando si tratta di danni di natura meccanica**, che non comportano fenomeni di accumulo e di magnificazione biologica, come invece avviene nel caso di molti inquinanti, **l'ecosistema entra in uno stato alternativo a quello pristino e potenzialmente stabile quanto quest'ultimo. Se si volesse interrompere il disturbo ed invertire il processo, non vi**

sarebbe certezza del risultato, che potrebbe essere in linea con le aspettative o portare ad un assetto inatteso dell'ecosistema, per esempio con l'affermarsi di specie aliene.

Dunque, **le aree oggi oggetto di pesca nel rispetto delle norme non richiedono necessariamente di essere restituite alle dinamiche naturali**, così come non lo richiedono i territori in cui la presenza umana ha forgiato la natura intorno a noi così come la conosciamo.

Si pensi agli agroecosistemi delle grandi pianure o alle montagne gestite per il taglio del bosco e per il pascolo: laddove le attività umane vengono discontinue, la rinaturalizzazione può accompagnarsi a fenomeni di degrado inattesi.

Nel caso della pesca a strascico si pone anche il tema, evocato in precedenza, della riallocazione dell'impatto in aree del pianeta meno tutelate e dove l'impatto agirebbe senza controllo su ecosistemi ancora indisturbati.

Tutto ciò dovrebbe far riflettere su come massimizzare la protezione di ciò che è importante e giusto proteggere, senza pensare che ulteriori divieti di pesca possano riportare il sistema ad uno stato ambientale imperturbato che non è possibile ripristinare.

Premessa

La pesca con attrezzi a traino, nelle sue varie forme, fornisce il 20% circa dello sbarcato su scala globale, ma ha un'importanza molto maggiore in alcune aree geografiche e, fra queste, in ampi settori dei mari italiani.

In Italia il segmento dello strascico (comprensivo dei rapidi) risulta dominante, le quantità sbarcate si attestano a 40.944 tonnellate, pari al 31% della quantità complessiva. In termini economici, in ragione dell'elevato pregio commerciale del mix di specie bersaglio, tra cui gamberi rossi e scampi, il contributo risulta ancor più significativo con 324,10 milioni di euro pari al 50% del fatturato dell'intera flotta italiana.

La maggior parte delle catture di specie demersali deriva da questo tipo di pesca, che fornisce enormi quantità di pescato, ma è al tempo stesso fortemente criticato dagli ambientalisti per gli impatti che può causare sugli ecosistemi marini, sia nella loro componente biotica che in quella abiotica.

Fra le tecniche di pesca con attrezzi a traino, la pesca con reti a strascico a divergenti è quella più praticata nei nostri mari ed è anche la meno impattante sul comparto bentonico, interessando solo marginalmente il sedimento.

Ovviamente ciò non implica che sia priva di effetti su di esso, ma piuttosto che gli effetti siano sito-specifici e spesso associati a pratiche di pesca illegale (es. cale troppo vicine alla linea di costa o su substrati biogenici).

Nelle aree in cui la pesca è consentita, le alterazioni che può provocare sull'ambiente e, in primis, sul comparto bentonico sono state oggetto di numerosi studi, i quali hanno portato a conclusioni contrastanti. In generale, sembra evidente che siano l'intensità dello sforzo di pesca e la natura degli attrezzi utilizzati a modulare l'impatto della pesca a strascico, che, come per qualsiasi altro tipo di pesca, non può essere mai nullo.

Se si accetta quest'ultimo principio, il problema si sposta sulla definizione di una soglia di accettabilità dell'impatto, che è naturalmente legata al valore naturalistico e conservazionistico delle aree sfruttate ed a quello dei servizi ecosistemici che esse

forniscono, in un'ottica che non può che essere quella che sottende il concetto di sviluppo sostenibile, contemperando gli aspetti ambientali con quelli di natura sociale ed economica.

I tre pilastri dello sviluppo sostenibile non sono facilmente commensurabili fra loro, ma nel caso della pesca, che fornisce prodotti che hanno un valore ben preciso e che coinvolge mestieri e tradizioni fortemente radicati nelle marinerie, questo esercizio non è impossibile.

Nel caso della pesca con attrezzi al traino gli effetti sull'ambiente dipendono certamente dalla natura dei fondali e dall'intensità del loro sfruttamento, rendendo impossibile una valutazione assoluta.

Dunque, la sostenibilità di questo tipo di pesca è fortemente legata al modo in cui essa è regolata. Può venire meno se il suo impatto non è compatibile con la conservazione delle funzioni ecosistemiche delle aree sfruttate, ma può venir meno anche per un eccesso di vincoli, che ne rendano la pratica non compatibile con livelli adeguati di redditività e di occupazione.

Attualmente quasi metà del pescato sbarcato in tutto il mondo proviene da stock monitorati e l'abbondanza di questi ultimi mostra, in parecchi casi, incoraggianti segni di recupero. Ciò dimostra che una gestione efficace può effettivamente essere la base per una pesca sostenibile, inclusa quella con attrezzi a traino, se opportunamente regolata e praticata.

Contesto

La pesca a strascico o, più in generale, la pesca con attrezzi a traino, ha un effetto diffuso sugli habitat dei fondali marini di tutto il mondo. Ovviamente, si tratta di impatti non uniformi e influenzati dall'allocazione dello sforzo di pesca nello spazio e nel tempo, che variano anche in funzione del tipo di habitat e delle caratteristiche fisiche dell'ambiente in cui si verificano.

Differenti tecniche di pesca esercitano effetti a loro volta diversi sul fondale marino. Gli attrezzi per la pesca a strascico e le draghe idrauliche risospingono in maniera più o meno intensa gli strati più superficiali del sedimento e quindi rimobilizzano nella colonna d'acqua il particolato fine organico e inorganico e con esso i contaminanti eventualmente associati. Le implicazioni ecologiche di questi effetti della pesca sono state oggetto di studi estensivi, ma non è stato possibile determinare un quadro di riferimento univoco e certo.

In generale, gli habitat strutturalmente più complessi (es. le praterie di fanerogame o il coralligeno) e quelli meno soggetti a perturbazioni naturali (es. i substrati pelitici profondi) sono i più colpiti dagli effetti delle attività antropiche compresa la pesca, è da sottolineare che entrambi sono preclusi alla pesca a strascico.

Gli habitat intrinsecamente più dinamici (es. i fondi mobili in acque poco profonde) mostrano una maggiore resistenza alle perturbazioni ed al tempo stesso capacità di resilienza più ampie. Inoltre, gli habitat strutturalmente più complessi e stabili sono caratterizzati da tempi di recupero più lunghi e da dinamiche di ricolonizzazione più complesse e certamente meno deterministiche.

Studi comparativi effettuati su aree esposte a diversi livelli di pressione da parte delle attività di pesca hanno dimostrato che il disturbo cronico causato dalla pesca porta generalmente alla scomparsa o alla forte riduzione delle abbondanze dell'epifauna di taglia più grande, mentre gli organismi di taglia minore dell'infauna finiscono con il dominare le aree fortemente sfruttate. Ovviamente, questi cambiamenti, se intervengono, finiscono con il causare anche variazioni nella composizione della fauna ittica e nel funzionamento complessivo dell'ecosistema.

Questo documento si propone di affrontare i temi appena accennati con il conforto della letteratura scientifica corrente. L'obiettivo è quello di valutare lo stato dell'arte delle conoscenze sugli effetti della pesca a strascico sull'ambiente marino e di identificare non solo i temi intorno ai quali c'è un più largo consenso, ma anche quelli che richiedono approfondimenti o che sono stati affrontati in maniera parziale.

Fra questi, particolare attenzione deve essere posta nel valutare i risultati meno ovvi, spesso riportati fra le pieghe di conclusioni più conformi alle attese e raramente utilizzati come base per nuovi studi. Che la pesca a strascico generi impatti rilevanti sugli ecosistemi bentonici è innegabile, così come è innegabile che alcuni habitat devono essere assolutamente protetti da tali impatti.

In altri casi, però, la pressione di pesca, se esercitata in maniera responsabile, può determinare cambiamenti strutturali nelle comunità biotiche e nelle reti trofiche che le sottendono che portano ad assetti degli ecosistemi marini diversi da quelli pristini, ma comunque funzionalmente stabili. Questi casi, dunque, meritano altrettanta attenzione quanto quelli che riguardano gli effetti del tutto avversi della pesca.

In questo percorso resta inteso che quanto riportato in questo documento non ha la pretesa di essere esaustivo nella sua esplorazione di una base bibliografica peraltro sterminata, né ha quella di essere basato su una selezione della letteratura che (ammesso che sia possibile) raccolga i punti fermi per consenso unanime delle tematiche trattate. I punti sviluppati e la letteratura a supporto rappresentano infatti solo una delle possibili letture di un tema complesso, che ha il dichiarato obiettivo di presentare un insieme di spunti di riflessione aperti e ragionati, piuttosto che una trattazione velleitariamente conclusiva.

La base conoscitiva di riferimento

Le attuali conoscenze sugli effetti della pesca a strascico sull'ambiente marino sono raccolte in una vasta base di prodotti scientifici e tecnici. I primi sono reperibili attraverso i più diffusi motori di ricerca dedicati (in particolare Scopus e Web of Science), mentre l'identificazione e l'accesso ai secondi risentono delle modalità con cui operano i soggetti che li hanno generati.

La letteratura scientifica indicizzata dai motori di ricerca dedicati è nella quasi totalità dei casi soggetta ad un meccanismo di *peer review* che ne garantisce, con tutti i limiti del caso, la correttezza formale. Dal punto di vista della correttezza sostanziale, molto raramente il meccanismo di revisione può spingersi fino alla certificazione dei dati che supportano i prodotti scientifici.

In pratica, l'attendibilità dei dati che supportano i prodotti scientifici, in assenza di elementi che ne dimostrino in maniera lampante l'inadeguatezza o l'inaffidabilità, viene data quasi sempre per scontata. Ciò può essere corretto se si tratta di dati derivanti da progetti o campagne che coinvolgono più attori o che vengono svolti nell'ambito di un quadro di attività più ampio, ma in altri casi non c'è modo di valutare la qualità dei dati su cui si basano i prodotti scientifici, se non la fiducia nel meccanismo di *peer review*.

In passato, un prodotto scientifico per essere accettato e pubblicato dalle riviste di maggior prestigio doveva essere solido metodologicamente, supportato da dati adeguati, innovativo e di interesse per i lettori. L'avvento delle pubblicazioni *Open Access* ha modificato le regole del gioco ed oggi la politica editoriale di molte riviste richiede solo che un manoscritto sia considerato "*technically sound*" per renderlo accettabile per la pubblicazione. È dunque evidente che la qualità di ciò che viene pubblicato è meno certa oggi che qualche decennio addietro.

Un ulteriore fattore di rischio per l'attendibilità della letteratura scientifica corrente è la pratica, a volte inconsapevole di ciò che viene definito *data fishing* o *data dredging*, ovvero l'uso improprio dell'analisi dei dati per identificare relazioni che possano essere presentate

come statisticamente significative, aumentando così drasticamente il rischio di risultati falsamente positivi e sottovalutando le implicazioni di ciò.

Questa pratica può essere attuata selezionando *ad hoc* solo uno o più sottoinsiemi di dati o eseguendo un gran numero di test statistici per poi riportare solo quelli che producono risultati significativi o, peggio ancora, graditi a chi esegue l'analisi.

È evidente che questo tipo di pratica è tanto più diffusa quanto più ampie sono la quantità e la diffusione dei dati disponibili, anche per mera negligenza e quindi in assenza di comportamenti intenzionalmente scorretti da parte degli autori.

Dunque, i risultati scientifici pubblicati vanno valutati *cum grano salis*, tenendo in considerazione la qualità della rivista e la reputazione degli autori, cosa che richiede una buona conoscenza non solo del settore tematico, ma anche dei meccanismi editoriali. In generale, inoltre, bisogna tenere conto del fatto che è tanto più facile superare il processo di *peer review*, anche con prodotti sostanzialmente validi, quanto meno ci si discosta dal *mainstream*.

In altre parole, è molto più facile che sia pubblicato un prodotto mediocre e poco solido che ribadisce conclusioni già raggiunte da altri che un prodotto di qualità che le confuta o le interpreta in una chiave differente.

Poiché la necessità di pubblicare (il cosiddetto *publish or perish*) è oggi il motore della ricerca in molti paesi (tra cui purtroppo il nostro!), è evidente che i risultati più ovvi vengono riportati più e più volte e quelli più controversi mai o con grande difficoltà.

Nello specifico, pubblicare un prodotto scientifico che mostri per l'*n*-sima volta che la pesca a strascico ha effetti negativi sull'ambiente, specialmente su una rivista *Open Access* che incassa dei *publication fees* è facilissimo, è più difficile pubblicare un prodotto scientifico che mostri come la pesca a strascico possa generare risposte ecologiche semplicemente meritevoli di essere meglio indagate, magari in contrasto con le opinioni numericamente prevalenti, che inevitabilmente influenzano il meccanismo di *peer review*, laddove questo non è praticato con la dovuta onestà intellettuale.

Dunque, lo spirito critico del lettore è un elemento essenziale nella valutazione dello stato dell'arte.

La letteratura tecnica (o letteratura grigia) è in molti casi altrettanto valida di quella scientifica ed in alcuni casi ha standard qualitativi addirittura superiori alla "fascia bassa" di quest'ultima, ma ha il limite di non essere facilmente reperibile o accessibile e di non essere soggetta a meccanismi di revisione indipendenti dal soggetto che la ha generata.

Dunque, si tratta di informazione il cui reale valore può essere stimato solo caso per caso. In questo contesto, dovendo attingere ad una base di riferimento condivisa dalla comunità scientifica e reperibile per chiunque, ci si è dunque rifatti alla sola letteratura scientifica indicizzata, con poche eccezioni che saranno chiaramente indicate.

Selezione della letteratura di riferimento

Per costruire una base di letteratura di riferimento si è fatto ricorso al motore di ricerca Scopus (leggermente più inclusivo di Web of Science fra quelli che sono più comunemente utilizzati) ed alla *query* che segue:

fishing AND gear AND effect AND benthic AND ecosystem AND (sea OR marine)

La stringa di ricerca non è stata creata *ad hoc* e poteva certamente essere strutturata in maniera leggermente diversa (es. introducendo esplicitamente *trawl**), ma è stata scelta per ripetere un'analogia ricerca che era stata effettuata fino a tutto il 2014 su Web of Science e che è menzionata nell'introduzione a uno *special issue* di *ICES Journal of Marine Science* (Buhl-Mortensen et al., 2016).

L'unica differenza, per coerenza con gli obiettivi di questo documento, è che la ricerca è stata ristretta al mare con l'aggiunta di *AND (sea OR marine)*.

Tuttavia, sulla base di una stima effettuata su Scopus, si può ritenere che i titoli riferiti al mare siano largamente dominanti e come conseguenza quest'ultima restrizione ha escluso solo l'1.32% dei titoli, riferiti ad acque interne o di transizione.

La *query* di cui sopra, effettuata su piattaforma Scopus il 18/8/2022, ha restituito 3351 titoli. Fra questi sono largamente dominanti gli articoli su riviste scientifiche *peer reviewed*, seguiti

dalle *review* su temi specifici e dei capitoli di libri. In entrambi i casi si tratta di prodotti che sono di un ordine di grandezza meno frequenti degli articoli scientifici. I secondi, insieme ai libri e ad alcune altre categorie fra quelle menzionate in Tabella 1, non sono soggetti a *peer review* e quindi rappresentano una fonte di informazione almeno teoricamente meno oggettiva, pur svolgendo un ruolo sicuramente importante.

Tabella 1

Tipologia	Numero di prodotti (su 3351)
Articolo	2653
Review	324
Capitolo di libro	190
Atto di conferenza	92
Libro	70
Nota	6
Editoriale	5
Lettera	5
Survey breve	3
Data paper	2
Erratum	1

La distribuzione dei prodotti fra le diverse categorie è mostrata in Figura 1, sotto forma di diagramma barre. La differenza fra gli articoli su riviste scientifiche, che rappresentano circa l'80% del totale, e le altre categorie è evidente, così come la marginale rilevanza quantitativa delle sei categorie meno frequenti, che hanno abbondanze in singola cifra e che nel complesso rappresentano meno dell'1% dei prodotti identificati.

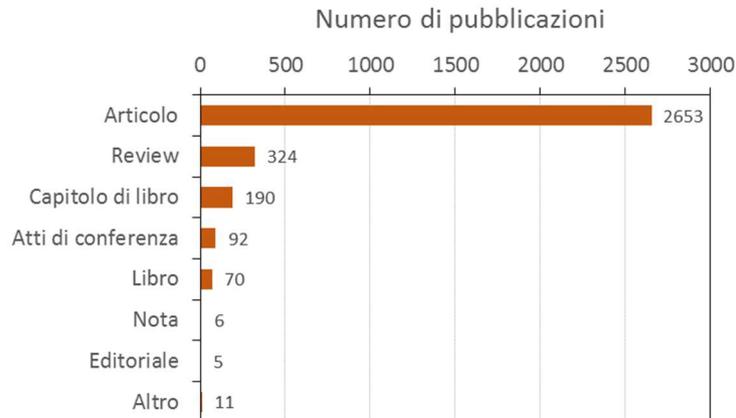


Figura 1

Analisi temporale della letteratura di riferimento

Come si può osservare in Figura 2, il numero di prodotti scientifici ottenuti attraverso la *query* menzionata in precedenza, indipendentemente dalla categoria, è molto maggiore negli anni più recenti e segue un incremento nel tempo quasi esponenziale.

Questa tendenza è in linea con la crescente pressione a cui sono sottoposti i ricercatori, per i quali il numero di prodotti scientifici pubblicati è diventato il primo indicatore di performance. Come si può notare, si è passati, sempre in riferimento ai risultati della citata *query*, da poche unità all'anno fino a metà degli anni '90 ad oltre 300 nel 2021, con un trend in chiara crescita.

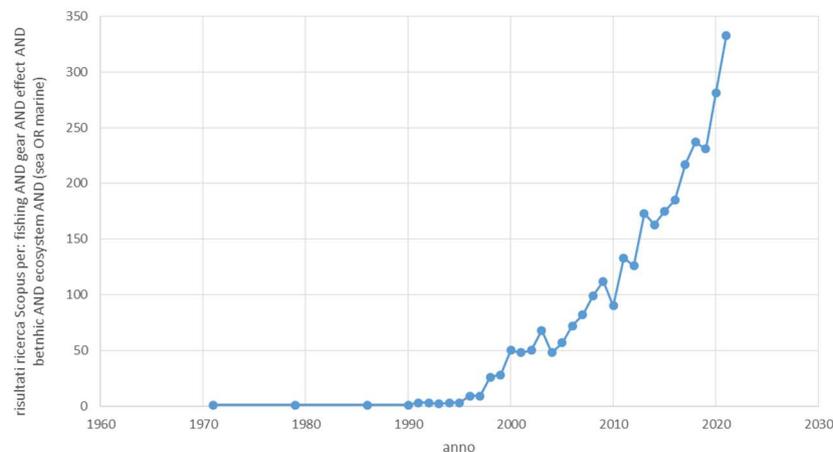


Figura 2

Anche se l'aumento nel tempo dei prodotti scientifici pubblicati appare all'incirca esponenziale, un'analisi di maggior dettaglio rivela un'interessante differenza fra le pubblicazioni convenzionali (gratuite per l'autore, su riviste scientifiche distribuite per abbonamento a biblioteche ed a singoli utenti) e le pubblicazioni *Open Access* (in cui è l'autore che paga per pubblicare, mentre l'accesso ai prodotti è gratuito per il lettore).

Trascurando gli anni che precedono il 1990 e per i quali solo pochissimi titoli sono stati identificati attraverso la *query* effettuata, le pubblicazioni convenzionali sono cresciute linearmente nel tempo, mentre quelle *Open Access*, già presenti nell'ultimo decennio del secolo scorso, ma poco utilizzate all'epoca, sono cresciute esponenzialmente con il nuovo millennio.

La varianza spiegata da un modello lineare e da un modello esponenziale, come mostrano i valori del coefficiente di determinazione (R^2), è molto elevata e pari al 93.9% per il modello lineare delle pubblicazioni convenzionali ed all'89.9% per il modello esponenziale delle pubblicazioni *Open Access*. Queste ultime hanno raggiunto per numero quelle convenzionali tra il 2016 ed il 2017 e già in pochi anni le hanno nettamente sopravanzate.

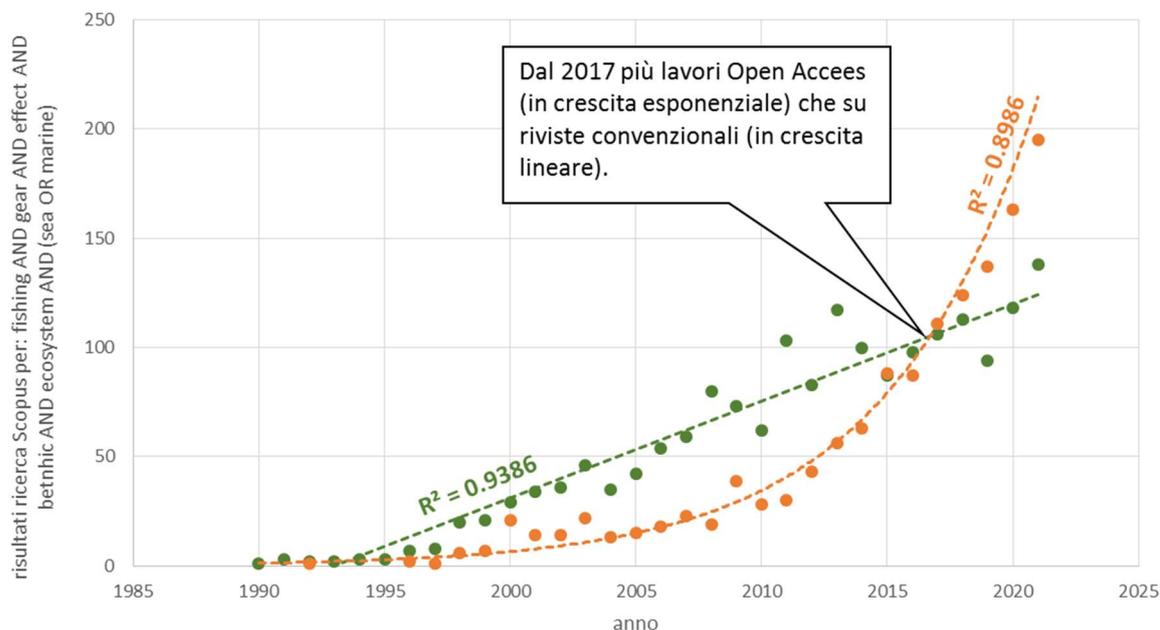


Figura 3

Ovviamente, la crescente popolarità dei prodotti scientifici *Open Access* non ha contribuito a garantire la qualità degli stessi, essendo evidente che l'interesse del ricercatore (pubblicare i propri prodotti) coincide perfettamente con quello dei *publisher* (pubblicare i prodotti sottomessi dagli autori).

I modelli di pubblicazione *Open Access*, comunque, sono più d'uno, come riassunto in Tabella 2, con il cosiddetto *Gold Open Access* che sta diventando sempre più popolare proprio per un tasso di accettazione dei manoscritti sottomessi più alto di quello che caratterizza le riviste scientifiche di pari livello in termini di *impact factor*.

Ovviamente questo indicatore, che misura la frequenza con cui vengono citati i prodotti pubblicati dalle riviste scientifiche, non è indipendente dalla diffusione di queste ultime ed è evidente che le riviste *Open Access*, che sono liberamente disponibili per chiunque, sono certamente oggetto di un numero più elevato di citazioni, indipendentemente dalla qualità dei prodotti pubblicati.

Tabella 2

Tipo di Open Access	Caratteristiche
Gold Open	Documenti che si trovano in riviste che pubblicano solo Open Access.
Hybrid Gold	Documenti che si trovano in riviste che offrono agli autori la possibilità di pubblicare anche Open Access.
Bronze	Versione pubblicata del manoscritto accettato per la pubblicazione per cui l'editore ha scelto di fornire un accesso gratuito temporaneo o permanente dal suo sito.
Green	Versione pubblicata o manoscritto accettato per la pubblicazione, ma disponibile attraverso un <i>repository</i> dell'autore.

Per quanto il modello *Gold Open Access* sia quello in crescita più rapida, rispetto alla distribuzione dell'intero insieme dei prodotti identificati attraverso la *query* citata in precedenza, esso rappresenta oggi circa un quarto dei titoli totali (Figura 4), con poco meno della metà che ricadono nella categoria del *Green Open Access* e che certamente raccolgono prodotti che in origine non erano stati concepiti per essere in *Open Access*.

Le altre categorie sono in qualche modo di transizione, con il *Bronze Open Access* adottato da alcune riviste indipendenti per favorire la circolazione dei loro prodotti, ma non dai maggiori *publisher*.

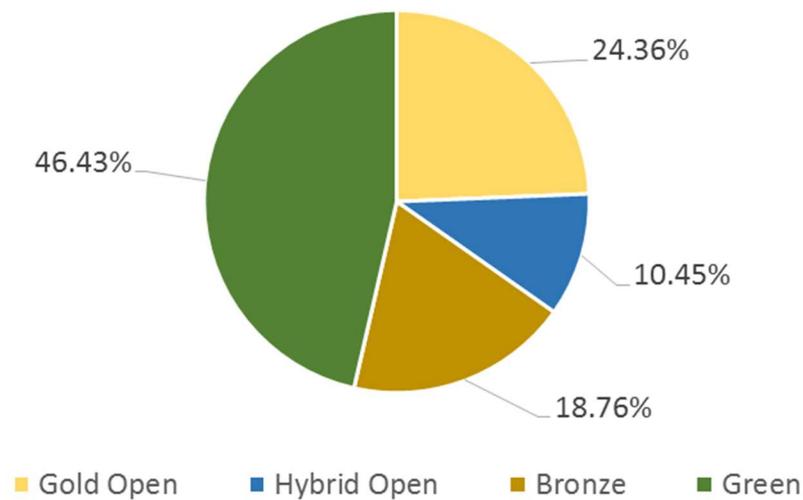


Figura 4

Indipendentemente dalla modalità di pubblicazione, la Figura 5 mostra il numero di articoli che sono stati pubblicati nel corso degli anni dalle dieci riviste con più prodotti pertinenti rispetto alla *query* di cui sopra, mentre la Tabella 3 mostra il numero di prodotti distribuiti fra le dieci riviste che ne hanno pubblicati di più sul tema.

Come si può notare, al di là del costante incremento di cui si è già detto e che ben si coglie in Figura 5, *ICES Journal of Marine Science* è la rivista che ha pubblicato il maggior numero di articoli sul tema, seguita da *Marine Pollution Bulletin*, che in teoria non ha né la biologia della pesca né l'ecologia del benthos fra i suoi temi usuali, ma che accetta anche manoscritti che analizzino l'impatto antropico nelle sue molte espressioni e da una rivista molto rappresentativa nel campo dell'ecologia marina, ovvero *Marine Ecology Progress Series*.

Al quarto posto si posiziona *Fisheries Research*, seguita da una rivista *Gold Open Access* specializzata come *Frontiers in Marine Science* e da un'altra rivista *Gold Open Access*, ma generalista, ovvero *PLoS ONE*.

Chiudono la prima decina per numero di prodotti sul tema della *query* alcune riviste molto eterogenee per tema: da *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* a *Marine Policy* e da *Ocean and Coastal Management* a *Fish and Fisheries*.

Nel complesso, esse ospitano 1075 dei 3351 prodotti identificati sul tema della *query*, pari al 32.08% del totale. È interessante, comunque, notare come le riviste che ospitino prodotti conformi al profilo definito dalla query siano in totale 634, ma con le prime 27 per numero di prodotti pubblicati che coprono oltre il 50% di questi ultimi, con almeno 28 titoli ciascuna.

Tabella 3

Nome della rivista	Prodotti
ICES Journal of Marine Science	186
Marine Pollution Bulletin	141
Marine Ecology Progress Series	139
Fisheries Research	137
Frontiers in Marine Science	111
PLoS ONE	98
Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems	78
Marine Policy	77
Ocean and Coastal Management	59
Fish and Fisheries	49

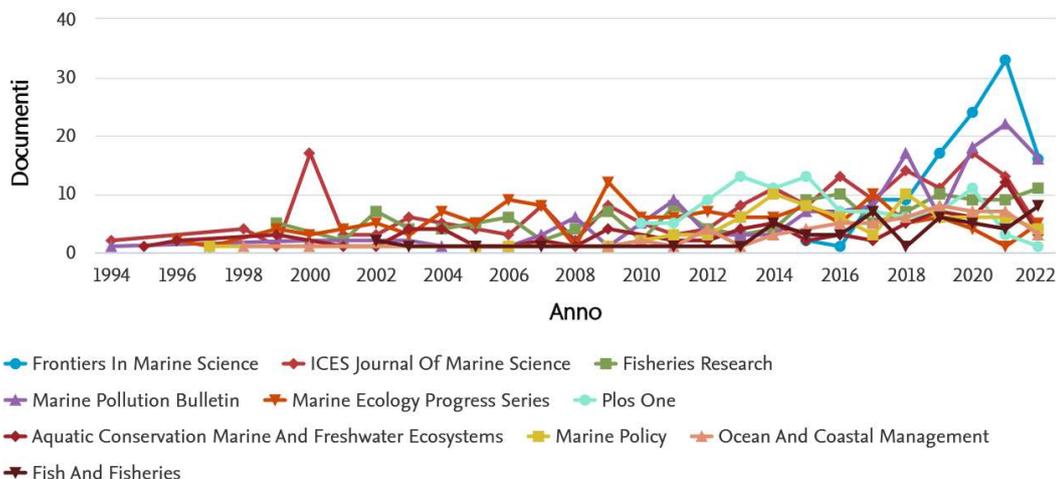


Figura 5 (modificata da Scopus)

Gli autori della letteratura di riferimento

Fra gli autori (identificati come *corresponding author*) il più prolifico è risultato M.J. Kaiser, con oltre 80 prodotti, come mostrato in Figura 6, seguito da A.D. Rijnsdorp con poco più di 50, J.G Hiddink e S. Jennings sono i soli altri autori che hanno superato i 40 prodotti sul tema della *query*, con N.A.J. Graham poco oltre i 30 prodotti ed altri cinque autori fra i 20 ed i 30 prodotti ciascuno completano il quadro dei primi dieci per prodotti pubblicati.

È interessante notare come rispetto alla distribuzione fra le riviste, quella fra gli autori sia un po' meno polarizzata, come d'altra parte appare naturale in ragione del fatto che questi ultimi sono attivi in un numero certamente superiore a quello delle riviste.

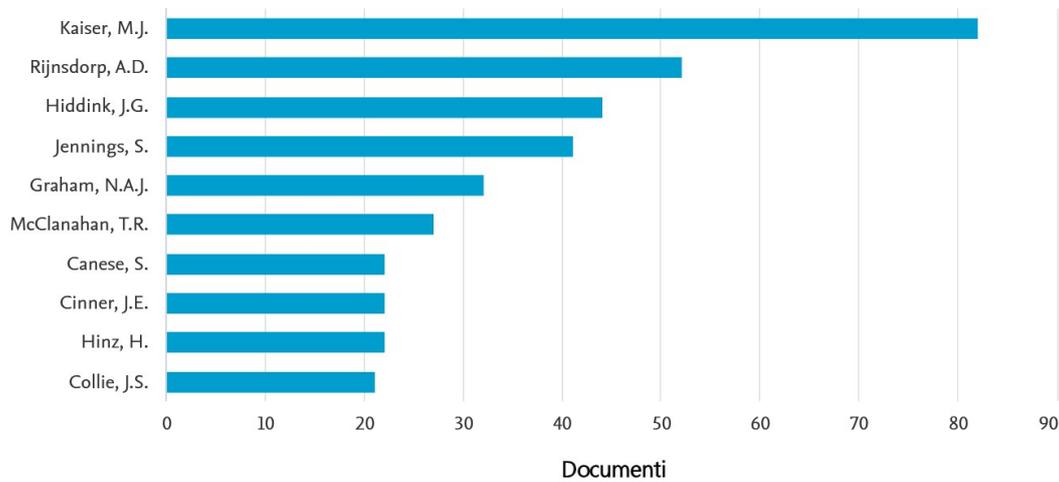


Figura 6 (modificata da Scopus)

Le affiliazioni dei *corresponding author* sono naturalmente molto variabili, ma le istituzioni che si collocano ai primi posti, con oltre 100 prodotti pubblicati, sono quelle generalmente riconosciute come leader nel campo della biologia della pesca e dell'ecologia marina. Nell'ordine, si tratta del *National Oceanic and Atmospheric Administration* (US), del *Centre for the Environment Fisheries and Aquaculture Science* (UK) e dell'*Institut Francais de Recherche pour l'Exploitation de la Mer* (FR), tutti meglio noti con i rispettivi acronimi (NOAA, CEFAS e IFREMER), seguiti dal nostro Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) e da tre università molto attive, non solo su questi temi, come le Università di Wageningen (NL) e di Bangor (US) e la James Cook University (AU). Altre Istituzioni, comunque assai note, si collocano a ridosso di queste, come mostrato in Figura 7.

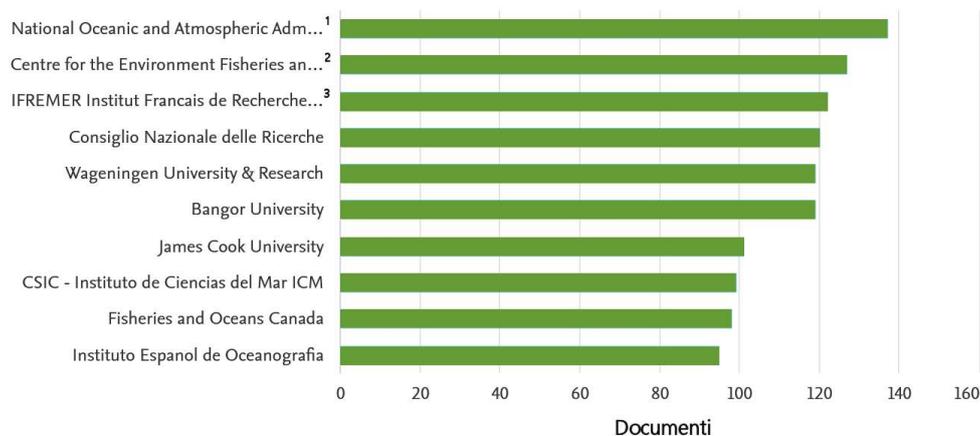


Figura 7 (modificata da Scopus, 1 National Oceanic and Atmospheric Administration, 2 Centre for the Environment Fisheries and Aquaculture Science, 3 IFREMER Institut Francais de Recherche pour l'Exploitation de la Mer)

La nazionalità degli autori (sempre identificati come *corresponding author*) è distribuita in modo da riflettere la loro affiliazione, anche se non in maniera esatta. Infatti ai primi due posti, come mostrato in Figura 8, si collocano gli stati Uniti d'America ed il Regno Unito, seguiti dall'Australia. L'Italia è in quarta posizione, seguita da Canada e Spagna e la Francia si colloca solo al settimo posto, con Germania, Olanda e Portogallo a seguire nelle prime dieci posizioni. È dunque evidente, che per Francia e Olanda le istituzioni menzionate in precedenza svolgono un ruolo certamente non esclusivo, ma largamente egemone.

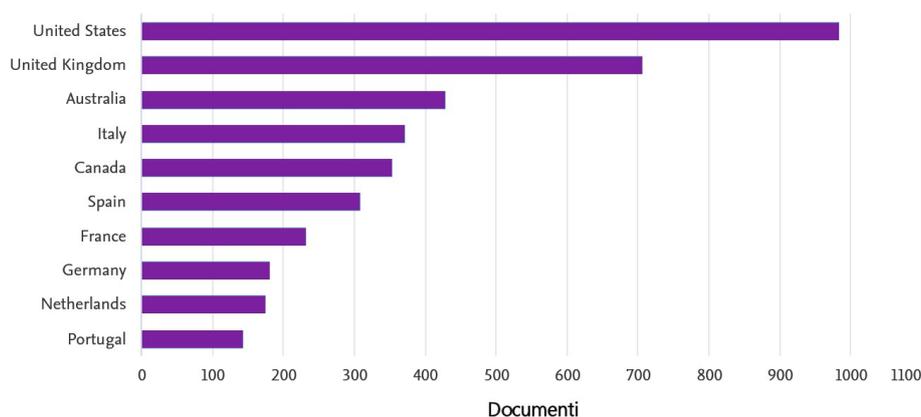


Figura 8 (modificata da Scopus)

I finanziatori della letteratura di riferimento

In Figura 9 è invece mostrata la distribuzione degli Enti finanziatori delle ricerche che hanno portato alla pubblicazione dei prodotti scientifici identificati attraverso la *query* a cui si riferiscono queste pagine.

In prima posizione, con un ampio distacco, si colloca la Commissione Europea, che ha supportato oltre 200 prodotti. A questi, a rigore, si dovrebbero aggiungere i circa 90 prodotti finanziati attraverso il VII Programma Quadro ed i circa 50 supportati dall'*European Maritime and Fisheries Fund*, che invece compaiono come entità a sé stanti in quarta e nona posizione, rispettivamente.

Ciò porta ad oltre 350 i prodotti a finanziamento europeo, che restano comunque in numero superiore a quelli a finanziamento statunitense, con NOAA, *National Science Foundation* (NSF) e Dipartimento del Commercio.

Per il Regno Unito è presente il *Natural Environment Research Council* (NERC), in terza posizione, mentre per il Canada in sesta posizione c'è il *National Sciences and Engineering Research Council of Canada* (NSERC). L'*Australian Research Council* (ARC) è in ottava posizione e il *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico* (CNPq) brasiliano in decima.

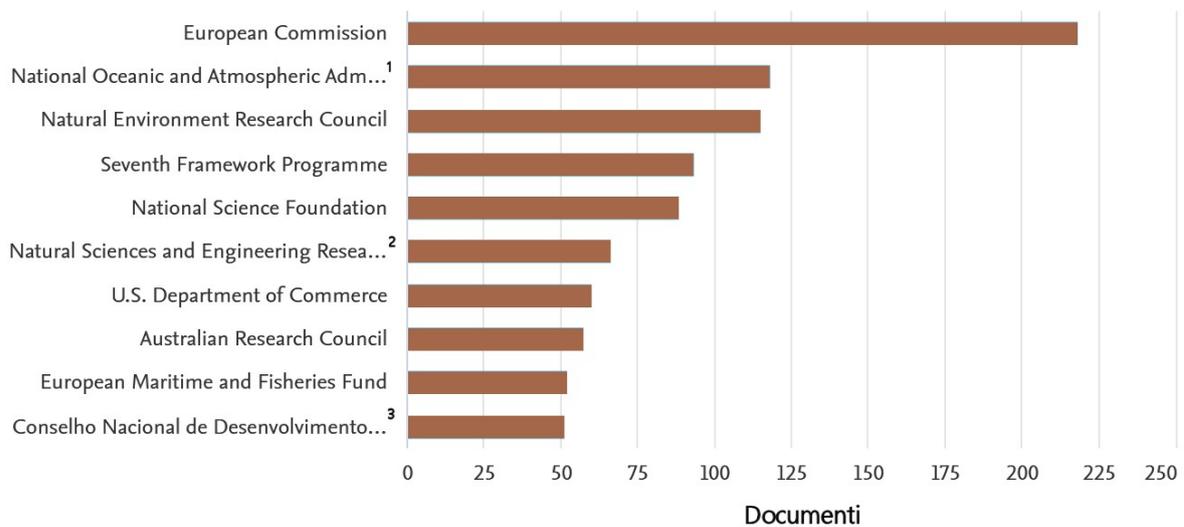


Figura 9 (modificata da Scopus, 1 National Oceanic and Atmospheric Administration, 2 National Sciences and Engineering Research Council of Canada, 3 Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico)

Aree tematiche della letteratura di riferimento

Le aree tematiche sotto cui sono catalogati i 3351 prodotti identificati sono mostrate, insieme alla percentuale di prodotti attribuiti, in Figura 10. Poco meno del 40% dei prodotti appartiene all'area delle *Agricultural and Biological Sciences*, seguito dal 27.7% dell'*Environmental Science*, per oltre i 2/3 dei prodotti totali. Una categoria più legata alla geologia ed all'oceanografia fisica (*Earth and Planetary Science*) segue con il 17.4% dei prodotti, mentre il restante 15% è distribuito fra altre otto categorie, ciascuna con percentuali molto basse e con una rilevanza marginale rispetto al tema dell'impatto della pesca a strascico sull'ambiente, almeno in termini di effetti diretti.

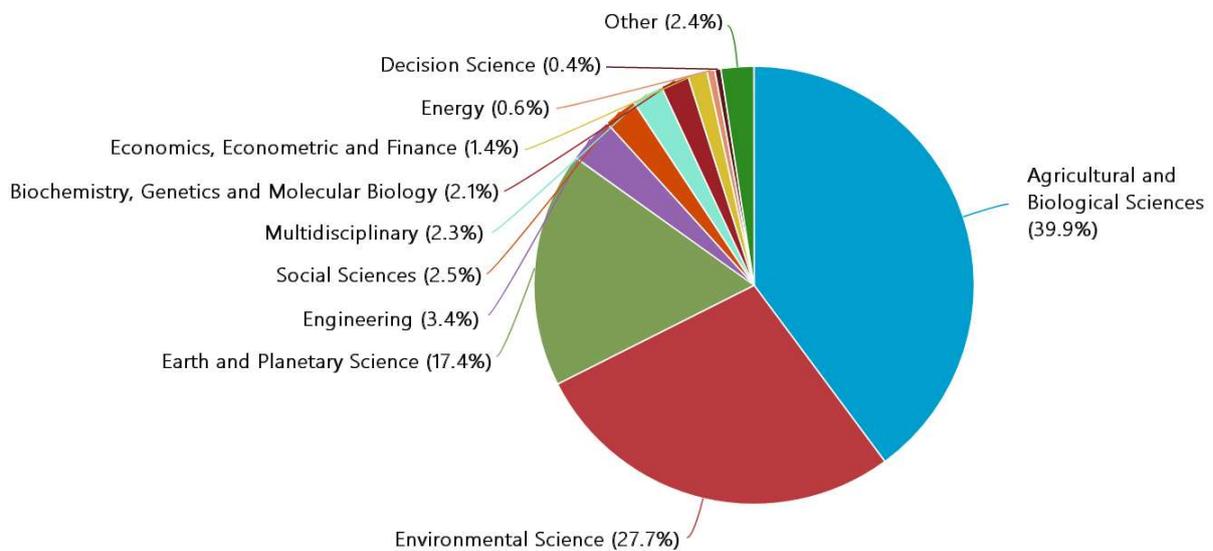


Figura 10 (modificata da Scopus)

Inoltre, sono stati cercati, elencati e conteggiati i termini ricorrenti nei titoli dei 3351 prodotti che costituiscono il repertorio bibliografico ottenuto attraverso la query presentata in apertura di questo capitolo. La lista completa è ovviamente molto lunga, ma i primi 20 termini ricorrenti, ordinati per frequenza discendente, sono mostrati sia in Tabella 4 che in Figura 11, sotto forma di diagramma a barre.

Ovviamente, a maggior ragione trattandosi di titoli, i termini ricorrenti più frequenti sono quelli più generali, come *Sea*, *Fish* e *Marine*, con il secondo che più direttamente identifica l'ambito entro cui si è lavorato e che è seguito in quarta e quinta posizione da *Fisheries* e *Fishing*, a cui si aggiunge *Fishery* in dodicesima posizione e *Trawling* in quattordicesima. A seguire, per frequenza di occorrenza, si trovano termini che si riferiscono all'ambiente, con *Habitat*, *Benthic*, *Ecosystem* e *Coral*, dopo i quali compaiono non solo *Management*, *Effects* e *Impacts*, che riportano a due aspetti rilevanti della pesca a strascico in relazione all'ambiente, ovvero gestione e conseguenze di questa attività.

Tabella 4

Termine ricorrente	Occorrenze (su 3351 titoli)
Sea	915
Fish	900
Marine	645
Fisheries	458
Fishing	441
Habitat	328
Benthic	325
Ecosystem	324
Coral	284
Management	273
Effects	269
Fishery	244
Mediterranean	235
Trawling	227
Impacts	226
Bottom	202
Species	193
Distribution	176
Spatial	165
Conservation	152

È interessante rilevare la presenza, in tredicesima posizione, di *Mediterranean*, anche se non è stata effettuata una *query* mirata all'area geografica, il che testimonia il fatto che nei nostri mari l'interesse al rapporto fra pesca e ambiente è più vivo.

Infine, in chiusura della lista dei 20 termini più frequenti troviamo *Bottom*, *Species*, *Distribution*, *Spatial* e *Conservation*, che rappresentano in maniera abbastanza fedele il tema dominante in letteratura, che è evidentemente quello della distribuzione spaziale dei taxa

sfruttati o di quelli sensibili, con attenzione, per questi ultimi, agli aspetti strettamente legati alla conservazione.

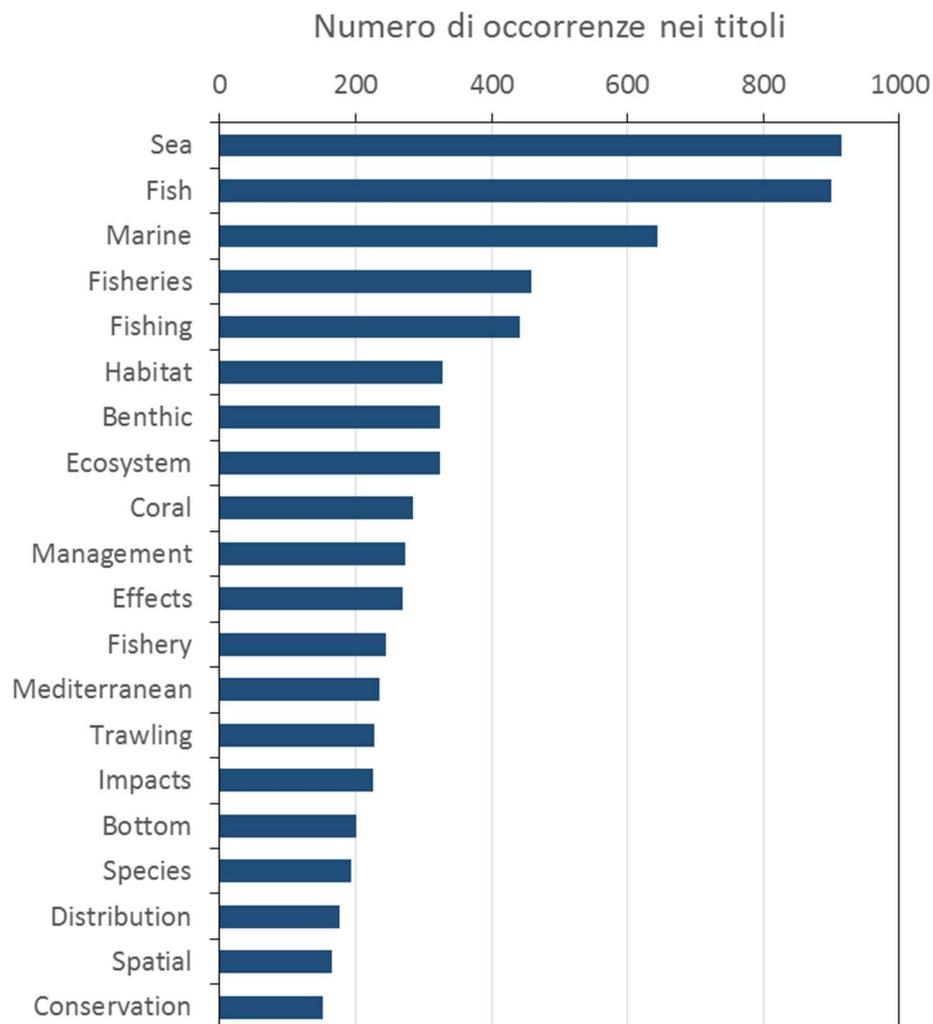


Figura 11

Le citazioni

I 3351 prodotti scientifici identificati attraverso la *query* Scopus citata in apertura e che qui di seguito si ripete per comodità di lettura

fishing AND gear AND effect AND benthic AND ecosystem AND (sea OR marine)

hanno totalizzato 121555 citazioni, per una media di 36.26 citazioni per prodotto al 20/8/2022. Dei 3351 prodotti, 3058 hanno avuto almeno 1 citazione, mentre il lavoro più citato ne aveva 3285 (Andrady, 2011). Quest'ultimo, tuttavia, tratta di microplastiche ed all'attualità dell'argomento deve le tante citazioni, mentre ha un'attinenza con il tema della *query* molto limitata.

A seguire, con oltre 2000 citazioni, si colloca un lavoro sulla sostenibilità della pesca su scala globale (Pauly et al., 2002), che tocca anche gli aspetti legati all'impatto sugli ecosistemi bentonici, pur senza entrare nei dettagli.

Il terzo titolo per citazioni, con oltre 1200 citazioni, verte sulla stima della biodiversità del Mediterraneo e di ciò che la minaccia (Coll et al., 2010) ed è interessante notare come in esso il termine "*trawling*" ricorra due sole volte, ma nessuna a proposito del suo impatto ambientale ed invece a proposito dello scarto e come metodo di campionamento della fauna demersale per valutare differenze fra le catture in diverse ore del giorno.

Il quarto titolo per citazioni riguarda ancora un argomento poco attinente, ovvero le comunità microbiche associate al *marine litter*, mentre il primo titolo specificamente dedicato all'impatto della pesca, anche se non solo della pesca a strascico, è al quinto posto con oltre 1100 citazioni (Jennings e Kaiser, 1998). Si tratta di un capitolo di un volume della collana *Advances in Marine Biology* che in un centinaio di pagine presenta un quadro completo, anche se in alcuni aspetti non più aggiornatissimo, delle problematiche legate all'impatto della pesca inteso in senso molto generale e quindi non confinato alla sola pesca a strascico o ai soli ecosistemi bentonici. È comunque un prodotto che effettivamente nel tempo è stato ritenuto come un punto di riferimento importante.

Per rendere un'idea sintetica ed efficace della letteratura corrente, subordinatamente alla capacità di una *query* di intercettare prodotti pertinenti, la Figura 12 mostra una mappa dei termini ricorrenti nei titoli selezionati in cui la dimensione dei caratteri dipende dalla frequenza con cui ricorrono i vari termini. Non a caso, fra quelli centrali e con caratteri più grandi si ritrovano tutti quelli citati in precedenza a proposito della Tabella 4 e della Figura 11, ma molti altri sono anche riportati, sia pure con corpo del carattere via via più piccolo. Fra questi, si notino i termini con caratteri arancio e di dimensioni intermedie (e quindi di

La pesca a strascico come sorgente di perturbazione degli ecosistemi marini

Necessità di un approccio olistico

Prima di entrare nel merito della presentazione degli effetti della pesca a strascico sull'ambiente marino ed in particolare, naturalmente, su quello bentonico, è opportuno rimarcare un dato di fatto molto spesso trascurato. Si tratta della necessità, ovunque riaffermata, basti pensare alle Direttive europee, ma quasi mai soddisfatta, di un approccio olistico allo studio degli ecosistemi ed alla valutazione del loro stato.

Molto spesso, infatti, l'attitudine riduzionistica che spesso guida i ricercatori non viene poi ricomposta in un quadro più generale, connettendo gli elementi noti e validando ipotesi e modelli di sistema.

In sostanza, in molti casi si finisce con lo studiare il dito e non la luna o con l'analizzare gli alberi dimenticando che sono parte di una foresta, tanto per riferirsi a due metafore molto popolari.

In molti casi una visione olistica è preclusa dal *background* dei singoli ricercatori, che tendono a specializzarsi più del dovuto per molteplici motivi. Tuttavia, se la cosa è comprensibile per uno zoologo, per esempio, che deve conoscere alla perfezione almeno un singolo gruppo tassonomico, non lo è certo per un ecologo, che dovrebbe essere portato ad un approccio olistico sempre e comunque.

Ovviamente, le difficoltà pratiche, la mancanza di risorse e la difficoltà a collaborare sono ostacoli su questo cammino, ma è inutile negare che un approccio olistico richiede anche competenze più vaste ed al tempo stesso rende più difficile ottenere risultati chiari e conclusivi con poco sforzo.

Dunque, molto spesso, quando si parla di effetti sull'ambiente, ci si ferma alla superficie, cioè agli effetti diretti, senza indagare relazioni di ordine superiore, che pure giocano un ruolo fondamentale in ecosistemi complessi. Basti pensare, a questo proposito, che l'implementazione italiana dei *target* ambientali della *Marine Strategy* prevede che si debbano ridurre nutrienti e clorofilla nelle acque costiere, ma al tempo stesso aumentare la

biomassa delle specie ittiche e la consistenza delle popolazioni delle specie ai livelli più alti della rete trofica, come per esempio i mammiferi marini.

In altre parole, si vuole rendere oligotrofico il dominio neritico dei nostri mari e ricco e produttivo quello pelagico, dimenticando che sono interconnessi e che qualsiasi aumento delle biomasse pelagiche deve essere sostenuto da input continentali che inevitabilmente interessano prima di tutto le acque costiere.

In quest'ambito, specialmente se si prende a paradigma l'Adriatico, la responsabilità dello stato generalmente non ottimale degli stock ittici viene attribuita al loro sovrasfruttamento, che ovviamente rappresenta una pressione assai rilevante.

Tuttavia, nell'assenza della visione olistica di cui si diceva, è assai raro che si chiamino in gioco altri fattori ed *in primis* la tendenza ormai conclamata ad una riduzione del carico di nutrienti ed alla conseguente riduzione della produzione primaria fitoplanctonica.

Quest'ultima, anche in un mare fortemente confinato come l'Adriatico, rappresenta comunque la base della rete trofica e ne determina in maniera sostanziale la capacità portante.

Quindi, se la pesca preleva più di quanto sia sostenibile, una politica ambientale che manca di una prospettiva olistica determina una riduzione del supporto agli stock di cui si vorrebbe migliorare lo stato.

In quest'ottica, è interessante fare riferimento, a titolo di esempio della necessità di una prospettiva olistica, ad un lavoro relativamente recente (Giani et al., 2012), che analizza serie storiche di lungo termine relative a apporti terrigeni, oceanografia, plancton, fauna ittica e benthos raccolte a partire dagli anni '70 e che ha rivelato cambiamenti significativi nel funzionamento e nella struttura trofica degli ecosistemi dell'Adriatico, in particolare di quello settentrionale.

Un graduale aumento dell'eutrofizzazione si è verificato durante gli anni '70 ed ancora fino alla metà degli anni '80, seguito da un'inversione di tendenza, particolarmente marcata negli anni 2000.

Questa tendenza è stata causata da una combinazione di fattori, tra cui la riduzione dell'impatto antropico, in particolare a causa di una sostanziale diminuzione dei carichi di fosforo, e di alterazioni climatiche, che hanno portato a una diminuzione delle precipitazioni e quindi del volume degli apporti terrigeni (Djakovac, 2012).

Ciò ha portato a una significativa diminuzione delle abbondanze del fitoplancton già dalla metà degli anni '80, con cambiamenti nella composizione delle comunità, in cui si sono affermate specie di taglia più piccola.

Ciò ha indotto cambiamenti e riduzione delle biomasse attraverso tutta la rete trofica, dallo zooplancton alle specie ittiche demersali ed ai predatori apicali, ripercorrendo in senso opposto la traiettoria di cambiamento osservata quando si erano instaurati fenomeni di eutrofizzazione.

Nella Figura 13 si nota, come riportato nel prodotto già citato (Giani et al., 2012), una diminuzione del carico di fosforo in due stazioni di monitoraggio (107 e 108). In entrambi i casi tale riduzione è da ritenersi significativa.

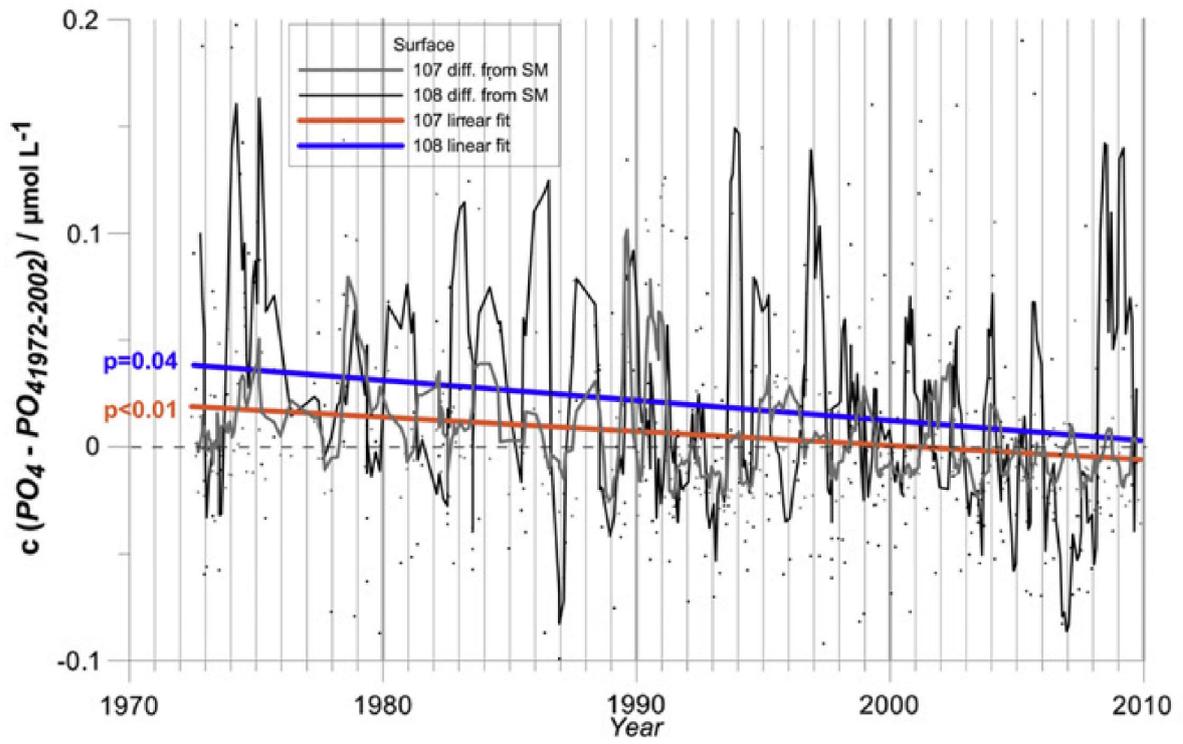


Figura 13

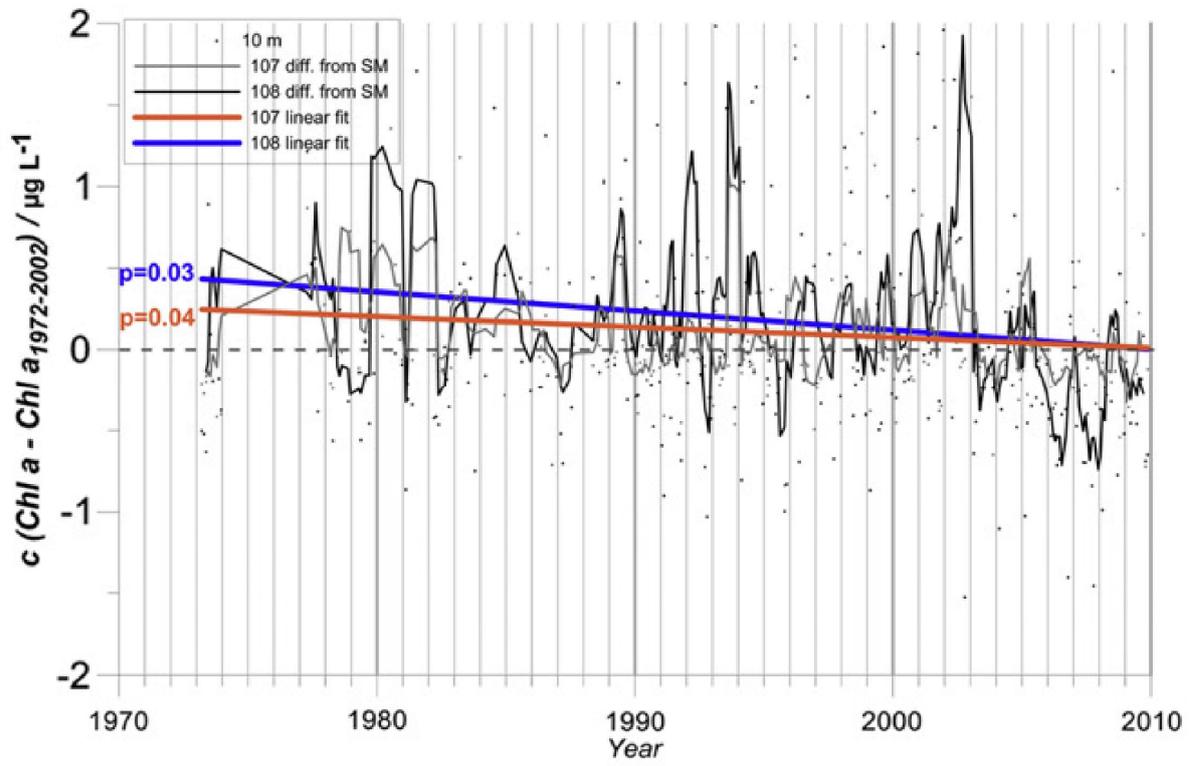


Figura 14

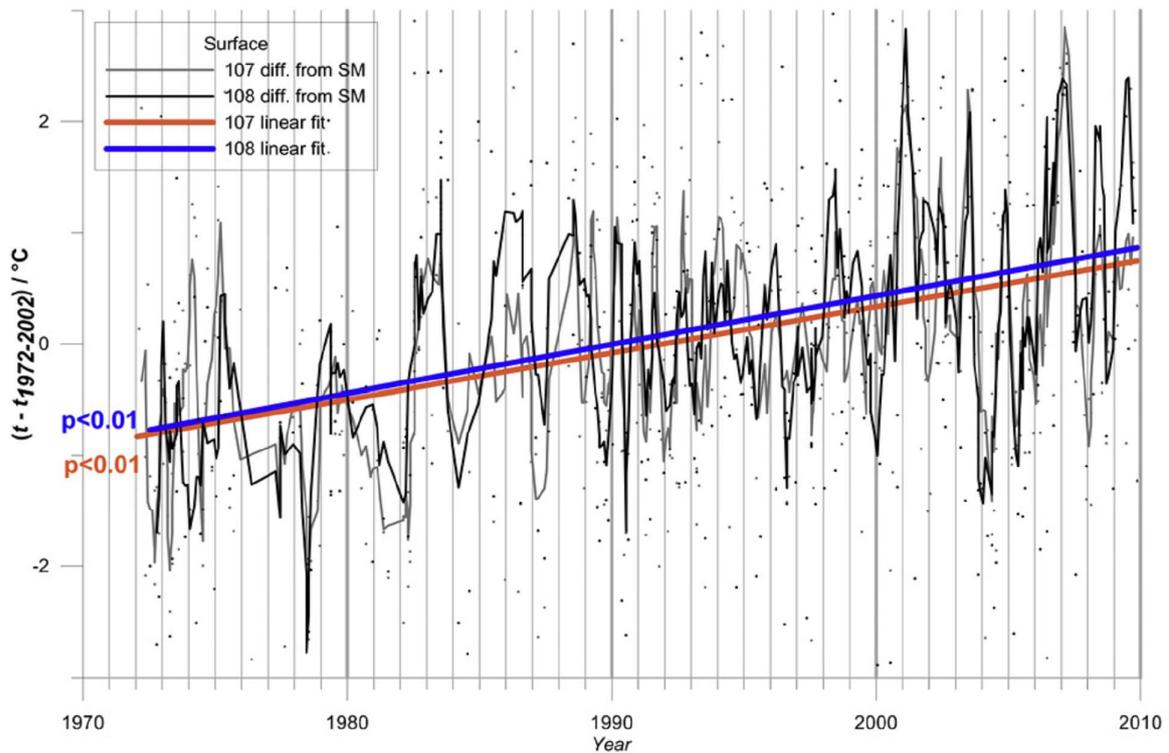


Figura 15

La biomassa del fitoplancton, il cui andamento è mostrato in Figura 14, è in chiara e significativa diminuzione, con le ripercussioni del caso sulla rete trofica.

Tuttavia, non bisogna dimenticare che tutto ciò è stato favorito, se non interamente causato, da un'alterazione climatica, come mostra la Figura 15.

Riguardo alla fauna ittica, la riduzione delle biomasse dei piccoli pelagici è stata attribuita ad una combinazione di pesca eccessiva e scomparsa dei fenomeni di eutrofizzazione, anche in rapporto alla riduzione degli apporti terrigeni (Sant'anni et al. 2006).

Questi ultimi, possono produrre effetti negativi per l'uomo e per l'ambiente (es. gli eventi di anossia degli anni '70 e '80), ma in misura controllata sono essenziali a mantenere elevate le biomasse dello zooplancton e di tutti i consumatori della rete trofica.

In questo quadro, l'aumento del numero e della rilevanza quantitativa delle popolazioni di specie alloctone è stato favorito in primis dall'aumento delle temperature, che ha premiato la diffusione di specie termofile (Dulčić et al., 2004; Azzurro et al., 2011).

Queste ultime, tuttavia, competono con le specie che compongono gli stock ittici oggetto di sfruttamento, limitandone la capacità di ripresa.

In conclusione, il lavoro di Giani et al. (2012), pur non analizzando tutte le componenti del sistema con lo stesso livello di dettaglio, è un buon tentativo di inquadrare un problema ecologico complesso in una prospettiva olistica.

Non fornisce tutte le risposte e non ne fornisce di conclusive, ma da una parte ci ricorda che ogni effetto ambientale è modulato da più fattori e dall'altra che ragionare per semplificazioni e per cliché ("meno nutrienti immettiamo nell'ecosistema, meglio è") porta fuori strada.

Nello specifico purtroppo questo errore è stato fatto dal nostro Paese, malgrado il parere contrario espresso dal MIPAAF nell'ambito del Comitato Tecnico che orienta l'implementazione della *Marine Strategy*, ma la necessità di un approccio olistico e di una visione informata dai principi dello sviluppo sostenibile rimane centrale in ogni caso. Ed ovviamente anche in merito al problema dell'impatto della pesca a strascico sull'ambiente, cioè all'oggetto di questo documento.

Pesca a strascico e ambiente: cenni storici

Una parte sempre crescente dell'opinione pubblica è sensibile ai temi ambientali e quindi gli effetti avversi, reali o presunti, di qualsiasi attività umana sono oggetto di attenzione da parte di un pubblico generalista e come tale raramente qualificato.

In questo scenario prevalgono posizioni estreme, spesso immotivate, e inevitabilmente manca quella visione olistica di cui si è già detto e che è ben lungi dall'essere scontata anche fra gli addetti ai lavori.

D'altra parte, è innegabile che la pesca a strascico produca degli effetti su ambiente e organismi marini, perché al prelievo di questi ultimi si aggiunge un'alterazione più o meno severa del primo. Ciò che resta da determinare è l'entità di tali effetti, che è estremamente variabile in funzione delle modalità con cui la pesca è praticata e delle condizioni al contorno e dunque non si presta a facili generalizzazioni.

Se si guarda all'indietro, almeno verso epoche e luoghi dei quali esiste traccia nelle cronache storiche, non sorprende che l'attenzione agli effetti della pesca a strascico sia nata, in assenza di un'opinione pubblica interessata alla materia, fra i pescatori.

Negli ultimi anni, infatti, vari studi hanno rilevato che le lamentele sull'impatto della pesca a strascico sugli ecosistemi sfruttati ed in particolare sull'ambiente bentonico risalgono a molto tempo fa, addirittura al XIV secolo (Jones, 2018). I riferimenti all'esistenza di ciò che è stato descritto in una petizione a Edoardo III d'Inghilterra, nel 1376, come un "*wondyrchoun*" (che stava per "*wondrous ability*", cioè abilità meravigliosa, ma che era, a tutti gli effetti, una piccola sfogliara) sono ora comuni nella letteratura relativa alla storia della pesca a strascico. Come riportato da Kennelly e Broadhurst (2002) sappiamo che:

The great and long iron of the wondyrchoun runs so heavily and hardly over the ground when fishing that it destroys the flowers of the land below the water, and also the spat of oysters, mussels and other fish upon which the great fish are accustomed to be fed and nourished. By which instrument in many places the fishermen take such quantity of small fish that they know not what to do with them; and they feed and fat their pigs with them, to the great damage of the Commons of the Realm and the destruction of the fisheries.

Ovvero che:

“Il grande e lungo ferro del *wondyrchoun* scorre così pesantemente e difficilmente sopra il terreno durante la pesca che distrugge i fiori della terra sotto l'acqua, e anche le giovani ostriche, cozze e altri pesci di cui i grandi pesci sono abituati ad essere nutriti. Con il quale strumento in molti luoghi i pescatori prendono una tale quantità di piccoli pesci che non sanno che farne; e con loro nutrono e ingrassano i loro maiali, con grande danno dei beni comuni del Regno¹ e con la distruzione della pesca”.

Già prima di tale petizione, tuttavia, il problema era sentito. Nel Tamigi, ad esempio, la cattura di pesci immaturi e di piccola taglia era illegale già nel 1320 e nel 1349 si registrava il

¹ Con una traduzione plausibile, ma approssimativa, del termine *commons* che in realtà è intraducibile in maniera diretta e che proprio nell'epoca in questione ha visto più volte ritoccato il suo significato specifico.

sequestro di 15 reti che contenevano tre *bushels* (circa 75 kg) di pesci «che, per la loro piccolezza, non potrebbero servire a nessuno».

Malgrado ciò, la storia di questo tipo di pesca e dei suoi effetti va al di là di questa prima descrizione nei documenti di stato di epoca Plantageneta, ma ciò è in gran parte sfuggito all'attenzione degli studiosi, almeno per ciò che riguarda il periodo che va tra il XIV e la fine del XVIII secolo, di cui restano solo riferimenti frammentari.

Ad esempio, sappiamo che la protesta del XIV secolo contro il *wondyrchoun* segnò l'inizio di una battaglia che si ripropose nella prima metà del XVII secolo, quando Carlo I dovette affrontare il problema dell'uso di una rete denominata all'epoca *trawle* e del suo impatto sugli stock ittici sfruttati.

È solo dalla fine del XVIII secolo ed ancor più nel XIX (Figura 16) che la pesca a strascico assume proporzioni effettivamente industriali e con essa i suoi effetti (Kennelly and Broadhurst, 2002).

Tuttavia, è interessante notare come oggi molti ignorino o non tengano conto di quanto sia antica la storia della pesca a strascico e di quanto abbia modificato gli ecosistemi marini sfruttati.

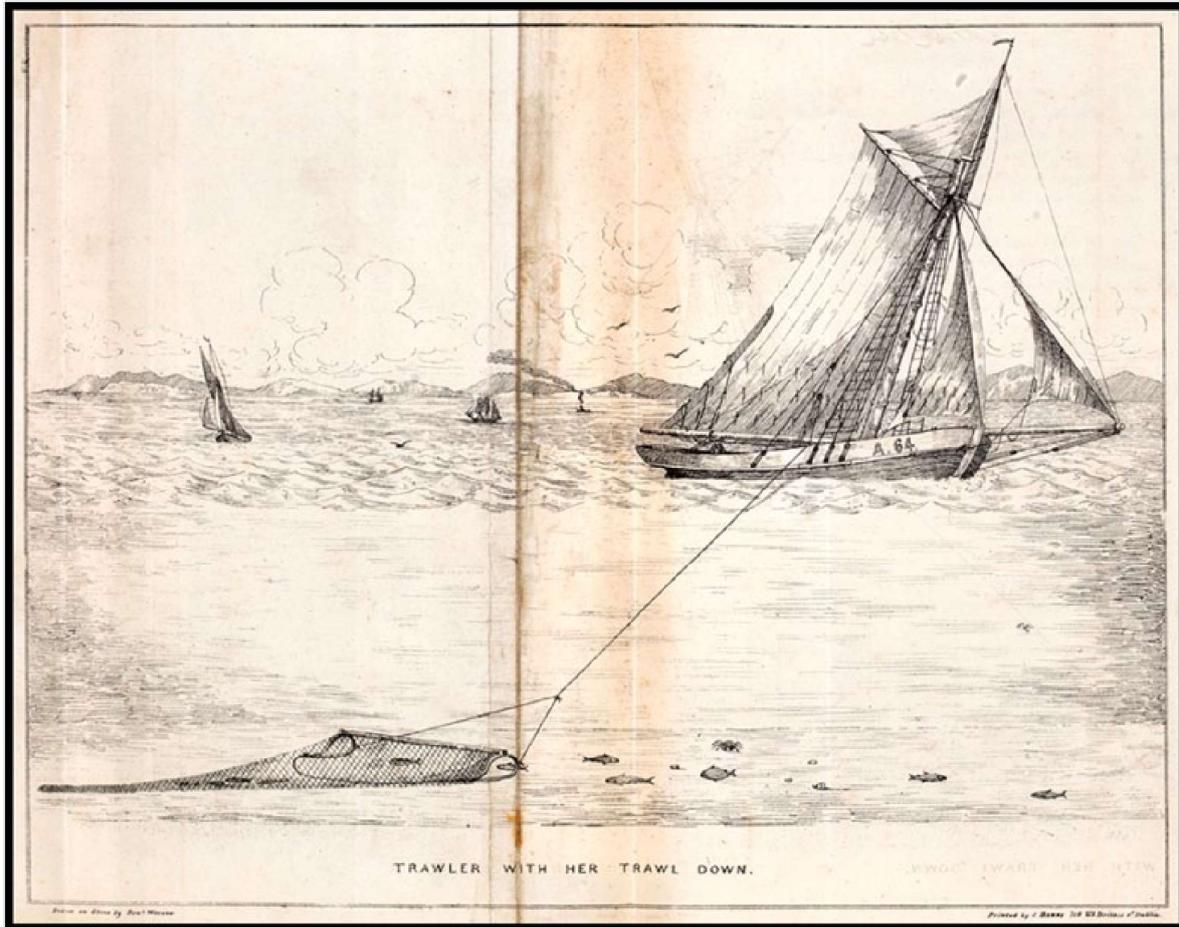


Figura 16 (Da W. Brabazon, The Deep Sea and Coast Fisheries of Ireland, Dublin, 1848)

Primi lavori scientifici sull'impatto della pesca a strascico

Venendo a tempi più moderni, una svolta di eccezionale importanza ai fini dello studio degli effetti della pesca a strascico, così come di qualsiasi altra questione scientifica, è stata rappresentata dall'affermarsi dei data base bibliografici e dei motori di ricerca ad essi collegati. In buona sostanza, esiste una “vecchia” letteratura scientifica su carta, solo parzialmente indicizzata, sempre su carta, da pubblicazioni dedicate a questo fine, ed esiste una “nuova” letteratura scientifica, che è accessibile online e quindi di molto più facile accesso. La demarcazione fra le due si sposta lentamente all'indietro nel tempo, ma il processo è laborioso e frammentario ed è quindi logico fare riferimento prevalentemente a ciò che è oggi effettivamente disponibile, anche perché, per lo sviluppo quantitativo della

letteratura scientifica, ciò che è stato pubblicato negli ultimi 40-50 anni supera di gran lunga tutto il pregresso.

Per identificare il punto di partenza di un'ipotetica storia moderna della ricerca sugli effetti della pesca a strascico, è stata impostata la seguente *query* Scopus:

trawl AND (effect* OR impact*) AND benth**

Essendo una *query* più generica di quella di cui si era detto in precedenza, il risultato è consistito in ben 12.915 documenti di cui il più vecchio è del 1959 ed il secondo per età del 1970. Tuttavia, la relativa genericità della *query* ha portato all'inclusione di molti prodotti che non avevano una reale attinenza con il tema della ricerca ed il primo prodotto effettivamente pertinente compare solo con l'inizio degli anni '80 (Gibbs et al., 1980) ed è interessante notare che esso sostiene l'assenza di impatto della pesca a strascico sul benthos.

In particolare in questo lavoro era stato studiato l'effetto della pesca a strascico a divergenti (in particolare di una tipologia comunemente impiegata per la pesca del gambero negli estuari del New South Wales, in Australia) sul macrozoobenthos di fondo mobile.

L'effetto era stato valutato mediante campionamento quantitativo diretto del macrozoobenthos in tre siti impattati e in un sito di controllo in tre repliche: prima e dopo la pesca a strascico intensiva, prima dell'apertura della stagione commerciale per i gamberi e di nuovo alla fine della stagione commerciale.

La similarità fra le comunità macrozoobentoniche osservate nei diversi siti e nelle diverse repliche fu poi analizzata mediante tecniche di *clustering* e mediante Analisi della Varianza su indici descrittivi della comunità macrozoobentonica (numero di individui, numero di specie e diversità, misurata attraverso l'indice di Shannon). Furono considerate separatamente l'epifauna e l'infauna e poi anche l'intera comunità.

Sulla base delle analisi effettuate, Gibbs et al. (1980) conclusero che sia attraverso il campionamento quantitativo, sia attraverso una serie di osservazioni subacquee non esistevano elementi tali da far ritenere che le reti a strascico a divergenti utilizzate per la

pesca dei gamberi avessero causato cambiamenti nella struttura o nell'abbondanza della comunità macrozoobentonica.

In un lavoro di poco successivo a quello di cui si è appena detto, fu concentrata l'attenzione su un fenomeno apparentemente in contraddizione con l'ipotesi di un effetto avverso della pesca a strascico sull'ecosistema bentonico (Persson, 1981). Infatti l'autore nota che:

"These facts indicate that the increased standing crop of macrobenthos also in the central Baltic may be caused by reduced predation pressure - from flounder and dab - and not by the eutrophication process."

Ovvero che:

"Questi fatti indicano che l'aumento della biomassa residente di macrobenthos anche nel Baltico centrale può essere causato dalla ridotta pressione predatoria - da parte della passera di mare e della limanda - e non dal processo di eutrofizzazione".

Nel lavoro vennero discusse le possibili cause dell'aumento a lungo termine della biomassa macrobentonica nel Baltico vero e proprio. I dati sembravano indicare che l'eutrofizzazione generata dall'aumento dei carichi di nutrienti derivasse da un processo sviluppatosi nei tre decenni precedenti e che la produzione primaria fosse raddoppiata durante questo periodo.

I dati sul macrobenthos dal Baltico meridionale indicavano un marcato aumento dei valori di biomassa al di sopra dell'alocline tra gli anni '20 e '50, mentre successivamente, pur in presenza di un aumento dei carichi di nutrienti, non era stato riscontrato alcun ulteriore aumento della biomassa. Per questo motivo fu respinta l'ipotesi che l'eutrofizzazione fosse una delle principali cause dell'aumento della biomassa macrobentonica.

Tuttavia, era noto che le popolazioni di pesci piatti nel Baltico meridionale fossero molto dense prima degli anni '20 e che ciò comportasse una forte competizione intra- ed interspecifica per le risorse trofiche, cioè per la fauna bentonica.

Questa situazione mutò, per l'intenso sfruttamento di queste popolazioni negli anni '20 e all'inizio degli anni '30, che portò a tassi di crescita significativamente più elevati, a livello individuale, a causa della ridotta competizione (Figura 17).

Nel complesso, lo studio concluse che l'aumento osservato dei valori di biomassa macrobentonica fosse stato dovuto alla diminuzione della pressione su questo comparto esercitata dai pesci piatti, oggetto di intensa pesca (Persson, 1981).

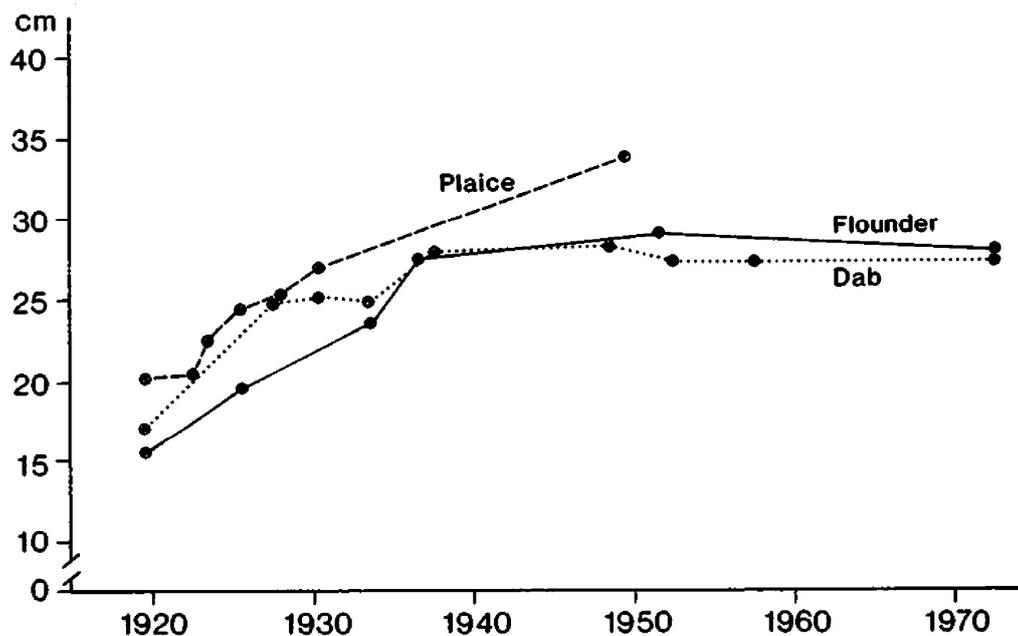


Figura 17 (lunghezza media di individui di 4 anni, da Persson, 1981)

Anche se le conclusioni dei primissimi studi sugli effetti della pesca a strascico indicavano l'assenza di impatti sulla comunità macrozoobentonica o addirittura effetti positivi sulla stessa, è evidente che questa conclusione riguardava i soli fondi mobili e comunque singole istanze di un problema assai diffuso.

Ciò che si sapeva per certo è che gli attrezzi da pesca trainati, incluso lo strascico a divergenti o di altro tipo, influivano sull'ambiente sia in modo diretto che indiretto.

Gli effetti diretti noti includevano la raschiatura e l'aratura del substrato, la risospensione dei sedimenti, la distruzione del benthos e lo scarico dello scarto di pesca.

Gli effetti indiretti includono la mortalità post-pesca e le modifiche a lungo termine del benthos indotte dalla pesca e tutto ciò era stato chiaramente esposto all'inizio degli anni '90, da Jones (1992).

Quest'ultimo arriva a valutare in molti decenni il tempo di recupero degli ecosistemi profondi impattati dalla pesca a strascico, a causa della minor resilienza delle comunità profonde e delle popolazioni delle singole specie. In particolare si identifica la soglia dei 1000 m come profondità oltre la quale le caratteristiche dell'ecosistema bentonico richiedono decenni perché si possa osservare un ritorno ad un assetto simile a quello pristino.

È interessante notare come questa quota batimetrica, che di per sé rappresenta una soglia a cui è facile fare riferimento per segnare un limite di ciò che si considera "profondo", è proprio quella che è stata scelta per limitare la pressione della pesca a strascico in Mediterraneo, come sarà discusso in una delle ultime sezioni di questo documento.

Negli anni '90 inizia ad affermarsi un diffuso interesse per la valutazione degli effetti della pesca in generale e di quella a strascico in particolare. Anche se il numero di prodotti scientifici sull'argomento non era grande, compaiono nella letteratura scientifica le prime *review*, che cercano di fare il punto sullo stato dell'arte e che offrono un punto di ingresso agevolato alla tematica, ed i primi lavori che mirano a determinare l'eventuale esistenza di impatti attraverso disegni di campionamento adeguati e tecniche statistiche multivariate.

Un buon esempio è fornito da Kaiser e Spencer (1996) che analizzarono l'effetto della pesca a strascico mediante sfogliara sull'infauna della Baia di Liverpool (UK). In questo caso, è bene precisare, si trattava di un attrezzo che penetra nello strato superficiale del sedimento più di quanto non possa fare una rete a strascico a divergenti e quindi gli effetti sull'infauna sono ovviamente più rilevanti di quelli che produce quest'ultimo tipo di attrezzi.

Lo studio fu condotto con un accurato disegno sperimentale, che comprendeva aree esposte alla pesca ed aree di controllo imperturbate.

Al campionamento del macrobenthos mediante benna Day da 0.1 m² fu abbinata una serie di rilievi mediante *side-scan sonar*, controllando anche le rotte lungo cui furono effettuate le cale mediante un sistema di posizionamento DGPS che garantiva un'accuratezza molto elevata per l'epoca (+/- 2.5 m). I dati raccolti furono analizzati mediante tecniche di analisi statistica multivariata oggi comunemente utilizzate, ma innovative per l'epoca.

I risultati mostrarono come gli effetti della pesca a strascico con sfogliara non erano stati gli stessi in tutti i siti campionati, ma differivano in funzione delle caratteristiche del substrato che ne traducevano la stabilità rispetto all'idrodinamismo e, in generale, alle forzanti meteomarine, pur se la tessitura del sedimento era omogenea fra i diversi siti. Dove il sedimento era risultato, dai *survey side-scan sonar*, stabile ed uniforme (a sinistra in Figura 18, dove con B sono etichettate le aree di pesca e con C quelle di controllo, affiancate per confronto), l'effetto della pesca aveva ridotto di oltre il 50% l'abbondanza di alcuni taxa e dimezzato la ricchezza specifica dell'infauna macrobentonica.

L'effetto era stato invece molto meno marcato laddove il sedimento era più mobile e marcato da *mega-ripples* e anche meno uniforme per struttura spaziale (a destra in Figura 18). Infatti, in questo secondo caso le differenze fra aree esposte alla pesca ed aree di controllo non erano risultate significative.

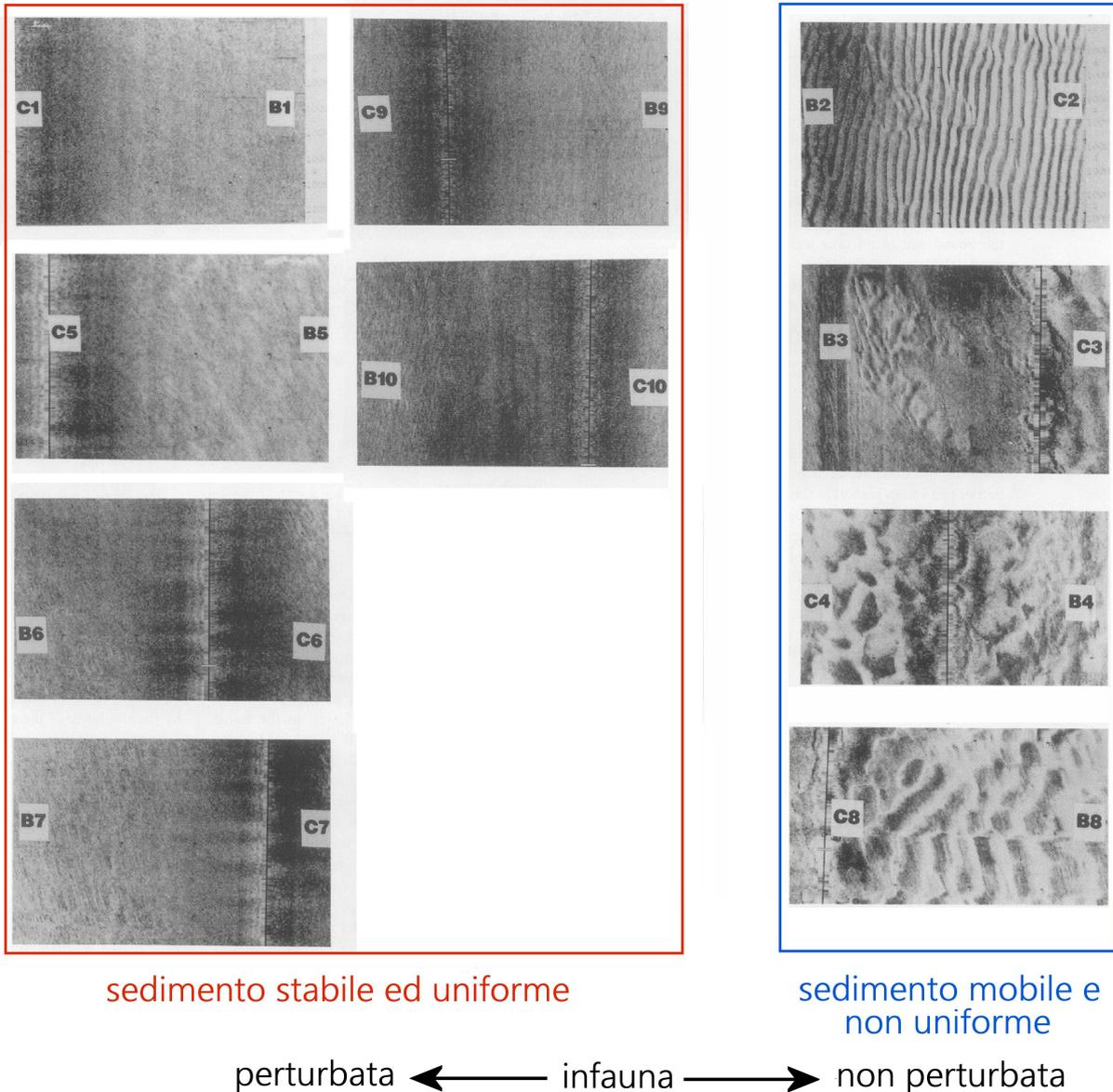


Figura 18 (modificato da Kaiser e Spencer, 1996)

Le conclusioni di questo studio (peraltro riprese successivamente da molti altri studi) erano dunque state che l'effetto della pesca a strascico si manifestava in maniera apprezzabile nelle aree più stabili, in quanto meno soggette ad altre forme di disturbo dell'infauna macrozoobentonica, ma non in altre.

Inoltre, le differenze rilevate, nel primo caso, fra aree esposte alla pesca ed aree di controllo riguardavano solo alcuni indicatori univariati (es. ricchezza specifica, diversità, etc.), mentre

in termini multivariati, analizzando la struttura della comunità nel suo complesso, le differenze fra aree esposte alla pesca ed aree di controllo non era risultata mai significativa, indipendentemente dalla natura del substrato.

Dunque, gli effetti della pesca (in questo caso con la sfogliara, che è un attrezzo che interagisce fortemente con il substrato) si erano manifestati in alcune circostanze, ma non come regola generale. Ovviamente, come notarono già commentarono Kaiser e Spencer (1996), se il disturbo è ripetuto e di lungo termine è verosimile che gli effetti si manifestino in maniera più marcata.

La quantificazione della frequenza della perturbazione del comparto bentonico ad opera della pesca a strascico è stata approcciata con varie tecniche, ma quella che utilizza la lettura dei danni alla conchiglia di *Arctica islandica*, un mollusco bivalve di grande taglia ampiamente distribuito fra Mare del nord ed Atlantico settentrionale, è di particolare interesse (Witbaard e Klein, 1994).

Infatti, questa specie è molto longeva (arriva anche a 100 anni di età, anche se l'accrescimento rallenta molto dopo i primi 15-20) e quindi è esposta nel suo ciclo vitale a subire anche più volte gli impatti con gli attrezzi da pesca, con il vantaggio, rispetto ad altri organismi dell'infauna, di poter datare gli impatti grazie alla possibilità, ben nota per i molluschi, di tracciare l'accrescimento della conchiglia e quindi degli impatti subiti da uno stesso individuo come è visibile in Figura 19.

Inoltre, questa specie dispone di sifoni alquanto corti e quindi vive nello strato più superficiale del sedimento, dove è particolarmente esposta alla pressione degli attrezzi da pesca ed in particolare delle sfogliare utilizzate nel Mare del Nord dalle marinerie olandesi.

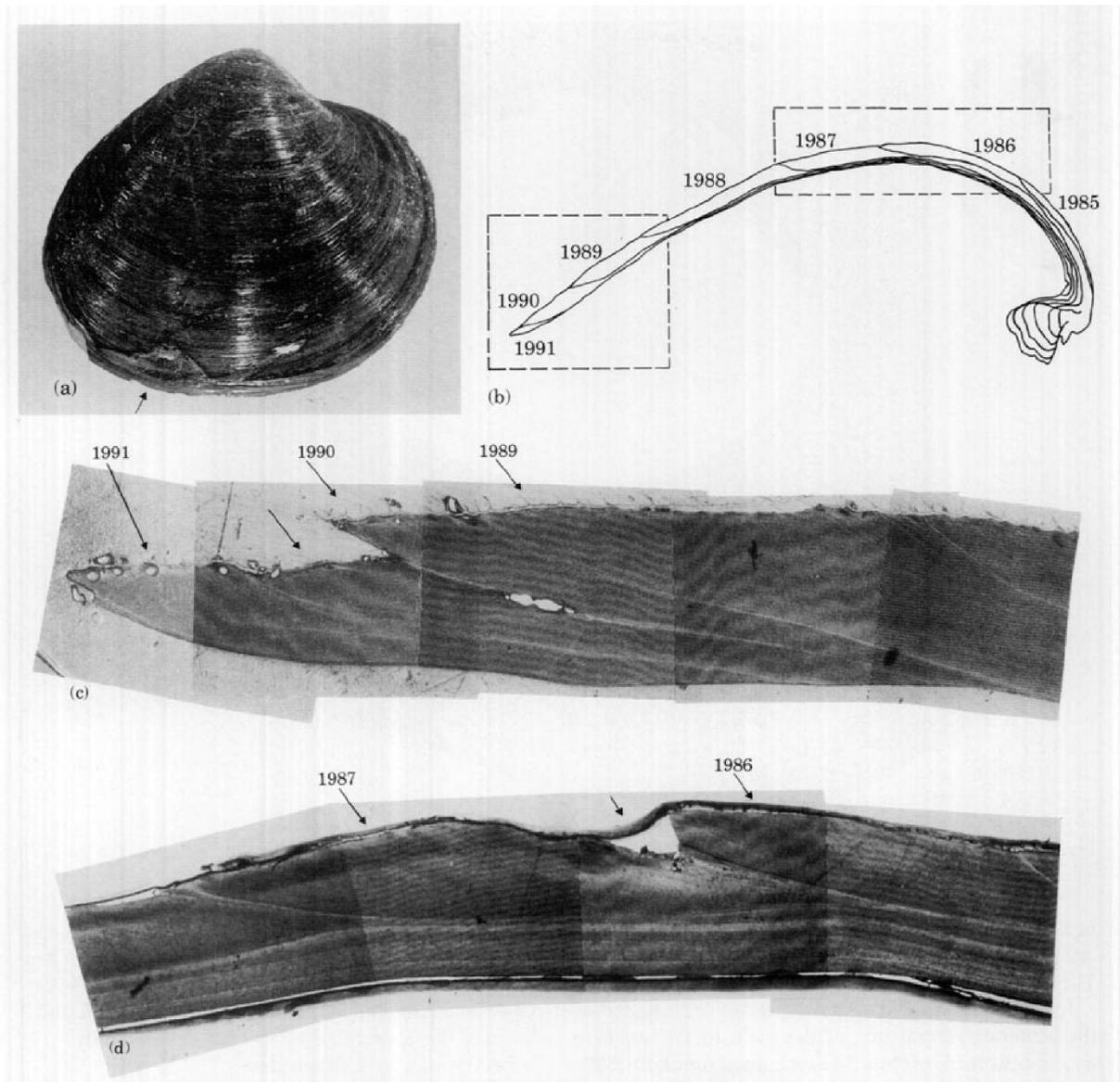


Figura 19

Con l'aumento della pressione di pesca e la crescita quantitativa delle flotte tra gli anni '70 e gli anni '90 del secolo scorso (Witbaard e Klein, 1994) i danni agli individui di *Arctica islandica* hanno conosciuto un rapido incremento.

Ciò si è tradotto in un altrettanto netto aumento della percentuale di individui con la conchiglia danneggiata una o più volte, come mostrato dall'altezza delle barre in Figura 20. In questa stessa figura il numero al di sopra di ciascuna barra indica invece il numero totale di individui che avevano un'età tale da aver potuto registrare un danno risalente ad un

determinato anno. In altre parole, su un campione di 48 individui che consentivano di leggere correttamente l'età, tutti recavano almeno un segno di impatto e tutti consentivano di tracciare i danni presenti fra il 1991 e il 1983 compreso.

Solo metà degli individui (24) consentiva di tracciare eventuali danni fino al 1978 ed un quarto (12) fino al 1968. Come si può facilmente notare, la percentuale di individui danneggiati varia parecchio, con un massimo tra il 1987 ed il 1988 (quasi metà degli individui impattati in quegli anni), una riduzione fino al 1983 (circa il 10% di individui impattati) e poi un nuovo aumento fino al 1978, con un quarto degli individui impattati. Andando indietro nel tempo la flotta peschereccia, meno numerosa, aveva un impatto minore e meno individui risultavano danneggiati (Figura 20).

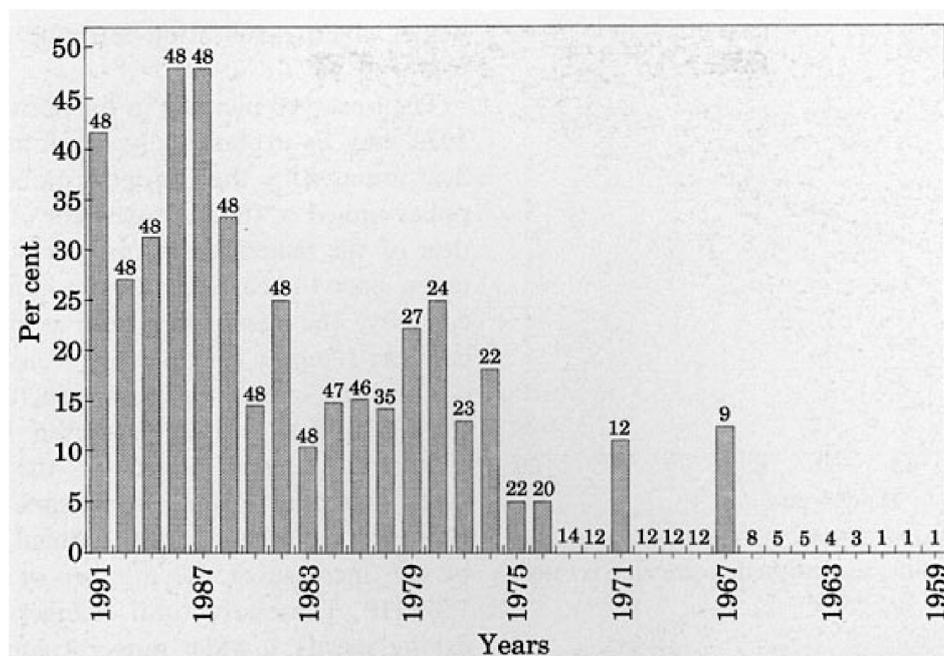


Figura 20

Dunque, se le informazioni sull'aumento della consistenza numerica della flotta consentivano di ipotizzare un proporzionale aumento dello sforzo di pesca e quindi dell'impatto sull'ecosistema bentonica, questo studio ha rappresentato un interessante esempio di stima diretta di tale impatto su una specie non target e quindi di stima indiretta del livello di perturbazione generato a livello di ecosistema marino.

Una interessante *review* a metà degli anni '90 ha fatto il punto sugli effetti generali della pesca sull'ambiente (Dayton et al., 1995), ma non ha mancato di trattare quelli legati agli attrezzi trainati, distinguendone le diverse tipologie e presentandone gli effetti. Il taglio della trattazione è quello tipico di un lavoro di nicchia, che deve spiegare anche gli aspetti più elementari ad un pubblico poco informato.

D'altra parte, la *query* Scopus presentata in precedenza nella sezione "La base conoscitiva di riferimento" a tutto il 1995 raccoglieva soltanto 18 titoli, su un totale, ad oggi, di 3.351.

Nella loro *review*, Dayton et al. (1995) spiegavano che esistono molti tipi di reti a strascico e di draghe che vengono trainati sul fondale. In ogni caso questi attrezzi sono poco selettivi e quindi le catture accessorie rappresentano un serio problema.

Gli effetti sul fondale marino includono anche impatti fino a una profondità di 30 cm nel substrato, nonché la risospensione dei sedimenti e la distruzione di molti organismi bentonici, soprattutto se sessili.

Una visione critica circa gli effetti della pesca a strascico, in parte in contrasto con alcuni risultati apparentemente rassicuranti di cui si è detto in precedenza, è stata presentata anche da Riemann e Hoffmann (1991) e da Jones (1992).

Inoltre, Bergman e Hup (1992) riferirono che una sfogliara poteva penetrare nel sedimento per almeno 6 cm.

Quest'ultima stima, in particolare, era basata sul fatto che nelle catture furono reperiti anche individui di *Echinocardium cordatum* di taglia relativamente grande, che, come si vede in Figura 21, non si trovano a meno di 6 cm di profondità, nel sedimento.

Bergman e Hup (1992) riportarono anche lunghi elenchi di specie bentoniche minacciate e notarono che la maggior parte delle aree più produttive vengono battute dalla pesca a strascico molte volte in un anno.

La loro area di studio era stata soggetta alla pesca almeno tre volte all'anno e sulla base di ciò essi hanno impostato una pesca sperimentale condotta con pari frequenza, che ha ridotto echinodermi, policheti e molluschi in misura compresa fra il 10% ed il 65%.

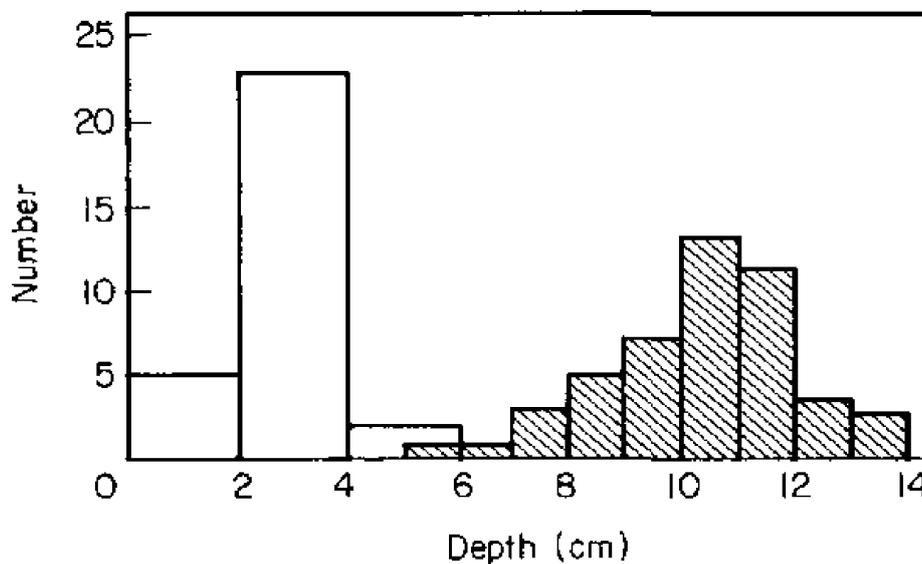


Figura 21 (distribuzione verticale, nel sedimento, di individui di *Echinocardium cordatum* di taglia <1 cm, in bianco, e >4 cm, in tratteggio, da Bergman e Hup, 1992)

Northridge (1991), secondo Dayton et al. (1995), esaminò parte della letteratura europea che suggeriva una importante mortalità accidentale legata alla pesca a strascico, notando che oltre ad arrivare alla perdita di specie bersaglio come capesante e altri molluschi, le catture accessorie possono essere particolarmente importanti.

Un rapporto ICES (1995) riassume molti casi di estese catture accessorie bentoniche nel Mare del Nord. A fronte di casi caratterizzati da una mortalità bentonica estremamente variabile, non di rado furono registrati casi in cui questa era risultata molto elevata.

Bergmann et al. (1990), sempre secondo Dayton et al. (1995), notarono che le specie bersaglio costituivano solo da un quinto a un terzo delle catture totali, mentre Bergman e Hup (1992) riportarono casi di elevata mortalità di popolazioni del mollusco bivalente *Arctica islandica*, specie di cui si è detto e che ha un ciclo vitale molto lungo.

Questi autori dimostrarono inoltre che gli esemplari danneggiati dagli attrezzi da pesca a traino (prevalentemente dalle sfogliare) venivano preferenzialmente consumati da merluzzi e altri predatori. Tuttavia, anche una mortalità non totale può essere estremamente grave

per specie longeve e dal reclutamento non particolarmente intenso, se queste vivono in aree esposte alla pesca a strascico più volte l'anno.

Gli insiemi di dati organizzati in serie storiche sufficientemente lunghe da poter consentire di rilevare alterazioni ecologiche in relazione alla pressione di pesca sono tutt'oggi assai rari. Tuttavia, Reise (1982) e Riesen e Reise (1982) già 40 anni fa avevano analizzato i mutamenti in corso dagli anni '20 nel Mare dei Wadden, che includevano la perdita dei letti di ostriche e delle biocostruzioni a policheti (Figura 22), mentre Holme (1983) ha riportato un forte degrado delle comunità bentoniche indotto dalla pesca a strascico nella Manica.

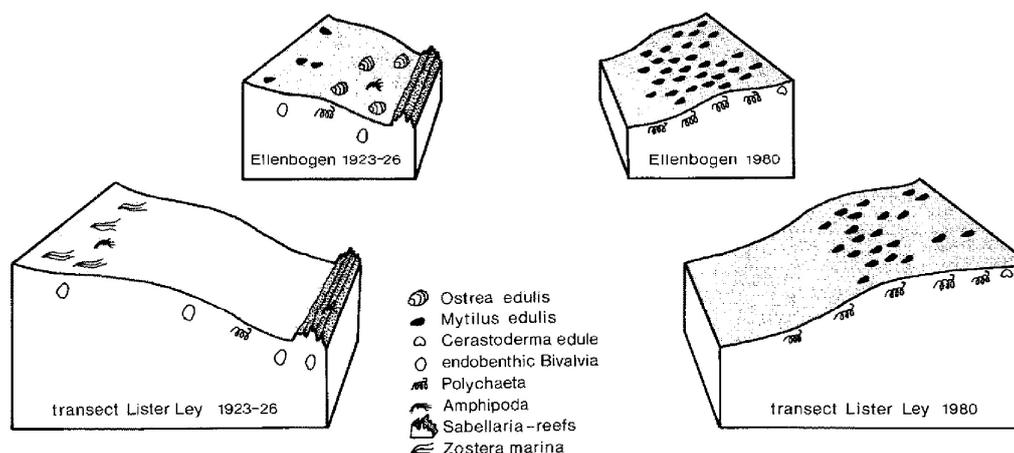


Figura 22 (da Riesen e Reise, 1982)

La pesca a strascico a divergenti produce spesso catture accessorie ed in alcuni casi ciò può avvenire in misura quantitativamente rilevante. All'inizio degli anni '90, il gruppo olandese BEON, che vedeva cooperare istituti e istituzioni nell'ambito della *Policy Linked Ecological Research North Sea and Wadden Sea*, rilevò tassi di mortalità del 10-30% per le stelle marine, del 10-50% per molti molluschi, del 40-60% per i decapodi e oltre il 90% di mortalità per il bivalve *Arctica islandica* (BEON, 1990; 1991; 1992).

Si noti che questi valori erano relativi alla mortalità per una singola cala e dunque una semplice estrapolazione rapportata all'intensità annuale della pesca a strascico suggeriva livelli elevatissimi di mortalità dei *taxa* bentonici. Se si rapportava la mortalità per classi di

età alla maturazione sessuale e quindi al reclutamento, fu compreso che i livelli osservati potevano virtualmente portare alla scomparsa di molte specie da questo particolare habitat.

In generale, comunque, era ben chiaro che molti taxa bentonici comuni possono essere pesantemente impattati (de Groot, 1984; Dyer et al., 1983). Ad esempio, Langton e Robinson (1990) dimostrarono effetti importanti sui letti di capesante, inclusi cambiamenti su vaste aree nella densità della macrofauna associata e nelle caratteristiche dei sedimenti.

Il rapporto ICES (1995) affrontò fra i primi la stima delle aree interessate dagli attrezzi da pesca trainati, riassumendone le caratteristiche di penetrazione nel substrato e valutando l'estensione delle zone pescate su 100 ore. In totale, la superficie impattata nella regione di studio fu calcolata in $346.811 \text{ km}^2 \text{ anno}^{-1}$ per ciò che riguarda le forme più gravi, mentre la superficie comunque esposta all'impatto nel solo 1989 fu stimata in 667.572 km^2 , cioè quasi il doppio di quella in cui gli effetti si erano in qualche modo già cronicizzati.

Fra la fine degli anni '80 e l'inizio dei '90, in una fase storica in cui la pressione esercitata dalle marinerie era in forte espansione ed ancora lontana dalla saturazione, la percentuale di copertura del Mare del Nord con zone di pesca interessate da sfogliare e reti a strascico era, in media, del 60%, sia pure con differenze di due ordini di grandezza fra lo sforzo nelle aree meno sfruttate e in quelle più sfruttate.

Il rapporto ICES precedentemente menzionato evidenziava il fatto che i pescatori tendevano a concentrare lo sforzo su zone considerate più redditizie ed evitavano quelle in cui le caratteristiche del fondale o la presenza di ostacoli rendeva più probabile la perdita degli attrezzi.

La pressione della pesca a strascico nel Mare del Nord, comunque, era già cresciuta al punto da avere aree su cui venivano effettuate da 3 a 5 cale per anno (Bergman e Hup, 1992).

Quanto all'estensione spaziale complessiva delle aree impattate, Krost et al. (1990) formularono mediante estesi rilievi side-scan sonar una stima più ottimistica di quella menzionata in precedenza per l'Ansa di Kiel, valutando nel 25% la superficie impattata dalla pesca (Figura 23 e Figura 24).

Quella stimata per l'Ansa di Kiel era comunque una frazione molto minore di quella riportata per il Mare del Nord nel suo complesso, che raggiungevano punte del 70% per il Mare del Nord olandese, sempre sulla base di valutazioni effettuate sulla base di tracce visibili di attrezzi a traino (BEON, 1992).

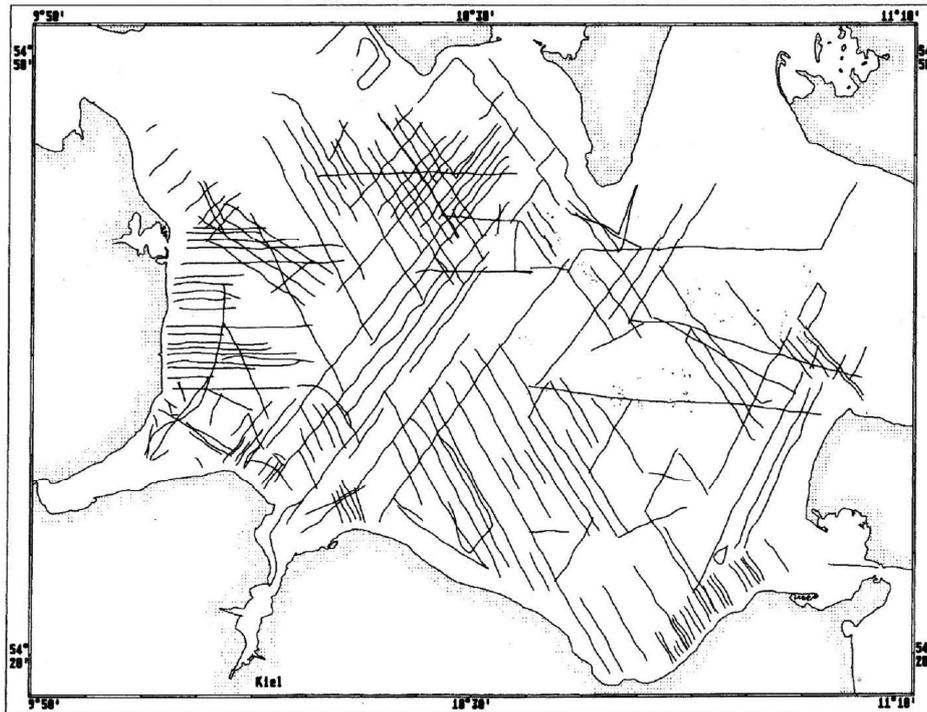


Figura 23 (da Krost et al., 1990: rotte dei rilievi side-scan sonar)

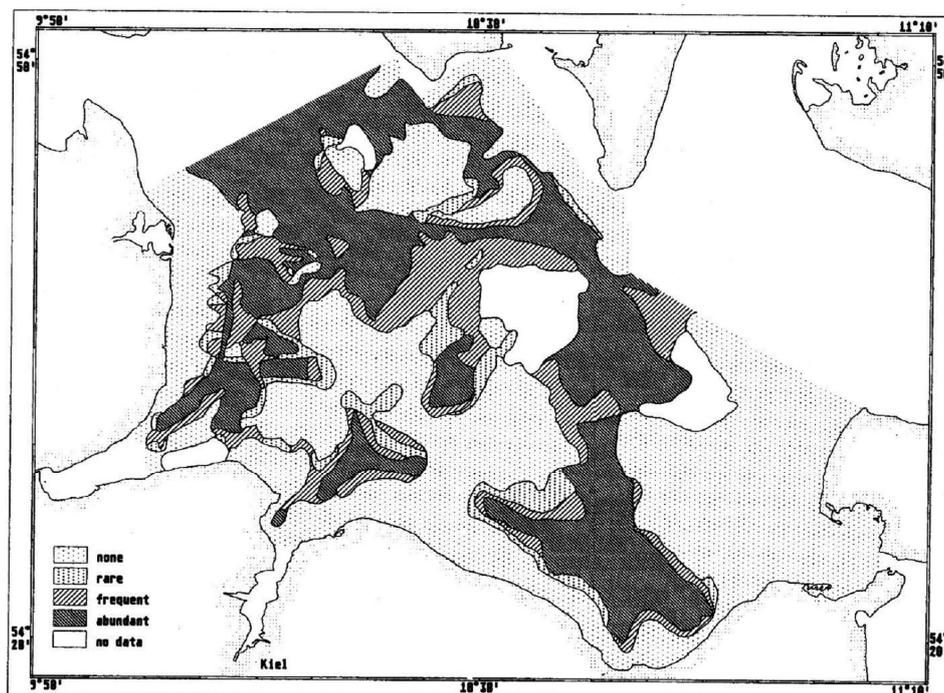


Figura 24 (da Krost et al., 1990: frequenza delle tracce di pesca a strascico sul fondale)

Parallelamente e per lo stesso periodo storico, ma sull'altra sponda dell'Atlantico, Churchill (1989) ha stimato un impatto anche più sostenuto lungo la costa atlantica degli Stati Uniti, fra Chesapeake Bay e Cape Cod, con tutta la piattaforma continentale interessata dalle attività di pesca, ma con aree a sud di Cape Cod che erano state battute per intero fino a tre o quattro volte l'anno.

La quantificazione della pressione esercitata dalle reti a strascico sul fondale e sulle comunità bentoniche è stato oggetto di molte stime, che sono (come si vede chiaramente dalla distribuzione dello sforzo in Figura 25) ovviamente sito-specifiche e che erano ben poco generalizzabili in epoche in cui la posizione delle imbarcazioni non era tracciata in continuo.

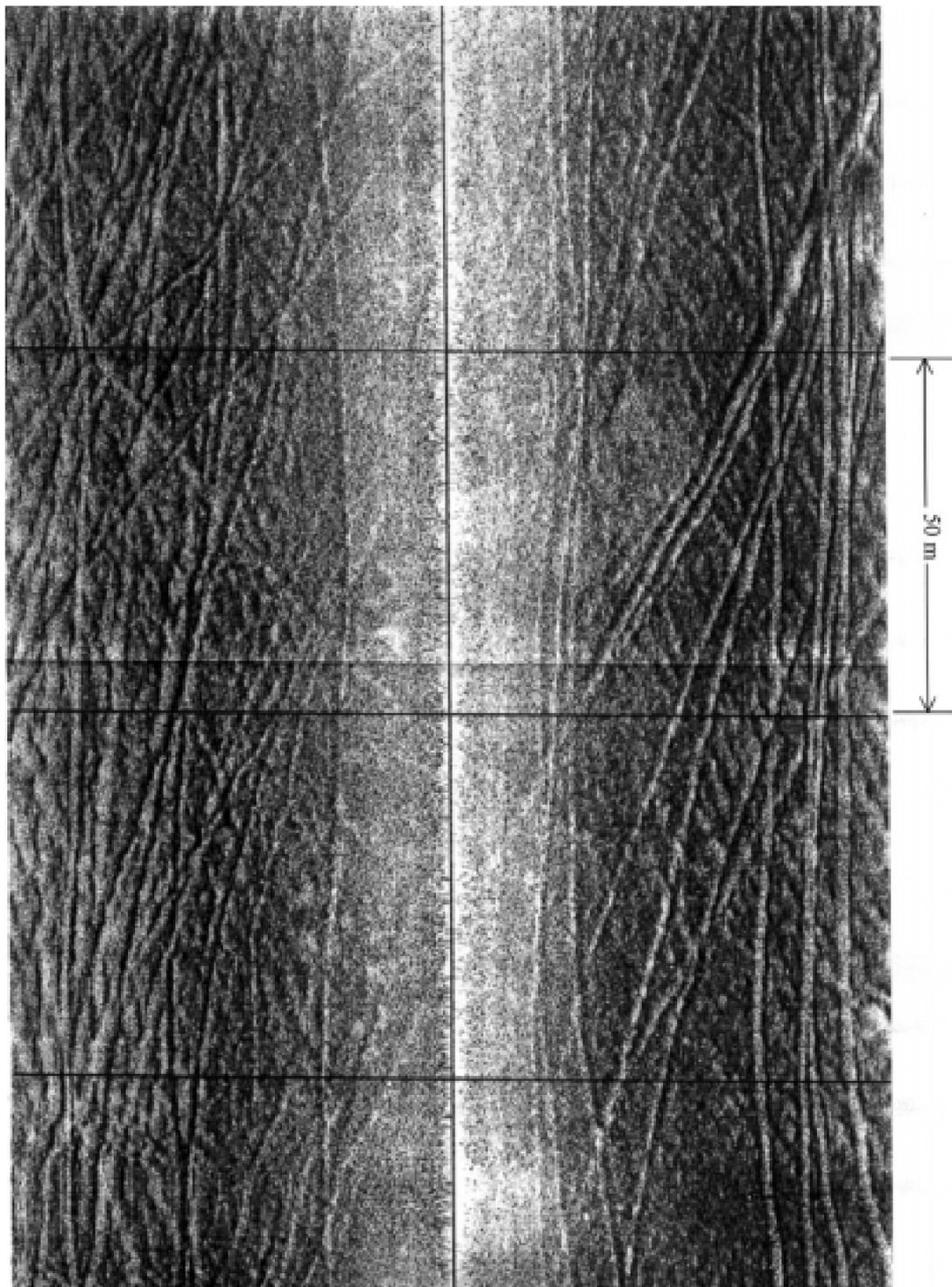


Figura 26 (da Dealeris et al., 1999)

L'alterazione degli habitat dovuta alla pesca a strascico è stata a lungo trascurata, ma con l'aumento della dimensione delle flotte e con il corrispondente aumento della pressione da

esse esercitata tra gli anni '80 e l'inizio della decade successiva il livello di attenzione è cresciuto. Ad esempio, la citata *review* di Northridge (1991) raccolse gli effetti della pesca a strascico in acque costiere scozzesi, con i relativi impatti sulle fanerogame, sulle biocostruzioni, sul *maerl* e sulle comunità associate.

Mutatis mutandis, ciò che fu riportato è esattamente quanto è stato poi osservato nelle praterie di *Posidonia oceanica* nel Mediterraneo, inclusi i mari italiani. Un esempio molto precoce di valutazione di questo effetto è fornito da Ardizzone e Pelusi (1984), ma molti altri sono seguiti sul medesimo tema (es. Sanchez-Jerez e Ramon-Esplà, 1996).

In particolare, questi ultimi autori avevano confrontato aree di prateria impattate con aree di controllo, rilevando differenze significative in termini di densità assoluta, di ricoprimento del substrato e di densità relativa, come mostrato in Figura 27, ovviamente a sfavore delle aree impattate dalla pesca a strascico.

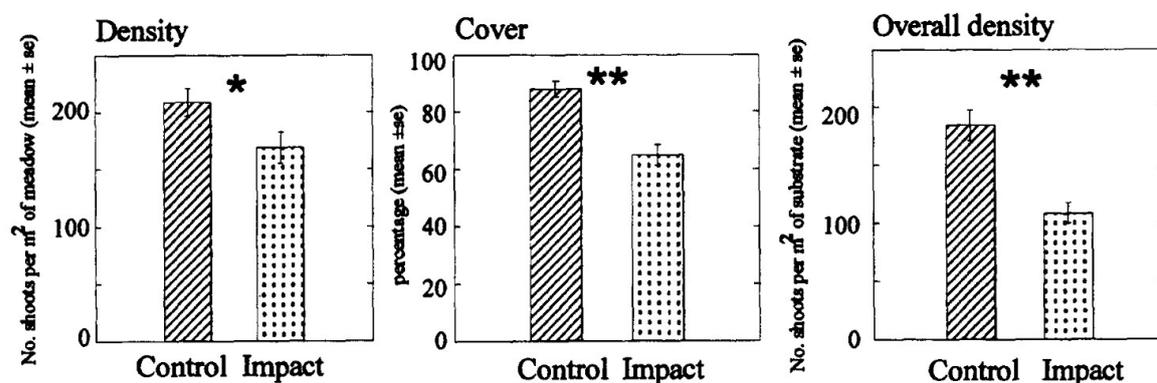


Figura 27 (confronto fra aree impattate e di controllo per densità assoluta, ricoprimento e densità relativa, da sinistra verso destra, da Sanchez-Jerez e Ramon-Esplà, 1996)

Holme (1983) discusse la perdita di habitat a idroidi e briozoi nel Canale della Manica, così come in Nuova Zelanda fecero Bradstock e Gordon (1983), segnalando la perdita di ampi letti di briozoi a causa della pesca a strascico.

In tutti i casi menzionati era già ben chiaro che gli *habitat* che erano stati distrutti dalla pesca a strascico rappresentavano con tutta probabilità delle aree di *nursery* importanti per molte

specie, incluse alcune di quelle bersaglio delle stesse attività di pesca che avevano generato i danni.

Oltre a quello degli impatti meccanici diretti, già 30 o 40 anni fa era chiaro il ruolo importante giocato da quelli indiretti, ad esempio in relazione all'aumento della torbidità causato dall'azione degli attrezzi a traino.

Quest'ultimo aveva l'effetto di ridurre ulteriormente la vitalità degli stessi habitat a fanerogame marine che erano già oggetto di impatto diretto, problema presente nei nostri mari solo nell'ambito di attività di pesca illegale in aree che sarebbero altrimenti interdette.

È interessante notare, infine, come già a metà degli anni '90 un documento statunitense di indirizzo non solo scientifico, ma anche politico (*National Research Council, 1994*), a proposito dell'approccio ecosistemico alla pesca ed in particolare alla protezione degli *habitat*, recitasse:

“Habitat alteration by the fishing activities themselves is perhaps the least understood of the important environmental effects of fishing. Alterations to resource habitats due to fishing may result from the loss of habitats of non-target species, such as species encrusting cobbles, or of other epibenthic habitats, which may be important nursery areas for juvenile fish; from the alteration of nutrient levels and bottom sediment, including destruction of habitat by bottom trawling, dredging, and other fishing and processing operations ; and from the generation of suspended debris that can have lethal effects long after fishing activities have ceased.”

Ovvero:

“L'alterazione dell'*habitat* da parte delle stesse attività di pesca è forse il meno conosciuto degli importanti effetti ambientali della pesca. Le alterazioni degli habitat delle risorse dovute alla pesca possono derivare dalla perdita di habitat di specie non bersaglio, come quelle incrostanti piccoli substrati solidi, o di altri *habitat* epibentonici, che possono essere importanti aree di *nursery* per il novellame; dall'alterazione dei livelli di nutrienti e dei sedimenti, compresa la distruzione dell'*habitat* da parte della pesca a strascico, delle draghe

e di altre operazioni di pesca e trasformazione; e dalla generazione di particolato sospeso che può avere effetti letali anche molto tempo dopo la cessazione delle attività di pesca.”

La ricerca scientifica nel nuovo millennio

Alla fine del secolo scorso, sempre facendo riferimento alla query presentata nella sezione “La base conoscitiva di riferimento”, i prodotti scientifici sull’impatto della pesca a strascico sull’ambiente marino erano meno del 3% di quelli disponibili oggi.

Tuttavia, si era formato un quadro già molto chiaro degli effetti osservati e dell’estensione delle aree da essi interessate, almeno in termini relativi, all’interno di quelle studiate.

Era ben chiaro che la pesca colpisce gli *habitat* dei fondali marini in tutto il mondo, certamente sulla piattaforma continentale, ma anche oltre. Questi impatti sono distribuiti in modo irregolare in base alla distribuzione spaziale e temporale dello sforzo di pesca, che ovviamente dipende dal comportamento dei pescatori e da norme e regolamenti che lo vincolano.

La frequenza e l'intensità del disturbo, dunque, varia tra i diversi tipi di habitat, ma anche le diverse tipologie pesca impattano in misura diversa sul fondale marino.

Gli *habitat* strutturalmente complessi (es. praterie di fanerogame o biocostruzioni) e quelli meno esposti a perturbazioni di origine naturale (es. substrati infangati in ambienti profondi) erano risultati chiaramente più vulnerabili rispetto ad habitat più esposti ad altre sorgenti di stress, come quelli di fondo mobile a tessitura più grossolana che si trovano in acque costiere poco profonde.

Gli studi disponibili dimostravano come gli *habitat* più sensibili al disturbo da parte della pesca a strascico presentassero tempi di recupero più lunghi e traiettorie più complesse per ciò che riguarda la ricolonizzazione da parte della fauna a loro associata.

In particolare, era stato dimostrato, attraverso la comparazione di aree esposte a diversi livelli di sforzo di pesca, che un’azione cronica di disturbo da parte della pesca a strascico porta alla rimozione delle specie a maggiore biomassa, soprattutto fra quelle dell’epifauna.

Il fatto che la produttività delle aree pescate venisse effettivamente ridotta all'aumentare dell'intensità della pesca, soprattutto con la rimozione delle specie a più alta biomassa, metteva in discussione una convinzione diffusa in molte marinerie e cioè che la pesca a strascico migliorasse la produzione dei fondali marini, contribuendo ad aumentare il supporto trofico per le specie ittiche bersaglio.

Non mancano, a inizio millennio, delle *review* che sviluppano ulteriormente quanto raccolto da documenti analoghi negli anni '90, ed un buon esempio si trova in Kaiser et al. (2002).

In generale, sono ormai ben noti gli effetti sui diversi substrati ed anche le differenze fra la rete a strascico a divergenti (*otter trawl*) e la sfogliara (*beam trawl*), con la seconda che certamente incide più profondamente nel sedimento.

La pesca con rete a strascico a divergenti, quando effettuata illegalmente su vegetazione sommersa (indicata, in ambito extramediterraneo, come SAV, ma che in Mediterraneo coincide quasi perfettamente con le aree ricoperte di fanerogame marine), genera una riduzione della copertura del substrato, perdita di rizomi (laddove presenti), risospensione di sedimento, ma anche aumento dei tassi di sedimentazione (Guillen et al., 1994).

Nello specifico del Mediterraneo e dei nostri mari un esempio di grande interesse è stato quello che riguardava la prateria tra Terracina ed il Circeo, che è andata incontro ad una forte regressione nel corso di alcuni decenni (Ardizzone et al., 2006).

In questo caso la pesca a strascico è stata interdetta da tempo sulla prateria, e la pesca illegale è fra le cause del degrado, anche se altre forme di pressione antropica hanno assunto rilevanza sempre maggiore. Il risultato, in ogni caso è drammatico, come si può notare in Figura 28.

Mantenendo l'attenzione sugli ecosistemi più fragili, viene confermata la fragilità, rispetto all'impatto della pesca a strascico, del megabenthos degli ecosistemi profondi. Fra questi, gli habitat biogenici formati dai coralli sono componenti importanti delle comunità che caratterizzano le montagne sottomarine, ma la loro fragilità li rende estremamente suscettibili ai danni causati dalla pesca a strascico.

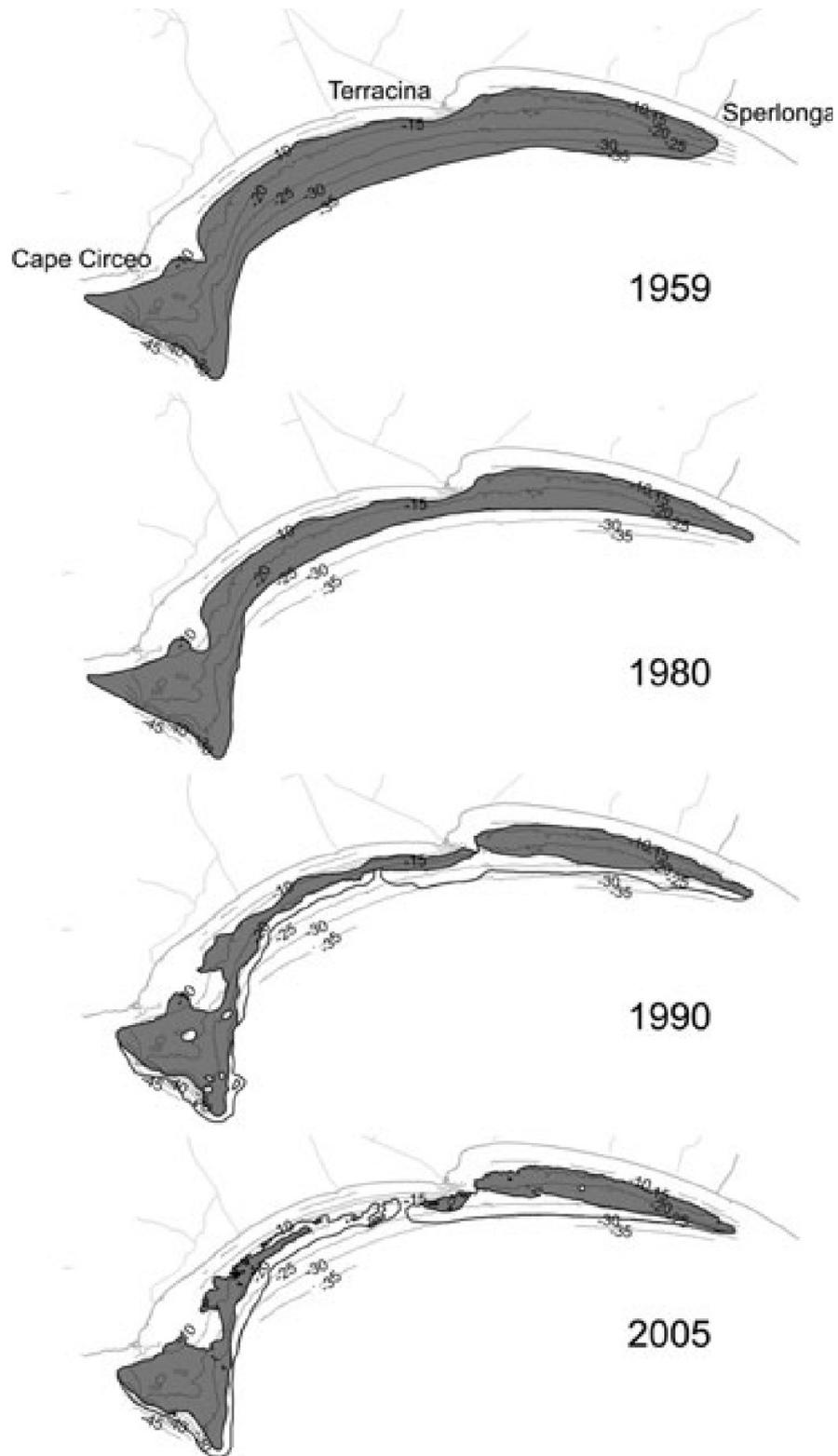


Figura 28 (estensione della prateria di *Posidonia oceanica* fra Terracina ed il Circeo, da Ardizzone et al., 2006)

Althaus et al. (2009) esaminarono le alterazioni all'ambiente bentonico delle montagne sottomarine al largo della Tasmania (Australia) in relazione a diversi livelli di esposizione alla pesca a strascico, analizzando decine di migliaia di fotogrammi video.

Fu osservato come la pesca a strascico avesse avuto un impatto drammatico, con una fortissima riduzione della presenza di coralli, *in primis* della madrepora *Solenosmilia variabilis*.

La perdita dell'habitat dei coralli non era stata un evento isolato, ma si era tradotta in una fortissima riduzione della ricchezza specifica, della diversità e della densità dei taxa megabentonici in generale. Ovviamente, furono osservate differenze molto nette fra le montagne sottomarine oggetto di pesca a strascico e quelle indenni o meno impattate (Figura 29 per le immagini, Figura 30 per un confronto in termini di copertura del substrato).

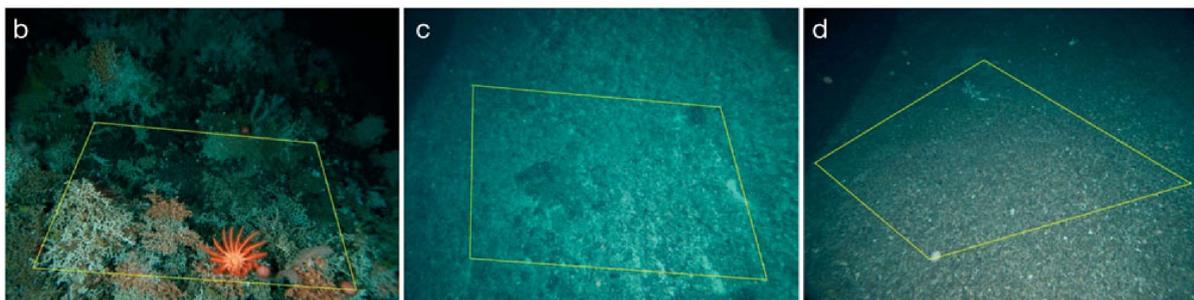


Figura 29 (da Althaus et al., 2009: b) copertura a *Solenosmilia variabilis imperturbata*; c) area impattata dalla pesca tra 5 e 10 anni prima; d) area impattata dalla pesca al momento dello scatto

Il segnale inquietante, però era che non si notava alcun chiaro segnale di ripresa della comunità megabentonica sulle montagne sottomarine dove la pesca a strascico era stata dapprima ridotta e poi cessata del tutto da 5 anni.

Poiché il recupero negli habitat profondi è intrinsecamente molto lento, i benefici derivanti dalla chiusura delle attività di pesca, che per esempio in Mediterraneo dal 2005 impediscono di operare oltre la batimetria dei 1000 m, potrebbero emergere solo nel tempo e non essere identificabili nel breve termine. Dunque le interdizioni a protezione degli habitat profondi (ed in generale di quelli più fragili) potranno manifestare i loro effetti solo a lungo termine, seguendo i ritmi biologici delle specie coinvolte.

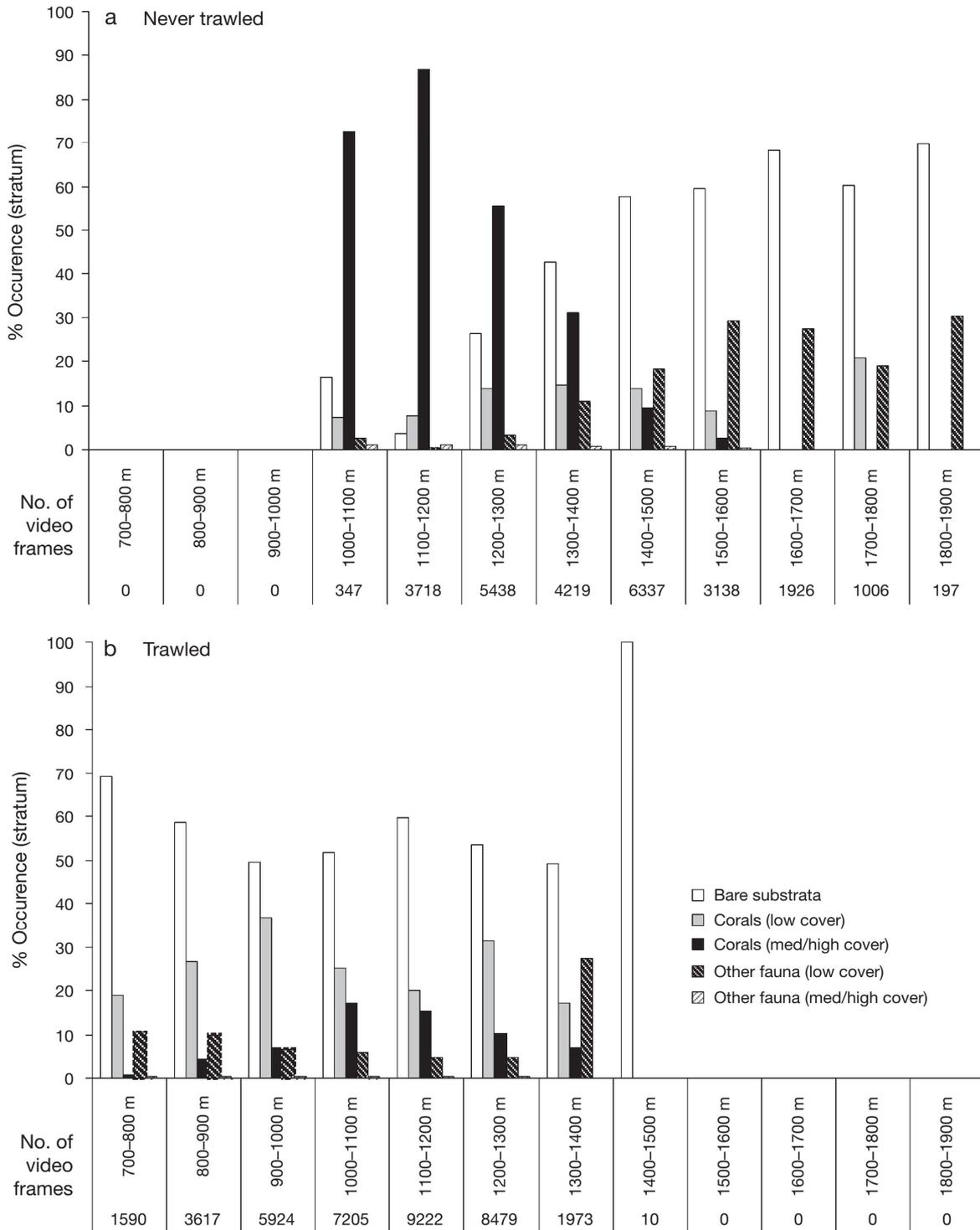


Figura 30 (da Althaus et al., 2009)

Il tema dello sfruttamento delle montagne sottomarine, che nei nostri mari non è particolarmente sentito, è di grande rilevanza in altre aree geografiche. Ad esempio, queste

formazioni sono ampiamente distribuite nelle acque intorno alla Nuova Zelanda, dove sono al centro di importanti attività di pesca commerciale e di attività estrattive. Ovviamente, ciò ha generato un ampio dibattito sugli effetti di tali attività sull'habitat bentonico delle montagne sottomarine e in generale delle di acque profonde.

Nel 2001 è stato intrapreso uno studio su otto formazioni sottomarine del Chatham Rise, un'area che era stata intensamente battuta nel decennio precedente dalla pesca a strascico, soprattutto per la cattura del pesce specchio atlantico (Clark and Rowden, 2009).

La metà delle montagne sottomarine dell'area di studio era stata considerata come indenne e l'altra metà impattata pescata e le comunità macrobentoniche furono campionati utilizzando slitte epibentiche, mentre la presenza di biocostruzioni (es. quelle formate da coralli vivi), il tipo di substrato e le evidenze di impatto (es. segni di reti a strascico) furono registrate in base all'analisi delle riprese video eseguite per mezzo di una telecamera subacquea trainata. Parallelamente, i dati sullo sforzo di pesca nell'area di studio furono analizzati per determinarne la rilevanza quantitativa e la distribuzione spaziale.

L'analisi dei dati forniti dalle riprese video rivelò che le montagne sottomarine indenni dalla pesca erano caratterizzate, prevalentemente nelle loro porzioni sommitali, da ampie estensioni di biocostruzioni a *Solenosmilia variabilis* (Figura 31) e *Madrepora oculata* (Figura 32), mentre le montagne sottomarine battute dalla pesca ne mostravano superfici considerevolmente minori.



Figura 31
(*Solenosomilia variabilis*, da Clark e Rowden, 2009)



Figura 32
(*Madrepora oculata*, da Clark e Rowden, 2009)

I segni di passaggio delle reti a strascico osservati nelle riprese video avevano una frequenza sei volte superiore nelle immagini del fondale marino di montagne sottomarine su cui la pesca era stata praticata, rispetto a quanto osservato in quelle che erano state considerate indenni, ma che evidentemente erano oggetto di una pressione minore, ma non nulla.

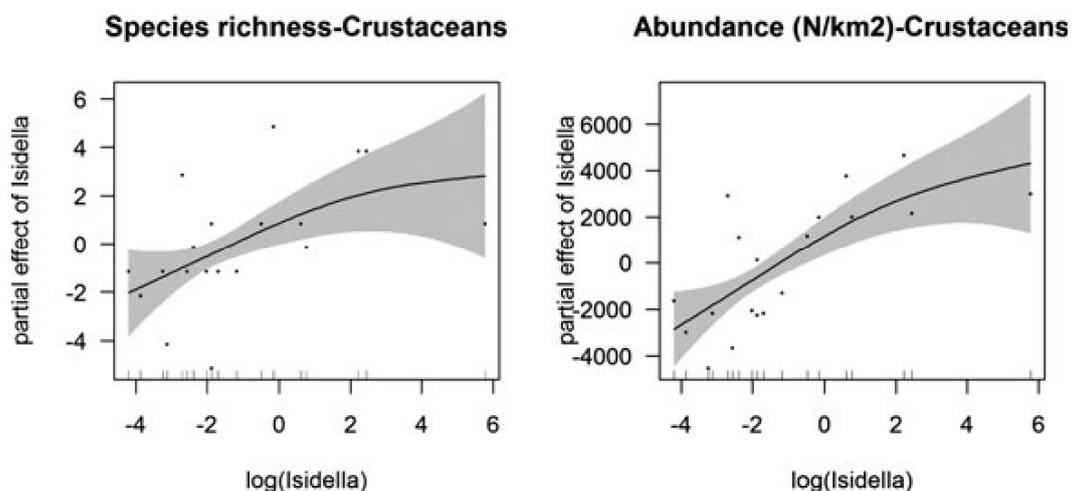
I dati relativi alla composizione delle comunità furono analizzati mediante appropriate tecniche di analisi statistica multivariata e rivelarono una differenza significativa fra le montagne sottomarine oggetto di intense attività di pesca e quelle considerate come indenni.

I risultati dello studio furono ampiamente discussi dagli autori per quanto riguarda la gestione degli habitat sottomarini e per sottolineare la necessità di monitoraggi continui e di adeguate ricerche per indirizzare efficacemente un'attività di pesca sostenibile sulle aree sensibili.

Non solo nelle aree già menzionate, ma in tutte le aree del pianeta è ben noto il fatto che i coralli di acque profonde della scarpata continentale costituiscano l'*habitat* essenziale per molte specie di pesci e di invertebrati. Le "foreste" di coralli (sclerattinie ed octocoralli *in primis*) offrono certamente risorse adatte per i polipi, ma anche substrato e condizioni idrodinamiche adatte a molti altri organismi, tra cui molti sospensivori (Maynou e Cartes, 2012).

Nel Mediterraneo la gorgonia bambù bianca, *Isidella elongata* (Esper, 1788), che peraltro per la Lista Rossa IUCN è specie in pericolo critico di estinzione, caratterizza una facies di substrati pelitici batiali tra i 500 e 1200 m di profondità e sulla base di 4 rilievi effettuati tra il 1985 e il 2008 gli autori appena citati hanno avuto modo di raccogliere dati quantitativi sulla fauna associata a tale formazione.

I loro risultati, ottenuti attraverso l'uso di GAMs (*Generalized Additive Models*), hanno dimostrato che la ricchezza dei crostacei, così come l'abbondanza e la biomassa di questi ultimi, risultava maggiore nelle aree con maggiori densità di *Isidella elongata*. Alcune specie target della pesca commerciale sono anche più abbondanti o raggiungono dimensioni maggiori in queste aree e fra queste, in particolare, i gamberi rossi *Aristeus antennatus* (Risso, 1816) e *Plesionika martia* (A. Milne Edwards, 1883). Si veda, a dimostrazione di ciò, la Figura 33.



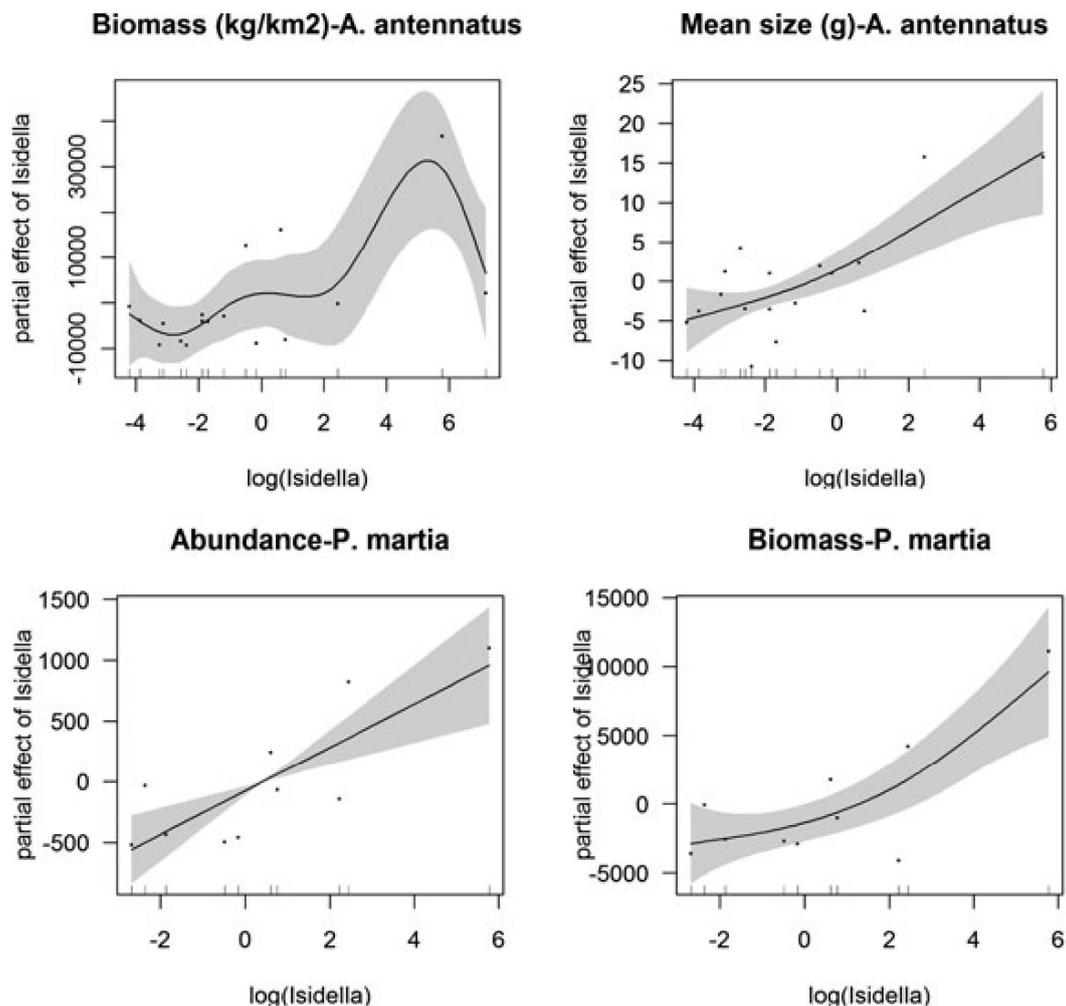


Figura 33 (da Maynou e Cartes, 2012)

È evidente quindi che proprio le aree in cui *Isidella elongata* è più abbondante, malgrado lo stato di conservazione di questa specie, siano aree di interesse per la pesca e che siano solo parzialmente protette dai vincoli imposti dai regolamenti vigenti.

Ciò implica il rischio che la pesca a strascico provochi ancora danni alle “foreste” di coralli di cui si è detto e più in generale alle biocostruzioni profonde, di fatto rimuovendo i coralli dal loro *habitat*, diminuendo la biodiversità della fauna ed essi associata e, in ultima analisi, diminuendo nel lungo termine la resa della pesca.

La pesca a strascico ha un impatto diffuso sulle comunità e sugli *habitat* bentonici e ciò evidentemente non si limita alle montagne sottomarine ed agli *habitat* profondi in generale.

Essa infatti ha effetti su qualsiasi ecosistema all'interno del quale viene praticata perché per sua stessa natura altera profondamente la struttura delle comunità biotiche e la matrice abiotica dell'ecosistema.

Anche se gli impatti diretti delle perturbazioni generate dalle reti a strascico sono stati studiati più volte ed in svariati contesti, le conseguenze a lungo termine della reiterazione di tali perturbazioni, cioè i loro effetti cronici, non sono state del tutto esplorate. La cosa non è affatto sorprendente, perché le ricerche a lungo termine richiedono risorse adeguate e soprattutto garantite nel tempo dalle istituzioni competenti, ovvero due condizioni che molto raramente si verificano.

Inoltre, i risultati delle ricerche di lungo termine si pubblicano anch'essi a lungo termine, il che contrasta con la necessità di pubblicare i propri prodotti per accedere rapidamente a posizioni migliori che (sfortunatamente) caratterizza il mondo della ricerca contemporaneo, non solo nel nostro Paese, ma praticamente ovunque.

È dunque di sicuro interesse uno studio di Hinz et al. (2009) che analizza la risposta della macrofauna bentonica al disturbo cronico generato dalle reti a strascico utilizzate per la pesca dell'aragosta norvegese, *Nephrops norvegicus*, lungo un gradiente di intensità di pesca nel Mare d'Irlanda nordorientale.

Come mostrato in Figura 34, la pesca a strascico a divergenti praticata in maniera intensa aveva avuto un significativo effetto negativo sull'abbondanza numerica dell'infauna bentonica, nonché sulla sua biomassa e ricchezza specifica.

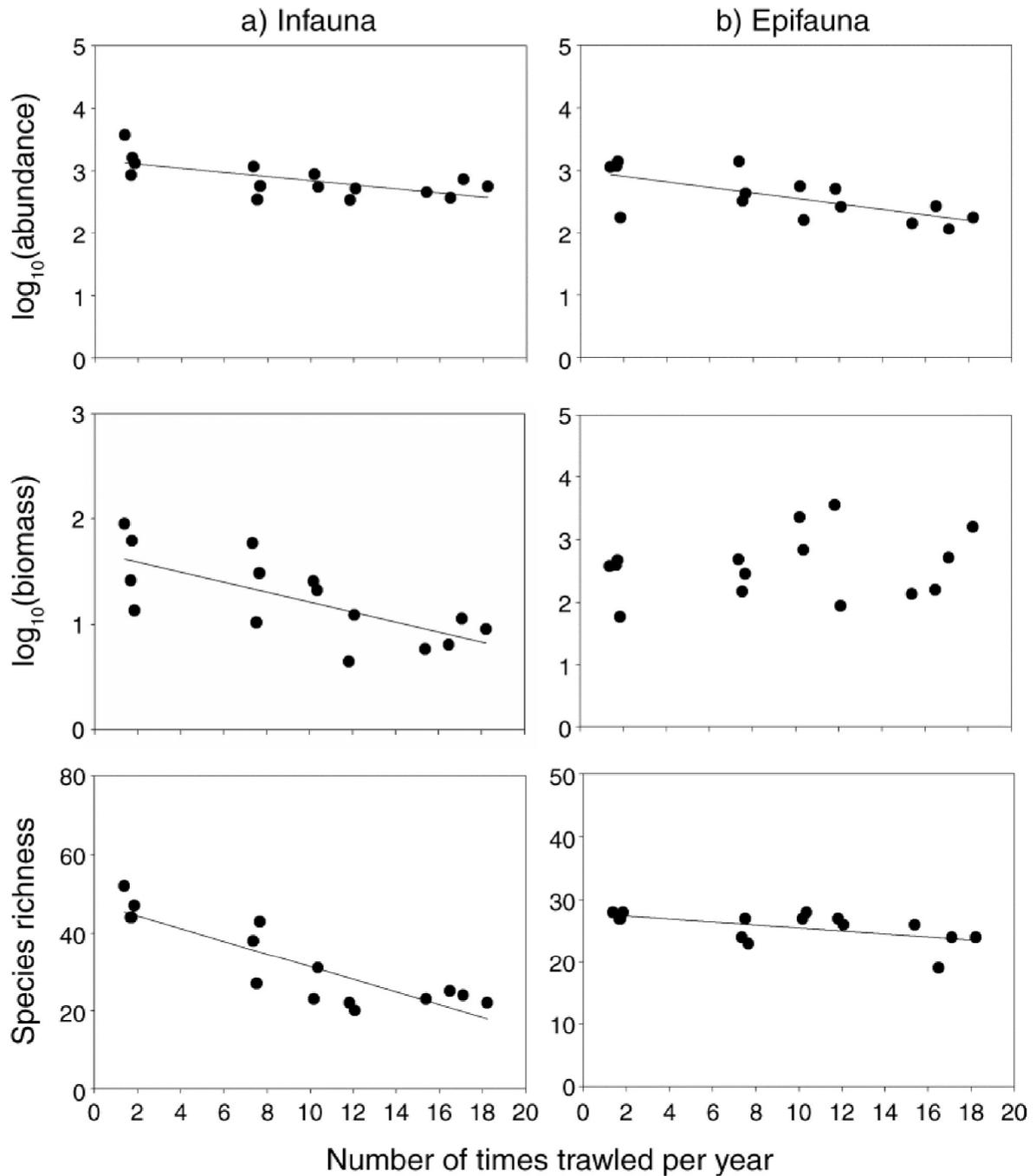


Figura 34 (da Hinz et al., 2009: le relazioni evidenziate da una retta corrispondono a correlazioni lineari significative)

La stessa risposta era stata osservata per l'abbondanza dell'epifauna bentonica e la relativa ricchezza specifica, mentre non si registrava alcun effetto per la biomassa dell'epibenthos.

Inoltre, la perturbazione cronicizzata da parte della pesca a strascico aveva indotto dei marcati cambiamenti strutturali tanto nell'infauna bentonica quanto nell'epifauna, che mostravano una composizione differente da quella pristina.

I risultati presentati dagli autori mostrarono come gli impatti della pesca a strascico hanno carattere additivo, cumulandosi nel tempo, e possono indurre profondi mutamenti nella struttura delle comunità bentoniche. Questi ultimi, al di là degli aspetti legati alla conservazione della biodiversità, possono impattare a loro volta il funzionamento e la stabilità delle reti trofiche marine.

I risultati di questo studio, collocati in una prospettiva temporale adeguata, portarono a riconsiderare l'idea che pesca a strascico a divergenti abbia effetti necessariamente modesti sulle comunità bentoniche se praticata su fondi mobili ed in particolare su fondi infangati.

In aggiunta, fu evidenziato come i risultati ottenuti attraverso attività sperimentali o osservative *una tantum* non sempre possono essere generalizzati, per esempio considerandoli paradigmatici a livello di ecosistema.

Inoltre, fu dimostrato che effetti anche modesti, se esaminati in rapporto a scale spaziali e temporali più estese, possono cumularsi ed assumere rilevanza.

Tutto ciò ha gettato le basi perché la valutazione degli effetti cronici e di lungo termine della pesca a strascico sul comparto bentonico possa diventare un elemento chiave nell'approccio ecosistemico alla gestione della pesca. In quest'ottica è anche importante ricordare come la grande diffusione del tipo di habitat considerato da Hinz et al. (2009) faccia di questo studio, così come di altri prodotti analoghi di altri autori, un elemento chiave ai fini della stima degli effetti della pesca a strascico su scala globale, di cui si dirà più avanti.

Le piattaforme continentali di tutti i mari sono soggette a un'intensa pesca a strascico che provoca, tra gli altri effetti, anche la risospensione dei sedimenti.

I modelli convenzionali per la stima del trasporto sedimentario, che sono ampiamente utilizzati non solo per finalità scientifiche, ma anche e soprattutto per le loro applicazioni pratiche (es. progettazione di opere marittime), si basano solo su ciò che sappiamo della risospensione dei sedimenti per effetto del moto ondoso, delle correnti di fondo o della

dinamica delle masse d'acqua, ma trascurano un fattore antropogenico critico come l'effetto della pesca a strascico.

Quest'ultimo è stato analizzato, per la piattaforma continentale iberica nord-occidentale da Oberle et al. (2016). L'uso dei dati di localizzazione AIS (*Automatic Identification System*) delle imbarcazioni ha fornito la possibilità di effettuare una ricostruzione ad alta risoluzione delle rotte (Figura 35) ed un calcolo accurato della distribuzione spaziale dello sforzo di pesca a strascico e del carico di sedimenti risospesi ad essa associato.

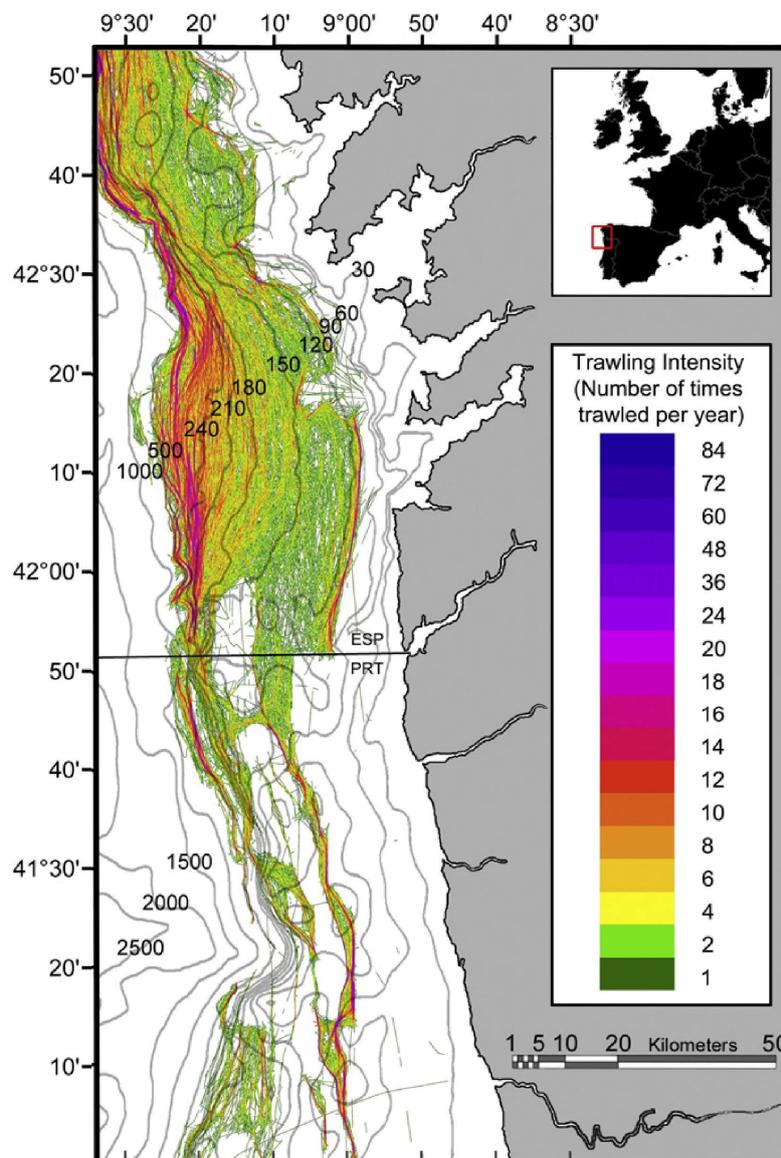


Figura 35 (da Oberle et al., 2016)

La massa media dei sedimenti risospesi che viene indotta dalla pesca a strascico per la piattaforma iberica nord-occidentale è stata stimata in 13.5 Mt anno⁻¹, che corrisponde a un aumento di sei volte del trasporto di sedimenti dalla piattaforma verso la scarpata continentale rispetto ai soli meccanismi di risospensione naturale.

L'analisi effettuata ha fornito prove del fatto che la pesca a strascico può provocare una rapida deplezione dei sedimenti fini della piattaforma continentale, tanto rapida da essere apprezzabile su scale temporali umane.

Combinando i dati sulla distribuzione globale dei fondi mobili delle piattaforme continentali con le stime dell'intensità della pesca a strascico, è stato stimato che la massa dei sedimenti risospesi dalla pesca a strascico è all'incirca equivalente alla massa di tutti i sedimenti che vengono riversati sulle piattaforme continentali dai fiumi.

Dunque, la gravità del problema, che ovviamente non incide solo sul comparto abiotico, ma anche su tutti gli organismi legati al sedimento, è tanto estrema quanto sottovalutata.

Fortunatamente, in termini di consapevolezza, se non di soluzione del problema, la Direttiva Quadro sulla Strategia Marina, meglio nota come *Marine Strategy*, prevede che un "buono stato ecologico" per il cosiddetto Descrittore 6, ovvero per l'integrità del fondo marino, sia raggiunto solo se quest'ultima sia ad un livello tale da garantire che la struttura e le funzioni degli ecosistemi siano salvaguardate e che gli ecosistemi bentonici, in particolare, non abbiano subito effetti negativi.

Se la pesca a strascico, come si è visto, è un elemento centrale nelle dinamiche sedimentarie su scala globale, anche altre perturbazioni di origine antropica devono essere prese in considerazione, almeno su scala locale.

Lasciando da parte le alterazioni della competenza solida dei fiumi, strettamente legate alla loro gestione, ai bacini artificiali, a briglie ed antropizzazione, etc., con la pandemia di COVID-19 si è verificata anche quella che alcuni media hanno definito come la "pandemia di congestione portuale".

Sulla spinta della pandemia, è fortemente cresciuto il numero di navi di grosso tonnellaggio rimaste all'ancora molto più a lungo del solito e ciò ha provocato un'alterazione geomorfologica sostanziale dei fondali marini in prossimità dei porti principali su scala globale. Il fenomeno non è stato ancora quantificato con esattezza, ma il problema è stato portato all'attenzione da un recente studio di Watson et al. (2022).

Questi autori hanno presentato la prima caratterizzazione dell'impronta e dell'estensione dell'ancoraggio in un porto, peraltro a bassa congestione, in Nuova Zelanda, ed hanno dimostrato che le ancore di navi di grosso tonnellaggio scavano il fondale marino fino a una profondità di 80 cm e che gli impatti dell'ancoraggio vengono preservati per almeno 4 anni (Figura 36).

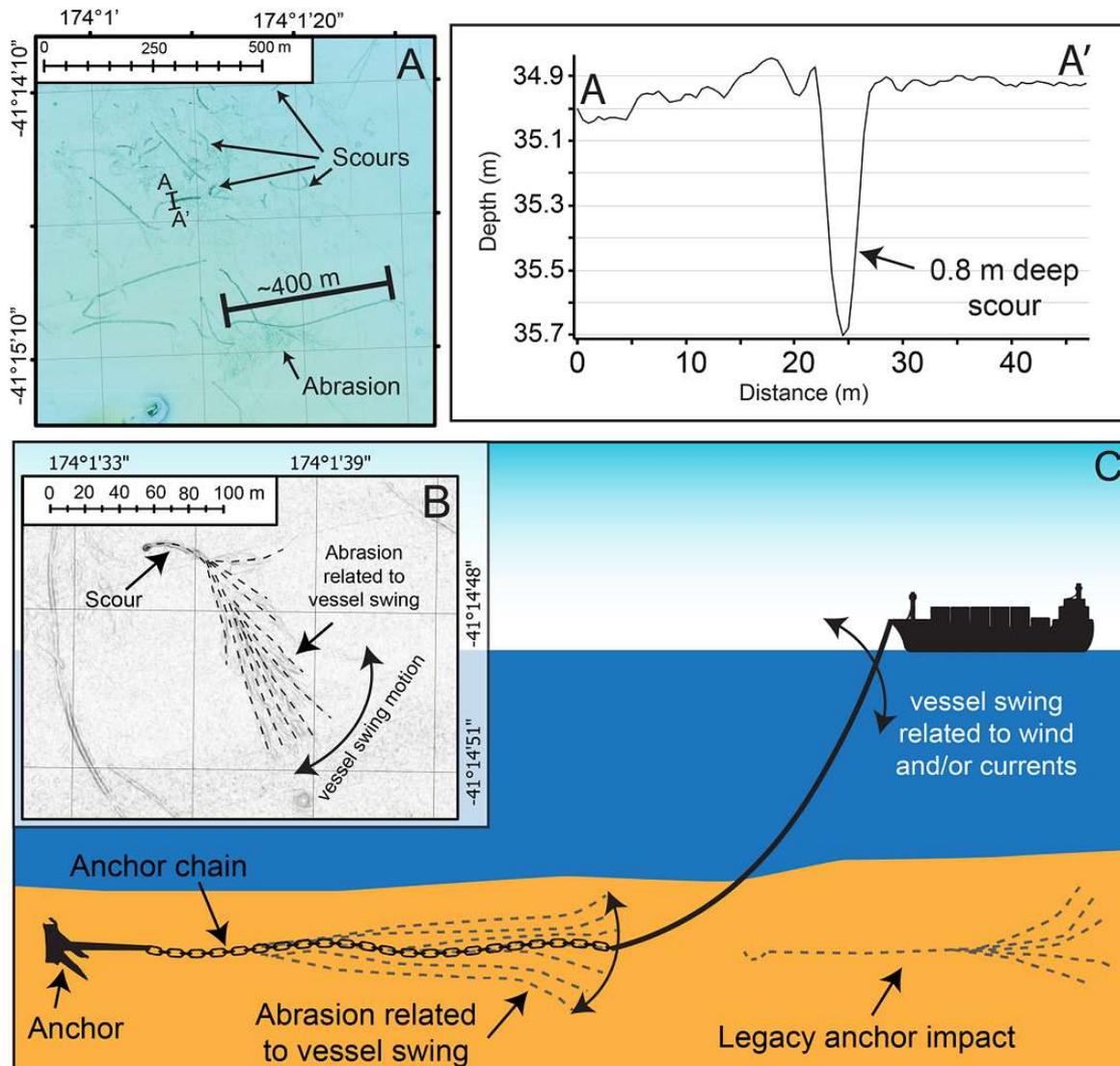


Figura 36 (da Watson et al., 2022)

Il volume di sedimento spostato da una nave di oltre 9000 t di stazza lorda all'ancora può raggiungere, secondo le stime presentate, i 2800 m³.

Estrapolata a livello globale, questa valutazione fornisce una prima idea dell'impronta ecologica dell'ancoraggio delle navi in attesa di poter caricare o scaricare e ha implicazioni rilevanti in rapporto non solo alla dinamica dei sedimenti, ma anche di altri importanti processi, come, per esempio, il ciclo del carbonio.

In considerazione del fatto che il traffico marittimo è in forte e costante crescita, questa, come altre sorgenti di perturbazione indipendenti dalla pesca andranno considerate,

cercando di scorporarne gli effetti per non rischiare di impostare politiche di gestione dell'ambiente cieche rispetto a sorgenti di perturbazione rilevanti.

La valutazione degli effetti della pesca a strascico viene fatta, in generale, confrontando aree imperturbate con aree perturbate, oppure cercando di capire quale sia l'effetto differenziale della reiterazione dell'impatto.

Quel che è certo, è che gli effetti della pesca a strascico sulle comunità bentoniche possono essere molto profondi, come è stato confermato da uno studio relativo al Mare del Nord (Callaway et al., 2007).

La maggior parte degli altri studi sul tema ha esplorato la composizione della fauna attuale o ha confrontato quest'ultima con quella osservata di 2 o 3 decenni fa, cioè risalendo all'inizio della disponibilità attuale di dati su benthos e sulla pesca del Mare del Nord.

Pur essendo certamente di interesse, gli studi basati su questo approccio non tengono conto del fatto che in quella regione la pesca a strascico meccanizzata ed in forma estensiva è praticata ormai da più di un secolo.

Questo studio ha confrontato documenti storici e fonti recenti al fine di esplorare potenziali collegamenti a lungo termine tra i cambiamenti nell'epibenthos e la pesca.

Sulla base di liste di specie ricostruite da esemplari museali, sono stati confrontati i dati dell'epibenthos osservato oltre un secolo addietro, all'inizio del '900, con quelli acquisiti in varie circostanze tra il 1982 ed il 1985 e ancora nel 2000. I dati sono stati analizzati tenendo conto delle differenze, per esempio di tipo tassonomico o biogeografico, che separano due epoche così distanti e lo sforzo di pesca è stato ovviamente stimato in maniera indiretta, basandosi sullo sbarcato. I risultati ottenuti hanno dimostrato che la parte meridionale del Mare del Nord e buona parte della sua sezione centrale sono state oggetto di un'intensa pesca a strascico per tutto il secolo scorso, mentre il Mare del Nord settentrionale è stato meno sfruttato, soprattutto fino agli anni '60.

I cambiamenti biogeografici dall'inizio alla fine del secolo scorso sono avvenuti per 27 taxa su 48 analizzati. Per 14 taxa la distribuzione spaziale si è ridotta del 50% o più, in particolare

nel Mare del Nord meridionale e centrale (Figura 37), e nella maggior parte dei casi si tratta di specie longeve, ma vulnerabili e a crescita lenta.

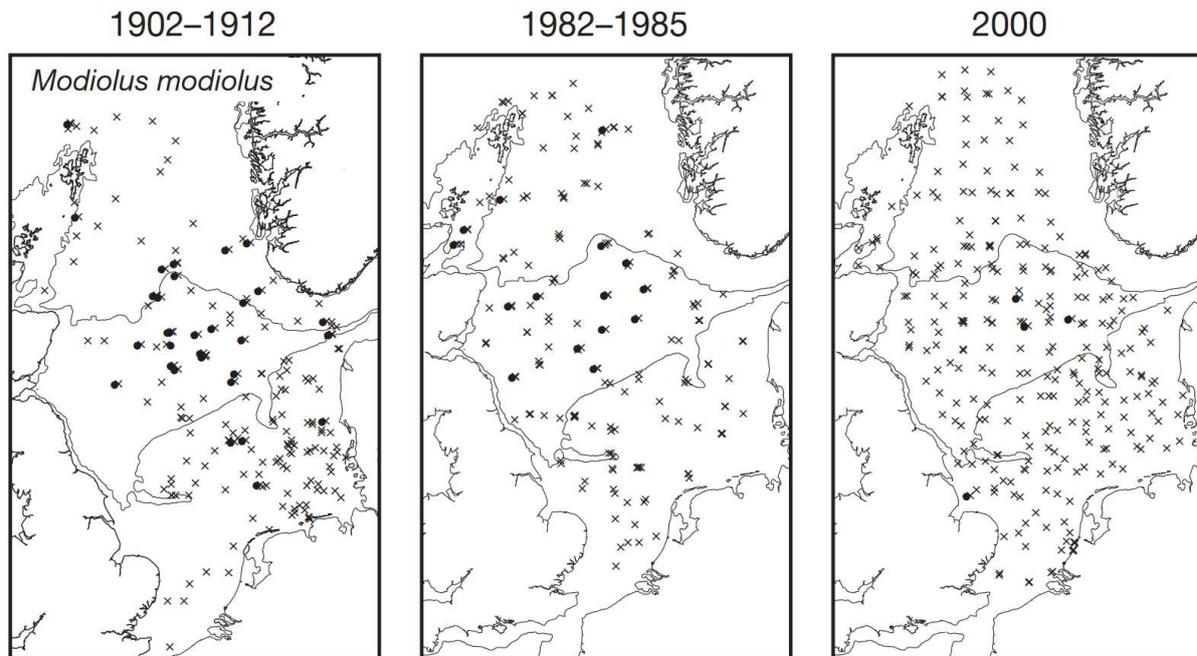


Figura 37 (da Callaway et al., 2007: variazione nella distribuzione spaziale di *Modiolus modiolus*, croce=assenza, cerchio pieno=presenza)

Parallelamente, altri 12 taxa hanno raddoppiato la superficie su cui sono distribuiti, con la maggior parte dei cambiamenti biogeografici di cui si è detto che è stata riscontrata negli anni '80. Poiché importanti variazioni delle condizioni ambientali, come ad esempio l'eutrofizzazione e i cambiamenti climatici, si sono manifestati pienamente solo dagli anni '80 in poi, Callaway et al. (2007) conclusero che i cambiamenti nella distribuzione e nella composizione del macrozoobenthos (e dell'epibenthos in particolare) osservati attraverso il XX secolo erano stati dovuti principalmente all'intensificazione della pesca a strascico.

Valutazione dell'impatto della pesca a strascico su grande scala

L'impatto globale

Se si esce dalla dimensione locale, a livello di marineria o anche di bacino, i problemi legati alla pesca, al suo impatto sugli stock sfruttati ed a quello sull'ambiente devono essere inquadrati in una prospettiva diversa e non certo priva di elementi di difficoltà. Soprattutto, al di là delle questioni tecniche, si entra in un territorio in cui il pilastro sociale e quello economico dello sviluppo sostenibile reclamano sempre maggiore attenzione.

Alcuni fatti, inoltre, sono così ovvi che finiscono per essere non solo trascurati, ma addirittura rimossi. Ad esempio Pauly et al. (2002) introducevano un interessante lavoro sulla sostenibilità della pesca a scala globale ricordando che:

“Fishing is the catching of aquatic wildlife, the equivalent of hunting bison, deer and rabbits on land. Thus, it is not surprising that industrial scale fishing should generally not be sustainable: industrial-scale hunting, on land, would not be, either. What is surprising rather, is how entrenched the notion is that unspecified ‘environmental change’ caused, and continues to cause, the collapse of exploited fish populations. Examining the history of fishing and fisheries makes it abundantly clear that humans have had for thousands of years a major impact on target species and their supporting ecosystems.

Indeed, the archaeological literature contains many examples of ancient human fishing associated with gradual shifts, through time, to smaller sizes and the serial depletion of species that we now recognize as the symptoms of overfishing.”

Ovvero:

“La pesca è la cattura della fauna acquatica, l'equivalente della caccia, a terra, a bisonti, cervi e conigli. Quindi, non sorprende che la pesca su scala industriale in genere non sia sostenibile: nemmeno la caccia su scala industriale, a terra, lo sarebbe. Ciò che sorprende piuttosto è quanto sia radicata l'idea che un non meglio specificato ‘cambiamento ambientale’ abbia causato, e continui a causare, il crollo degli stock ittici sfruttati. Esaminando la storia della pesca e delle marinerie, è del tutto chiaro che per migliaia di anni

gli esseri umani hanno avuto un impatto importante sulle specie bersaglio e sugli ecosistemi che le sostengono.

In effetti, la letteratura archeologica contiene molti esempi di attività umane di pesca che nell'antichità hanno dovuto riorientarsi, nel tempo, verso lo sfruttamento di taglie più piccole e l'esaurimento sequenziale di specie, che ora riconosciamo come sintomi di pesca eccessiva."

Tuttavia, non c'è bisogno di richiamare addirittura l'archeologia per rintracciare comportamenti umani poco attenti a quello che oggi chiamiamo sostenibilità. Infatti, nel 1883, quindi meno di un secolo e mezzo or sono, l'eminente biologo inglese Thomas Henry Huxley (noto anche come "il mastino di Darwin", per il suo incrollabile supporto alle teorie evoluzionistiche) si lasciò andare in un proclama sull'infinita generosità del mare che oggi appare, e per usare un *understatement*, quanto meno improntato ad un eccesso di ottimismo:

"Probably all the great sea fisheries are inexhaustible; that is to say, that nothing we do seriously affects the numbers of fish. Any attempt to regulate these fisheries seems consequently, from the nature of the case, to be useless."

Cioè:

"Probabilmente tutta la grande pesca marittima è inesauribile; vale a dire che nulla di ciò che facciamo incide seriamente sul numero di pesci. Qualsiasi tentativo di regolamentare queste attività di pesca sembra quindi, per la natura del caso, inutile."

Un secolo dopo, numerose grandi marinerie erano crollate (tra cui quelle delle aringhe e dei merluzzi, che Huxley menzionò specificamente). Però, nonostante la consapevolezza di Huxley che le nuove tecnologie ("vapore e apparecchiature di refrigerazione") consentissero di "attingere al mondo intero" per pesce e frutti di mare, egli non poteva prevedere l'immenso aumento delle capacità di pesca che si sarebbe verificato durante il 20° secolo.

Né Huxley poteva prevedere l'esplosione della domanda che avrebbe necessariamente seguito l'aumento della popolazione umana, che è oggi più di 5 volte più numerosa di quella del 1883 e, in molti paesi, anche più ricca e disposta quindi a pagare per ciò che desidera. La

pesca marittima "inconcepibilmente grande" di Huxley non poteva dunque essere sostenibile e i fatti l'hanno rapidamente dimostrato.

Quasi un secolo e mezzo dopo, cattive notizie sullo stato della pesca a scala globale prevalgono largamente (Ludwig et al., 1993).

La FAO ha stimato che nel 2012 il 57% degli stock ittici erano completamente sfruttato e il 30% addirittura sovrasfruttato. Al tempo stesso lo sforzo di pesca dei paesi asiatici è aumentato di 25 volte dagli anni '50, mentre le catture sono in calo.

In questa situazione, rendere la pesca sostenibile su scala globale richiederebbe il disarmo di oltre 2 milioni di pescherecci commerciali, mentre le restrizioni alla pesca nei paesi più sviluppati inevitabilmente spingono al rialzo il valore del pescato e quindi la necessità di continuare a sfruttare il possibile nei paesi in cui la pesca non è regolata.

In questo scenario, non è sorprendente che l'attenzione all'impatto ambientale della pesca, *in primis* di quella a strascico, sia appannaggio dei paesi più sviluppati. D'altra parte, anche in questi stessi paesi, con il nostro che non fa eccezione, c'è stato un tempo in cui si credeva che la pesca a strascico avesse un impatto trascurabile, se non addirittura un effetto benefico, in considerazione del fatto che il fondale veniva "arato". Ovviamente l'analogia con l'agricoltura è del tutto fuori luogo e, come ricordano Pauly et al. (2002), se proprio fosse necessaria un'analogia, dovrebbe essere quella del taglio delle foreste durante la caccia al cervo.

Se ci si concentra sugli aspetti quantitativi della pesca strascico su scala globale, lo sbarcato è di circa 20 milioni di tonnellate all'anno fra specie ittiche e invertebrati, ovvero circa un quarto del pescato complessivo, con l'esclusione ovviamente delle attività di maricoltura (Amoroso et al., 2018).

L'estensione spaziale dell'impronta della pesca a strascico era già stata oggetto di stima, ma in questo caso è stato utilizzato il sistema di monitoraggio delle imbarcazioni ad alta risoluzione (VMS) e i dati dei *logbook* su 24 piattaforme e scarpate continentali fino a una profondità di 1.000 m per almeno 2 anni. I risultati hanno mostrato come l'impronta della pesca a strascico variasse notevolmente tra le regioni: da meno del 10% della superficie del

fondale marino delle acque australiane e neozelandesi, delle Isole Aleutine, del Mare di Bering orientale, del Cile meridionale e del Golfo dell'Alaska a oltre il 50% in alcuni mari europei. Complessivamente, il 14% dei 7.8 milioni di km² dell'area di studio è stato oggetto di pesca a strascico, mentre l'86% non è risultato sfruttato.

Una caratteristica precipua dell'allocazione spaziale della pesca a strascico è che essa tende ad essere concentrata su alcune aree, evidentemente più produttive o considerate come tali, e ciò è dimostrato dal fatto che il 90% dello sforzo totale si realizza, su scala globale, su una frazione inferiore della superficie disponibile, ovvero sul 78% di questa. Prendendo ad esempio l'Adriatico, il 90% dell'attività della pesca a strascico si attua (dati 2010-12) su poco meno del 60% delle superficie, dato che scende addirittura al 30.2% per il Tirreno e che va in singola cifra per molti altri dei 24 mari analizzati. Inoltre, la pressione è tale che gran parte della superficie utile, in particolare per l'Adriatico, è battuta più di una volta l'anno (Figura 38).

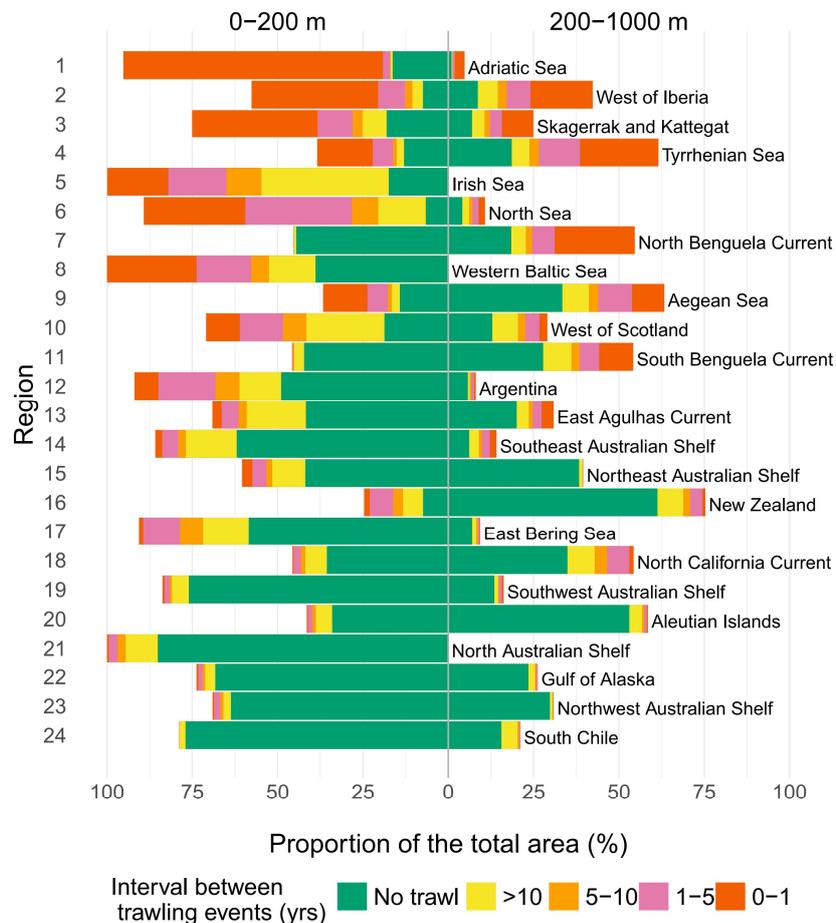


Figura 38 (da Amoroso et al., 2018)

Non a caso, a testimonianza dell'enorme pressione di pesca esercitata sui mari italiani, l'Adriatico è quello che ha il più alto valore di SAR, ovvero di *Swept Area Ratio*, il rapporto fra la superficie battuta dalla pesca a strascico e la superficie totale disponibile.

Il valore di SAR per l'Adriatico era di 7.9, mentre per il Tirreno si attestava a 2.3, con i nostri due mari al primo ed al quarto posto al mondo, rispettivamente, per pressione di pesca.

Si tratta, si noti bene, di valori assai elevati non solo in termini relativi, ma in assoluto, se si considera che il valore mediano è pari a 0.262, ovvero di un ordine di grandezza più basso di quello del Tirreno e 30 volte più basso di quello dell'Adriatico.

È inutile precisare che tutto ciò porta i nostri mari in condizioni di sfruttamento lontane dalla piena sostenibilità, che sembra invece realizzata, stando ai parametri internazionali di

riferimento, nelle aree geografiche in cui il valore di SAR era ≤ 0.25 , quindi al di sotto della mediana delle regioni considerate (Figura 39).

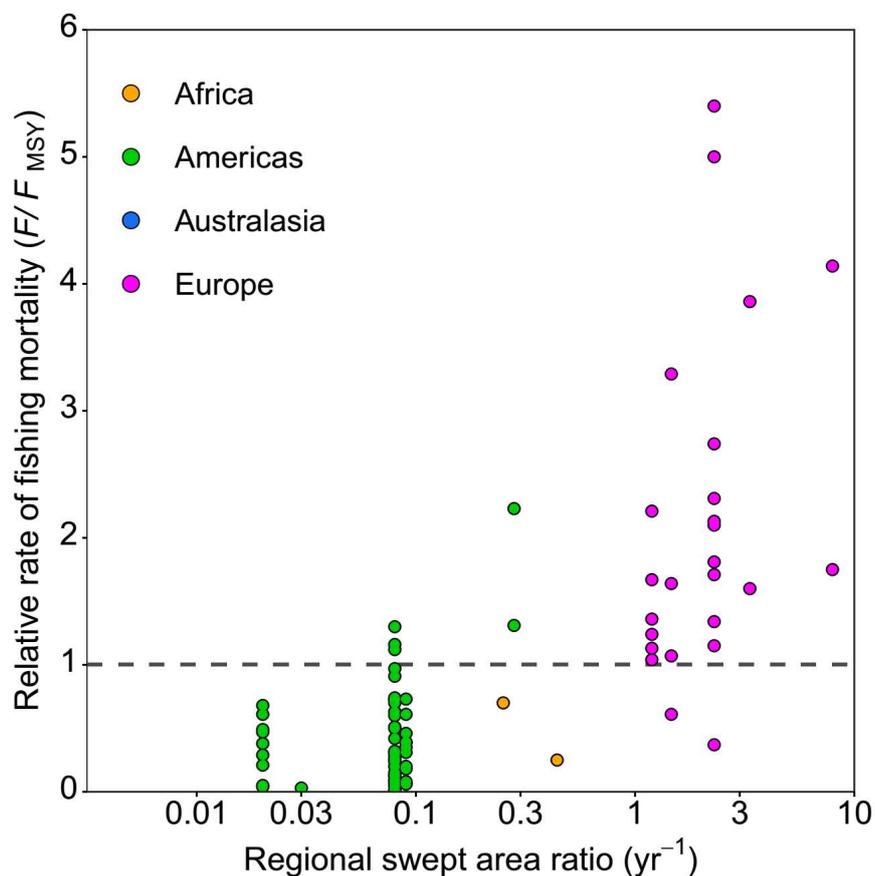


Figura 39 (da Amoroso et al., 2018)

Si noti come tutti i mari americani (con due eccezioni) si collochino in questa fascia e come, con pochissime eccezioni, ciò corrisponda ad un rapporto $F/F_{MSY} < 1$ e quindi ad una mortalità da pesca che garantisce rese sostenibili.

Ovviamente, la sostenibilità dipende da molti altri fattori, come per esempio dalla frazione della produzione primaria che è necessaria in rapporto alle catture ed al livello trofico delle stesse (Figura 40). Dove il livello trofico medio è alto a fronte di una piccola percentuale di produzione primaria impegnata a supporto delle catture, la sostenibilità è assicurata, mentre la necessità di impegnare frazioni maggiori della produzione, magari per catture di livello trofico più basso, rendono non sostenibili le catture (Conti e Scardi, 2010). E' ovvio, comunque, che è la quantità di queste ultime il determinante finale della sostenibilità e

quindi uno sfruttamento moderato delle superfici disponibili (es. SAR \leq 0.25) è un presupposto importante.

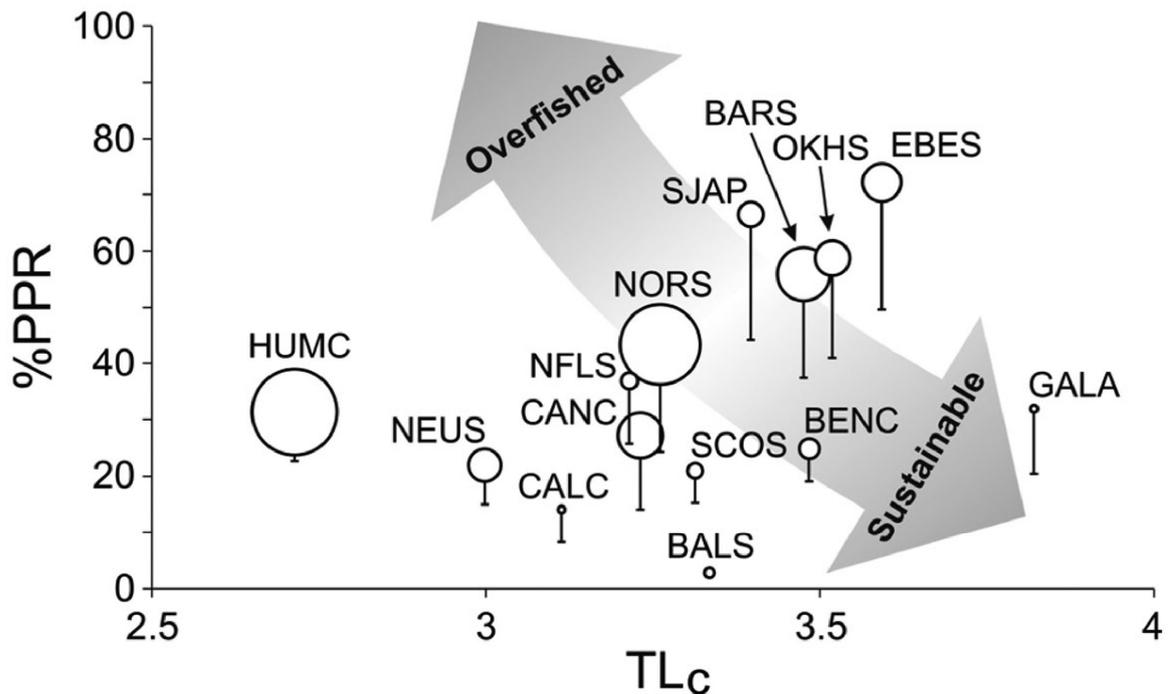


Figura 40 (da Conti e Scardi, 2010) diametro dei simboli: produzione primaria media; %PPR: percentuale di produzione primaria che sostiene il pescato; TLc: livello trofico medio delle catture; Large Marine Ecosystems considerati: Barents Sea, BALS; Baltic Sea, BARS; Benguela Current, BENC; California Current, CALC; Canary Current, CANC; East Bering Sea, EBES; Gulf of Alaska, GALA; Humboldt Current, HUMC; Northeastern US Continental Shelf, NEUS; Newfoundland-Labrador Shelf, NFLS; North Sea, NORS; Okhotsk Sea, OKHS; Scotian Shelf, SCOS; Sea of Japan, SJAP)

Nell'ultimo decennio la crescente disponibilità di grandi insiemi di dati ha favorito lo sviluppo di stime globali di molti processi e di molte attività e la pesca non fa eccezione, anche grazie ai sistemi di rilevamento satellitare. Una stima globale della pressione di pesca è stata ottenuta da Kroodsma et al. (2018) utilizzando i dati AIS (che, come si è detto, sta per Automatic Identification System) per mappare la distribuzione non soltanto delle imbarcazioni dotate di questo sistema, ma anche, grazie all'analisi delle loro rotte, per distinguerne non solo il tipo, ma anche l'attività svolta, inclusa la pesca strascico. Questo lavoro ha due punti in comune con quello citato in precedenza, ovvero la relazione fra produzione primaria e pesca e l'uso di tecniche di Machine Learning. In questo caso, in

particolare, sono state elaborate 22 miliardi di posizioni AIS globali, rilevate fra il 2012 ed il 2016, addestrando due reti neurali convoluzionali (CNN), di cui la prima identifica il tipo di imbarcazione e la seconda l'attività di pesca. Il modello risultante identifica sei classi di pescherecci e sei classi di imbarcazioni di altro genere con un'accuratezza superiore al 90% e può essere quindi usato per formulare efficacemente stime globali (Figura 41).

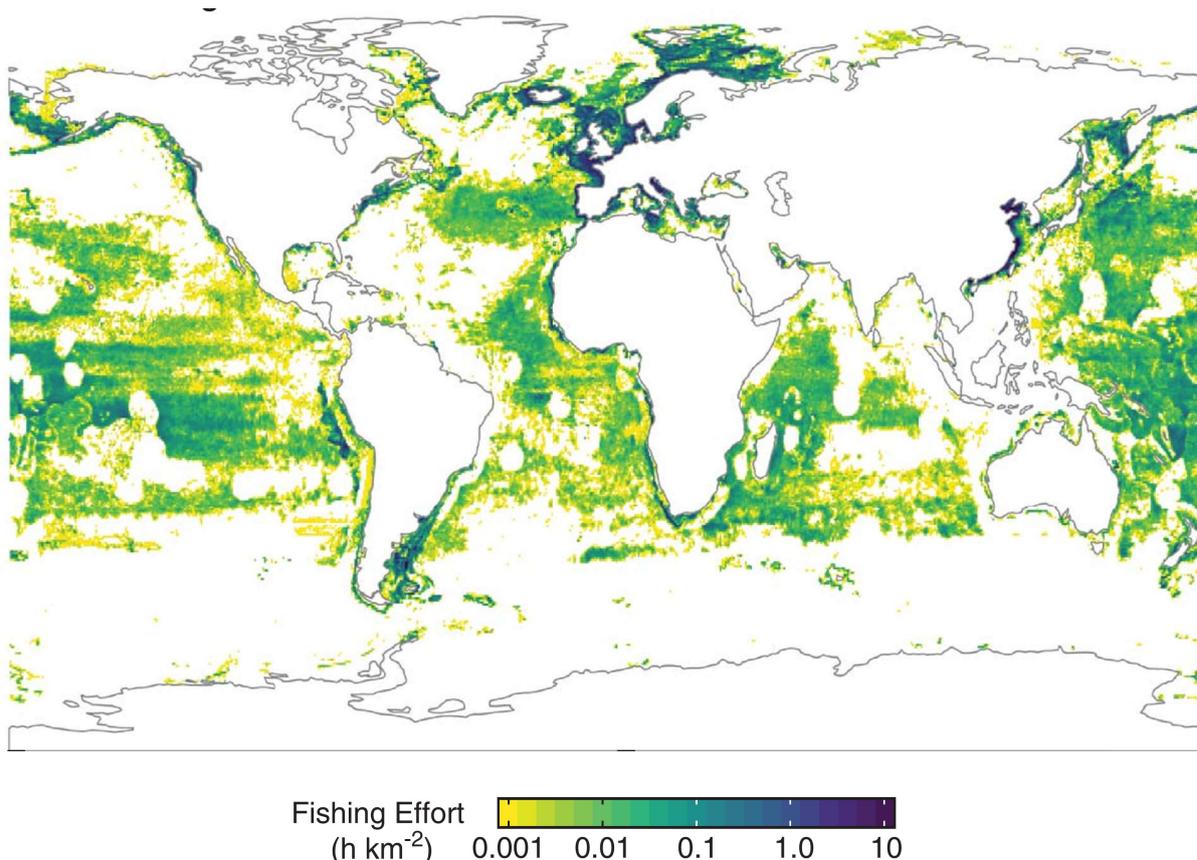


Figura 41 (da Kroodsma et al., 2018)

Gli autori hanno poi sovrapposto agli oceani una griglia formata da celle di uguale area, con una risoluzione di 0.5° all'equatore ed hanno osservato che nel 2016 era stata rilevata attività di pesca nel 55% delle celle. Essi stessi hanno poi rilevato che l'area totale interessata dalla pesca è probabilmente più alta, da una parte perché non era stato possibile osservare alcuno sforzo di pesca nelle regioni con scarsa copertura satellitare e dall'altra perché in altre regioni solo una bassa percentuale di imbarcazioni dispone di AIS.

Compensando approssimativamente queste due sorgenti di errore, la stima finale per il 2016 della percentuale degli oceani interessata da attività di pesca è stata pari al 73%, con ben un 9.4% oggetto di pesca a strascico.

L'accuratezza dei modelli, tuttavia, non è l'unico ingrediente per una buona valutazione di qualsiasi grandezza in forma spazialmente esplicita e ciò riguarda anche stime che non sono necessariamente globali o di grande scala. Ciò che va valutato con attenzione è invece come utilizzare i dati spazialmente espliciti quando questi vengono trasformati da un formato vettoriale, sia esse basato su punti o su poligoni, ad un formato raster.

Questo è un problema ben noto per qualsiasi operatore consapevole di GIS, eppure a volte non si tiene conto dell'impatto che questo tipo di conversione può avere. Non a caso, il lavoro di Kroodsma et al. (2018) è stato criticato proprio per le conseguenze che può comportare un cambio di scala di un formato raster, se non gestito correttamente (Amoroso et al., 2018b).

In dettaglio, Kroodsma et al. (2018) hanno effettuato le loro stime globali aggregando i dati su scala spaziale piuttosto grossolana, cioè, come si è detto, con una risoluzione di 0.5° all'equatore.

Ciò ha portato alla conclusione che tra il 55% ed il 73% delle acque del pianeta sono oggetto di pesca. Amoroso et al. (2018b) hanno contestato queste conclusioni, perché hanno osservato che l'uso di una scala spaziale grossolana comporta una sovrastima e che, in generale, qualsiasi stima basata su dati in formato raster comporta questo tipo di errore, sia pure in misura direttamente proporzionale alla dimensione delle singole unità spaziali. La Figura 42 mostra come le stime basate su celle di 0.5° di lato siano ampiamente superiori a quelle basate su celle da 0.01° di lato, anche di un fattore 5 o 6.

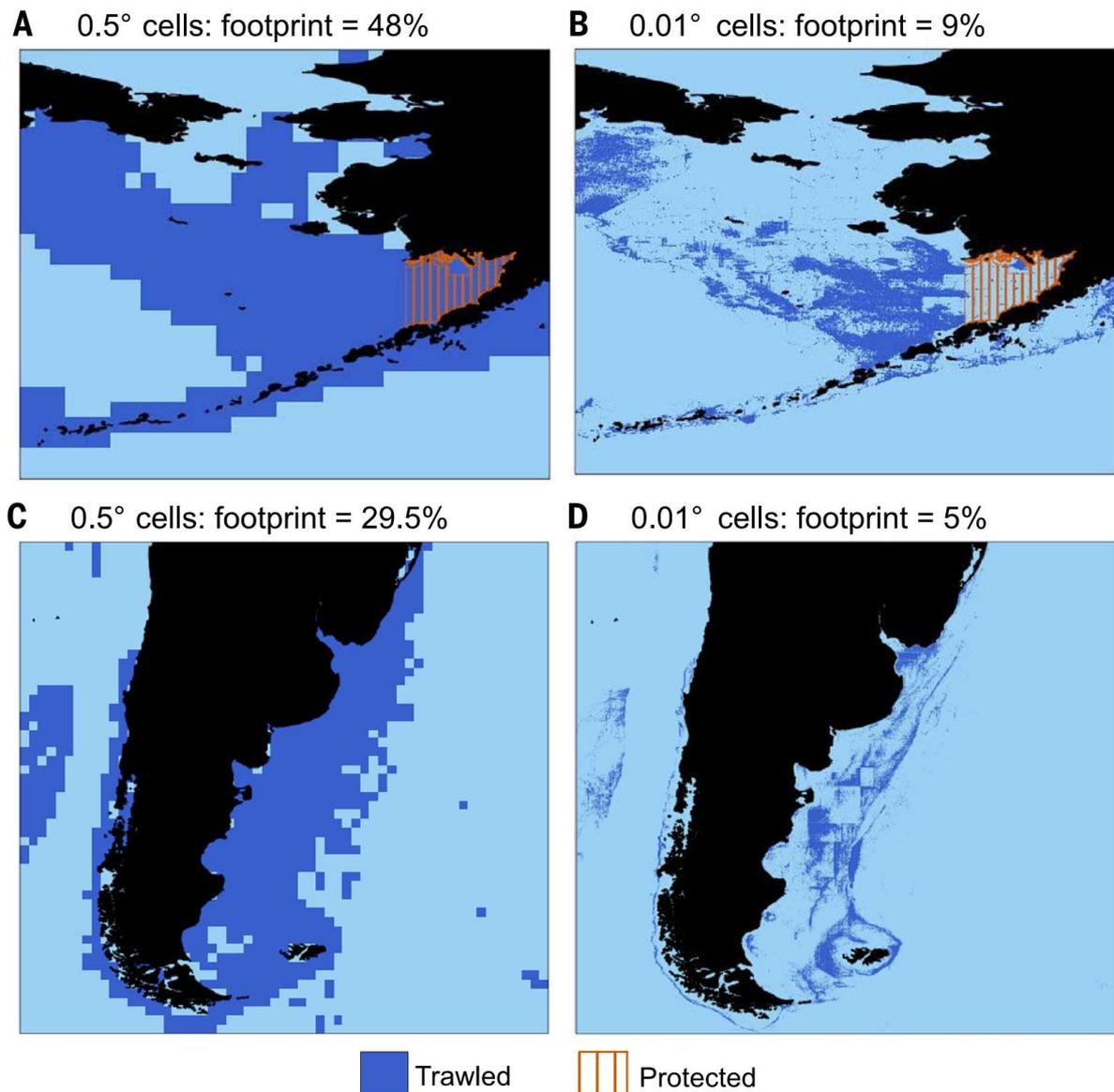


Figura 42

Questa riduzione è sintetizzata da un ulteriore lavoro (Kaiser, 2019), anch'esso critico nei confronti di Kroodsma et al. (2018) e finalizzato a stimare l'impronta ecologica della pesca a strascico ed in particolare i suoi effetti sul fondale.

In questo caso è presentato anche in forma grafica un confronto fra le stime relative alle due aree menzionate da Amoroso et al. (2018b), come si vede in Figura 43.

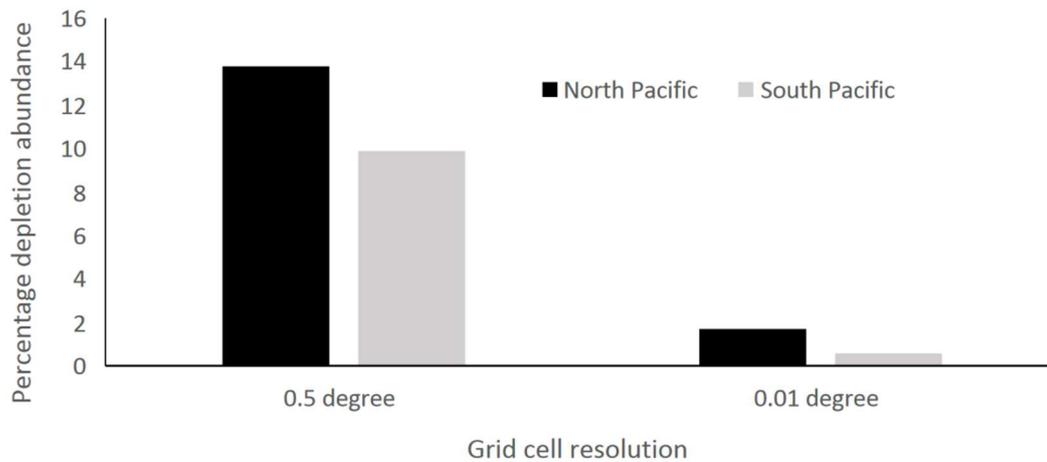


Figura 43 (da Kaiser, 2019)

In questo caso la stima dello sforzo di pesca è stata convertita in stima della riduzione dell'abbondanza del macrobenthos, assumendo che un singolo passaggio di una rete a strascico sul fondale marino causi una riduzione del 26% di quest'ultima e che la distribuzione dell'effetto dell'attrezzo sia uniforme (Sciberras et al. 2018).

Il problema della scala spaziale delle unità minime utilizzate per le stime è cruciale. Infatti, qualsiasi stima che abbia come unità di base una cella di una griglia (raster) presuppone che qualsiasi attività di pesca, anche minima, registrata in una cella giustifichi l'aggiunta dell'intera area della cella alla valutazione globale.

Approcci più sofisticati per la valutazione dell'impronta complessiva della pesca tengono conto della distribuzione di vari mestieri all'interno delle celle, ad esempio integrando nel calcolo il rapporto fra area sfruttata ed area totale (SAR). Dunque, da questo punto di vista è ragionevole pensare che la stima di Kroodsma et al. (2018) che vorrebbe il 9.4% dei mari del pianeta oggetto di pesca a strascico debba essere ampiamente ridotta e probabilmente collocata intorno all'1% o poco più.

L'impatto sui mari europei

Pur con tutti i limiti del caso e con i problemi di cui si è detto, la mappatura della pressione esercitata dalla pesca a strascico sugli habitat bentonici è necessaria come dato di *background* per impostare un approccio ecosistemico alla gestione della pesca.

L'estensione e l'intensità della pesca a strascico sulla piattaforma e sulla scarpata continentale europea (0–1000 m) è stata analizzata partendo da dati da *logbook* e monitoraggio satellitare per il 2010–2012 con una risoluzione della cella della griglia di 1' sia in longitudine che in latitudine (Eigaard et al., 2017).

L'intensità dell'impatto della pesca a strascico sul fondale marino è stata valutata in 14 aree definite da ICES e FAO tra l'Atlantico nord-orientale, il Mar Baltico e il Mar Mediterraneo. L'impronta della pesca a strascico è risultata variare tra il 53 ed il 99% nella fascia tra 0 e 200 m di profondità e fra il 6 ed il 94% nella fascia più profonda, fra 201 e 1000 m.

L'impronta è stata stimata come l'area totale di tutte le celle della griglia che sono state oggetto di pesca a strascico in tutto o in parte e l'esclusione dal computo delle parti su cui la pesca non ha agito ha ridotto le stime dell'impronta della pesca a strascico, rispettivamente negli intervalli dal 28 all'85% per la fascia più superficiale e dal 2 al 77% per quella più profonda.

La pressione media della pesca è risultata variare tra 0.5 e 8.5 passaggi all'anno sulla stessa unità di superficie, con un valore massimo leggermente inferiore, pari a 6.4, per la fascia tra i 201 ed i 1000 m.

In assoluto, lo Skagerrak-Kattegat, l'area al largo delle coste portoghesi, il Mar Tirreno e il Mar Adriatico sono risultate le aree sottoposte alla più alta pressione di pesca ed anche questo studio ha confermato il fatto che il 90% dello sforzo di pesca è ovunque concentrato in una frazione molto più modesta delle aree studiate, da un minimo del 17% ad un massimo del 63%, compreso tra il 17% e il 63% (mediana 36%) dell'area di gestione.

La pesca è risultata agire su un'ampia gamma di habitat di fondo mobile, ma interessa anche habitat più vulnerabili, come quelli dei fondi duri o dei substrati biogenici.

L'integrità degli habitat bentonici è stata stimata in base alla proporzione della biomassa dei taxa bentonici per i quali l'intervallo fra l'esposizione del sedimento subsuperficiale a cale successive supera la durata del ciclo vitale (Rijnsdorp et al., 2016).

In base a questo criterio l'integrità del fondale marino è risultata bassa per gran parte delle piattaforme continentali europee, anche se non in maniera spazialmente continua, grazie

alla presenza di aree, magari non dominanti dal punto di vista dell'estensione, ma che presentano ancora elevati livelli di integrità (Figura 44).

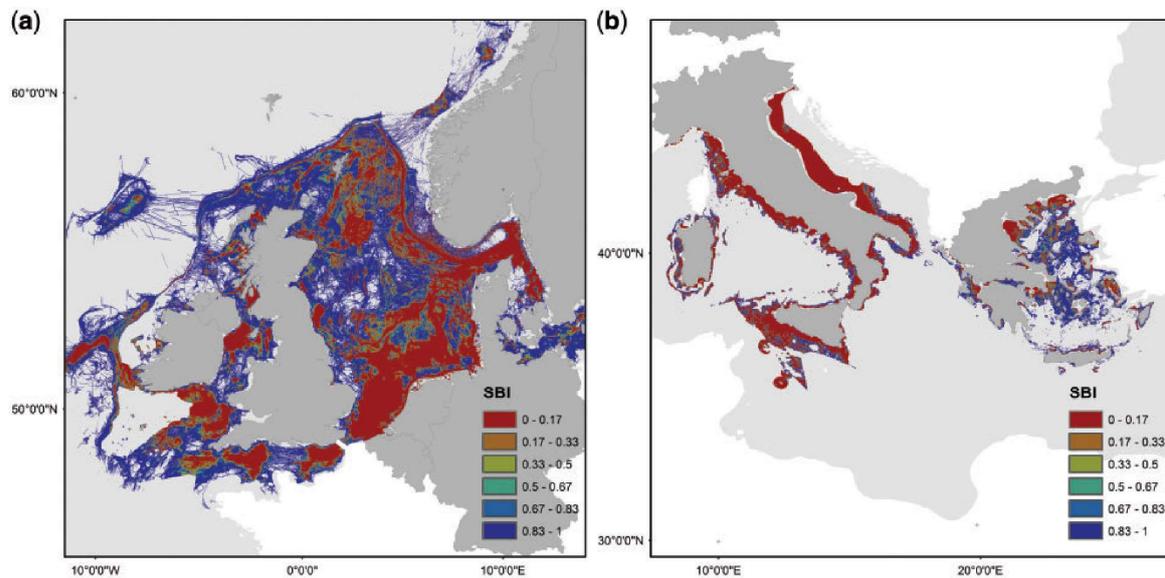


Figura 44 (da Eigaard et al., 2017: valori stimati del Seabed Integrity Indicator, SBI, con 0 che corrisponde ad una situazione in cui tutti i taxa bentonici sono impattati e 1 ad una situazione in cui non lo è nessuno)

Il tema dell'impatto della pesca a strascico sul comparto bentonico, già affrontato più volte negli ultimi decenni, è stato oggetto di una interessante meta-analisi da parte di Hiddink et al. (2017).

In questo caso sono stati considerati 24 studi comparativi e 46 sperimentali, per lo più eseguiti in mari temperati e concentrati nell'Europa nordoccidentale e negli Stati Uniti nordorientali, ma con anche tre casi di studio (uno comparativo e due sperimentali) relativi ai nostri mari.

L'obiettivo era raccogliere dati sulle comunità macrozoobentoniche di fondo mobile per sviluppare un approccio generale e facilmente applicabile alla stima dell'impatto della pesca a strascico su questa componente dell'ecosistema e dei suoi tempi di recupero.

L'idea di fondo, forse un po' troppo meccanicistica, ma certamente interessante per la sua semplicità, era stata ripresa da Pitcher et al. (2017) e considera il rapporto fra la biomassa del macrozoobenthos e la capacità portante dell'ecosistema come una funzione logistica

della frequenza di pesca a strascico, della proporzione del biota persa a ciascun passaggio di rete a strascico e di un tasso di recupero. Note queste tre grandezze, è dunque possibile, stimare l'abbondanza relativa del macrozoobenthos rispetto alla capacità portante.

Valutando i risultati degli studi considerati, Hiddink et al. (2017) notano come la proporzione di biota persa e la penetrazione delle reti a strascico sul fondale marino siano altamente correlate.

Le reti a strascico a divergenti sono il tipo di attrezzo che causa il minor impatto, rimuovendo in media il 6% della fauna macrozoobentonica ad ogni passaggio e penetrando nel fondale, sempre in media, fino a 2.4 cm.

I tempi mediani di recupero dopo la pesca a strascico (intesi come tempi di recupero fino al 95% della capacità portante) sono compresi tra 1.9 e 6.4 anni, in funzione del tipo di attrezzo e dei parametri del modello logistico di cui si è detto.

Pur nella variabilità dei risultati osservati, il modello proposto ha il pregio della semplicità e – in teoria – della generalità e conferma, se mai ce ne fosse bisogno, che per mantenere in equilibrio gli stock ittici e garantire la sostenibilità del loro sfruttamento è necessaria una riduzione della pressione sul comparto bentonico.

Il vantaggio, in questo caso, è che almeno in linea di principio la pianificazione della gestione si può basare su una stima quantitativa dello sforzo di pesca sostenibile.

Lo svantaggio o, meglio, il limite di questo approccio è che è necessario avere una stima della capacità portante dell'ecosistema che deve essere valutata in condizioni imperturbate, condizioni che è ben difficile riscontrare nei nostri mari a meno di non poter disporre di aree in cui la pesca è interdetta, ma con caratteristiche ecologiche uguali a quelle delle aree sfruttate.

Un ruolo rilevante nella definizione dell'impatto della pesca a strascico sui mari europei è stato giocato anche, nell'ambito del 7mo Programma Quadro, dal progetto BENTHIS (*Benthic Ecosystem Fisheries Impact Studies*), che ha finanziato, tra l'altro, proprio le attività che hanno portato al lavoro di Eigaard et al. (2017) di cui si è appena detto. Il progetto, coordinato da IMARES Wageningen UR, ha visto impegnati ben 33 partner di 12 Paesi diversi

(<https://www.benthis.eu/en/benthis.htm>) e ha avuto una durata di 60 mesi a partire dal 1° ottobre 2012, con un budget complessivo di quasi 8 milioni di euro. Il progetto era impostato su nove work packages e su un insieme di casi di studio relativi a tutti i mari europei, come schematizzato in Figura 45.

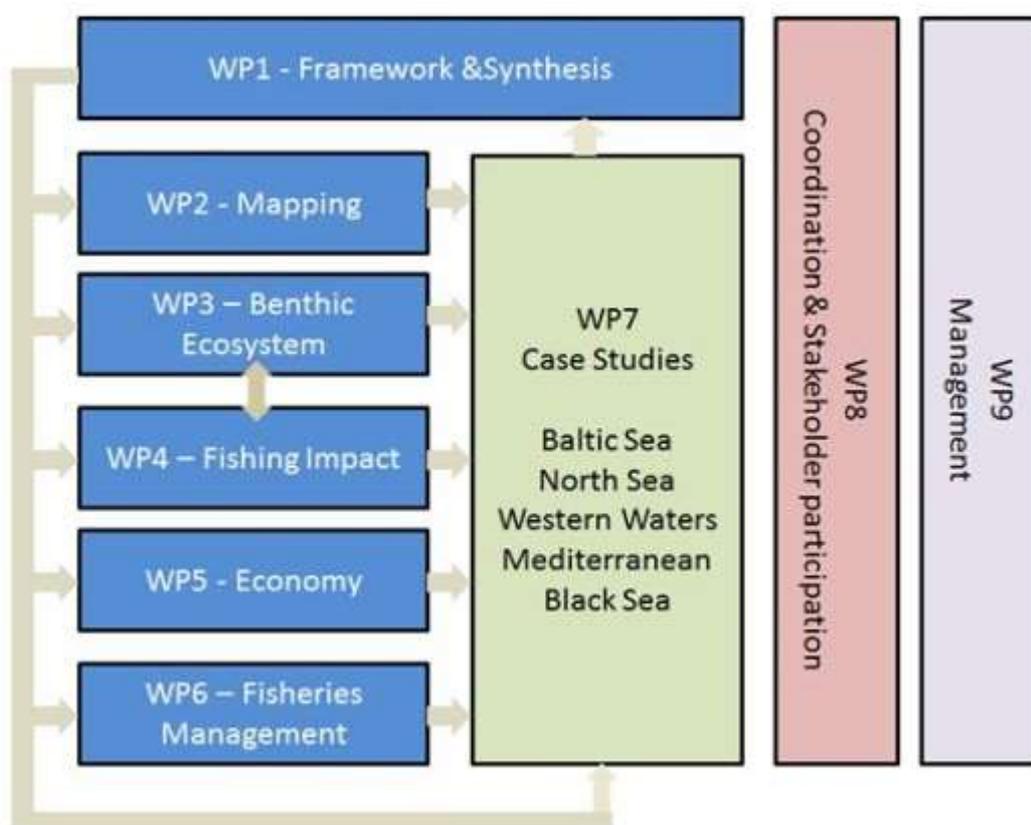


Figura 45 (da <https://www.benthis.eu/en/benthis/Work-packages.htm>)

Il progetto BENTHIS ha sviluppato importanti basi scientifiche per la quantificazione dell'impatto della pesca a strascico sull'ecosistema bentonico.

Analizzando il modo in cui gli attrezzi da pesca interagiscono con il fondale marino è stato sviluppato un approccio che definisce indicatori dell'impatto e di stato del comparto bentonico che possono essere applicati nel contesto della *Marine Strategy*.

L'approccio meccanicistico adottato, sia pure con i limiti di cui si è detto, consente di valutare quanto elevata può essere la pressione per mantenere un buono stato ecologico dell'ecosistema.

La metodologia proposta combina le stime dell'intensità della pesca a strascico con quelle della profondità alla quale gli attrezzi da pesca penetrano nel sedimento e con la sensibilità dell'*habitat*, stimata tenendo conto della durata dei cicli vitali delle specie della comunità bentonica e del tasso di recupero di quest'ultima.

Anche in questo caso è stato osservato come i pescatori concentrino lo sforzo solo in una parte della superficie accessibile, generando zone di pesca caratterizzate da uno stato alquanto degradato della comunità macrozoobentonica.

In queste aree, lontane da una condizione di sfruttamento ottimale, l'impatto di ogni cala aggiuntiva è minimo, poiché colpirà una comunità già ridotta per biomassa e diversità.

Al contrario, lo spostamento dello sforzo di pesca verso aree meno sfruttate ha un impatto molto più rilevante, che è massimo laddove si dovesse operare – in via del tutto ipotetica – su una comunità del tutto pristina.

Per ciò che riguarda i mari italiani questa seconda eventualità è alquanto improbabile, stante la scarsità di aree che risultino indenni dagli effetti della pesca e questa, che non è di per sé una buona notizia, implica almeno che è improbabile che l'impatto complessivo possa aumentare.

Il progetto BENTHIS, comunque, ha impostato un utile quadro di riferimento per la definizione di strategie di gestione della pesca che minimizzino ulteriori impatti e che aiutino a mitigare quelli in atto. Ciò è passato anche per lo studio di soluzioni tecnologiche per ridurre l'impatto della pesca a strascico, ad esempio riducendo il disturbo al fondale causato dai divergenti e riducendo al tempo stesso il costo del carburante, senza influire sulle catture.

Un'analisi dei vari casi di studio condotti in BENTHIS ha individuato i fattori critici per il successo dell'implementazione di innovazioni tecnologiche per mitigare l'impatto della pesca a strascico, ma ha anche fatto comprendere che per raggiungere l'obiettivo è

importante la collaborazione tra pescatori, industria, *decision makers*, ricercatori e società civile.

Infine, va segnalato il crescente interesse al tema dell'impatto della pesca a strascico da parte di molte associazioni ambientaliste.

Se da una parte questo interesse è positivo, perché è parte dell'insieme di fattori appena citato come essenziale per lo sviluppo tecnologico, da un'altra è spesso fonte di informazioni che non sono fornite passando al vaglio di una *peer review* qualificata, come invece avviene per la letteratura scientifica o per i progetti di ricerca finanziati sulla base di bandi competitivi.

Per questo motivo, pur riconoscendo l'importanza di queste associazioni nel tenere vivo il tema degli effetti della pesca e di molti altri ancora, in questo documento non si fa menzione di quanto da loro o da altri diffuso senza sottostare i vincoli propri della letteratura scientifica.

La ricerca sui mari italiani

Per analizzare più in particolare la produzione scientifica relativa ai mari italiani, è stata impostata una *query* Scopus leggermente più generale, come obiettivo tematico, di quella utilizzata nella sezione “Primi lavori scientifici sull’impatto della pesca a strascico”, ma più specifica nel riferimento al nostro Paese. In pratica, è stato sostituito il vincolo al comparto bentonico (eliminando “AND benth*”) ed è stato aggiunto quello ai mari italiani con “AND (*italy* OR *italian*)”. La *query* risultante è dunque:

trawl AND (impact* OR effect*) AND (italy OR italian)*

I documenti estratti il 20/8/2022 erano 4.593, con i primi 2.000 titoli per citazioni che ne raccoglievano in totale 119.108, con una media di poco meno di 60 per titolo.

Fra i primi 2000 titoli per citazioni, 264 ne raccoglievano almeno 100, mentre i rimanenti andavano decrescendo nel numero di citazioni fino a 15, con una mediana di 33 citazioni per titolo.

Ad un esame di dettaglio, tuttavia, è risultato che dei 264 titoli con almeno 100 citazioni solo 11 erano effettivamente centrati sull’analisi degli effetti della pesca sull’ecosistema e non su temi rilevanti, ma più generali (es. *The biodiversity of the Mediterranean Sea: Estimates, patterns, and threats*, peraltro il più citato, con 1.241 citazioni), o del tutto estranei all’obiettivo (es. *Treatment strategies for allergy and asthma*, con 477 citazioni). Gli 11 lavori appena menzionati sono mostrati, con autori, titolo, rivista e numero di citazioni, in Tabella 5, in ordine decrescente di citazioni.

I titoli selezionati sono relativi ad un intervallo temporale, come data di pubblicazione, che va dal 1995 al 2018, coprendo quindi in larga misura quello a cui si è fatto riferimento nelle sezioni che precedono di questo documento.

Il numero medio di citazioni raccolte è di poco superiore a 200 (203.7) e ne testimonia la rilevanza, anche all’interno del sottoinsieme dei 264 lavori con oltre 100 citazioni.

Ovviamente, esistono certamente lavori che possono essere sfuggiti a questo criterio di ricerca, magari anche di interesse, ma come si è detto in apertura questo documento non ha

la pretesa di essere esaustivo nell'elencazione di una sterminata bibliografia, ma di presentare quanto appurato in alcuni casi che emergono in base a dei criteri di ricerca e di selezione ben precisi, con la certezza che i grandi temi emergono sempre e comunque

Tabella 5

Autori	Titolo	Rivista	Citazioni
Dayton et al., 1995	Environmental effects of marine fishing	Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems	627
Tillin et al., 2006	Chronic bottom trawling alters the functional composition of benthic invertebrate communities on a sea-basin scale	Marine Ecology Progress Series	252
Pusceddu et al., 2014	Chronic and intensive bottom trawling impairs deep-sea biodiversity and ecosystem functioning	Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America	211
Blaber et al., 2000	Effects of fishing on the structure and functioning of estuarine and nearshore ecosystems	ICES Journal of Marine Science	197
Coll et al., 2007	An ecological model of the Northern and Central Adriatic Sea: Analysis of ecosystem structure and fishing impacts	Journal of Marine Systems	152
Hinz et al., 2009	Trawl disturbance on benthic communities: Chronic effects and experimental predictions	Ecological Applications	150
Bo et al., 2014	Fishing impact on deep Mediterranean rocky habitats as revealed by ROV investigation	Biological Conservation	140
Eigaard et al. 2017	The footprint of bottom trawling in European waters: Distribution, intensity, and seabed integrity	ICES Journal of Marine Science	136
Clark & Rowden, 2009	Effect of deepwater trawling on the macro-invertebrate assemblages of seamounts on the Chatham Rise, New Zealand	Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers	133
Eigaard et al., 2016	Estimating seabed pressure from demersal trawls, seines, and dredges based on gear design and dimensions	ICES Journal of Marine Science	132
Amoroso et al., 2018	Bottom trawl fishing footprints on the world's continental shelves	Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America	111

In alcuni casi la query di cui sopra ha identificato lavori di grande interesse, ma che risultano selezionati soltanto in base al fatto che, pur trattando degli effetti della pesca a strascico sull'ambiente, *Italy* comparisse nelle affiliazioni degli autori. Un esempio di prodotto scientifico di ottimo livello, ma non riferito ai mari italiani, è il terzo titolo (Pusceddu et al., 2014), selezionato per la nazionalità dell'Ente di appartenenza degli autori.

I lavori che precedono quest'ultimo per numero di citazioni in Tabella 5 risultano selezionati per una singola referenza bibliografica, peraltro relativa alla pesca del dattero di mare (Dayton et al., 1995), o addirittura per la ricorrenza della stringa "ital" in "digital" ed in "italics" (Tillin et al., 2006).

A seguire, è ancora lo stesso identico riferimento bibliografico alla pesca del dattero di mare ad aver fatto selezionare Blaber (2000), mentre si deve arrivare a Coll et al. (2007) per trovare un prodotto che si occupi in maniera diretta ed esplicita del problema dell'impatto della pesca a strascico su un ecosistema di grande rilevanza fra quelli dei nostri mari.

Questi ultimi autori hanno sviluppato un modello trofico di bilancio di massa per caratterizzare la struttura e il funzionamento della rete trofica del Mare Adriatico settentrionale e centrale (Figura 46) e per quantificare gli impatti ecosistemici generati dalla pesca nel corso degli anni '90.

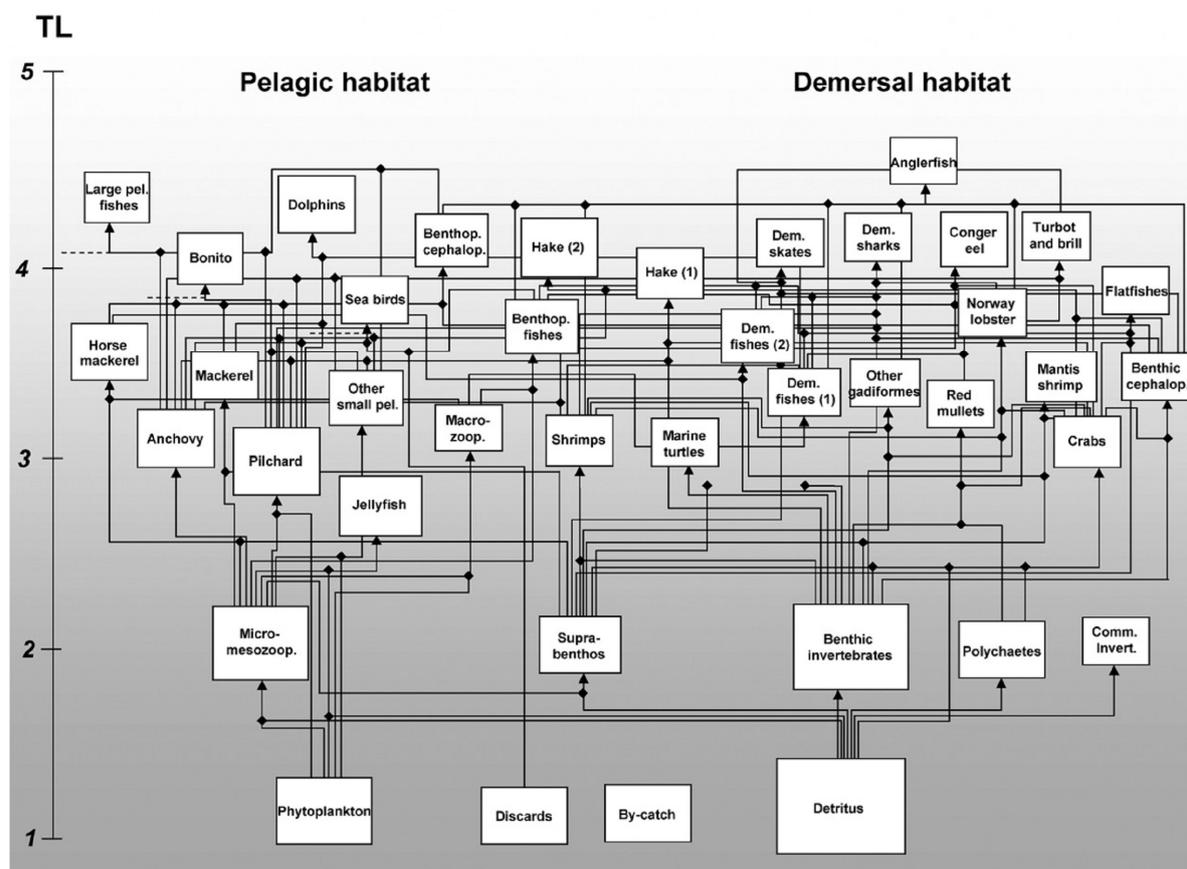


Figura 46 (da Coll et al., 2007: la rete trofica dell'Adriatico centro-settentrionale)

Il modello era basato su ben quaranta gruppi funzionali, che includevano sia specie *target* che non fra pesci e invertebrati, oltre a tre distinte categorie di biomassa detritale.

Queste ultime, tuttavia, oltre al detrito organico includevano anche biomasse che non entravano nella rete trofica solo attraverso la mediazione di organismi necrofagi e detritivori, ovvero quello del cosiddetto “sporco” e le catture indesiderate di rettili e cetacei.

I risultati del modello hanno evidenziato che esisteva uno stretto accoppiamento tra la produzione planctonica, gli invertebrati bentonici e il detrito. In questo scenario, gli organismi di livelli trofico bassi o tutt'al più intermedio, come macroinvertebrati bentonici, zooplancton e piccoli pesci pelagici (es. alici), sono stati identificati come gruppi chiave dell'ecosistema e della rete trofica, insieme al vertice di quest'ultima, ai delfini (Figura 47).

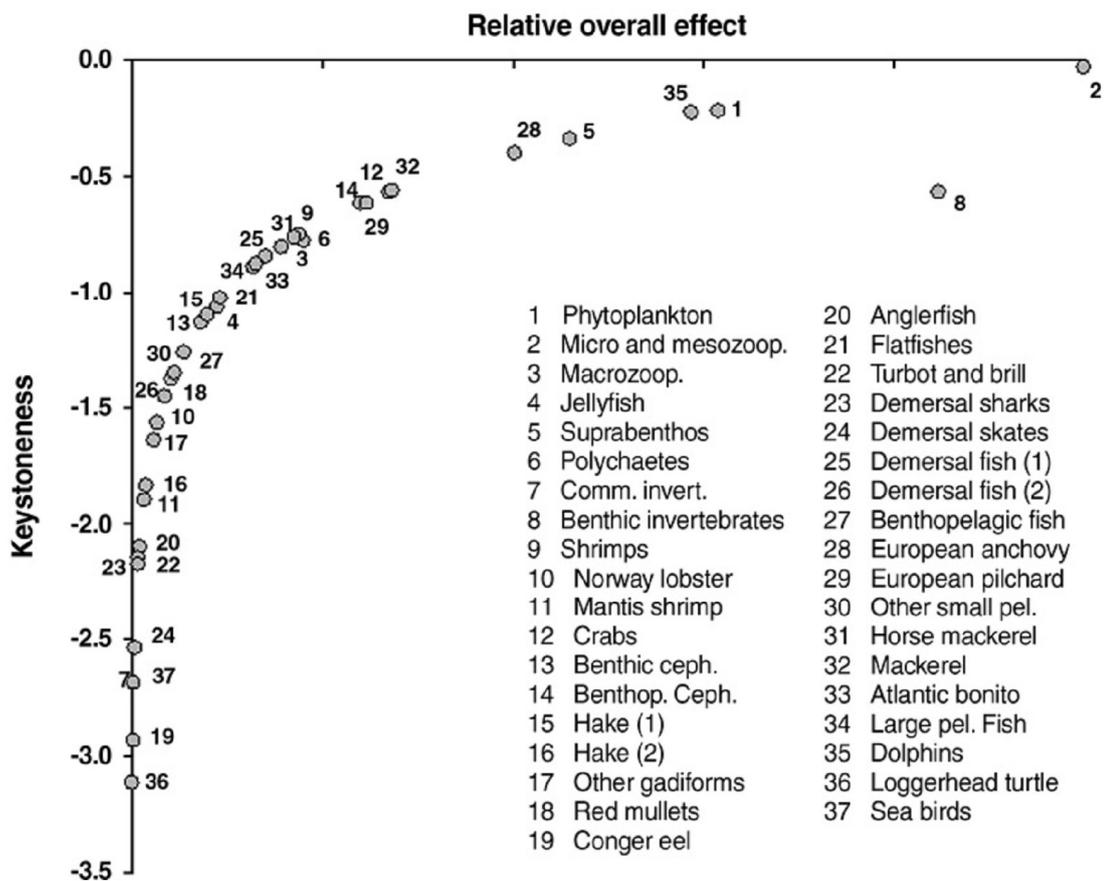


Figura 47 (da Coll et al., 2007: i taxa chiave per importanza relativa della rete trofica e keystoneeness sono in alto a destra)

Le meduse erano un altro elemento importante in termini di consumo e di flussi trofici all'interno dell'ecosistema. Infine, l'analisi dei flussi di energia nella rete trofica attraverso lo zooplancton e i gruppi detritivori ha portato, indirettamente, a dare la giusta enfasi all'importanza della parte microbica della rete trofica dell'Adriatico.

Dal canto loro, le attività di pesca hanno generato impatti significativi sull'ecosistema nel corso degli anni '90, con un'elevata efficienza lorda della pesca, un elevato consumo di biomassa pescata, elevati tassi di sfruttamento di svariate specie bersaglio e non, in abbinamento ad un livello trofico medio delle catture alquanto basso e valori intermedi di produzione primaria necessaria per sostenere la pesca. In termini di impatto, la pesca a strascico a divergenti ed altre forme di pesca con attrezzi a traino (volante e rapido) sono quelle che hanno avuto l'impatto maggiore sia sui gruppi *target* che su quelli non *target*.

A differenza di questi, la circuizione (lampara) ha generato impatti medio-bassi sull'ecosistema e cetacei, tartarughe marine e uccelli marini non sono stati coinvolti in modo significativo nella competizione con l'attività di pesca (Coll et al., 2007).

Escludendo un altro prodotto selezionato senza che fosse riferito ai mari italiani per mere assonanze (Hinz et al., 2009), il prodotto realmente specifico successivo è di Bo et al. (2014).

In questo caso viene esplorata la pesca in acque profonde, che, come si è detto in altre sezioni di questo documento, sta avendo un impatto su questi habitat in tutti gli oceani, anche se in molti casi la natura e l'entità dei danni causati non sono note.

Gli autori hanno utilizzato dei *survey* eseguiti mediante ROV per valutare l'entità degli impatti della pesca sui fondi duri di quattro banchi tra i 70 e i 280 m di profondità tra il Mare Tirreno ed il Mar Ligure.

L'analisi video dell'abbondanza e della diversità della megafauna ha rivelato comunità dominate da cnidari arborescenti, ovviamente sospensivori, a tutte le fasce di profondità studiate.

In questi *survey*, tra il 19% e il 62% dei frame video hanno mostrato evidenti impatti, la maggior parte dei quali è ascrivibile sia ad attività di pesca professionale che ricreativa.

Laddove c'è evidenza di impatto e materiale che deriva da attrezzi da pesca, si osservano colonie spezzate ed impigliate, o che crescono su questo materiale. Il rinvenimento di colonie spezzate e di varie tipologie di alterazione spaziale hanno fornito ulteriori prove di un diffuso disturbo generato dalle attività di pesca.

I dati raccolti hanno evidenziato un impatto diffuso delle attività di pesca sulle comunità bentoniche dei fondi duri e suggeriscono la necessità di adottare misure di conservazione specifiche, sia a livello locale che nazionale al fine di proteggere ecosistemi unici, i quali stanno progressivamente scomparendo prima ancora che ci sia stata l'occasione di studiarli e di conoscerne sufficientemente bene lo stato imperturbato.

Degli altri lavori scientifici selezionati in Tabella 5, due sono stati già commentati in altre sezioni di questo documento e fanno riferimento ad alcuni mari italiani fra molti altri analizzati a vario fine (Eigaard et al., 2017; Amoroso et al., 2018), mentre altri due sono stati selezionati per motivi che non hanno diretto riferimento alla regione geografica considerata (Clark and Rowden, 2009; Eigaard et al., 2016).

Per ciò che riguarda i mari italiani, al di là di altri prodotti che non rientrano nei risultati delle *query* effettuate nell'ambito della redazione di questo documento, è utile ricordare che alla fine negli anni '90 fu lanciato il Progetto PRISMA2 e che nell'ambito di questo progetto furono valutati i cambiamenti nella composizione delle comunità macrozoobentoniche dell'Adriatico (Scardi et al., 1999).

In quest'ambito l'analisi dei dati sul macrozoobenthos dell'Alto Adriatico mise in evidenza una tendenziale riduzione, nel corso dei 60 anni precedenti (cioè fra gli anni '30 e '90), dell'intensità dei cenoclini e quindi della diversità.

Le cause di ciò furono spiegate in base ad almeno due fattori concomitanti:

- Il primo fattore è costituito dall'enorme crescita della pesca a strascico, che opera con potenze complessive assai elevate su tutta l'arca in esame. L'effetto di queste attività sui popolamenti bentonici, benché certo, non è stato mai definito in maniera univoca, soprattutto poiché agisce in sinergismo con molti altri fattori. È evidente, tuttavia, che la pura e semplice immissione di energia meccanica in tutto il sistema può avere

contribuito alla depressione della variabilità spaziale a piccola ed a media scala ed aver favorito una riduzione degli ecotoni.

- Il secondo fattore è costituito dal complesso di variazioni quali-quantitative degli apporti terrigeni. La qualità di questi ultimi è strettamente legata all'evoluzione delle attività antropiche (agricoltura, industria, etc.) ed alla gestione del territorio, con particolare riferimento ai corsi d'acqua.

Ma fu anche sottolineato come:

“Altre cause non possono affatto essere escluse e fra queste devono essere citate soprattutto quelle legate alle variazioni climatiche, che hanno ridotto la frequenza e l'intensità del raffreddamento superficiale delle acque dell'Alto Adriatico in occasione di venti di Bora (questo fenomeno alimenta uno dei "motori" più importanti nella circolazione del Mediterraneo)...”

Queste considerazioni, anche se vecchie ormai di oltre 20 anni, restano valide ancora oggi e testimoniano il fatto che il l'Adriatico, così come il Mare del Nord e forse anche più del mare del Nord, per una pura questione dimensionale, è un mare profondamente modificato dalle attività antropiche (non solo dalla pesca), così come la Pianura Padana non è più, da secoli, una pianura alluvionale pristina.

In uno scenario fortemente modificato, il recupero di uno stato pristino pregresso non è qualcosa da poter dare per scontata e non è qualcosa che possa avvenire in tempi brevi sulla scala della vita umana. Inoltre, gli esiti di quella che è a tutti gli effetti un insieme di successioni ecologiche secondarie non sono prevedibili con certezza (Lotze et al., 2011) e l'assetto finale del sistema potrebbe essere diverso da quello desiderato (Figura 48), ammesso che ciò che si desidera sia il ritorno ad uno stato pristino ipotetico, perché in larga misura nemmeno conosciuto in maniera esatta.

Quel che è certo, invece, è che misure meno ambiziose, ma certamente utili, potrebbero giocare un ruolo importante in un orizzonte temporale ragionevolmente breve.

Da questo punto di vista Bastari et al. (2016) hanno sottolineato i benefici attesi dalla creazione di una grande area marina protetta transfrontaliera (LMPA), in particolare un'area

vietata alla pesca a strascico proprio nell'Adriatico, uno dei settori più sfruttati del Mediterraneo.

Un'area vietata alla pesca a strascico viene esaminata come strategia per promuovere il recupero degli ecosistemi e delle economie marine locali e per soddisfare gli obiettivi internazionali di conservazione e i mandati dell'UE.

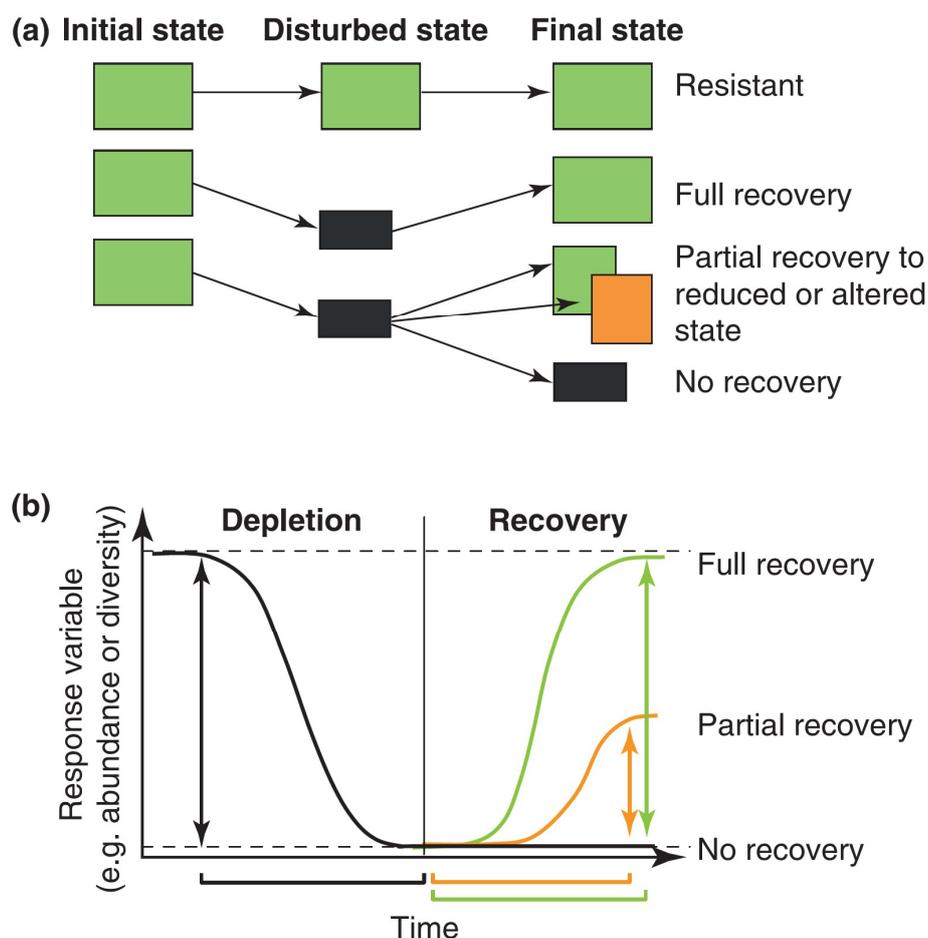


Figura 48 (da Lotze et al., 2011)

Sulla base di una revisione degli studi pubblicati che documentano gli esiti positivi dei precedenti divieti di pesca a strascico in altre regioni e delle attuali iniziative e opportunità nella regione mediterranea, si conclude che la protezione su larga scala dell'Adriatico con un'ampia zona interdotta alla pesca a strascico potrebbe essere fattibile ed invertire le traiettorie di degrado ecologico e socioeconomico in questo bacino.

In particolare, la protezione potrebbe essere realizzata attraverso la proposta di una zona di interdizione della pesca (FRA) alla Commissione Generale per la Pesca nel Mediterraneo (CGPM). Tuttavia, gli autori sottolineano come l'eventuale successo dell'istituzione e del funzionamento di una FRA o LMPA dipenderà dal suo sostegno da parte dei governi dei Paesi interessati, nonché dal coinvolgimento e dall'effettiva partecipazione dei principali *stakeholders*.

Limiti alla pesca a strascico

Mediterraneo e mari italiani

È ormai chiaro che in più casi siano state registrate alterazioni delle comunità bentoniche causate dalla pesca a strascico, che nel lungo termine può effettivamente modificare interi ecosistemi. In generale, le ricerche hanno indicato come il livello di perturbazione ambientale indotto dalle attività di pesca a strascico sia correlato con la forza con cui gli attrezzi da pesca agiscono sul fondale, con il loro peso, con la velocità di traino, con la natura dei sedimenti e con l'intensità di maree e correnti. Maggiore è la frequenza dell'impatto su un'area, maggiore è la probabilità che si instauri un'alterazione permanente. Nelle acque più profonde, dove la fauna è meno adattata ai cambiamenti nei regimi di sedimentazione ed al disturbo causato dalle forzanti meteo-marine, gli effetti degli attrezzi da pesca a traino impiegano più tempo a scomparire. Gli studi indicano che in acque profonde (>1000 m), il tempo di recupero è probabilmente misurato in decenni ed oltre.

È su questa base che la Commissione Generale della Pesca per il Mediterraneo (CGPM) o *General Fisheries Commission for the Mediterranean* (GFCM), in inglese, ha imposto nel 2005 il bando alla pesca con attrezzi trainati al di sotto della batimetria dei 1000 m (in arancione in Figura 49).

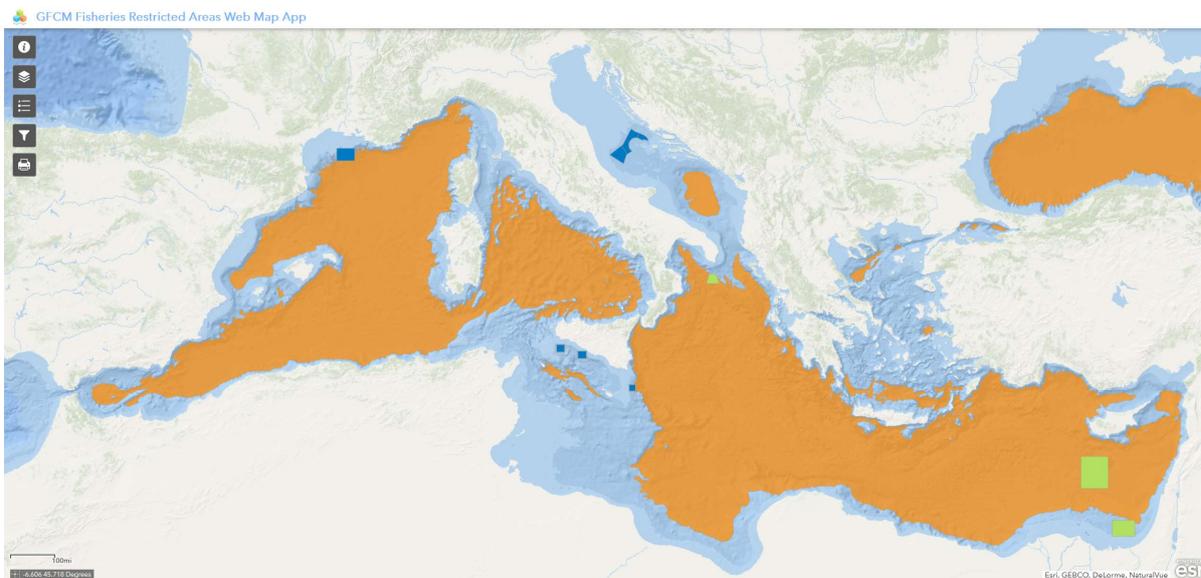


Figura 49 (in arancione le aree con profondità superiore ai 1000 m, in colori vari altre aree interdette)

In effetti, il provvedimento mirava soprattutto a proteggere gli stock ittici profondi, il cui stato non è ben conosciuto, sulla base di un principio di precauzione che frenava l'espansione verso le profondità più elevate delle aree sfruttate. Dunque, la misura era più mirata alla conservazione delle risorse che a quella dell'ambiente, ma la necessità di proteggere gli *habitat* profondi, particolarmente vulnerabili, era stata dichiarata dallo *Scientific Advisory Committee on Fisheries (SAC)* già nel 2004. Il risultato di questa decisione, vincolante per tutti i Paesi del Mediterraneo, è che risultano interdetti 1.700.000 km² dei fondali di questo bacino, che rappresentano il 68% della sua superficie totale. Altre motivazioni hanno invece supportato l'istituzione di altre zone interdette, in altri colori in Figura 49.

Per i mari che ricadono sotto la giurisdizione italiana, se con ciò si intendono le acque entro le 12 miglia nautiche dalla linea di base e la **Zona di Protezione Ecologica**, le aree con fondali più profondi di 1000 m rappresentano poco meno di 200.000 km² su un totale di circa 350.000 km², cioè poco più del 56% della superficie totale. Queste aree sono mostrate in arancione in Figura 50.

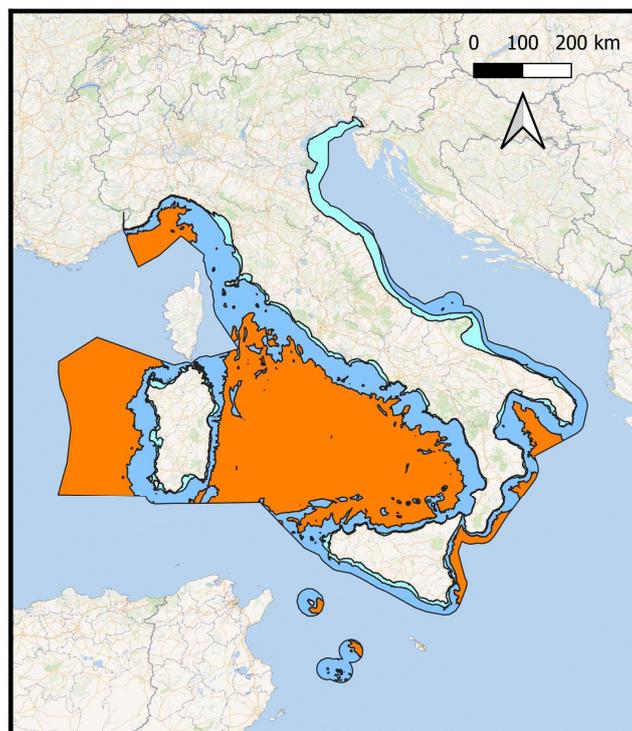


Figura 50 (in arancione le parti di acque territoriali italiane e di ZPE con interdizione della pesca per profondità superiore ai 1000m, in celeste chiaro la fascia entro i 50 m, parzialmente interdetta in funzione della distanza dalla costa)

A queste aree di interdizione profonda, come è noto, si aggiunge una fascia di interdizione costiera, che si estende fino a un miglio e mezzo su fondali entro la batimetria dei 50 m (indicata dalla fascia celeste chiaro in Figura 50) e fino a 0.7 miglia nautiche in acque più profonde. Insieme con il divieto di pesca su substrati biogenici (es. coralligeno), questa seconda fascia di interdizione ha il fine di proteggere gli ecosistemi più sensibili all'impatto degli attrezzi a traino.

Ciò porta le aree su cui la pesca a strascico è interdetta a circa i 2/3 della superficie totale dei mari sotto la giurisdizione italiana, con un margine di correzione, verosimilmente per eccesso, legato alla parziale conoscenza della posizione e dell'estensione delle aree in cui sono presenti substrati biogenici.

Altri mari

Il Segretario Generale delle Nazioni Unite ha riferito nel 2006 che il 95% dei danni agli ecosistemi delle montagne sottomarine in tutto il mondo è causato dalla pesca a strascico di

fondo in acque profonde. Inoltre, uno studio recente suggerisce che un limite di 600 metri (pari a 2.000 piedi) sia quello oltre il quale il danno ecologico aumenta in modo significativo (Clarke et al., 2015).

Non è da sottovalutare il fatto che grandi quantità di carbonio siano immagazzinate nei sedimenti del fondale marino, rischiando processi di rilascio innescati dalla pesca a strascico.

Negli ultimi due decenni, si sono registrati numerosi provvedimenti da parte di Paesi o Organizzazioni internazionali per vietare la pesca a strascico in alcune aree sensibili o per istituire delle aree di interdizione ad altri fini. Più o meno in ordine cronologico, alcuni casi che possono essere menzionati, a titolo di esempio ed ancora una volta senza pretesa di esaustività, sono i seguenti:

- Nel 1999 è stata istituita dall'Australia la *Tasmanian Seamounts Marine Reserve* nel Mar di Tasman meridionale, con divieto di pesca a strascico. Lo stesso divieto è stato imposta anche nel *Great Australian Bight Marine Park* al largo dell'Australia meridionale. Nel 2004, infine, l'Australia ha istituito la più grande area marina protetta del mondo nel *Great Barrier Reef Marine Park*, dove sono vietate la pesca e tutte le attività estrattive.
- Nel 1999 la Norvegia ha preso atto che la pesca a strascico aveva causato danni significativi ai suoi coralli di acqua fredda del genere *Lophelia*. Da allora, è stato istituito un programma per mappare in tutta la sua ZEE queste formazioni e chiudere alla pesca a strascico le aree in cui sono presenti.
- Nel 2001 la Nuova Zelanda ha chiuso alla pesca a strascico ben 19 montagne sottomarine situate nella sua ZEE, compresa l'area del *Chatham Rise*. Nel 2006, inoltre, è stato raggiunto un accordo per vietare la pesca a strascico nel 30% della ZEE neozelandese, per un'area di oltre un milione di km², di cui solo una parte copre aree effettivamente vulnerabili.
- All'inizio degli anni 2000 il Canada ha agito per proteggere dalla pesca a strascico gli ecosistemi ritenuti vulnerabili per la presenza di formazioni coralline al largo della Nuova Scozia (Breeze e Fenton, 2007). La *Northeast Channel Coral Conservation Area*, al margine del *Georges Bank*, è stata protetta da una chiusura della pesca nel 2002.

Inoltre *The Gully*, il più grande canyon sottomarino della costa orientale del Nord America, a circa 100 miglia al largo della Nuova Scozia, nel 2004 è stato designato come Area Marina Protetta.

- Negli Stati Uniti è stata limitata la pesca a strascico in aree specifiche, scelte per proteggere specie o habitat vulnerabili. Sulla costa occidentale degli Stati Uniti, ad esempio, è stata creata nel 2002 una vasta area di conservazione del genere *Sebastes*, in cui è vietata la pesca a strascico nella maggior parte dei casi tra 75 e 150 braccia – cioè da 450 a 900 piedi (da 140 a 270 m) - per proteggere le specie sovrasfruttate di questo genere. Nel 2018, queste chiusure sono state riviste per consentire la pesca a strascico in alcune aree precedentemente chiuse, chiudendo al contempo nuove aree di habitat sensibili alla pesca a strascico.
- Il Consiglio dell'Unione europea nel 2004, in applicazione di un principio di precauzione, ha chiuso alla pesca a strascico l'area dei *Darwin Mounds*, al largo della Scozia, in ragione della sua vulnerabilità.
- Nel 2006, la Commissione Generale per la Pesca nel Mediterraneo (CGPM), dopo aver vietato l'anno precedente, come si è già detto, la pesca a strascico al di sotto dei 1000 metri, ha completamente chiuso alcune aree ritenute ecologicamente sensibili al largo di Italia, Cipro ed Egitto a tutte le forme di pesca a strascico.
- Nel 2009 il Venezuela ha vietato la pesca a strascico industriale in tutte le sue acque territoriali e nella ZEE.
- Nel 2012 Hong Kong ha imposto un divieto di pesca a strascico nel tentativo di recuperare i suoi ecosistemi marini, fortemente impattati da uno sfruttamento troppo intenso. In parallelo è stato finanziato un programma per il disarmo delle imbarcazioni da pesca.
- Alcuni piccoli stati del Pacifico hanno imposto divieti di pesca nelle loro acque, ma a causa dell'estensione e delle modeste capacità di controllo, si tratta di provvedimenti di carattere più che altro simbolico.

La pesca a strascico ha sempre effetti devastanti?

La pesca a strascico, nelle sue varie forme, ha innegabilmente un impatto sul fondale e questo impatto può avere conseguenze anche molto serie per l'integrità delle componenti biotiche ed abiotiche dell'ecosistema marino.

Se si concentra l'attenzione sui mari italiani, la letteratura scientifica corrente, come si è visto, fornisce almeno due elementi che possono sottendere una valutazione oggettiva di tale impatto.

In primo luogo, il tipo di pesca a strascico prevalentemente (ma non esclusivamente) praticato nei nostri mari, ovvero la pesca a strascico a divergenti, non è il più impattante, poiché in genere interessa solo lo strato più superficiale del sedimento.

In secondo luogo, la reiterazione della pesca in aree già ampiamente sfruttate produce un modesto effetto aggiuntivo: quando il "secchio" degli effetti è pieno, non se ne possono sommare altri.

A questi elementi si aggiunge il fatto che le aree di interdizione della pesca sono cresciute nell'ultimo ventennio, soprattutto con l'inclusione di tutte le aree profonde, oltre i 1000 m, che sono unanimemente considerate come le più vulnerabili.

Più in generale, è in corso, anche se non ancora finalizzata al settembre 2022, un'iniziativa ONU per la protezione del 30% degli oceani al di fuori delle acque territoriali e delle ZEE e questo tipo di impegno è anche al centro di azioni europee ed italiane.

Dunque, esistono i presupposti per un'azione che gradualmente riduca l'impronta ecologica della pesca a strascico entro limiti sostenibili per l'ambiente e per l'economia.

Ciò che è essenziale, a questo fine, è conoscere i problemi ed affrontarli in maniera laica, senza preconcetti e senza cedere alla facile tentazione di pensare che la chiusura di un'area alla pesca sia sempre e comunque un risultato intrinsecamente positivo.

Infatti, la chiusura di un'area del pianeta ad una qualsiasi attività antropica comporta inevitabilmente un aumento della pressione su di un'altra, magari remota e meno soggetta

ad una gestione improntata ai principi della sostenibilità. In questo caso la somma algebrica degli effetti positivi e negativi ha spesso il segno meno, in un'ottica globale.

Per quanto riguarda gli aspetti strettamente scientifici, si tenga presente che è intrinsecamente più semplice cercare nei casi di studio conferma di ciò che si ritiene utile dimostrare (pratica ben nota come *cherry picking*) e che è molto più semplice che sia accettato senza problemi per la pubblicazione un manoscritto che si allinea con il *mainstream*, piuttosto che uno che lo mette in discussione.

Inoltre, ma non indipendentemente da quanto si è appena detto, fra i ricercatori c'è un'innata attitudine (alzi la mano chi ne è indenne) a pubblicare preferenzialmente risultati che dimostrino l'esistenza di qualche differenza significativa, per esempio, tra un'area impattata ed una di controllo.

Nel caso in cui i dati dicano che la differenza non è significativa, è molto probabile che restino nel metaforico cassetto.

Non è questo il caso che riferiscono Sciberras et al. (2018) in una *review* che prende in esame ben 122 studi, riportati in 62 pubblicazioni, impostando una meta-analisi mirata a valutare su un'ampia base di riferimento gli effetti della pesca a strascico con vari attrezzi.

Infatti, questi autori rilevano effetti non estremi, soprattutto su aree già sfruttate, con lo strascico a divergenti che risulta la tecnica meno impattante.

Inoltre, una volta che la pressione della pesca ha selezionato le specie bentoniche che la tollerano, gli effetti del passaggio delle reti sul fondale sono modesti, con la comunità bentonica che recupera la sua struttura precedente (ovviamente non quella pristina in assoluto) in pochi giorni.

La posizione dei punti relativi al logaritmo del tasso di recupero della comunità in rapporto alla retta di ordinata 0 (ovvero del pieno recupero) in Figura 51 e in Figura 52 mostra chiaramente che gli effetti sono trascurabili e che, se si considera il punto di ordinata 0 della retta che interpola i dati disponibili, il recupero avviene già in giorni o settimane nel caso dello strascico a divergenti (*otter trawl*).

Tuttavia, nel complesso, sebbene l'effetto sia stato quello di ridurre l'abbondanza della comunità (in media: da -3% a -12%) e la ricchezza specifica (in media da -9% a -12%), l'effetto non era significativo a causa della elevata varianza che intrinsecamente caratterizza questo tipo di dati.

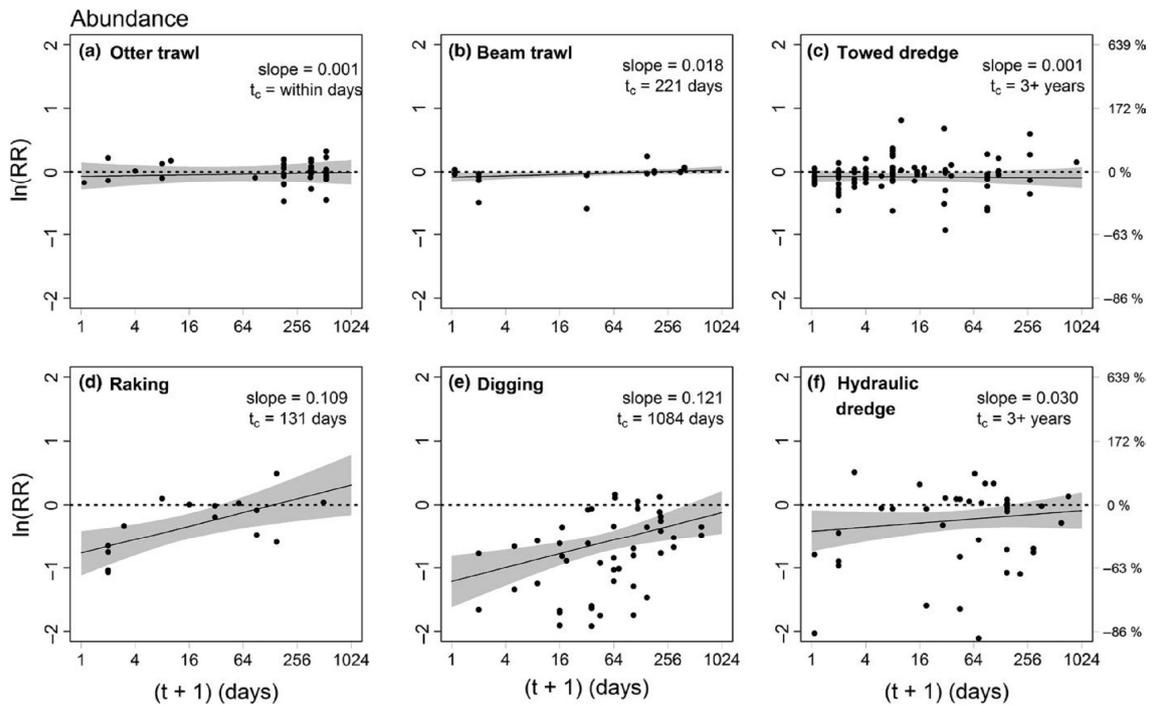


Figura 51 (da Sciberras et al., 2017: $\ln(RR)$ è il logaritmo naturale del tasso di recupero delle abbondanze della comunità macrozoobentonica)

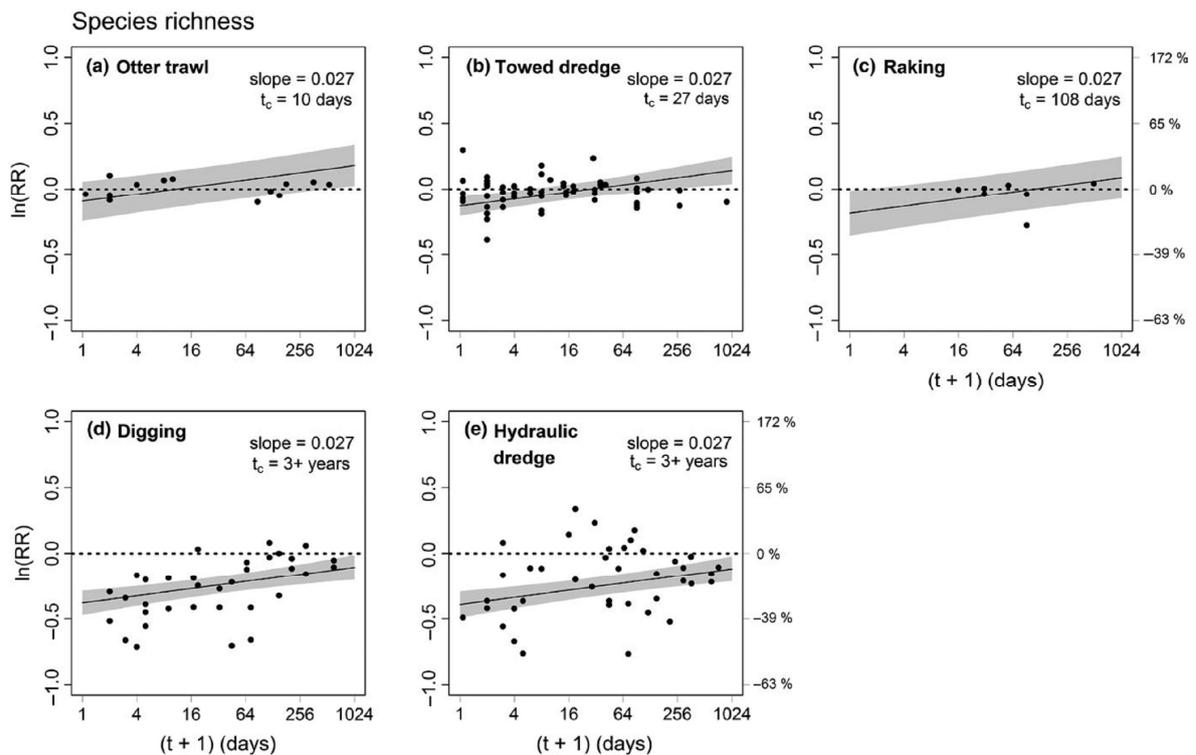


Figura 52 (da Sciberras et al., 2017: $\ln(RR)$ è il logaritmo naturale del tasso di recupero della ricchezza specifica della comunità macrozoobentonica)

Ovviamente gli stessi autori precisano che:

Nevertheless, given that our estimates are based on all available evidence to the date of this review, it seems reasonable to assume that these estimates are close to the real mean values of depletion caused by these towed gears and practitioners should use these estimates in assessments (rather than assume that depletion is zero as a strict hypothesis testing framework would dictate).

Ovvero:

Tuttavia, dato che le nostre stime si basano su tutte le prove disponibili fino alla data di questa review, sembra ragionevole presumere che queste stime siano vicine ai valori medi reali dell'effetto causato da questi attrezzi trainati e gli addetti ai lavori dovrebbero utilizzare queste stime nelle valutazioni (piuttosto che presumere che l'effetto sia nullo come implicherebbe un rigoroso di test di ipotesi).

Come si è detto nella sezione precedente di questo documento, le aree di interdizione della pesca e le aree marine protette vengono sempre più spesso utilizzate come strumenti per realizzare una pesca sostenibile.

La cosiddetta *plaice box*, un'area situata nel Mare del Nord ed istituita per ridurre le catture di passera di mare (*Pleuronectes platessa*) sotto taglia, è stata considerata inefficace perché si era verificato uno spostamento nella distribuzione del novellame di passera di mare nelle acque rimaste aperte ai pescherecci a strascico.

Hiddink et al. (2008) hanno esaminato l'ipotesi che la pesca a strascico crei condizioni che avvantaggiano i piccoli invertebrati bentonici che costituiscono la risorsa essenziale per la platessa e che la *plaice box* abbia, al contrario, avuto un impatto negativo sul supporto trofico che questa componente macrobentonica garantisce alla popolazione di platessa.

Un modello basato sulle taglie individuali degli organismi bentonici (Duplisea et al., 2002) suggeriva che la produzione di prede macro- e meiobentoniche per la platessa era bassa nelle aree non esposte all'azione delle reti a strascico e massima nelle aree che vengono pescate una o due volte l'anno.

Ciò ha dimostrato che il disturbo del fondale può migliorare il supporto trofico alla platessa e, in generale, alle specie che si nutrono di piccoli invertebrati.

La tendenza degli individui di platessa ad aggregarsi nelle aree con più alta biomassa bentonica è dunque ciò che potrebbe spiegare la redistribuzione osservata nelle aree al di fuori della *plaice box*.

Dunque, è verosimile che quest'ultima potrebbe non essere stata la misura più appropriata per proteggere la platessa dalle catture sotto taglia e quindi che l'ecologia delle specie, in questo come in altri casi, dovrebbe essere presa in attenta considerazione quando si definiscono misure di gestione o di conservazione.

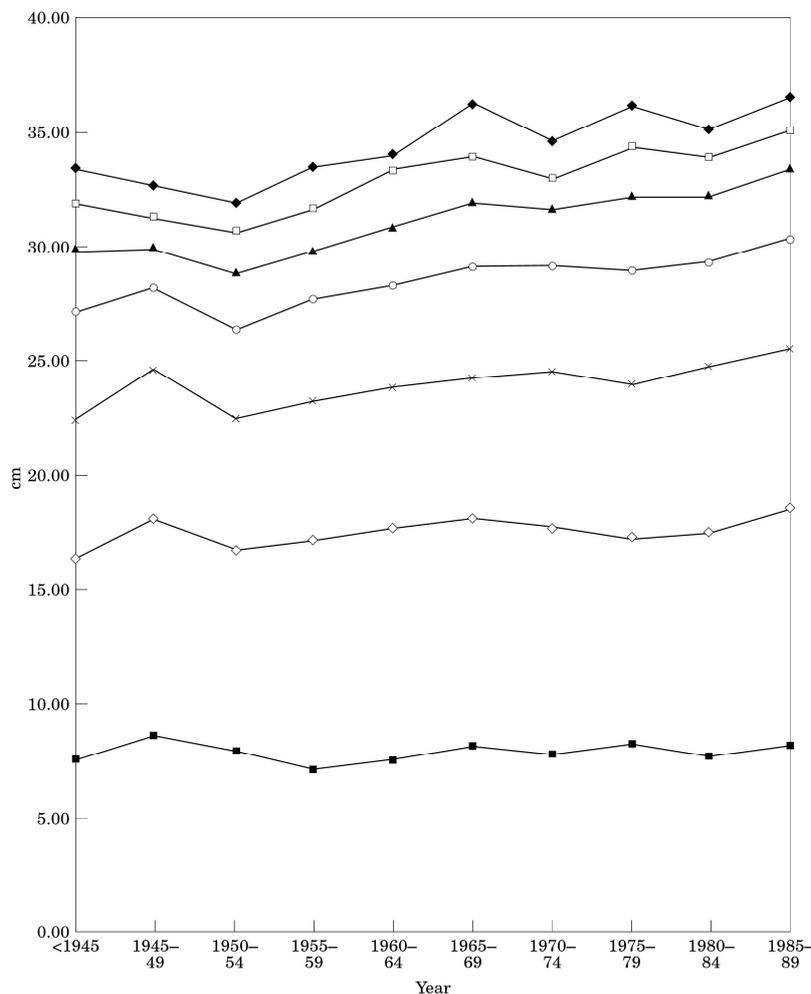


Figura 53 (da Millner e Whiting, 1996: andamento della lunghezza media per classe di taglia da 0+, quadrati neri, a 6+, rombi neri)

Come si può notare, per le classi di età dalla 2+ a salire la taglia media, che aveva raggiunto un minimo nel periodo 1950-54, è andata gradualmente aumentando fino alla fine degli anni '80, cioè durante decenni di concomitante aumento della pressione esercitata dalla pesca a strascico (con sfogliare, in particolare).

La fase di aumento della taglia della platessa comprende proprio quella in cui la sogliola, che era parte delle catture accessorie della pesca alla platessa, è divenuta a sua volta una specie target. Gli autori hanno sottolineato come eutrofizzazione, cambiamenti climatici e pesca a strascico hanno avuto effetti concomitanti e difficili da risolvere, ma possono certamente

aver giocato un ruolo nell'aumentare la biomassa bentonica e quindi il supporto trofico alle popolazioni di sogliola.

I risultati dello studio di Millner e Whiting (1996) sono di interesse in quanto tali, ma anche da un punto di vista più generale, perché mostrano come sia difficile poter individuare i fattori chiave nella regolazione di una popolazione oggetto di sfruttamento, sia perché i fattori interagiscono fra loro, sia perché l'interazione con altre specie può essere a sua volta un elemento essenziale.

Da qui il richiamo alla necessità di un approccio olistico, ricordata in apertura di questo documento, emerge prepotentemente.

Un recente studio di Clare et al. (2021) si basa sull'ipotesi che esista una relazione governata dalla temperatura fra la pressione della pesca a strascico e la capacità della comunità macrozoobentonica di rigenerare biomassa.

Diversi altri studi, fra cui anche quello appena citato di Hiddink et al. (2008), hanno mostrato che la mortalità generata dalla pesca a strascico sulla parte sensibile della comunità macrozoobentonica può agire favorendo specie opportuniste, di taglia minore e con cicli vitali più rapidi, che a loro volta possono assicurare un supporto trofico più abbondante e più stabile alle popolazioni ittiche di interesse commerciale.

Se da una parte ciò conferma che la pressione di pesca non gioca necessariamente un ruolo negativo per tutte le specie, la relazione con la temperatura è un tema interessante, anche alla luce dei cambiamenti climatici in atto.

Infatti, in generale gli organismi ectotermi sono più piccoli e crescono più velocemente con l'aumento della temperatura, possono essere meno vulnerabili alla pesca a strascico e più veloci nel ricostituire la loro biomassa in acque più calde.

Pertanto, l'effetto cronico della pesca a strascico sulla biomassa degli invertebrati bentonici può dipendere dalla temperatura locale delle acque e quindi essere influenzato del cambiamento climatico.

Clare et al. (2021) hanno testato questa ipotesi utilizzando campioni di macrozoobenthos provenienti da 200 stazioni del Mare del Nord e da dati sulla pressione della pesca a strascico nelle aree in cui sono stati raccolti i campioni.

Come mostrato in Figura 54 la relazione tra la biomassa della comunità bentonica e l'impatto della pesca (espresso come Swept Area Ratio, SAR) era negativa quando la temperatura annuale al fondo era bassa (8 °C), nulla a temperatura intermedia (9.5 °C) e positiva in acque relativamente calde (11 °C).

Queste relazioni sono riconducibili più all'aumento delle taglie medie degli individui che delle loro abbondanze numeriche, ma sono coerenti con l'ipotesi che il clima moduli l'effetto cronico della pesca a strascico sulla biomassa degli invertebrati bentonici e quindi sul supporto trofico alle specie ittiche sfruttate.

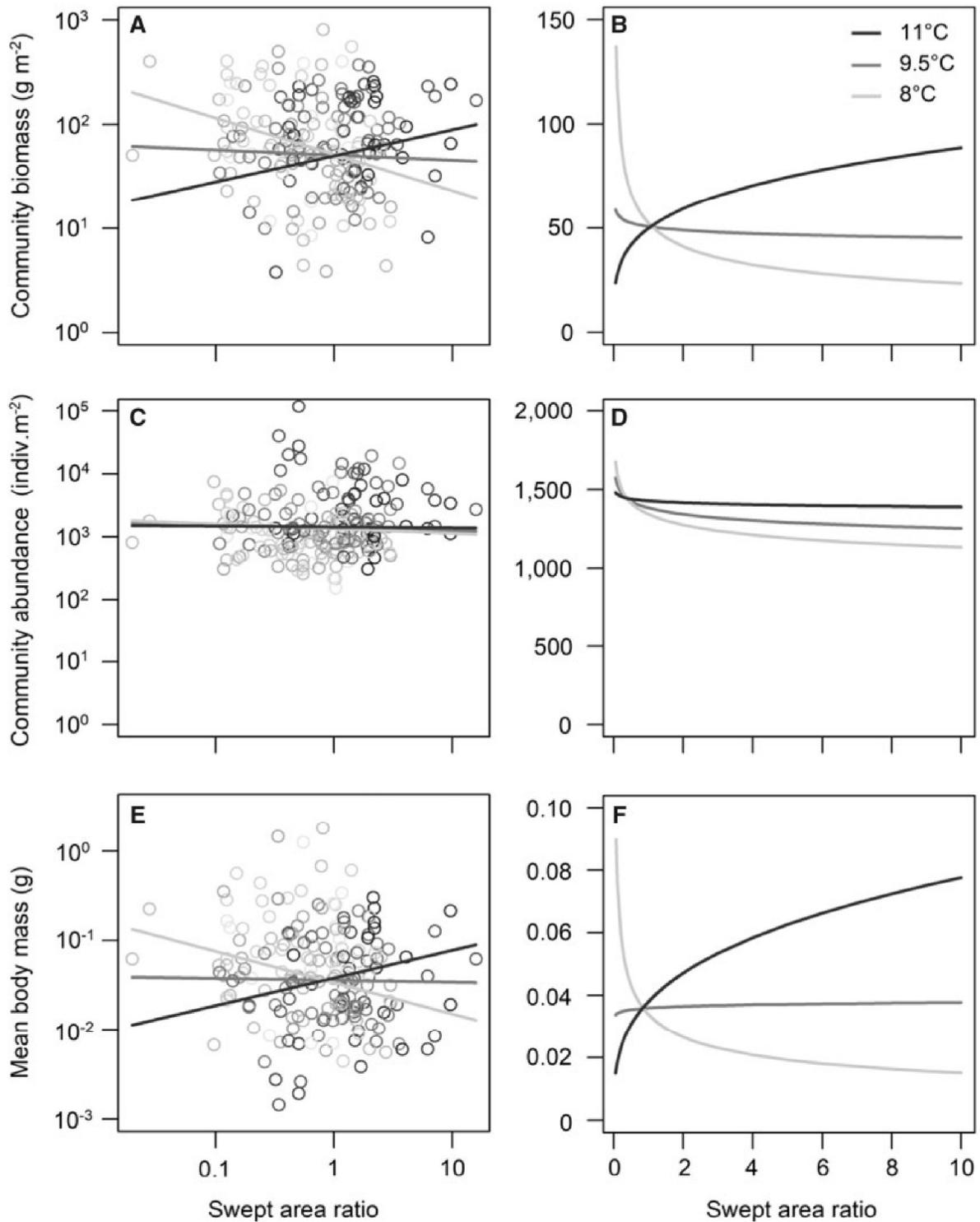


Figura 54 (da Clare et al., 2021: relazioni fra biomassa complessiva della comunità bentonica, abbondanza numerica e biomassa individuale e SAR, cioè Swept Area Ratio, a sinistra su scala log-log, a destra in scala lineare)

Il Mare di Bering orientale ha conosciuto uno sviluppo rapido e intensivo della pesca a strascico. Grazie alla buona affidabilità dei dati ed alla storia relativamente breve delle attività di pesca è stato possibile ricostruirne efficacemente la dinamica nello spazio e nel tempo.

Approfittando di questa positiva opportunità, McConnaughey et al. (2000) hanno affrontato uno studio sugli effetti cronici della pesca a strascico sulle comunità bentoniche di fondo mobile.

Aree precedentemente non sfruttate furono confrontate direttamente con aree fortemente impattate pescate per studiare le conseguenze a lungo termine della pesca a strascico sul macrozoobenthos.

Utilizzando questo approccio, nel 1996 furono studiate le comunità in un'area di fondo mobile relativamente poco profondo (48 m in media) attraverso un campionamento condotto in 84 stazioni a cavallo del limite di un'area interdetta alla pesca.

Lo studio considerò 92 taxa (peraltro poi accorpati fino a 42 per le analisi del caso) e sui dati ad essi relativi furono condotti test statistici multi- e univariati che hanno consentito di verificare come macrofauna sessile, gasteropodi e conchiglie vuote erano più abbondanti nell'area non sfruttata in precedenza dalla pesca, mentre furono miste le risposte dei gruppi di organismi vagili, che dipendevano dai loro cicli vitali, dalle loro nicchie ecologiche e dalla loro ecologia trofica.

In questi casi alcuni taxa risultarono più rappresentati nell'area già sfruttata in precedenza dalla pesca. Inoltre furono osservate differenze, ancora una volta non univocamente a favore dell'area non sfruttata in precedenza, nella diversità complessiva e nell'ampiezza di nicchia dei taxa sedentari, che pure erano generalmente più abbondanti nell'area precedentemente non sfruttata dalla pesca.

In definitiva, gli autori sottolinearono come fosse necessario un approccio sistematico per affrontare lo studio di una materia tanto complessa quanto lo è la valutazione delle perturbazioni indotte dalle reti a strascico.

Ciò doveva iniziare, a detta degli autori, con l'identificazione degli impatti cronici e acuti, seguiti da indagini mirate sulle loro implicazioni ecologiche e, infine, da un'analisi costi-benefici, al fine di valutare l'adozione di specifiche opzioni di gestione delle risorse (McConnaughey et al., 2000).

In termini più generali, in rapporto al problema dell'impatto della pesca a strascico, la risposta della comunità bentonica che fu osservata, al netto della vulnerabilità delle specie sessili di grande taglia, non indicò in maniera univoca un effetto negativo.

Al di là delle risposte diversificate dei diversi taxa bentonici alla pressione determinata dalla pesca a strascico, l'impatto sulle comunità bentoniche sembra essere modulato dal contesto ambientale in cui si verifica.

Come si è già detto, le comunità che si trovano in aree soggette a bassi livelli di disturbo naturale sono considerate le più vulnerabili alla pesca a strascico e uno studio di Mangano et al. (2013) ha preso in esame l'impatto della pesca a strascico a divergenti sull'epifauna bentonica del Mar Tirreno meridionale, in quattro strati batimetrici compresi fra la parte più superficiale della piattaforma continentale e la porzione meso-batiale della scarpata.

Utilizzando una lunga serie temporale relativa a specie raccolte dallo sporco di cale sperimentali, sono state rilevate differenze nella struttura e nella composizione dell'epifauna bentonica tra esposte a diversi livelli di intensità della pesca a strascico rispetto alle zone di interdizione di questo tipo di pesca.

Le aree che hanno sperimentato i livelli più alti di pesca a strascico avevano un'abbondanza significativamente inferiore di crinoidi e ofiuroidi, mentre nelle aree che erano state sottoposte ai livelli più intensi di pesca la comunità bentonica era caratterizzata da una maggiore abbondanza di specie detritivore e necrofaghe resistenti agli effetti della pesca.

In tali aree, malgrado la pressione della pesca, è risultata anche più elevata la densità, la ricchezza specifica e la diversità della comunità bentonica (Figura 55), sia pure con l'esclusione di specie a strategia K come, appunto, i crinoidi e con un predominio di specie con cicli vitali più rapidi.

Un simile aumento di densità e biodiversità lungo un gradiente di intensità della pressione di pesca potrebbe essere spiegato dalla presenza di fondali che sono stati intensamente strascicati negli ultimi decenni, portando la fauna epibentonica di queste aree ad uno stato stabile alternativo (Hall, 1999).

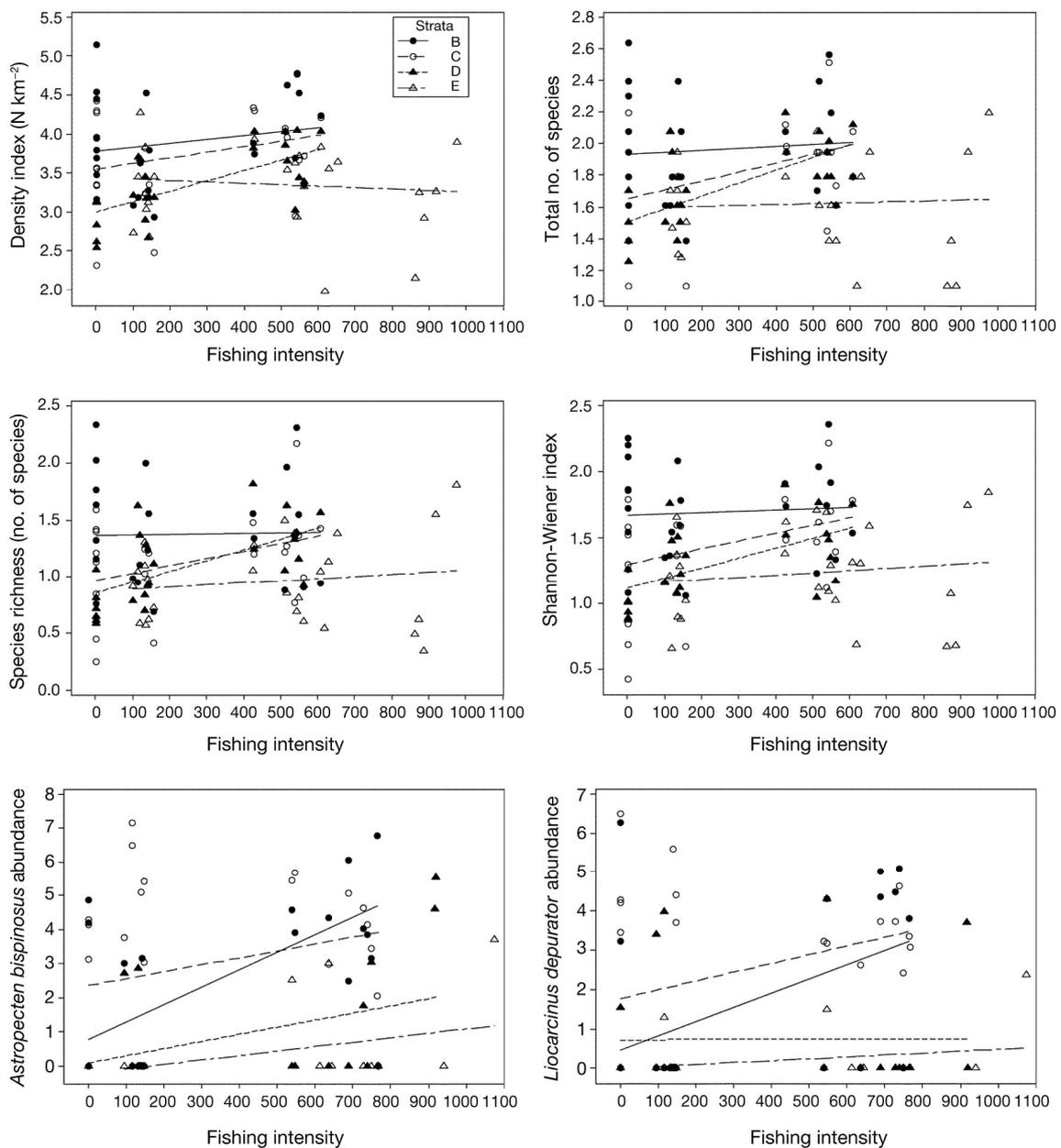


Figura 55 (da Mangano et al., 2013: nell'ANOVA a 2 vie per intensità di pesca e strato batimetrico si noti come in tutti i casi i valori crescano significativamente con l'intensità della pesca; NB i dati sono log-

trasformati tranne che per Species richness (no. of species), la cui differenza da Total no. of species peraltro non è chiara, e Shannon-Wiener index)

La lunga storia di esposizione delle comunità bentoniche mediterranee all'impatto della pesca a strascico potrebbe aver determinato la selezione di taxa meno vulnerabili alle specifiche perturbazioni causate degli attrezzi da pesca a traino, adattati anche alla frequenza delle perturbazioni, rendendo le comunità bentoniche della piattaforma e della scarpata continentale relativamente omogenee e dominate da organismi opportunisti r-strateghi, con prevalenza di detritivori e necrofagi.

In un quadro come quello appena evocato per i nostri mari in cui la pesca a strascico ha un impatto diffuso sugli habitat e sulle comunità bentoniche, la risposta di queste ultime alla pesca a strascico sembra essere meno intensa o del tutto neutra nelle aree esposte a un elevato livello di perturbazione naturale (es. per elevato idrodinamismo), portando più autori a ipotizzare che la perturbazione naturale e quella con reti a strascico possano influenzare le comunità bentoniche in modo simile.

Tuttavia, fino a pochi anni fa non erano stati effettuati test sistematici di questa ipotesi su grande scala spaziale.

Un lavoro di van Denderen et al. (2015) ha recentemente colmato questo gap conoscitivo, con dati ottenuti da un insieme di siti rappresentativi di un ampio spettro di disturbi naturali.

Questi autori hanno adottato un approccio basato sui tratti ecologici, classificando i taxa in base alle strategie riproduttive, al ciclo vitale o a caratteristiche che potessero essere indicative del loro ruolo funzionale nella comunità ed hanno trovato conferma dell'ipotesi per cui la pesca a strascico e le perturbazioni naturali possano avere effetti comparabili sulle comunità bentoniche (Figura 56).

Si noti come tutti e cinque i cluster identificati da simboli diversi e mostrati nell'ordinamento ottenuto mediante Analisi delle Corrispondenze contengano al loro interno differenti livelli di pressione di pesca (L, M e H): tre su tre in quattro casi e due su tre nel quinto.

Indipendentemente da ciò che le aveva generate, le perturbazioni sembravano comunque aver indotto una riduzione dell'importanza degli organismi a ciclo vitale più lungo, dei sospensivori e dell'epifauna dotata di esoscheletro.

Dove le condizioni ambientali avevano già selezionato il macrobenthos, non è stato rilevato alcun effetto della pesca a strascico sulle comunità impattate, mentre, in altre, l'esposizione alla pesca a strascico ha modificato la struttura della comunità bentonica, rendendola più simile a quella delle aree soggette a forte disturbo naturale.

In questo caso, come rilevato da parecchi altri autori, la comunità tende ad essere composta da organismi di piccola taglia detritivori, necrofagi o predatori, in larga misura con cicli vitali brevi. Alcuni di questi, in base a quanto rilevato da altri studi menzionati in precedenza (es. Hiddink et al., 2008; Millner e Whiting, 1996), sono anche prede favorite da specie ittiche di interesse commerciale.

È dunque evidente che la conoscenza degli effetti delle relazioni fra impatto della pesca a strascico e perturbazioni naturali può giocare un ruolo importante nella definizione del livello di vulnerabilità delle aree di pesca, favorendo la redazione di piani di gestione che tengano conto degli effetti ambientali della pesca in quella prospettiva olistica tante volte evocata e molto raramente applicata.

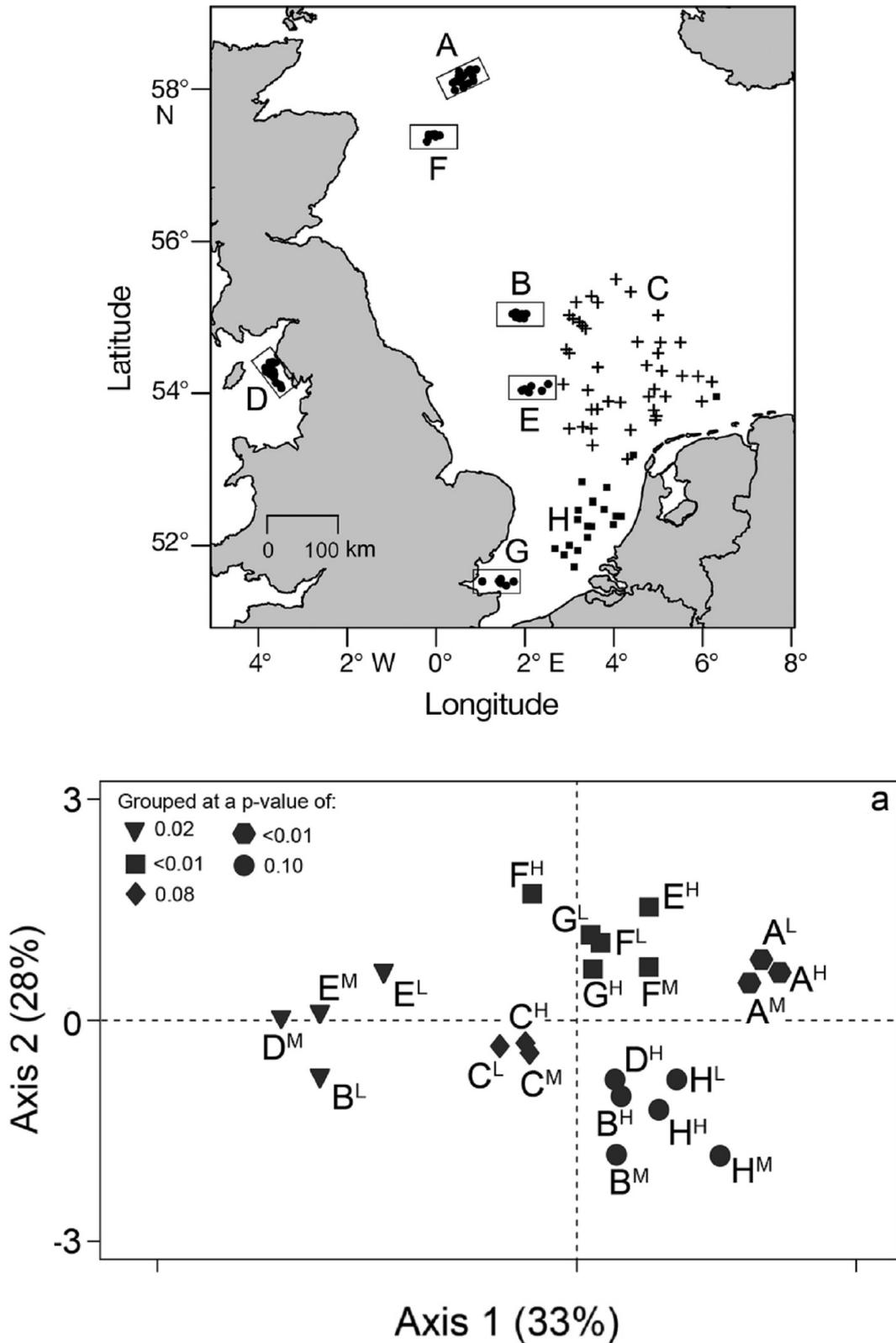


Figura 56 (da van Denderen et al., 2015: in alto, posizione delle diverse stazioni ed aree di campionamento; in basso, Analisi delle Corrispondenze basata sui tratti ecologici, con la prima lettera che identifica l'area di

campionamento e la seconda, come apice, che indica il livello di pressione della pesca a strascico; il simbolo identifica i cinque cluster formati con i livelli di probabilità riportati nella legenda).

Conclusioni

Una prima doverosa premessa alle conclusioni di questo documento è un nuovo richiamo all'idea che lo sottende: esplorare la letteratura scientifica attraverso delle *query* effettuate su uno dei motori di ricerca bibliografici più utilizzati in campo scientifico ed utilizzare i documenti rintracciati per fare il punto, senza pretesa di esaustività della trattazione, sul tema dell'impatto della pesca a strascico sull'ambiente in cui opera, cioè sugli ecosistemi bentonici.

Quanto selezionato, presentato e discusso ha il solo fine di fornire una base per la discussione del problema e come tale è certamente perfettibile e suscettibile di integrazioni.

Una seconda premessa riguarda la specificità del tema trattato: quando si parla di effetti ambientali o di impatto della pesca a strascico, in questo documento ci si riferisce esclusivamente a quelli relativi all'azione degli attrezzi sul fondale e sul biota ed esso legato.

Altri impatti, come per qualsiasi tipo di pesca, riguardano gli stock ittici e la riduzione di tali impatti è centrale per la sostenibilità della pesca. Questo tema è di enorme interesse e non è privo di implicazioni ecologiche anche rilevanti, come ad esempio quelle relative alle possibili alterazioni delle reti trofiche, ma esula dall'oggetto di questo documento.

Ciò precisato, da quanto raccolto emerge senz'altro un elemento: la ricerca si interessa dell'impatto della pesca a strascico da tempo, ma solo dagli anni '90 il numero degli studi sul tema è andato crescendo in maniera apprezzabile, con l'avvento delle riviste scientifiche Open Access e delle valutazioni bibliometriche della ricerca che hanno reso esponenziale la crescita, non solo nel nostro Paese.

Come è ovvio, l'aumento del numero dei prodotti scientifici non si è potuto accompagnare ad un aumento della qualità complessiva, con molti studi che si limitano a ripercorrere quanto già fatto da altri o a concentrarsi su casi molto particolari.

Non deve stupire, quindi, il fatto che gran parte di ciò che oggi sappiamo rappresenta una revisione, magari aggiornata, di una base di conoscenze già consolidata nell'ultima parte del secolo scorso.

Ciò che di nuovo gli ultimi anni hanno portato con sé è però la possibilità di lavorare su basi di dati sempre più ampie e più facilmente accessibili, corredate da un numero crescente di fonti di informazioni ancillari, *in primis* quelle telerilevate.

Ciò ha di molto facilitato l'attuazione di studi su scala globale o di bacino, così come le attività modellistiche.

Tuttavia, ancora oggi ci sono pochi studi che collegano la pesca a strascico ai cambiamenti ambientali osservati in maniera diretta ed inequivoca.

Ciò a causa del fatto che è molto difficile isolare una specifica sorgente di perturbazione all'interno di ecosistemi complessi e caratterizzati da un gran numero di interazioni fra le loro componenti.

Si pensi anche soltanto all'effetto del clima o dell'inquinamento ed al modo in cui essi possono modulare le risposte biotiche alle perturbazioni generate dalle attività di pesca.

Al momento uno dei fatti acclarati e sui cui esiste un consenso unanime è che la pesca a strascico è distruttiva nel suo impatto sulle specie di grande taglia e caratterizzate da un ciclo vitale lungo, sia che facciano parte dell'epifauna vagile, sia che si tratti di organismi sessili.

Molto minore è l'effetto sul macrozoobenthos di taglia più piccola e meno sensibile all'esposizione all'impatto meccanico delle reti o degli attrezzi da pesca a traino.

Anzi, esistono diversi studi che mostrano addirittura un incremento della biomassa e della diversità di questa specifica componente in risposta alla pressione della pesca.

Dunque, se l'obiettivo da perseguire è la conservazione, non c'è dubbio che la pesca a strascico, in qualsiasi forma sia praticata, rappresenta una minaccia.

Questo è certamente il caso degli ecosistemi più fragili e di quelli in cui sono presenti specie vulnerabili.

In generale, si tratta di quelli più profondi e di quelli più superficiali, oltre a quelli in cui il substrato è biogenico e quindi esso stesso direttamente sensibile all'impatto della pesca.

Non è un caso, dunque, che le norme e i regolamenti oggi vigenti nel nostro Paese interdichino la pesca a strascico tanto in acque profonde, oltre i 1000 m, quanto in acque

neritiche, ovvero entro 0.7 miglia nautiche, oppure entro 1.5 miglia nautiche, laddove la batimetrica dei 50 m si trovi più al largo.

In aggiunta, la pesca a strascico è comunque interdetta sui fondali biogenici. Tuttavia, bisogna pragmaticamente notare, riguardo a quest'ultimo punto, che la conoscenza della distribuzione spaziale di tali fondali (es. letti di rodoliti) è a tutt'oggi ancora frammentaria, mentre la pesca illegale opera spesso su fondali interdetti, malgrado ogni divieto e causando danni assai rilevanti alle formazioni più fragili, prime fra tutte le praterie di *Posidonia oceanica*.

Con l'esclusione delle fasce batimetriche di cui si è detto, delle aree interdette alla pesca o protette a vario titolo e di quelle geomorfologicamente inadatte, la parte restante dei fondali dei nostri mari è ormai sistematicamente sfruttata dalla pesca a strascico con livelli di pressione che sono fra i più alti al mondo e che agiscono da un tempo sufficientemente lungo da aver profondamente modificato gli ecosistemi marini su aree molto vaste, se non addirittura su scala di bacino, come per esempio nel medio ed alto Adriatico.

In questo scenario le comunità bentoniche di fondo mobile, che rappresentano la porzione di gran lunga dominante di quelle esposte all'impatto della pesca a strascico, si sono adattate all'impatto e hanno profondamente modificato la loro struttura, come dimostra qualsiasi confronto con dati relativi ad epoche diverse, come per esempio quella in cui aveva lavorato Vatova (1949) con campagne di campionamento a copertura di tutto il bacino Adriatico.

Ciò implica che nella gran parte delle aree sfruttate dalla pesca a strascico **le comunità bentoniche sono ben adattate alla perturbazione che subiscono e un loro ipotetico ritorno ad uno stato pristino**, che qualcuno evoca come un possibile obiettivo, **non è verosimile né necessariamente vantaggioso per svariati motivi.**

In primo luogo, lo stato pristino a cui si dovrebbe sperare che le comunità bentoniche lentamente ritornino non è uno stato noto, perché già all'epoca dei citati studi del Vatova, che pur con diversi limiti segnano il primo punto di riferimento disponibile, la pesca era ampiamente praticata e quindi lo stato delle comunità non era affatto indisturbato.

In secondo luogo, l'ecologia delle successioni ci ha insegnato che **dopo una perturbazione** (a maggior ragione se prolungata) **non è affatto certo che il nuovo assetto delle comunità interessate sia quello che precedeva la perturbazione stessa.**

In una situazione in cui si assiste a intensi processi di meridionalizzazione, che spingono le specie della sponda meridionale del Mediterraneo ad espandersi verso nord, per non parlare della diffusione delle specie aliene, la composizione della fauna e della flora bentoniche in un ipotetico mare in cui la pesca a strascico non agisca più potrebbe essere del tutto diversa da quanto si vorrebbe ottenere attraverso un processo di rinaturalizzazione.

Lasciando da parte le questioni legate all'impatto socio-economico di una ulteriore compressione delle attività di pesca nel nostro Paese, merita di essere ricordato il fatto che, ad invarianza di domanda da parte del mercato, quanto non si dovesse pescare nei nostri mari si pescherebbe altrove.

Ciò ovviamente porterebbe con sé uno spostamento della pressione della pesca verso altre aree del Mediterraneo o del pianeta, ma lo farebbe con dei costi sociali ed ambientali elevati, anche se pagati da altri.

Per esempio, sarebbero sfruttate aree che oggi sono ancora imperturbate o soggette ad una pressione che, come ci dicono i dati disponibili, è quasi ovunque di uno o due ordini di grandezza inferiore a quella che agisce sui nostri mari.

E in queste aree il danno ambientale sarebbe assai elevato, a differenza di quanto avviene in **mari in cui l'ecosistema è già in equilibrio con la pressione antropica**, che peraltro non è solo legata alla pesca.

Ciò è ancor più grave se si considera che nelle aree del pianeta verso cui si riorienterebbe lo sforzo di pesca, le norme e i controlli a protezione dell'ambiente sono meno stringenti, se non del tutto assenti, e la mancanza di tutele non si applica solo alle aree vulnerabili del fondale, ma anche a questioni come le emissioni (più alte dove la flotta è più vecchia ed il costo del carburante più basso), la sicurezza alimentare (catena del freddo), la sicurezza sul lavoro, il lavoro minorile, etc.

Ritornando ad aspetti prettamente ambientali, è importante notare come fra tutti gli attrezzi a traino impiegati dalle marinerie del nostro e di altri paesi, **la rete a strascico a divergenti è risultata la meno impattante** nell'ambito di tutti gli studi comparativi, poiché la sua azione perturba soltanto lo strato più superficiale del sedimento, a meno delle tracce dei divergenti. Ovviamente ciò non implica l'assenza di impatto, ma i dati disponibili mostrano come **il recupero della comunità macrozoobentonica in termini di abbondanza e diversità**, laddove questa sia già adattata alla specifica perturbazione, **si misuri in giorni o al massimo in poche settimane dall'ultimo passaggio dell'attrezzo**. E la velocità di tale recupero è di grande importanza in termini funzionali, cioè come rinnovata capacità di fornire un servizio ecosistemico essenziale, che consiste nel supporto trofico ai consumatori di livello superiore, primi fra i quali le specie oggetto di sfruttamento da parte della pesca.

Se l'idea semplicistica che l'azione della pesca a strascico possa addirittura aumentarne autocataliticamente la resa è ormai consegnata al passato, esistono diverse evidenze sperimentali del fatto che essa, modificando le comunità macrozoobentoniche, possa in alcuni casi creare condizioni più vantaggiose per le specie ittiche sfruttate.

Ciò può avvenire (ed è avvenuto in più casi) attraverso l'affermarsi di *taxa* macrozoobentonici opportunisti, di piccola taglia, a crescita rapida, che sono poi prede ideali per una o più specie oggetto di pesca.

Questo scenario è di più facile realizzazione in aree geografiche in cui la pesca è orientata ad una singola specie o ad un piccolo numero di specie affini, ma, come si è visto, ne esiste traccia in letteratura anche per i nostri mari.

In sintesi, la pesca a strascico ha effetti incontestabilmente negativi su ecosistemi imperturbati dall'uomo e dalle forze della natura, come quelli profondi, quelli dominati da substrati biogenici e quelli che ospitano una ricca epifauna.

In questi casi è ovvio che l'unica politica ammissibile è l'interdizione alla pesca ed un controllo rigoroso del rispetto dei divieti.

Il quadro cambia laddove l'ecosistema sia già per sua natura esposto a sorgenti di disturbo o dove sia stato già profondamente modificato, nel lungo termine, dalle attività di pesca. In

questi casi il danno ambientale è come l'acqua in un secchio pieno, che può tracimare e continuare ad accettare nuova acqua, senza per questo contenerne di più.

Insomma, **quando si tratta di danni di natura meccanica**, che non comportano fenomeni di accumulo e di magnificazione biologica, come invece avviene nel caso di molti inquinanti, **l'ecosistema entra in uno stato alternativo a quello pristino e potenzialmente stabile quanto quest'ultimo. Se si volesse interrompere il disturbo ed invertire il processo, non vi sarebbe certezza del risultato, che potrebbe essere in linea con le aspettative o portare ad un assetto inatteso dell'ecosistema, per esempio con l'affermarsi di specie aliene.**

Dunque, **le aree oggi oggetto di pesca nel rispetto delle norme non richiedono necessariamente di essere restituite alle dinamiche naturali**, così come non lo richiedono i territori in cui la presenza umana ha forgiato la natura intorno a noi così come la conosciamo.

Si pensi agli agroecosistemi delle grandi pianure o alle montagne gestite per il taglio del bosco e per il pascolo: laddove le attività umane vengono discontinue, la rinaturalizzazione può accompagnarsi a fenomeni di degrado inattesi.

Nel caso della pesca a strascico si pone anche il tema, evocato in precedenza, della riallocazione dell'impatto in aree del pianeta meno tutelate e dove l'impatto agirebbe senza controllo su ecosistemi ancora indisturbati.

Tutto ciò dovrebbe far riflettere su come massimizzare la protezione di ciò che è importante e giusto proteggere, senza pensare che chiudere il rubinetto sul secchio citato in precedenza possa svuotarlo dall'acqua che già contiene.

Bibliografia

- Althaus F., Williams A., Schlacher T. A., Kloser R. J., Green M. A., Barker B. A., Bax N. J., Brodie P., Schlacher-Hoenlinger M. A., 2009. Impacts of bottom trawling on deep-coral ecosystems of seamounts are long-lasting. *Mar Ecol Prog Ser.*, 397: 279–294.
- Amoroso, R. O., Parma, A.M., Pitcher, C.R., McConnaughey, R.A., Jennings, S., 2018. Comment on “Tracking the global footprint of fisheries.” *Science* 361, eaat6713. <https://doi.org/10.1126/science.aat6713>
- Amoroso, Ricardo O., Pitcher, C.R., Rijnsdorp, A.D., McConnaughey, R.A., Parma, A.M., Suuronen, P., Eigaard, O.R., Bastardie, F., Hintzen, N.T., Althaus, F., Baird, S.J., Black, J., Buhl-Mortensen, L., Campbell, A.B., Catarino, R., Collie, J., Cowan, J.H., Durholtz, D., Engstrom, N., Fairweather, T.P., Fock, H.O., Ford, R., Gálvez, P.A., Gerritsen, H., Góngora, M.E., González, J.A., Hiddink, J.G., Hughes, K.M., Intelmann, S.S., Jenkins, C., Jonsson, P., Kainge, P., Kangas, M., Kathena, J.N., Kavadas, S., Leslie, R.W., Lewis, S.G., Lundy, M., Makin, D., Martin, J., Mazor, T., Gonzalez-Mirelis, G., Newman, S.J., Papadopoulou, N., Posen, P.E., Rochester, W., Russo, T., Sala, A., Semmens, J.M., Silva, C., Tsolos, A., Vanellander, B., Wakefield, C.B., Wood, B.A., Hilborn, R., Kaiser, M.J., Jennings, S., 2018. Bottom trawl fishing footprints on the world’s continental shelves. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 115. <https://doi.org/10.1073/pnas.1802379115>
- Andrady, A.L., 2011. Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin* 62, 1596–1605. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>
- Ardizzone, G.D., Belluscio, A., Maiorano, L., 2006. Long-term change in the structure of a *Posidonia oceanica* landscape and its reference for a monitoring plan. *Marine Ecology*, 27, 299–309.
- Ardizzone, G.D., Pelusi, P., 1984. Yield and damage evaluation of bottom trawling on *Posidonia* meadows. In: C.F. Boudouresque, A. Jeudy de Grissac J. Oliver (Eds), *First International Workshop on Posidonia oceanica Beds*. GIS Posidonie Publ., France: 1, 63–72.

- Azzurro, E., Moschella, P., Maynou, F., 2011. Tracking signal of change in Mediterranean fish diversity based on local ecological knowledge. *PLoS One* 6 (9), e24885. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0024885>.
- Bastari, A., Micheli, F., Ferretti, F., Pusceddu, A., Cerrano, C., 2016. Large marine protected areas (LMPAs) in the Mediterranean Sea: The opportunity of the Adriatic Sea. *Marine Policy* 68, 165–177. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.03.010>
- BEON ,1990. Effects of beam trawl fishery on the bottom fauna in the North Sea. BEON report 8. 57pp.
- BEON ,1991. Effects of beam trawl fishery on the bottom fauna in the North Sea. II -The 1990 studies. BEON report 13. 85 pp.
- BEON ,1992. Effects of beam trawl fishery on the bottom fauna in the North Sea. III -The 1991 studies. BEON report 16. 27+34 pp.
- Bergman M. J. N., and Hup M. 1992. Direct effects of beamtrawling on macrofauna in a sandy sediment in the southern North Sea. - *ICES J. mar. Sci.*, 49: 5-11.
- Blaber, S., 2000. Effects of fishing on the structure and functioning of estuarine and nearshore ecosystems. *ICES Journal of Marine Science* 57, 590–602. <https://doi.org/10.1006/jmsc.2000.0723>
- Bo, M., Bava, S., Canese, S., Angiolillo, M., Cattaneo-Vietti, R., Bavestrello, G., 2014. Fishing impact on deep Mediterranean rocky habitats as revealed by ROV investigation. *Biological Conservation* 171, 167–176. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.01.011>
- Bradstock M. & Gordon D.P., 1983. Coral-like bryozoan growths in Tasman Bay, and their protection to conserve commercial fish stocks, *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 17:2, 159-163, DOI: 10.1080/00288330.1983.9515993
- Breeze, H., Fenton, D.G., 2007. Designing management measures to protect cold-water corals off Nova Scotia, Canada. *Bullettin of Marine Science* 81, 123–133.

- Buhl-Mortensen, L., Neat, F., Koen-Alonso, M., Hvingel, C., Holte, B., 2016. Fishing impacts on benthic ecosystems: an introduction to the 2014 ICES symposium special issue. *ICES Journal of Marine Science* 73, i1–i4. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsv237>
- Callaway, R., Engelhard, G., Dann, J., Cotter, J., Rumohr, H., 2007. A century of North Sea epibenthos and trawling: comparison between 1902–1912, 1982–1985 and 2000. *Mar Ecol Prog Ser* 346, 17.
- Churchill J. H., 1989. The effect of commercial trawling on sediment resuspension and transport over the Middle Atlantic Bight continental shelf. *Continental Shelf Research*, Vol. 9, No. 9, pp. 841-864.
- Clare, D.S., Robinson, L.A., Birchenough, S.N.R., 2021. A temperature-dependent relationship between benthic invertebrate biomass and trawling pressure. *ICES Journal of Marine Science* 78, 82–88. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsaa191>
- Clark, M.R., Rowden, A.A., 2009. Effect of deepwater trawling on the macro-invertebrate assemblages of seamounts on the Chatham Rise, New Zealand. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers* 56, 1540–1554. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2009.04.015>
- Clarke, J., Milligan, R.J., Bailey, D.M., Neat, F.C., 2015. A Scientific Basis for Regulating Deep-Sea Fishing by Depth. *Current Biology* 25, 2425–2429. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2015.07.070>
- Coll, M., Piroddi, C., Steenbeek, J., Kaschner, K., Ben Rais Lasram, F., Aguzzi, J., Ballesteros, E., Bianchi, C.N., Corbera, J., Dailianis, T., Danovaro, R., Estrada, M., Froggia, C., Galil, B.S., Gasol, J.M., Gertwagen, R., Gil, J., Guilhaumon, F., Kesner-Reyes, K., Kitsos, M.-S., Koukouras, A., Lampadariou, N., Laxamana, E., López-Fé de la Cuadra, C.M., Lotze, H.K., Martin, D., Mouillot, D., Oro, D., Raicevich, S., Rius-Barile, J., Saiz-Salinas, J.I., San Vicente, C., Somot, S., Templado, J., Turon, X., Vafidis, D., Villanueva, R., Voultsiadou, E., 2010. The Biodiversity of the Mediterranean Sea: Estimates, Patterns, and Threats. *PLoS ONE* 5, e11842. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0011842>

- Coll, M., Santojanni, A., Palomera, I., Tudela, S., Arneri, E., 2007. An ecological model of the Northern and Central Adriatic Sea: Analysis of ecosystem structure and fishing impacts. *Journal of Marine Systems* 67, 119–154. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2006.10.002>
- Conti, L., Scardi, M., 2010. Fisheries yield and primary productivity in large marine ecosystems. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 410, 233–244. <https://doi.org/10.3354/meps08630>
- Dayton, P.K., Thrush, S.F., Agardy, M.T., Hofman, R.J., 1995. Environmental effects of marine fishing. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.* 5, 205–232. <https://doi.org/10.1002/aqc.3270050305>
- de Groot S.J., 1984. The Impact of Bottom Trawling on Benthic Fauna of the North Sea. *Ocean Management*, 9: 177-190
- Dealteris, J., Skrobe, L., Lipsky, C., 1999. The significance of seabed disturbance by mobile fishing gear relative to natural processes: A case study in Narragansett Bay, Rhode Island. *American Fisheries Society Symposium*, 22: 224-237.
- Djakovac, T., 2012. Marked reduction of eutrophication pressure in the northeastern Adriatic in the period 2000-2009 8.
- Dulčić, J., Grbec, B., Lipej, L., Beg Paklar, G., Supić, N., Smirčić, A., 2004. The effect of the hemispheric climatic oscillations on the Adriatic ichthyofauna. *Fresenius Environmental Bulletin* 13, 293e298.
- Duplisea, D.E., Jennings, S., Warr, K.J., Dinmore, T.A., 2002. A size-based model of the impacts of bottom trawling on benthic community structure 59, 11.
- Dyer M. F., Pope J. G., Fry P. D., Law R. J. Portmann J. E., 1983. Changes in fish and benthos catches off the danish coast in september 1981. *J. mar. biol. Ass. U.K.* 63, 767-77
- Eigaard, O.R., Bastardie, F., Breen, M., Dinesen, G.E., Hintzen, N.T., Laffargue, P., Mortensen, L.O., Nielsen, J.R., Nilsson, H.C., O'Neill, F.G., Polet, H., Reid, D.G., Sala, A., Sköld, M., Smith, C., Sørensen, T.K., Tully, O., Zengin, M., Rijnsdorp, A.D., 2016. Estimating seabed pressure from demersal trawls, seines, and dredges based on gear design and

- dimensions. ICES Journal of Marine Science 73, i27–i43.
<https://doi.org/10.1093/icesjms/fsv099>
- Eigaard, O.R., Bastardie, F., Hintzen, N.T., Buhl-Mortensen, L., Buhl-Mortensen, P., Catarino, R., Dinesen, G.E., Egekvist, J., Fock, H.O., Geitner, K., Gerritsen, H.D., González, M.M., Jonsson, P., Kavadas, S., Laffargue, P., Lundy, M., Gonzalez-Mirelis, G., Nielsen, J.R., Papadopoulou, N., Posen, P.E., Pulcinella, J., Russo, T., Sala, A., Silva, C., Smith, C.J., Vanelslander, B., Rijnsdorp, A.D., 2017. The footprint of bottom trawling in European waters: distribution, intensity, and seabed integrity. ICES Journal of Marine Science 74, 847–865. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsw194>
- Giani, M., Djakovac, T., Degobbis, D., Cozzi, S., Solidoro, C., Umani, S.F., 2012. Recent changes in the marine ecosystems of the northern Adriatic Sea. Estuarine, Coastal and Shelf Science 115, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2012.08.023>
- Gibbs, P., Collins, A., Collett, L., 1980. Effect of otter prawn trawling on the macrobenthos of a sandy substratum in a New South Wales estuary. Mar. Freshwater Res. 31, 509. <https://doi.org/10.1071/MF9800509>
- Goode, S.L., Rowden, A.A., Bowden, D.A., Clark, M.R., 2020. Resilience of seamount benthic communities to trawling disturbance. Marine Environmental Research 161, 105086. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2020.105086>
- Guillen, J.E., Ramos, A.A., Martinez, L., Sanchez Lizaso, J., 1994. Antitrawling reefs and the protection of *Posidonia oceanica* meadows in the western Mediterranean Sea: demands and aims. Bulletin of Marine Science, 55(2-3): 645-650.
- Hall, S.J., 1999. The effects of fishing on marine ecosystems and communities. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 274 pp.
- Hiddink, J.G., Jennings, S., Sciberras, M., Szostek, C.L., Hughes, K.M., Ellis, N., Rijnsdorp, A.D., McConnaughey, R.A., Mazon, T., Hilborn, R., Collie, J.S., Pitcher, C.R., Amoroso, R.O., Parma, A.M., Suuronen, P., Kaiser, M.J., 2017. Global analysis of depletion and recovery of seabed biota after bottom trawling disturbance. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 114, 8301–8306. <https://doi.org/10.1073/pnas.1618858114>

- Hiddink, J.G., Moranta, J., Balestrini, S., Sciberras, M., Cendrier, M., Bowyer, R., Kaiser, M.J., Sköld, M., Jonsson, P., Bastardie, F., Hinz, H., 2016. Bottom trawling affects fish condition through changes in the ratio of prey availability to density of competitors. *J Appl Ecol* 53, 1500–1510. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12697>
- Hiddink, J.G., Rijnsdorp, A.D., Piet, G., 2008. Can bottom trawling disturbance increase food production for a commercial fish species? *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 65, 1393–1401. <https://doi.org/10.1139/F08-064>
- Hinz, H., Prieto, V., Kaiser, M.J., 2009. Trawl disturbance on benthic communities: chronic effects and experimental predictions. *Ecological Applications* 19, 761–773. <https://doi.org/10.1890/08-0351.1>
- Holme N. A., 1983. Fluctuations in the benthos of the western English Channel. *OCEANOLOGICA ACTA*, N. SP.
- ICES, 1995. Report of the Study Group on ecosystem effects of fishing activities. ICES Cooperative Research Report, Vol. 200. 126 pp.
- Jennings, S., Kaiser, M.J., 1998. The Effects of Fishing on Marine Ecosystems, in: *Advances in Marine Biology*. Elsevier, pp. 201–352. [https://doi.org/10.1016/S0065-2881\(08\)60212-6](https://doi.org/10.1016/S0065-2881(08)60212-6)
- Jones, J.B., 1992. Environmental impact of trawling on the seabed: A review. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 26, 59–67. <https://doi.org/10.1080/00288330.1992.9516500>
- Jones, P., 2018. The long ‘lost’ history of bottom trawling in England, c.1350–1650. *International Journal of Maritime History* 30, 201–217. <https://doi.org/10.1177/0843871418766765>
- Kaiser, M.J., Collie, J.S., Hall, S.J., Jennings, S., Poiner, I.R., 2002. Modification of marine habitats by trawling activities: prognosis and solutions. *Fish Fisheries* 3, 114–136. <https://doi.org/10.1046/j.1467-2979.2002.00079.x>

- Kaiser, M.J., Spencer, B.E., 1996. The Effects of Beam-Trawl Disturbance on Infaunal Communities in Different Habitats. *The Journal of Animal Ecology* 65, 348. <https://doi.org/10.2307/5881>
- Kennelly, S.J., Broadhurst, M.K., 2002. By-catch begone: changes in the philosophy of fishing technology. *FISH and FISHERIES* 16.
- Kennelly, S.J., Broadhurst, M.K., 2002. By-catch begone: changes in the philosophy of fishing technology. *Fish and Fisheries*, 3: 340-355.
- Kroodsma, D.A., Mayorga, J., Hochberg, T., Miller, N.A., Boerder, K., Ferretti, F., Wilson, A., Bergman, B., White, T.D., Block, B.A., Woods, P., Sullivan, B., Costello, C., Worm, B., 2018. Tracking the global footprint of fisheries. *Science* 359, 904–908. <https://doi.org/10.1126/science.aao5646>
- Lotze, H.K., Coll, M., Magera, A.M., Ward-Paige, C., Airoldi, L., 2011. Recovery of marine animal populations and ecosystems. *Trends in Ecology & Evolution* 26, 595–605. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.07.008>
- Ludwig, D., Hilborn, R., Walters, C., 1993. Uncertainty, Resource Exploitation, and Conservation: Lessons from History. *Science* 260, 17–36. <https://doi.org/10.1126/science.260.5104.17>
- Mangano, M., Kaiser, M., Porporato, E., Spanò, N., 2013. Evidence of trawl disturbance on mega-epibenthic communities in the Southern Tyrrhenian Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 475, 101–117. <https://doi.org/10.3354/meps10115>
- Maynou, F., Cartes, J.E., 2012. Effects of trawling on fish and invertebrates from deep-sea coral facies of *Isidella elongata* in the western Mediterranean. *J. Mar. Biol. Ass.* 92, 1501–1507. <https://doi.org/10.1017/S0025315411001603>
- McConnaughey, R., 2000. An examination of chronic trawling effects on soft-bottom benthos of the eastern Bering Sea. *ICES Journal of Marine Science* 57, 1377–1388. <https://doi.org/10.1006/jmsc.2000.0906>

- Millner, R.S., Whiting, L.C., 1996. Long-term changes in growth and population abundance of sole in the North Sea from 1940 to the present. *ICES Journal of Marine Science* 53, 1185–1195. <https://doi.org/10.1006/jmsc.1996.0143>
- National Research Council, 1994. *Improving the Management of U.S. Marine Fisheries*. National Academy Press, Washington, D.C.
- Oberle, F.K.J., Storlazzi, C.D., Hanebuth, T.J.J., 2016. What a drag: Quantifying the global impact of chronic bottom trawling on continental shelf sediment. *Journal of Marine Systems* 159, 109–119. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2015.12.007>
- Pauly, D., Christensen, V., Guénette, S., Pitcher, T.J., Sumaila, U.R., Walters, C.J., Watson, R., Zeller, D., 2002. Towards sustainability in world fisheries. *Nature* 418, 689–695. <https://doi.org/10.1038/nature01017>
- Persson, L.-E., 1981. Were macrobenthic changes induced by thinning out of flatfish stocks in the Baltic proper? *Ophelia* 20, 137–152. <https://doi.org/10.1080/00785236.1981.10426566>
- Pitcher, C.R., Ellis, N., Jennings, S., Hiddink, J.G., Mazor, T., Kaiser, M.J., Kangas, M.I., McConnaughey, R.A., Parma, A.M., Rijnsdorp, A.D., Suuronen, P., Collie, J.S., Amoroso, R., Hughes, K.M., Hilborn, R., 2017. Estimating the sustainability of towed fishing-gear impacts on seabed habitats: a simple quantitative risk assessment method applicable to data-limited fisheries. *Methods Ecol Evol* 8, 472–480. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12705>
- Pitcher, C.R., Ellis, N., Venables, W.N., Wassenberg, T.J., Burridge, C.Y., Smith, G.P., Browne, M., Pantus, F., Poiner, I.R., Doherty, P.J., Hooper, J.N.A., Gribble, N., 2016. Effects of trawling on sessile megabenthos in the Great Barrier Reef and evaluation of the efficacy of management strategies. *ICES Journal of Marine Science* 73, i115–i126. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsv055>
- Pusceddu, A., Bianchelli, S., Martín, J., Puig, P., Palanques, A., Masqué, P., Danovaro, R., 2014. Chronic and intensive bottom trawling impairs deep-sea biodiversity and ecosystem

- functioning. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 111, 8861–8866.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1405454111>
- Rijnsdorp, A.D., Bastardie, F., Bolam, S.G., Buhl-Mortensen, L., Eigaard, O.R., Hamon, K.G., Hiddink, J.G., Hintzen, N.T., Ivanović, A., Kenny, A., Laffargue, P., Nielsen, J.R., O’Neill, F.G., Piet, G.J., Polet, H., Sala, A., Smith, C., van Denderen, P.D., van Kooten, T., Zengin, M., 2016. Towards a framework for the quantitative assessment of trawling impact on the seabed and benthic ecosystem. ICES Journal of Marine Science 73, i127–i138. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsv207>
- Sanchez-Jerez, B., Ramon-Esplà, A.A., 1996. Detection of environmental impacts by bottom trawling on *Posidonia oceanica* (L.) Delile meadows: sensitivity of fish and macrobenthic communities. Journal of Aquatic Ecosystem Health, 5, 239– 253.
- Santojanni, A., Arneri, E., Bernardini, V., Cingolani, N., Di Marco, M., Russo, A., 2006. Effects of environmental variables on recruitment of anchovy in the Adriatic Sea. Cilmate Research 31, 181e193.
- Scardi, M., Crema, R., Di Dato, P., Fresi, E., Orel, G., 1999. Le comunità bentoniche dell’Alto Adriatico: un’analisi preliminare dei cambiamenti strutturali dagli anni ’30 ad oggi. In: O. Giovanardi (ed), Impatto della pesca a strascico sulle comunità bentoniche. ICRAM, Roma, 95-108.
- Sciberras, M., Hiddink, J.G., Jennings, S., Szostek, C.L., Hughes, K.M., Kneafsey, B., Clarke, L.J., Ellis, N., Rijnsdorp, A.D., McConnaughey, R.A., Hilborn, R., Collie, J.S., Pitcher, C.R., Amoroso, R.O., Parma, A.M., Suuronen, P., Kaiser, M.J., 2018. Response of benthic fauna to experimental bottom fishing: A global meta-analysis. Fish Fish 19, 698–715. <https://doi.org/10.1111/faf.12283>
- Tillin, H., Hiddink, J., Jennings, S., Kaiser, M., 2006. Chronic bottom trawling alters the functional composition of benthic invertebrate communities on a sea-basin scale. Mar. Ecol. Prog. Ser. 318, 31–45. <https://doi.org/10.3354/meps318031>
- van Denderen, P., Bolam, S., Hiddink, J., Jennings, S., Kenny, A., Rijnsdorp, A., van Kooten, T., 2015. Similar effects of bottom trawling and natural disturbance on composition and

function of benthic communities across habitats. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 541, 31–43.

<https://doi.org/10.3354/meps11550>

Vatova, A., 1949. La fauna bentonica dell'Alto e Medio Adriatico. *Nova Thalassia*, 3: 3-110.

Watson, S.J., Ribó, M., Seabrook, S., Strachan, L.J., Hale, R., Lamarche, G., 2022. The footprint of ship anchoring on the seafloor. *Sci Rep* 12, 7500. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-11627-5>

Witbaard, R., Klein, R., 1994. Long-term trends on the effects of southern North Sea beamtrawl fishery on the bivalve mollusc *Arctica islandica* L. (Mollusca, bivalvia). *ICES Journal of Marine Science*, 51: 99-105.