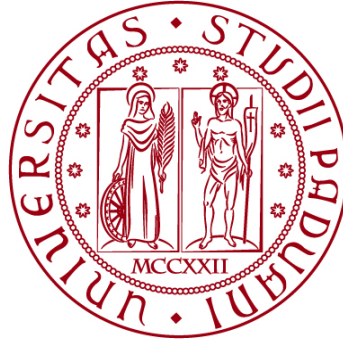


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA

Corso di Laurea magistrale in Biologia Evoluzionistica



TESI DI LAUREA

**Occorrenza di tartaruga comune *Caretta caretta*
(Linnaeus, 1758) in Alto Adriatico in relazione a
pressioni umane e fattori ambientali**

**Relatore: Prof. Alberto Barausse
Dipartimento di Biologia**

**Correlatore: Dott.ssa Valeria Angelini
Fondazione Cetacea**

Laureanda: Rachele Visentin

ANNO ACCADEMICO 2020/2021

Sommario

RIASSUNTO.....	5
ABSTRACT.....	7
1.INTRODUZIONE	11
1.1 STORIA EVOLUTIVA	11
1.1.1 CENNI SULLA BIOLOGIA DI <i>Caretta caretta</i>	13
1.1.2 ALIMENTAZIONE DELLA <i>Caretta caretta</i>	15
1.1.3 RIPRODUZIONE DI <i>Caretta caretta</i>	16
1.1.4 GENETICA DELLE POPOLAZIONI MEDITERRANEE:.....	18
1.1.5 DISTRIBUZIONE DELLA TARTARUGA <i>Caretta caretta</i>	21
1.2 LE MINACCE PER LA SPECIE:	24
1.2.1 LO STATUS DI CONSERVAZIONE DELLA SPECIE	24
1.2.2 LE MINACCE DELL'AMBIENTE EMERSO	25
1.2.3 LE MINACCE DELL'AMBIENTE MARINO	26
1.3 SCOPO DEL LAVORO	30
2 MATERIALI E METODI.....	31
2.1.1 CERT	31
2.1.2.FONDAZIONE CETACEA	32
2.2 AREA DI STUDIO.....	34
2.3 ELABORAZIONE DATI	36
3 RISULTATI	39
3.1.1 ANALISI DEI DATI SUI RITROVAMENTI.....	39
3.1.2 ANALISI DELLE DIMENSIONI DELLE TARTARUGHE RECUPERATE .	41
3.1.3 VARIAZIONE DELLE DIMENSIONI DURANTE ESTATE-INVERNO.....	48
3.1.4 ANALISI PESO E LUNGHEZZA DATI CERT.....	49
3.2 CAUSE DI RECUPERO	53
3.2.1 SPIAGGIAMENTO.....	54
3.2.2 CATTURE CON RETI.....	56
3.2.3 DERIVA	57
3.3 LUOGO DI RECUPERO.....	59
3.4 PERIODO DEI RECUPERI	60
3.5 FATTORI AMBIENTALI	62
3.5.1 TEMPERATURA SUPERFICIALE MARINA	62

3.5.2 PRODUZIONE PRIMARIA.....	64
3.6 SFORZO DI PESCA.....	66
4 DISCUSSIONE.....	69
4.1 RECUPERI TOTALI.....	70
4.1.1 ANALISI DELLE DIMENSIONI DELLE TARTARUGHE.....	71
4.2 CAUSA RECUPERI.....	74
4.3 LUOGO DI RECUPERO:	79
4.4 ANALISI DEI RECUPERI NEI VARI MESI.....	80
4.5 FATTORI AMBIENTALI.....	81
4.6 SFORZO DI PESCA.....	83
5 CONCLUSIONI.....	85
BIBLIOGRAFIA.....	87
SITOGRAFIA.....	93
RINGRAZIAMENTI.....	94

RIASSUNTO

La tartaruga *Caretta caretta* rappresenta una delle 7 specie di tartarughe marine esistenti ed è quella che maggiormente è presente nel Mar Mediterraneo. Nonostante questo, la sua distribuzione e le sue abitudini sono ancora poco conosciute. Negli ultimi anni, si sta svolgendo un importante lavoro per aumentare la conoscenza della specie coprendo vari ambiti di interesse: dalla biologia, all'ecologia, alla conservazione. Questi studi risultano però ancora insufficienti perché per implementare adeguate misure di conservazioni per questo animale, fondamentali in quanto classificato "Vulnerabile" nella lista rossa della IUCN, sono necessarie maggiori informazioni anche a scale spaziali più fini, o locali.

Questa tesi ha lo scopo di contribuire all'aumento della conoscenza delle abitudini e dell'occorrenza delle tartarughe *C. caretta* nella porzione settentrionale del Mar Adriatico attraverso l'analisi di due set di dati forniti da un Centro di Recupero per Tartarughe Marine, gestito da Fondazione Cetacea, e un gruppo di ricerca ed intervento per gli Spiaggiamenti, gestito dall'Università di Padova, che operano in questa area di interesse.

Il Mar Adriatico infatti è conosciuto per essere un importante luogo di foraggiamento per individui adulti e sub-adulti della specie che poi si spostano lungo le coste del sud Italia, Grecia, Tunisia e stati limitrofi per la nidificazione. Queste continue migrazioni tra il luogo di foraggiamento e quello di nidificazione, e quelle legate alla stagionalità della specie, non hanno ancora permesso di effettuare una stima precisa sull'abbondanza della popolazione in Adriatico. Inoltre, il Mar Adriatico è sottoposto a un'elevata pressione da parte del settore della pesca che causa un numero non trascurabile di catture accidentali o *by-catch*, che si stima essere una tra le maggiori minacce per la specie, ma anche in questo caso i numeri presenti in letteratura risultano essere una stima incompleta del dato reale.

Attraverso l'analisi dei dati forniti dai due gruppi di lavoro e integrando quest'ultimi con indicatori di fattori ambientali, quali temperatura dell'acqua e produzione primaria e con fattori antropici rappresentati dallo sforzo di pesca dell'area presa in esame, si è cercato di evidenziare la presenza di eventuali andamenti ripetitivi di presenza-assenza, distribuzione spaziale e temporale e principali cause di recupero a scala spaziale locale nella costa della regione Veneto e della regione Emilia Romagna e parzialmente anche nelle Marche.

I risultati mostrano andamenti di aumento in modo statisticamente significativo, sia del numero di recuperi effettuato, che delle dimensioni medie di lunghezza del carapace delle tartarughe analizzate. È emersa inoltre la presenza di una correlazione significativa tra i fattori ambientali, temperatura superficiale media dell'acqua e produzione primaria media, e il numero di recuperi di tartarughe effettuati da Fondazione Cetacea, e le dimensioni medie degli animali nel corso degli anni. Invece, l'entità dello sforzo di pesca, un indicatore che tiene conto sia delle dimensioni dei pescherecci che del tempo speso a pescare in mare, è correlato al numero di recuperi effettuati nei diversi mesi dell'anno, presumibilmente a causa del *by-catch*.

ABSTRACT

The Loggerhead turtle, *Caretta caretta*, represents one of the 7 species of sea turtles existing and it is the most present sea turtles in the Mediterranean Sea. Despite its distribution and habits are still little known. In recent years, important work has been carried out to increase knowledge of the species by covering various areas of interest: from biology, to distribution, to the main threats. However, these studies are still insufficient because to implement adequate conservation measures for this animal, necessary because it is classified as "Vulnerable" in the IUCN Red List, more information is needed at finer spatial scale, or local.

This thesis aims to contribute to the increase in knowledge on the habits and occurrence of *C. caretta* turtles in the northern portion of Adriatic Sea through the analysis of two data sets provided by a Recovery Center for Sea Turtles, Fondazione Cetacea, and a research and intervention group for Stranding Center, managed by the University of Padua, which operate in these areas of interest.

The Adriatic Sea is known to be an important foraging areas for adult and sub-adult individuals of the species which after moving along the coasts of southern Italy, Greece, Tunisia and neighboring states for nesting. These continuous migrations between foraging areas and nesting areas, and those related to the seasonality of the species, has made impossible to make a precise estimate of the abundance of the population in the Adriatic. Furthermore, the Adriatic Sea in undergoes to a high fishing effort that causes a non-negligible number of accidental catches, or by-catches, which are estimated to be one of the greatest threats to the species, but also in this case the numbers present in literature appear to be incomplete estimate of the real data.

Through the analysis of the data provided by the two work group and by crossing this with indicators of environmental factors of temperature and primary production and with anthropogenic factors represented to the fishing effort of the area considered, it is tried to highlight the presence of any repetitive patterns of presence-absence, spatial and temporal distribution and main causes of recovery on a fairly local spatial scale in the cost of Veneto region and the Emilia Romagna region and partially Marche region.

The results show significantly statistic increasing trend, both in the number of recoveries made and in the average size of the carapace length of the analyzed turtles. It also emerged that there was a significant influence of environmental

factors, average water surface temperature and average primary production, both on the number of turtle recoveries carried out by the Fondazione Cetacea, and on the average size of the animals over the years. Instead, the size of the fishing effort, an indicator that take account both the size of the vassels and the time spent fishing in the Adriatic Sea, correlated to the number of recoveries made in the different months of the year, presumably due to the by-catch.

1.INTRODUZIONE

La tartaruga *Caretta caretta* è la più abbondante tra le specie di tartarughe presenti in Mar Mediterraneo. Le più antiche colonizzazioni di questa specie risalgono a 12000 anni fa presumibilmente da una subpopolazione proveniente dall'ovest Atlantico. (Margaritoulis et al., 2003)

1.1 STORIA EVOLUTIVA

Le tartarughe marine si sono sviluppate nel Cretaceo e sono sopravvissute all'estinzione dei dinosauri 65milioni di anni fa (Mast, et al., 2006).

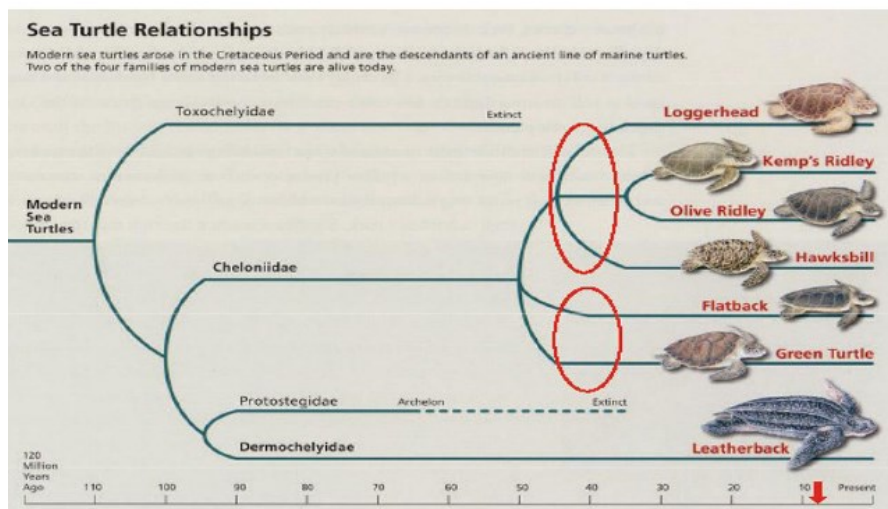


Figura1: Diagramma delle relazioni filogenetiche delle sette tartarughe esistenti (immagine da Spotila, 2004)

Nel cretaceo sono apparsi 4 gruppi di tartarughe marine (figura 1): *Protostegidae*, *Dermochelyidae*, *Toxochelyidae*, *Cheloniidae*, tra questi quattro gruppi *Toxochelyidae* e *Cheloniidae* sono i due che risultano più vicinamente imparentati da un punto di vista filogenetico, essendo "sister group" con un punto di biforcazione che si può collocare nel periodo iniziale del Cretaceo. (Zangerl, 1980).

Al giorno d'oggi sono presenti solamente sette specie di tartarughe marine:

- tartaruga comune: *Caretta caretta* (Linnaeus, 1758);
- tartaruga verde: *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758);
- tartaruga a dorso piatto: *Natator depressu* (Garman, 1880);
- tartaruga di Kemp: *Lepidochelys kempii* (Garman, 1880);
- tartaruga bastarda olivacea: *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz, 1829);

- tartaruga embricata: *Eretmochelys imbricata* (Linnaeus, 1766);
- tartaruga liuto: *Dermochelys coriacea* (Vandelli, 1761).

Queste specie occupano nicchie ecologiche differenti e sono classificate in due sole Famiglie tassonomiche: le *Cheloniidae*, con sei specie, e le *Dermochelyidae*, con una sola specie, cioè la tartaruga liuto. Le tartarughe marine, durante la loro storia evolutiva hanno subito pochi mutamenti rimanendo molto simili ai loro antenati preistorici e conservando alcune caratteristiche primitive come il cranio anapside e una serie di scudi inframarginali. Nel corso dell'evoluzione hanno subito però una serie di adattamenti che le rendono idonee alla vita acquatica come la modificazioni degli arti in pinne natatorie, con elevato sviluppo muscolare per consentire e facilitare gli spostamenti in acqua e la forma del corpo, che è costituito da un carapace superiore convesso e da un piastrone inferiore piatto, più affusolato per facilitare l'idrodinamicità (Wyneken et al., 2013).

Delle sette specie esistenti solo tre sono presenti in Mediterraneo, due stabilmente: la Tartaruga comune (*Caretta caretta*, figura 2) e la Tartaruga verde (*Chelonia mydas*, figura 3), mentre, la Tartaruga liuto (*Dermochelys coriacea*, figura 5), viene avvistata sporadicamente nelle acque del bacino che utilizza presumibilmente a scopo alimentare (Bowen and Karl, 2007)



figura 2: un esemplare di *Caretta caretta*



Figura 3: un esemplare di *Chelonia mydas*



Figura 4: un esemplare di *Dermochelys coriacea*

1.1.1 CENNI SULLA BIOLOGIA DI *Caretta caretta*

Tutte le tartarughe marine appartengono alla Classe dei Rettili e come tali presentano i polmoni, e pertanto quindi devono risalire in superficie regolarmente per respirare. Sono necessari pochi respiri di durata inferiore a 2 o 3 secondi per svuotare e riempire i polmoni e consentire poi apnee abbastanza lunghe. Il tempo di permanenza sott'acqua varia a seconda della capacità polmonare, e quindi delle dimensioni dell'individuo, arrivando anche a 3 ore e mezza in caso di adulti a riposo sul fondale (Gerosa and Aureggi, 2001). Come rettili sono anche ectotermi ed eterotermi, necessitano quindi di acque calde e di bagni di sole che effettuano vicino alla superficie dell'acqua per regolare la temperatura corporea (Lutz & Musick, 1996).

La tartaruga comune *Caretta caretta*, oggetto di studio di questa tesi, è una delle sei specie attualmente viventi della Famiglia dei *Cheloniidae*, presenta una distribuzione cosmopolita, ma si colloca principalmente nelle acque temperate-calde subtropicali e tropicali. A livello anatomico presenta una testa abbastanza grande con un becco (il cui astuccio corneo è chiamato ranfoteca) potente, che è un adattamento all'alimentazione della specie basata su crostacei e molluschi, il carapace ha forma a cuore ed è dotato di 5 scudi vertebrali centrali e 5 paia di scudi costali. Questo è di colore marrone-rossastro e presenta, solo negli individui giovani, una cresta centrale che scompare con l'avanzare dell'età (Lutz & Musick, 1996).

I piccoli alla nascita misurano 5cm di lunghezza e sono di colore scuro, da adulti raggiungono i 140cm di carapace ed un peso che varia tra gli 80 e i 140 kg (Bolten, 2003, a).

Il ciclo vitale delle tartarughe *C. caretta* può essere studiato come una serie di passaggi ambientali ontogenici (figura 5), sia a livello ecologico che geografico e può essere divisa in diversi stadi:

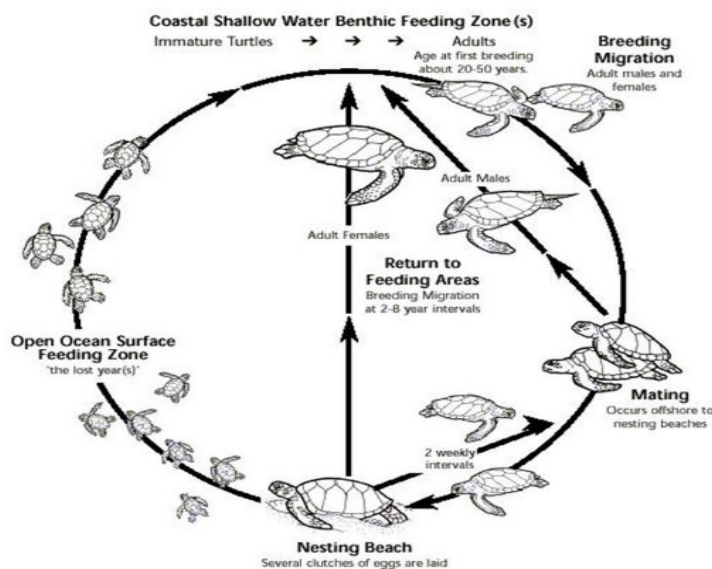


Figura 5: Ciclo vitale delle tartarughe marine (immagine da Lutz and Musick, 1996)

-stadio di deposizione: il ciclo della vita di questa specie inizia con l'ovodeposizione che avviene nelle spiagge da parte delle femmine.

-stadio dopo la schiusa: dopo una incubazione variabile e la schiusa, i nuovi nati raggiungono il mare. In questa prima breve fase utilizzano il sacco vitellino come scorta nutrizionale, necessaria a fornirgli l'energia per raggiungere il mare dove nuotano attivamente per diverso tempo per allontanarsi dalla costa, orientandosi con le correnti e probabilmente con il campo magnetico della terra. L'intervallo tra la nascita e il raggiungimento dei 50 cm di lunghezza sono chiamati "*lost years*" in quanto non si hanno molte informazioni riguardo questa fase.

-fase di transizione: le piccole tartarughe iniziano a nutrirsi attivamente e si trovano ancora lontano dalla costa. Passano la maggior parte del tempo vicino alla superficie dell'acqua. In questa fase, gli animali effettuano un passaggio dalla zona neritica a quella oceanica, una transizione che può impiegare giorni come mesi per il suo completamento, dipende infatti dalle correnti superficiali e dal vento che possono facilitare o meno il passaggio da una zona all'altra.

-stadio giovanile: inizia quando entrano nella zona oceanica. Il nuoto in questa fase è sia attivo che passivo (influenzato da correnti e venti). In questa fase gli animali sono epipelagici, cioè passano il 75% del tempo nei primi 5m di superficie marina, dove si nutrono, e solo occasionalmente scendono a profondità maggiori.

-stadio adulto: stadio neritico in cui gli animali si avvicinano alla costa e si cibano principalmente nel fondale. Durante questa fase si possono verificare migrazioni tra zone di foraggiamento e zone di riproduzione in caso di individui riproduttivamente maturi, o migrazioni tra diverse zone di foraggiamento, o semplici movimenti erratici degli individui.

Questi cambiamenti di zona si verificano molto probabilmente per massimizzare il tasso di crescita, il quale è maggiore nella zona neritica rispetto a quella oceanica. Analisi di diversi scheletri dimostrano infatti la presenza di un accrescimento compensatorio (*compensatory growth*) in cui il tasso di crescita aumenta dopo il cambiamento di habitat da zona oceanica a neritica. I piccoli appena nati invece, lasciano la zona neritica subito dopo la nascita e si spostano nella zona oceanica per minimizzare il rischio di predazione (Bolten, 2003, b).

1.1.2 ALIMENTAZIONE DELLA *Caretta caretta*

L'uso di diversi habitat durante la vita di questa specie comporta anche cambiamenti a livello di alimentazione. Nell'articolo di Tomas et al del 2001 è stato analizzato il contenuto intestinale di diverse tartarughe identificando 47 *taxa* differenti di prede che appartenevano a 8 *Phyla* di pesci, uno di piante acquatiche e tre di alghe. Tra le prede principali troviamo crostacei che sono presenti in più della metà delle tartarughe analizzate, pesci di diversi habitat (sia bentonici che pelagici) presenti in più della metà delle tartarughe ed un elevato numero di tunicati e bivalvi presenti in poco meno della metà degli individui (22 e 21 tartarughe su un totale di 54 analizzate). I dati di questo articolo dimostrano che le tartarughe sono predatori abili e versatili di animali che si muovono più lentamente o che sono sessili (Dodd et al., 1988; Plotkin et al., 1993), in particolare crostacei, specialmente granchi; ma c'è anche un'elevata presenza di pesci che sono più ricchi da un punto di vista energetico, e che risultano essere la preda principale durante l'estate.

Molti animali presentavano solo prede pelagiche o bentoniche, alcuni invece presentavano entrambe le tipologie di prede, questo supporta l'ipotesi di Laurent et al (1990) che i giovani individui non effettuino il cambio di habitat in modo netto e improvviso, ma che ci sia un periodo di transizione in cui gli animali occupino entrambi gli habitat (oceanico e neritico) e si cibino quindi di entrambe le tipologie di prede.

I siti di foraggiamento delle tartarughe adulte sono punti critici per la persistenza delle popolazioni in quanto rappresentano l'habitat dove questi animali trascorrono la maggior parte della loro vita (Wallace et al, 2018). Il 15% del Mar Mediterraneo comprende zone potenzialmente utilizzabili come punti di foraggiamento per le tartarughe marine, in particolare le zone di foraggiamento sono identificate nelle zone neritiche (cioè il 10% del Mediterraneo), e sono collocate nella parte centro-est del Mediterraneo. Il mar Adriatico e il *plateau* di Tunisia, posizionati nel centro del Mediterraneo, rappresentano la più grande area di foraggiamento del bacino (rispettivamente 21,96% e 31,08% dell'areale di foraggiamento totale). Altre aree di foraggiamento identificate nella parte est del Mediterraneo sono il mare di Levante (15,40% dell'area totale), parte del mare Egeo (17,19% dell'area totale) e parte del mar Ionio (4,91% dell'area totale) con una piccola parte (0,62%) nel mar di Alboran. La parte oceanica delle zone di foraggiamento copre solamente il 5,79% del mar Mediterraneo ed è situata vicino alle zone neritiche (Almpanidou et al., 2021).

1.1.3 RIPRODUZIONE DI *Caretta caretta*

Per quanto riguarda la vita riproduttiva le nidificazioni avvengono soprattutto nel bacino orientale del Mediterraneo (stimati 5000 nidi), per la maggior parte nel periodo tra giugno ed agosto (figura 6).

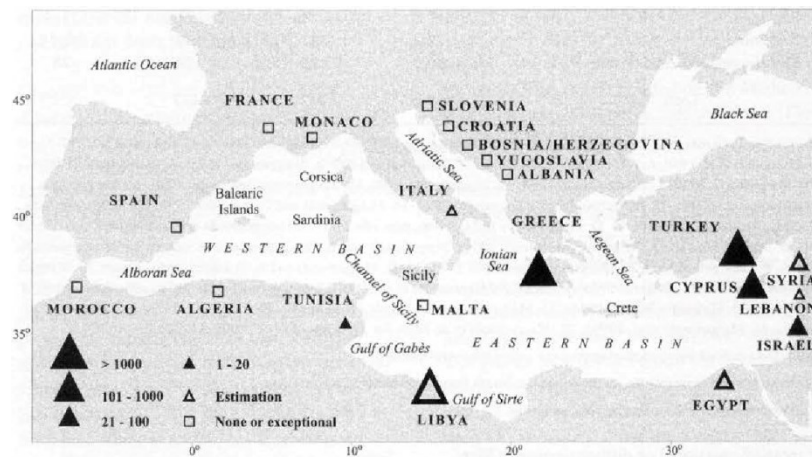


Figura 6: mappa che mostra lo sforzo di nidificazione annuale per paese, i numeri rappresentano una media per stagione. Le indicazioni dei triangoli pieni derivano da progetti di monitoraggio, quelle dei triangoli vuoti sono stimati (immagine da Margaritoulis et al., 2003)

Le tartarughe marine mostrano elevata variabilità nei tassi di crescita, anche all'interno della stessa specie, ciò influenza poi il raggiungimento della maturità sessuale degli individui. Questa variabilità può essere causata da: genetica, da fattori legati al sesso, da fattori ambientali (come la temperatura dell'acqua e la disponibilità di cibo), ma anche dall'abbondanza di popolazione a livello dei siti di foraggiamento.

Bjorndal e Bolten (1988) hanno riportato tassi di crescita maggiori per le *C. caretta* delle Bahamas rispetto a quelle del nord Atlantico, per questo non si può nemmeno ipotizzare che il tasso di crescita sia uguale per tutte le popolazioni di *C. caretta* del mondo.

Una delle caratteristiche distintive delle popolazioni del Mediterraneo come gli adulti raggiungono una taglia minore rispetto alle altre popolazioni del mondo (Dodd et al., 1988; Tiwari and Bjorndal, 2000; Hatase et al., 2002; Margaritoulis et al., 2003), evidenziando la presenza o di un tasso di crescita minore con una simile età alla maturazione di tartarughe di altre zone, o un tasso di crescita simile ma con maturazione a dimensioni minori rispetto ad altre popolazioni di altre zone. La ragione di tale caratteristica potrebbe ritrovarsi in adattamenti a condizioni peculiari del Mediterraneo come riserve trofiche più povere e migrazioni più brevi. Dai dati di letteratura si evince che le *Caretta caretta* maturino sessualmente a dimensioni di circa >70 cm CCL (Curved Carapace

Length – lunghezza curva del carapace) (Margaritoulis et al., 2003; Casale et al., 2005).

Lo studio di Casale et al. (2011a), attraverso analisi dei dati di cattura-marcatura-ricattura, attesta che le *C. caretta* impiegano da 19,5 a 25,3 anni per raggiungere gli 80 cm di CCL (considerata come la taglia media delle femmine nidificanti nel Mediterraneo) partendo da 30 cm di CCL, considerando poi che impiegano 4 anni a raggiungere le dimensioni di 30cm CCL, l'età di maturazione delle tartarughe è stimata tra 23,5 e 29,3 anni (simile al range di maturità sessuale delle femmine dell'Atlantico). Individualmente, le tartarughe hanno mostrato una significativa variazione nel tasso di crescita, possono raggiungere la maturità sessuale a dimensioni differenti e all'aumentare delle dimensioni corporee, il tasso di crescita diminuisce, di conseguenza il range sopra stimato deve essere usato con cautela. In base all'intervallo delle dimensioni medie delle femmine nidificanti nei diversi nidi del Mediterraneo l'età alla maturazione varia da 15,4 a 27,8 anni.

Altri articoli che hanno usato una “*skeletochronology analysis*” attestano che le tartarughe femmine del Mediterraneo necessitano di 14,9 a 28,5 anni per raggiungere la taglia media delle femmine nidificanti della zona, e che gli individui di Cipro presentano dimensioni minori, a livello di femmine nidificanti, rispetto al resto del Mediterraneo. In Grecia invece, raggiungono gli 81,6cm CCL (taglia di nidificazione) a 23,6 anni e in Libia raggiungono i 76cm CCL (taglia nidificanti) a 19,7 anni (Casale et al., 2011b).

Un altro articolo ha analizzato le gonadi femminili e maschili di tartarughe del Mediterraneo trovando che le dimensioni minori di femmina con follicoli sviluppati è di 69.5cm CCL, che corrispondono a circa 20 anni di età, mentre per i maschi l'individuo più piccolo con gonadi funzionanti presentava 65cm CCL per un'età stimata di 16 anni.

La stima dell'età alla maturazione riportata in letteratura mostra diversi range di maturazione sessuale: da 14.9–29.3 anni (CCL = 66.5– 87.7 cm) per gli individui del Mediterraneo, 10–38.9 anni (CCL = 86–102.5 cm) per quelli dell'Atlantico, e 25–36 anni (CCL ≤ 91.5 cm) per le popolazioni del Pacifico (Avens and Snover, 2013; Tomaszewicz et al., 2015; Guarino et al., 2020)

Quindi per riassumere nel caso di individui femminile di *C. caretta* del Mediterraneo l'età di maturazione sessuale comprende intervalli molto ampi aggirandosi dai 15 ai 29 anni di età e tra i 69,5 e gli 87 cm di CCL.

Le tartarughe marine sono una specie che presenta una dinamica di popolazione basata sulla strategia R, quindi producono un numero elevato di uova ma non compiono cure parentali alla prole. Le femmine di *C. caretta* non depongono ogni

anno ma ogni 2-4 anni, all'interno di una sola stagione riproduttiva possono però deporre due o tre nidi, a distanza di 12-17 giorni l'uno dall'altro, con circa 100 uova, con un periodo di incubazione variabile tra 45-70 giorni (Mrosovsky and Godfrey, 2010; Lutz & Musick, 1996). La durata dell'incubazione e la determinazione del sesso dipendono da diversi fattori ambientali, il principale è la temperatura. È stata identificata una temperatura cardine (*pivotal temperature*) di 29,5°C al di sotto della quale si sviluppano individui maschi e al di sopra femmine (Mrosovsky and Godfrey, 2010; Lutz & Musick, 1996)

Fino a qualche anno fa la Sicilia rappresentava una delle poche zone in cui erano accertate nidificazioni regolari, soprattutto nelle isole di Lampedusa e Linosa, tuttavia programmi di monitoraggio più recenti hanno registrato nidificazioni regolari anche più a nord, in particolare nelle coste di Campania, Puglia e Calabria (Mingozzi et al., 2006) e anche in Toscana. Sono stati poi registrati eventi di nidificazioni anche lungo le coste emiliane e nella stagione 2021 anche lungo le coste venete (figura 7); un esempio sono i nidi rinvenuti a Jesolo Lido (VE), a luglio 2021, e quello rinvenuto a Scano Boa (RO) ispezionato a settembre 2021.



Figura 7: numero di nidi trovati in Italia durante la stagione riproduttiva 2021. Reportage effettuato da Caretta Calabria conservation

1.1.4 GENETICA DELLE POPOLAZIONI MEDITERRANEE:

La presenza di sub-strutturazione genetica tra i nidi del Mediterraneo è stata confermata da analisi genetiche e le tartarughe che nidificano in questa zona condividono l'aplotipo con quelle nidificanti nell'ovest dell'Atlantico. La durata dell'incubazione e le dimensioni delle femmine nidificanti, del Mediterraneo, sono minori rispetto a quelle dell'Atlantico.

Dopo la nascita, le tartarughe si disperdono muovendosi in tutto il bacino est, alcune analisi delle targhette metalliche (tag) inserite sulle pinne di animali ricoverati nell'Adriatico evidenziano la possibilità di un percorso post-schiusa lungo la costa est (Margaritoulls et al., 2003).

L'elevato numero di giovani individui nel Mediterraneo fa escludere la possibilità che questi possano essere provenienti solo dai nidi del Mediterraneo stesso, analisi genetiche del citocromo b della regione di controllo dell'mtDNA stimano infatti che solo il 53-55% dei piccoli dei bacini est ed ovest provengano dal Mediterraneo, mentre il resto dall'Atlantico. (Groombridge, 1990; Laurent et al., 1990) L'ipotesi che i giovani delle popolazioni dell'Atlantico vengano nel Mediterraneo per alimentarsi è supportata da 3 aspetti: Carr (1987) ha notato che un numero maggiore di giovani individui è presente nel Mediterraneo rispetto a quanto possano produrre i nidi del Mediterraneo stesso; Bolten e Bjorndal (1992) indicarono che una tartaruga ricoverata nelle Azzorre è stata poi ricatturata nel Mediterraneo, il sistema di correnti marine del nord Atlantico sfocia infatti nel Mediterraneo; Groombridge e Whitmore (1989) supposero, infine, che il sistema di correnti e la topografia oceanica trasportino i piccoli della specie nel Mediterraneo, e alcuni di questi poi vi rimangano.

Analisi genetiche degli individui adulti presenti nel Mediterraneo invece mostrano come questi siano solo di origine mediterranea, indicando che i piccoli, provenienti dall'Atlantico, dopo aver effettuato una migrazione transoceanica per passare i primi anni nel Mediterraneo tornino, una volta raggiunta la fase di transizione giovanile, nelle zone di origine atlantiche (Margaritoulls et al., 2003).

Tra gli individui adulti del Mediterraneo è stata individuata una struttura di popolazione, valutata attraverso il sequenziamento della regione di controllo dell'mtDNA e di altri loci microsatelliti. Queste analisi rivelano appunto la presenza di una struttura genetica che implica una certa filopatria e che il flusso genetico tra popolazioni sia ristretto. In particolare, una struttura genetica molto forte viene identificata dall'mtDNA in tutto il mondo, dimostrando che le femmine sono molto filopatriche alla spiaggia dove loro stesse sono nate. Mentre in caso di nDNA, in popolazioni dell'Atlantico, non è stata trovata nessuna strutturazione genetica, evidenziando la presenza di flusso genetico da parte dei maschi della specie (nei maschi non è presente il comportamento di *natal-homing*) (Carreras et al., 2007).

Studi di popolazioni del Mediterraneo indicano che la colonia esistente si sia isolata dalle popolazioni atlantiche all'inizio dell'Olocene, quindi deve essere considerata come un'unità gestionale separata. Questo isolamento aumenta la vulnerabilità della popolazione del Mediterraneo, non solo perché aumenta la

robustezza dei fenomeni di stocasticità, ma anche per l'aumento della depressione da *inbreeding* e la perdita di diversità a causa della deriva genetica. L'assenza di struttura interna a livello Mediterraneo indica la presenza di diverse unità gestionali, alcune molto piccole, facendo aumentare il rischio di estinzione.

Attraverso il mtDNA sono stati trovati 5 aplotipi (figura 8), di cui due (CC-A2 e CC-A3) sono condivisi tra Mediterraneo e Atlantico, uno (CC-A6) è presente solo nel Mediterraneo, due (CC-A29 e CC-A32) sono stati trovati solo in alcune colonie del bacino ovest del Mediterraneo (figura 8).

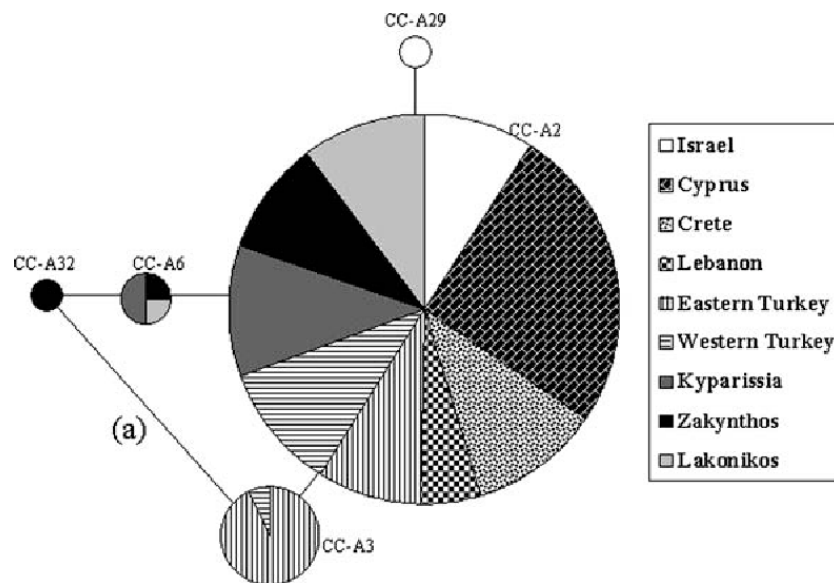


Figura 8: Parsimony network stimato dai dati di mtDNA. Ogni grafico a torta rappresenta un aplotipo e la sua frequenza in ogni popolazione, le dimensioni di ogni grafico a torta dipendono invece dalla loro frequenza assoluta. Le linee continue collegano aplotipi con un solo evento di mutazione con probabilità maggiore del 95%, la linea a rappresenta un'ambiguità che non è stata risolta (immagine da Carreras et al., 2007)

La bassa variabilità osservata a livello della regione di controllo in caso della popolazione del Mediterraneo rispetto a quella dell'Atlantico è dovuta all'origine più recente della prima. La diversificazione osservata nell'mtDNA rivela la presenza di almeno quattro diverse unità indipendenti caratterizzate, per la maggior parte, da un solo aplotipo. Questi dati supportano lo stato delle popolazioni di Grecia, Israele e Cipro come unità indipendenti e indicano la popolazione della Turchia come un'altra unità. Solo due popolazioni potrebbero essere soggette a depressione genetica, secondo le analisi effettuate, quella molto piccola del Libano e Israele, e la popolazione di Grecia e Cipro dove è stato individuato un solo aplotipo (Carreras et al., 2007).

1.1.5 DISTRIBUZIONE DELLA TARTARUGA *Caretta caretta*

Nel Mediterraneo la specie è molto presente, gli individui adulti migrano tra il bacino ovest ed est seguendo tendenze stagionali condizionati dalla temperatura, dalla disponibilità di cibo e dalla riproduzione (figura 9). Nei mesi autunnali e invernali, le tartarughe migrano dal bacino ovest a quello est in cerca di acque più calde, fanno poi ritorno verso ovest in primavera dove le risorse di cibo sono maggiori. Per il sesso femminile sono accertate le migrazioni verso le zone di nidificazione, mentre sono meno conosciute le rotte di migrazione dei maschi adulti.

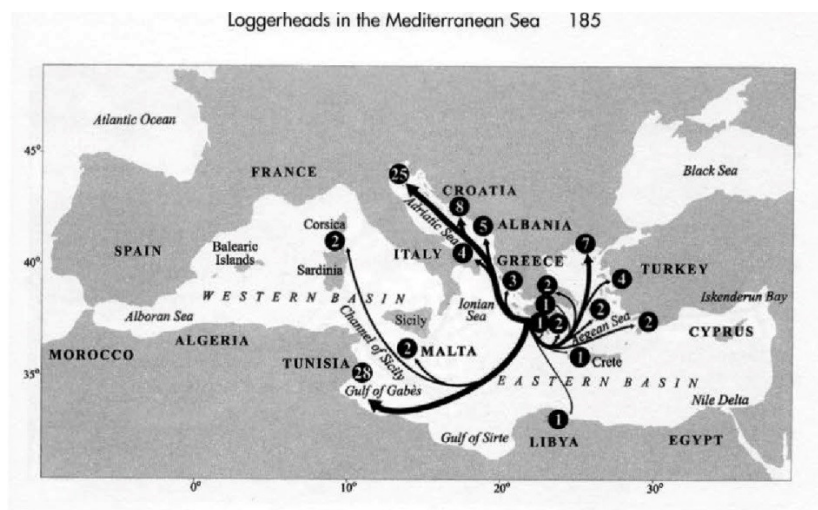


Figura 9: movimenti post-deposizione di femmine di *Caretta caretta* taggate in Grecia dal 1982 al 1999 (immagine da Margaritoulis et al., 2003)

Nell'Adriatico le popolazioni di tartarughe sembrano preferire la parte centrale e habitat costieri più a sud-est durante l'inverno dove una corrente calda Levantina, che proviene dall'est del Mediterraneo, aumenta la temperatura della zona centrale del bacino offrendo un luogo adatto per lo svernamento. Mentre raggiunta la primavera si muovono verso il Delta del Po concentrandosi nella parte nord dell'Adriatico durante l'estate. In primavera la concentrazione degli animali lungo il Delta è favorita dalla presenza di nutrienti e dall'aumento della concentrazione di fitoplancton (figura 10) (Böhm et al., 2003; Spillman et al., 2007).

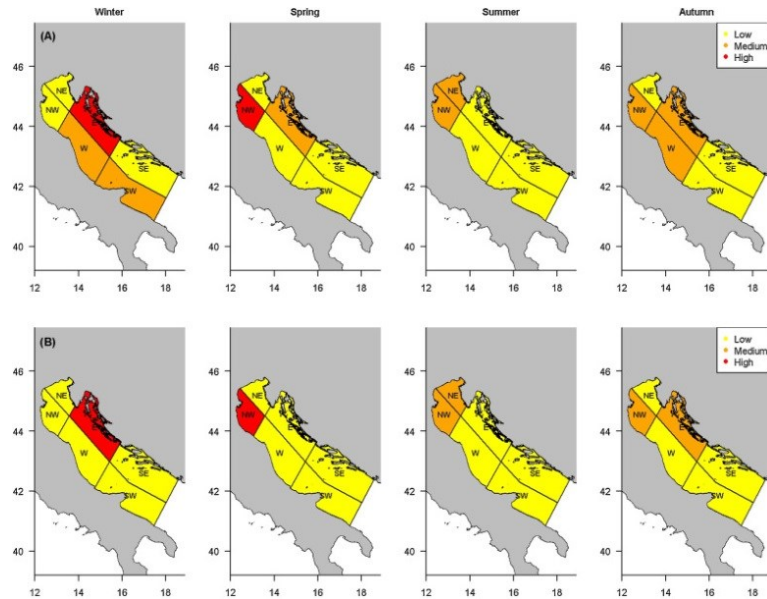


Figura 10: aree del mar Adriatico in cui è stata valutata la presenza di tartarughe nelle diverse stagioni, in rosso le aree con maggiore presenza. Parte A deriva da dati di letteratura, parte B deriva dai dati ottenuti da questo articolo scientifico (immagine da Lucchetti et al., 2016).

I nutrienti seguono il circolo antiorario delle correnti in estate e si concentrano nelle zone a sud del Delta, dove troviamo anche la maggior parte di specie di pesci commerciali, questo giustifica l'abbondanza sia di tartarughe che di pescherecci e quindi l'elevata probabilità di interazione con quest'ultimi (figura 11) (Lucchetti et al., 2016).

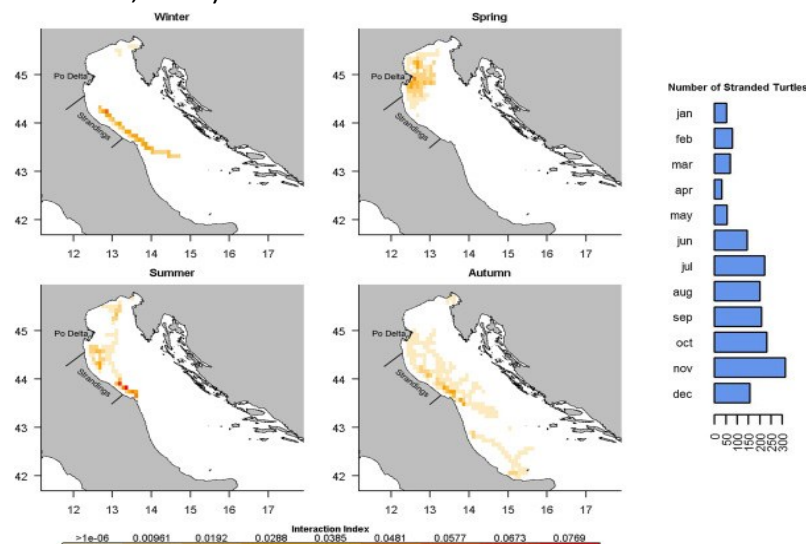


Figura 11: indice di interazione relativo tra tartarughe e reti a strascico in celle 5x5min. la valutazione deriva dall'indice di interazione calcolato nel presente articolo, testato poi su dati di spiaggiamenti di tartarughe tra il 2003 ed il 2013 nelle coste a sud del fiume Po (immagine da Lucchetti et al., 2016).

Attraverso l'analisi satellitare delle rotte di quattro individui si è notato che l'inizio dell'autunno è il segnale per iniziare a migrare verso la parte sud del

bacino est, a causa della diminuzione della temperatura; tutti e quattro i soggetti, infatti, hanno svernato nel bacino est dove le temperature sono di almeno 2°C superiori all'ovest, mentre l'elevata presenza degli animali lungo le coste italiane durante la primavera e l'estate indica il loro ritorno per la maggior disponibilità di cibo in quel periodo. (Bentivegna, 2002)

L'Adriatico in particolare è frequentato da un elevato numero di tartarughe della specie *C. caretta* in quanto è identificata come una delle più importanti aree di foraggiamento del Mediterraneo (figura 12) (insieme allo Ionio e allo stretto di Messina).

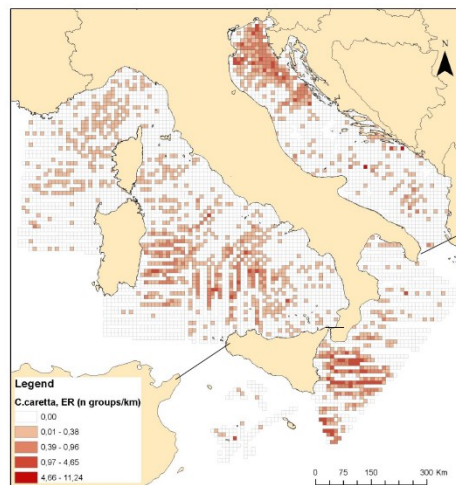


Figura 12: frequenza di rilevazioni della presenza di *C. caretta* nell'ambiente marino attorno alla penisola italiana (immagine da ISPRA, 2012)

La maggior parte delle rotte di migrazione degli adulti avviene principalmente lungo la costa est, grazie anche alla corrente marina favorevole, ma le rotte si verificano anche lungo la costa ovest dell'Adriatico, suggerendo che queste siano da considerare come veri e propri corridoi di migrazione (Fortuna et al., 2015).

1.2 LE MINACCE PER LA SPECIE:

1.2.1 LO STATUS DI CONSERVAZIONE DELLA SPECIE

Secondo la Red List of Threatened Species dell'IUCN (*International Union for Conservation of Nature and Natural Resource*, 2017) *C. caretta* è classificata come specie "Vulnerable" a livello globale, come specie "Least Concern" a livello Mediterraneo e come "Endangered" a livello Italiano, ed è tutelata da convenzioni internazionali e nazionali come:

-Appendice II della Convenzione di Berna (*Convention on the Conservation of the European Wildlife and Natural Habitats of the Council of Europe*);

-Appendice I della legge CITES (*Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*);

-Appendice I e II della Convenzione di Bonn (*Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals*);

-Direttiva "Habitat" 92/43/CEE, relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche 1992;

-Protocollo relativo alle Zone Particolarmente Protette e alla Diversità Biologica nel Mediterraneo della Convenzione di Barcellona (Protocollo ASPIM), 1995;

-Decreto Ministeriale del 21.05.1980 (Marina Mercantile) "Regolamento della cattura dei cetacei, delle testuggini e dello storione comune" che vieta pesca, detenzione, trasporto e commercio delle specie in questione.

-Legge n. 381 del 25.08.1988, "Modificazioni alla Legge n. 963 14.07.65, concernente disciplina della pesca marittima" prevede sanzioni per la violazione di divieti previsti dalla direttiva Habitat e del decreto ministeriale del 1989.

Per quanto riguarda gli strumenti legislativi, a livello internazionale, *C. caretta* e le altre specie di tartaruga marina sono incluse in:

-Appendice I "specie gravemente minacciate di estinzione per le quali è rigorosamente vietato il commercio" nella Convenzione di Washington (CITES, 1973), recepita in Italia con la legge 874/75;

-Allegato II "specie di fauna strettamente protette" nella Convenzione di Berna del 1979, recepita in Italia con la legge 503/81;

-Appendice I "specie migratorie in pericolo" e Appendice II "specie migratorie che hanno uno stato di conservazione non favorevole e che richiedono accordi internazionali per la loro conservazione e gestione" nella Convenzione di Bonn dello stesso anno, recepita in Italia con la legge 42/83.

Tra gli strumenti comunitari, la Direttiva Habitat 92/43/CEE include *C. caretta* nell'Allegato II e IV (rispettivamente relativi alla designazione di zone speciali di conservazione e alle specie che necessitano protezione rigorosa), recepita in Italia con il D.P.R. 357/97. Il Protocollo SPA/BIO (Barcellona, 1995) la inserisce nel suo Annesso 2 "specie minacciate o in pericolo" (in Italia, legge 175/99). Il Regolamento 1967/2006/CE che stabilisce le norme per lo sfruttamento sostenibile delle risorse della pesca nel mar Mediterraneo, ne vieta la cattura, la detenzione, il trasbordo e lo sbarco intenzionale, se non per fini di recupero e

riabilitazione. In questo quadro internazionale, la Direzione per la Protezione della Natura e del Mare del Ministero dell'Ambiente (MATTM) ha promosso iniziative di coordinamento tra tutti i soggetti coinvolti nella conservazione di queste specie, finalizzate alla stesura di specifici documenti tecnici e di indirizzo quali le "Linee Guida per il recupero, soccorso, affidamento e gestione delle tartarughe marine ai fini della riabilitazione e per la manipolazione e rilascio a scopi scientifici" ISPRA n.89/ 2013 (Fortuna et al.,2015).

C. caretta, come le altre specie di tartaruga marina, sono minacciate da diversi fattori presenti sia nell'ambiente marino che in quello terrestre da loro frequentato, questi pericoli possono dipendere o meno dall'attività umana, anche se quelli antropici risultano causare la maggior parte dei decessi.

1.2.2 LE MINACCE DELL'AMBIENTE EMERSO

Le tartarughe marine necessitano sia dell'ambiente terrestre che di quello acquatico per completare il loro ciclo vitale. L'ambiente emerso viene frequentato solamente dalle femmine mature durante l'ovodeposizione e poi dai piccoli inseguito alla schiusa, il resto del ciclo vitale si compie in acqua. L'ambiente emerso, in particolare la spiaggia presenta però diverse minacce che possono influire sulla specie.

Le minacce nell'ambiente emerso possono essere correlate o meno all'attività antropica, quelle che dipendono dall'uomo sono:

- la presenza umana (soprattutto notturna) nelle spiagge che crea disturbo alle femmine nidificanti e fa diminuire i tentativi di nidificazione;
- la presenza di fonti di luce artificiale che non solo disturbano le femmine nidificanti ma interferiscono anche con l'orientamento dei piccoli dopo la schiusa (Witherington and Martin, 2000);
- il passaggio di mezzi meccanici sulla spiaggia che può disturbare le femmine durante la deposizione e danneggiare i nidi (Arianoutsou, 1988);
- la presenza di barriere fisiche come le attrezzature degli impianti balneari e i rifiuti possono essere un deterrente per la nidificazione e interferire con il raggiungimento del mare da parte dei piccoli dopo la schiusa (Arianoutsou, 1988);
- le opere di ripascimento delle spiagge che possono alterare diverse caratteristiche contemporaneamente rendendo un sito di nidificazione non più ideale per la specie.

Altre minacce possono invece non dipendere in modo diretto dall'attività umana, come:

- le alterazioni fisiche e geomorfologiche delle caratteristiche della spiaggia dovuti a fenomeni di erosione-accumulo;
- modificazioni di caratteristiche come la granulometria e l'umidità che possono alterare il comportamento di nidificazione, il periodo di incubazione, la *sex-ratio*, lo sviluppo embrionale e la percentuale di schiusa (Balletto et al., 2003; Hanson et al., 1998);
- il cambiamento di proprietà fisico-chimiche causate da alterazioni dei sedimenti fluviali o scarichi non depurati;
- la predazione delle uova o dei neonati da parte di selvatici o animali domestici.

1.2.3 LE MINACCE DELL'AMBIENTE MARINO

Mentre la degradazione dei siti di nidificazione e le sue conseguenze sono relativamente più facili da individuare, l'impatto dell'attività umana nel mare è più difficile da documentare. Le catture accidentali in attrezzi da pesca e la mortalità che ne deriva è stimata tra 150000 e 50000 individui per anno solo nel Mediterraneo, e i pescherecci italiani sono responsabili di più di 20000 catture per anno (Casale, 2008).

La pesca risulta una tra le principali minacce per la specie, in particolare la cattura accidentale o *by-catch* negli attrezzi da pesca, soprattutto reti a strascico (Fortuna et al., 2015), nel Mediterraneo si stimano catture per più di 10.000 animali ogni anno, di cui il 10-15% muore (Lucchetti et al., 2016). Altre minacce riguardano la degradazione degli habitat, gli incidenti con imbarcazioni, l'inquinamento e il cambiamento climatico (Margaritoulis et al., 2003; Mazaris et al., 2008).

Nell'articolo di Casale et al. (2010) sono stati analizzati diversi dati di recuperi di tartarughe in tutta Italia documentando 2374 animali spiaggiati (di cui il 77,1% già deceduti) e 1494 trovati alla deriva (di cui il 12,8% trovati deceduti). I dati raccolti sugli animali spiaggiati si sono rilevati diversi a seconda della stagione e del mare considerato (figura 13 e 14), in particolare si nota un maggior numero di spiaggiamenti durante l'estate, nelle parti a nord dei diversi mari e nello Ionio, invece sono emerse solo lievi differenze tra inverno-estate nelle parti sud e nello stretto di Sicilia.

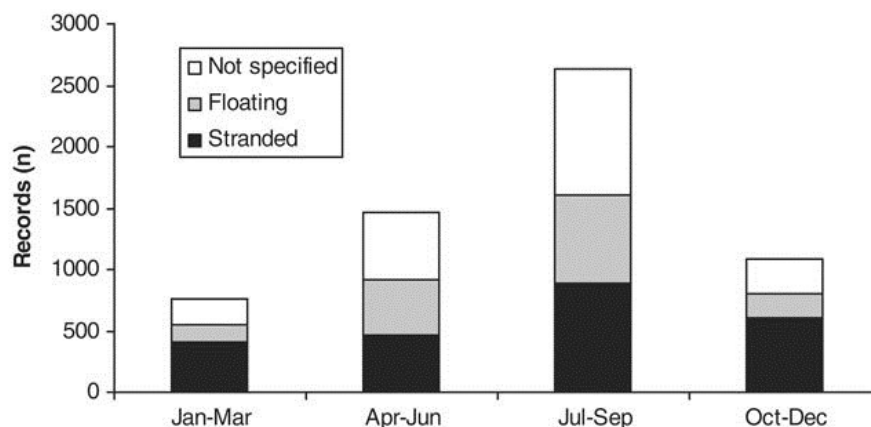


Figura 13: distribuzione stagionale delle registrazioni di recuperi di tartarughe e della modalità di ritrovamento dell'animale nel Mediterraneo (immagine da Casale et al., 2010)

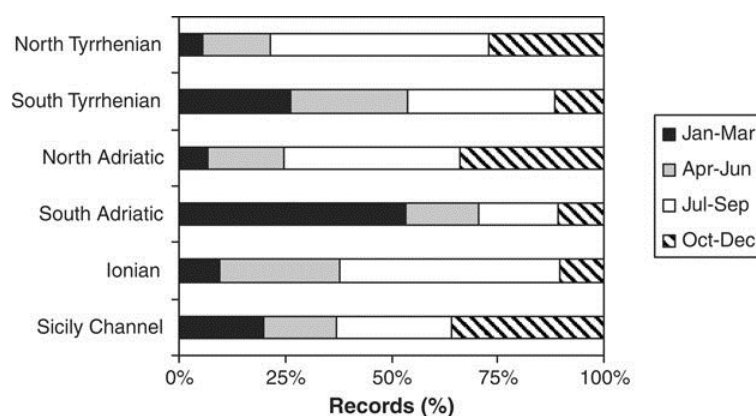


Figura 14: proporzione dei record di spiaggiamento registrati nelle diverse stagioni nei diversi mari del Mediterraneo (immagine da Casale et al., 2010).

Rispetto al totale degli animali ritrovati l'11,3% riportava evidenze di interazione con reti da pesca, evidenza più alta se si considerano solo gli animali trovati alla deriva (il 28,9% mostrava interazione con le reti) rispetto a quelli spiaggiati (6,3% mostravano interazione). Le interazioni con il palangaro sono state ritrovate principalmente nel sud Tirreno e nello Ionio (figura 15).

	Floating				Stranded			
	Longline	Net	Entangled	Total	Longline	Net	Entangled	Total
North Tyrrhenian	0.0%	0.0%	0.0%	11	39.5%	0.0%	26.1%	0
South Tyrrhenian	53.5%	0.0%	8.0%	241	0.0%	0.0%	6.3%	38
Sicily Channel	31.0%	0.0%	5.8%	397	16.0%	0.0%	12.1%	75
Ionian	53.1%	0.0%	1.0%	211	25.0%	0.0%	0.0%	44
South Adriatic	25.8%	6.5%	0.0%	31	5.7%	5.7%	0.0%	70
North Adriatic	8.8%	0.0%	0.0%	57	2.5%	1.3%	2.6%	80
Total	39.8%	0.2%	4.6%	948	18.9%	1.6%	6.6%	307

Figura 15: registrazioni di spiaggiamenti e deriva di tartarughe, divise per aree marine, dal 2000 al 2008 con divisione tra catture causate da palangaro, reti da posta o reti a strascico (tabella da Casale et al., 2010)

Un'altra minaccia riguarda l'interazione con materiale antropico disperso in mare, che coinvolgeva il 4,6% degli animali dello studio, distribuiti principalmente nel sud Tirreno, Ionio e canale di Sicilia.

Un altro studio di Lazar e Gračan (2011) certifica il problema dell'ingestione di detriti con conseguenze che vanno da riduzione del fitness (Spear et al., 1995), fallimento riproduttivo, cambiamenti nella struttura delle comunità (Goldberg, 1994), fino alla morte diretta causata dall'ingestione. Questi detriti derivano principalmente dalle navi utilizzate per il commercio e quelle turistiche, dalla pesca e dai rifiuti che arrivano al mare dalle zone terrestri più industrializzate e con elevata densità di popolazione.

In termini di inquinamento, l'Adriatico è un punto caldo in quanto le coste, soprattutto nella parte nord, sono molto popolate. Considerando solo i detriti di plastica, il fondale dell'Adriatico è uno dei più inquinati in Europa (Galvani et al., 2000). Di 54 animali esaminati il 35,2% aveva ingerito detriti di plastica, corda e polistirolo, la maggior parte dei detriti ingeriti sono quelli fluttuanti nella colonna d'acqua (Lazar and Gračan, 2011).

Tornando allo studio di Casale et al. (2010) si sono riscontrate lesioni sul carapace nel 6,4% tra gli animali spiaggiati e localizzate principalmente nell'Adriatico e nel Tirreno a causa di collisione con imbarcazioni, invece lesioni provocate in modo diretto dall'uomo sono state trovate solo nel 0,6% dei casi.

In ogni caso il rilevamento di interazione diretta con gli attrezzi da pesca non è semplice da accertare, solo alcuni attrezzi lasciano evidenze, come nel caso del palangaro.

I dati del *by-catch* però possono accertare l'elevata presenza della specie in una zona, per esempio le basse catture accidentali nel sud Tirreno indicano la scarsa presenza in quella zona.

Il nord Adriatico presenta un elevato livello di mortalità dovuto all'interazione con attrezzi da pesca, in particolare reti, è infatti noto che il nord Adriatico è una delle due aree con un maggior sforzo di pesca con reti e maggior numero di catture accidentali (l'altra è la Tunisia).

L'elevato numero di catture accidentali e spiaggiamenti della zona suggerisce come questa sia anche molto frequentata (figura 16), è infatti una importante zona di foraggiamento in quanto produttiva e perché presenta zone ampie, poco profonde e con fondale piatto ricco di specie bentoniche adatte per l'alimentazione della specie, ma anche per la pesca a strascico.

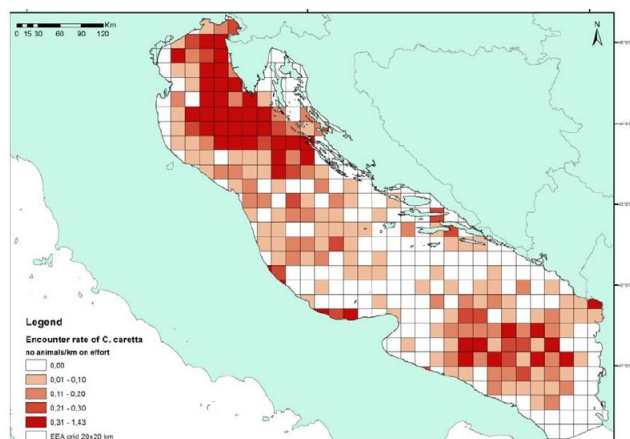


Figura 16: distribuzione delle tartarughe marine in Adriatico durante la campagna NETCET del 2013 (immagine da Fortuna et al., 2015)

In totale, i fattori antropici nel Mediterraneo causano il 52% degli spiaggiamenti, generando da due a tre volte più morti rispetto alle cause naturali.

Valutando le minacce che incombono sulla specie e le aree di foraggiamento identificate, si è stimato che il 39,70% delle aree di foraggiamento del Mediterraneo, localizzate nelle zone neritiche, sono soggette ad un rischio medio-alto per le tartarughe. In particolare, un quinto delle aree di foraggiamento (19,1%) sono da considerare un vero *hotspot* di rischi. Le aree di foraggiamento adriatiche e della parte est del bacino risultano essere quelle in cui le minacce per questa specie sono maggiori, e riguardano principalmente la pesca. Mentre, per quanto riguarda i rifiuti, l'area situata nei pressi del *plateau* di Tunisia rappresenta quella maggiormente interessata da questa minaccia.

Le zone di foraggiamento oceaniche, che rappresentano il 37,68% del totale, sono sotto un rischio medio-alto, mentre nel mar Egeo risulta esserci un elevato impatto derivante dalla pesca.

Lo studio di Almpandou et al. (2021) ha dimostrato come le tartarughe sono sottoposte a diverse minacce all'interno delle zone di foraggiamento, minacce presenti in modo maggiore a livello dell'Adriatico rispetto alle altre zone del Mediterraneo.

Combinando le zone con maggior presenza di minacce per la specie e le aree di foraggiamento più utilizzate sono stati localizzati i principali *hotspot* di rischio che sono situati, per la maggior parte, nella parte centrale del Mediterraneo, ma anche in minor quantità nella parte est e ovest del bacino.

1.3 SCOPO DEL LAVORO

C. caretta è la specie di tartaruga marina più diffusa nel Mediterraneo ed è inserita tra le specie a rischio di estinzione nella lista rossa della IUCN dal 1996, le principali minacce che incombono sulla specie derivano in modo diretto dall'attività antropica. In questo contesto i Centri di Recupero per Tartarughe Marine svolgono un ruolo fondamentale per la conservazione e salvaguardia della specie, sia attraverso il loro lavoro diretto di recupero di animali in difficoltà e la loro cura e successiva liberazione, sia per l'importante lavoro di raccolta dati sulla specie che risulta ancora poco conosciuta nelle sue abitudini e necessità, e per le campagne di sensibilizzazione messe in atto.

Questo lavoro di tesi si basa su dati raccolti durante il periodo di tirocinio svolto presso Fondazione Cetacea, nel suo Centro di Recupero per Tartarughe Marine di Riccione, e con l'apporto di dati forniti dal CERT (Cetaceans strandings Emergency Response Team) dell'Università degli Studi di Padova, ed ha l'obiettivo di valutare quali siano i principali fattori, naturali e antropici, che influiscono sulla distribuzione della specie *C. caretta* nel nord del mar Adriatico e successivamente anche sulla sua conservazione.

Diversi sono i fattori che influiscono sull'occorrenza di questa specie ma non tutti sono facilmente analizzabili. Questo lavoro si concentra sui principali fattori sia a livello naturale, che riguardano l'ambiente marino, come temperatura e disponibilità di cibo e quelli che riguardano la specie stessa, come lo stadio di sviluppo degli animali e le loro dimensioni, sia quelli a livello antropico, come la distribuzione dei pescherecci e il loro sforzo di pesca.

Durante questa tesi si sono rielaborati i dati relativi ai ritrovamenti di tartarughe, forniti dai due enti, sia da un punto di vista spaziale che temporale, indagando la possibile presenza di relazioni tra il numero e le modalità di recupero degli animali e i fattori naturali ed antropici, con un focus sulle principali cause di cattura delle tartarughe nelle diverse zone prese in esame e scoprendo come queste siano correlate con i diversi fattori presi in considerazione.

2 MATERIALI E METODI

In questo studio sono stati analizzati dati forniti dal CERT (Cetaceans strandings Emergency Response Team) del Dipartimento di Biomedicina Comparata e Alimentazione (BCA) dell'Università degli Studi di Padova e quelli di Fondazione Cetacea.

2.1.1 CERT

Il CERT è un gruppo operativo nato nel 2010 da una convenzione tra il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) ed il Dipartimento di Sanità Pubblica, Patologia Comparata e Igiene Veterinaria (ora Dipartimento di Biomedicina Comparata e Alimentazione –BCA) dell'Università degli Studi Di Padova, in seguito al coinvolgimento, a fini necroscopici, del dipartimento BCA nell'analisi di 7 individui di Capodoglio che si erano spiaggiati lungo le coste del Gargano nel 2009.

Il coordinatore del gruppo di intervento e di ricerca è il Professor Sandro Mazzariol, docente di Patologia generale e Anatomia Patologica presso l'Università di Padova, consulente esperto di spiaggiamenti per il Ministero dell'Ambiente e della Salute, per la Commissione Baleniera internazionale (IWC) e per ACCOBAMS (*Agreement on the Conservation of Cetaceans of the Black Sea, Mediterranean Sea and Contiguous Atlantic Area*), che grazie alla sua esperienza ha coinvolto il CERT nella consulenza e gestione di spiaggiamenti a livello internazionale.

Il gruppo è formato da personale formato e con competenze multidisciplinari (MEDICI veterinari, biologi e tecnici) in grado di intervenire in caso di spiaggiamenti di diversi esemplari. Il CERT è inoltre coinvolto, insieme al Centro di Referenza Nazionale per le Indagini Diagnostiche sui Mammiferi Marini spiaggiati (C.Re.Di.Ma.), che coordina gli Istituti Zooprofilattici Sperimentali italiani, nel confronto scientifico in oltre 200 spiaggiamenti che avvengono sul territorio italiano ogni anno, con lo scopo di individuare ed analizzare i fattori naturali ed antropici che portano allo spiaggiamento dei Cetacei attraverso attività sul campo di raccolta dati e campioni, e lavoro di analisi necroscopica e patologica. Questo lavoro permette di sviluppare strumenti formativi e strumentazioni per valutare la correlazione tra gli eventi di spiaggiamento e l'impatto antropico.

Il CERT inoltre è coinvolto nella gestione della Banca per i Tessuti dei Mammiferi marini del Mediterraneo (BTMM) istituita nel 2002 con lo scopo di raccogliere dati su biologia, genetica, anatomia, fisiologia e patologia dei Cetacei che frequentano il Mediterraneo ai fini di migliorarne la conservazione.

Come parte dell'Università di Padova, il CERT fornisce opportunità formative per studenti e professionisti, organizza eventi di educazione e sensibilizzazione e partecipa a diversi progetti nazionali ed europei per la conservazione dei mammiferi e delle tartarughe marine.

2.1.2.FONDAZIONE CETACEA

Fondazione Cetacea è una onlus che opera senza fini di lucro dal 1988 nel settore della conservazione e tutela del mare, lavora nelle zone del mar Adriatico settentrionale, principalmente Emilia Romagna e Marche, dove fornisce servizi di soccorso, cura e riabilitazione di animali marini in difficoltà occupandosi di tartarughe marine e cetacei. Oltre a questo organizza attività di formazione, divulgazione e sensibilizzazione collaborando con scuole e università.

Il centro di recupero e riabilitazione, nato nel 1994, è situato a Riccione ed è il punto di riferimento per le reti regionali per la tutela delle tartarughe marine delle regioni Emilia Romagna e Marche e per il Centro di Recupero Animali Selvatici Marini (CRASM), gestisce inoltre le banche dati di Marche ed Emilia Romagna sugli spiaggiamenti di tartarughe marine e cetacei.

Nel centro di recupero le tartarughe sono situate in vasche di varie misure riempite con acqua salata, filtrata, batteriologicamente depurata e riscaldata in inverno, la struttura dispone inoltre di una zona di quarantena con vasche a ricircolo chiuso dell'acqua utile per casi di animali affetti da patologie infettive o fortemente debilitati. Il centro dispone anche di una sala dedicata alla preparazione delle razioni per gli animali ricoverati e un'infermeria attrezzata per analisi del sangue, ecografie e piccoli interventi.

A livello pratico il recupero di tartarughe avviene in seguito a segnalazioni di privati cittadini, della Capitaneria di Porto o del Corpo Forestale, e di pescatori, ad opera degli addetti di Fondazione Cetacea, che sono biologi, veterinari e naturalisti. Dopo il recupero l'animale viene portato al centro di recupero dove si procede con una prima visita veterinaria e le necessarie cure in caso di traumi importanti, poi viene compilata la scheda cartacea ed informatica dell'individuo e successivamente, in base alle condizioni delle tartarughe, vengono spostate nella zona di quarantena o nelle altre vasche. Viene poi stilato il piano alimentare e di cure personalizzato.

Le tartarughe recuperate dalla Fondazione vengono poi rilasciate in mare con l'ausilio di motonave o da spiaggia, quando la temperatura dell'acqua è adeguata in modo da permettere l'immediata ripresa della normale attività fisica dell'animale. Prima del rilascio, per ogni tartaruga, vengono registrate una serie di misurazioni come peso e dimensioni del carapace in CCL (curved carapace

length), che è la misurazione curvilinea del carapace che si prende dal primo scudo nucale al più caudale e sporgente scudo sopra la cloaca), poi viene applicata una targhetta identificativa che riporta un numero di serie e l'identificazione del Centro di Recupero dove è stata ricoverata.

I dati da me analizzati coprono un periodo di tempo che va dal 1986 al 2021 per Fondazione Cetacea, per un totale di 1009 tartarughe, e dal 2016 al 2021 per il CERT, per un totale di 502 tartarughe. Tra i dati di Fondazione Cetacea ho però considerato maggiormente quelli dal 2009 in poi in quanto quelli precedenti sono parzialmente incompleti e di entità minore.

Fondazione Cetacea acquisisce prima i dati in modo cartaceo e poi li trascrive su un database digitale, all'interno di questo database, per ogni esemplare recuperato, troviamo: nome, data del ricovero, data eventuale morte dopo il ricovero, causa del recupero e motivazioni più approfondite che hanno portato al ricovero, data di rilascio, targhetta identificativa, specie, dimensioni in CCL, regione e provincia del recupero, dimensioni in CCL al rilascio ed eventuali altre note.

I dati forniti dal CERT invece riguardano quasi esclusivamente animali trovati deceduti, tranne poche eccezioni, e per ogni individuo è presente: un codice di identificazione, la data del ritrovamento e del recupero, il luogo del ritrovamento con coordinate geografiche e zona, le modalità del ritrovamento (spiaggiamento o deriva), la specie, una stima dell'età in base alle dimensioni, il sesso, il peso, le condizioni della carcassa (1 ottima conservazione, 2 decomposizione minima, 3a decomposizione moderata, 3b decomposizione avanzata, 4 mummificata) e una serie di misure morfologiche a partire dalla CCL. Per questi individui avevo inoltre a disposizione una scheda necrologica con indicazioni istologiche, batteriologiche, parassitologiche e virologiche.

2.2 AREA DI STUDIO

I dati analizzati si concentrano sul mar Adriatico settentrionale e, in parte, centrale, quindi all'incirca coincidente con la zona denominata area GSA 17 (figura 17).

Le aree GSA (Geographic Sub Areas) del Mediterraneo sono in totale 30 e sono state create al fine di raccogliere in modo univoco i dati relativi alle risorse biologiche e sul monitoraggio delle attività di pesca e delle flotte delle diverse porzioni del Mediterraneo, queste aree sono quindi un compromesso tra vari aspetti giuridici, geografici e ambientali. Tale ripartizione è stata stabilita dalla risoluzione 31/2007/2 della Commissione Generale per la Pesca nel Mediterraneo (General Fishery Commission for the Mediterranean - GFCM), su indicazioni del Comitato Scientifico Consultivo (Scientific Advisory Committee - SAC) (MIPAAF).



Figura 17: GSA che circondano la penisola italiana. L'alto Adriatico è identificato nella GSA 17

Il mar Adriatico è la parte più a nord del mar Mediterraneo, presenta una superficie di 130.000 km² ed è delimitato dalla penisola italiana a ovest e da quella balcanica a est (Poulain et al., 2001). Si apre a sud-est in corrispondenza del restringimento del Canale di Otranto, dove confina con il mar Ionio e dove raggiunge la sua profondità massima (Turri, 2000).

Il mar Adriatico può essere diviso in tre zone:

- l'Alto Adriatico, che corrisponde alla parte più settentrionale, che si estende dalle coste veneto-friulane fino alla direttrice Ancona-Zara, costituito da una profondità media di 35m circa;

- il Medio Adriatico che si estende fino al promontorio garganico, lungo la direttrice Gargano-isola di Lagosta, con una profondità media di 140m, ed è caratterizzato da due depressioni che raggiungono i 250m di profondità;

- il Basso Adriatico, che corrisponde alla parte più meridionale, che si estende dal Golfo di Manfredonia al Canale d'Otranto, caratterizzato da profondità maggiori che arrivano anche a 1200m; (Zavatarelli et al., 2002).

Il mar Adriatico è circondato interamente da rilievi montuosi che determinano una forte influenza dei venti sull'acqua, in particolare sulla porzione più a nord del bacino. I venti che dominano sono la Bora, un vento che proviene da nord-est freddo e umido caratterizzato da forti raffiche, che prevale in inverno, e lo Scirocco, un vento che proviene dal sud-est caldo e umido. Una conseguenza della Bora è il raffreddamento delle acque del nord Adriatico che provoca la formazione di depressioni. I venti presenti sono molto importanti anche per il mantenimento della corrente marina che si sviluppa nella costa ovest dell'Adriatico (Poulain et al., 2001).

Elevato è il numero di sorgenti di acqua fresca presenti grazie al grande numero di fiumi che riversano in questo mare e che ne determinano la natura poco salata, il maggior apporto proviene dal fiume Po, che durante la primavera crea un gradiente di salinità nella costa ovest; il fiume Po, inoltre, è uno tra i principali apportatori di nutrienti del mar Adriatico. Per quanto riguarda la temperatura del bacino si assiste ad una perdita di calore durante i mesi autunnali ed invernali, soprattutto nella porzione più a nord e lungo la costa est, ed un successivo guadagno di calore durante la primavera e l'estate, più intenso per la porzione a sud (Zavatarelli et al., 2002). Questa maggiore differenza di calore estiva causa un aumento dell'intensità delle correnti di gradiente da cui deriva il massimo ricambio, cioè il massimo flusso in entrata ed uscita, attraverso il Canale di Otranto.

L'acqua poco salata e poco densa richiama l'ingresso di acque più dense e salate dal mar Mediterraneo orientale attraverso il Canale di Otranto, provocando una corrente che risale il bacino lungo le coste orientali fino all'estremo nord e che poi riscende lungo le coste italiane (Cerrano et al., 2004).

2.3 ELABORAZIONE DATI

I dati ottenuti, sia di Fondazione Cetacea che dal CERT, sono stati per prima cosa armonizzati, in modo da rispettare un unico linguaggio che mi permettesse di effettuare le adeguate analisi e comparazioni per quanto possibile, e ordinati. Le analisi sono state fatte inizialmente con l'utilizzo di Microsoft Excel per la produzione di grafici e tabelle Pivot, poi i risultati ottenuti sono stati verificati statisticamente attraverso l'utilizzo di Past 4.04 (Hammer et al., 2001), un software per processare dati scientifici ed effettuare diversi test statistici, usato anche per generare alcuni grafici, e con l'utilizzo del linguaggio computazionale MATLAB-R2021b.

Sono stati usati diversi tipi di test statistici come: il Test t di student, ed il suo equivalente non parametrico Mann-Whitney, usato per testare la differenza tra le medie di due gruppi; Il test di correlazione (parametrico di Pearson e non parametrico di Spearman) per cercare la relazione tra una variabile e il tempo (trend temporale) oppure tra due variabili misurate nel tempo (es. abbondanza e temperatura). Avendo a che fare con serie temporali potenzialmente autocorrelate, si sono preferiti test di correlazione non parametrici oppure i risultati sono stati corretti per l'autocorrelazione col metodo di Chelton modificato (Payper e Peterman, 1998).

Per la raccolta dei dati ambientali di temperatura e produzione primaria ho utilizzato Copernicus (<https://www.copernicus.eu/en>), un programma di osservazione della terra dell'Unione Europea che osserva e registra le variazioni di fattori ambientali su tutta la terra attraverso i satelliti. Il programma è gestito direttamente dalla Commissione Europea, in collaborazione con gli stati membri, l'Agenzia Spaziale Europea (ESA), l'organizzazione per l'utilizzo dei satelliti che raccolgono dati meteorologici (EUMETSAT) e il Centro Europeo per le previsioni meteorologiche (ECMWF).

Le informazioni ed i dati vengono forniti da satelliti e sistemi di misurazione terrestri, aerei e marittimi, autorità pubbliche e altre organizzazioni internazionali. Questi dati li ho poi elaborati con il linguaggio computazionale MATLAB-R2021b per incrociarli con i dati relativi alle tartarughe marine di Fondazione Cetacea, non li ho invece correlati con quelli del CERT in quanto la serie temporale che mi hanno fornito loro comprende solo 6 anni (2016-2021) mentre i dati prelevati da Copernicus arrivavano fino al 2019, quindi il loro confronto produceva serie di soli 4 anni che sono troppo pochi per decretare la significatività di una correlazione.

Per queste correlazioni ho usato serie temporali annuali di temperatura media superficiale e produzione primaria media della porzione nord dell'Adriatico, compreso tra i 42° e 46° di latitudine e i 12° e 14° di longitudine, individuata grazie al programma Google Earth Pro. Poi ho incrociato questi dati attraverso un test di correlazione, in MATLAB-R2021b, con le corrispondenti serie temporali di variabili legate alle tartarughe marine. I valori di significatività osservati nel test (valori p) sono stati correlati per l'autocorrelazione con il metodo modificato di Chelton (descritto in Payper e Peterman, 1998). Quando non avevo a disposizione, in un dato anno la variabile di temperatura o produzione primaria o quella legata alle serie temporali del centro di recupero ho eliminato l'intero anno dal test. Le correlazioni sono state eseguite confrontando gli stessi anni nelle due serie temporali, e anche con lag di un anno, attraverso il posticipo delle serie di dati del Centro di Recupero rispetto alla serie temporale di Copernicus per valutare un eventuale effetto ritardato dei fattori ambientali nei confronti delle caratteristiche legate alle tartarughe, come dimensioni in CCL o numero di tartarughe recuperate e decedute per le diverse cause analizzate.

I dati riguardanti le misure dello sforzo di pesca sono stati calcolati considerando le dimensioni (in termini di stazza, GT) dei pescherecci che lavorano nell'area valutata, in particolare ho considerato i pescherecci di Veneto, Emilia Romagna, Marche e Friuli Venezia Giulia, moltiplicate per il numero di uscite di ogni imbarcazione (rielaborazione dati storici MIPAAF). Da questi ho stimato

successivamente lo sforzo di pesca medio per anno e per mese e l'ho confrontato con le variabili legate alle tartarughe.

3 RISULTATI

3.1.1 ANALISI DEI DATI SUI RITROVAMENTI

Sono stati analizzati per prima cosa i dati relativi al numero totale di catture per i due enti presi in esame: nel caso di Fondazione Cetacea abbiamo un totale di 1009 recuperi e vediamo che i numeri aumentano dal 2009 in poi, con particolari picchi nel 2009 con 91 tartarughe, e nel 2015 con 81 tartarughe (figura 18). Qui ho esaminato anche il rapporto tra numero di recuperi totale, che presenta un aumento significativo nel tempo ($R_{\text{spearman}}=0,85$; $p<0.001$; $N=35$), decedute dopo il recupero, che aumentano sempre in modo significativo ($R_{\text{spearman}}=0.75$; $p<0.001$; $N=30$), e rilasciate, che aumentano anche queste in modo significativo nel tempo ($R_{\text{spearman}}=0.83$; $p<0.001$; $N=33$) (figura 18). Anche la percentuale di decedute nel tempo (figura 19) mostra un aumento statisticamente significativo ($R_{\text{spearman}}= 0.36$, $p = 0.034$, $N=36$).

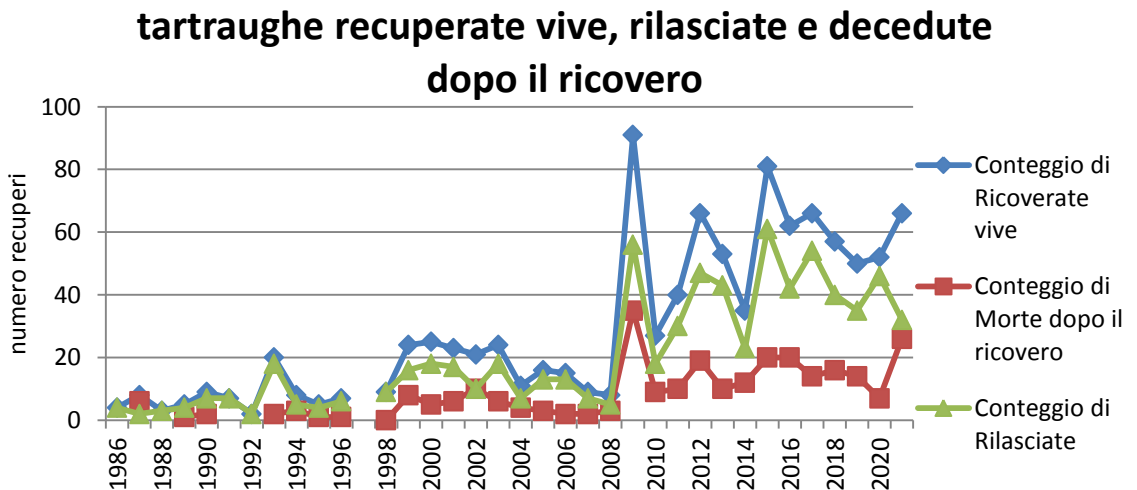


Figura 18: numero di tartarughe recuperate in totale, decedute dopo il ricovero e rilasciate da Fondazione Cetacea dal 1986

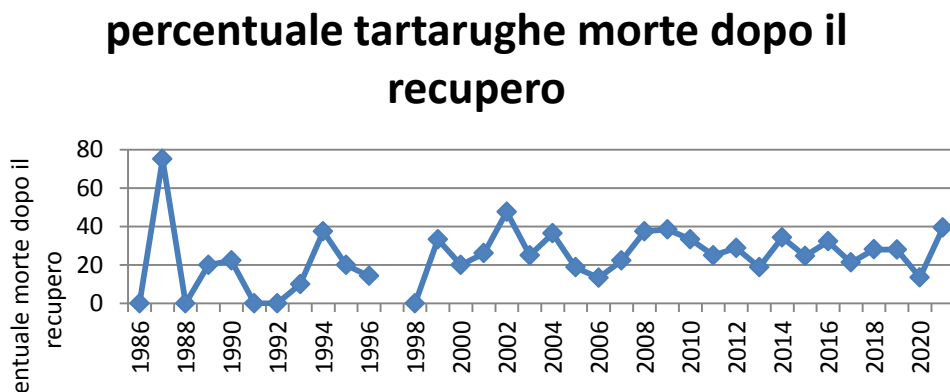


Figura 19: percentuale di tartarughe decedute dopo il ricovero di Fondazione Cetacea dal 1986

Allo stesso modo ho analizzato il numero di individui recuperati dal CERT, in questo caso si tratta solamente di individui trovati già deceduti, tranne nel caso di 7 individui che sono stati rinvenuti spiaggiati vivi negli anni 2016 (1 tartaruga) 2017 (4 tartarughe) e 2019 (2 tartarughe) ma sono comunque deceduti successivamente. Qui il numero totale di recuperi è di 502 tartarughe, con picchi nel 2019 con 100 tartarughe, e 2021 con 123 tartarughe (figura 20) e l'aumento risulta sempre significativo ($R_{\text{spearman}} = 0.81$; $p = 0.040$; $N = 6$).

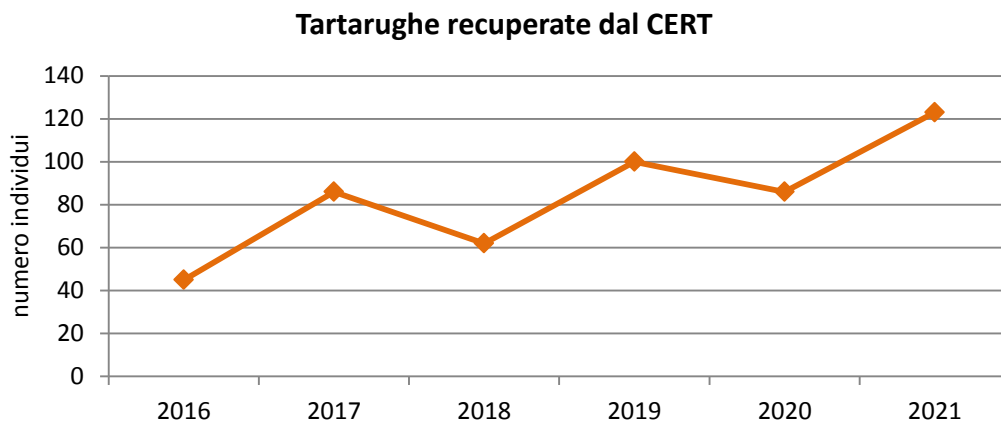


Figura 20: numero totale tartarughe recuperate dal CERT dal 2016

3.1.2 ANALISI DELLE DIMENSIONI DELLE TARTARUGHE RECUPERATE

Nello specifico di ogni associazione ho analizzato poi le dimensioni medie delle tartarughe per ogni anno a disposizione (figura 21 e 24), considerando sia quelle vive che quelle decedute dopo il recupero nel caso di Fondazione Cetacea, e in entrambi i dataset si verifica un aumento delle dimensioni significativo. Nel caso di Fondazione Cetacea l'aumento di dimensioni risulta significativo però solo dal 1987 in poi ($R_{\text{spearman}} = 0.44$; $p = 0.019$; $N=36$), escludendo quindi l'anno anomalo 1986, in quanto caratterizzato, come tutti i primi anni peraltro, da poche catture.

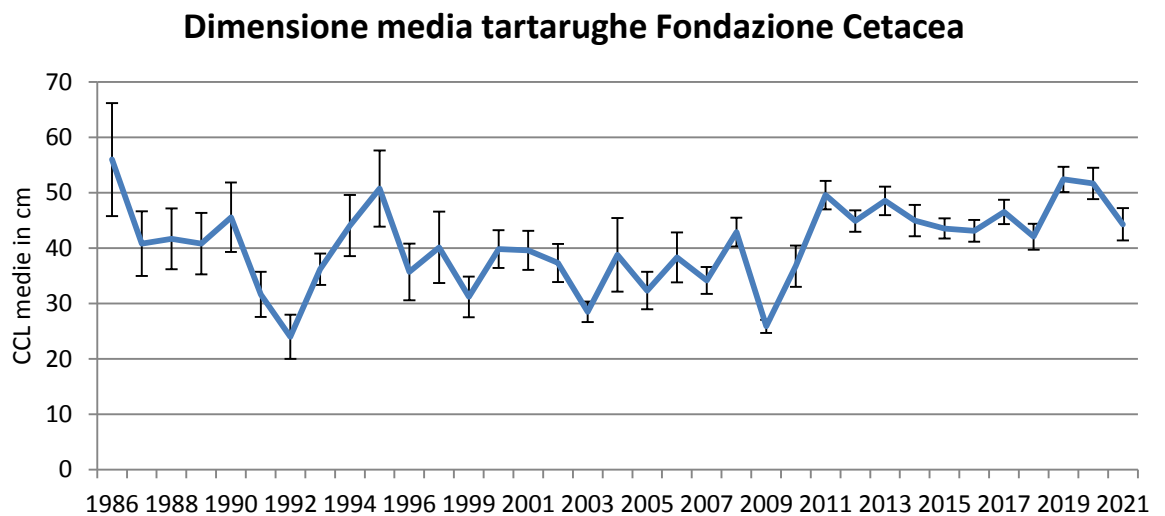


Figura 21: dimensioni medie per anno delle tartarughe recuperate da Fondazione Cetacea dal 1986. Le barre rappresentano l'errore standard.

In figura 22 possiamo inoltre vedere la distribuzione di frequenza delle dimensioni degli animali recuperati da Fondazione Cetacea, osserviamo un maggior numero di animali con dimensioni del carapace attorno ai 20-30cm CCL e poi attorno ai 60-70cm CCL. La figura 23 invece mostra le dimensioni delle tartarughe per ogni anno dal 1986, anche in questo caso possiamo vedere come la mediana tenda ad aumentare.

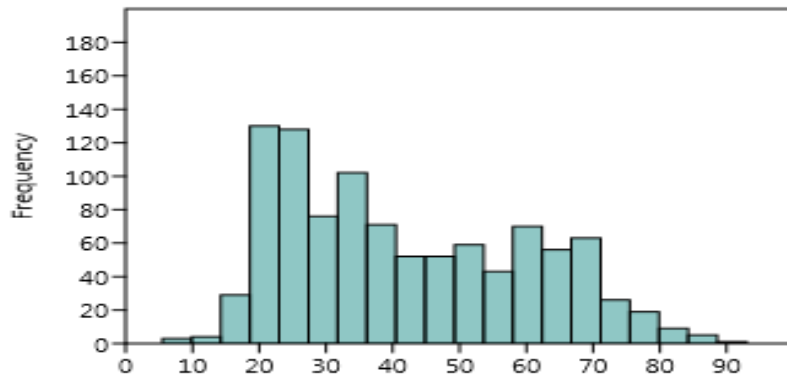


Figura 22: distribuzione dimensioni delle tartarughe (in centimetri) recuperate da Fondazione Cetacea

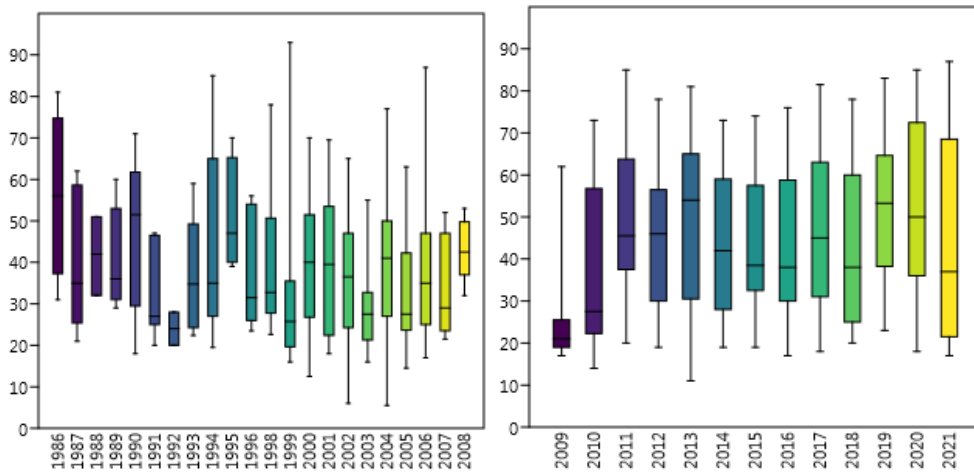


Figura 23: box-plot delle dimensioni delle tartarughe (in centimetri) per ogni anno di Fondazione Cetacea dal 1986.

Le stesse analisi sono state eseguite anche per la serie di dati del CERT, anche in questo caso l'aumento di dimensioni negli anni risulta significativo (figura 24) ($R_{\text{spearman}}= 0.88$; $p = 0.021$; $N=12$), per questi dati avevo a disposizione anche il peso delle tartarughe (figura 25) e anch'esso è quasi significativo come aumento ($R_{\text{spearman}}=0.94$; $p = 0.079$; $N=6$).

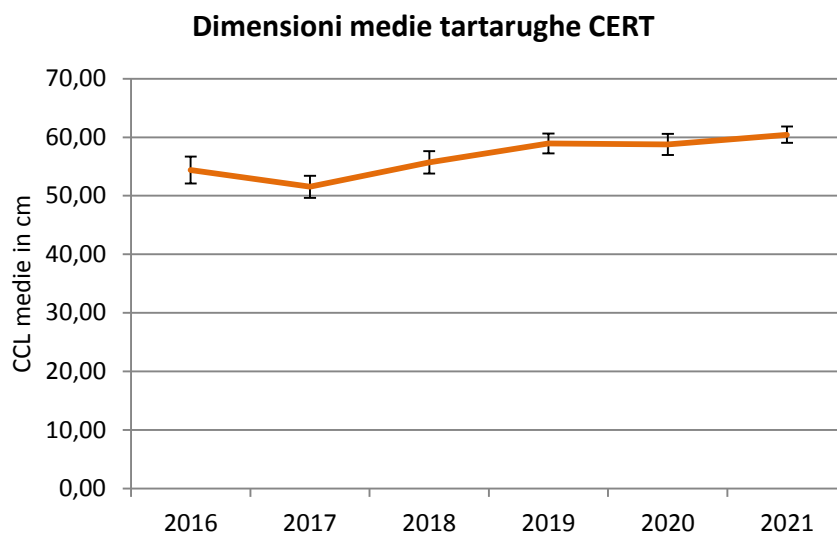


Figura 24: dimensioni medie per anno delle tartarughe recuperate dal CERT dal 2016. Le barre rappresentano l'errore standard

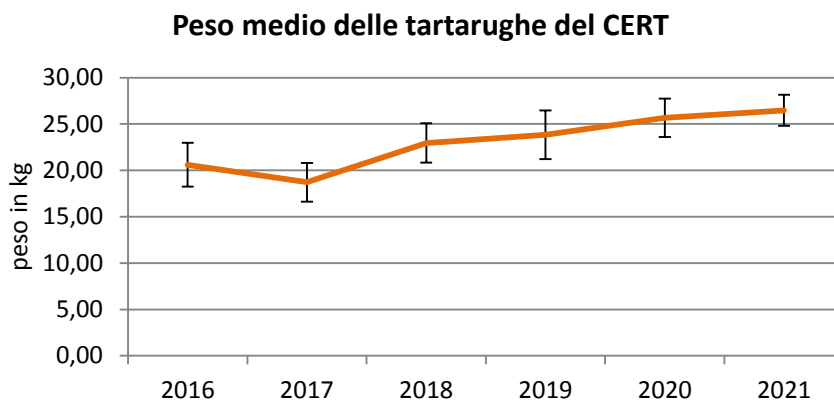


Figura 25: peso medio per anno delle tartarughe recuperate dal CERT dal 2016. Le barre rappresentano l'errore standard

In figura 26 è possibile vedere la distribuzione di frequenza delle dimensioni delle tartarughe recuperate dal CERT, in questo caso la maggior parte degli animali presenta dimensioni tra i 60 e 70 cm CCL. In figura 27 sono presenti i box-plot delle dimensioni delle tartarughe per ogni anno, e come sopra, possiamo osservare l'aumento delle mediane da un anno all'altro, la differenza tra la media del 2016 e quella del 2021, ad esempio, risulta infatti significativa ($t= 2.30$; $p=0.023$).

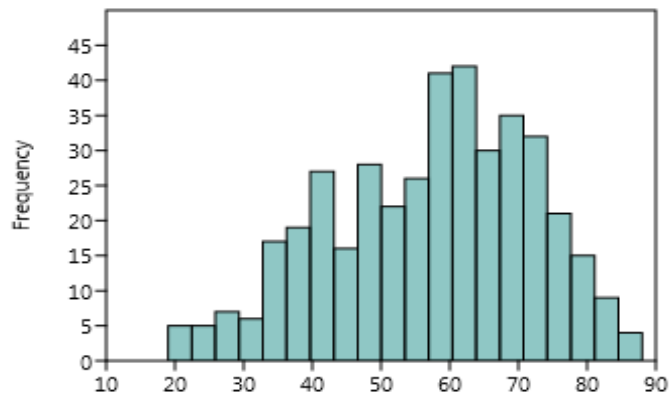


Figura 26: distribuzione dimensioni (in centimetri) delle tartarughe recuperate dal CERT.

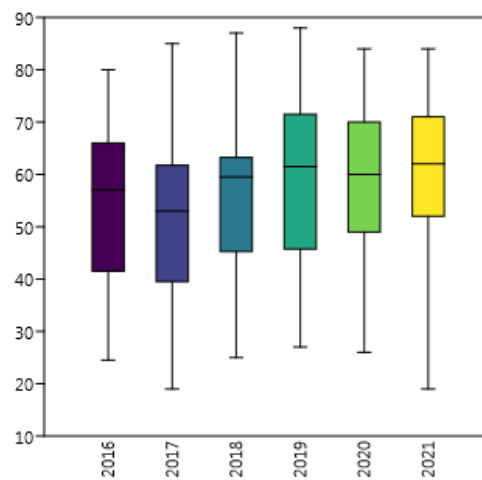


Figura 27: box-plot delle dimensioni (in centimetri) delle tartarughe per ogni anno del CERT dal 2016.

Per Fondazione Cetacea i dati potevano essere divisi in animali ritrovati vivi e poi rilasciati e ritrovati vivi ma deceduti dopo il recupero, facendo questa distinzione sono riuscita ad analizzare le dimensioni medie delle due categorie, in figura 28 sono presenti le dimensioni delle tartarughe recuperate dal 2009 in poi (anno scelto perché a partire da esso, come mostrato in figura 18, iniziano ad essere registrate numerose tartarughe recuperate per anno), ed è possibile osservare che quelle rilasciate presentano dimensioni maggiori rispetto alle decedute con differenza tra le medie praticamente significativa con test t di Student ($t= 2.024$; $p=0.055$).

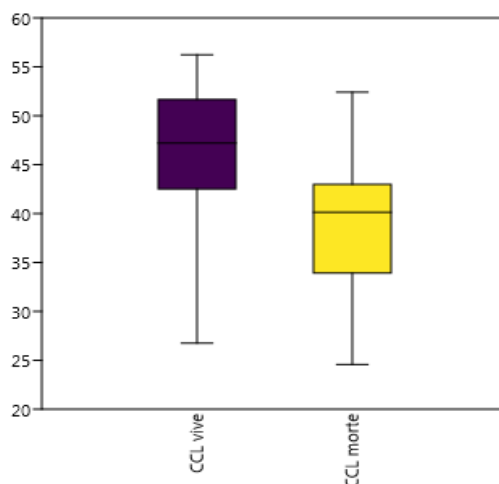


Figura 28: box-plot delle dimensioni medie (in centimetri) delle tartarughe recuperate da Fondazione Cetacea divise tra rilasciate e decedute dopo il recupero.

Tra le tartarughe recuperate dai due centri solo alcune superavano i 70cm di CCL, età considerata di maturazione nel Mediterraneo, queste sono un totale di 8,62% per Fondazione Cetacea e 18,36% per il CERT (tabella 1).

FONDAZIONE CETACEA		percentuale	CERT		percentuale
Totale ricoverate	1009		Totale ricoverate	501	
Ricoverate con CCL>70cm	87	8,62%	Ricoverate con CCL>70cm	92	18,36%
Ricoverate con CCL<70cm	922	91,38%	Ricoverate con CCL<70cm	409	81,64

Tabella 1: numero totale di tartarughe recuperate per ogni centro e divisione in maggiori e minor di 70cm di CCL

In figura 29 e 30 possiamo vedere come il numero assoluto di esemplari al di sopra dei 70cm di lunghezza del carapace siano aumentati soprattutto negli ultimi anni in modo significativo sia per Fondazione Cetacea ($R_{\text{spearman}} = 0.83$; $p < 0.001$; $N = 19$), ma anche in percentuale sul totale l'aumento è significativo ($R_{\text{spearman}} = 0.74$; $p < 0.001$; $N = 19$). Allo stesso modo anche per il CERT il numero assoluto di individui con CCL>70cm aumenta in modo significativo nel tempo ($R_{\text{spearman}} = 0.77$; $p = 0.033$; $N = 6$), ma non vi è un aumento significativo nella percentuale di tartarughe con CCL>70cm negli anni ($R_{\text{spearman}} = 0.71$; $p = 0.13$; $N = 6$).

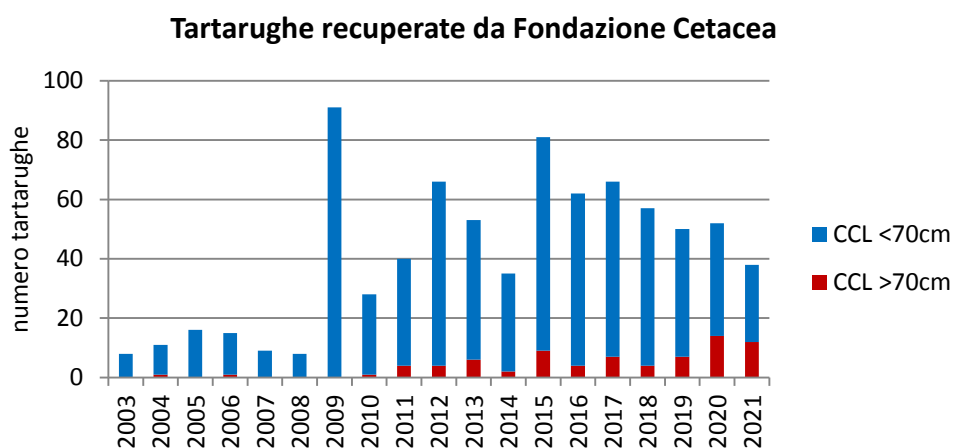


Figura 29: numero tartarughe recuperate da Fondazione Cetacea, in rosso quelle con carapace >70cm di lunghezza

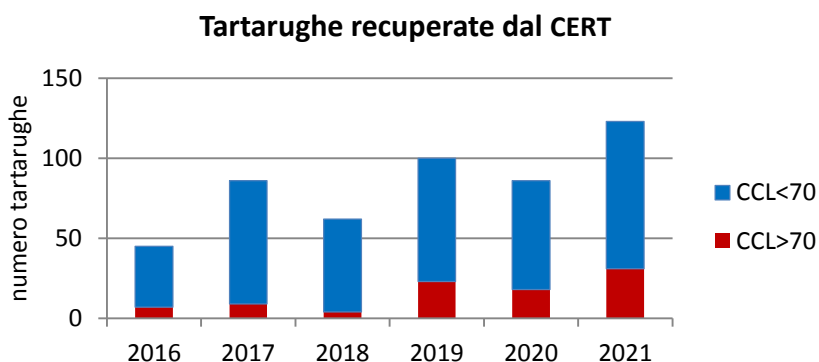


Figura 30: numero tartarughe recuperate dal CERT, in rosso quelle con carapace >70cm di lunghezza

In base alle dimensioni degli individui è possibile catalogarli in tre classi di età: i giovani, che presentano un carapace di massimo 40cm di lunghezza, i sub-adulti con un carapace che va da 41 a 65 cm di lunghezza e gli adulti con un carapace di dimensioni superiori ai 65 cm di lunghezza (intervalli di lunghezza come da scheda necroscopica fornita dal CERT). Classificando le tartarughe recuperate dai due centri secondo queste misure vediamo che il CERT recupera maggiormente sub-adulti (227), poi adulti (128) e poi giovani (69) (figura 31), mentre Fondazione Cetacea recupera principalmente giovani (544), poi sub-adulti (302) e infine adulti (163) (figura 32).

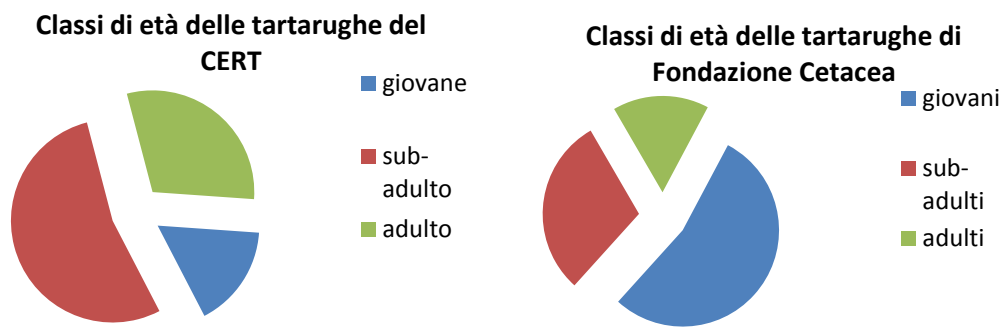


Figura 31 e 32: divisione in fasce d'età delle tartarughe recuperate dal CERT e da Fondazione Cetacea

3.1.3 VARIAZIONE DELLE DIMENSIONI DURANTE ESTATE-INVERNO

Le dimensioni delle tartarughe recuperate non sono, per nessuno dei due centri di recupero, costanti per tutti i mesi dell'anno, possiamo infatti apprezzare in figura 33 e 35 come le dimensioni medie, considerando per Fondazione Cetacea i dati dal 2009 in poi, variano tra il periodo estivo ed invernale. Per Fondazione Cetacea il numero di tartarughe recuperate in estate, cioè da maggio a settembre compresi, è di 285 esemplari, mentre quelli recuperati in inverno, da ottobre ad aprile compresi, è di 427 esemplari. Queste presentano dimensioni significativamente maggiori durante i mesi invernali rispetto a quelli estivi (test t di Student con $t= 9.8694$; $p<0.001$) (test Mann-Whitney con $z= 9.4162$; $p<0.001$).

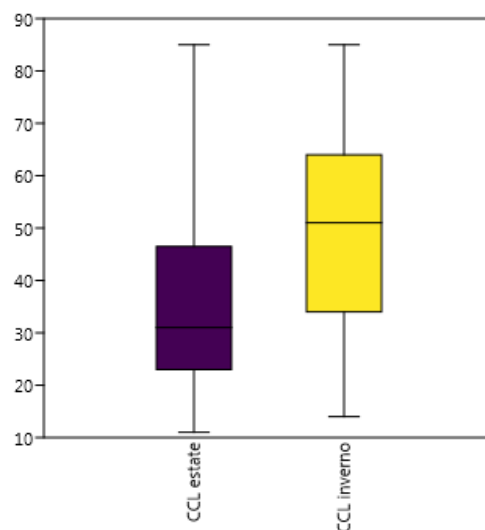


Figura 33: differenza di dimensioni (in centimetri) tra tartarughe recuperate in estate ed inverno per Fondazione Cetacea.

Consideriamo inoltre che nel caso di Fondazione Cetacea la mortalità risulta essere maggior in estate (39,79%) rispetto all'inverno (18,88%) (figura 34).

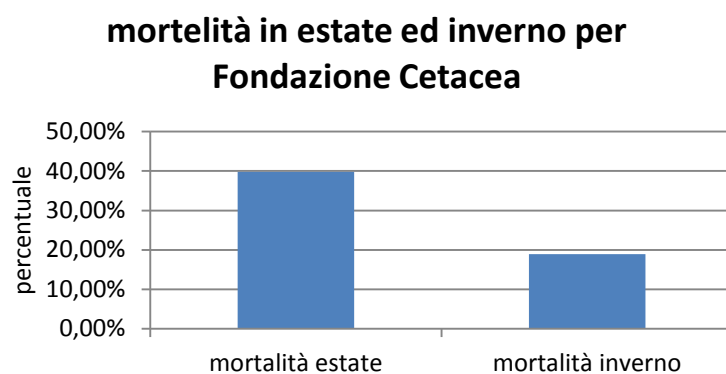


Figura 34: mortalità percentuale in estate ed inverno per Fondazione Cetacea

Nel caso del CERT la maggior parte delle tartarughe viene recuperata durante il periodo estivo, da maggio a settembre compresi, per un totale di 291 individui, contro i 116 recuperati nei mesi invernali, da ottobre ad aprile (non per tutte le tartarughe registrate avevo a disposizione la misura delle dimensioni, in questo grafico ho considerato solo quelle in cui avevo questa misura). Le dimensioni medie, al contrario che per Fondazione Cetacea, sono leggermente maggiori nel periodo estivo, ma senza differenza significativa rispetto all'inverno ($t= 1.4813$; $p= 0.14$).

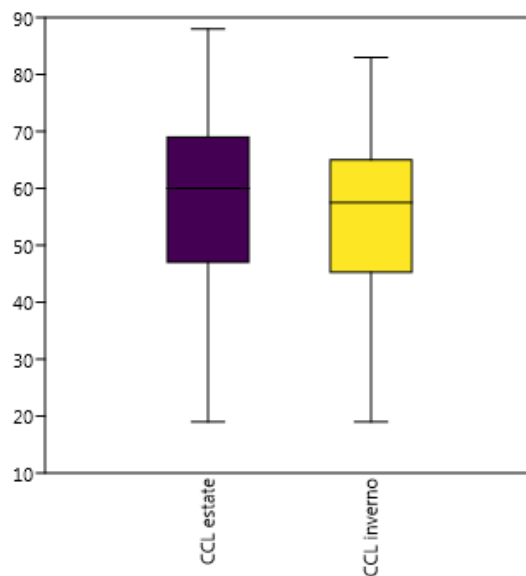


Figura 35: differenza di dimensioni (in centimetri) tra tartarughe recuperate in estate ed inverno per il CERT.

3.1.4 ANALISI PESO E LUNGHEZZA DATI CERT

Nei dati forniti dal CERT potevo inoltre mettere in relazione le variabili di dimensioni in centimetri di CCL ed il peso in kilogrammi, dalla figura 36 vediamo come il peso delle tartarughe negli anni risulti proporzionale al cubo della lunghezza, riflettendo un'isometria tra lunghezza e volume.

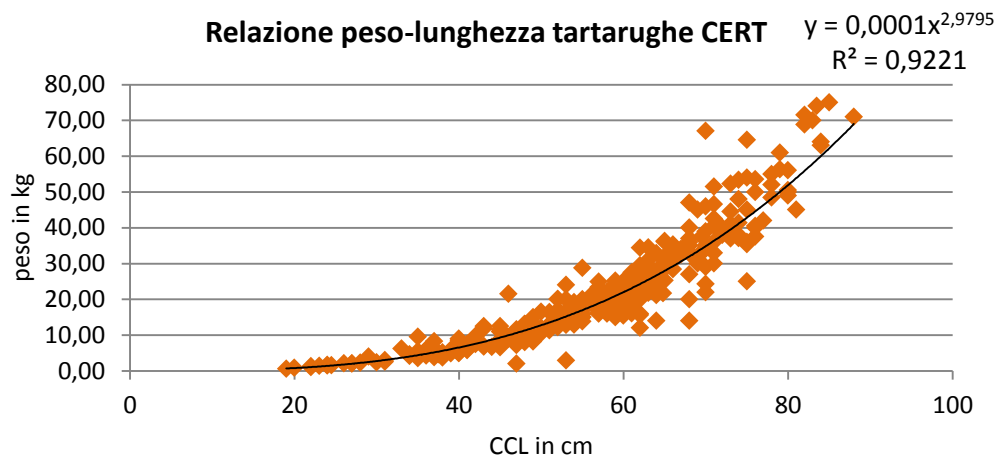


Figura 36: relazione tra peso in kg e lunghezza in centimetri di CCL per le tartarughe recuperate dal CERT

Il CERT recupera principalmente tartarughe già decedute che vengono trovate sulla spiaggia o alla deriva, queste possono essere segnalate anche diverso tempo dopo la morte e quindi trovarsi in diversi stati di conservazione. Nell'analisi degli animali deceduti è stato assegnato, da parte del CERT in linea con i protocolli internazionali, un codice legato allo stato di conservazione al momento del recupero, si passa da uno stato 1 di buona conservazione della carcassa ad uno stato 5 di conservazione caratterizzato da mummificazione o presenza del solo carapace ed altre rimanenze scheletriche. Presentando diversi stati di conservazione, il peso delle varie carcasse può subire delle alterazioni, ho quindi diviso i dati per stato e li ho analizzati separatamente per vedere la differenza di peso (figura 37) e lunghezza (figura 38) delle tartarughe recuperate. Lo stato 1 era composto da 5 tartarughe, lo stato 2 da 23, lo stato 3 da 17, lo stato 3a da 31, lo stato 3b da 107, lo stato 4 da 17 e lo stato 5 da 10 esemplari. Da questi grafici possiamo notare che lo stato 5 presenta un peso maggiore dello stato 1 nonostante la peggior conservazione, ed anche una lunghezza maggiore.

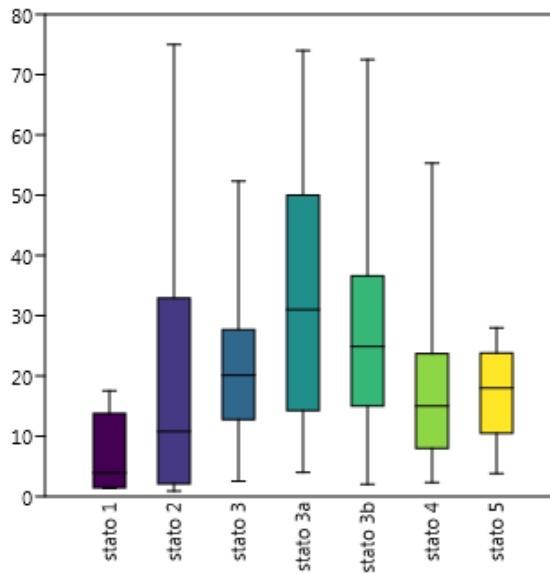


Figura 37: box-plot del peso (in kg) diviso per ogni stato di conservazione delle tartarughe recuperate dal CERT

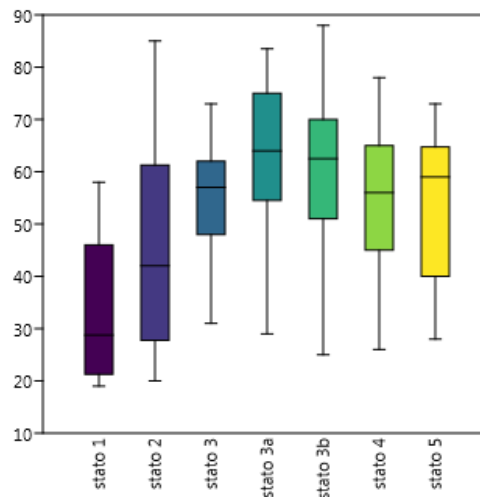


Figura 38: box-plot della lunghezza (in centimetri) di CCL diviso per ogni stato di conservazione delle tartarughe recuperate dal CERT

Il CERT inoltre effettua indagini necroscopiche di tutti gli animali recuperati, grazie alle quali è possibile determinare il sesso. In figura 39 possiamo notare come il numero di individui femmine sia maggiore rispetto ai maschi, mentre ND (non determinabile) mostra le tartarughe ancora immature per la determinazione del sesso.

Sesso tartarughe del CERT



Figura 39: sesso delle tartarughe recuperate dal CERT

3.2 CAUSE DI RECUPERO

Le tartarughe sono state recuperate dai due enti in diverse modalità: la principale è lo spiaggiamento che risulta il 43% delle catture nel caso di Fondazione Cetacea e il 96% nel caso de CERT. Al secondo posto, tra le cause di recupero, abbiamo le catture accidentali in reti da pesca a strascico in cui le tartarughe rimangono impigliate durante le operazioni di pesca (33% nel caso di Fondazione Cetacea e nessuna nel caso del CERT). Infine, al terzo posto abbiamo i soggetti recuperati alla deriva (20% nel caso di Fondazione Cetacea e solo 3% nel caso del CERT) (figura 40 e 41).

Nel caso di Fondazione Cetacea, possiamo poi vedere la presenza di numerose altre cause di recupero tra cui altre tipologie di reti da pesca come la rete da posta, il rapido o il palangaro, che causano però un numero di catture nettamente inferiore rispetto alla rete a strascico, e altre tipologie di deriva dove è accertata l'origine antropica del motivo per cui l'animale era alla deriva.

Percentuale tartarughe recuperate da Fondazione Cetacea

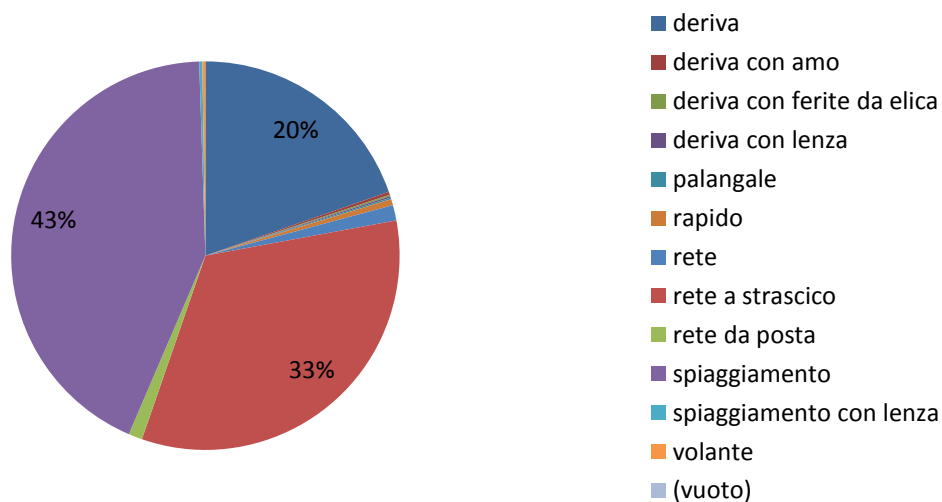


Figura 40: cause di recupero per Fondazione Cetacea

Percentuale tartarughe recuperate dal CERT

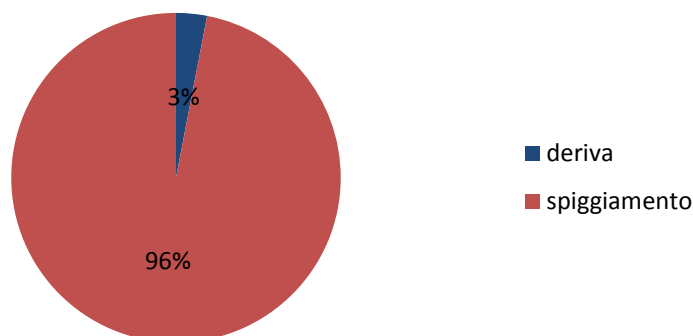


Figura 41: cause di recupero per il CERT

3.2.1 SPIAGGIAMENTO

Lo spiaggiamento è la principale causa di recupero in entrambi i dataset. Per Fondazione Cetacea il numero di spiaggiati è di 416 (figura 42), di cui il 39,66% è deceduta dopo il recupero; nel caso del CERT, il numero di individui trovati spiaggiati è 412, di cui solo 7 erano inizialmente ancora vive ma sono decedute successivamente.

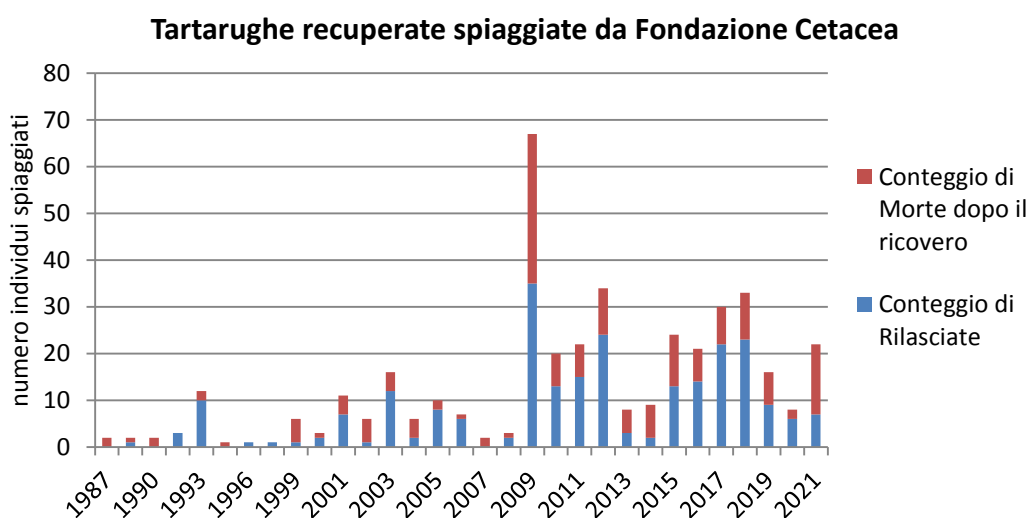


Figura 42: numero di tartarughe recuperate e decedute in seguito a spiaggiamento da Fondazione Cetacea

Gli animali spiaggiati registrati da Fondazione Cetacea sono maggiormente individui giovani, ma quelle che presentano una mortalità maggiore dopo il recupero a causa dello spiaggiamento sono le tartarughe adulte. Per le tartarughe del CERT, la classe che si spiaggia maggiormente è quella dei sub-adulti (tabella 2).

Fondazione cetacea	Spiaggiate totali	Morte dopo ricovero	Percentuale morte	CERT	Spiaggiate totali
Giovani	293	120	40,96%		68
Sub-adulte	91	29	31,89%		212
Adulte	22	10	45,45%		117

Tabella 2: divisione in classi di età delle spiaggiate di Fondazione Cetacea e CERT

In figura 43 e 44 vediamo quando avvengono gli spiaggiamenti nelle due zone prese in esame, per Fondazione Cetacea i numeri maggiori li abbiamo nei mesi di marzo e agosto, mentre per il CERT a luglio ed ottobre.

Spiaggiamenti Fondazione Cetacea

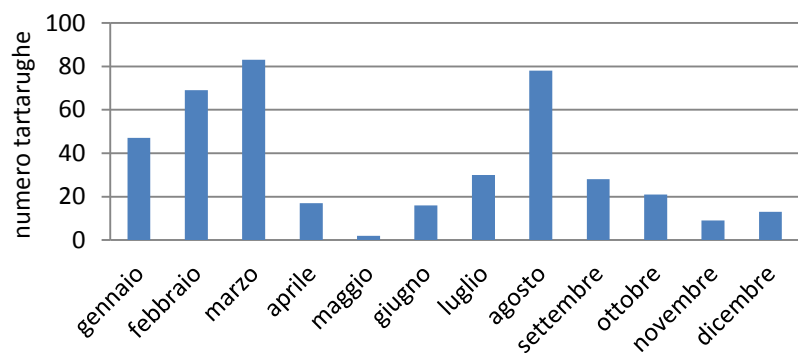


Figura 43: distribuzione degli spiaggiamenti nei mesi per Fondazione Cetacea

Spiaggiamenti CERT

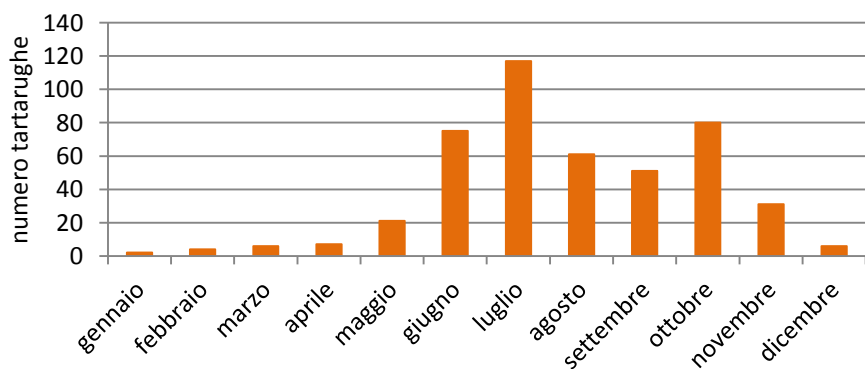


Figura 44: distribuzione degli spiaggiamenti nei mesi per il CERT

3.2.2 CATTURE CON RETI

Le catture con le reti a strascico sono la seconda causa di recupero nei dati di Fondazione Cetacea, mentre nei dati del CERT questa causa di recupero non compare. Il numero totale di catturate considerando tutte le tipologie di reti per Fondazione Cetacea è di 339 esemplari, con una mortalità del 8,55% dopo il recupero (figura 45). Il maggior numero di catture è presente nella classe delle sub-adulte, ma la mortalità maggiore per questa causa la presentano le adulte (tabella 3).

Tartarughe recuperate dopo cattura con rete da Fondazione Cetacea

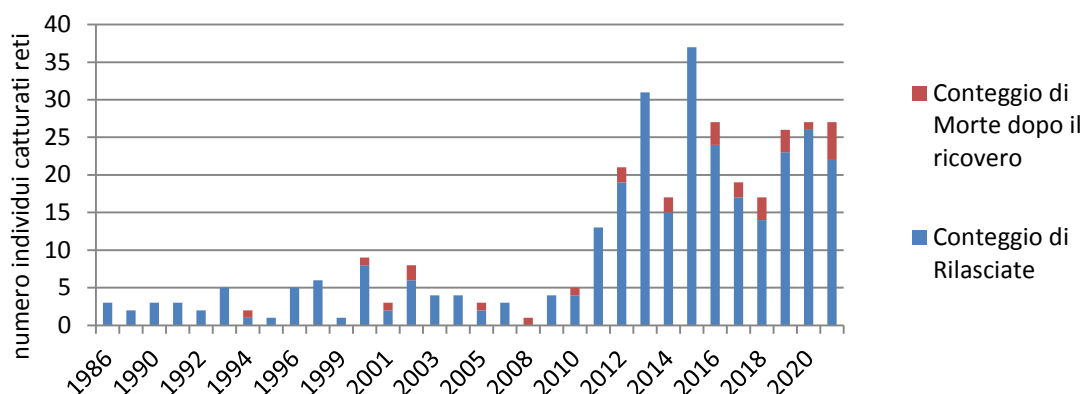


Figura 45: numero di tartarughe recuperate e decedute in seguito a cattura con reti da Fondazione Cetacea

Fondazione cetacea	Recuperate da reti totali	Morte dopo ricovero	Percentuale morte
Giovani	87	5	5,75%
Sub-adulte	156	10	6,41%
Adulte	104	15	14,42%

Tabella 3: divisione in classi di età delle catturate con reti di Fondazione Cetacea

In figura 46 vediamo come i recuperi dopo cattura nelle reti siano maggiori nei mesi di novembre e dicembre.

Catture con reti Fondazione Cetacea

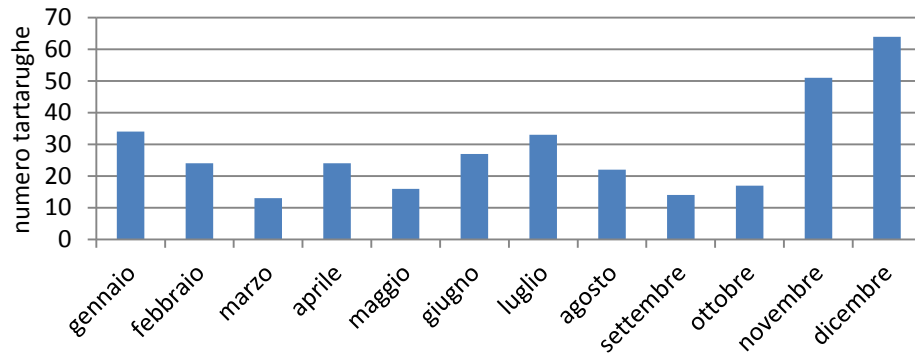


Figura 46: distribuzione dei recuperi dopo cattura con reti nei mesi per Fondazione Cetacea

3.2.3 DERIVA

Al terzo posto tra le cause di recupero c'è la deriva, per Fondazione Cetacea il numero di tartarughe trovate alla deriva è di 205 esemplari, con la mortalità del 37,07% (figura 47), nel caso del CERT solo 12 esemplari sono stati recuperati alla deriva. Per il CERT la fascia d'età maggiormente colpita è quella delle sub-adulte, mentre per Fondazione Cetacea è quella dei giovani, che presenta anche la mortalità maggiore (tabella 4).

Tartarughe recuperate alla deriva da Fondazione Cetacea

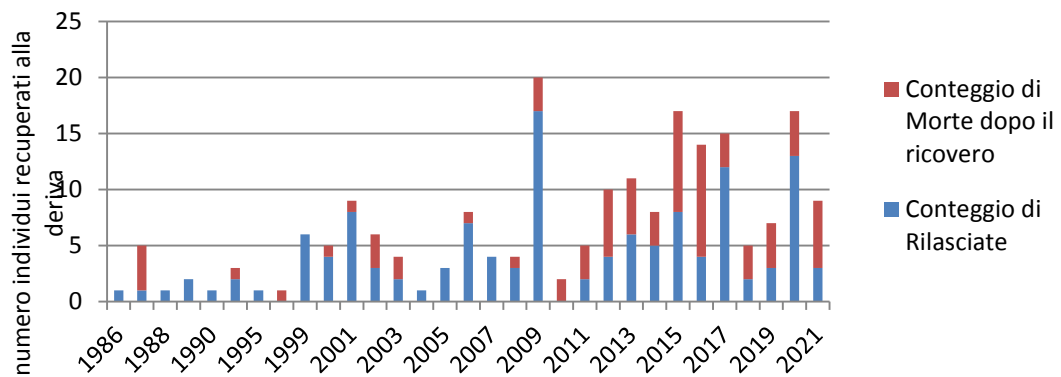


Figura 47: numero di tartarughe recuperate e decedute in seguito a cattura alla deriva da Fondazione Cetacea

Fondazione cetacea	Alla deriva totali	Morte dopo ricovero	Percentuale morte	CERT	Alla deriva totali
Giovani	129	52	40,31%		1
Sub-adulte	59	16	27,12%		8
Adulte	13	4	30,78%		3

Tabella 4: divisione in classi di età delle spiagiate di Fondazione Cetacea e CERT

In figura 48 e 49 vediamo la distribuzione nei mesi dei recuperi alla deriva delle tartarughe da parte delle due associazioni, nel caso del CERT sono in numero ridotto e avvengono solamente durante il periodo estivo, nel caso di Fondazione Cetacea agosto è il mese con maggior numero di recuperi alla deriva.

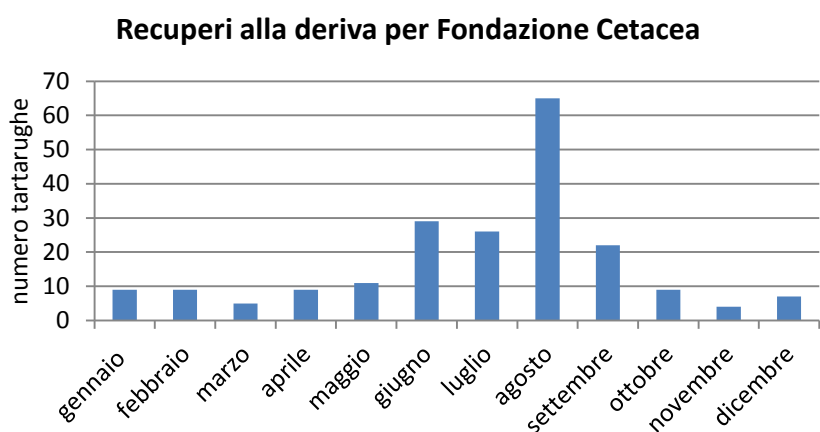


Figura 48: distribuzione dei recuperi alla deriva nei mesi per Fondazione Cetacea

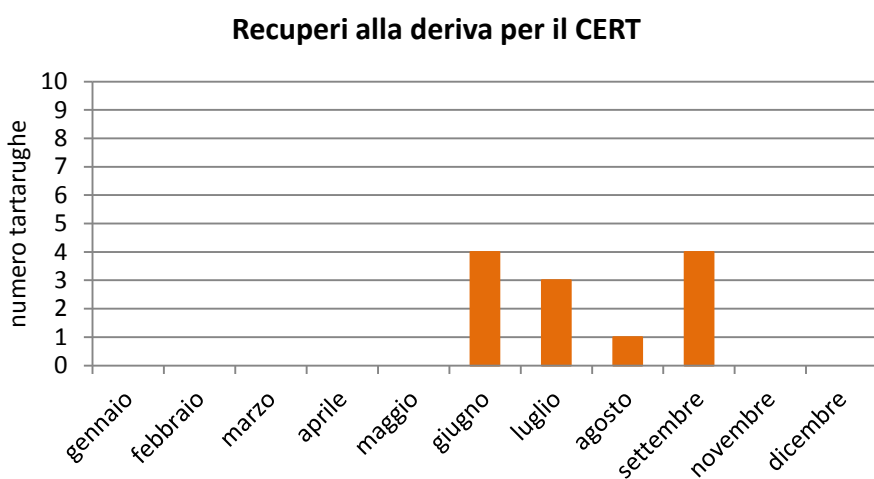


Figura 49: distribuzione dei recuperi alla deriva nei mesi per il CERT

3.3 LUOGO DI RECUPERO

Fondazione Cetacea recupera principalmente in Emilia Romagna e Marche e in quantità minore anche in Veneto, naturalmente la zona con maggior numero di tartarughe recuperate rimane l'Emilia Romagna (figura 50), ma effettua recuperi anche in altre regioni d'Italia come Friuli Venezia Giulia, Abruzzo, Molise, Puglia, Sicilia e anche in Croazia.

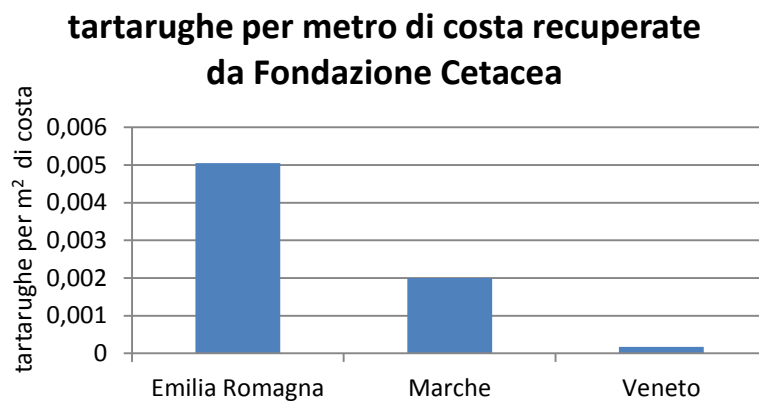


Figura 50 :principali luoghi di recupero delle tartarughe di Fondazione Cetacea

Il CERT recupera solamente nella costa del Veneto, da Bibione a Porto Tolle, loro stessi hanno provveduto ad una divisione in zone numerate della loro area totale di azione (figura 51), presentando però queste zone lunghezza diverse ho calcolato il numero di tartarughe spiaggiate per metro di costa, come per Fondazione Cetacea, ed è emerso che le zone con maggior numero di recuperi siano la 9 cioè Chioggia, la 7 cioè Venezia Lido e la 11 cioè Rosolina (figura 52).

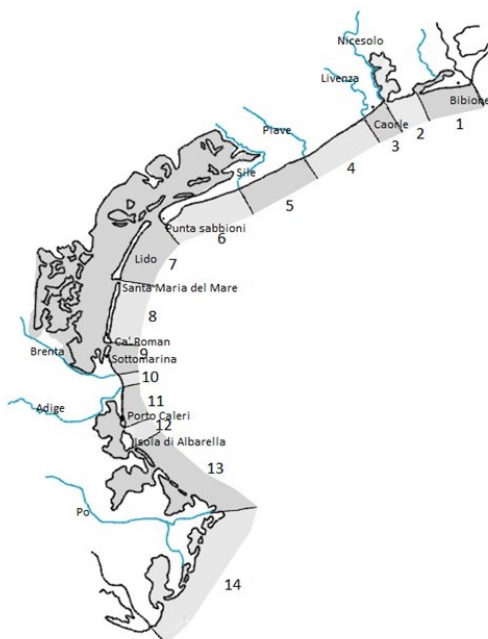


figura 51: divisione in zone effettuata dal CERT

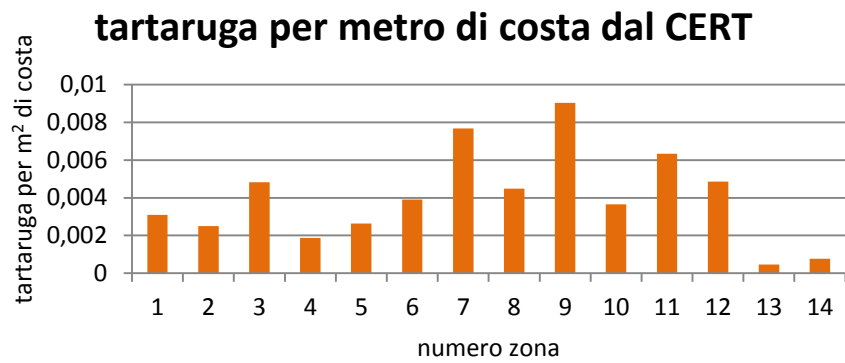


Figura 52: luoghi di recupero delle tartarughe del CERT

3.4 PERIODO DEI RECUPERI

Per quanto riguarda la distribuzione dei recuperi nei mesi dell'anno Fondazione Cetacea recupera maggiormente nel mese di agosto (figura 53), mentre il CERT effettua maggiori recuperi nei mesi di giugno e luglio (figura 54).

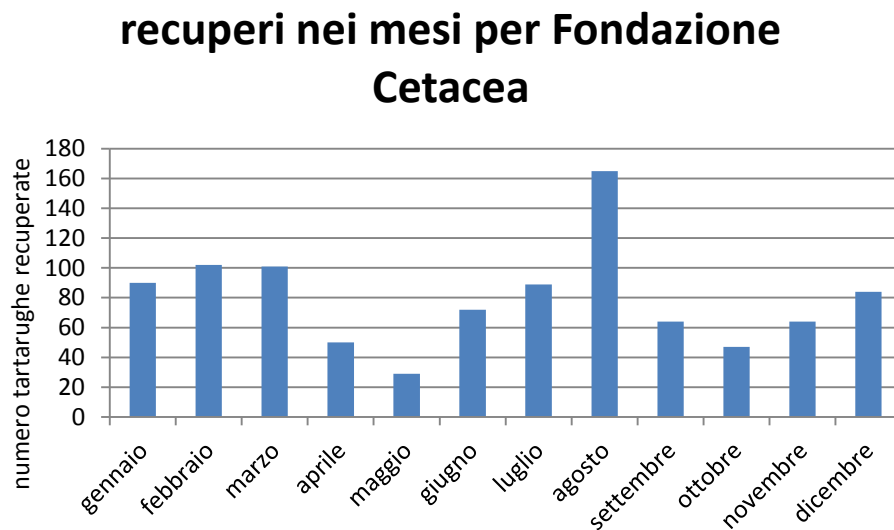


Figura 53: distribuzione dei recuperi per mese per Fondazione Cetacea dal 1986.

recuperi nei mesi per il CERT

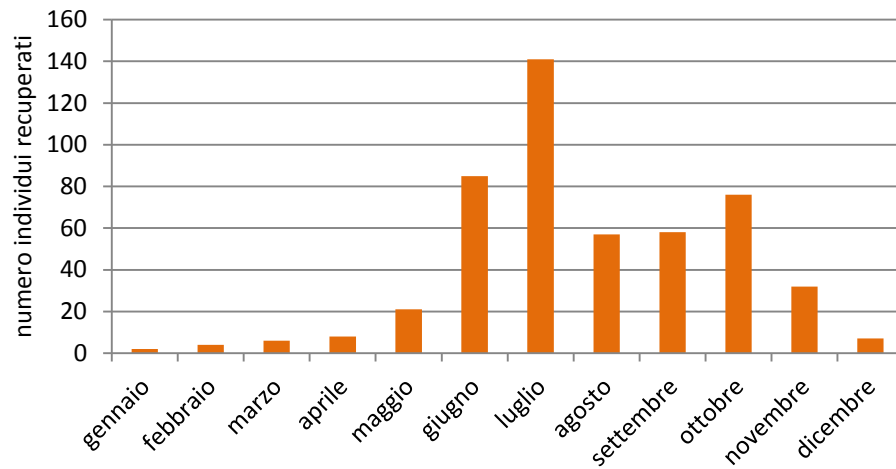


Figura 54: distribuzione dei recuperi per mese per il CERT

Le tartarughe del CERT possono essere recuperate diverso tempo dopo la morte dell'individuo stesso e per questo presentarsi in diversi stati di conservazione. Incrociando lo stato di conservazione degli esemplari ritrovati nei diversi mesi vediamo come gli stati di conservazione che indicano maggiore degradazione, quindi il 4 ed il 5, si concentrino nel periodo estivo, a luglio in particolare, per poi calare molto nel periodo invernale, in questo grafico ho unito gli stati di conservazione più simili a due a due (figura 55).

Stadi di conservazione nei mesi

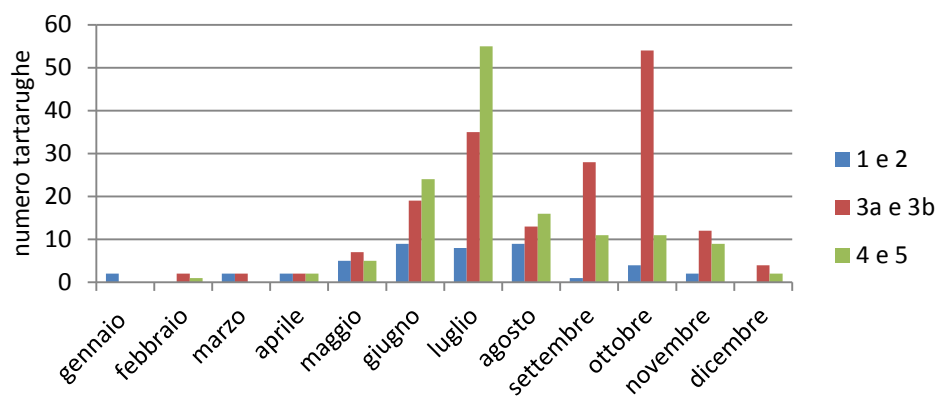


Figura 55: distribuzione degli stati di conservazione nei mesi per il CERT

3.5 FATTORI AMBIENTALI

3.5.1 TEMPERATURA SUPERFICIALE MARINA

I dati di tartarughe recuperate appena analizzati sono stati poi correlati con la variazione di due fattori ambientali principali che sono la temperatura superficiale marina media annua (SST: Sea Surface Temperature) e la produzione primaria media annua.

Per quanto riguarda la temperatura vediamo come questa è positivamente correlata al numero totale di tartarughe recuperate lo stesso anno nella zona presa in esame (figura 56) in modo significativo ($R_{\text{spearman}}=0.73$; $p_{\text{corretto_autocorr}}=0.022$; $N=33$) e lo stesso vale anche i recuperi dell'anno successivo (effetto laggato di un anno della temperatura) ($R_{\text{spearman}}=0.65$; $p_{\text{corretto_autocorr}}=0.052$; $N=33$).

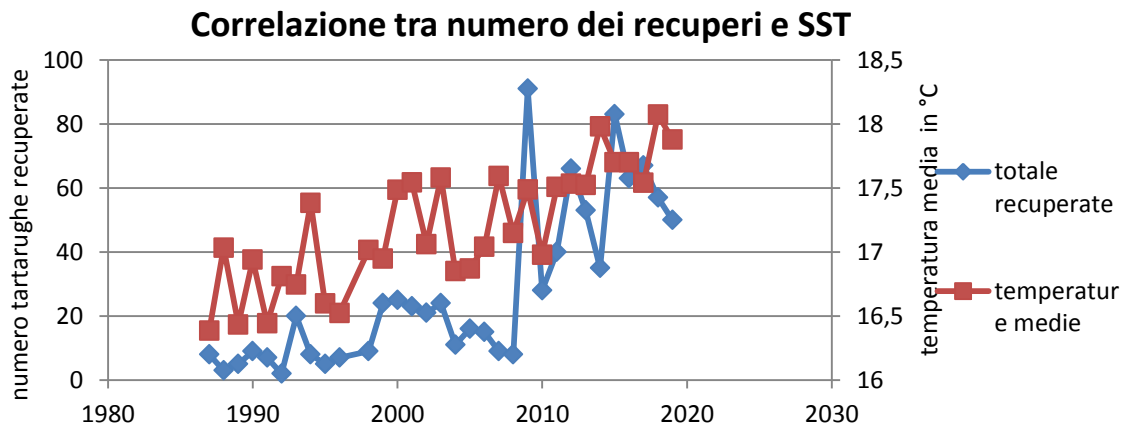


Figura 56: correlazione tra temperatura media e numero di tartarughe recuperate da Fondazione Cetacea

La temperatura superficiale media inoltre è positivamente correlata alla percentuale di mortalità totale in modo quasi significativo ($R_{\text{spearman}}= 0.30$; $p_{\text{corretto_autocorr}}=0.075$; $N=33$) e anche le dimensioni medie delle tartarughe dell'anno successivo sono correlate positivamente in modo quasi significativo ($R_{\text{spearman}}=0.43$; $p_{\text{corretto_autocorr}}=0.085$; $N=33$) (figura 57).

Correlazione tra dimensioni tartarughe e SST

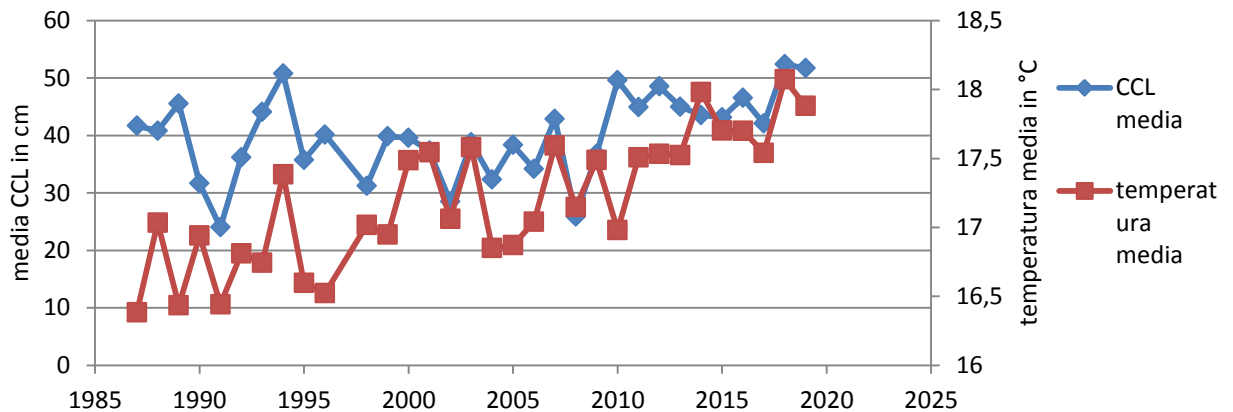


Figura 57: correlazione tra temperatura media e dimensione media delle tartarughe (in centimetri) recuperate da Fondazione Cetacea l'anno successivo

Rispetto alle cause di recupero è risultato che la temperatura media sia correlata positivamente sia con la percentuale di tartarughe spiaggiate che con il numero di tartarughe recuperate alla deriva dello stesso anno e anche dell'anno successivo, ma non sia correlata, invece, con la percentuale di recuperi dopo catturate con reti (tabella 5).

SPIAGGIAMENTO		DERIVA		CATTURA CON RETI	
Correlazione tra stessi anni	$R_{\text{spearman}}=0.5736$	Correlazione tra stessi anni	$R_{\text{spearman}}=0.6678$	Correlazione tra stessi anni	$R_{\text{spearman}}=0.5896$
	$p_{\text{corretto_autocorr}}=0.0244$		$p_{\text{corretto_autocorr}}=0.0085$		$p_{\text{corretto_autocorr}}=0.1047$
	N=29		N=28		N=29
Correlazione con anni sfasati (lag=1 anno)	$R_{\text{spearman}}=0.4827$	Correlazione con anni sfasati (lag=1 anno)	$R_{\text{spearman}}=0.5697$	Correlazione con anni sfasati (lag=1 anno)	$R_{\text{spearman}}=0.5610$
	$p_{\text{corretto_autocorr}}=0.0569$		$p_{\text{corretto_autocorr}}=0.0356$		$p_{\text{corretto_autocorr}}=0.1380$
	N=29		N=28		N=29

Tabella 5: correlazione tra temperatura medie annue del mare e principali cause di recupero, in percentuale, per Fondazione Cetacea.

Anche la mortalità nelle diverse cause di recupero può essere correlata alla temperatura, nel caso dello spiaggimento la percentuale di mortalità non risulta correlata alla temperatura, nel caso della deriva la temperatura è correlata alla mortalità dell'anno successivo, nel caso del recupero a cause delle reti la temperatura è correlata alla percentuale di mortalità in modo quasi significativo in entrambe le relazioni (tabella 6).

Mortalità SPIAGGIAMENTO		Mortalità DERIVA		Mortalità CATTURA CON RETI	
Correlazione tra stessi anni	$R_{\text{spearman}} = 0.0874$	Correlazione tra stessi anni	$R_{\text{spearman}} = 0.2876$	Correlazione tra stessi anni	$R_{\text{spearman}} = 0.3240$
	$p_{\text{corretto_autocorr}} = 0.5653$		$p_{\text{corretto_autocorr}} = 0.1747$		$p_{\text{corretto_autocorr}} = 0.0556$
	N=29		N=28		N=29
Correlazione con anni sfasati (lag=1 anno)	$R_{\text{spearman}} = 0.08832$	Correlazione con anni sfasati (lag=1 anno)	$R_{\text{spearman}} = 0.4183$	Correlazione con anni sfasati (lag=1 anno)	$R_{\text{spearman}} = 0.3081$
	$p_{\text{corretto_autocorr}} = 0.5325$		$p_{\text{corretto_autocorr}} = 0.0561$		$p_{\text{corretto_autocorr}} = 0.0682$
	N=29		N=28		N=29

Tabella 6: correlazioni tra temperatura medie annue del mare e mortalità percentuale dovuta alle principali cause di recupero per Fondazione Cetacea.

3.5.2 PRODUZIONE PRIMARIA

L'altro fattore ambientale che ho analizzato è la produzione primaria media annua, sempre relazionata alle variabili legate alle tartarughe di Fondazione Cetacea, in figura 58 vediamo come la produzione primaria sia correlata positivamente, al limite del significativo, al numero totale di tartarughe recuperate l'anno successivo ($R_{\text{spearman}}=0.48$; $p_{\text{corretto_autocorr}}=0.087$; $N=21$).

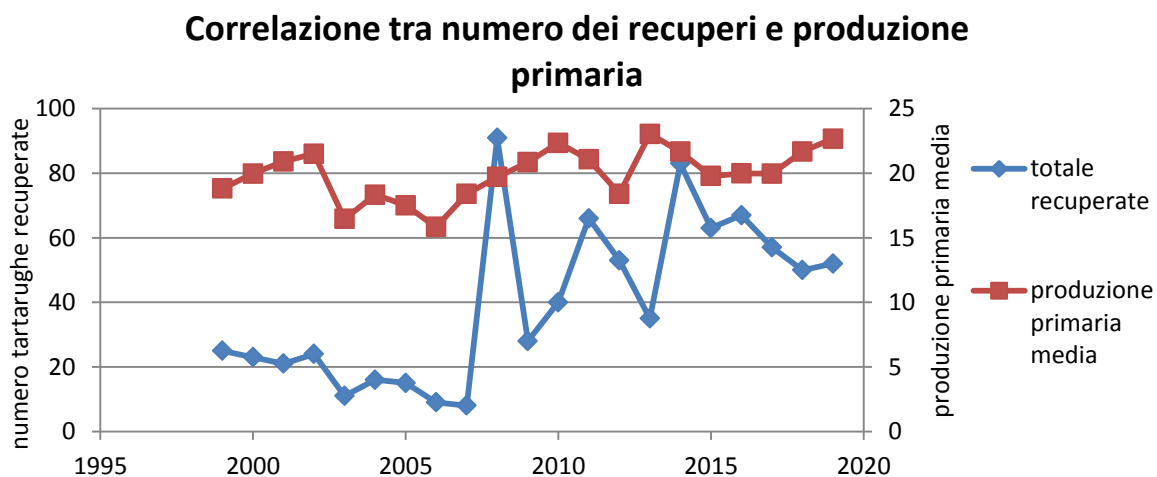


Figura 58: relazione tra produzione primaria media annua e numero di tartarughe recuperate da Fondazione Cetacea laggato di un anno

La produzione primaria è risultata correlata positivamente, al limite del significativo, anche con le dimensioni medie in centimetri di CCL sia dello stesso anno ($R_{\text{spearman}}=0.48$; $p_{\text{corretto_autocorr}}=0.061$; $N=21$) che, in modo significativo, laggate di un anno ($R_{\text{spearman}} = 0.53$; $p_{\text{corretto_autocorr}} = 0.048$; $N=21$) (figura 59).

Correlazione tra dimensioni tartarughe e produzione primaria

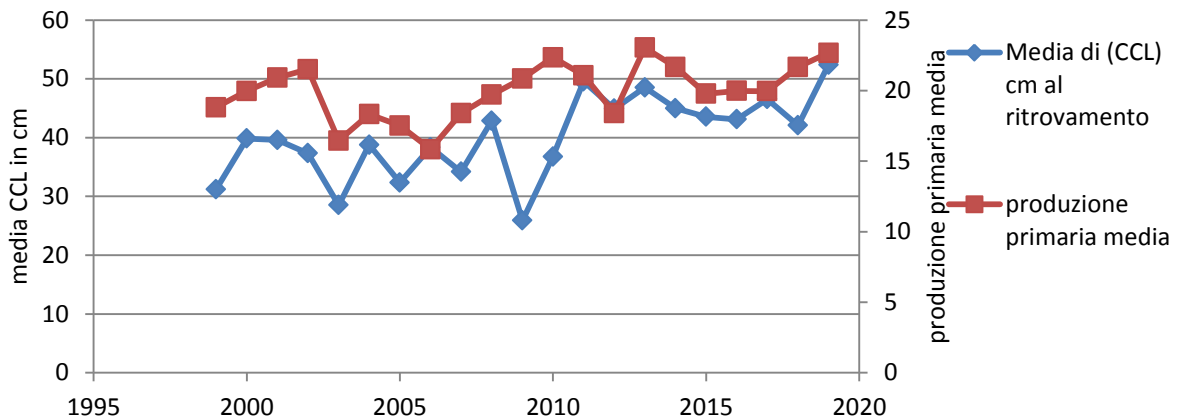


Figura 59: correlazione tra produzione primaria media annua e dimensione media delle tartarughe (in centimetri) recuperate da Fondazione Cetacea con lag di un anno

Ho successivamente relazionato la produzione primaria media con le cause di cattura rilevando che quest'ultima sia correlata, in modo quasi significativo, alla percentuale di tartarughe recuperate dopo cattura con reti da pesca, laggate di un anno, e non risulti correlata invece al numero di tartarughe recuperate alla deriva, mentre anche per lo spiaggiamento abbiamo una correlazione positiva dalla percentuale di catture laggate di un anno (tabella7).

SPIAGGIAMENTO		DERIVA		CATTURE CON RETI	
Correlazione tra stessi anni	$R_{\text{spearman}}=0.2672$	Correlazione tra stessi anni	$R_{\text{spearman}}=0.2700$	Correlazione tra stessi anni	$R_{\text{spearman}}=0.4740$
	$P_{\text{corretto autocorr}}=0.2839$		$P_{\text{corretto autocorr}}=0.2856$		$P_{\text{corretto autocorr}}=0.0865$
	N=21		N=21		N=20
Correlazione con anni sfasati	$R_{\text{spearman}}=0.4493$	Correlazione con anni sfasati	$R_{\text{spearman}}=0.3473$	Correlazione con anni sfasati	$R_{\text{spearman}}=0.5117$
	$P_{\text{corretto autocorr}}=0.0550$		$P_{\text{corretto autocorr}}=0.1599$		$P_{\text{corretto autocorr}}=0.06407$
	N=21		N=21		N=20

Tabella 7: correlazioni tra produzione primaria media annua e principali cause di recupero, in percentuale, per Fondazione Cetacea. Evidenziate le correlazioni significative

La mortalità percentuale invece non viene influenzata dalla produzione primaria, ne quella totale ne quella delle singole cause di recupero.

3.6 SFORZO DI PESCA

Oltre ai fattori ambientali l'occorrenza delle tartarughe è potenzialmente influenzata anche dallo sforzo di pesca. Osservando i recuperi medi per mese di Fondazione Cetacea, dovuti solo a cause antropiche come: catture con reti, collisioni con imbarcazioni e recuperi in cui erano presenti ami o lenze, vediamo che questi calano durante il mese di agosto (figura 60).

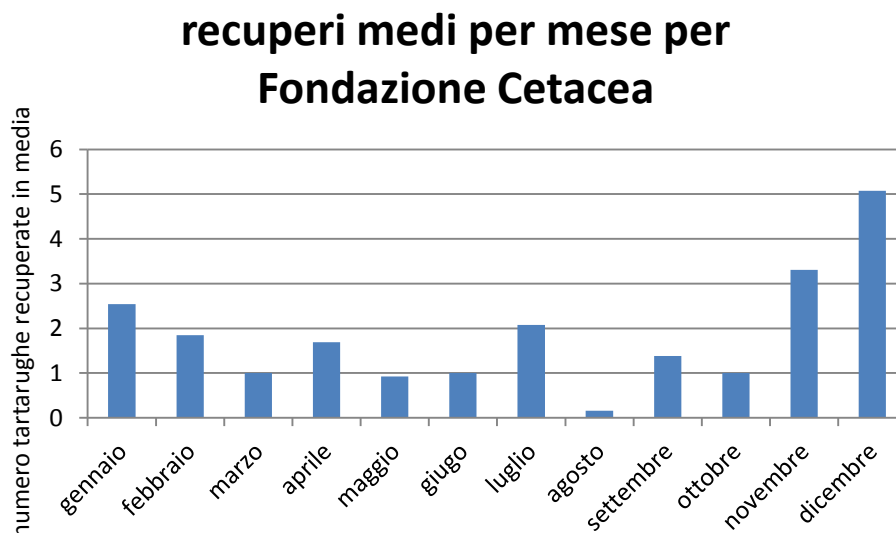


Figura 60: distribuzione dei recuperi mesi per mese dovuti a cause antropiche per Fondazione Cetacea

Ho quindi esaminato lo sforzo di pesca (GT: stazza dell'imbarcazione per giornate di uscita del peschereccio) nella zona del nord Adriatico notando la presenza di un basso impatto durante il mese di agosto ed in parte anche a settembre (figura 61).

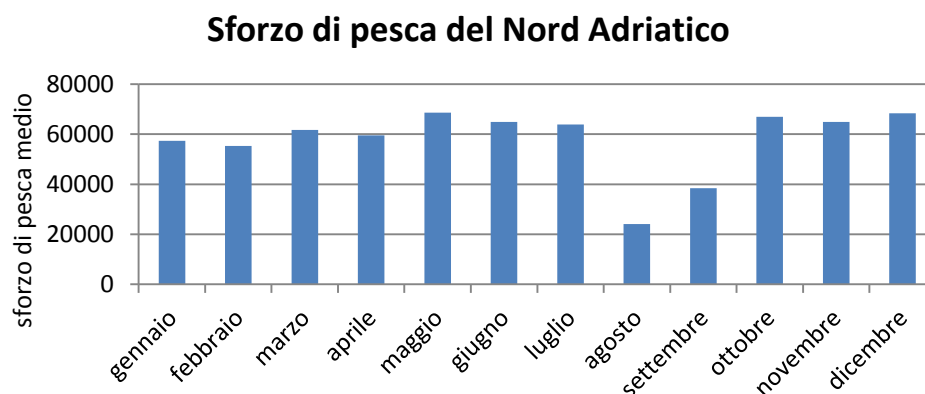


Figura 61: sforzo di pesca medio per il Nord Adriatico

Correlando poi lo sforzo di pesca con i dati legati alle tartarughe recuperate da Fondazione Cetacea, vediamo come questo non sia correlato né al numero di recuperi totale, né alla mortalità percentuale e nemmeno alle dimensioni medie in cm di CCL. E nemmeno le altre cause di recupero vengono influenzate.

Correlando invece lo sforzo di pesca medio, calcolato nei mesi, vediamo che questo presenta una forte correlazione positiva col numero di recuperi, causati da cattura accidentale nelle reti con lag di un mese, da Fondazione Cetacea ($R_{\text{spearman}}=0.82$; $p_{\text{corretto_autocorr}}=0.011$; $N= 11$) (figura 62).

Correlazione sforzo di pesca mensile e recuperi dovuti a cattura con reti

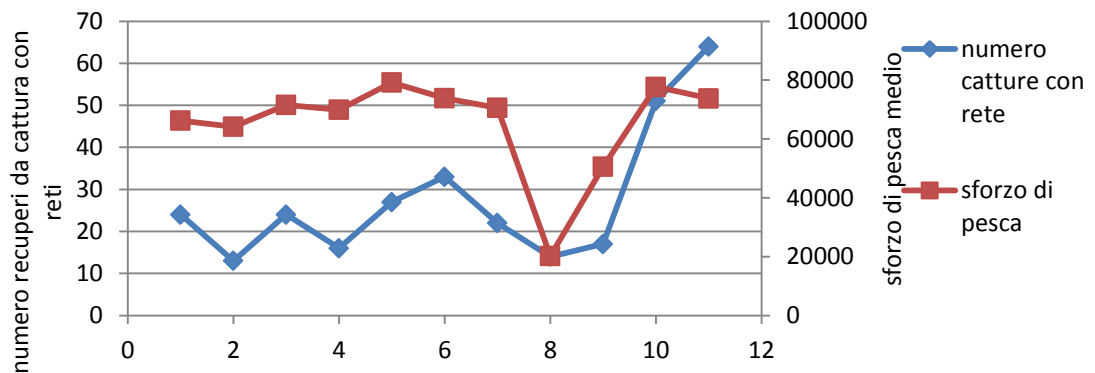


Figura 62: correlazione tra sforzo di pesca mensile medio e recuperi effettuati da Fondazione Cetacea a causa di cattura nelle reti da pesca, con lag di un mese

4 DISCUSSIONE

Una delle sfide dominanti dell'ecologia è capire come e perché l'abbondanza delle specie subisca cambiamenti nel tempo (Ciannelli et al., 2008). Tra i principali fattori che determinano la dinamica delle popolazioni vi sono le attività umane, le quali hanno un elevato impatto anche sulle specie marine (Halpern et al., 2008). Come ho analizzato anche in questa tesi, però, i fattori antropici non sono gli unici ad influenzare l'occorrenza delle popolazioni, ma anche i fattori ambientali, divisi in variabili biotiche (risorse trofiche e predatori) e abiotiche (clima e idrodinamicità) possono causare oscillazioni nelle popolazioni.

L'impatto delle pressioni umane nell'ambiente marino risulta essere più difficile da osservare e quantificare rispetto all'impatto dell'uomo sulla terra, nell'ultimo decennio però sono stati fatti significativi progressi grazie alla maggior conoscenza e al maggior apporto di dati su questo ambiente (Gislason et al., 2000).

Molti dei risultati emersi durante questo studio mostrano trend in aumento, come per esempio il numero di tartarughe *C. caretta* ricoverate o trovate decedute sulla spiaggia, questo risultato dipende come vedremo da numerosi fattori antropici ed ambientali ma è anche il risultato della maggior importanza che è stata attribuita alla raccolta dati ai fini della conservazione negli ultimi tempi. I progressi fatti nell'ultimo periodo vedono un maggior valore dato alla raccolta e all'analisi di tutti i tipi di dati che i Centri di Recupero possono raccogliere, quindi non solo limitandosi a contare il numero di animali ricoverati ma anche tutti gli animali soccorsi, i deceduti, quelli trovati già morti e tutte le informazioni possibili recuperabili da ogni singolo caso. Oltre a questo, si è poi verificata una progressiva centralizzazione dei dati grazie all'istituzione di Reti e Coordinamenti Regionali in molte regioni d'Italia che afferiscono poi al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) e all'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA).

Fondazione Cetacea per esempio, è entrata a far parte della rete Adrio-net, cioè una rete Adriatico-Ionica dei Centri di Recupero, costituita in modo volontario da diversi Centri di Recupero per Tartarughe Marine con lo scopo di coordinare i vari Centri di Recupero e dare origine a protocolli di intervento standard al fine di poter poi confrontare i dati raccolti e poter migliorare la capacità di cura di questi animali. I soci fondatori di questa rete sono: Fondazione Cetacea (Emilia Romagna), Centro Studi Cetacei (Abruzzo), Museo di Storia Naturale del Salento

(Puglia), Oasi WWF Policloro (Basilicata), Area Marina Protetta di Torre di Guaceto (Puglia), WWF Molfetta (Puglia).

Questa rete di coordinamento ha quindi permesso una raccolta ed elaborazione più efficace e completa dei dati attraverso interazione tra le varie strutture che operano ai vari livelli di tutela in ambito della tartaruga marina.

Un altro fattore che ha influenzato questi andamenti in aumento è la maggior consapevolezza diffusa tra gli stessi pescatori ma anche tra la popolazione comune grazie alle campagne di sensibilizzazione messe in atto dalle varie organizzazioni; ciò ha permesso un maggior numero di segnalazioni e quindi una migliore attività di salvaguardia.

Prima di analizzare i dati raccolti dobbiamo considerare l'intervallo di tempo preso in esame, nel caso di Fondazione Cetacea il centro di recupero è stato fondato ufficialmente nel 1994, i dati presi in considerazione vanno però dal 1986 al 2021 perché il Centro era attivo informalmente anche in precedenza, in questo primo database possiamo comunque vedere l'elevata differenza nel numero di dati e anche nella maggior accuratezza nella raccolta dal 2009 in poi, questo potrebbe essere giustificato da un progressivo aumento della conoscenza del Centro da parte delle istituzioni e dei cittadini che effettuano le segnalazioni e da una maggiore organizzazione nella raccolta dati. Nel caso del CERT invece i dati vanno dal 2016 al 2021, un periodo di tempo più breve in quanto questa è un'associazione nata solamente nel 2010. I dati non sono stati messi a confronto con lo scopo di valutare l'operato dei due Enti, ma sono stati confrontati ed integrati col fine di evidenziare la presenza di eventuali pattern simili legati a fattori naturali o antropici e di valutare se alcuni fattori possano essere correlati più o meno di altri.

4.1 RECUPERI TOTALI

La prima figura fa notare come il numero totale di individui recuperati in diverse condizioni sia maggiore per Fondazione Cetacea, per un totale di 1009 tartarughe, e minore per il CERT, per un totale di 502 tartarughe. Il totale le tartarughe recuperate da Fondazione Cetacea sono di più, ma se consideriamo l'intervallo di tempo analizzato abbiamo un recupero medio di 28,83 tartarughe per anno e 100,4 per il CERT. Questa differenza potrebbe essere dovuta dal fatto che nel database di Fondazione Cetacea, che ho preso in esame, sono presenti solo gli individui trovati vivi perché quelli rinvenuti già deceduti vengono prelevati e catalogati in un altro database e quindi non sono stati analizzati in questo studio, invece nel caso del CERT, sono stati catalogati tutte le tartarughe rinvenute sia vive che morte.

Il Centro di Recupero di Riccione presenta una percentuale di morte dopo il ricovero del 27,45% nel totale e di rilascio in mare di 71,55% nel totale, da questo possiamo dire che il Centro effettui un buon lavoro di ospedalizzazione e cura delle tartarughe, nonostante la percentuale di mortalità mostri un aumento significativo nel tempo (figura 19).

Queste analisi invece, non sono disponibili nella stessa quantità nel caso del CERT in quanto i dati si riferiscono quasi esclusivamente ad animali trovati già deceduti. Nonostante questo, il numero totale di recuperi effettuati dal CERT comunque vede un andamento in aumento significativo (figura 20).

4.1.1 ANALISI DELLE DIMENSIONI DELLE TARTARUGHE

Osservando le dimensioni medie delle tartarughe vediamo come queste aumentino nel tempo in entrambi i dataset in modo significativo (figura 21 e 24). Per Fondazione Cetacea la maggior parte dei recuperi si attesta per tartarughe di medie dimensioni, infatti la media totale di quelle recuperate è di 41,83 cm di CCL. Mentre il CERT recupera maggiormente individui di grandi dimensioni con media di 57,14 cm di CCL e peso medio di 23,65 kg. La presenza di individui di piccole dimensioni è più rara tanto che il CERT non registra recuperi al di sotto dei 19 cm di lunghezza del carapace, mentre Fondazione Cetacea presenta anche individui di 5,5 cm di carapace ma in quantità nettamente minori rispetto alle altre; questo potrebbe essere dovuto al fatto che il nord Adriatico è un tipico luogo di foraggiamento di individui adulti e sub-adulti, mentre gli individui molto giovani rimangono maggiormente nelle zone dello Ionio, Tirreno o nel Mediterraneo soprattutto nella porzione più a sud (Clusa et al, 2014).

Le tartarughe di Fondazione Cetacea si possono dividere in recuperate e rilasciate o recuperate e decedute dopo il recupero, analizzando le dimensioni di queste due categorie vediamo come le rilasciate presentino dimensioni significativamente maggiori rispetto alle decedute, con medie rispettivamente di 45,95cm e 39,59 cm (figura 28). Questo è un buon risultato perché significa che i soggetti di maggiori dimensioni, quindi quelli maggiormente presenti nelle zone dell'Adriatico e più vicini all'età di riproduzione, vengono rilasciati e muoiono in numero minore durante le cure, in questo modo non si va a diminuire troppo il numero di tartarughe naturalmente presenti nella zona ed in grado di contribuire maggiormente alla sopravvivenza della popolazione.

Come indicato in letteratura consideriamo i 70 cm di lunghezza del carapace come il valore soglia di maturazione sessuale e la percentuale di tartarughe recuperate che hanno raggiunto questa soglia è di 8,62% per Fondazione Cetacea e 18,36% per il CERT (tabella 1), anche se il CERT, predisponendo analisi necroscopiche su tutti gli individui recuperati, ha rilevato la presenza di individui

maturi sessualmente anche a dimensioni leggermente inferiori come 60-65cm di CCL. In ogni caso, nei dati analizzati il numero di individui con $CCL > 70$ cm risulta aumentare nel tempo in modo significativo sia in numero assoluto che in percentuale sul totale, questo potrebbe essere dovuto ad un loro aumento sia a livello delle popolazioni presenti nella zona dell'Adriatico, fattore positivo per l'aspetto riproduttivo e di nidificazione, oppure per il maggior numero di recuperi di soggetti di queste dimensioni in seguito a spiaggiamento, deriva o cattura con reti da parte dei Centri di Recupero che è invece un fattore negativo per la salvaguardia della specie.

Ho analizzato successivamente la differenza di dimensioni delle tartarughe recuperate nel periodo estivo ed invernale (figura 33 e 35), quest'analisi è stata effettuata perché nell'articolo di Girard (2021) l'aumento delle dimensioni di individui *C. caretta* nelle acque del Mediterraneo francese era significativo solo durante la stagione estiva e questo era dovuto alla migrazione per la nidificazione che effettuano i soggetti maturi sessualmente, in particolare le femmine nidificanti, che sono di dimensioni maggiori. Ho quindi mantenuto la stessa divisione estate-inverno, adottata dagli autori del precedente articolo, ma nel mio caso le dimensioni maggiori sono state riscontrate nel periodo invernale, con differenza significativa della media rispetto al periodo estivo. I dati analizzati riguardano i recuperi di tartarughe in difficoltà da parte di Fondazione Cetacea, quindi nel periodo invernale si ha un maggior numero di recuperi di soggetti più grandi e questo potrebbe rispecchiare sia un trend di aumento delle dimensioni nella popolazione naturale, ma potrebbe anche essere influenzato da altri fattori, come cambiamenti a livello naturale o a livello di impatto antropico, che portano ad una maggior recupero di individui grandi durante l'inverno oltre che un maggior numero totale di recuperi in questa stessa stagione rispetto all'estate. Inoltre durante l'inverno ci sono tartarughe di dimensioni più grandi perché sono quelle che meglio sopportano l'abbassarsi della temperatura. Nel caso del CERT invece, non vi è una differenza statisticamente significativa delle dimensioni tra estate ed inverno. Considerando che i dati del CERT riguardano esemplari deceduti rinvenuti sulla spiaggia o alla deriva, possiamo quindi ipotizzare che l'effetto della taglia sulla mortalità sia simile durante tutto l'anno.

Nel database del CERT sono riuscita a mettere in relazione il peso e le dimensioni delle tartarughe trovando che il peso cresce in modo proporzionale al cubo della lunghezza, confermando la presenza di una relazione isometrica, come comunemente osservato in diversi organismi marini (figura 36).

Tra queste due misure il peso deve essere considerato alla luce dello stato di conservazione in quanto gli animali recuperati in alcuni casi risultavano maggiormente degradati perché spiaggiati diverso tempo dopo la morte, in

questi casi il peso indicato non rispecchia il peso reale dell'animale a causa della degradazione più o meno marcata dei tessuti. Dividendo le tartarughe per lo stato di conservazione e facendo un box-plot del peso mi aspettavo che lo stato di conservazione 5, cioè quello di maggior degradazione, risultasse meno pesante per la minor presenza dei tessuti molli, ma questo non accade e anzi risulta più pesante rispetto allo stato 1 che indica ottima conservazione della carcassa (figura 37). Osservando la figura 38 vediamo però come lo stato 5 sia caratterizzato da lunghezze significativamente maggiori rispetto allo stato 1 ($t=2.9739$; $p=0.01$) ed essendo quindi le tartarughe dello stato 5 nettamente più grandi di quelle dello stato 1, anche se presentano una conservazione peggiore, peseranno comunque di più di quelle dello stato 1. Probabilmente il sistema di correnti che coinvolge il nord Adriatico fa sì che le tartarughe di maggiori dimensioni rimangano per più tempo in acqua dopo la morte causandone la maggiore decomposizione (Santos et al., 2018).

Grazie alle indagini post mortali predisposte su tutti gli individui il CERT ha una stima reale del sesso delle tartarughe recuperate, anche per quelle in cui i caratteri sessuali secondari non erano ancora visibili, da questa stima (figura 39) si vede come nelle zone del nord Adriatico siano presenti un numero maggiore di femmine, 144, rispetto ai maschi che erano solamente 50 in totale. Questa stima è molto importante perché normalmente nei Centri di Recupero non è possibile effettuare analisi necroscopica di tutti gli individui recuperati per una questione economica e dunque il sesso è decretabile solo per gli individui più grandi che ne presentano evidenze fenotipiche o per coloro che effettuano particolari analisi veterinarie. Nel caso di Fondazione Cetacea infatti non ho questa informazione, ma sono riuscita a fare una stima approssimativa del sesso attraverso i nomi dati alle tartarughe ricoverate al di sopra dei 70cm di CCL, che ne rispecchiano il sesso, e questa mi conferma un maggior numero di soggetti di sesso femminile anche in questo secondo database.

4.2 CAUSA RECUPERI

Fra le cause di recupero, vediamo che lo spiaggiamento è al primo posto in entrambi i dataset, anche qui dobbiamo fare una distinzione: nel caso di Fondazione Cetacea gli individui spiaggiati, considerando i dati dal 2009 in poi, sono 339 in totale e sono soggetti ritrovati vivi nel 62,5% dei casi mentre nel caso del CERT solo 6 tartarughe delle 463 totali spiaggiate (cioè 1,29%) sono state ritrovate vive ma sono comunque morte successivamente durante il ricovero.

Osservando i dati degli spiaggiamenti vediamo che a spiaggiarsi sono in maggior quantità tartarughe giovani o sub-adulte (tabella 2), quindi con dimensioni inferiori a 65cm di CCL, ma la maggior mortalità percentuale è per i soggetti adulti. Secondo uno studio questo potrebbe essere dovuto al fatto che le carcasse di dimensioni maggiori e quindi più pesanti subiscano una maggiore influenza da parte delle correnti e dei venti rimanendo per più tempo in acqua rispetto alle più piccole che raggiungono prima la spiaggia (Santos, 2018), confermando anche la maggior degradazione delle tartarughe di dimensioni maggiori vista prima (figura 37 e 38), quindi rimanendo per di più in acqua, una volta recuperate, queste tartarughe sono in condizioni di salute peggiori e di conseguenza presentano una mortalità più elevata. Il maggior numero di tartarughe giovani potrebbe essere spiegato, inoltre, dalla possibile maggior presenza di questi individui nella popolazione, che porta ad un numero maggiore di spiaggiamenti per questa classe d'età, causata per esempio, da una loro maggiore propensione, per caratteristiche fisiche o distribuzione spaziale, allo spiaggiamento. Il numero di spiaggiati dipende anche dalla morfologia delle coste e dal gioco di correnti.

Lo spiaggiamento è un termine generico per indicare la presenza di una tartaruga sulla spiaggia, le cause che portano allo spiaggiamento però possono essere molteplici e molto diverse tra loro: una tartaruga può spiaggiarsi perché in cattive condizioni di salute, in questo caso essendo debilitata la forza della corrente la trascinerrebbe a riva o alla deriva, ma può spiaggiarsi anche in seguito a ferite provocate da collisioni con imbarcazioni o collisioni con elementi naturali come scogli, a causa di ferite provocate in modo volontario dall'uomo o causate da predatori naturali. Potrebbero poi spiaggiarsi anche in seguito a catture accidentali e assenza di primo soccorso, se un animale ha passato molto tempo impigliato in un attrezzo da pesca può risultare debilitato e il successivo rilascio senza le cure adeguate può portare a spiaggiamento, oppure lo spiaggiamento potrebbe avvenire in seguito ad eventi atmosferici anomali che vanno ad influire sul normale metabolismo dell'animale rendendolo più debole. Distinguere se la causa dello spiaggiamento sia di origine antropica o meno è molto difficile, infatti a meno che non vi sia la presenza di lenze o ami impigliati o ingeriti dall'animale

(tracce lasciate quasi solo dal palangaro) o lesioni riconducibili in modo inequivocabile ad imbarcazioni non si ha la certezza di quale sia la reale causa dello spiaggiamento e di conseguenza non potremo mai sapere il reale impatto dell'uomo sulla specie, ma possiamo solo averne alcune stime.

Un'altra causa di spiaggiamento può essere la *Debilitated Turtle Syndrome* (DTS) che è una sindrome di debilitazione che provoca emaciazione, ipoglicemia, anemia, presenza di parassiti come cirripedi e letargia, inoltre le tartarughe che ne sono affette spesso galleggiano sulla superficie dell'acqua e sono in balia delle correnti. Le cause specifiche di questa debilitazione rimangono sconosciute, le ipotesi prevedono che questa condizione sia collegata a problemi che impediscono l'assorbimento dei nutrienti. Presenta un alto tasso di mortalità (52% delle affette da DTS muore dopo il recupero) e si è visto colpire maggiormente i giovani o sub-adulti (Stacy et al., 2018; Sloan, 2011). Nei dati di Fondazione Cetacea possiamo osservare un picco di spiaggiamenti nel 2009, che sono avvenuti nel periodo di agosto-settembre, e presentano elevata mortalità dovuto proprio a questa sindrome (Fondazione Cetacea, pers. Comm.) (figura 42).

Gli spiaggiamenti si verificano maggiormente nei mesi invernali di gennaio, febbraio e marzo per Fondazione Cetacea, un altro picco lo vediamo ad agosto, ma questo è fortemente influenzato dagli spiaggiamenti del 2009 dovuti a DTS che si sono verificati tutti in quel mese (Fondazione Cetacea, pers. Comm.) (figura 43). Durante il periodo invernale una parte delle tartarughe migra verso le zone più a sud ma una parte rimane nella porzione nord dell'Adriatico, queste entrano in uno stato di dormienza rallentando il metabolismo (Hochscheid et al., 2005 e 2007; Ogren and McVea, 1955) in questo periodo il verificarsi di sbalzi improvvisi della temperatura causano ipotermia portando poi allo spiaggiamento, problema che affligge maggiormente le tartarughe di piccole dimensioni come possiamo vedere dal maggior numero di recuperi per questa fascia di età. Per quanto riguarda i dati di spiaggiamento del CERT vediamo che si verificano maggiormente nei mesi estivi, questo probabilmente è dovuto al più alto numero di turisti presenti nelle spiagge che fanno aumentare il numero di segnalazioni e quindi di recuperi.

Al secondo posto tra le cause di recupero abbiamo le catture accidentali nelle reti da pesca, nell'area di studio che ho analizzato queste catture sono quasi esclusivamente dovute a reti a strascico in quanto è una forma di pesca molto utilizzata nella zona, ed evidentemente più impattante sulle tartarughe. La flotta peschereccia italiana è quella che possiede il maggior numero di reti a strascico nel Mediterraneo (Casale, 2008), nei dati analizzati l' 84,66% delle catture con rete sono effettuate proprio dalla rete a strascico.

La rete a strascico è dunque l'attrezzo che causa la maggior parte del by-catch (Lucchetti et al., 2016; Casale, 2008, 2011). La pesca a strascico consiste in reti che sono trainate da una o due imbarcazioni, la rete presenta una forma a cono in cui la parte più ampia costituisce l'ingresso per il pescato, ed è detto bocca, e la parte più stretta è detta sacca ed è il luogo dove si accumulano gli organismi che entrano nella rete. Questa è tenuta aperta da una serie di cavi che presentano galleggianti, pesi o divergenti e grazie alle oscillazioni, favorisce la cattura di specie target ma anche di quelle non-target. Sono presenti due categorie principali di reti a strascico: quella che opera a contatto con il fondale e cattura organismi bentonici e semi-bentonici, più presente nel nord Adriatico, e quella da traino pelagica che non è a contatto con il fondale e cattura le specie pelagiche.

Per quanto riguarda le catture accidentali di tartarughe, esse si verificano principalmente in acque poco profonde con fondale inferiore a 50m di profondità (Epperly et al., 1995; Hare, 1991; Caillouet et al., 1991), e l'Adriatico nord-centrale presenta appunto queste basse profondità (Zavatarelli et al., 2002). Questo perché le specie che frequentano maggiormente il Mediterraneo, cioè *C. caretta* e *C. mydas* non si immergono a profondità maggiori di 110m e 233m rispettivamente.

Queste reti si stima causino circa 40 mila catture accessorie all'anno e la morte di almeno 10mila tartarughe, principalmente in Italia, Tunisia, Croazia, Grecia, Turchia, Egitto e Libia (Casale, 2008, 2011; Lucchetti et al., 2016). Nella zona del Mediterraneo sono però state stimate catture accessorie di 150mila individui all'anno, e conseguenti 50mila decessi all'anno (Casale, 2008), una stima che probabilmente è più bassa rispetto al reale dato in quanto non si hanno conoscenze accurate sul numero di imbarcazioni che pescano nel Mediterraneo, su quali attrezzi usino e su quante catture realmente avvengano.

Secondo lo studio di Casale (2008) Italia e Tunisia sono gli stati che presentano il maggior numero di catture accidentali. Se consideriamo la sola flotta italiana è emerso che le catture siano più elevate nella zona nord-ovest dell'Adriatico e anche il tasso di mortalità di questa zona è maggiore (Casale, 2008).

Nel nostro caso il numero di animali catturati accidentalmente nelle reti aumenta in modo elevato dal 2011 in poi (figura 45) ma come possiamo vedere dalla tabella 3 la mortalità degli individui curati non è alta, questo è dovuto anche al fatto che il tempo medio della fase di "cala" di una rete a strascico in Adriatico, cioè il tempo che la rete permane sotto acqua, è di un'ora e mezza quindi non si tratta di apnee particolarmente prolungate per le tartarughe che in natura effettuano apnee anche più lunghe. Naturalmente sono gli adulti e sub-adulti a

subire maggiormente questo tipo di cattura perché frequentano il fondale per l'alimentazione e per il riposo.

Tra le cause di morte indotta dalla pesca a strascico rimane comunque l'apnea forzata, determinata dalla permanenza prolungata dell'animale all'interno della rete. Come detto sopra in Adriatico la calata della rete non è così lunga ma la tartaruga catturata potrebbe trovarsi in apnea naturale già da diverso tempo ed avere quasi finito le scorte di ossigeno nel momento in cui viene catturata nella rete. Inoltre l'apnea forzata dalla rete non può essere paragonata all'apnea volontaria, una tartaruga infatti può resistere diverso tempo in apnea volontaria, ma in caso di cattura l'animale presenterà un consumo di ossigeno maggiore dovuto allo stress e allo sforzo per la fuga (Casale, 2011) e un conseguente maggior accumulo di acido lattico, che risulta essere da 10 a 80 volte superiore rispetto a quello in apnea volontaria (Lutz & Bentley, 1985)

Un altro problema rinvenuto solo negli ultimi tempi è quello dell'embolia gassosa (cioè la presenza di gas all'interno del sistema cardiovascolare) correlato con la profondità di immersione, il tempo di immersione ma soprattutto la velocità di risalita della rete (Franchini et al., 2021). Anche lo stress potrebbe favorire il verificarsi di questo problema: in caso di cattura nella rete si attiva il sistema simpatico per la risposta di lotta o fuggi che fa aumentare la frequenza cardiaca e favorisce l'assorbimento di N₂ aumentando il rischio di embolia (Fahlman et al., 2017). Questo problema non mostra a primo impatto nessuna conseguenza visibile quindi spesso le tartarughe, all'apparenza sane, vengono rilasciate subito in acqua dopo il recupero nella rete e moriranno successivamente, il tasso di mortalità stimato va dal 30 al 53% (Franchini et al., 2021). Tuttavia l'esatto meccanismo eziopatogenico di questa embolia sistemica non è ancora chiaro. In caso di cattura con reti è comunque sempre consigliato contattare un Centro di Recupero per valutare il da farsi.

La maggior parte dei recuperi dopo by-catch avviene nei mesi invernali quando gli animali sono meno reattivi e più facilmente catturabili durante le operazioni di pesca (figura 50) perché spesso nello stato di dormienza, si è osservata infatti la presenza di una minore e più lenta reattività alle reti in questo periodo di dormienza dell'animale che porta a maggiori catture (Hochscheid et al., 2005 e 2007; Ogren and McVea, 1955). Nello stesso periodo inoltre i pescherecci si avvicinano alla costa per le operazioni di pesca perché in mare aperto le condizioni metereologiche avverse ne rendono più difficili le operazioni. Avvicinandosi alle coste si avvicinano anche ai luoghi maggiormente frequentati dalle tartarughe per le profondità minori e quindi aumenta la probabilità di cattura di quest'ultime.

Come misura per mitigare l'impatto dello strascico sulle specie non target negli anni '80 negli Stati Uniti sono stati sviluppati i TEDs (*Turtle Excluder Device*) (figura 63) che sono delle griglie attaccate alle reti da traino posizionate prima del sacco finale, queste permettono alle piccole prede target di passare oltre, in quanto le maglie di queste griglie divisorie sono grandi, mentre le specie non target di grandi dimensioni, come le tartarughe marine, sono convogliate verso un'apertura che permette loro la fuga. Questi dispositivi di fatto non provocano un calo del numero di tartarughe catturate durante la pesca, ma permettendo alla maggior parte degli esemplari di scappare dopo la cattura nelle reti e vanno quindi a ridurre significativamente i numeri delle catture accessorie di queste specie di grandi dimensioni (Mitchell et al., 1995).

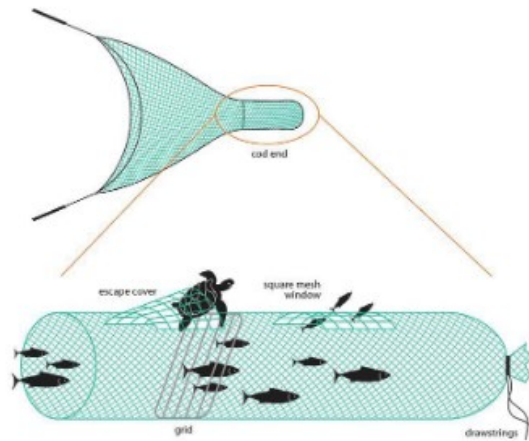


Figura 63: TED

Fondazione Cetacea ha collaborato al progetto Tartalife e attualmente al progetto lifeMEDTURTLES, due progetti finalizzati a ridurre la mortalità della tartaruga *C. caretta* attraverso l'introduzione e la diffusione di sistemi capaci di ridurre le catture accidentali nella flotta da pesca italiana e attraverso campagne di sensibilizzazione e raccolta delle reti fantasma. Tra i sistemi utili a ridurre le catture accessorie, vi sono: il TED per le reti a strascico, gli ami circolari che riducono il numero di tartarughe che accidentalmente rimangono attaccate al palangaro, l'utilizzo di dissuasori visivi nel caso delle reti da posta e la sperimentazione di una nuova nassa da usare al posto delle reti fisse che impedisce l'ingresso delle tartarughe nella nassa stessa, riducendone così la cattura accidentale (Lucchetti, 2015).

In questo versante si stanno ampliando sempre più anche le campagne di sensibilizzazione dei pescatori, anche Fondazione Cetacea ed il CERT le

effettuano, con lo scopo di far conoscere il più possibile quali siano le giuste pratiche da adottare in caso di catture accidentali nelle reti. Questo perché dal momento della cattura, la vita della tartaruga dipende solamente dai pescatori in quanto il personale specializzato non può intervenire fino al rientro in porto del peschereccio, quindi la conoscenza di tecniche di primo soccorso potrebbe facilitare la riuscita delle successive cure presso i Centri specializzati, diminuendo ulteriormente la mortalità per questa causa.

Al terzo posto, tra le maggiori cause di recupero nei dati che ho analizzato, troviamo i soggetti recuperati alla deriva, che nel caso di Fondazione Cetacea si aggirano attorno al 20% del totale mentre nel caso del CERT sono solo il 3% del totale, anche in questo caso Fondazione Cetacea ha recuperato animali vivi mentre il CERT, solo soggetti deceduti. Un animale viene recuperato alla deriva se trovato galleggiante con ferite o molto debilitato, le cause che hanno portato alla debilitazione dell'animale possono essere molteplici, e possono essere le stesse che portano poi allo spiaggiamento, ma in questo caso l'animale non fa in tempo a spiaggiarsi trascinato dalla corrente ma viene segnalato prima. Osservando i dati di Fondazione Cetacea vediamo che gli esemplari trovati alla deriva possono presentare l'interazione con attrezzi da pesca, quindi la presenza di ami o lenze o ferite da collisione, in quantità maggiore rispetto a quelli spiaggiati. Ad essere trovati alla deriva sono principalmente i soggetti giovani (tabella 4) che sono anche quelli che presentano poi maggiore mortalità, e a differenza degli spiaggiamenti e delle catture accidentali la deriva si verifica di più nel periodo estivo. La maggior mortalità potrebbe essere spiegata dal fatto che questi animali mostrano per la maggior parte debilitazione che può essere presente da diverso tempo nell'animale alla deriva.

Le altre cause di recupero che compaiono nei dati di Fondazione Cetacea comprendono tutte l'interazione con l'uomo o con attrezzi da pesca, come altri tipi di rete, ma sono presenti in quantità nettamente inferiori rispetto a quelli appena analizzati (figura 40), questo è dovuto al fatto che nelle zone dell'Alto Adriatico, la pesca principale vede l'utilizzo della rete a strascico.

4.3 LUOGO DI RECUPERO:

Fondazione Cetacea opera nelle zone dell'Emilia Romagna e delle Marche, ma all'occorrenza si spostava anche in altre regioni per effettuare i recuperi, ora invece grazie alla nascita di altri Centri di Recupero e alle maggiori relazioni tra questi si concentra di più sulle aree di sua competenza, con maggior incidenza di recuperi in Emilia Romagna (figura 50). Il CERT si occupa del Veneto, dove la maggior incidenza di recuperi si ha nelle zone di Rosolina, Chioggia e Venezia

Lido (figura 52), numeri influenzati in parte anche dalla maggior presenza di turisti in queste zone che effettuano le segnalazioni.

4.4 ANALISI DEI RECUPERI NEI VARI MESI

I recuperi avvengono durante tutto l'anno, ma non in quantità costanti durante i vari mesi, in particolare analizzando le date dei recuperi effettuati da Fondazione Cetacea emerge che nel mese di Agosto i recuperi siano maggiori rispetto ai restanti mesi dell'anno (figura 53). Per gli altri mesi vediamo numeri abbastanza simili di recuperi, anche durante l'inverno. In questo caso, l'elevato numero di recuperi durante i mesi invernali, potrebbe essere sempre legato al rallentamento del metabolismo della specie per entrare nello stato di dormienza che gli permette di non dover migrare verso zone più calde (Hochscheid et al., 2005 e 2007; Ogren and McVea, 1955), ma li porta, invece, a passare più tempo nel fondale aumentando così il rischio di essere catturati nelle reti a strascico. La presenza infatti di un elevato numero di tartarughe nel nord Adriatico anche durante l'inverno non è una presenza anomala, nonostante sia una delle aree più fredde del Mediterraneo, sono state infatti accreditate migrazioni di piccole entità solo dalle parti più a nord dell'Adriatico in cui le temperature scendono al di sotto dei 11-12°C verso porzioni più a sud, nei restanti casi si verifica una certa fedeltà al luogo di foraggiamento in inverno a causa dell'aumento delle temperature dovuto ai cambiamenti climatici (Casale et al., 2007).

Nello stesso grafico (figura 53) è emerso che anche nei mesi di febbraio-marzo il numero di tartarughe recuperate in totale sia elevato, questo potrebbe essere legato ad improvvisi sbalzi termici, caratterizzati da repentini cali di temperatura dell'acqua, che si verificano e provocano elevati fenomeni di spiaggiamento per questa specie (Fondazione Cetacea, pers. comm).

Nel caso del CERT invece la situazione risulta essere quasi capovolta, i mesi con maggiori recuperi sono i mesi estivi (figura 54), questo molto probabilmente è influenzato sempre dal turismo perché i recuperi del CERT sono al 96% di animali spiaggiati e nel periodo estivo l'affluenza di turisti nelle spiagge è maggiore e di conseguenza maggiori saranno anche le segnalazioni della presenza di carcasse nella spiaggia. La distribuzione degli stati di conservazione delle carcasse recuperate dal CERT vede una maggior presenza degli stati più degradati, cioè 4 e 5, durante i mesi estivi in quanto la maggiore temperatura ne favorisce una degradazione più veloce (Santos et al., 2018).

4.5 FATTORI AMBIENTALI

L'occorrenza delle tartarughe e le loro dinamiche di popolazione sono risultate correlate a molteplici fattori naturali, come abbiamo già visto la temperatura influisce molto sul loro intero ciclo vitale determinandone il sesso, lo sviluppo, le migrazioni e la riproduzione, per questo tra i fattori ambientali che ho relazionato con i dati a disposizione troviamo la temperatura, analizzata come temperatura media superficiale annua (SST). Ho poi utilizzato la produzione primaria media annua come indicatore di disponibilità alimentare a livello della rete trofica, essendo la zona del nord Adriatico un luogo di foraggiamento; la variazione nella disponibilità di cibo influenza la quantità di tartarughe presenti e anche la loro mortalità. Se consideriamo infatti, che dove c'è maggior disponibilità organica sono presenti anche altri animali acquatici come pesci, di conseguenza, quello è anche il luogo dove si concentrano i pescherecci che possono quindi causare maggiori catture accidentali. Infine ho analizzato i dati relativi allo sforzo di pesca del nord Adriatico per misurare se un maggior sforzo determini anche maggiori interazioni pescherecci-tartarughe e se questo influenzi distribuzione e mortalità delle tartarughe stesse.

Questi dati sono stati relazionati alle variabili ambientali sia nello stesso anno, sia relazionando, alle variabili ambientali l'andamento di presenza, mortalità e le quantità di recuperi dovuti alle diverse cause dell'anno successivo, quindi con lag di un anno. Questo perché la temperatura più o meno elevata di un anno, o la maggiore o minore produzione primaria, possono risultare in cambiamenti delle abitudini di alcuni esemplari nell'anno successivo, o addirittura nella consistenza della popolazioni (ad esempio agendo sulla mortalità o sulla crescita).

Per quanto riguarda la temperatura vediamo come questa sia correlata positivamente in modo significativo sia con il numero di tartarughe recuperate in totale l'anno stesso (figura 56) che i recuperi dell'anno successivo, la correlazione positiva, al limite della significatività, è presente anche con la mortalità percentuale dello stesso anno. Questo potrebbe essere giustificato dal fatto che maggiori temperature portano ad una maggior presenza di tartarughe nella zona, perché il nord Adriatico è un luogo tipicamente frequentato per l'alimentazione, e questa maggior presenza porta di conseguenza a maggiori recuperi. Inoltre le tartarughe hanno mostrato elevata fedeltà ai luoghi che frequentano (Casale et al., 2007) e sono quindi portate a tornarci gli anni successivi. Per di più, come abbiamo già visto, i cambiamenti di temperatura influiscono molto sul metabolismo della specie e anche sulle loro condizioni al ritrovamento e quindi sulla mortalità.

Essendo le tartarughe animali ectotermi sono molto vulnerabili ai cambiamenti di temperatura, infatti l'aumento della temperatura sembra essere correlato con le dimensioni medie delle tartarughe dell'anno successivo. In particolare a livello di temperatura media superficiale annuale si verifica un aumento che risulta essere correlato, con significatività al limite, all'aumento della lunghezza media del carapace, essendo però una significatività al limite il risultato non è chiarissimo (figura 57).

Ma le temperature medie non sono correlate solo con le caratteristiche fisiche della specie, si possono correlare anche con le cause principali di recupero (tabella 5), è infatti emersa una relazione tra l'aumento delle temperature e la percentuale di spiaggiamenti e recuperi di animali alla deriva sia per l'anno stesso che per quello successivo.

Per quanto riguarda lo spiaggiamento la maggior significatività è presente relazionando la percentuale di spiaggiate con la temperatura media dello stesso anno, mentre per l'anno successivo i risultati sono meno chiari perché presentano significatività al limite. Per la percentuale di recuperi alla deriva è presente significatività sia relazionando le variabili nello stesso anno che con lag di un anno. Entrambi gli indici di correlazione per queste due cause sono positivi indicando che l'aumento delle temperature porta ad un maggior numero di spiaggiamenti e di recuperi di animali alla deriva. Ma la SST è correlata anche con la percentuale di morte dopo il recupero nel caso delle catture con reti nello stesso anno e con lag di un anno, e nelle catture dopo deriva con lag di un anno, in tutti e tre questi casi la significatività si presenta però al limite (tabella 6).

Tutte queste correlazioni potrebbero essere spiegate dal fatto che stiamo sempre considerando animali a sangue freddo il cui metabolismo dipende fortemente dalla temperatura dell'ambiente in cui vivono, e probabilmente il progressivo aumento delle temperature potrebbe portare al maggior sviluppo di patologie o altre problematiche che debilitando le tartarughe portano a spiaggiamento, o alla deriva, più facilmente, e allo stesso modo anche la mortalità ne viene influenzata. Questa maggiore mortalità, speculativamente, potrebbe essere dovuto al fatto che una maggiore temperatura si traduce in una minore quantità di ossigeno disciolto in acqua. E l'animale che è rimasto intrappolato nella rete, in caso di cattura accidentale, consuma più ossigeno per cercare di fuggire, consumo che risulta ancora maggiore in caso di temperature più elevate, e quindi potrebbe portare a condizioni peggiori della tartaruga stessa al momento del recupero e quindi maggiore mortalità. Altri processi potrebbero però influenzare questi risultati, sarebbero necessari altri studi, ad esempio, usando temperature medie anche dei diversi mesi dell'anno.

L'altro fattore naturale analizzato è la produzione primaria media, e vediamo come il numero di recuperi dell'anno successivo sia correlato, al limite della significatività, dalla produzione primaria dell'anno precedente (figura 58), anche qui speculando potremmo pensare che se vi è abbondanza di cibo le tartarughe sono portate a tornare nello stesso luogo l'anno successivo e maggiore densità di tartarughe significa anche maggiori recuperi da parte dei Centri. Anche le dimensioni medie in centimetri di CCL dell'anno successivo sono correlate in modo positivo e significativo (figura 59), perché se questi animali tornano più o meno sempre nello stesso luogo di foraggiamento, o comunque vi rimangono senza mai migrare, un eventuale maggiore disponibilità alimentare porta ad un maggiore accrescimento che si vedrà l'anno successivo.

La produzione primaria è anch'essa correlata, positivamente e in modo quasi significativo, con la percentuale di recuperi che derivano dalle catture accidentali delle tartarughe con lag di un anno, perché una maggiore quantità di alimento favorisce anche l'abbondanza di altre specie, tra cui quelle commerciali, e quindi probabilmente anche la maggior presenza di pescherecci (tabella 7).

4.6 SFORZO DI PESCA

Come ultimo fattore di influenza sull'occorrenza delle tartarughe e sul loro tasso di cattura ho analizzato lo sforzo di pesca del nord Adriatico. Osservando la misura media dello sforzo di pesca (figura 61) vediamo come questa sia sempre più o meno costante tranne per i mesi di agosto e settembre dove abbiamo un netto calo dovuto al "fermo pesca" in vigore verso il mese di agosto in Adriatico. Il fermo pesca, chiamato anche fermo biologico, è un provvedimento del Governo Italiano che prevede l'interruzione dei sistemi di pesca più invasivi, come le reti a strascico, durante i periodi riproduttivi dei principali organismi marini oggetto di commercio. In questo stesso periodo infatti notiamo un calo nel numero di recuperi effettuati da Fondazione Cetacea per cause legate alla pesca, come tutti i tipi di reti, le ferite da collisione con imbarcazioni e la presenza di ami o lenze (figura 60). Gli unici due casi di recupero dopo by-catch di agosto sono avvenuti nel 2009 a causa di una rete in Emilia Romagna (RA) e nel 2016 a causa di una rete a strascico nelle Marche.

Correlando negli anni queste due variabili ho osservato che lo sforzo di pesca non sia correlato né con il numero di recuperi totali, né con la percentuale di morte e nemmeno con le dimensioni medie delle tartarughe, come mi aspettavo. Correlando però lo sforzo di pesca nei mesi con il numero di recuperi avvenuti da catture accidentali del mese successivo abbiamo una correlazione significativa e positiva (figura 62), che indica che il maggior sforzo di pesca causa maggiori recuperi per by-catch da parte di Fondazione Cetacea registrati il mese

successivo, questo perché lo spiaggiamento non avviene in modo immediato dopo la cattura, ma l'influenza delle correnti può portare a spiaggiamenti ritardati di diverso tempo. Questa relazione sfasata spiega perché anche nel mese di ottobre, nonostante l'elevato sforzo di pesca si ha un numero di recuperi, causato dalle reti, leggermente inferiore.

5 CONCLUSIONI

In conclusione con questa tesi ho cercato di ampliare le conoscenze su *Caretta caretta* in Alto Adriatico attraverso l'analisi dei dati di due Centri di Recupero e Primo Soccorso. Dalle analisi effettuate è emerso che il numero totale di recuperi sta aumentando negli anni in modo statisticamente significativo, correlato con diversi aspetti. Questa è una informazione positiva che potrebbe indicare un maggior lavoro da parte dei Centri di Recupero per la tutela della specie, ma anche una maggiore sensibilità dei cittadini comuni e dei pescatori nel segnalare l'avvistamento o la cattura accidentale di tartarughe; oppure potrebbe essere dovuto all'aumento della presenza e/o della popolazione di tartarughe legato, ad esempio, alla maggiore temperatura dell'acqua e maggiore produzione primaria. Allo stesso tempo è anche un'informazione negativa perché questo potrebbe indicare un reale aumento dell'impatto antropico sulla specie, che è già considerata a rischio per la lista rossa della IUCN. È stato possibile rilevare che l'occorrenza di questi esemplari è fortemente in relazione con la temperatura superficiale dell'acqua e, in modo meno marcato, anche con la produzione primaria. Allo stesso modo lo sforzo di pesca influisce sull'andamento stagionale dei recuperi avvenuti a causa delle catture accidentali da parte dei pescherecci. I risultati di queste analisi sono informazioni preliminari ma ugualmente importanti per capire meglio l'ecologia della specie; possono poi rivelarsi utili per una migliore gestione delle tartarughe nell'Alto Adriatico, in relazione all'attività di pesca presente in questo mare e ai cambiamenti climatici che stanno avvenendo.

Sicuramente il miglior lavoro di raccolta dati effettuato negli ultimi anni può aiutare nella stesura di piani di conservazione più specifici per le varie aree di presenza della specie. Nonostante queste migliorie è ancora presente un'elevata frammentarietà dei dati che ha reso difficile anche il mio lavoro di analisi e di conseguenza potrebbe rivelarsi un ostacolo importante per la stesura di piani di conservazione mirati. Anche l'assenza di monitoraggi sistematici fa sì che i dati a disposizione si rivelino parzialmente incompleti ma soprattutto siano difficili da confrontare con altri dati provenienti da altri Centri di Recupero. Sicuramente la standardizzazione della raccolta dati, che ora non è presente, potrebbe facilitare le comparazioni tra diverse sotto-aree del Mediterraneo.

Tutt'ora sono presenti diversi progetti che hanno lo scopo di mitigare le catture accidentali di tartarughe attraverso l'utilizzo di particolari strumenti per la pesca o di deterrenti, ma ancora non vi sono elevate informazioni sul loro effettivo successo a causa della diffidenza dei pescatori sul loro utilizzo perché preoccupati per eventuali riduzioni della quantità di pescato e quindi del loro

profitto. Fondazione Cetacea nel suo piccolo, grazie alla collaborazione con alcuni pescatori locali, sta portando avanti una campagna di prova del TED (*Turtle Excluder Device*) per dimostrare la sua efficacia nella riduzione delle catture accidentali senza che questo intacchi la quantità di pescato prelevata normalmente, con lo scopo di divulgare la conoscenza di questi strumenti di salvaguardia della specie. Sicuramente la maggior conoscenza delle abitudini e degli spostamenti della specie nel mar Adriatico, e delle loro relazioni con l'impatto dell'attività umana nella zona, rappresenta un buon punto di partenza per avviare azioni di salvaguardia mirate.

BIBLIOGRAFIA

- Almpanidou V., Tsapalou V., Chatzimentor A., et al. "Foraging grounds of adult loggerhead sea turtles across the Mediterranean Sea: key sites and hotspots of risk." *Biodiversity and Conservation* (2021): 1-18.
- Arianoutsou M. "Assessing the impacts of human activities on nesting of loggerhead sea-turtles (*Caretta Caretta* L.) on Zakynthos island, western Greece." *Environmental Conservation* 15.4 (1988): 327-334.
- Avens L., and Snover M. L. "Age and age estimation in sea turtles." *The biology of sea turtles* 3 Unito (2013): 97-134.
- Balletto E., Giacomina C., Piovano S., et al. "Piano d'Azione per la Conservazione della tartaruga marina *Caretta caretta* nelle isole Pelagie." (2003): 1-60.
- Bentivegna F. "Intra-Mediterranean migrations of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) monitored by satellite telemetry." *Marine Biology* 141.4 (2002): 795-800.
- Bjorndal K. A., and Bolten A. B. "Growth rates of immature green turtles, *Chelonia mydas*, on feeding grounds in the southern Bahamas." *Copeia* (1988): 555-564.
- Böhm E., Banzon V., D'Acunzo E., et al. "Adriatic Sea surface temperature and ocean colour variability during the MFSP." *Annales Geophysicae*. Vol. 21. No. 1. Copernicus GmbH, (2003).
- Bolten A. B. "Active swimmers-passive drifters: the oceanic juvenile stage of loggerheads in the Atlantic system." *Loggerhead sea turtles, Smithsonian Institution Press, Washington, DC* (2003): 63-78.
- Bolten A. B. "Loggerhead sea turtles". Smithsonian books, (2003).
- Bolten A. B., Bjorndal K. A. "Blood profiles for a wild population of green turtles (*Chelonia mydas*) in the southern Bahamas: size-specific and sex-specific relationships." *Journal of Wildlife Diseases* 28.3 (1992): 407-413.
- Bowen B. W., and Karl S. A. "Population genetics and phylogeography of sea turtles." *Molecular ecology* 16.23 (2007): 4886-4907.
- Caillouet Jr, Charles W., Duronslet M.J., et al. "Sea turtle strandings and shrimp fishing effort in the northwestern Gulf of Mexico, 1986-89." *Fishery Bulletin* 89.4 (1991): 712-718.
- Carr A. "New perspectives on the pelagic stage of sea turtle development." *Conservation Biology* 1.2 (1987): 103-121.

- Carreras C., Pascual M., Cardona L. et al. "The genetic structure of the loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) in the Mediterranean as revealed by nuclear and mitochondrial DNA and its conservation implications." *Conservation Genetics* 8.4 (2007): 761-775.
- Carreras C., Pont S., Maffucci F., et al. "Genetic structuring of immature loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) in the Mediterranean Sea reflects water circulation patterns." *Marine Biology* 149.5 (2006): 1269-1279.
- Casale P. "Incidental catch of marine turtles in the Mediterranean Sea: captures, mortality, priorities" WWF Italy, Rome (2008): 64.
- Casale P. "Sea turtle by-catch in the Mediterranean." *Fish and Fisheries* 12.3 (2011): 299-316.
- Casale P., Affronte M., Insacco G., et al. "Sea turtle strandings reveal high anthropogenic mortality in Italian waters". *Aquatic Conservation, Marine and Freshwater Ecosystems* (2010), 20, 611–620.
- Casale P., Conte N., Freggi D., et al. "Age and growth determination by skeletochronology in loggerhead sea turtles(*Caretta caretta*) from the Mediterranean Sea." *Scientia Marina(Barcelona)* 75.1 (2011 b): 197-203.
- Casale P., Freggi D., Basso R., et al. "Oceanic habitats for loggerhead turtles in the Mediterranean sea." *Marine Turtle Newl* 107 (2005): 10-11.
- Casale P, Freggi D. Basso R.,et al. "A model of area fidelity, nomadism, and distribution patterns of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) in the Mediterranean Sea." *Marine Biology* 152.5 (2007): 1039-1049.
- Casale P., Mazaris A. D., Freggi D. "Estimation of age at maturity of loggerhead sea turtles *Caretta caretta* in the Mediterranean using length-frequency data." *Endangered species research* 13.2 (2011 a): 123-129.
- Cerrano C., Ponti M., and Silvestri S. "Guida alla biologia marina del Mediterraneo". Ananke, (2004).
- Ciannelli L., Fauchald P., Chan K.S., et al. "Spatial fisheries ecology: recent progress and future prospects." *Journal of Marine Systems* 71.3-4 (2008): 223-236.
- Clusa M., Carreras C., Pascual M. "Fine-scale distribution of juvenile Atlantic and Mediterranean loggerhead turtles (*Caretta caretta*) in the Mediterranean Sea." *Marine biology* 161.3 (2014): 509-519.
- Dodd Jr., Kenneth C. "Synopsis of the biological data on the loggerhead sea turtle *Caretta caretta* (Linnaeus 1758)". Florida cooperative fish and wildlife research unit Gainesville, (1988).

- Epperly S.P., Braun J., Chester A.J., et al. "Winter distribution of sea turtles in the vicinity of Cape Hatteras and their interactions with the summer flounder trawl fishery." *Bulletin of Marine Science* 56.2 (1995): 547-568.
- Fahlman A., Crespo-Picazo J.L., Sterba-Boatwright B., et al. "Defining risk variables causing gas embolism in loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) caught in trawls and gillnets." *Scientific reports* 7.1 (2017): 1-7.
- Fortuna C.M., Holcer D., Mackelworth P. "Conservation of cetaceans and sea turtles in the Adriatic Sea: status of species and potential conservation measures". Report produced under WP7 of the NETCET project, IPA Adriatic Cross-border Cooperation Programme. (2015).
- Franchini D., Valastro C., Ciccarelli S., et al. "Analysis of risk factors associated with gas embolism and evaluation of predictors of mortality in 482 loggerhead sea turtles." *Scientific reports* 11.1 (2021): 1-13.
- Galgani F., Leaute JP., Moguedet P., et al. "Litter on the sea floor along European coasts." *Marine pollution bulletin* 40.6 (2000): 516-527.
- Gerosa G., Aureggi M. "Sea turtle handling guidebook for fishermen—teaching book." UNEP/MAP RAC/SPA, Tunis, Tunisia (2001).
- Girard F., Catteau S., Gambaiani D., et al. "Shift in demographic structure and increased reproductive activity of loggerhead turtles in the French Mediterranean Sea revealed by long-term monitoring." *Scientific reports* 11.1 (2021): 1-12.
- Gislason H., Sinclair M., Sainsbury K., et al. "Symposium overview: incorporating ecosystem objectives within fisheries management." *ICES Journal of Marine Science* 57.3 (2000): 468-475.
- Goldberg E. D. "Diamonds and plastics are forever?." *Marine pollution bulletin* 28.8 (1994): 466.
- Groombridge B. "Marine turtles in the Mediterranean: distribution, population status, conservation". Council of Europe, No. 18-48 (1990).
- Groombridge B., Whitmore C. "Marine turtle survey in northern Cyprus." *Marine Turtle Newsletter* 47 (1989): 5-8.
- Guarino F. M., Di Nocera F., Pollaro F., et al. "Skeletochronology, age at maturity and cause of mortality of loggerhead sea turtles *Caretta caretta* stranded along the beaches of Campania (south-western Italy, western Mediterranean Sea)." *Herpetozoa* 33 (2020): 39.
- Halpern B. S., Walbridge S., Selkoe K.A., et al. "A global map of human impact on marine ecosystems." *science* 319.5865 (2008): 948-952.

- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan P. D. "PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis". *Palaeontologia Electronica* 4(1) (2001): 9pp.
- Hanson J., Wibbels T., Martin RE. "Predicted female bias in sex ratios of hatchling loggerhead sea turtles from a Florida nesting beach." *Canadian Journal of Zoology* 76.10 (1998): 1850-1861.
- Hare S. R. "Turtles caught incidental to demersal finfish fishery in Oman." *Marine Turtle Newsletter* 53 (1991): 14-16.
- Hatase H., Takai N., Matsuzawa Y., et al. "Size-related differences in feeding habitat use of adult female loggerhead turtles *Caretta caretta* around Japan determined by stable isotope analyses and satellite telemetry." *Marine Ecology Progress Series* 233 (2002): 273-281.
- Hawkes L. A., Broderick A.C., Coyne M. S., et al. "Only some like it hot—quantifying the environmental niche of the loggerhead sea turtle." *Diversity and distributions* 13.4 (2007): 447-457.
- Hochscheid S, Bentivegna F, Bradai MN, et al. "Overwintering behaviour in marine turtles: dormancy is optional". *Mar Ecol Prog Ser* (2007).
- Hochscheid S., Bentivegna F., Hays G.C. "First records of dive durations for a hibernating sea turtle". *Biol Lett* (2005) 1:82–86.
- International Union for Conservation of Nature, et al. "IUCN Red List categories and criteria". IUCN, (2017).
- ISPRA, "Strategie per l'ambiente marino, Valutazione iniziale: sottoregione Mediterraneo occidentale" (2012).
- Laurent L. "Les tortues marines en Algérie et au Maroc (Méditerranée)". *Bulletin de la Société Herpétologique de France* 55 (1990):1–2.
- Laurent L., Nouira S., De Grissac A. J., et al. "Les tortues marines de Tunisie: premières données." *Bulletin de la Société Herpétologique de France* 53 (1990): 1-17.
- Lazar B., and Gračan R. "Ingestion of marine debris by loggerhead sea turtles, *Caretta caretta*, in the Adriatic Sea." *Marine pollution bulletin* 62.1 (2011): 43-47.
- Lucchetti A. "Progetto Tartalife, per la riduzione della mortalità della tartaruga marina *Caretta caretta* nelle attività di pesca professionali" ResearchGate (2015).
- Lucchetti A., Pulcinella J., Angelini V., et al. "An interaction index to predict turtle bycatch in a Mediterranean bottom trawl fishery." *Ecological Indicators* 60 (2016): 557-564.
- Lutz P. L., Bentley T. B. "Respiratory physiology of diving in the sea turtle." *Copeia* (1985): 671-679.

- Lutz P.L., Musick, J.A. (Eds.). "The Biology of Sea Turtles" (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780203737088> (1996).
- Margaritoulis D., Argano R., Baran I., et al. "Loggerhead turtles in the Mediterranean: present knowledge and conservation perspectives." *Loggerhead Sea Turtles (editors: AB Bolten and BE Witherington). Smithsonian Institution Press, Washington, DC, USA* (2003): 175-198.
- Mast R. B., Bailey L. M., et al., "SWOT. the state of word's sea turtle". Vol 1. (2006).
- Mazaris A.D., Kallimanis A.S., Sgardelis S.P., et al. "Do long-term changes in sea surface temperature at the breeding areas affect the breeding dates and reproduction performance of Mediterranean loggerhead turtles? Implications for climate change." *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 367.2 (2008): 219-2.
- Mingozzi T., Masciari G., Paolillo G., et al. "Discovery of a regular nesting area of loggerhead turtle *Caretta caretta* in southern Italy: a new perspective for national conservation." *Biodiversity and Conservation in Europe*. Springer, Dordrecht, (2006). 277-299.
- Mitchell J. F., Watson J. W., Foster D.G., et al. "The turtle excluder device (TED): a guide to better performance." *NOAA technical memorandum NMFS SEFSC*, 366 (1995).
- Mrosovsky, N., Godfrey M. H. "Thoughts on climate change and sex ratio of sea turtles." *Marine Turtle Newsletter* 128 (2010): 7-11.
- National Research Council. *Decline of the sea turtles: causes and prevention*. National Academies Press, (1990).
- Ogren L., McVea C. "Apparent hibernation by sea turtles in North American waters". *Biology and conservation of sea turtles*.(1995): 127-132.
- Pyper B.J., Peterman R.M. Comparison of methods to account for autocorrelation in correlation analyses of fish data. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 55 (1998): 2127–2140
- Plotkin P. T., Wicksten M. K, Amos A. F. "Feeding ecology of the loggerhead sea turtle *Caretta caretta* in the Northwestern Gulf of Mexico." *Marine Biology* 115.1 (1993): 1-5.
- Poulain, P-M., Vassiliki H. K., Roisin B. C. "Northern Adriatic Sea." *Physical oceanography of the Adriatic Sea" Springer, Dordrecht*, (2001). 143-165.
- Pulcinella J. , Bonanomi S., Colombelli A., et al. "Bycatch of loggerhead turtle (*Caretta caretta*) in the italian adriatic midwater pair trawl fishery." *Frontiers in Marine Science* 6 (2019): 365.
- Santos B. S., Kaplan D.M., Friedrichs M.A.A., et al. "Consequences of drift and carcass decomposition for estimating sea turtle mortality hotspots." *Ecological Indicators* 84 (2018): 319-336.

- Sloan K. "Barnacle growth as an indicator of the onset and duration of the clinical symptoms of debilitated turtle syndrome affecting loggerhead (*Caretta caretta*) sea turtles". Diss. College of Charleston, *ProQuest Dissertations Publishing*, 1491939 (2011).
- Spear L. B., Ainley D. G., and Ribic C. A. "Incidence of plastic in seabirds from the tropical pacific, 1984–1991: relation with distribution of species, sex, age, season, year and body weight." *Marine Environmental Research* 40.2 (1995): 123-146.
- Spillman C. M., Imberger J., Hamilton D.P., et al.. "Modelling the effects of Po River discharge, internal nutrient cycling and hydrodynamics on biogeochemistry of the Northern Adriatic Sea." *Journal of Marine Systems* 68.1-2 (2007): 167-200.
- Spotila J. R. "Sea Turtle: A Complete Guide to Their Biology, Behavior, and Conservation" . Vol 1 . JHU Press, (2004).
- Stacy N. I., Lynch J. M., Arendt M. D., et al. "Chronic debilitation in stranded loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) in the southeastern United States: morphometrics and clinicopathological findings." *PloS one* 13.7 (2018): e0200355.1.
- Tiwari M., Bjorndal K. A. "Variation in morphology and reproduction in loggerheads, *Caretta caretta*, nesting in the United States, Brazil, and Greece." *Herpetologica* (2000): 343-356.
- Tomas J., Aznar F. J., Raga J. A. "Feeding ecology of the loggerhead turtle *Caretta caretta* in the western Mediterranean." *Journal of Zoology* 255.4 (2001): 525-532.
- Tomaszewicz T. C. N., Seminoff JC, Avens L., et al. "Age and residency duration of loggerhead turtles at a North Pacific bycatch hotspot using skeletochronology." *Biological conservation* 186 (2015): 134-142.
- Turri E., "Adriatico mare d'Europa: la cultura e la storia". Vol. 2. Silvana, (2000).
- Wallace B.P., Zolkewitz M., James M.C. "Discrete, high-latitude foraging areas are important to energy budgets and population dynamics of migratory leatherback turtles". *Sci Rep* 8 (2018):1–14.
- Witherington B. E., Martin E. R. "Understanding, assessing, and resolving light-pollution problems on sea turtle nesting beaches." *Florida Marine Research Institute. Technical Report* TR-2(2000).
- Wyneken J., Lohmann K. J., Musick J. A., "The biology of sea turtles". Vol. 3. CRC press, (2013).
- Zangerl R. "Patterns of phylogenetic differentiation in the toxochelyid and cheloniid sea turtles." *American Zoologist* 20.3 (1980): 585-596.
- Zavatarelli M., Pinardi N., Kourafalou V.H., et al. "Diagnostic and prognostic model studies of the Adriatic Sea general circulation: Seasonal variability." *Journal of Geophysical Research: Oceans* 107.C1 (2002): 2-1.

SITOGRAFIA

-IUCN:

<https://www.iucnredlist.org/search?query=caretta%20caretta&searchType=species>

-Convenzione di Berna: <https://www.coe.int/en/web/bern-convention/appendices>

-Cites: <https://cites.org/eng/app/appendices.php>

-Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals: <https://www.cms.int/en/species/appendix-i-ii-cms>

-Convenzione di Barcellona: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=celex%3A21999A1214%2801%29>

-Direttiva del Consiglio relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche: <https://www.msn.unipi.it/wp-content/uploads/2013/03/DIR-CEE-43-1992.pdf>

-Linee Guida per la Gestione ed il Recupero delle Tartarughe Marine: https://www.mite.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/biodiversita/linee_guida_recupero_gestione_tartarughe_marine.pdf

-Copernicus, dati sulla temperature superficiale marina media: https://resources.marine.copernicus.eu/product-detail/MEDSEA_MULTIYEAR_PHY_006_004/INFORMATION

- Copernicus, dati sulla produzione primaria media: https://resources.marine.copernicus.eu/product-detail/MEDSEA_MULTIYEAR_BGC_006_008/INFORMATION/med-ogs-bio-rean-m

-Google Earth Pro: <https://earth.google.com/web/@45.40089211,12.89039716,-0.70213758a,274801.92486104d,35y,-0h,0t,0r>

RINGRAZIAMENTI

Per questa tesi volevo ringraziare prima di tutto il Centro di Recupero Fondazione Cetacea, il presidente Sauro Pari e tutto il personale; per avermi accolta durante il mio tirocinio, avermi fatto sperimentare nuove esperienze significative nell'ambito della cura delle tartarughe marine ed avermi insegnato molte cose sulla tutela di questa specie, coinvolgendomi nei loro progetti e in tutte le attività. In particolare ringrazio la Dottoressa Valeria Angelini, sempre disponibile, che mi ha seguito nella mia esperienza sul campo e anche durante la stesura della tesi fornendomi numerosi spunti di riflessione.

Ringrazio anche il Professor Mazzariol Sandro, e tutti i collaboratori del CERT, per avermi permesso l'utilizzo e l'analisi dei loro dati riguardanti le tartarughe, raccolti durante gli anni di attività dell'associazione. In particolare Guido Pietrolungo, membro del CERT, che mi ha affiancata durante le analisi chiarendomi molti dubbi, fornendomi molte informazioni necessarie per le analisi, ed è stato sempre disponibile per qualsiasi richiesta.

Ringrazio anche il professor Barausse Alberto, il mio relatore, che mi ha accettato come tesista e seguito con competenza durante tutte le analisi dei dati, durante la stesura della tesi stessa, e che mi ha fornito il background necessario per lo svolgimento del mio lavoro. Ringrazio anche la Professoressa Mazzoldi Carlotta con cui mi sono confrontata durante la verifica delle analisi effettuate e dei risultati emersi.

