UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE

DIPARTIMENTO SCIENZE DELLA VITA E DELL'AMBIENTE

Corso di Laurea Magistrale

Biologia marina

Azioni collettive per lo stato di conservazione delle popolazioni delle tartarughe marine del Mediterraneo nell'ambito del Progetto Europeo Life Medturtles

Collective actions for the conservation status of Mediterranean sea turtles populations within the framework of the European Project Life Medturtles

Tesi di Laurea Magistrale di

Antonietta Piccirilli

Relatore

Chiar.ma Prof.ssa Emanuela Fanelli

Sessione Autunnale

Anno Accademico 2023/2024

Abstract……..4

1) Introduzione……...6

1.1 Le tartarughe marine: inquadramento tassonomico……6

1.2 Tartarughe marine del Mediterraneo……...7

1.3 Biologia ed ecologia delle specie……..11

1.4 Distribuzione delle tartarughe marine del Mediterraneo……..15

1.5 Minacce……16

1.6 Stato di conservazione e misure di protezione……19

1.7 Misure di mitigazione degli impatti della pesca……...20

1.8 Scopo della tesi……23

2) Materiali e Metodi……25

2.1 Il progetto Life Medturtles……..25

2.2 Turtle Excluder Device (TED)……26

2.3 Processamento dei campioni a bordo……34

2.4 Analisi dei dati……..36

3) Risultati……39

3.1 Analisi della comunità ittica in accordo al test TED……..39

3.2 Variazione nella biomassa totale del pescato e dello scarto per il test TED……44

4) Discussione……51

4.1 Considerazioni metodologiche……..51

4.2 Efficacia del TED sulla composizione delle catture…….52

5) Conclusioni…….57

6) Bibliografia……..59

ABSTRACT

Nel Mar Mediterraneo sono presenti tre specie di tartarughe marine: la tartaruga comune *Caretta caretta (Linneaus, 1758),* la tartaruga verde *Chelonia mydas (Linneaus, 1758)* e la tartaruga liuto *Dermochelys coriacea (Vandelli, 1761)*. La tartaruga comune e la tartaruga verde hanno popolazioni locali e nidificanti all'interno del bacino. Lo stato di conservazione delle tartarughe marine nel Mar Mediterraneo è critico, soprattutto a causa di minacce di natura antropica, come la pesca. Questa tesi è stata svolta presso Fondazione Cetacea Onlus nell'ambito del progetto LIFE Medturtles. La presente tesi ha avuto lo scopo di analizzare i dati ricavati dalle dimostrazioni di un dispositivo (una griglia circolare che si pone prima del sacco della rete) per l'uscita delle tartarughe dall'interno della rete (*Turtle Excluder Device*, TED), quando catturate, al fine di verificare che tale deterrente, utile per la conservazione delle tartarughe, non alterasse però le catture delle specie target della pesca. Quest'ultimo aspetto è di cruciale importanza per l'accettazione della modifica della rete da parte dei pescatori. Nell'ambito della sperimentazione sopra citata, sono state fatte 46 dimostrazioni su 4 motopescherecci differenti, allo scopo di dimostrare ai pescatori che con l'utilizzo del dispositivo non ci sarebbero state variazioni nelle prestazioni dell'attività di pesca. I dispositivi utilizzati sono stati di due tipi. Il primo TED (TED1) era costituito da una griglia FLEX-GRID, precedentemente utilizzata nel progetto TartaLife, maggiormente adatta alla pesca al largo con specie target di dimensioni medio-grandi. Questo primo TED è stata utilizzata da tre motopescherecci (Bosga, Rimas e Michela), il cui equipaggio, durante la sperimentazione, ha apportato

delle modifiche per migliorarne l'efficienza. Il secondo TED (TED2), utilizzato da un solo motopeschereccio (Togo), differiva dal primo solo per il distanziamento e la dimensione delle barre, rendendolo più adatto per la pesca costiera mirata a specie target di taglia medio-piccola. Le analisi statistiche condotte sul dataset così raccolto hanno evidenziato differenze significative tra il campione raccolto utilizzando i TED e il controllo (rete priva di TED) e anche confrontando i due TED. Tuttavia tali differenze non sono imputabili al solo utilizzo del dispositivo, in quanto la strategia di campionamento utilizzata, a causa di problemi logistici legati al progetto, non è stata adeguatamente strutturata e le uscite delle dimostrazioni di controllo e quelle con i TED sono state eseguite in periodi temporali diversi. Questo può giustificare le differenze riscontrate e, pertanto, sarebbe necessario un ulteriore studio.

Capitolo 1: Introduzione

1.1 Le tartarughe marine: inquadramento tassonomico

Attualmente esistono sette specie di tartarughe marine a livello globale (Fig 1.1), tutte appartenente all'ordine dei Chelonidi e al sottordine Cryptodira. Di queste, una sola appartiene alla famiglia dei Dermochelidi, *Dermochelys coriacea* (Vandelli, 1761), mentre le altre sei specie appartengono alla famiglia dei Chelonidi e sono *Caretta caretta* (Linneaus, 1758), *Chelonia mydas* (Linneaus, 1758), *Eretmochelys imbricata (*Linneaus, 1766), *Natator depressus* (Garman, 1880), *Lepidochelys kempii* (Garman, 1880) *e Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz, 1829) (Hendrikson,1980).

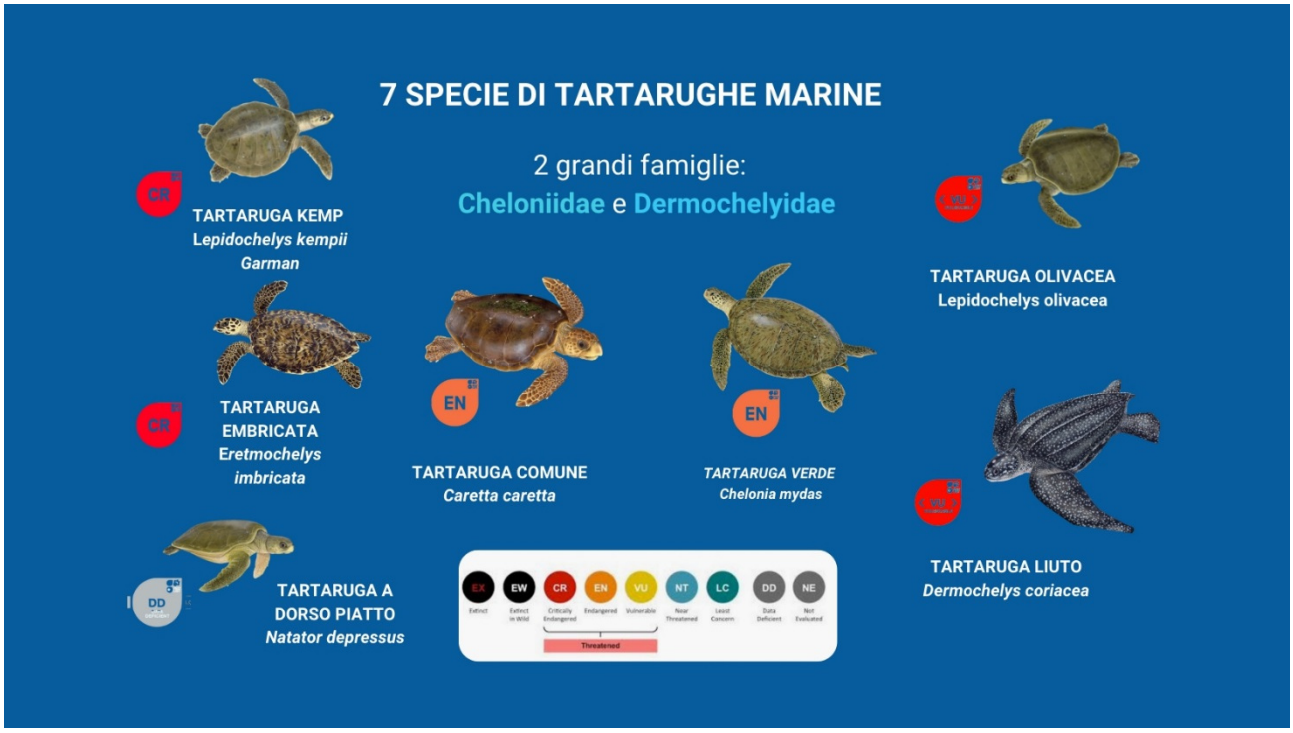


Figura 1.1 – Tartarughe marine a livello globale

1.2 Tartarughe marine del Mediterraneo

Nel Mar Mediterraneo sono presenti tre specie di tartarughe marine: *Caretta caretta, Chelonia mydas e Dermochelys coriacea* (Casale e Margaritoulis, 2010).

La tartaruga comune, *Caretta caretta* è la specie più diffusa nel Mediterraneo ed è la più piccola delle sette specie di tartarughe esistenti (Fig. 1.2).



Figura 1.2 - *Caretta caretta* (Linneaus, 1758)

Un esemplare adulto può misurare 80 - 140 cm di lunghezza del carapace e pesare 100 -160Kg (Wyneken, 2002). Presenta una testa larga e di grandi dimensioni e una ranfoteca (bocca a forma di becco) robusta atta a frantumare prede dure come crostacei e molluschi, delle quali si nutre (Wyneken, 2005). Il carapace, a forma di cuore, si differenzia per la presenza di cinque scudi laterali (Wyneken, 2002) (Fig. 1.3).

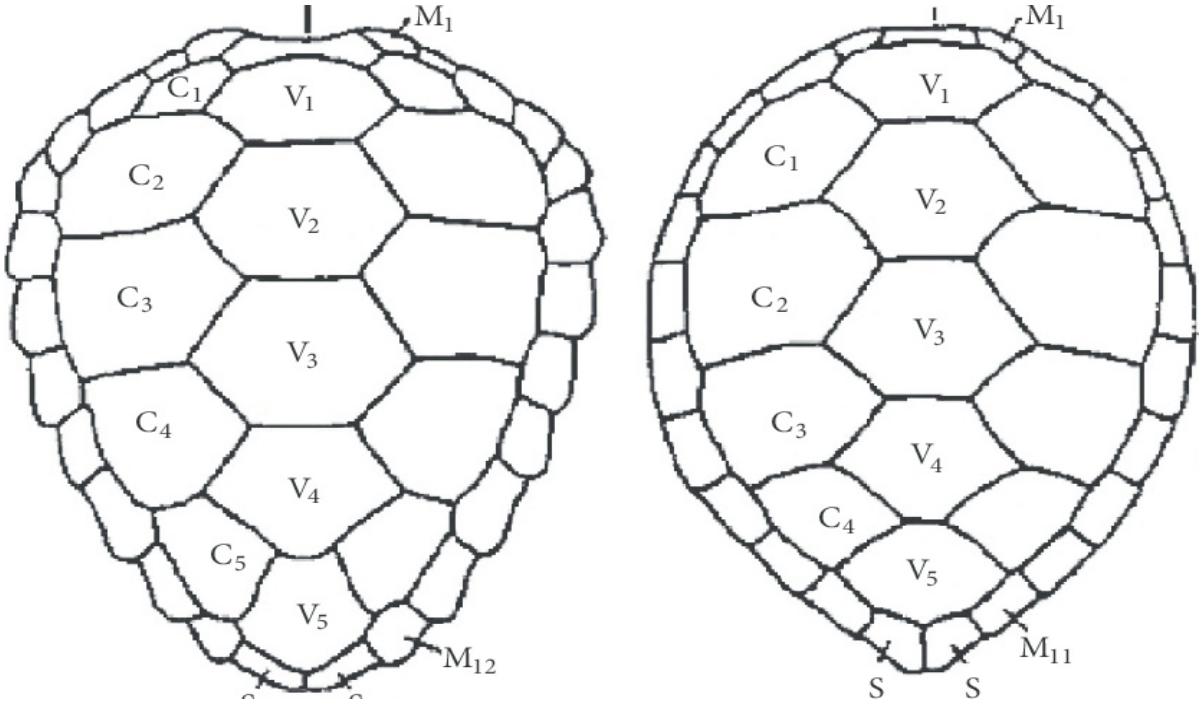


Figura 1.3 – differenza tra il carapace di *Caretta caretta* (a sinistra) e di *Chelonia mydas* (a destra)

La dieta degli esemplari adulti include soprattutto crostacei e molluschi, mentre in fase giovanile, predilige organismi planctonici (Wyneken, 2005).

È presente, come in tutte le altre specie di chelonidi, tra gli individui sessualmente maturi, un dimorfismo sessuale: i maschi, infatti, hanno una coda più lunga (Fig. 1.4) e unghie più uncinate rispetto alle femmine (Fig. 1.5) (Miller, 1997).



Figura 1.4 – Esempio di dimorfismo sessuale in *Caretta caretta*: particolare della coda allungata nel maschio



Figura 1.5 – Esempio di dimorfismo sessuale in *Caretta caretta*: particolare delle unghie uncinate del maschio

La tartaruga verde (Fig. 1.6), *Chelonia mydas,* presenta in età giovanile una colorazione olivastra e pinne anteriori falcate e quattro scudi laterali sul carapace (Bjorndal, 1997).

La dieta dell'esemplare adulto è composta prevalentemente da vegetali marini (macroalghe e piante marine), difatti presenta una ranfoteca frangiata, la quale agevola lo strappo dal fondale (Luctcavage e Lutz, 1997).



Figura 1.6 - *Chelonia mydas (Linneaus, 1758)*

La tartaruga liuto (Fig. 1.7), *Dermochelys coriacea,* è la più grande delle sette specie di tartarughe marine con un carapace che può raggiungere la lunghezza di 2 m e può arrivare ad un massimo di 600 kg di peso (Fossette et al., 2003).

La sua dieta è incentrata sul consumo di zooplancton gelatinoso (meduse e salpe) sia in fase giovanile che adulta; è per questo tipo di alimentazione che nella sua bocca è presente un rivestimento di papille dermiche direzionate all'indietro mentre nelle altre specie di tartarughe marine, tale rivestimento è localizzato unicamente nell'esofago (James e Herman, 2001).

Una peculiarità di questa specie è data dall'assenza di artigli, di scudi sul carapace e piastrone, e squame sulla pelle, infatti, presenta un carapace carenato di tessitura simil-cuoio (da cui il nome greco) mentre il piastrone è molle.

Le ossa del carapace hanno subito un'estrema riduzione e sono state sostituite da placche ossee di piccole dimensioni di forma poligonale (Wyneken, 2005).

Nel Mediterraneo la sua presenza è occasionale e non nidifica nel bacino.

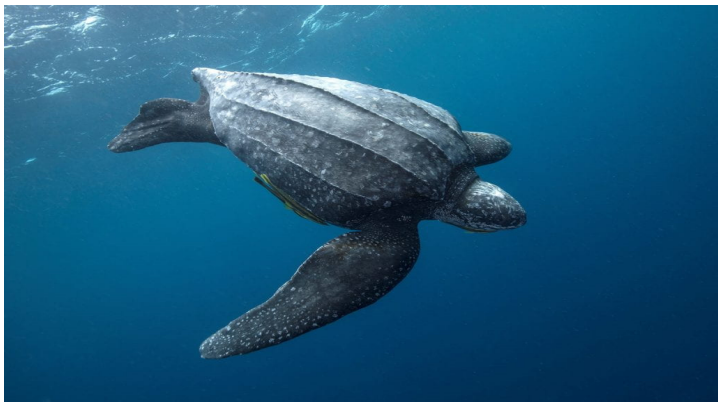


Figura 1.7 - *Dermochelys coriacea (Vandelli, 1761)*

1.3 Biologia ed ecologia delle specie

Essendo rettili, le tartarughe marine, sono animali ectotermi, il che significa che la loro temperatura corporea varia in concomitanza con quella ambientale, spingendole a migrare in inverno verso le acque più calde**.**

Il corpo di questi animali è rivestito da squame cheratinose, le quali formano un guscio suddiviso in carapace dorsalmente e piastrone ventralmente, i quali subiscono periodicamente una muta.

Questa corazza è, a tutti gli effetti, parte del corpo dell'animale, poiché risulta fusa con le vertebre toraciche e con le costole fornendo protezione all'animale. A causa di questa peculiare conformazione, le tartarughe marine non sono in grado di espandere la gabbia toracica durante la respirazione, quindi utilizzano i muscoli pettorali ed addominali come fossero un diaframma (Hickman et al. 2004).

Il carapace si presenta appiattito e idrodinamico non permettendo quindi la ritirata degli arti e della testa all'interno di esso (Castro e Huber, 2011).

L'apparato boccale delle tartarughe marine presenta mascelle ricoperte dalla ranfoteca, ovvero una guaina cornea affilata e leggermente incurvata, che prende la forma di un becco, la quale serve per afferrare il cibo ed è specie-specifica, in base all'alimentazione (Wyneken, 2005).

Gli arti di questi animali sono totalmente adattati al nuoto, le pinne anteriori che prendono il nome di pinne natatorie o propulsive, si presentano allungate e servono per dare la propulsione nel nuoto attivo, le pinne posteriori si chiamano timoniere in quanto sono più corte e servono per direzionare il nuoto (Castro e Huber, 2011).

Il ciclo vitale di questi animali, si svolge quasi del tutto in mare, ad eccezione della deposizione e dell'incubazione delle uova, che avvengono sulla terra ferma.

Le tartarughe marine non sono animali sociali, difatti vivono in solitudine e si incontrano solo nel periodo riproduttivo. In questo lasso di tempo avviene l'accoppiamento, verosimilmente al largo delle spiagge in cui vi saranno i siti di nidificazione (Limpus et al. 1992).

L'atto copulatorio è alquanto cruento, difatti la femmina subisce diversi attacchi e poi avviene la monta, nella quale il maschio si trattiene al di sopra della femmina attraverso le pinne anteriori ben ancorate al carapace per trasferire il proprio sperma dentro la cloaca della femmina tramite il pene (Miller et al. 2003).

Le femmine si accoppiano con più maschi e alla fine raggiungono la spiaggia, dove loro stesse sono nate decenni prima, per deporre le uova.

Nella stessa stagione riproduttiva una femmina può effettuare più deposizioni, mediamente tre, ed ogni volta la tartaruga compie la risalita in spiaggia, lo scavo del nido, la deposizione, la ricopertura del nido ed infine il ritorno in mare (Miller, 1997) (Fig. 1.8).

Ogni femmina si riproduce ad intervalli di circa 2/4 anni (Miller, 1997).

Lo sviluppo embrionale avviene in circa 60 giorni, e la temperatura gioca un ruolo chiave nella differenziazione del sesso degli embrioni, difatti, a temperature maggiori (> 29°C) nasceranno individui femmine, mentre a temperature inferiori (<29°C) nasceranno individui maschi. Esiste poi una temperatura ottimale del nido, dove abbiamo una sex ratio bilanciata (Miller, 1997).

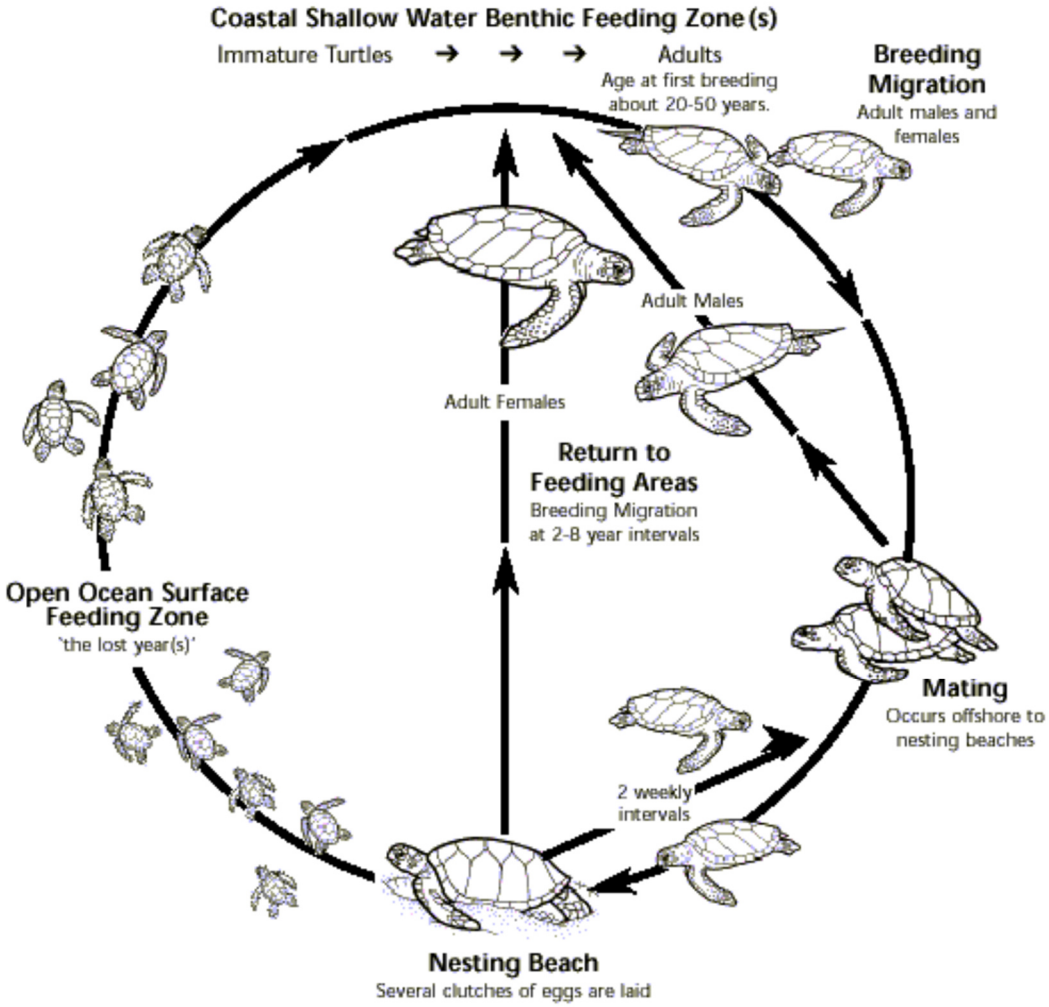


Figura 1.8 - ciclo vitale delle tartarughe marine

La schiusa avviene generalmente di notte, i piccoli (*hatchling*) scavano per raggiungere la superficie (Fig. 1.9) ed immediatamente iniziano il loro cammino verso il mare che consta in tre fasi: fototassi, meccanotassi e magnetotassi.



Figura 1.9 – schiusa di *Caretta caretta*

Nella prima fase, la fototassi, i nascituri sono stimolati a dirigersi verso il mare grazie all'ausilio di input visivi (ad esempio, la riflessione della luce delle stelle e della luna sulla superficie dell'acqua). Una volta arrivati alla battigia entra in gioco la seconda fase, la meccanotassi: stimoli meccanici provenienti dalle onde spingono i piccoli a compiere un movimento perpendicolare a quello delle onde. Successivamente, grazie alla magnetotassi, ovvero sfruttando stimoli provenienti dal campo magnetico terrestre per orientarsi (Lohmann et al. 1997), i piccoli continuano a nuotare attivamente per raggiungere il largo. In seguito, per circa tre giorni, le piccole tartarughe nuotano freneticamente (*frenzy swimming*) al fine di passare dall'ambiente neritico, nel quale cominciano ad alimentarsi, a quello oceanico (Bolten 2003b). Le tempistiche di questo passaggio sono specie specifiche (Bjorndal et al. 2000).

Generalmente, le tartarughe cominciano le migrazioni oceaniche sfruttando le correnti e rimangono in ambiente oceanico per molti anni continuando a spostarsi per lunghe distanze (Luschi 2013).

1.4 Distribuzione delle tartarughe marine del Mediterraneo

Le tre specie sopra descritte si possono osservare in tutto il Mediterraneo, ma la loro distribuzione non è uniforme (Fig. 1.10).

La tartaruga comune è la specie più abbondante nel Mediterraneo, difatti nidifica lungo le coste di tutto il bacino (Casale e Maragaritoulis, 2010).

In Italia i siti di nidificazione sono situati principalmente nell'area ionica della Calabria meridionale, ma siti minori si trovano anche in Sicilia meridionale e nelle isole Pelagie. Sporadicamente può nidificare in aree più ampie, sempre nell'area meridionale (Mingozzi et al., 2007).

L'Adriatico settentrionale, invece, è la zona maggiormente frequentata per quanto riguarda l'alimentazione e assieme al mar Ionio è tra le aree più importanti e frequentate dai giovani (Casale et al., 2010).

La tartaruga verde si trova, invece, principalmente nel Mediterraneo sud-orientale, dove nidifica (Kasparek et al., 2001).

La tartaruga liuto non nidifica nel Mediterraneo ed ha abitudini pelagiche, esemplari provenienti dall'Atlantico, infatti, entrano nel bacino per scopi alimentari.

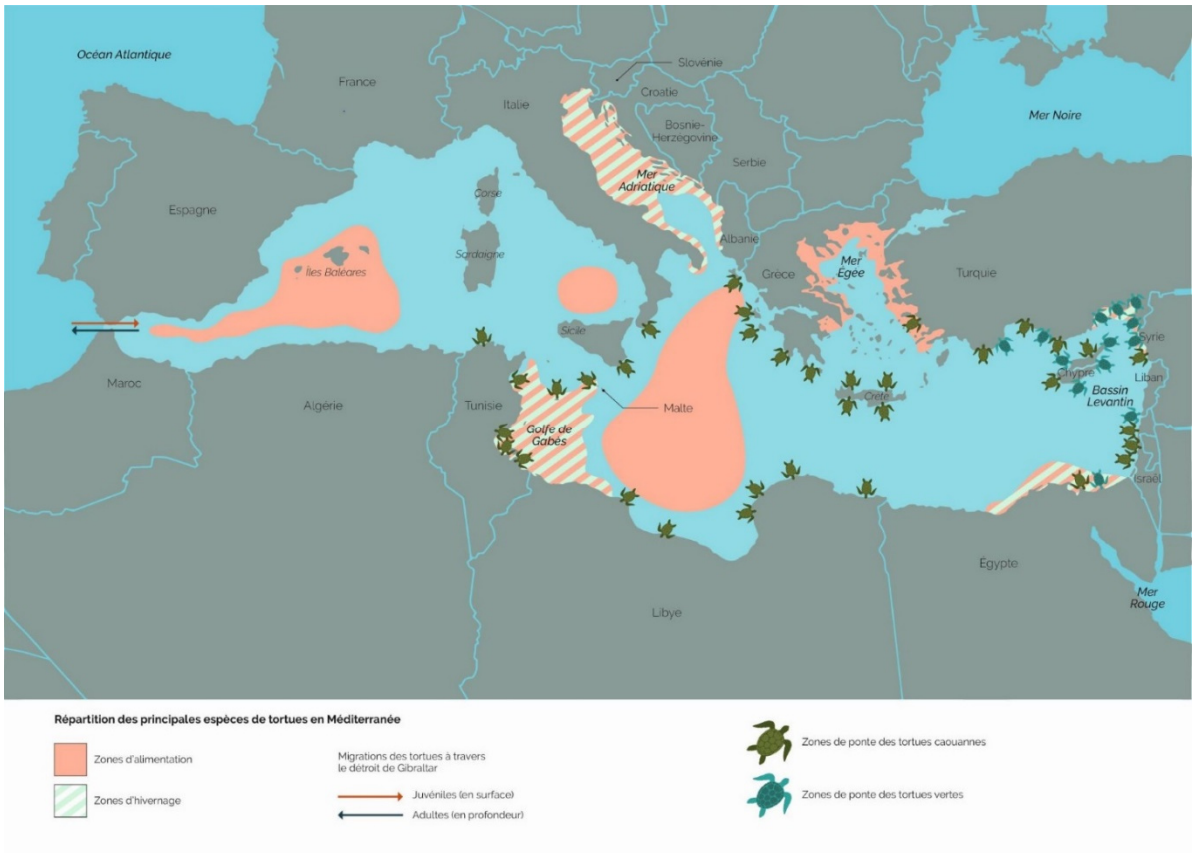


Figura 1.10 - distribuzione geografica delle tartarughe marine nel Mediterraneo

1.5 Minacce

Le minacce per le tartarughe marine sono, perlopiù, di natura antropica (Mingozzi et al., 2007) e tutte le tartarughe marine sono considerate vulnerabili o in pericolo di estinzione (Schulyer et al., 2013).

La minaccia più grave è legata alla pesca, in quanto le specie marine sono spesso vittime di cattura accidentale (*by-catch*) (Fig. 1.11).

Nel Mediterraneo il by-catch si presenta come un fenomeno di ampia portata, con dati allarmanti di cattura accidentale e di decessi (Casale, 2011).



Figura 1.11- tartarughe pescate accidentalmente

Il traffico di imbarcazioni, inoltre, determina numerose collisioni con questi animali che vengono feriti, spesso anche mortalmente, da impatti con chiglie e/o eliche (Basso, 1992) (Fig. 1.12).



Figura 1.12 - tartaruga deceduta a seguito di impatto con natante

Anche l'inquinamento rappresenta una minaccia importante per le tartarughe marine, poiché l'esposizione ai diversi contaminanti, incluso il petrolio, oppure l'ingestione accidentale di rifiuti solidi di origine antropica (come, ad esempio, le buste di plastica che vengono scambiate dagli animali per le loro prede abituali, Fig. 1.13) provocano gravi danni alle specie (Campani et al., 2013).



Figura 1.13 - tartaruga intenta a cibarsi di un sacchetto di plastica

Anche la degradazione dell'habitat e il disturbo di natura antropica sui siti di nidificazione rappresentano una grave minaccia per queste specie, in particolar modo, l'antropizzazione delle spiagge dovuta al turismo e il loro conseguente degrado, sono la causa primaria che influisce sui siti di nidificazione (Sindaco et al., 2006) (Fig. 1.14).



Figura 1.14 - tartaruga che nidifica in una spiaggia attrezzata di Marina di Camerota (Campania, Italia)

Un'altra situazione emergenziale è quella causata dal cambiamento climatico, in quanto l'incremento delle temperature porta questi animali a nidificare sempre più a nord, in territori in luoghi in cui la popolazione e le autorità non sono storicamente

abituati ed educati alla presenza e alla protezione dei nidi e gli enti predisposti non sono presenti oppure sono inefficienti (Baker et al., 2006).

Inoltre, le temperature più elevate delle spiagge di nidificazione, e quindi l'aumento delle temperature di incubazione, rischia di influenzare il sex ratio delle tartarughe marine, comportando un aumento delle femmine rispetto ai maschi. (Mancino et al., 2023)

1.6 Stato di conservazione e misure di protezione

Lo stato di conservazione delle tartarughe marine nel Mar Mediterraneo è critico.

Caretta caretta è inserita all'interno della categoria *Vulnerable* della lista rossa IUCN a livello globale (IUCN, 2017), invece la subpopolazione del Mediterraneo è classificata nella categoria *Least Concern*.

Chelonia mydas è inserita nella categoria *Endangered* della lista rossa IUCN a livello globale, mentre per la subpopolazione del Mediterraneo è classificata nella categoria *Not Applicable.*

Dermochelys coriacea è inclusa nella categoria *Vulnerable* nella lista rossa IUCN a livello globale, per quanto riguarda la sub popolazione del Mediterraneo, invece, è classificata nella categoria *Not Applicable.*

Caretta caretta, *Chelonia mydas* e *Dermochelys coriacea* sono incluse negli allegati di Direttive, Convenzioni internazionali e Regolamenti Comunitari (Manuali e linee guida 89/2013 – ISPRA), nello specifico:

- Convenzione di Berna (1979), tutte e tre le specie sono inserite nell'allegato II "Specie di fauna strettamente protette"

- Convenzione di Bonn (1979), tutte e tre le specie sono inserite nell'Appendice I "Specie migratorie che sono in pericolo" e nell'Appendice II "Specie migratorie che hanno uno stato di conservazione non favorevole e che richiedono accordi internazionali per la loro conservazione e gestione"
- CITES -Convenzione di Washington (1973), tutte e tre le specie sono incluse nell'Appendice I "Specie gravemente minacciate di estinzione per le quali è rigorosamente vietato il commercio"
- Direttiva Habitat 92/43/CEE, *Caretta caretta* e *Chelonia mydas* son inserite nell'Allegato II "Specie animali e vegetali d'interesse comunitario la cui conservazione richiede la designazione di zone speciali di conservazione", mentre tutte e tre le specie sono incluse nell'Allegato IV "Specie animali e vegetali in interesse comunitario che richiedono una protezione rigorosa.

1.7 Misure di mitigazione degli impatti della pesca

La pesca commerciale è una delle principali minacce per le tartarughe marine. In particolare, si stima che nei mari italiani le catture accidentali durante le battute di pesca consistono in più di 52.000 individui, dei quali circa 20.000 vengono catturate dalle reti a strascico (Lucchetti et al., 2017). Difatti, le reti a strascico intercettano accidentalmente le tartarughe che si trovano sul fondo, in quanto sono trainate dal peschereccio.

Anche la pesca con reti da posta rappresenta un problema, in quanto è la tecnica tradizionale più diffusa lungo le coste mediterranee, sono attrezzi da pesca passivi in

quanto le specie non vengono catturati tramite il movimento attivo della rete da parte del pescatore.

L'impiego di questi strumenti pone diversi problemi ambientali: una delle principali minacce è il *bycatch*.

Negli ultimi anni, la ricerca nell'ambito della pesca si è focalizzata sull'innovazione tecnica per rendere gli attrezzi da pesca più selettivi e meno impattanti sulle risorse ittiche e sull'ambiente, nel rispetto delle esigenze locali delle comunità di pescatori.

Tra le misure di mitigazione conosciamo:

1) *Turtle Excluder Device* (TED)

   I TED (Fig. 1.15) sono griglie realizzate con barre di metallo che si inseriscono anteriormente al sacco terminale delle reti a strascico, in modo tale che le tartarughe catturate accidentalmente possano uscire in sicurezza da un'apertura (*escape opening*) ma permettendo comunque il passaggio delle specie commerciali fino al sacco terminale.

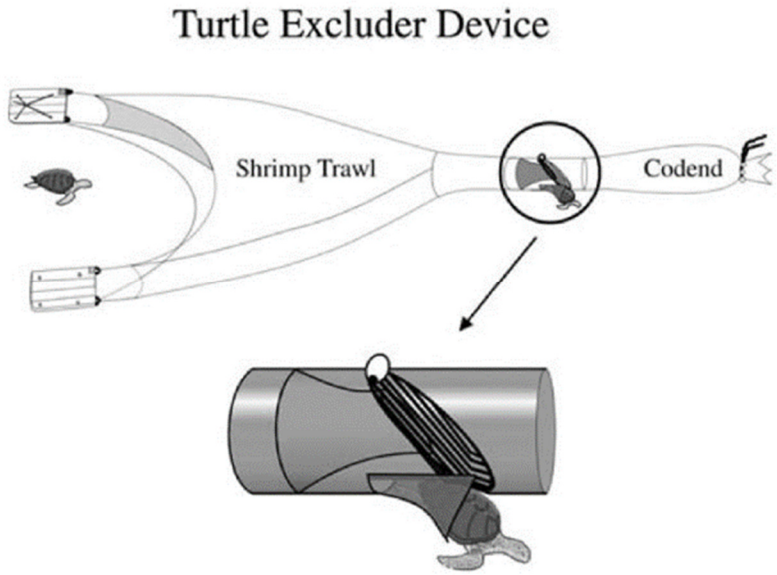


Figura 1.15 - Turtle Excluder Device

2) Dissuasori visivi (LED-UV)

   Nell'ambito del progetto Euroturtles sono stati sperimentati i dissuasori visivi a luci LED-UV da applicare a diversi attrezzi da pesca, ovvero alla lima dei sugheri delle reti da posta e ai palangari, con lo scopo di rendere le attrezzature da pesca visibili per le tartarughe ed evitare, quindi, la cattura accidentale.

3) Nasse in sostituzione alle reti da posta

   In sostituzione alle reti da posta è stato proposto l'utilizzo di nasse (Fig. 1.16), ovvero strumenti tradizionali che, sebbene oggi meno utilizzati, sono ancora in uso

   Le reti da posta, infatti, sono estremamente pericolose per le tartarughe marine in quanto vengono lasciate in acqua durante la notte e talvolta anche per periodi più lunghi. Ne consegue quindi che gli esemplari che restano intrappolate per molte ore in questi strumenti anneghino.



Figura 1.16 - Tipologia di nassa da canocchia

1.8 Scopo della tesi

Nonostante le azioni di conservazione già in atto nel Mediterraneo, le pressioni antropiche risultano ancora molto elevate. In particolare, la minaccia più significativa è la pesca commerciale. Studi recenti mostrano che annualmente nelle acque italiane vengono catturati più di 52.000 esemplari: circa 8.400 con palangari pelagici, circa 20.000 con reti a strascico e circa 23.800 con reti da posta, con oltre 10.000 decessi ogni anno (Lucchetti et al., 2017a). Questi dati sottolineano che la situazione permane emergenziale ed evidenziano, pertanto, l'urgenza di intensificare le misure di protezione e la gestione sostenibile delle risorse ittiche per salvaguardare le popolazioni di tartarughe marine

Il progetto europeo LIFE Medturtles (https://medturtles.eu/?lang=it) mira a favorire la riduzione delle catture accidentali di tartarughe marine nel Mar Mediterraneo modificando gli attrezzi da pesca. Le modifiche che sono state testate in Italia

includono l'uso di nasse al posto delle reti da posta e l'introduzione del TED nelle reti a strascico.

Il presente lavoro di tesi è stato svolto nell'ambito del Progetto LIFE Medturtles partecipando alle dimostrazioni, raccogliendo ed analizzando i dati di Fondazione Cetacea Onlus. Il focus di questo lavoro è concentrato proprio sull'utilizzo del Turtle Excluder Device (TED), in quanto l'eventuale approvazione del dispositivo rappresenterebbe un importante cambiamento per la conservazione di queste specie.

In particolare, nel presente studio si è testata l'efficacia dell'applicazione dei TED su reti a strascico di pescatori professionali, analizzando le catture delle specie commerciali e dello scarto e comparandolo con lo sbarcato di reti senza TED.

Capitolo 2. Materiali e Metodi

2.1 Il progetto Life Medturtles

Il progetto Life Medturtes è un progetto europeo che si pone l'obiettivo di migliorare lo stato di conservazione delle popolazioni europee di due specie prioritarie di tartarughe marine: la tartaruga comune *Caretta caretta* e la tartaruga verde *Chelonia mydas*. Poiché il range geografico di queste due popolazioni include aree al di fuori dell'Europa, il progetto riconosce che l'obiettivo può essere raggiunto esclusivamente tramite un approccio a livello del Mediterraneo, implementato sia negli Stati europei che extra-europei.

Pertanto il progetto Life Medturtles mira a:

- Estendere geograficamente il progetto Life EUROTURTLES (https://www.euroturtles.eu) a Spagna, Albania, Turchia e Tunisia con gli stessi obiettivi, approcci ed azioni
- Integrare i risultati di TARTALIFE (https://www.tartalife.eu/it).

Il progetto (https://medturtles.eu/?lang=it) ambisce a ridurre l'impatto delle minacce antropiche nelle aree di foraggiamento e nei siti di nidificazione della specie nei paesi coinvolti nel progetto, stabilire un approccio conforme per la conservazione delle popolazioni di *Caretta caretta* e *Chelonia mydas* dell'UE e creare una rete per la conservazione delle tartarughe marine tra i paesi europei coivolti e nei paesi terzi interessati, basata su obiettivi e metodi comuni. Infine, il progetto intende promuovere

tra i cittadini (Europei e non) la conoscenza delle popolazioni di tartarughe nel Mar Mediterraneo e il concetto di patrimonio comune delle risorse marine naturali.

Per promuovere tali obiettivi il progetto comprende diverse azioni, tra cui di interesse per la presente tesi, vi sono quelle azioni che riducono l'impatto della pesca, ad esempio quello di introdurre metodologie per mitigare i tassi di catture accessorie dovuti a diversi attrezzi da pesca.

2.2 Turtle Excluder Device (TED)

Il progetto LIFE Medturtles, per rispettare il suo obiettivo di ridurre le catture accidentali nel Mar Mediterraneo, propone delle modifiche alle attrezzature da pesca e, per quanto concerne le reti a strascico, propone l'inserimento del TED (Turtle Excluder Device).

I TED utilizzati per le dimostrazioni da Fondazione Cetacea Onlus sono stati forniti dal CNR di Ancona.

- La prima griglia (Fig. 2.1a), utilizzata precedentemente nel progetto TartaLife, è un modello di FLEX-GRID, il quale utilizzo risulta più agevole durante le operazioni di cala e salpa. Questa griglia è di forma ovale, alta 110cm, larga 85.6cm e con una circonferenza complessiva di 310cm. Alla 3° e alla 5° barra verticale, in prossimità della barra orizzontale centrale viene effettuato il "cutting" nella parte in cui è rivolta l'escape opening. Questo fa sì che si creino due ampie finestre larghe 19.4 cm per rendere la rete maggiormente adatta alla pesca al largo con specie target di dimensione medio-grande.

- La seconda griglia (Fig. 2.1b) presenta le medesime misure della precedente, ma differisce per quanto concerne il distanziamento e la disposizione delle barre, difatti all'interno, ci sono tre barre orizzontali con uno spessore di 3 cm e sette barre verticali con uno spessore di 2 cm, distribuite uniformemente con una distanza di 9,6 cm tra ogni barra. Questo design è adatto per la pesca costiera mirata a specie di piccole e medie dimensioni.

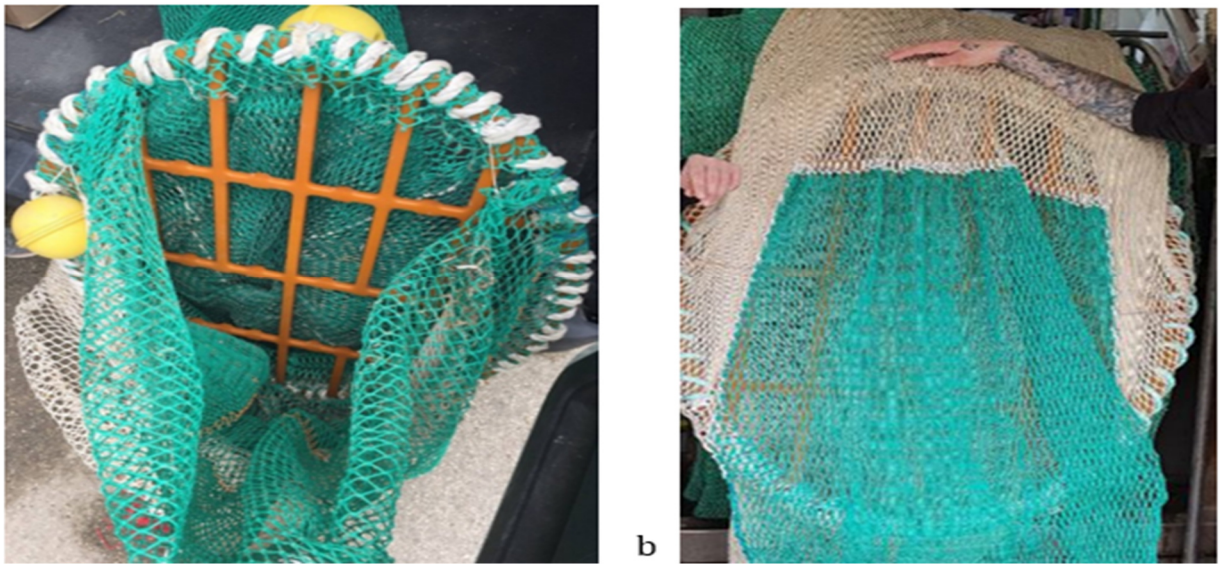


Figura 2.1- tipologie di Ted Excluder Device: a) esempio di primo TED utilizzato; b) secondo TED

Durante le dimostrazioni a Porto Garibaldi da dicembre 2021, i pescatori hanno apportato modifiche al design della sezione TED della rete in base all'imbarcazione e alle caratteristiche del pescato. Queste modifiche miravano a migliorare ulteriormente le prestazioni del TED e a ottenere una configurazione ottimale.

Inizialmente, a dicembre 2021, il TED (Fig. 2.1a) è stato installato con un'inclinazione verso il basso di circa 30° e l'apertura sul fondo. Questa configurazione ha comportato

un’importante perdita del pescato (circa il 90%). Nelle settimane successive, sono state apportate modifiche aumentando l'inclinazione del TED a 45° e dirigendo l'apertura verso l'alto, riducendo la perdita di pescato a circa il 40%. A gennaio 2022, è stata apportata un'ulteriore modifica aggiungendo una “tettoia” di rete al di sopra del TED con un'apertura progettata per consentire alle tartarughe di scappare trattenendo il pescato. Con la modifica combinata dell'inclinazione verso l'alto e della tettoia di rete, è stato osservato un miglioramento significativo. Le modifiche introdotte dal capitano del Bosga sono state poi applicate durante le campagne a Cesenatico del 2022 dai capitani dei pescherecci Michela e Rimas. A seguito delle uscite del 2022 a Cesenatico si è deciso di sostituire il TED finora utilizzato con uno diverso (Fig. 2.1b). Il peschereccio Togo ha iniziato le sue campagne a luglio 2022 con il nuovo TED, installato con un'inclinazione di 45° che non ha subito modifiche strutturali.

Il progetto inizialmente prevedeva il coinvolgimento di cinque pescherecci per un totale di 50 dimostrazioni. Tuttavia, alla conclusione del progetto, sono state coinvolte quattro imbarcazioni ed effettuate 46 dimostrazioni. Le prestazioni del TED sono state confrontate con quelle delle reti tradizionali, con l'obiettivo di registrare le specie catturate e osservarne le variazioni in base agli strumenti utilizzati.

La selezione delle imbarcazioni coinvolte nelle dimostrazioni è stata influenzata *in primis* dalla loro precedente partecipazione a progetti simili, che ha garantito un livello di esperienza più elevato tra il personale. Tuttavia, anche le visite in porto condotte per altre attività nell'ambito dello stesso progetto hanno svolto un ruolo nel processo di selezione.

Di seguito, la tabella 2.1 riassume le dimostrazioni del progetto e la figura 2.2 illustra l'area di studio in cui si sono svolte le dimostrazioni.

Barca	*Località*	*Uscite CT*	*Periodo uscite CT*	*N. Uscite TED*	*Periodo uscite TED*
Bosga	Porto Garibaldi (FE)	8	12/21 e 10/22	8	12/21 -01/22 e 10/22
Rimas	Cesenatico (FC)	4	01/22 -05/22	4	01/22 - 05/22
Michela	Cesenatico (FC)	4	02/22 -03/22	4	03/22 - 05/22
Togo	Cattolica (RN)	4	07/22 -09/22	4	11/22 -02/24

Tabella 2.1- Sintesi delle dimostrazioni del progetto: CT= controllo; TED= Turtle Excluder Device

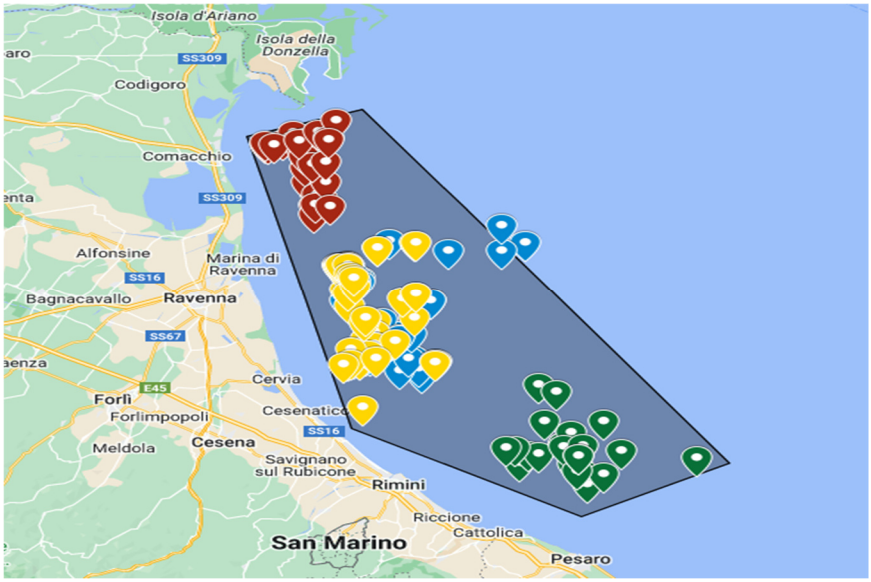


Figura 2.2: Area di studio in cui si sono svolte le sperimentazioni. In rosso il motopeschereccio Bosga; in blu il motopeschereccio Michela, in giallo il motopeschereccio Rimas e in verde il motopeschereccio Togo

Di seguito una descrizione dei pescherecci coinvolti:

BOSGA (1ra976) – Porto Garibaldi

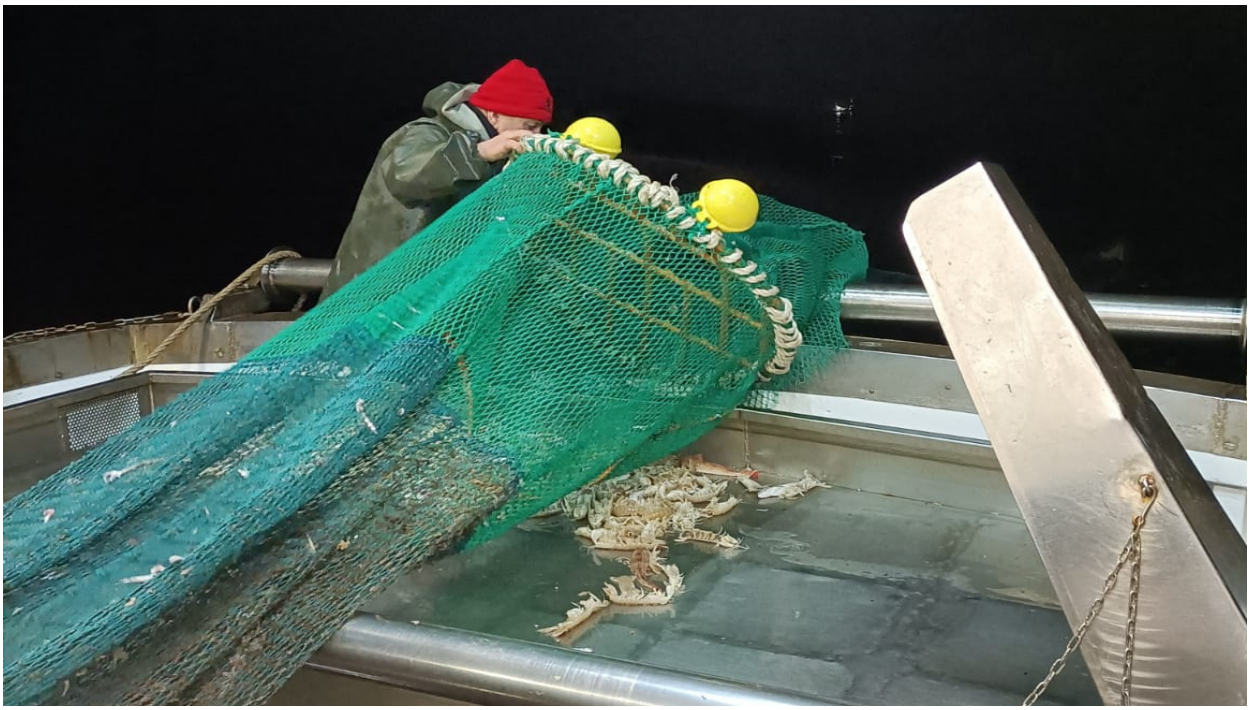


Figura 2.3 - Fotografia scattata a bordo del motopeschereccio Bosga durante un'uscita con rete a strascico con il TED.

Il peschereccio Bosga (1RA976) è un'imbarcazione della flotta peschereccia di Porto Garibaldi.

Il Bosga è lungo 12,9 metri e ha una stazza lorda di 13 tonnellate. La rete utilizzata è quella tradizionale, destinata alla cattura delle specie tipiche della fascia costiera del medio Adriatico (ad esempio canocchie, sogliole, naselli, sgombri, triglie, gallinelle, ecc.). Le campagne totali condotte con il peschereccio Bosga sono 16 (8 con la rete tradizionale e 8 con il TED) (Fig 2.3).

RIMAS (4RM710) – Cesenatico



Figura 2.4 - Fotografie scattate il 2 febbraio 2022 durante una uscita con rete a strascico con il TED, sul motopeschereccio Rimas.

Il peschereccio Rimas (4RM710) è un'imbarcazione della flotta peschereccia di Cesenatico. La Rimas è lunga 14,4 metri e ha una stazza lorda di 15 tonnellate. La rete utilizzata era una rete tradizionale mirata alle specie tipiche della fascia costiera del medio Adriatico (ad esempio, canocchie, sogliole, naselli, sgombri, triglie, gallinelle, ecc.). Le campagne totali condotte con il peschereccio Rimas sono 10 (5 con la rete tradizionale e 5 con TED) (Fig 2.4)

MICHELA (8RM6580) – Cesenatico



Figura 2.5 - foto scattate il 25 marzo 2022 durante una uscita con rete a strascico con il TED, sul motopeschereccio Michela.

Il peschereccio Michela (8RM6580) è un'imbarcazione della flotta peschereccia di Cesenatico.

Michela è lungo 12,5 metri e ha una stazza lorda di 8,6 tonnellate. La rete utilizzata era una rete tradizionale per la cattura delle specie tipiche della fascia costiera del medio Adriatico (ad esempio, canocchie, sogliole, naselli, sgombri, triglie, gallinelle, ecc.). Le campagne totali condotte con il peschereccio Michela sono 8 (4 con la rete tradizionale e 4 con TED) (Fig 2.5)

TOGO (03RM01119) – Cattolica

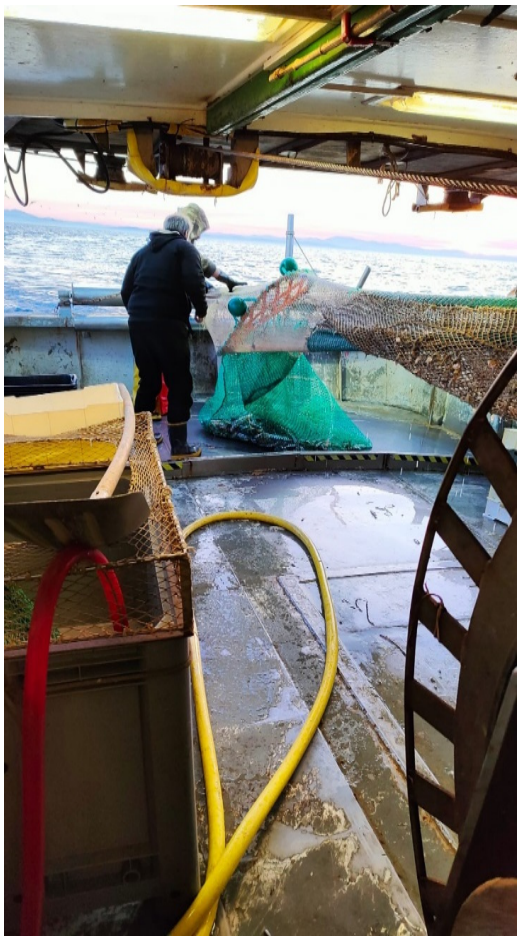


Figura 2.6 - foto scattata il 21 marzo 2024 durante una uscita con rete a strascico con il TED, sul motopeschereccio TOGO

Il peschereccio Togo II (03RM01119) è un'imbarcazione della flotta peschereccia di Cattolica. La Togo II è lunga 15,36 metri e ha una stazza lorda di 15 tonnellate. La rete utilizzata è di tipo tradizionale e cattura le specie tipiche della fascia costiera del medio Adriatico (ad esempio canocchie, sogliole, naselli, sgombri, triglie, gallinelle, ecc.). Le campagne totali condotte con il peschereccio Togo II sono 8 (4 con la rete tradizionale e 4 con TED). (Fig 2.6)

2.3 Processamento dei campioni a bordo

Durante ogni battuta di pesca, sono saliti a bordo due tecnici di Fondazione Cetacea e sono stati registrati dati per ogni singola rete a strascico (Fig. 2.7). Ciò includeva la data e l'ora della rete a strascico, le coordinate geografiche, la velocità, la profondità e la lunghezza dei cavi utilizzati. Gli operatori a bordo registravano la lunghezza totale (LT, in cm) nei pesci, e la lunghezza al mantello (LM, in cm) nei cefalopodi grazie ad un ittiometro, e la lunghezza del carapace (LC, in mm) nei crostacei mediante l'utilizzo di un calibro. In caso di catture ingenti, solo un sub-campione della specie catturata veniva misurato. Le specie venivano anche pesate con una bilancia, al fine di registrare il peso umido (in g). Anche il by-catch veniva processato e pesato, sia che fossero giovanili sotto-taglia di specie commerciali che scarto propriamente detto (ovvero megainvertebrati quali granchi, oloturie, stelle e ricci di mare).



Figura 2.7 - fotografie che documentano le misurazioni effettuate dagli operatori sulle specie catturate

Tutte le informazioni ottenute sono state riportate in apposite tabelle (Fig. 2.8).

Porto di Rimini					
Cala N.	Data	Ora Fermo Cavi	Nome Imbarcazione		Personale di bordo
LAT Inizio	LONG Inizio	LAT Fine	LONG Fine	Ora Inizio	Ora Fine

	Barca		Rete
Ora	Velocità	Profondità	Lunghezza Cavi

CALA N.	TIPO ATTREZZO	Peso totale dalla specie:
DATA		Peso subcampione:
SPECIE		Note:

LUNG	NUMERO	LUNG	NUMERO	LUNG	NUMERO
		15,5		29,5	
2		16		30	
2,5		16,5		30,5	
3		17		31	
3,5		17,5		31,5	
4		18		32	
4,5		18,5		32,5	
5		19		33	
5,5		19,5		33,5	
6		20		34	
6,5		20,5		34,5	
7		21		35	
7,5		21,5		35,5	
8		22		36	
8,5		22,5		36,5	
9		23		37	
9,5		23,5		37,5	
10		24		38	
10,5		24,5		38,5	
11		25		39	
11,5		25,5		39,5	
12		26		40	
12,5		26,5		40,5	
13		27		41	
13,5		27,5		41,5	
15		28		42	
14,5		28,5		42,5	
15		29		43	

CALA N.	TIPO ATTREZZO	
DATA	PESO TOT	
SCARTO	PESO SUB	
SPECIE	NUMERO	PESO (Kg)

Figura 2.8 - esempio di tabelle utilizzate per la raccolta dati

2.4 Analisi dei dati

Le analisi statistiche sono state svolte sui dati collezionati durante le dimostrazioni del TED, in quanto è proprio questa azione il focus di questa tesi.

I dati delle biomasse delle specie target sono stati inseriti all'interno dei programmi Past 4.03 e PRIMER6& PERMANOVA.

Mediante l'utilizzo dei dati raccolti durante le uscite di pesca sono state costruite matrici di abbondanza e di biomassa delle specie, utilizzate per effettuare analisi univariate (dati di biomassa totale) e multivariate (dati di abbondanza della composizione tassonomica).

Entrambe le matrici utilizzate sono state trasformate con radice quadrata, al fine di ridurre i contributi delle specie dominanti rispetto alle specie più rare.

Per quanto concerne l'analisi univariata, invece, sono stati eseguiti, dapprima, i box plot prendendo in considerazione la biomassa delle specie target e la biomassa dello scarto prendendo in considerazione i tre livelli dell'analisi (CT, TED1 e TED2), le barche e i mesi in cui era stato effettuato il test dei TED.

È stata poi eseguita una PERMANOVA univariata realizzata su una distanza euclidea sulle biomasse di specie target e scarto e il confronto a coppie (sui tre livelli del fattore test TED ovvero CT, TED1 e TED2).

Per quanto riguarda la composizione tassonomica dei diversi campioni, dopo aver eseguito il pretrattamento dei dati, è stata realizzata una matrice triangolare di *resemblance*, basata sugli indici di abbondanza, con la distanza di Bray-Curtis, ed eseguite le analisi multivariate.

Per la rappresentazione grafica dei risultati di similarità è stata condotta la tecnica di ordinamento nMDS (non metric Multidimensional Scaling, unconstrained), che rappresenta i campioni come punti nello spazio e, successivamente, l'analisi canonica delle coordinate principali (CAP, constrained).

L’analisi della varianza con permutazioni (PERMANOVA, Anderson et al., 2008) è stata effettuata realizzando un disegno di campionamento ad un fattore fisso, denominato “*test TED*”, con 3 livelli (CT-controllo; TED 1- primo TED utilizzato; TED 2- secondo TED utilizzato).

Le differenze sono state stimate come significative per valori di $p<0,05$; i valori sono stati ottenuti utilizzando un numero di permutazioni pari a 9999, con un modello di permutazione detto “Unrestricted permutation of raw data”, usato quando viene preso in considerazione un solo fattore (Anderson et al., 2008), utilizzando sempre la distanza di Bray-Curtis.

Per stabilire la percentuale di dissimilarità nella composizione tassonomica dei raggruppamenti, sulla matrice quadrata, è stata effettuata l’analisi SIMPER (Clarke, 1993), utilizzando sempre l’indice di similarità di Bray-Curtis che racchiude tutta l’informazione sulla struttura multivariata della matrice di abbondanza.

Per indagare le differenze in termini di diversità è stato eseguito un box plot sull’indice di Shannon – H e, successivamente, sono stati realizzati il test PERMANOVA e il confronto a coppie, sempre basati sul medesimo indice.

Capitolo 3: Risultati

3.1 Variazione nella biomassa totale del pescato e dello scarto per il test TED

In termini di biomassa totale del pescato per il test TED, il boxplot (Fig. 3.4) evidenzia che il peso totale delle specie target è maggiore nelle battute di pesca con il TED2 rispetto alle uscite di controllo e con il TED1. Il peso totale del TED1, invece, è leggermente inferiore rispetto alle dimostrazioni di controllo.

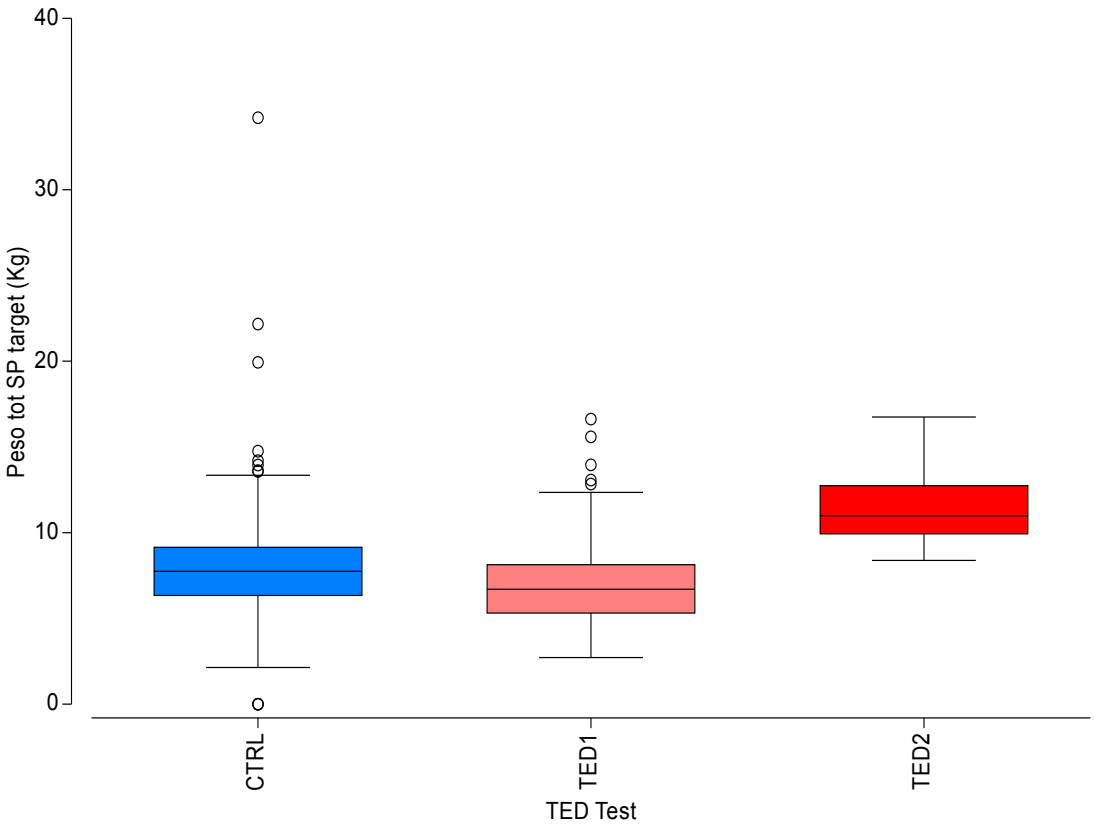


Figura 3.1 – Box plot del peso totale del pescato basato sul test TED. CTRL= controllo; TED1= primo TED utilizzato; TED2= secondo TED utilizzato.

L'analisi PERMANOVA condotta sulla biomassa totale del pescato (Tab. 3.1a) evidenzia una differenza significativa per il valore testato. Il confronto a coppie (pair-wise test) (Tab. 3.1b) indica che non vi sono differenze tra il controllo e il primo TED

(CT vs TED1), mentre vi è una differenza significativa tra gli altri due livelli del valore testato (CT vs TED2, TED1 vs TED2)

Tabella 3.1. a) Test PERMANOVA condotto sulla biomassa totale del pescato; b) confronto a coppie (pair-wise test) tra il controllo e, rispettivamente, TEd1 e TED2 e tra i due TED.

a) PERMANOVA table of results

Source	df	MS	Pseudo-F	P(perm)
TED test	2	2,82	5,26	0,007
Residuals	128	0,54		
Total	130			

b) PAIR-WISE

Groups	t	P(perm)
Ctrl, TED1	0,49	0,63
Ctrl, TED2	2,74	0,01
TED2, TED1	4,37	0,0002

Per quanto riguarda la biomassa totale dello scarto per il test TED, dal boxplot (Fig.3.1) è apprezzabile che nelle battute di pesca con il TED2 il peso totale dello scarto sia nettamente maggiore rispetto a quelle con il TED1 e a quelle di controllo. Queste ultime sono quelle che hanno il minor peso totale dello scarto.

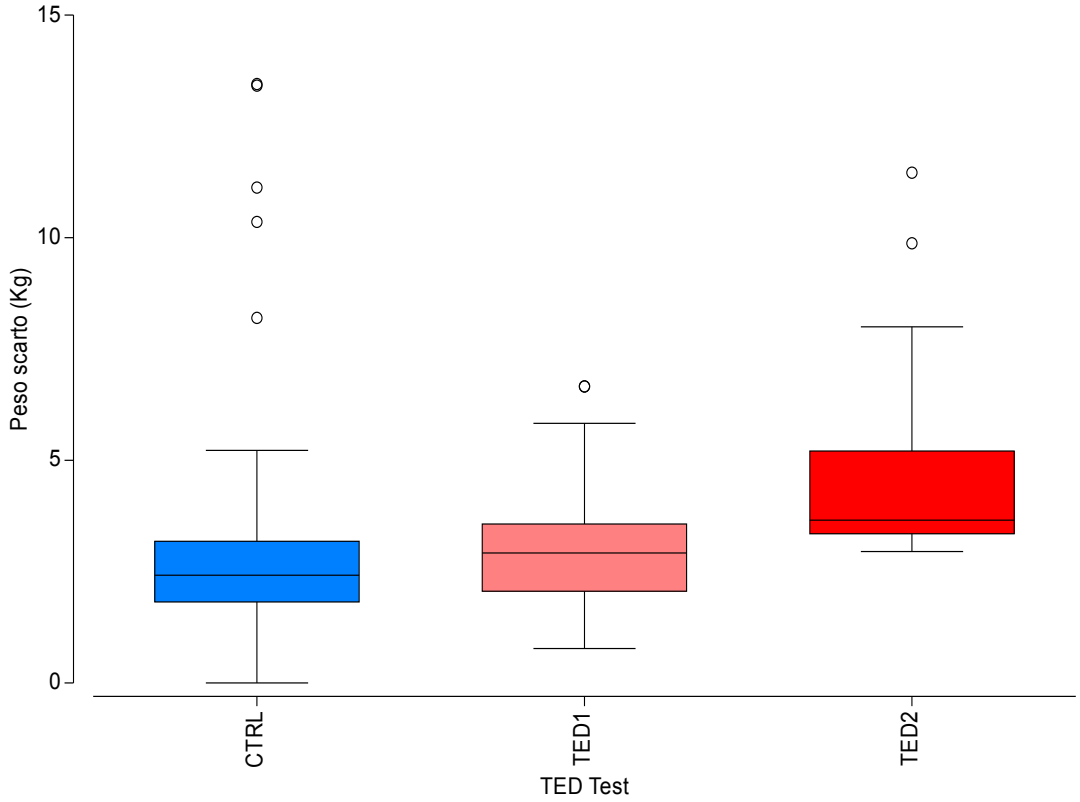


Figura 3.2 – Box plot del peso totale dello scarto basato sul test TED. CTRL= controllo; TED1= primo TED utilizzato; TED2= secondo TED utilizzato.

L'analisi PERMANOVA condotta sulla biomassa totale dello scarto (Tab. 3.2a) evidenzia una differenza significativa per il valore testato. Il confronto a coppie (pair-wise test) (Tab. 3.2b) indica che non vi sono differenze tra il controllo e il primo TED (CT vs TED1), mentre vi è una differenza significativa tra gli altri due livelli del valore testato (CT vs TED2, TED1 vs TED2).

Tabella 3.2. a) Test PERMANOVA condotto sulla biomassa totale dello scarto; b) confronto a coppie (pair-wise test) tra il controllo e, rispettivamente, TEd1 e TED2 e tra i due TED.

a) PERMANOVA table of results

Source	df	MS	Pseudo-F	P(perm)
TED test	2	2,08	5,38	0,006
Residuals	128	0,39		
Total	130			

b) PAIR-WISE

Groups	t	P(perm)
Ctrl, TED1	1,20	0,23
Ctrl, TED2	2,87	0,006
TED2, TED1	3,31	0,003

Dai boxplot eseguiti sul fattore barca (Fig.3.2) è apprezzabile che la biomassa totale dello scarto sia molto maggiore per l'imbarcazione Togo rispetto alle altre imbarcazioni, così come anche il peso totale del pescato. Inoltre, questo plot evidenzia che, ad eccezione del motopeschereccio Rimas, la biomassa dello scarto è maggiore alla rispettiva biomassa del pescato per ogni imbarcazione.

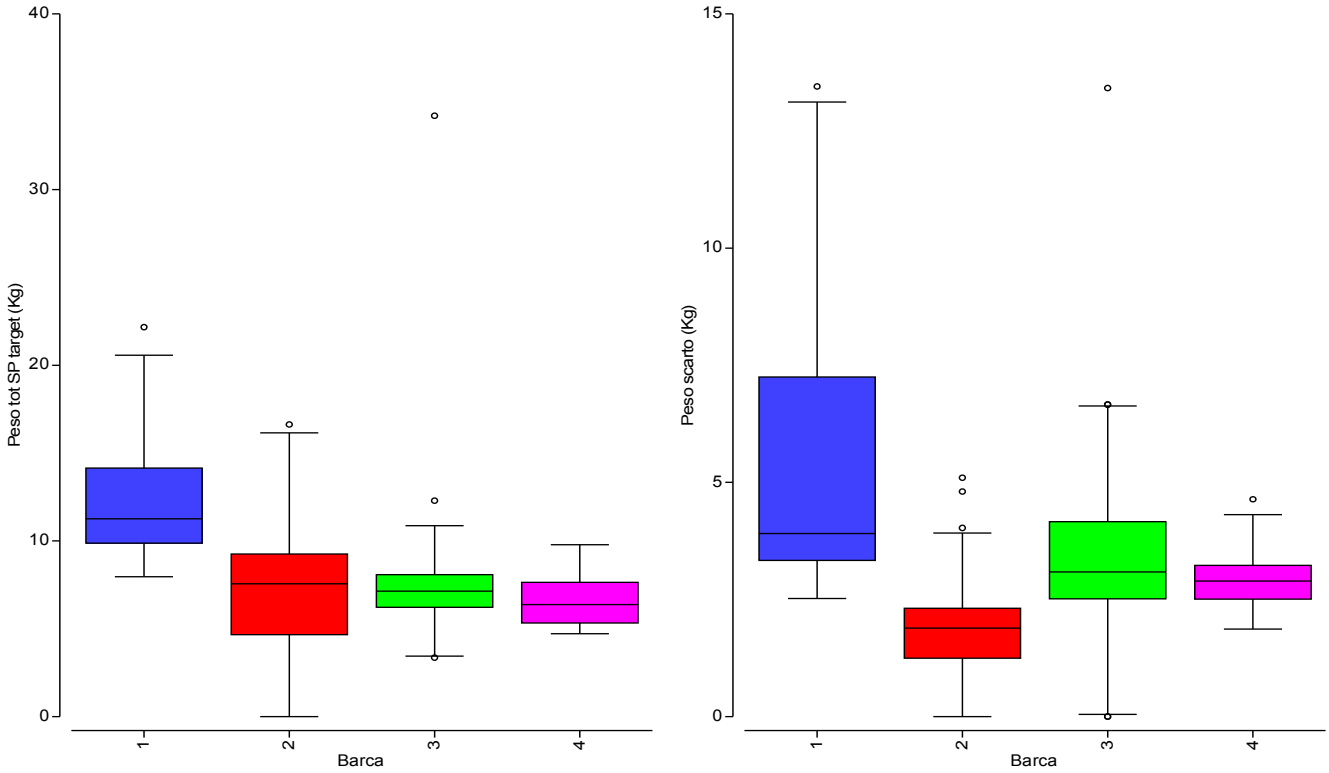


Figura 3.3: Boxplot eseguito sul fattore barca che confronta la biomassa totale del pescato e dello scarto. 1= motopeschereccio Togo; 2= motopeschereccio Bosga; 3= motopeschereccio Rimas; 4= motopeschereccio Michela

Anche per quanto concerne il fattore mese, il boxplot (Fig. 3.3) mette in evidenza delle differenze nella biomassa totale del pescato e dello scarto, nello specifico: il peso del pescato risulta maggiore nei mesi di settembre (subito dopo il fermo pesca) e novembre, mentre il peso dello scarto si presenta maggiore nei mesi di luglio e maggio, invece nel mese di dicembre si registra un peso addirittura inferiore.

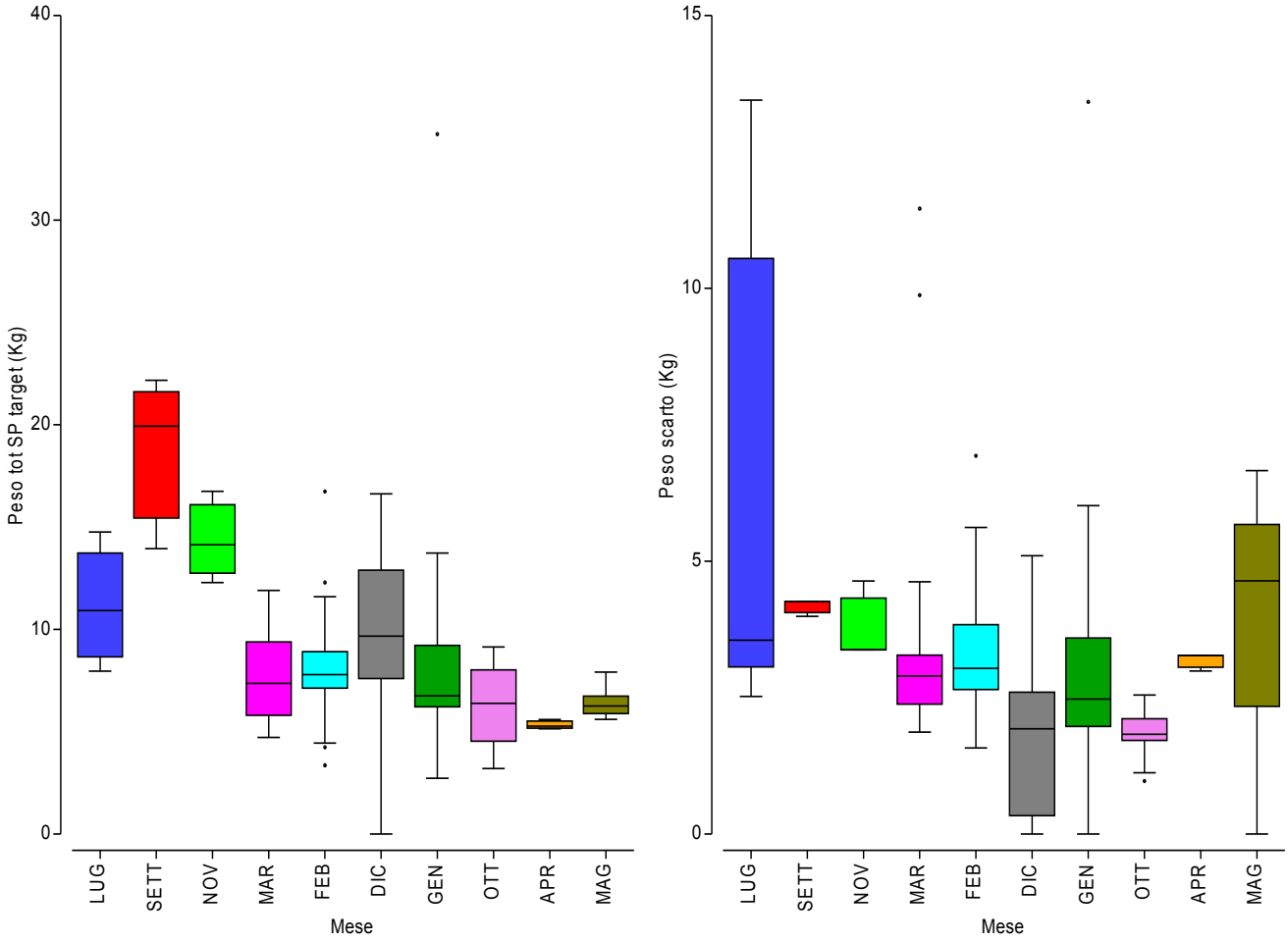


Figura 3.4: Box plot eseguito sul fattore mese che confronta il peso totale del pescato e dello scarto.

3.2 Analisi della comunità ittica in accordo al test TED

L'analisi nMDS, realizzata sulla composizione in peso delle specie catturate con TED e senza, evidenzia una certa separazione dei campioni prelevati con rete equipaggiata di TED di tipo 2, da quelli catturati con rete con TED 1 e il controllo (Figura 3.5). Tuttavia lo *stress,* che è un indicatore della bontà dell'ordinamento, è molto alto (0.22), per cui è necessario effettuare un'altra analisi (l'analisi canonica delle coordinate principali, si veda avanti).

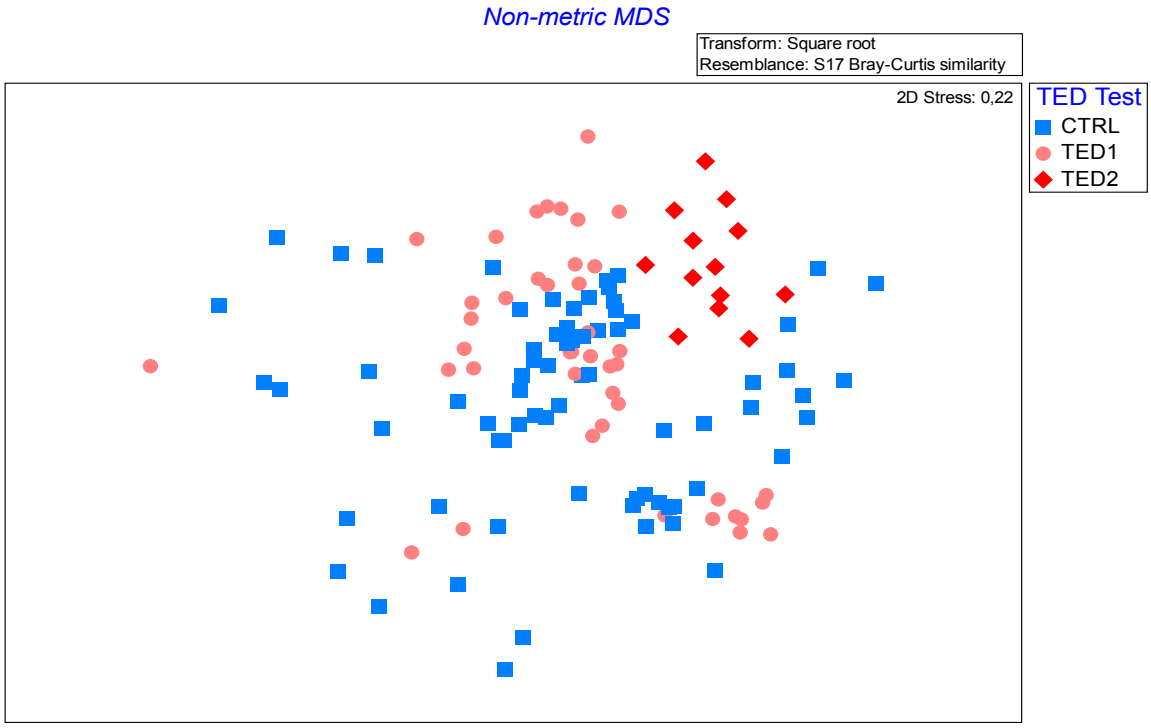


Figura 3.5- Grafico nMDS effettuato sulla matrice dei dati di biomassa dei campioni prelevati con rete equipaggiata con le due tipologie di Turtle Excluder Device (TED), rispettivamente TED1 e TED2 e rete priva di TED (denominata CT).

L'analisi PERMANOVA condotta sulla biomassa delle specie target (Tabella 3.3a) evidenzia una differenza altamente significativa per il fattore testato. Il confronto a coppie (pair-wise test) (Tab. 3.3b) evidenzia una differenza significativa tra tutti i livelli del fattore testato (CT vs. TED1, CT vs. TED2 e TED1 vs. TED2).

Tabella 3.3. a) Test PERMANOVA principale condotto sulle specie target; b) confronto a coppie (pairwise test) tra il controllo e, rispettivamente, TED1 e TED2 e tra i due TED.

a) Source	df	MS	Pseudo-F	P(perm)
TED Test	2	6697	6,56	0,0001
Residuals	125	1020,4		

Total	127

b) PAIR-WISE TESTS

Groups	t	P(perm)
Ctrl, TED1	1,94	0,001
Ctrl, TED2	3,08	0,0001
TED2, TED1	2,89	0,0001

L'analisi CAP (Fig. 3.6), conferma che i campioni raccolti nelle uscite con il secondo TED (TED2) risultano chiaramente separati dai campioni raccolti durante le uscite di controllo e con il primo TED (TED1), lungo l'asse 1 (CAP1). L'asse 2 (CAP2) separa invece i campioni prelevati con rete priva di TED (CT) da quelli con TED1.

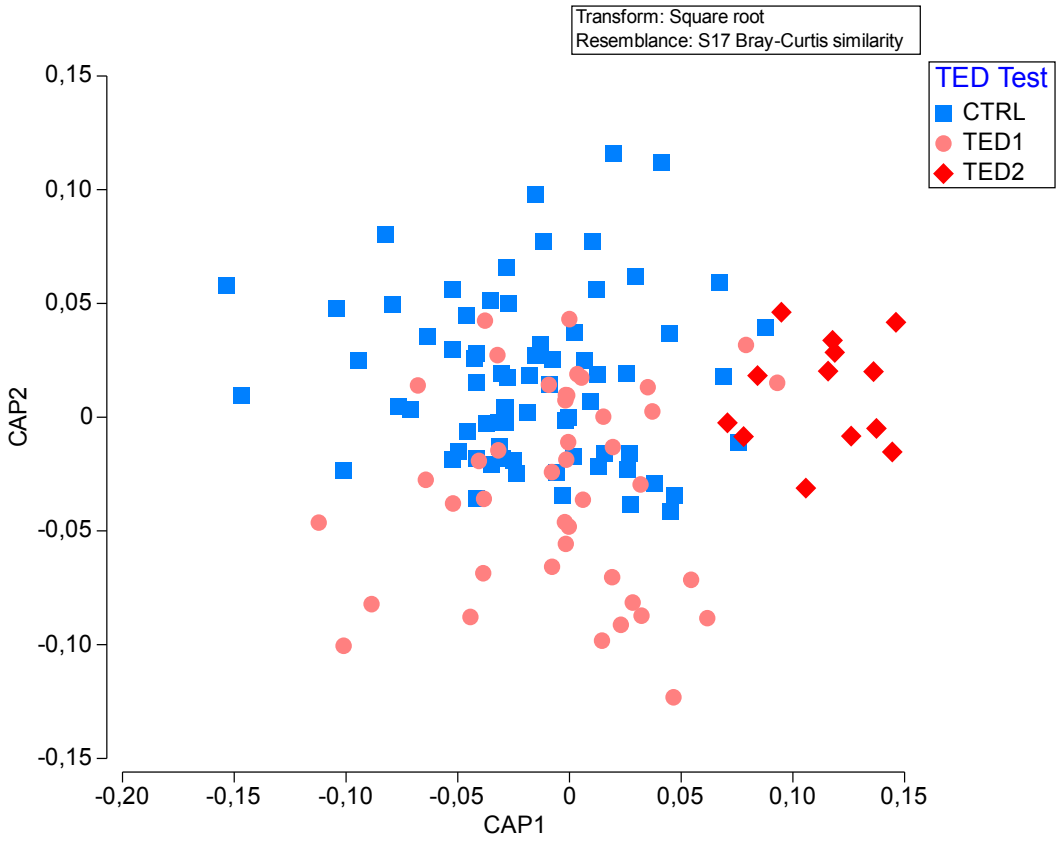


Figura 3.6 – Grafico dell'analisi CAP effettuata sulla matrice dei dati della biomassa dei campioni prelevati con la rete equipaggiata delle due tipologie di Turtle Excluder Device (TED1 e TED2) e con la rete tradizionale priva di TED (CT)

L'analisi SIMPER evidenzia (Tabella 3.4) quali specie hanno contribuito maggiormente alla similarità di ciascun gruppo. Il gruppo CT e il gruppo TED1 sono caratterizzati dalle stesse specie, infatti dominano la comunità le specie *Squilla mantis, Chelidonichthys lucerna, Solea solea, Merlangius merlangus, Mullus surmuletus.* Nel secondo gruppo tra le specie che contribuiscono maggiormente alla similarità vi è anche *Merluccius merluccius.*

Il terzo gruppo (TED2) annovera invece diverse specie che contribuiscono maggiormente alla similarità: oltre a *Squilla mantis, Mullus surmuletus, Merluccius*

merluccius e *Solea solea,* che si osservano anche in CT e TED1, vi sono *Carcinus aestuarii, Loligo vulgaris, Gobius paganellus* e *Scomber scombrus.*

Tabella 3.4 – Risultati di similarità del test SIMPER effettuato sulla biomassa che mette in evidenza quali taxa rappresentano maggiormente la composizione delle comunità nei tre livelli di indagine: con rete equipaggiata delle due tipologie di Turtle Excluder Device (TED1 e TED2) e con la rete tradizionale priva di TED (CT).

SIMPER	**Similarity Percentages - species contributions**			
Group 1	**Average similarity: 50,60**			
Species	**Av.Abund**	**Av.Sim**	**Contrib%**	**Cum.%**
Squilla mantis	1,54	16,84	33,28	33,28
Chelidonichthys lucerna	0,76	6,45	12,75	46,02
Solea solea	0,65	4,68	9,25	55,27
Merlangius merlangus	0,61	4,4	8,69	63,97
Mullus surmuletus	0,63	4,05	8	71,97
Group 2	**Average similarity: 57,62**			
Squilla mantis	1,39	15,01	26,04	26,04
Chelidonichthys lucerna	0,8	7,64	13,26	39,31
Solea solea	0,71	6,05	10,51	49,81
Mullus surmuletus	0,68	5,43	9,43	59,24
Merlangius merlangus	0,58	3,9	6,77	66,01
Merluccius merluccius	0,5	3,56	6,18	72,19
Group 3	**Average similarity: 66,98**			
Squilla mantis	1,47	10,18	15,19	15,19
Mullus surmuletus	1,07	7,77	11,6	26,79
Merluccius merluccius	1,03	7,09	10,59	37,39
Carcinus aestuarii	0,88	5,69	8,49	45,88
Loligo vulgaris	0,79	5,54	8,28	54,15

Solea solea	0,74	5	7,46	61,61
Gobius paganellus	0,64	4,15	6,2	67,81
Scomber scombrus	0,65	3,93	5,87	73,68

In termini di biodiversità, misurata tramite l'indice di Shannon-Wiener (H'), il boxplot (Fig. 3.7) evidenzia una diversità maggiore nei campioni prelevati dalle battute di pesca con il secondo TED (TED2), che nei campioni raccolti durante le uscite di controllo e col primo TED (TED1). I campioni prelevati con TED1 evidenziano, seppur simili a CT, una diversità maggiore.

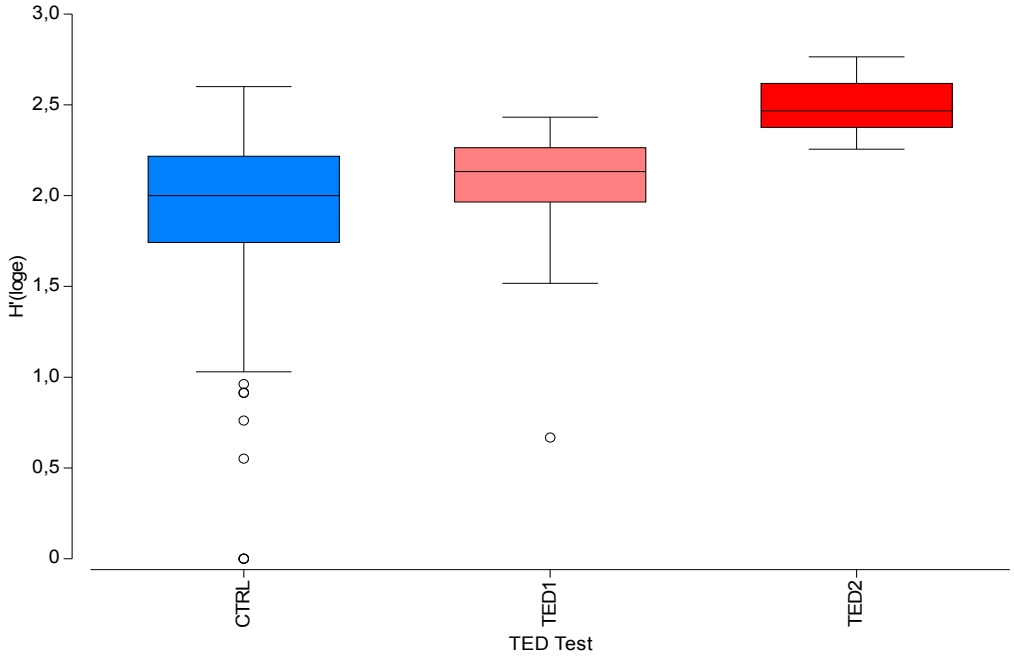


Figura 9.7 – Boxplot della diversità delle specie target nel test TED secondo l'indice di Shannon – H

Tali differenze sono risultate essere statisticamente significative (Tabella 3.5a). Il confronto a coppie evidenzia differenze significative nella diversità di tutti i livelli testati (CT vs. TED12, CT vs. TED2 e TED1 vs. TED2) (Tabella 3.5b).

Tabella 3.5 – a) Test PERMANOVA principale condotto sull'indice di Shannon – H; b) confronto a coppie (pairwise test) tra il controllo e, rispettivamente, TED1 e TED2 e tra i due TED, sempre basato sull'indice di Shannon – H.

a)

Source	df	MS	Pseudo-F	P(perm)
TE	2	2,53	10,65	0,0002
Res	128	0,24		
Total	130			

b)

Groups	t	P(perm)
CTRL, TED2	3,84	0,0003
CTRL, TED1	2,36	0,02
TED2, TED1	4,61	0,0002

Capitolo 4: Discussione

Diversi studi evidenziano come la situazione conservazionistica delle tartarughe marine nel Mar Mediterraneo sia emergenziale (Mingozzi et al., 2007; Schulyer et al., 2013). La più grande minaccia per le tartarughe è rappresentata dalle catture accidentali (by-catch) durante la pesca a strascico (Casale, 2011), per questo motivo è più che mai importante trovare delle misure di prevenzione atte a diminuire questo tipo di impatto.

Un importante passo avanti in ambito conservazionistico è rappresentato dall'utilizzo dei Turtle Excluder Devices (TED), la cui efficacia è stata ampiamente dimostrata nel corso del progetto europeo TartaLife (Lucchetti et al., 2019)

La reticenza della comunità dei pescatori nell'utilizzo di nuove tecnologie di pesca è uno degli ostacoli da affrontare per far sì che questo strumento venga accettato.

A tale scopo il progetto europeo Life Medturtles ha promosso delle dimostrazioni dello strumento grazie alla collaborazione con diversi pescatori al fine di validare l'efficacia dello strumento, soprattutto in termini di non alterazione dell'efficienza di pesca. In particolare, lo studio di questa tesi si è concentrato sul test del TED eseguito da Fondazione Cetacea Onlus con i motopescherecci Bosga, Rimas, Michela e Togo, nell'area dell'alto Adriatico compresa tra Comacchio (FE) e Cattolica (RN).

4.1 Considerazioni metodologiche

A causa di alcune problematiche inerenti lo sviluppo del progetto e la disponibilità dei pescatori, il disegno di campionamento utilizzato presenta dei *bias* importanti: i periodi

in cui sono state effettuate le cale di pesca con rete equipaggiata con TED o senza, spesso non coincidono e la sperimentazione con il secondo tipo di TED (TED2) non è stata effettuata su tutte le imbarcazioni, risultando piuttosto limitata, sia nel tempo che nello spazio. Ne consegue che i risultati ottenuti, in termini soprattutto di composizione delle specie, ma anche di biomassa totale delle specie target, devono essere considerati con una certa cautela.

4.2 Efficacia del TED sulla composizione delle catture

I risultati della presente tesi hanno mostrato una netta separazione, in termini di composizione delle catture, tra i campioni raccolti con il secondo TED (TED2) e quelli raccolti durante le uscite di controllo e con il primo TED (TED1).

Il TED2 è stato utilizzato solo con il motopeschereccio Togo e questa grande differenza è imputabile al fatto che il TED2 è progettato maggiormente per una pesca costiera mirata a specie di piccole dimensioni (Virgili et al., 2019). Proprio questa specifica composizione ha creato problemi tecnici, difatti diversi tipi di scarto (capsule ovigere di murice, rami di medio-grandi dimensioni) hanno ostruito l'apertura dello strumento più volte. Inoltre sul TED1 nel corso delle dimostrazioni sono state apportate modifiche volte al miglioramento delle performance dello strumento dai pescatori stessi, mentre nel TED2 queste migliorie non sono state compiute.

Negli studi precedenti (Lucchetti et al., 2016; Lucchetti et al., 2019; Vasapollo et al., 2019) è stata utilizzata la prima tipologia di TED flessibile, con le due aperture atte al

passaggio di specie di maggiore taglia, difatti negli studi appena citati non ci sono state differenze significative nella resa delle reti equipaggiate con il TED e senza.

Viceversa, in questo studio sono emerse delle differenze significative in termini di composizione di specie catturate con le reti equipaggiate di TED e il controllo (CT, TED1 e TED2). Tuttavia questa discrepanza potrebbe non essere imputabile all'utilizzo del TED ma ai differenti periodi in cui sono state effettuate le uscite di controllo e con gli strumenti.

I nostri risultati dimostrano che in termini di specie che maggiormente contribuiscono alla similarità dei popolamenti catturati con o senza TED, non vi siano grandi differenze e le stesse specie sono quelle dominanti nel TED 1 e nel controllo. Fa eccezione il gruppo TED2, dove le specie dominanti l'assemblage sono differenti dal controllo e TED1.

Come dimostrato in studi precedenti (Villas et al., 2020; Froglia, 1982) il rendimento di pesca è fortemente influenzato dalla stagionalità per quanto concerne pesci, crostacei e cefalopodi, in quanto le diverse stagioni sono caratterizzate da distinti fattori ambientali che hanno impatti sull'intera comunità.

Conseguentemente, le spiegazioni di questa differenza possono essere imputate alla stagionalità, in quanto come è stato anticipato i campionamenti di controllo e con lo strumento sono stati fatti in periodi diversi, nel corso di tre anni, ma anche alla diversa conformazione dello strumento.

In termini di diversità specifica, si sono osservate differenze significative tra i diversi trattamenti, questa grande differenza tra le uscite di controllo e quelle con i dispositivi potrebbe non essere imputabile alla presenza dello strumento ma, soprattutto parlando di diversità, è possibile sia dovuta al fatto che le dimostrazioni di controllo e quelle con lo strumento siano avvenuti in periodi diversi, e questo implica una diversità differente. Gli studi precedentemente svolti hanno dimostrato, in relazione alle principali specie commerciali, risultati simili nel confronto tra rete tradizionale e rete equipaggiata con il TED senza perdita significativa, fatta eccezione per quanto riguarda la rana pescatrice (*Lophius spp*). (Vassapollo et al.,2019).

In diversi Paesi è stato reso obbligatorio l'utilizzo del TED (ad esempio negli Stati Uniti dal 1989, in Brasile da 1994) ma nessuno di questi si affaccia sul Mar Mediterraneo.

Contrariamente ai nostri risultati, che hanno evidenziato una differenza molto significativa in diversità, struttura della comunità ittica e biomassa totale del pescato e dello scarto, studi precedentemente svolti dimostrano il contrario.

Uno studio preliminare effettuato nel Mediterraneo occidentale (Porsmoguer et al., 2011) riporta che non vi sono, con l'utilizzo di reti equipaggiate di TED, differenze nella biomassa delle specie target.

Un altro studio condotto in Brasile su pescherecci a strascico per la pesca del gambero rosa (Schroeder et al., 2016), dove il TED è già obbligatorio, dimostra che i livelli di cattura della specie target può essere eguagliabile a reti senza il dispositivo ma sono

necessari ulteriori test in diverse tipologie di fondali e con più tipologie di reti a strascico, al fine di migliorare le prestazioni di pesca.

In un altro studio (Meeremans et al., 2017), sempre effettuato su pescherecci adibiti alla pesca a strascico del gambero rosa in Brasile e Florida (USA) sono state sperimentate due tipologie di TED e, con entrambi i dispositivi, non si riscontrano perdite nelle specie target e anzi, in alcuni casi, si riscontra anche un incremento in termini di biomassa totale.

Anche per quanto riguarda il peso totale delle specie target, studi precedenti dimostrano come l'analisi delle catture totali delle battute di pesca effettuate con e senza TED in studi precedenti è stato dimostrato che la differenza in termini di peso non è significativa (Lucchetti et al., 2019; Vasapollo et al., 2019).

Per quanto concerne, invece, il peso totale dello scarto, lo studio precedentemente sopracitato (Vasapollo et al., 2019) dimostra che il peso dello scarto era inferiore durante le battute di pesca in cui veniva utilizzato il TED rispetto a quelle di controllo. Invece anche nell'analisi di questo parametro in questo studio notiamo differenze significative nella biomassa totale sia delle specie target che del pescato.

Solo nel confronto a coppie notiamo una similitudine (per quanto concerne sia la biomassa totale delle specie target che dello scarto) tra il CT e il TED1, mentre il TED2 continua a differire notevolmente.

È quindi evidente che i risultati di questo studio differiscono da quanto riportato negli studi precedenti sopracitati e si evince che la differenza sostanziale la si trova nel

disegno di campionamento, difatti in tutti gli studi sopra citati il test è stato testato in concomitanza alle uscite di controllo.

È, quindi, difficile attribuire la causa di queste differenze significative all'utilizzo del dispositivo oppure all'errato disegno di campionamento o ancora alla conformazione del TED2, senza ulteriori studi svolti con un progetto di campionamento più coerente con lo scopo delle dimostrazioni.

Capitolo 5: Conclusioni

I risultati della presente tesi hanno dimostrato come l'utilizzo del Turtle Excluder Device (TED) presenti delle differenze notevoli nel pescato sotto molteplici aspetti: biomassa, diversità e differenza nella struttura della comunità.

In particolar modo è il secondo TED (TED2), utilizzato soltanto dal motopeschereccio Togo, a presentare le maggiori criticità, in quanto ha una conformazione diversa rispetto al TED1.

Per quanto concerne il primo TED invece, notiamo risultati leggermente più simili a quelli ottenuti dalle reti senza TED. Questo è imputabile alla conformazione della griglia, ma anche alle modifiche effettuate dai pescatori stessi durante le dimostrazioni, al fine di migliorare la resa della cala.

In generale, tuttavia, il disegno di campionamento si presentava incoerente con lo scopo delle dimostrazioni, in quanto le uscite di controllo e quelle con i dispositivi sono state fatte in periodi differenti e non sovrapponibili, questo ha reso difficile un confronto robusto poiché non si possono attribuire le eventuali differenze o similitudine alla presenza del TED o alla diversa stagione di campionamento.

È pertanto importante tenere conto di questa problematica nella valutazione dei risultati delle analisi qui presentate, perché è possibile che le differenze riscontrate siano imputabili a tale circostanza.

Per studi futuri sarebbe opportuno fare le medesime valutazioni comparando CT e TED nello stesso periodo, per apprezzare se ci siano le medesime differenze o se i risultati

risultino più omogenei. Inoltre, per questo tipo di imbarcazioni è consigliabile orientarsi sulla tipologia del TED1, che è risultata più funzionale.

Bibliografia

Anderson, M., 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology,* Volume 26, pp. 32-46.

Baker, J. D., Littnan, C. L., & Johnston, D. W. (2006). Potential effects of sea level rise on the terrestrial habitats of endangered and endemic megafauna in the Northwestern Hawaiian Islands. Endangered Species Research, 2, 21-30.

Basso, R., (1992). Osservazioni e ricerche sulle tartarughe marine presenti nei mari italiani. Del Grifo, Lecce, 71 pp

Bjorndal, K.A., (1997). Foraging ecology and nutrition of sea turtles. In : Lutz, P.L. and Musick, J.A. (Eds.) The biology of sea turtles, pp. 199-231. CRC Press, Boca Raton.

Bjorndal, K.A., Bolten, A., and Martins, H.R., (2000). Somatic growth model of juvenile loggerhead sea turtles Caretta caretta: duration of pelagic stage. Marine Ecology Progress Series 202, 265-272 pp.

Bolten, A.B., (2003b). Active Swimmers-Passive Drifters: The Oceanic Juvenile Stage of Loggerheads in the Atlantic System. In Bolten, A. & Witherington, B.E. (eds). Loggerhead SeaTurtles. Chapter 4. Smithsonian Institution Press. Washington D.C., USA.

Campani, T., Baini, M., Giannetti, M., Cancelli, F., Mancusi, C., Serena, F., Marsili, L., Casini, S., Fossi., M.C., (2013). Presence of plastic debris in loggerhead turtle sea

along the Tuscany coasts of the Pelagos Sanctuary for Mediterranean Marine Mammals (Italy). Marine Pollution Bulletin 74, 225–230.

Casale, P., Broderick, A., Caminas, J., Cardona, L., Carreras, C., Demetropoulos, A., Fuller, W., Godley, B., Hochscheid, S., Kaska, Y., Lazar, B., Margaritoulis, D., Panagopoulou, A., Rees, A., Tomàs, J., Turkozan, O., (2018). Mediterranean sea turtles: current knowledge and priorities for conservation and research. Vol. 36: 229-267

Casale, P., Margaritoulis, D., (Ed.), (2010). Sea turtles in the Mediterranean: Distribution, threats and conservation priorities. Gland, Switzerland, IUCN, pp. 294

Casale, P., (2011). Sea turtle by-catch in the Mediterranean. Fish and Fisheries 12, 299–316.

Castro, P., Huber, M.E., (2011). Biologia Marina. Edizione italiana a cura di Roberto Sandulli, Giuseppe Giaccone, Angelo Tursi. (Ed.), McGrow Hill, 2011. – XVI, 517 pp.

Casale, P. & Tucker, A.D. (2017). Caretta caretta. The IUCN Red List of Threatened Species 2017. IUCN. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-

Clarke, K., 1993. Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology,* Volume 18, pp. 117-143.

Fossette, S., Hobson, V.J., Girard, C., Calmettes, B., Gaspar, P., Georges, J., Hays, G.C., (2010). Spatio-temporal foraging patterns of a giant zooplanktivore, the leatherback turtle. J. Mar. Syst 81: 225-234.

Froglia, C. (1982). I rendimenti di pesca nella pesca a strascico.

Hickman, C.P. Jr., Roberts, L.S., Larson, A., (2004). Diversità animale. Edizione italiana a cura di Marina Cobolli. (Ed.), McGraw-Hill, pp. 401.

James, M.C., Herman, T.B., (2001). Feeding of Dermochelys coriacea on Medusae in the Northewest Atlantic. Chelonian Conserv. Biol. 4: 202-205.

Kasparek, M., Godley, B.J., Broderick, A.C., (2001). Nesting of Green turtle, Chelonia Mydas, in the Mediterranean: a review of status and conservation need. Zooogy in the Middle East, 45-74 pp.

Limpus, C.J., Miller, J.D., Parmenter, J., Reimer, D., Mc Lachlan, N., Webb, R., (1992). Migration of green (Chelonia mydas) and loggerhead (Caretta caretta) turtles to and from eastern Australia rookeries. Wildlife Resources 19.

Lohmann, K.J., Witherington, B.E., Lohmann C.M.F., Salmon M., (1997). Orientation, Navigation, and Natal Beach Homing in Sea Turtles. In P.L. Lutz and J. A. Musick (eds). The Biology of Sea Turtles, Vol. I. Chapter 5.

Lucchetti A, Punzo E, Virgili M (2016). Flexible Turtle Excluder Device (TED): An effective tool for Mediterranean coastal multispecies bottom trawl fisheries. AquatLiving Resour 29: 201

Lucchetti A, Vasapollo C, Virgili M. 2017a. An interview-based approach to assess sea turtle bycatch in Italian waters. PeerJ 5:e3151 https://doi.org/10.7717/peerj.3151

Lucchetti A., Bargione G., Petetta A., Vasapollo C., Virgili M., 2019. Reducing sea turtle bycatch in the Mediterranean Mixed Demersal Fisheries. Front. Mar. Sci. 6:387.

Luschi, P., (2013). Long-Distance Animal Migrations in the Oceanic Environment: Orientation and Navigation Correlates, ISRN Zoology, Vol. 2013, Article ID 631839, pp.23. doi:10.1155/2013/631839.

Lutcavage, M.E., Lutz, P.L., (1997). Diving physiology. In: The Biology of Sea Turtles (Ed. by P. L. Lutz & J. A. Musick), Boca Raton, CRC Press, 277–296.

Mancino, C., Hochscheid, S. & Maiorano, L. Increase of nesting habitat suitability for green turtles in a warming Mediterranean Sea. *Sci Rep* **13**, 19906 (2023).

Meeremans, P., Willems, T., Babb-Echteld, Y. (2017). Evaluating Trash-and-Turtle Excluder Devices (TTEDs) for bycatch reduction in Suriname's seabob shrimp trawl fishery.

Miller, J.D., (1997). Reproduction in sea turtles. In: Lutz P.L., and Musick, J.A., (Eds), The biology of sea turtles., Vol. I. Chapter 3, 51-81 pp.

Miller, J. D., Limpus C.J., Godfrey M. H., (2003). Nest Site Selection, Oviposition, Eggs, Development, Hatching, and Emergence of Loggerhead Turtles. In Bolten, A. & Witherington,B.E. (Eds). Loggerhead Sea Turtles. Chapter 8. Smithsonian Institution Press. Washington D.C.,USA.

Mingozzi, T., Masciari, G., Paolillo, G., Pisani, B., Russo, M., Massolo, A., (2007). Discovery of a regular nesting area of loggerhead turtle Caretta carettain southern Italy: a new perspective for national conservation. Biodiversity Conserv., 16, 3519–3541.

Porsmoguer, S.B., Fornelino, M.M., Tomàs, J., (2011). Assessing the Use of Turtle Excluder Devices (TEDs) in Bottom Trawlers in the Western Mediterranean Sea: A Preliminary Study

Sindaco, R., Doria, G., Razzetti, E., Bernini, F., (2006). Atlante degli anfibi e rettili d'Italia. Societas Herpetologica Italica, Edizioni Polistampa, Firenze.

Schroeder, R., Bottene, B.R., Sant'Ana, R., Wahrlich, R., Quierolo, D., (2016). Using the Turtle Excluder Device (TED) in the pink shrimp trawiling fishery of southern Brazil.

Schuyler, Q., Hardesty, B.D., Wilcox, C., Townsend, K., (2013). Global analysis of anthropogenic debris ingestion by sea turtles. Conservation Biology, Vol. 00, No. 00, 1–11.

Vasapollo C, Virgili M, Petetta A, Bargione G, Sala A, Lucchetti A (2019). Bottom trawl catch comparison in the Mediterranean Sea: Flexible Turtle Excluder Device (TED) vs traditional gear. PLoS ONE 14(12): e0216023.

Vilas, D., Pennino, M. G., Bellido, J. M., Navarro, J., Palomera, I., & Coll, M. (2020). Seasonality of spatial patterns of abundance, biomass, and biodiversity in a demersal community of the NW Mediterranean Sea. *ICES Journal of Marine Science*, *77*(2), 567-580.

Virgili M, Vasapollo C, Petetta A, Bargione A, Bertolino B, Furii G, Lucchetti A (2019). Rapporto finale degli osservatori a terra diffusione TED - Azione C2 - Riduzione delle catture accidentali di tartarughe marine nelle reti da posta: messa a punto e diffusione dei TED. LIFE12 NAT/IT/000937, Riduzione della mortalità della tartaruga marina nelle attività di pesca professionale. tartalife.eu

Wyneken, J., (2002). The External Morphology, Musculoskeletal System, and Neuro-Anatomy of Sea Turtles, In P.L. Lutz and J. A. Musick (eds). The Biology of Sea Turtles, Vol. II. Chapter 2. CRC Press.

Wyneken, J., (2005). Guide to the anatomy of the sea turtle, NMFS Technical Publication. NOAA Technical memorandum.