

## UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI MEDICINA ANIMALE, PRODUZIONE E SALUTE

Dipartimento di Biomedicina Comparate e Alimentazione

Corso di laurea a ciclo unico in

MEDICINA VETERINARIA

STATO DELL'ARTE SULLO SPIAGGIAMENTO ANOMALO DI

*Caretta caretta* NELL'ALTO ADRIATICO

Relatore: Prof.ssa LISA POPPI

Correlatore: Dott.ssa ERICA MARCHIORI

Laureanda: ALESSIA BERTOLINI

Matricola n. 573217

ANNO ACCADEMICO 2013 - 2014







# INDICE

## INTRODUZIONE

1.	PARTE GENERALE.....	p.	1
1.1	Classificazione e stato di conservazione.....	p.	1
1.2	Legislazione Nazionale e Internazionale.....	p.	2
1.3	Caratteristiche distintive di specie.....	p.	7
1.4	Ciclo vitale.....	p.	11
2.	CENNI DI ANATOMIA FUNZIONALE.....	p.	15
2.1	Apparato scheletrico.....	p.	15
2.2	Sistema circolatorio.....	p.	18
2.3	Apparato respiratorio.....	p.	19
2.4	Apparato gastroenterico.....	p.	20
2.5	Sistema urogenitale.....	p.	22
2.6	Sistema nervoso.....	p.	24
3.	LA <i>Caretta caretta</i> NEL MAR MEDITERRANEO.....	p.	27
3.1	Caratteristiche del Mare Adriatico.....	p.	31
4.	MINACCE ANTROPICHE NEL MEDITERRANEO.....	p.	35
4.1	Pesca.....	p.	35
4.2	Inquinamento.....	p.	40
4.3	Altre possibili minacce.....	p.	50
5.	PRINCIPALI AGENTI PATOGENI.....	p.	53
5.1	Virus.....	p.	53
5.2	Batteri.....	p.	56
5.3	Parassiti.....	p.	61

6. SPIAGGIAMENTI NEL MAR MEDITERRANEO.....	p.	67
--	----	----

## PARTE SPERIMENTALE

7. SCOPO DEL LAVORO.....	p.	71
8. MATERIALI E METODI.....	p.	73
8.1 Tecniche autoptiche.....	p.	73
8.2 Indagini collaterali.....	p.	82
9. RISULTATI.....	p.	87
9.1 Analisi dei dati biometrici e di spiaggiamento.....	p.	87
9.2 Rilievi anatomo-patologici.....	p.	93
9.3 Istopatologia.....	p.	96
9.4 Parassitologia.....	p.	102
9.5 Microscopia elettronica: TEM ed ESEM.....	p.	104
9.6 Microbiologia.....	p.	107
9.7 Tossicologia.....	p.	109
9.8 Risultati da altri enti.....	p.	112
9.9 Analisi in fieri.....	p.	118
10. DISCUSSIONE E CONCLUSIONI.....	p.	119
11. BIBLIOGRAFIA.....	p.	129

## INTRODUZIONE

Le tartarughe marine della specie *Caretta caretta* sono una parte importante della fauna marina del Mare Adriatico, che rappresenta per loro un'importante area di foraggiamento per le sue particolari caratteristiche delle acque e i bassi fondali.

Come in tutto il resto del mondo, anche qui le minacce che mettono in pericolo la vita di questi animali sono molte e la più importante è rappresentata dall'impatto antropico, che va dalla pesca, al traffico nautico, dall'inquinamento dei mari fino allo sviluppo turistico sulle spiagge.

Il ritrovamento di esemplari di *Caretta caretta* spiaggiati vivi o morti lungo le coste del Mare Adriatico, quindi, non è evento insolito ma quello cui si è assistito durante l'autunno – inverno del 2013 è stato un evento unico nel suo genere e certamente allarmante: nell'arco di tre mesi, infatti, 300 esemplari di *Caretta caretta* sono state ritrovate spiaggiate morte lungo le coste del Nord Adriatico, da Grado (GO) nel Friuli Venezia Giulia a Civitanova Marche (MC) nelle Marche.

Lo studio di questi animali si è reso quindi necessario al fine di capire le cause della morte di un numero così elevato di tartarughe in un tratto di mare così ristretto com'è il bacino del Nord Adriatico. Grazie alla collaborazione tra diversi Enti, una parte delle carcasse è stata riferita al Dipartimento di Biomedicina Comparata e Alimentazione (BCA) dell'Università di Padova, dove sono state eseguite numerose analisi e approfondimenti per capire la natura di questo evento. Purtroppo, molte volte le condizioni di conservazione degli animali erano troppo compromesse e non hanno permesso di eseguire tutte le analisi necessarie al fine di capirne la causa di morte. Nel contempo, però, si sono potuti raccogliere dati importanti, come ad esempio i dati morfometrici, che oltre ad essere utili in questo studio contribuiscono allo studio della popolazione di *Caretta caretta* che vive nel Mare Adriatico.

Questo lavoro raccoglie i dati emersi dai vari esami condotti presso il Dipartimento BCA e dagli altri Enti che hanno partecipato allo studio dello spiaggiamento, nella speranza di comprendere le cause di questo avvenimento e poter intervenire perché non si ripeta più una moria così elevata di tartarughe marine.



# 1. PARTE GENERALE

## 1.1 CLASSIFICAZIONE E STATO DI CONSERVAZIONE

Le specie di tartarughe marine nel mondo sono sette, tutte appartenenti all'ordine delle *Testudines* (o *Chelonia*), sottordine *Cryptodira*, superfamiglia *Chelinoidea*. Vengono suddivise poi in due famiglie: *Cheloniidae* e *Dermochelyidae*. Della famiglia delle *Cheloniidae* fanno parte la *Caretta caretta*, *Chelonia mydas*, *Eretmochelys imbricata*, *Lepidochelys kempii*, *Lepidochelys olivacea* e *Natator depressus*; mentre alla famiglia *Dermochelyidae* appartiene una sola specie, la *Dermochelys coriacea* [1].

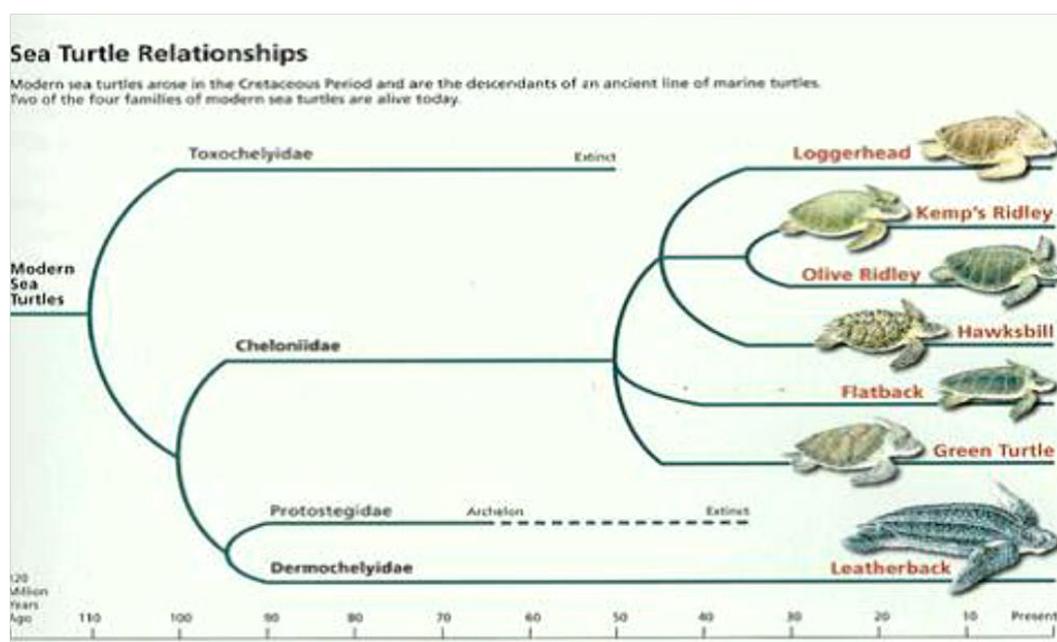


Fig.1 – Cladogramma delle tartarughe marine viventi. Solo due delle quattro famiglie moderne sono tuttora esistenti (da: J.R. Spotila, 2004 [11]).

Tutte queste specie sono state classificate in pericolo di estinzione (*endangered*) dall'International Union for Conservation of Nature (IUCN). Particolarmente in pericolo sono le specie *Eretmochelys imbricata* e *Lepidochelys kempii*, indicate come specie a rischio critico di estinzione (*critically endangered*) perché, oltre al pericolo della pesca, vengono raccolte le uova della *Lepidochelys* a scopo alimentare, mentre l'*Eretmochelys* è soggetta al traffico internazionale di animali, che al momento è la minaccia più importante per questa specie.

L'*Eretmochelys imbricata* nelle ultime tre generazioni ha avuto un calo dell'80%, e si pensa continuerà anche nei prossimi anni. La specie *Dermochelys coriacea* è invece classificata come *vulnerable*, in quanto sono stati scoperti nuovi siti di nidificazione in Guyana, Trinidad e in Congo: quest'ultimo è attualmente il più importante sito al mondo con la presenza di una media di 4,222-7,096 femmine che vanno a deporre ogni anno [3]. L'unica specie che ancora manca di classificazione è la *Natator depressus*, in quanto attualmente non ci sono abbastanza dati disponibili [A].

## 1.2 LEGISLAZIONE NAZIONALE E INTERNAZIONALE

Svariate leggi, a livello nazionale ed internazionale, proteggono le tartarughe marine. Le più importanti a livello internazionale sono la Convenzione di Berna (19/11/1979), la Convenzione di Bonn (23/06/1979), la Convenzione di Washington e la Direttiva Habitat (21/05/1992).

La Convenzione di Berna, ratificata in Italia con la legge 503, del 5 agosto 1981, concerne "la conservazione della vita selvatica e dell'ambiente naturale in Europa". Oltre alla conservazione dell'ambiente, presenta particolare attenzione alle specie in via di estinzione e vulnerabili, comprese quelle migratorie. Questa convenzione suddivide le specie animali in due gruppi: in un primo gruppo (appendice II) sono presenti specie strettamente protette, quindi con un maggior pericolo di estinzione, mentre nel secondo (appendice III) quelle protette. Le tartarughe marine rientrano nell'appendice II: a questi animali si riferisce l'articolo 6, che proibisce in particolare ogni forma di disturbo degli animali, cattura, prigionia, uccisione volontaria, danni alle aree di riproduzione o di nidificazione degli animali e raccolta delle uova.



concerne "la conservazione della vita selvatica e dell'ambiente naturale in Europa". Oltre alla conservazione dell'ambiente, presenta particolare attenzione alle specie in via di estinzione e vulnerabili, comprese quelle migratorie. Questa convenzione suddivide le specie animali in due

gruppi: in un primo gruppo (appendice II) sono presenti specie strettamente protette, quindi con un maggior pericolo di estinzione, mentre nel secondo (appendice III) quelle protette. Le tartarughe marine rientrano nell'appendice II: a questi animali si riferisce l'articolo 6, che proibisce in particolare ogni forma di disturbo degli animali, cattura, prigionia, uccisione volontaria, danni alle aree di riproduzione o di nidificazione degli animali e raccolta delle uova.



Alla Convenzione di Berna aderiscono 49 Paesi più l'Unione Europea (15 Marzo 2011) [B].

La Convenzione di Bonn, o CMS, *Convention on Migratory Species* (in Italia: legge 42, 25 gennaio 1983) ha come obiettivo la conservazione delle specie migratrici terrestri, acquatiche e aeree su tutta l'area di ripartizione,

con particolare riguardo a quelle minacciate di estinzione (Allegato 1) ed a quelle in cattivo stato di conservazione (Allegato 2). Le tartarughe marine rientrano in entrambi questi allegati. Aderiscono alla Convenzione 115 Paesi più l'Unione Europea (luglio 2011) [C].

La Convenzione di Washington, denominata poi CITES (*Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*), tratta del commercio internazionale



delle specie di fauna e flora minacciate di estinzione (animali vivi, morti, o loro parti e prodotti derivati). È stata recepita dalla Comunità Europea con Regolamento (CE) n. 3626/82, sostituito con Regolamento (CE) 338/97 del 9.12.1996, che ne fornisce una più completa e precisa attuazione. In Italia la Legge 150 del 7 febbraio 1992, modificata da ultimo dal Decreto Legislativo n. 275 del 18

maggio 2001, recepisce la normativa CITES, prevedendo un regime di sanzioni per le violazioni. Di questa convenzione attualmente fanno parte 180 Paesi. La CITES elenca molte specie animali e vegetali in tre appendici, secondo il loro grado di rischio di estinzione in natura. Le tartarughe marine rientrano nell'Appendice I, "*Specie minacciate d'estinzione*", che comprende quelle specie gravemente minacciate di estinzione per le quali è rigorosamente vietato il commercio. Alle specie che rientrano in questa appendice è dedicato l'Articolo III, che regola l'importazione ed esportazione degli animali, per i quali è necessario avere permessi e certificati rilasciati dalle autorità competenti [D]. La Comunità Europea nel recepire questa convenzione ha formulato dei nuovi allegati (A, B, C e D) che permettono di controllare anche le popolazioni europee di specie che non sono necessariamente incluse nelle appendici CITES a livello globale, ma che la Comunità Europea intende tutelare in maniera più restrittiva. Le specie in Allegato A comprendono tutte le specie presenti in Appendice I, alcune specie dell'Appendice II, dell'Appendice III e alcune specie non presenti nella CITES. Tutte le tartarughe marine presenti nei mari italiani, sono elencate nell'Allegato A e ricevono dunque la massima protezione: ne è vietato l'acquisto, l'offerta per l'acquisto, l'acquisizione ai fini commerciali, l'esposizione ai fini commerciali, l'uso ai fini commerciali, l'offerta e il trasporto ai fini dell'alienazione (rif. Art. 1, Reg. CE 338/97).

La Direttiva Habitat (92/43/CEE) tratta della conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche. Questa direttiva è stata recepita in Italia

con il D.P.R. 357 dell'8.09.97, che elenca le specie protette negli allegati B, D ed E (Allegati II, III e IV nel testo della Direttiva CEE): sono specie di interesse comunitario, ritenute in pericolo, vulnerabili, rare o endemiche. Le specie elencate in allegato B sono *“specie animali e vegetali di interesse comunitario la cui conservazione richiede la designazione di zone speciali di conservazione”*. Alcune di queste sono evidenziate come specie prioritarie per le quali l'Unione ha una particolare responsabilità e la tartaruga comune è una di queste [23].

Dalla Direttiva Habitat nasce la rete Natura 2000, costituita da Siti di Interesse Comunitario



(SIC), identificati dagli Stati Membri secondo quanto stabilito dalla direttiva stessa, che vengono successivamente designati quali Zone Speciali di Conservazione (ZSC) e Zone di Protezione Speciale (ZPS) [E]. Scopo di questa rete è proteggere e ripristinare il funzionamento dei sistemi naturali ed arrestare la perdita della

biodiversità nell'Unione Europea e nel mondo. Le ZPS e le ZSC garantiscono quindi la presenza, il mantenimento e/o il ripristino di habitat e di specie caratteristiche del continente europeo, particolarmente minacciati di frammentazione ed estinzione [24].

Secondo la Direttiva Habitat gli Stati membri devono presentare un rapporto sullo stato di conservazione delle loro aree protette ogni 7 anni (art.17).

Da menzionare poi è il Protocollo relativo alle Zone Particolarmente Protette e alla Diversità Biologica nel Mediterraneo della Convenzione di Barcellona (recepito in Italia con la Legge 175, 27/05/1999). Questo protocollo prevede l'istituzione di aree protette al fine di conservare le componenti della diversità biologica nonché di ecosistemi specifici del Mediterraneo o habitat di specie minacciate, garantendone la protezione. Le aree protette, denominate Specially Protected Areas of Mediterranean Importance (SPAMI), possono essere costituite da zone marine costiere o zone parzialmente o interamente in alto mare. Il protocollo elenca in 3 annessi le specie protette; le tartarughe rientrano nell'Annesso II, che comprende le specie minacciate e in via di estinzione. I Paesi che aderiscono al Protocollo si impegnano a mantenere in buono stato di conservazione la flora e la fauna marina, garantendone la massima protezione, e a sviluppare Piani d'Azione Nazionali per la conservazione delle specie protette [23].

Infine, a livello europeo è presente il regolamento CE n°1967/2006 relativo alla gestione per lo sfruttamento sostenibile delle risorse della pesca nel Mar Mediterraneo, che modifica il regolamento CEE n°2847/93 ed abroga il regolamento CE n°1626/94. Questo

regolamento stabilisce il divieto di cattura, detenzione, trasbordo e sbarco internazionale delle specie marine protette presenti nell'Allegato IV della Direttiva 92/43 CEE (tra cui sono presenti le tartarughe). Tali attività possono essere consentite solo nel caso abbiano come scopo il recupero e la riabilitazione di esemplari catturati accidentalmente e che la loro detenzione sia segnalata alle autorità competenti.

Specie	Presenza in direttive, regolamenti e Convenzioni Internazionali							
	Be 2	Cms 1	Cms 2	Cit I	Ha II	Ha IV	SPAMI 2	R. 1967
Caretta caretta	*	*	*	*A	*	*	*	*
Chelonia mydas	*	*	*	*A	*	*	*	*
Dermochelys coriacea	*	*	*	*A		*	*	*

Tab. 1 – Inclusione delle Tartarughe marine presenti nel Mediterraneo negli allegati delle Direttive, Convenzioni internazionali e Regolamenti comunitari

A livello nazionale abbiamo svariate leggi, decreti e direttive volte a proteggere gli animali e il loro habitat, anche se pochi sono i riferimenti specifici per le tartarughe marine [5].

In ordine cronologico il primo è il Decreto Ministeriale 21/05/1980 della Marina Mercantile sul regolamento della cattura di cetacei, testuggini e storione comune. Questo decreto specifica che è vietato pescare, detenere, trasportare, commerciare le specie in questione se non con autorizzazione del Ministero della Marina Mercantile.

Con la Legge 25 agosto 1988 n°381, concernente la pesca marittima, vengono applicate specifiche sanzioni per chi non rispetta i divieti previsti per le specie protette.

E' presente poi il Decreto Ministeriale del 03/05/89 (Ministero della Marina Mercantile) che riconferma i divieti per quanto riguarda cetacei, testuggini e storioni, con diverse sanzioni, ma con questo D.M. si permette la cattura delle specie in oggetto per motivate esigenze di conservazione della fauna o per ragioni di ricerca scientifica [23].

In Italia per quanto riguarda la ripartizione dei compiti è presente l'art. 69, comma 1, lett. B) del Decreto legislativo 112/98, recante *“Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle Regioni e agli enti locali”*, che stabilisce il mantenimento in capo allo Stato dei compiti relativi *“alla conservazione e alla valorizzazione delle aree naturali protette [...] nonché alla tutela della biodiversità della fauna e della flora specificamente protette da accordi e convenzioni e dalla normativa comunitaria”*. Inoltre spettano allo Stato anche le

*“attività di vigilanza, sorveglianza, monitoraggio e controllo finalizzate all’esercizio delle funzioni e dei compiti di cui al comma 1” (art. 69, comma 2).*

Alle regioni è permesso introdurre discipline di maggior tutela riguardanti ambiti di propria competenza (art. 117, 3 e 4 comma) confinanti o sovrapposti con la tutela dell’ambiente e dell’ecosistema, purché si muovano nell’ambito degli *standard* previsti da leggi dello Stato e garantiscano più intensamente l’integrità ambientale.

Lo smaltimento delle carcasse di tartarughe marine, specie non considerata specificatamente dalla normativa vigente sullo smaltimento delle carcasse di animali, rientra nel Regolamento (CE) n. 1069/2009 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 21 ottobre 2009. Questo Regolamento è indirizzato alla gestione dei sottoprodotti animali al fine di evitare i rischi che questi potrebbero comportare da un punto di vista sanitario. Viene dunque applicato agli animali selvatici, comprese le carcasse di tartarughe marine, solo qualora questi siano sospetti di essere affetti da malattie trasmissibili all’uomo o agli animali (in questo caso il Regolamento riconosce la fauna selvatica come materiale di Categoria 1).

L’art. 16 del Regolamento stabilisce poi che, in deroga alle indicazioni sulle modalità di smaltimento, i sottoprodotti animali possono essere utilizzati ai fini di attività di ricerca purché queste siano svolte in condizioni idonee a garantire il controllo di rischi per la popolazione umana e gli animali e purché siano successivamente smaltiti in modo sicuro.

Poiché il regolamento può essere applicato, per definizione, solo ai corpi interi o alle parti di tartarughe marine sospettati di essere affetti da malattie trasmissibili all'uomo o agli animali, non include le tartarughe marine morte per cause traumatiche.

Il comportamento da adottare di fronte al ritrovamento di esemplari morti di tartarughe marine è il seguente:

- a) Si procede all'invio della carcassa agli Istituti di ricerca per gli esami del caso;
- b) Se, invece, è possibile determinare la causa (sospetto di malattia trasmissibile all'uomo o agli animali) si può procedere sia come sopra per fini di ricerca, sia alla distruzione per incenerimento mediante consegna a ditta per lo smaltimento dei materiali di categoria 1 [5].

### 1.3 CARATTERISTICHE DISTINTIVE DI SPECIE

Le specie di tartarughe marine che abitano il Mare Mediterraneo sono principalmente tre: *Caretta caretta* e *Chelonia mydas* che appartengono alla famiglia *Cheloniidae*, e *Dermochelys coriacea* che appartiene alla famiglia *Dermochelyidae*. La *Caretta caretta* (Linnaeus 1758) è la specie più presente nelle acque del Mare Adriatico, mentre la *Chelonia mydas* preferisce le acque del Mediterraneo orientale e la tartaruga liuto (*Dermochelys coriacea*) è presente sporadicamente nei nostri mari e a differenza delle altre non nidifica lungo le coste del Mediterraneo.

Per quanto riguarda la *Dermochelys coriacea* (Vandelli, 1761) questa è la specie con la più vasta distribuzione geografica: si trova nell'Oceano Atlantico, Oceano Pacifico ed Oceano Indiano, Mar Rosso, Mar Mediterraneo e Mare del Nord, fino alle fredde acque di Alaska, Norvegia, Labrador e del Mare di Bering, grazie al fenomeno noto come gigantotermia. Le grandi dimensioni e la corporatura massiccia di questa tartaruga le permettono infatti di mantenere costante la temperatura del corpo, riducendo il rapporto tra volume e superficie esposta all'ambiente esterno, rendendo più lenti i processi di diminuzione e aumento della temperatura corporea.

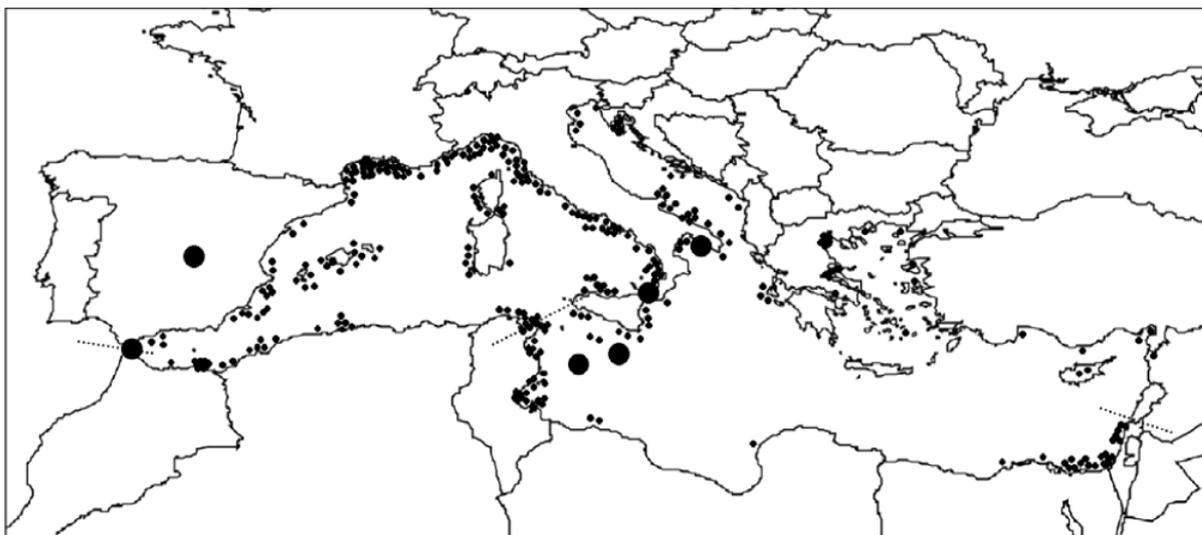


Fig. 2 – Distribuzione geografica dei rilevamenti di *Dermochelys coriacea* nel Mediterraneo (n=411). Cerchi piccoli: ritrovamenti singoli; cerchi grandi: 13 (Stretto di Gibilterra), 25 (Spagna), 19 (isole Pelagie, Italia), 13 (Malta), 14 (Stretto di Messina), 14 (Golfo di Taranto) ritrovamenti. Linee tratteggiate: divisioni arbitrarie tra bacino occidentale ed orientale e tra coste mediterranee settentrionali e meridionali (tratto da: P. Casale et al., 2003 [5])

Le aree di nidificazione di questa specie comprendono Messico, Costa Rica, Sud Africa, Mozambico e alcune aree asiatiche [1].

Nel Mediterraneo troviamo soggetti adulti o sub-adulti, che sono in genere di origine atlantica, mentre gli animali più giovani preferiscono le acque tropicali. All'interno del bacino vengono segnalate un po' dappertutto, ma più frequentemente nel Mar Tirreno ed Egeo, probabilmente per fattori alimentari. Se ne denota inoltre una presenza costante durante tutto l'anno, senza significative variazioni stagionali [4].

La *Chelonia mydas* (Linnaeus 1758) o tartaruga verde ha una distribuzione geografica leggermente meno vasta della *Dermochelys* in quanto preferisce temperature dell'acqua più elevate. La troviamo nell'Oceano Atlantico, nell'Oceano Pacifico, nel mare di Cina e Giappone, in Argentina, in Sud Africa e in Nuova Zelanda. Le aree di nidificazione includono anche Australia, Indonesia, Suriname, Guyana Francese e Costa Rica [6].

La popolazione presente nel Mediterraneo sembra essere una subpopolazione di quella atlantica ed è stata classificata *critically endangered* nel 2000 dall'IUCN. In questo mare le aree per la nidificazione sono ristrette alla parte orientale, più precisamente in Turchia e Cipro, dove si concentrano la maggior parte dei nidi, e in piccola parte in Libano, Israele ed Egitto [7].

Esemplari giovani allo stadio di sviluppo neritico si possono ritrovare nelle acque della Grecia meridionale, della Turchia occidentale e nel Mar Nero. Nel Mare Adriatico, invece, è molto raro trovare questa specie di tartaruga: i pochi esemplari di tartaruga verde sono stati ritrovati soprattutto nell'Adriatico meridionale e la maggior parte di questi erano giovani di piccole dimensioni in stadio pelagico [8].

La *Caretta caretta* ha una distribuzione geografica molto vasta, che va dall'Oceano Atlantico, all'Oceano Pacifico e fino all'Oceano Indiano, preferendo latitudini tropicali, subtropicali e temperate: si ritrova inoltre anche nel Mar Mediterraneo, nel Mar Rosso e Mar Nero [2].

Le aree di nidificazione della *C. caretta* sono distribuite lungo le coste dell'America settentrionale, fino alla North Carolina, in quelle del Messico, del Brasile e di Capo Verde. Molto importanti inoltre sono le coste di Florida, Oman, Australia e Giappone.

Nel Mar Mediterraneo il 99% dei nidi della *C. caretta* sono situati lungo le coste della Grecia (soprattutto a Laganas Bay, nell'isola di Zakynthos), della Turchia e di Cipro [9], molti sono stati rinvenuti anche lungo le coste di Libano, Israele e Tunisia e occasionalmente in Spagna.

Anche in Italia si trovano aree di nidificazione di questa specie soprattutto lungo le coste meridionali della penisola, principalmente in Calabria, Puglia, Sicilia e sporadicamente in Sardegna, Toscana e Campania. Sono noti soprattutto i siti nelle isole Pelagie, Linosa e Lampedusa, grazie ai frequenti monitoraggi che confermano queste isole quali siti di nidificazione regolare [1]. Evento eccezionale è stato la schiusa a novembre 2013 di un nido in località Roseto degli Abruzzi.

Distinguere esemplari appartenenti alla specie *Dermochelys coriacea* da quelli di *Caretta caretta* e *Chelonia mydas* è molto semplice, per le notevoli differenze anatomiche.

La *Dermochelys coriacea*, o tartaruga liuto, presenta carapace e piastrone percorsi da carenature longitudinali e prominenti (sette dorsalmente e cinque ventralmente) e la sua cute è liscia, coriacea e priva di squame. È assente qualsiasi tipo di struttura epidermica modificata: mancano infatti le squame sulla pelle, gli scudi sul carapace o sul piastrone, le placche cornee sulla testa o sulle mandibole e gli artigli sugli arti. Manca un vero e proprio becco e sulla mascella sono presenti due cuspidi appuntite, che danno alla ranfoteca l'aspetto di una W. La colorazione è anch'essa caratteristica in quanto dorsalmente ha una tonalità nerastra, con una punteggiatura bianca irregolare, mentre nella parte ventrale prevale una colorazione chiara, tendente al biancastro o rosa chiaro [10]. La tartaruga liuto è la più grande tra le tartarughe marine: da adulta può infatti raggiungere i 2 metri di lunghezza del carapace e i 900 kg di peso, con un'apertura delle natatoie fino a 2,5 metri. Riesce ad immergersi ad elevate profondità alla ricerca di cibo [11].

La *Chelonia mydas* e la *Caretta caretta* fanno parte entrambe della famiglia delle *Cheloniidae*.

La tartaruga verde si distingue dalle altre per la presenza di un solo paio di scudi prefrontali e un solo artiglio per arto. Il carapace si presenta cuoriforme, di colore bruno e verde oliva, talvolta macchiettato e si delineano 5 scudi vertebrali, affiancati su ciascun lato da 4 larghi scudi costali e 4 scudi inframarginali.

Questa specie raggiunge una lunghezza di circa 80-122 cm e un peso di 65-204 kg.

La *Caretta caretta* si distingue dalle altre specie per la presenza di più di un paio di scudi prefrontali, 5 scudi vertebrali affiancati da 5 scudi costali, e 3 scudi inframarginali.

A differenza della *Chelonia mydas*, inoltre, la *C. caretta* ha due artigli per arto e una colorazione bruno-marrone del carapace. Questa specie ha una testa massiccia e in proporzione più grande che nelle altre specie e per questo le è stato attribuito il nome

comune di *loggerhead turtle*, “tartaruga dalla testa di legno”. Un esemplare adulto raggiunge una lunghezza di 85-124 cm, per un peso che può arrivare a 200 kg [11].

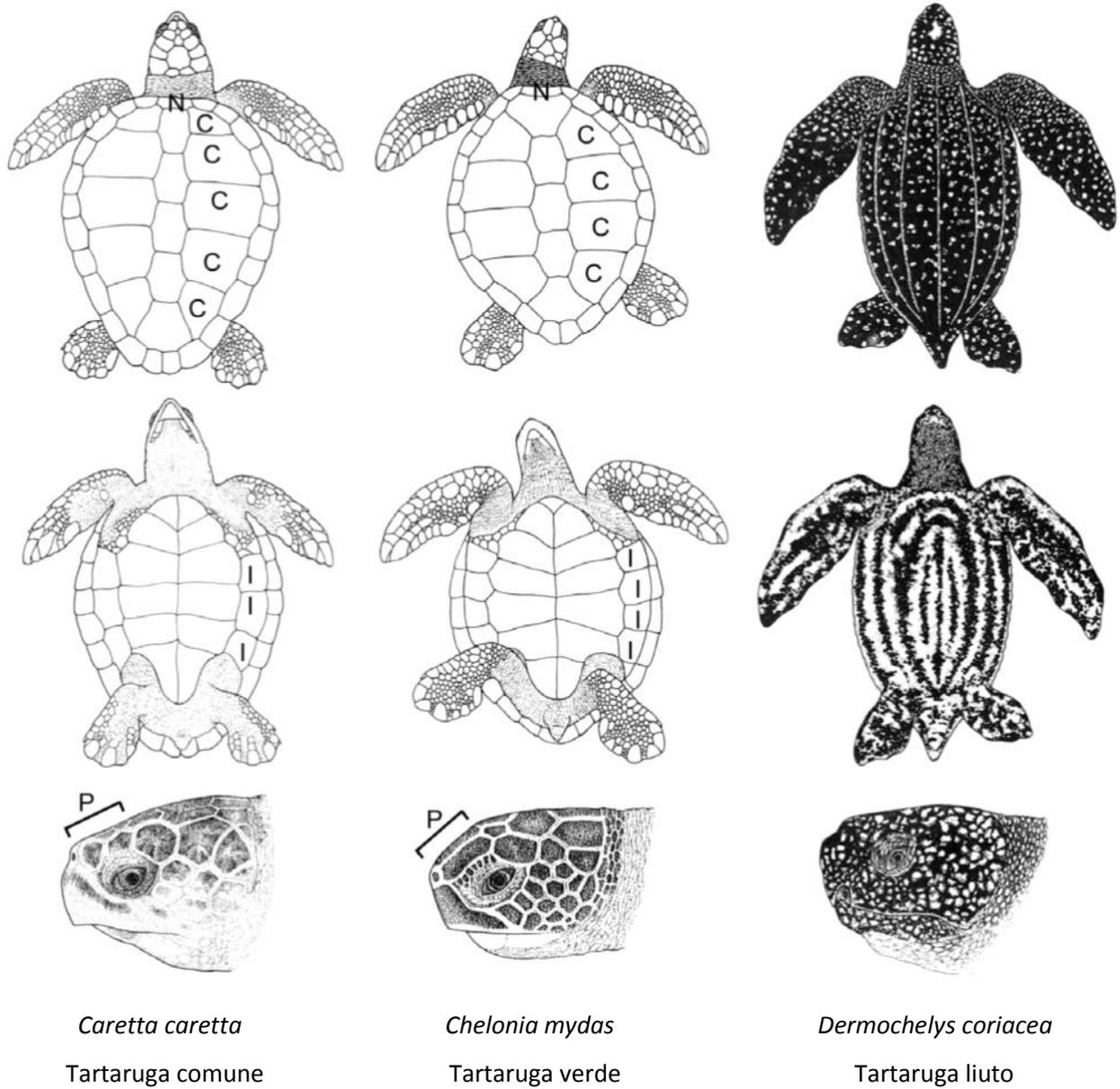


Fig.3 – Schema per il riconoscimento di specie (tratto da: Scheda per la segnalazione di tartarughe marine , MSN Venezia, WWF)

## 1.4 CICLO VITALE

Il ciclo vitale delle tartarughe marine è complesso e si articola in diverse fasi, ognuna delle quali si svolge in un'area particolare.

Tutto parte dalla schiusa delle uova, che avviene dopo circa 60 giorni di incubazione, tempo comunque variabile e direttamente correlato alla temperatura. A seconda di questa infatti dipende, oltre la durata dell'incubazione, anche la determinazione del sesso: ad una temperatura ambientale di 29°C il rapporto maschi:femmine è di 1:1; all'aumentare della temperatura aumentano il numero di femmine e viceversa al diminuire della temperatura aumentano i maschi.

Dal momento della schiusa a quello in cui i piccoli emergono dal nido possono passare fino a 7 giorni, in quanto aspettano di uscire tutti assieme per avere più possibilità di sfuggire ai predatori (gabbiani, volpi, granchi,...) e per lo stesso motivo escono in genere di notte.

I piccoli di *Caretta caretta* alla nascita misurano circa 45 mm e pesano 20 g, quelli di *D. coriacea* sono un po' più grandi, con una media di 61.3 mm di lunghezza per 45,8 g di peso [12].

Una volta usciti dal nido i piccoli si dirigono rapidamente verso il mare, che riconoscono grazie a stimoli visivi, essendo il mare caratterizzato da un orizzonte luminoso e basso, mentre la terra ha un orizzonte buio e più alto [13]. Raggiunto il mare, i piccoli vengono aiutati ad orientarsi dalle onde, delle quali riescono a percepire la direzione di propagazione e quindi nuotando nella direzione contraria ad esse, si allontanano dalla riva verso l'oceano.

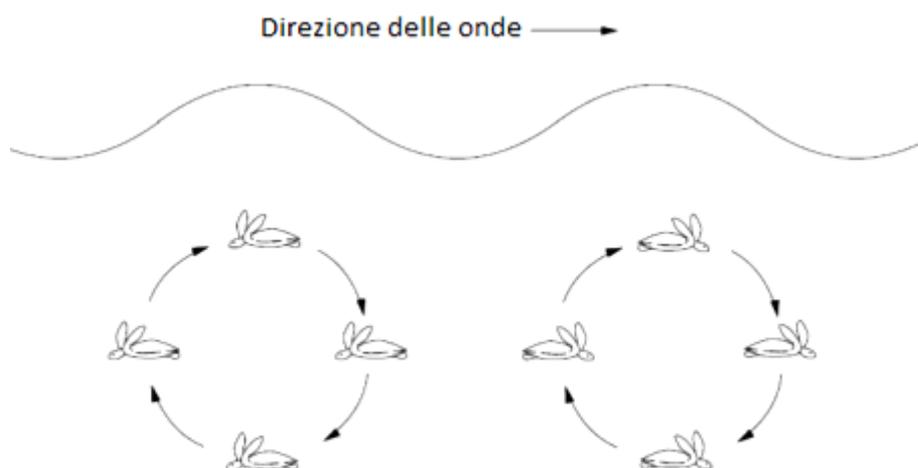


Fig. 4- Movimento di una tartaruga che nuota nella direzione opposta alle onde e nella direzione di propagazione delle onde (tratto da: Lohmann K. J. et al. 1996 [14])

Le tartarughe riescono infatti a percepire il moto rotazionale delle onde e le sequenze di accelerazione che esse provocano nella colonna d'acqua: per andare nella direzione opposta alle onde subiscono una spinta prima verso l'alto, poi indietro, quindi verso il basso e poi in avanti.

Quando poi arrivano nelle acque più profonde, i neonati non seguono più le onde ma si basano sul campo magnetico terrestre [14].

A questo punto i piccoli nuotano fino a raggiungere l'ambiente oceanico, utilizzando solo le riserve nutritive contenute nel tuorlo. Qui, dove la pressione predatoria è decisamente minore, i piccoli entrano nelle correnti oceaniche, ambiente definito come *nursery habitat*, e si lasciano trasportare assieme alla loro fonte di cibo, caratterizzata essenzialmente da prede planctoniche.

Gli anni trascorsi nell'ambiente oceanico sono i meno conosciuti della vita delle tartarughe marine, tanto da essere definiti come "gli anni perduti". Esse possono trascorrere in quest'ambiente anche 10 anni, durante i quali aumentano di dimensioni fino ad arrivare allo stadio giovanile. Durante questo stadio sembra che riescano a compiere spostamenti volontari all'interno delle correnti [15].

Terminato il periodo di accrescimento oceanico, le tartarughe ora allo stadio di transizione giovanile, tornano nell'ambiente neritico per completare il loro sviluppo. Le aree di foraggiamento si trovano in vicinanza delle spiagge natali, e per raggiungerle le tartarughe devono percorrere lunghe distanze, spesso anche contro corrente [16]. La caratteristica di questi animali di far ritorno alle aree da cui sono partiti decine di anni prima viene chiamata *homing behaviour*.

Le tartarughe che vivono in zone temperate o subtropicali, nelle quali la temperatura dell'acqua durante l'inverno diventa troppo fredda, sono solite avere un comportamento migratorio di tipo stagionale: esse si allontanano dalle loro zone di foraggiamento abituali in autunno, dirigendosi verso sud e poi vi fanno ritorno in primavera. Non ci sono molti dati a riguardo, ma si può denotare nelle tartarughe una particolare predilezione per precise aree neritiche (*site fidelity*) in cui fanno sempre ritorno dopo le varie migrazioni [17].

Molti studi sono stati fatti sulla capacità delle tartarughe marine di orientarsi e tutt'ora questa caratteristica non è stata totalmente compresa. Le ultime ipotesi è che usino una specie di mappa di navigazione basata sull'intensità e l'inclinazione del campo magnetico terrestre [18]. Questi parametri variano sulla superficie terrestre in base alla distanza dai poli

magnetici e formano una “griglia” data dall’intersezione di linee isocliniche (linee con la stessa inclinazione magnetica) e linee isodinamiche (linee con la stessa intensità magnetica). Questi parametri variano in ogni punto della Terra e quindi le tartarughe riescono sempre a percepire la loro posizione rispetto ai poli e alla loro meta. Si pensa infatti che quando escono dal nido, i piccoli subiscano un *imprinting* sia magnetico che chimico sulla propria spiaggia natale e in questo modo siano poi in grado di ritornarci. In particolare, gli animali arrivano in prossimità della spiaggia grazie alle coordinate magnetiche, e trovano la localizzazione precisa attraverso le caratteristiche chimiche dell’acqua. Lo stesso meccanismo si pensa venga usato anche per ritornare sempre alla stessa area di foraggiamento. Altri riferimenti che vengono usati dalle tartarughe per orientarsi potrebbero essere gli spunti visivi (sole), la lunghezza del giorno, la temperatura dell’acqua, i feromoni emanati dai conspecifici [19].

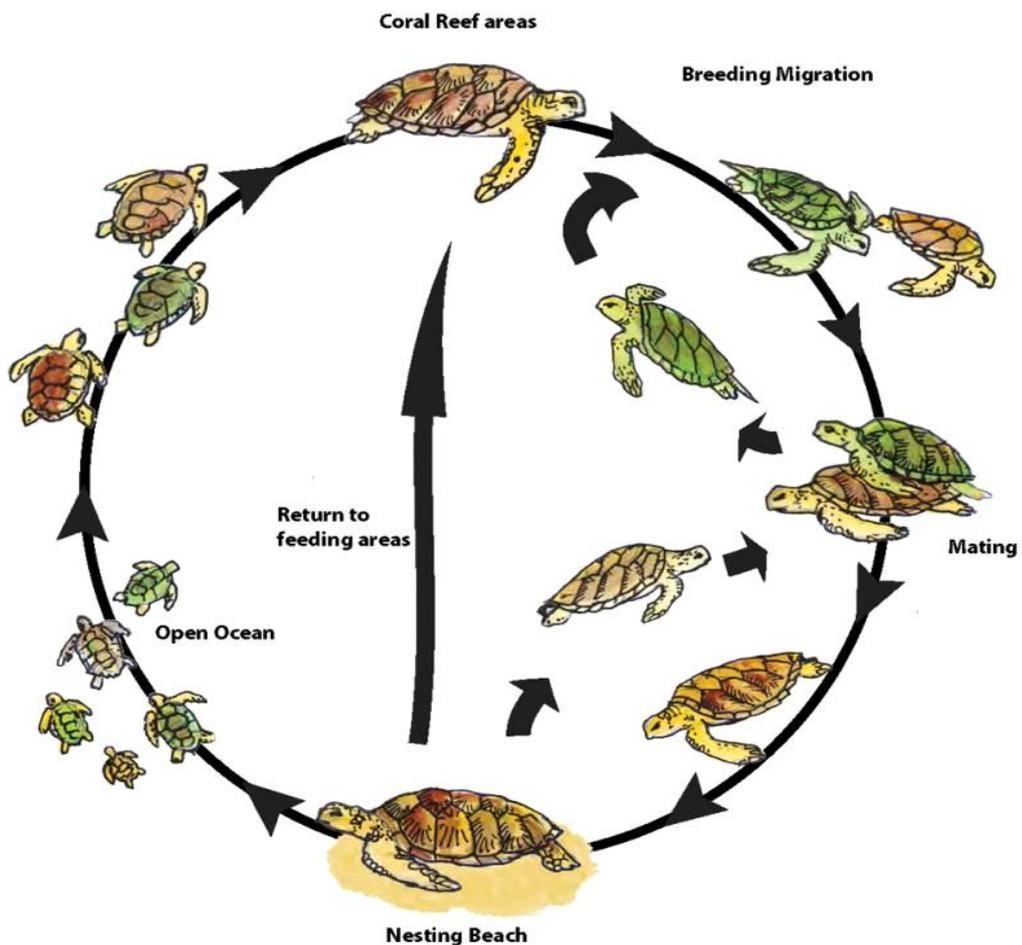


Fig.5 – Ciclo vitale delle tartarughe marine

Una volta raggiunto lo stadio adulto, le tartarughe di entrambi i sessi migrano dalle zone di foraggiamento alle aree riproduttive, che in genere si trovano nelle acque antistanti la spiaggia dove le femmine andranno a deporre. Qui avvengono gli accoppiamenti e studi di genetica hanno dimostrato che una femmina si accoppia con più maschi e viceversa. Gli accoppiamenti avvengono nei 30/60 giorni che precedono la prima ovo-deposizione della stagione. Al termine di questo periodo, il maschio torna alla zona di foraggiamento, mentre la femmina si prepara per andare a deporre. La spiaggia in cui la femmina andrà a deporre le uova coincide spesso con la spiaggia natale (*natal homing*) e deve possedere caratteristiche specifiche per garantire le maggiori possibilità di sopravvivenza alla prole: la spiaggia deve essere facilmente accessibile dal mare, dev'essere abbastanza elevata da evitare che le onde arrivino al nido, il fondo dev'essere sabbioso per permettere la preparazione del nido e la diffusione dei gas, deve avere il giusto grado di umidità per evitare che il nido collassi sopra alle uova, una bassa salinità e la giusta temperatura di incubazione.

La deposizione avviene di notte (in rari casi si può vedere di giorno): la femmina scava dapprima con tutte e quattro le pinne, poi solo con le posteriori e crea un nido profondo circa 50 cm, nel quale depone un centinaio di uova. Poi ricopre tutto e torna in mare. L'intero processo dura circa un paio d'ore.

In una stagione riproduttiva la femmina compie più deposizioni, a intervalli di circa 2-3 settimane, durante i quali rimane nelle acque antistanti la spiaggia.

Al termine della stagione riproduttiva, che dura circa 3-4 mesi, anche la femmina torna alla propria area di foraggiamento neritica.

In genere le femmine non si riproducono ogni anno (con la possibile eccezione di *L. kempi*) e hanno intervalli diversi in base alla specie. I maschi si riproducono con una frequenza maggiore delle femmine, alcune specie anche ogni anno (ad esempio *C. caretta*) [20].

## 2. CENNI DI ANATOMIA FUNZIONALE

### 2.1 APPARATO SCHELETRICO

Lo scheletro delle tartarughe marine è formato da ossa e cartilagini e viene generalmente suddiviso in cranio, scheletro assile e scheletro appendicolare.

Il cranio è formato da un neurocranio interno e da uno splancnocranio esterno. Il neurocranio è situato posteriormente e medialmente all'interno dello splancnocranio e contiene l'encefalo. Le ossa che compongono il cranio e le ossa palatine variano a seconda della specie per forma e posizione, e vengono spesso utilizzate come caratteri di distinzione di specie.

Rostralmente troviamo mandibola e mascella, formate dall'insieme di molte ossa, che vanno a formare la ranfoteca, il becco cheratinizzato tipico dei chelonidi. La ranfoteca differisce in base alla specie: in *C. caretta* è robusta e massiccia e anche molto tagliente lungo i bordi, ottima per schiacciare le prede che spesso sono costituite da crostacei. In *D. coriacea* la mascella presenta due cuspidi caratteristiche, che danno alla ranfoteca l'aspetto di una W, mentre la ranfoteca della *Chelonia mydas* si presenta dentellata e con una curvatura meno pronunciata, più adatta alla sua alimentazione costituita prevalentemente di alghe.

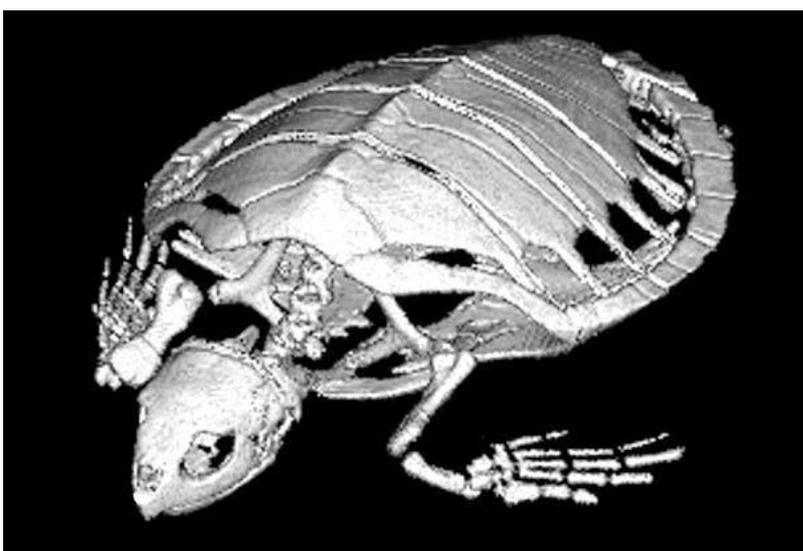


Fig. 6 – Scheletro osseo di tartaruga marina (tratto da: Wyneken J., 2001 [21])

Lo scheletro assile delle tartarughe si compone di 7 vertebre cervicali mobili, con l'ottava vertebra fusa al carapace; 10 vertebre toraciche fuse al carapace; 2-3 vertebre sacrali e 12 o più vertebre caudali. Le vertebre toraciche presentano un corpo ventrale indipendente, mentre l'arco vertebrale è sostituito da ossa dette *neurali*, che vanno a formare la linea mediana centrale del carapace.

Le coste prendono attacco a livello dell'articolazione tra una vertebra e l'altra. Queste con la crescita sviluppano un'espansione detta "dermale", che le rende sempre più larghe fino ad entrare in contatto le une con le altre: vanno così a formare le ossa *pleurali* del carapace.

Lateralmente le ossa pleurali entrano in contatto con le ossa *periferiche* del carapace. Tra le ossa pleurali e le ossa periferiche vi è uno spazio chiamato *fontanella*, che viene completamente chiuso negli adulti di *C. caretta*.

Le vertebre caudali sono diverse tra maschio e femmina: nel maschio sono più larghe, con robusti processi laterali e dorsali, per dare attacco ai muscoli della coda molto sviluppati; nella femmina sono più corte e diminuiscono di dimensioni distalmente.

Il piastrone è costituito da quattro paia di ossa: *epiplastron*, *hyoplastron*, *hipoplastron* e *xiphiplastron*, e da un osso impari, l'*entoplastron*.

Carapace e piastrone sono ricoperti da scudi di cheratina. In senso medio-laterale, sul carapace si distinguono scudi vertebrali, scudi laterali o costali e scudi marginali. Lo scudo marginale più craniale è detto *nucale*, i 2 più caudali sono chiamati *sopracaudali*.

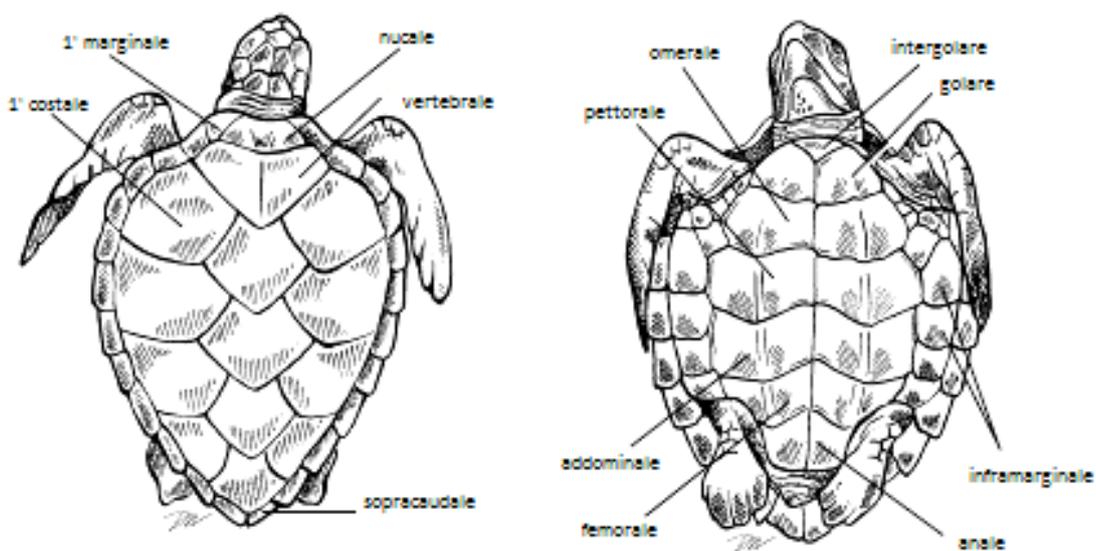


Fig. 7 – Scudi cornei del carapace (a sinistra) e del piastrone (a destra) [21].

Nel piastrone invece si trovano, in senso cranio-caudale, lo scudo *intergolare* (impari), gli scudi *golari*, *omerali*, *pettorali*, *addominali*, *femorali* e infine gli scudi *anali*, tutti pari.

Tra carapace e piastrone si trovano gli scudi *inframarginali*.

Molto diversa è invece la struttura del carapace della *Dermochelys coriacea*, il quale non è ricoperto di scudi ma da tessuto connettivo, molto rigido e ricco di grasso, che si solleva in sette creste longitudinali. Sopra al tessuto connettivo si trova uno strato continuo di piccole ossa dermali incorporate in uno strato di cute cerosa esterna. Il piastrone manca dell'entoplastron e le altre ossa presentano uno sviluppo minore. L'aspetto della corazza infine viene definito "a botte" in quanto non si forma l'angolo acuto tra carapace e piastrone.

Lo scheletro appendicolare comprende gli arti anteriori o pinne, il cinto scapolare, gli arti posteriori e il cinto pelvico.

Il cinto scapolare è composto da due ossa: la scapola, con il processo acromiale, e l'osso coracoide, che insieme formano una struttura triradiata. La scapola si dirige verticalmente e si attacca al carapace a livello della prima vertebra toracica; il processo acromiale origina ventralmente e si dirige medialmente andando ad articolarsi con l'entoplastron; il coracoide infine si estende posteriormente e medialmente, dando inserzione a molti dei muscoli della pinna.

Scapola e coracoide vanno a formare anche la fossa glenoidea, che si articola con l'omero. Da sottolineare è la posizione del cinto scapolare, che si trova all'interno della cassa toracica.

L'arto anteriore è formato da omero, radio, ulna, carpo, metacarpo e da 5 falangi. Radio e ulna sono molto corti e le ossa di carpo e metacarpo sono piatte ed allargate, mentre le falangi sono molto allungate: queste caratteristiche rappresentano un adattamento alla vita acquatica, e danno alla pinna una forma idrodinamica.

Il cinto pelvico è composto da tre paia di ossa: ischio e pube, che vanno a formare la parte ventrale della pelvi, e ileo, che si articola con le vertebre sacrali e tiene la pelvi legata al carapace. Queste tre ossa inoltre formano l'acetabolo. Negli animali giovani sono tenute unite da cartilagine, che poi ossifica nell'adulto formando un'unica struttura. Solo nella *D. coriacea* restano unite da cartilagine per tutta la vita dell'animale.

L'arto posteriore comprende il femore, breve e che si articola con l'acetabolo, tibia e fibula, tarso, metatarso e falangi. Come nell'arto anteriore, anche queste presentano le caratteristiche che le rendono idrodinamiche; tutti gli arti sono pentadattili.

Nella *Dermochelys* le ossa degli arti presentano appendici cartilaginee molto sviluppate alle estremità [21].

## 2.2 SISTEMA CIRCOLATORIO

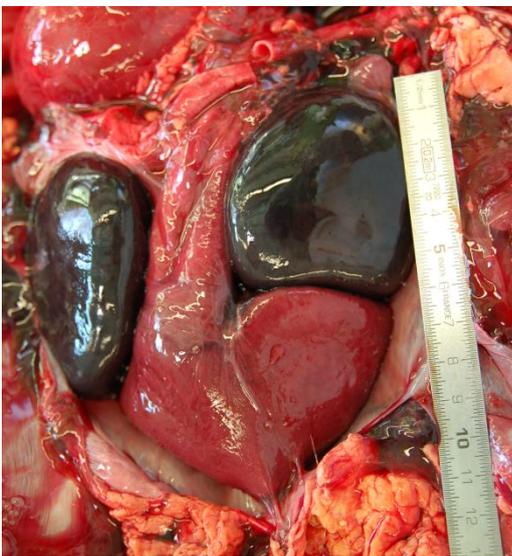


Fig. 8 – Cuore di *Caretta caretta* (immagine propria, dipartimento BCA)

Il sistema circolatorio delle tartarughe marine comprende cuore, arterie, vene e vasi linfatici.

Il cuore è situato all'interno del sacco pericardico, il quale è legato al celoma tramite il *gubernaculum cordis*, un legamento che parte dall'apice ventricolare e serve a tener ancorato il cuore durante la contrazione. Dorsalmente il cuore è a contatto con i polmoni, lateralmente è racchiuso tra i lobi del fegato e ventralmente è contenuto tra

Il cuore delle tartarughe è formato

da quattro camere: un seno venoso, due ampi atria e un ventricolo. Il ventricolo è a sua volta suddiviso in tre compartimenti: cavo venoso, cavo arterioso e cavo polmonare, separati tra loro solo parzialmente. Da questa suddivisione si può già intuire che anche in queste tartarughe, come in tutti i rettili, circolazione polmonare e sistemica non sono totalmente separate e il sangue arterioso può mescolarsi in varia misura con il sangue venoso. L'unica specie che ha una separazione quasi totale delle due circolazioni è la *Dermochelys coriacea*.

Il sangue venoso che ritorna al cuore attraverso i quattro maggiori vasi venosi (precava sinistra e precava destra che drenano la parte anteriore del corpo, epatica -o postcava-sinistra e postcava destra drenano la parte posteriore) si raccoglie nel seno venoso e da qui, poi, passa direttamente nell'atrio destro. Nell'atrio sinistro, invece, arriva il sangue ossigenato proveniente dalle vene polmonari.

Dagli atri, il sangue passa poi nell'unico ventricolo, rispettivamente nel cavo venoso e arterioso, che sono in comunicazione tra loro; una parte del sangue viene deviata anche nel cavo polmonare. Il sangue dal ventricolo viene quindi riversato nei tre vasi principali: nell'aorta destra (che va a irrorare testa, arti e parte del carapace), nell'aorta sinistra (diretta ai visceri) e nel tronco polmonare (che si dirige verso i polmoni).

Quando l'animale è in apnea, la circolazione polmonare viene esclusa tramite l'aumento delle resistenze nei vasi polmonari e questo permette un utilizzo ottimale dell'ossigeno durante le immersioni.

Altra caratteristica del sistema circolatorio di questi animali è la presenza di due sistemi portalici: epatico e renale. Il sistema portale renale drena il sangue proveniente dagli arti posteriori, vescica, retto, cloaca e dalle vicine vene vertebrali. Il sistema portale epatico invece drena il sangue proveniente dall'intestino, stomaco, pancreas e milza, attraverso la vena portale epatica.

I vasi linfatici delle tartarughe trasportano i fluidi presenti nei tessuti dal comparto extravasale a quello intravasale; sono vasi molto sottili e scorrono a stretto contatto con arterie e vene [21].

## **2.3 APPARATO RESPIRATORIO**

L'apparato respiratorio delle tartarughe marine è composto da glottide, trachea, due bronchi e due polmoni.

La glottide è situata medialmente nella parte posteriore della lingua, ed è sostenuta ventralmente dall'apparato ioideo.

La trachea si apre subito dopo la glottide ed è formata da anelli cartilaginei completi. Essa si biforca, dorsalmente e cranialmente al cuore, nei due bronchi principali, che entrano nella parte anteriore dei polmoni, vicino all'arteria polmonare. I bronchi si estendono per tutta la lunghezza dei polmoni e hanno delle aperture lungo le pareti che si connettono direttamente con il parenchima polmonare, essendo le tartarughe prive dei bronchi secondari.

I polmoni, di consistenza spugnosa ed elastica e colorazione rossastra, sono adesi dorsalmente alla volta del carapace e alla colonna vertebrale (in alcune specie come *L.*

*kempii* e *C. caretta* sono più strettamente attaccati che in altre). Ventralmente il polmone sinistro è unito allo stomaco tramite il legamento gastropolmonare, mentre il polmone

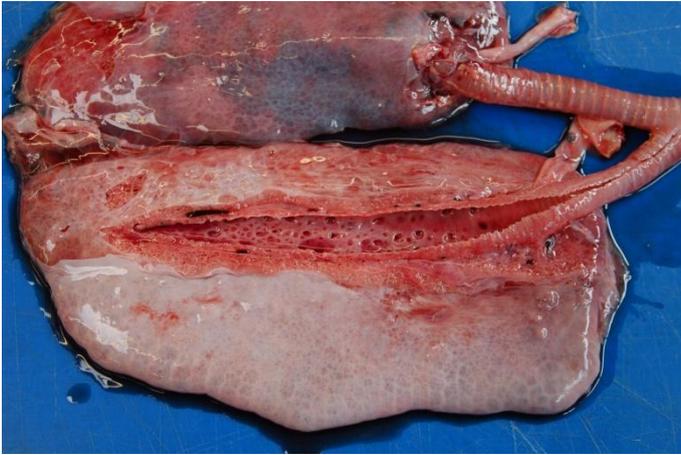


Fig. 9 – Polmoni di *Caretta caretta* (immagine propria, dipartimento BCA)

destro è legato al lobo destro del fegato tramite il legamento epatopolmonare.

Posteriormente, i polmoni sono separati da surrene e reni dalla sierosa che delimita la cavità celomatica e si spingono caudalmente fino ad essere adiacenti alle gonadi.

I polmoni delle tartarughe marine non contengono strutture cartilaginee al

loro interno e sono suddivisi in lobi non visibili esternamente.

La ventilazione avviene senza l'ausilio del diaframma, che è assente nelle tartarughe, ed è permessa dai movimenti del cinto pelvico e toracico, che cambiano la pressione intracelomatica richiamando aria nei polmoni. Le tartarughe marine hanno un ampio volume tidale e, in condizioni normali, riescono a trattenere il respiro fino a raggiungere livelli di ossigeno nel sangue anche molto bassi [21].

## 2.4 APPARATO GASTROENTERICO

Il tratto gastroenterico si estende dall'apertura buccale alla cloaca.

All'interno della bocca si trovano anche strutture appartenenti al sistema respiratorio, come la glottide e le coane, o narici interne, attraverso le quali avviene il passaggio dell'aria verso la trachea. Posterolateralmente all'interno della bocca sono presenti le tube di Eustachio, che comunicano con l'orecchio interno per la regolazione della sua pressione. La lingua è ancorata al pavimento buccale e non può protrudere.

L'esofago delle tartarughe marine è caratterizzato dalla presenza di papille cornee appuntite dirette cranialmente, che ricoprono l'intera superficie, fino allo stomaco: esse trattengono le prede quando, dopo aver inghiottito il boccone, viene espulsa l'acqua in eccesso. L'esofago si trova dorsalmente e a destra della trachea e si inserisce nello stomaco piegando a sinistra.

Nella *Dermochelys coriacea* l'esofago è particolarmente lungo e si estende fino a circa metà del piastrone per poi tornare cranialmente fino allo stomaco.

Lo stomaco si trova nella metà sinistra della cavità celomatica, lateralmente al fegato e al pericardio; è legato al polmone sinistro tramite il legamento gastropolmonare e al lobo sinistro del fegato tramite il legamento gastroepatico.

Il duodeno è separato dallo stomaco tramite la valvola pilorica e la sua mucosa ha un caratteristico aspetto "a rete" per la presenza, in *C. mydas* e *D. coriacea*, dello sbocco di ghiandole mucose. Lungo la parete del duodeno si trova inoltre l'ampolla di Vater, una piccola papilla, sbocco del dotto biliare comune.

Gli altri tratti dell'intestino tenue, digiuno e ileo, sono difficilmente distinguibili. All'interno del piccolo intestino si svolge la digestione di proteine e di carboidrati complessi.

Il passaggio da ileo a colon è caratterizzato dalla presenza di uno sfintere, la valvola ileociecale, che comunica con il cieco. Il colon, la cui funzione principale è quella di assorbire i liquidi, termina nel retto, che spesso è pigmentato ed è dotato di una spessa parete muscolare. Il retto si inserisce quindi nella cloaca, una camera che, oltre alle feci, riceve anche le uova o lo sperma ed è connessa ventralmente alla vescica urinaria.

Ad ogni specifica funzione è associata una regione della cloaca: il coprodeo riceve le feci dal retto, l'urodeo è associato alla papilla urinaria e riceve l'urina, e il proctodeo, la regione più distale, è quella in cui si aprono i dotti genitali ed è funzionalmente associata alla copula.

Il transito intestinale in questi animali è molto lento, in *C. caretta* ad esempio può durare fino a 122 ore.



Fig. 10 – Esofago di *Caretta caretta* (immagine propria, dipartimento BCA)



Fig. 11 – Fegato di *C. caretta* (immagine propria, dipartimento BCA)

Il fegato delle tartarughe è il più grande organo viscerale ed è situato ventralmente, in posizione centrale. È composto da due lobi connessi da una o più strisce di tessuto epatico, ha un colorito che può variare dal marrone scuro al rossastro. Nella faccia ventrale del lobo destro, che generalmente è più grande del sinistro, si trova la cistifellea, che

riceve la bile prodotta dagli epatociti tramite i dotti biliari. Il fegato riceve il sangue dalla vena portale epatica e dall'arteria epatica e lo drena tramite le vene epatiche nel seno venoso [21].

Il pancreas è situato lungo il primo tratto del duodeno, è una sottile striscia di tessuto color rosa-arancio e produce enzimi digestivi, insulina e glucagone che riversa nel duodeno tramite il dotto pancreatico, visibile solo negli esemplari molto grandi.

## **2.5 SISTEMA UROGENITALE**

Il sistema urogenitale è composto da reni, ureteri, gonadi e loro dotti, vescica e papilla genitale.

I due reni si trovano in posizione retro-peritoneale, caudalmente ai polmoni e alle gonadi, hanno forma ellissoidale, sono lobulati e hanno colore rosso vivo. Mancano della classica suddivisione in corticale e midollare e nella loro struttura interna manca l'ansa di Henle. Nei rettili acquatici gli scarti azotati vengono eliminati sotto forma di acido urico e ammoniaca.

Gli ureteri originano dalla superficie ventrale dei reni e si dirigono caudalmente fino alla cloaca, dove sboccano a livello della papilla urogenitale.

La vescica non ha comunicazione diretta con gli ureteri, ma si apre nel pavimento ventrale della cloaca, e questa sua posizione le permette di raccogliere urina, acqua e altri prodotti di scarto tramite la cloaca. Le tartarughe marine hanno inoltre due piccole vesciche urinarie accessorie, localizzate lateralmente a livello del collo della vescica, raramente visibili.

Le gonadi di entrambe le specie sono localizzate all'interno del corpo, caudalmente ai polmoni e ventralmente ai reni.

Nella femmina le ovaie sono sostenute dorsalmente e medialmente dal mesovario e si estendono caudalmente fino alla cloaca. Gli ovidotti corrono parallelamente e lateralmente alle ovaie e si estendono anteriormente, prima di portarsi medialmente e terminare in una struttura a imbuto: l'ostio. L'ostio riceve i follicoli dopo l'ovulazione ed è sostenuto dal mesosalpinge. Gli ovidotti vanno poi ad aprirsi nell'urodeo della cloaca.

Ovaie e ovidotti cambiano in forma e dimensioni con l'età e anche a seconda che l'animale sia in periodo riproduttivo o non riproduttivo. Nell'animale immaturo l'ovaio appare rosato e i follicoli ancora immaturi gli conferiscono un aspetto granulare; con l'aumentare dell'età, i follicoli aumentano di dimensioni ed accumulano tuorlo giallo.



Fig. 12 – Ovaio immaturo di *C. caretta* (immagine propria, dipartimento BCA)

Nel maschio i testicoli hanno forma fusata e colore giallastro (che può variare da specie a specie) e sono situati, come nella femmina, caudalmente ai polmoni e legati al peritoneo tramite il mesorchio. Gli spermatozoi prodotti nel testicolo vengono stoccati nell'epididimo, posto lateralmente o posterolateralmente al testicolo.

I dotti deferenti partono dall'epididimo e si portano fino alla cloaca, dove sboccano alla base del pene nel solco uretrale. Questo è demarcato dalla presenza dei corpi cavernosi, che durante l'erezione chiudono dorsalmente la doccia uretrale, e permettono l'estroffessione

del pene, il quale normalmente giace all'interno della cloaca.

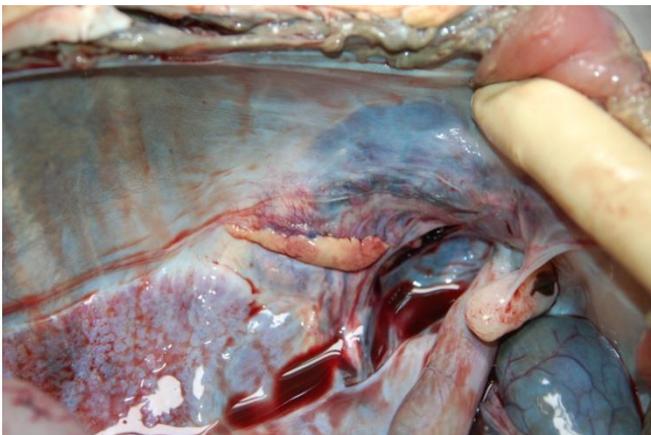


Fig. 13 – Testicolo immaturo di *C. caretta* nella sua normale sede anatomica (immagine propria, dipartimento BCA)

La posizione dell'apertura cloacale viene utilizzata come segno di distinzione dei sessi negli animali maturi: nella femmina tale orifizio si trova in posizione circa equidistante dalla punta della coda e dallo scudo anale del piastrone, mentre nel maschio l'orifizio è molto più vicino alla punta

della coda. Inoltre il maschio presenta una coda più lunga e muscolosa della femmina.

## 2.6 SISTEMA NERVOSO

Il sistema nervoso centrale delle tartarughe marine è alloggiato all'interno del cranio, in una scatola cranica tubulare, lungo la linea mediana.

L'encefalo è circondato da due foglietti meningei: la dura madre più esterna e la più delicata leptomeninge (pia madre). Sono presenti due spazi: lo spazio subdurale, che si trova sotto la dura madre, e lo spazio epidurale, sopra la dura madre, nel quale scorrono le vene epimeningee.

Il cervello è circondato dal fluido cerebrospinale, prodotto dalla tela corioidea (il plesso vascolare presente all'interno dell'encefalo).

Classicamente l'encefalo delle tartarughe marine viene suddiviso in tre regioni: il prosencefalo, il mesencefalo, e il rombencefalo. Il prosencefalo si



Fig. 14 – Cervello di *C. caretta* (immagine propria, dipartimento BCA)

estende dal naso fino al cervello posteriore, il mesencefalo va dagli occhi fino alla parte posteriore dei lobi ottici, e il rombencefalo si estende dalle orecchie al cervello posteriore.

L'encefalo si sviluppa a partire da un tubo iniziale, dal quale poi si ha un'espansione e la formazione di regioni specializzate e di tutte le strutture che si ritrovano nei soggetti adulti. In generale, esso è proporzionalmente più grande nei giovani rispetto agli adulti, mentre il tratto olfattorio diventa proporzionalmente più lungo durante la crescita dell'animale.

Nei due emisferi sono presenti due ventricoli laterali, che si continuano poi nel terzo ventricolo, seguito da acquedotto cerebrale e quarto ventricolo.

La maggior parte dei nervi cranici emergono ventralmente e lateralmente, e sono facilmente identificabili una volta asportato il cervello.

Ci sono delle lievi differenze di specie per quanto riguarda la posizione, più dorsale o più ventrale, del SNC; inoltre, in *L. kempii* l'encefalo è più adiacente alla scatola cranica, mentre è più lontano negli adulti di *C. caretta* e *E. imbricata*. Per quanto riguarda *D. coriacea*, il suo encefalo è posizionato più in profondità, con l'eccezione della ghiandola pineale che si estende dorsalmente [21].

## LE GHIANDOLE DEL SALE

Le ghiandole del sale (o ghiandole lacrimali) sono molto grandi in tutte le tartarughe marine e sono localizzate dorsalmente e medialmente agli occhi [21].

Hanno colorito marrone rossastro e sono composte da un centinaio di lobuli, divisi tra loro

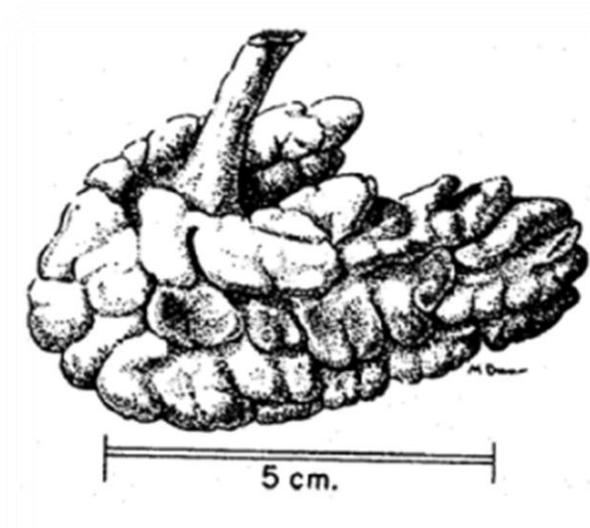


Fig. 15 – Ghiandola del sale di *Caretta caretta*  
(tratto da: Nielsen K.S. 1958 [22])

da tessuto connettivo e vasi sanguigni. Sono connesse con l'esterno tramite un corto dotto che si apre nel canto laterale dell'occhio.

Queste ghiandole hanno un'importante funzione di osmoregolazione: servono infatti a rimuovere l'eccesso di sale dal corpo. I reni delle tartarughe marine, infatti, non sono in grado di concentrare le urine tanto da permettere di compensare l'enorme apporto di sale dato dalla vita in

ambiente marino e necessitano quindi di meccanismi extrarenali. Le ghiandole del sale sono infatti in grado di produrre un secreto con concentrazione salina addirittura superiore a quello dall'acqua di mare. Queste ghiandole sono presenti in molti rettili marini (le famose lacrime di cocodrillo) e sono simili anche a quelle presenti negli uccelli marini [22].



### **3. LA *Caretta caretta* NEL MAR MEDITERRANEO**

La *Caretta caretta* è la specie di tartaruga marina più presente nel Mar Mediterraneo. In questo mare si trovano esemplari giunti qui dall'Oceano Atlantico, portati dalle correnti attraverso lo Stretto di Gibilterra, ed esemplari nati in queste acque e che qui compiono tutto il loro ciclo vitale.

Sono stati compiuti diversi studi sull'assetto genetico di queste popolazioni ed è stato evidenziato che la popolazione di *C. caretta* mediterranea presenta un elevato grado di separazione genetica da quella atlantica. Una delle principali caratteristiche che distinguono la popolazione mediterranea è la minor grandezza raggiunta dagli individui adulti (massimo 100 cm rispetto ai 140 che possono raggiungere i soggetti atlantici) che può essere dovuta ad una maturità sessuale più precoce [25].

Tramite studi effettuati sul DNA mitocondriale è stata dimostrata l'esistenza di una subpopolazione presente in Turchia geneticamente distinta dalle altre del Mediterraneo; altre piccole differenze genetiche, sommate a significative differenze nelle dimensioni delle femmine nei vari siti di nidificazione, hanno portato alla conclusione che ogni area di riproduzione ha un suo gruppo di individui indipendente [26].

Le tartarughe marine trascorrono il primo periodo della loro vita (stadio pelagico) in ambiente oceanico. Il Mar Mediterraneo possiede aree con idonei habitat "oceanici" per le popolazioni che si riproducono lungo le sue coste ed anche per alcuni degli esemplari che arrivano dall'Oceano Atlantico. Studi fatti nelle popolazioni del Mediterraneo hanno evidenziato come durante lo stadio pelagico alcuni animali restano pressoché in un'unica area, mentre altri si spostano da un'area all'altra: probabilmente queste ultime sono tartarughe di origine atlantica, che presentano anche dimensioni maggiori rispetto ai soggetti mediterranei, e che torneranno nell'Oceano una volta raggiunta la maturità sessuale.

La durata dello stadio pelagico può variare in base al tipo di popolazione e alle caratteristiche dell'habitat e a volte può essere anche molto breve. Successivamente, l'area di foraggiamento neritico è in genere situata vicino all'area oceanica [27].

Nel Mar Mediterraneo i giovani esemplari sono stati rinvenuti soprattutto nella parte più occidentale del bacino, nelle acque che circondano le isole Baleari e vicino allo Stretto di Gibilterra, nel Canale di Sicilia, nel Mar Ionio e nell'Adriatico meridionale [28].



Fig. 16 – Habitat neritici e oceanici e siti di nidificazione di *Caretta caretta* nel Mar Mediterraneo (tratto da: Margaritoulis et al. 2003)

Durante lo stadio giovanile neritico e lo stadio adulto, le tartarughe marine nel Mediterraneo prediligono le acque poco profonde della parte orientale del bacino, il Mare Adriatico centro-settentrionale e il Golfo di Gabés, in Tunisia: queste sono importanti aree di foraggiamento neritico e il Golfo di Gabés è anche luogo di svernamento [29].

Altri importanti habitat bentonici, rilevati dai dati derivanti dal by-catch, sono il delta del Nilo, la baia di Iskenderun, lungo la costa meridionale della Turchia, e la baia di Lakonikos, nel Peloponneso [30]. Anche nelle acque antistanti le coste italiane sono presenti aree di foraggiamento nel Mare Tirreno, nel Golfo di Napoli e nel Mar Ionio e sono frequentate soprattutto da soggetti giovani.

Molto influente sull'area di foraggiamento neritico è la temperatura dell'acqua: infatti, la maggior parte delle tartarughe durante i mesi invernali si sposta verso sud, in acque più calde. Curioso è il ritrovamento di esemplari nel Mare Adriatico durante l'inverno, nonostante sia una delle aree più fredde del Mediterraneo (vedi cap.3.1 pag. 31) [31].

Interessanti sono gli studi di genetica basati sul DNA mitocondriale effettuati su tartarughe di 8 diverse aree di foraggiamento, che hanno messo in evidenza come soggetti provenienti da aree differenti entrino in correnti marine diverse e restino legate a queste, con minimi scambi di esemplari tra le varie masse d'acqua.

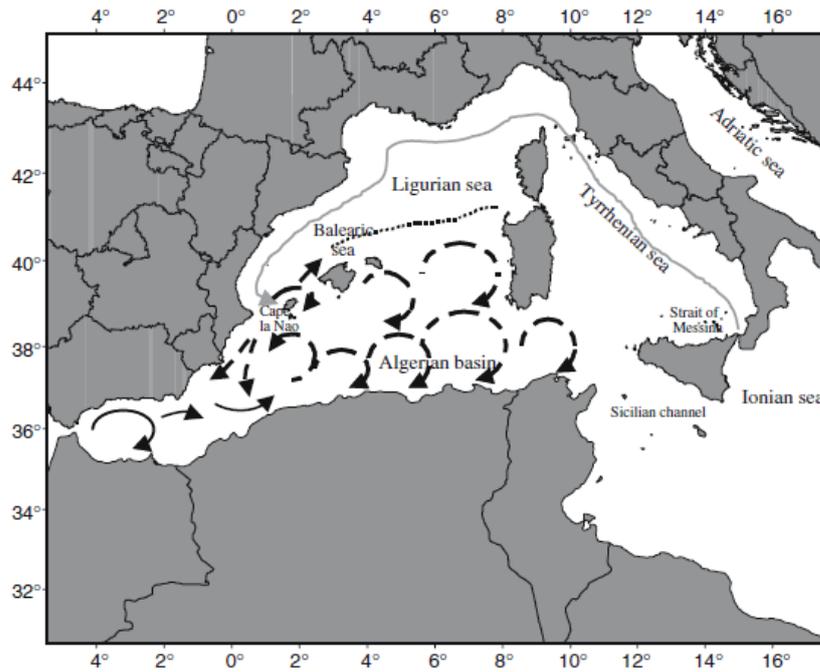


Fig. 17 – Maggiori correnti del Mar Mediterraneo occidentale. Le frecce nere indicano le rotte seguite dalle correnti delle acque Atlantiche (correnti Algerine), le frecce grigie indicano le rotte delle acque del Mar Mediterraneo orientale (correnti Liguro-Provenzali). Le linee tratteggiate indicano vortici temporanei e la linea punteggiata un fronte permanente tra i due sistemi (tratto da: Carreras et al. 2006 [32]).

Le aree di foraggiamento nord africane sono frequentate soprattutto da tartarughe di origine atlantica, mentre quelle antistanti le coste dell'Europa occidentale sono abitate da tartarughe provenienti dalla parte orientale del bacino. Questa suddivisione è legata prevalentemente alle correnti e alle acque da cui queste ultime sono formate: il bacino algerino è caratterizzato dalla presenza di acque a bassa salinità di provenienza Atlantica, che scorrono lungo tutta la costa africana occidentale, mentre lungo la costa europea scorre la corrente liguro-provenzale, che attraversa il Mar Tirreno, il Mar Ligure e arriva alle isole Baleari, portando acque Mediterranee che possiedono una salinità maggiore e sono preferite dalle tartarughe di origine mediterranea [32].

Altri importanti movimenti migratori tra il bacino orientale ed occidentale sono quelli stagionali, che risentono della variazione di temperatura dell'acqua e della disponibilità di cibo. In autunno/inverno l'abbassamento delle temperature al di sotto dei 20°C spinge le tartarughe a spostarsi nelle acque del bacino orientale, più calde di circa 2°C in media durante l'anno. Nella stagione primaverile gli animali tornano nel bacino occidentale, spinti sia dall'innalzamento delle temperature sia dalla maggiore disponibilità di cibo, soprattutto nelle aree antistanti le coste tirreniche e le coste spagnole [33].

Il Mare Adriatico rappresenta, come già detto, un'importante area di foraggiamento, soprattutto per le popolazioni che nidificano in Grecia. Questi animali sembrano entrare nell'Adriatico seguendo le correnti principali, che scorrono lungo le coste orientali verso nord e in seguito, sempre seguendo le correnti, scendono verso sud lungo le coste italiane.

Tuttavia dato che è noto che soggetti adulti o subadulti possono nuotare contro corrente le migrazioni delle tartarughe comuni all'interno del Mar Adriatico non sono ancora del tutto chiare [34]. La cosa certa è che il nord Adriatico per le sue caratteristiche quali la poca profondità dei fondali (profondità media di 81,5 m e arriva a 30 m nel Golfo di Trieste), il fondale sabbioso e l'elevata quantità d'acqua dolce portata dai fiumi, rappresenta l'habitat ideale di foraggiamento e di sviluppo bentonico per le *Caretta caretta*, in quanto ricco di prede e quindi fonte di energia facilmente disponibile [35].

La *Caretta caretta* è considerata una specie carnivora, anche se in realtà la sua dieta risulta estremamente eterogenea.

Nei primi anni della sua vita in habitat pelagico si nutre di prede planctoniche presenti all'interno delle correnti. In seguito, quando si sposta in area neritica, la sua alimentazione varia in base alla zona di foraggiamento.

Gli individui adulti sono dotati di una muscolatura mandibolare ben sviluppata e di placche ossee all'interno della bocca, che gli permettono di frantumare le loro prede. Queste infatti sono costituite principalmente da molluschi (soprattutto gasteropodi, bivalvi e scafopodi), crostacei (decapodi), meduse, spugne ed altri invertebrati e raramente piccoli pesci; di tutte queste prede il Mare Adriatico settentrionale è molto ricco [36]. In uno studio effettuato negli esemplari spiaggiatisi in quest'area si è evidenziato come la *Caretta caretta* si alimenti su tutta la colonna d'acqua, ma prediliga comunque l'habitat bentonico: frequente, infatti, nell'apparato gastro-enterico è la presenza di alghe e fanerogame marine, che indicano come le praterie sommerse presenti in quest'area siano ottime aree di foraggiamento, in quanto ricche anche di specie animali [38].

Questo dato è a sostegno della teoria che questa tartaruga abbia un comportamento alimentare estremamente opportunistico: sembra infatti che la stessa popolazione, stanziata in diverse aree, basi la sua dieta sulla comunità bentonica presente in situ [36].

Negli stomaci di soggetti atlantici sono stati rinvenuti anche lumache (*Litiopa melanostoma* e *Diacria trispinosa*) e insetti in esemplari molto giovani, mentre in soggetti spiaggiati lungo le coste sudafricane sono stati trovati resti di corteccia, piume e diversi tipi di conchiglie [37].

E' dunque estremamente difficile definire una dieta standardizzata per questa specie.

Le tartarughe marine concentrano l'attività alimentare durante le ore crepuscolari e all'alba, in relazione all'attività motoria che aumenta durante la notte e diminuisce drasticamente durante il giorno. E' presente infatti una fase di stazionamento giornaliero,

presumibilmente dedicata al riposo, durante la quale il soggetto rimane immobile sulla superficie dell'acqua per assorbire il massimo dell'intensità solare, esponendo al sole la parte posteriore del carapace. In questo momento la capacità digestiva delle tartarughe raggiunge i massimi livelli.

La *Caretta caretta* è dotata di un apparato olfattivo molto sviluppato e diversi studi hanno messo in luce che il comportamento alimentare è fortemente influenzato da questo stimolo, molto più che dallo stimolo visivo. Il sistema visivo di questa specie infatti non è particolarmente sviluppato: in condizioni ottimali sembra che il loro campo visivo si estenda al massimo per una decina di metri, e frequentemente esse scambiano rifiuti antropici per cibo [38].

### **3.1 CARATTERISTICHE DEL MARE ADRIATICO**

Il Mare Adriatico è uno dei sottobacini del Mediterraneo, ma nonostante la sua collocazione geografica marginale, ricopre un ruolo fondamentale per ciò che riguarda le dinamiche delle masse d'acqua.

L'Adriatico, infatti, è una delle sorgenti principali delle acque di fondo del Mediterraneo orientale, in quanto attraverso il Canale di Otranto riversa nello Ionio le acque che si sono formate sia nella sua parte meridionale che settentrionale. Riceve invece, lungo la costa orientale, le acque superficiali ioniche e nello strato intermedio le acque che si sono formate nell'estremo bacino orientale del Mediterraneo.

I caratteri morfologici generali dell'Adriatico permettono di suddividerlo in tre distinti bacini: Settentrionale, Centrale e Meridionale, caratterizzati da profondità molto diverse: fino a 1222 metri il meridionale, fino a 270 metri il bacino centrale e fino ad un massimo di 100 metri il settentrionale.

Il bacino settentrionale in particolare, per la sua posizione, profondità, forma, nonché per la direzione e l'intensità delle maree, possiede caratteristiche distintive.

Innanzitutto è la parte meno profonda di tutto l'Adriatico, con un'altezza media di 50 m, e questo è importante perché grande superficie e poca profondità determinano poco volume d'acqua, quindi una bassa capacità termica. Durante i mesi estivi infatti la temperatura delle acque superficiali è maggiore rispetto al resto del Mediterraneo, può arrivare a 27-28°C e a

volte anche di più, mentre in inverno l'acqua è più fredda (5-7°C). La bassa profondità determina inoltre una bassa escursione termica tra la superficie e il fondo del mare.

Altra importante caratteristica è la presenza di numerosi grandi fiumi che sfociano nelle acque dell'Adriatico, e in particolare nel bacino centrale e settentrionale. La media annuale della portata fluviale lungo tutte le coste adriatiche oscilla tra 5.500 e 5.700 metri cubi di acqua dolce al secondo (0,5% del volume totale del mar Adriatico). La presenza di questa acqua dolce determina una salinità inferiore alla norma (circa 32 -33 ‰), che aumenta leggermente andando in profondità, ed una quantità elevata di nutrienti.

Dalle mappe e dai profili di temperatura e salinità dell'Adriatico sono stati definiti diversi tipi di masse d'acqua. Alcune hanno origine all'interno del Bacino, altre provengono invece dal resto del Mediterraneo.

Nel bacino settentrionale si può riconoscere uno strato stagionale di Acque Superficiali del Nord Adriatico, l'NAdSW (Northern Adriatic Surface Water), caratterizzato in estate da bassa salinità ed elevata temperatura, mentre in inverno presenta una temperatura  $T < 11,5^{\circ}\text{C}$  e una salinità  $S < 38,0$  psu (Practical Salinity Units). Troviamo, poi, uno strato di acque profonde, le NAdDW (Northern Adriatic Deep Water), raffreddato e rinnovato in inverno. Esso è contraddistinto da temperature molto basse ( $T = 11,35 \pm 1,40^{\circ}\text{C}$ ), salinità relativamente bassa, e densità elevata.

L'Adriatico settentrionale è infatti sito di formazione di acque molto dense. Il processo che le genera inizia in tardo autunno, con una fase di precondizionamento che consiste in una omogeneizzazione della colonna d'acqua.

In inverno, si hanno notevoli perdite di calore, particolarmente elevate durante l'incidenza dei venti di Bora, e la considerevole evaporazione superficiale che ne deriva causa anche un limitato incremento di salinità. In queste condizioni, dal tardo autunno a fine inverno, si forma l'Acqua Densa Nord Adriatica. Da novembre a marzo tutta la colonna d'acqua è completamente omogenea. In seguito, il riscaldamento primaverile e i crescenti apporti fluviali, segregano quest'acqua invernale nello strato di fondo. Essa, spinta dal gradiente di densità, fluisce verso Sud-Est, lungo il versante occidentale del Bacino e si raccoglie nelle Fosse Medio-Adriatiche.

La corrente di fondo che ne risulta, viene chiamata Dense Water Outflow Current (DWOC), e rappresenta una piccola massa d'acqua che scorre lungo la scarpata italiana a una profondità di circa 30-40 m.

Anche le condizioni meteorologiche vanno ad influenzare le caratteristiche del Mar Adriatico, soprattutto nella regione settentrionale. In particolare ciò che va a influire negli scambi di calore sono i venti, e nel bacino Adriatico dominano la Bora e lo Scirocco.

La Bora è un vento freddo e secco che arriva tra nord e nord-est, presente prevalentemente in inverno; lo Scirocco è un vento umido, tropicale, che soffia da sud-est.

Come si diceva questi venti sono responsabili degli scambi di calore tra la superficie marina e l'atmosfera, e assieme a radiazione solare, nuvolosità, temperatura atmosferica e marina, vanno a determinare il flusso di calore totale in superficie (QT). Il QT climatologico annuale del Mar Adriatico è negativo, dunque il bacino mediamente perde calore. Questo implica che masse d'acqua a temperature più elevate arrivino dal Mediterraneo attraverso lo stretto di Otranto, e in particolare si tratta di acque superficiali ioniche, che vanno a sostituire acque invernali fredde formatesi nel bacino centro-settentrionale.

Per quanto riguarda la circolazione generale, l'Adriatico ha una circolazione antioraria con una corrente diretta verso Nord-Ovest lungo la costa orientale (albanese-croata) e una corrente diretta verso Sud-Est lungo la costa occidentale (italiana).

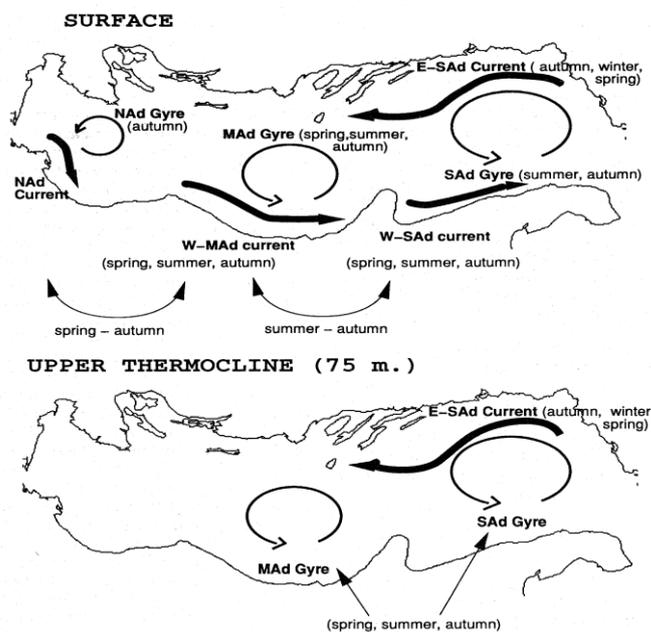


Fig. 18 – Schema delle principali correnti del Mar Adriatico, in superficie e a 75m di profondità

In superficie la circolazione generale invernale è differente dalle altre stagioni in quanto composta solo da segmenti di corrente, quella del Nord Adriatico (NAd) e quella del Sud Adriatico (E-SAd). In primavera-estate compaiono correnti lungo la costa occidentale dell'Adriatico centrale (W-MAd) e meridionale (W-SAd) e i due giri ciclonici principali della

corrente generale. Sono presenti 3 giri ciclonici, una corrente continua lungo la costa italiana, e un'intensa corrente del Sud Adriatico.

Alla profondità di 75m si osserva la presenza della corrente E-SAd, particolarmente intensa in autunno.

## 4. MINACCE ANTROPICHE NEL MEDITERRANEO

### 4.1 LA PESCA

Il *bycatch*, o cattura accidentale durante la pesca, è considerata la maggior minaccia in tutto il mondo per la conservazione delle tartarughe marine, seguita dall'impatto antropico sulle spiagge di riproduzione. Si stima che nel Mar Mediterraneo vengano catturati ogni anno 150.000 esemplari di tartarughe marine a causa della pesca, con più di 50.000 morti [39].

Ogni metodologia di pesca presenta diversi pericoli e per ognuna di esse è diversa la probabilità che le tartarughe vengano catturate e quella di sopravvivere a tale cattura.

La pesca a strascico provoca ogni anno 40.000 catture accidentali, di cui 20.000 solo nelle acque di Italia e Tunisia e la mortalità che ne consegue viene stimata al 20%. Le tartarughe intrappolate nelle reti muoiono per annegamento, ma allo stesso modo muoiono quelle che al momento del ritrovamento si trovano in stato comatoso e vengono rilasciate

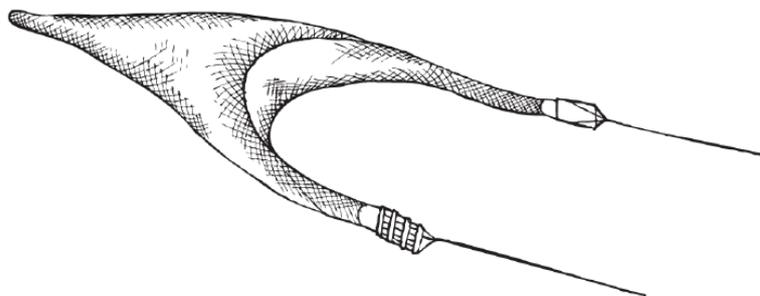


Fig. 19 – Rete da pesca a strascico (tratto da: Casale 2008 [40])

immediatamente in mare (questo perché non sono in grado di nuotare né di stare a galla).

Le condizioni fisiche delle tartarughe che vengono ritrovate nelle reti dipendono di solito dalla durata del trascinamento.

Tuttavia si è evidenziato che

a volte si ha una mortalità maggiore con l'utilizzo di reti da traino pelagiche, che utilizzano un più rapido tempo di trascinamento, forse perché queste reti catturano una quantità di pesce maggiore e le tartarughe intrappolate subiscono maggiori danni meccanici.

Anche la temperatura dell'acqua è importante: molte delle tartarughe trovate morte o in stato comatoso erano state pescate durante la stagione calda, e si ritiene che l'elevata temperatura aumentando il metabolismo riduca la tollerabilità all'apnea e all'anossia.

Altri fattori che vanno ad influire sulle possibilità di sopravvivenza delle tartarughe sono le dimensioni del soggetto e il grado di attività all'interno della rete.

Nella pesca a strascico sono colpiti soprattutto soggetti che si alimentano sul fondale, quindi adulti e giovani allo stadio neritico.

Uno studio effettuato tra il 1999 e il 2000 ha rivelato come nel nord del Mare Adriatico l'interazione di questo genere di pesca con la popolazione di tartarughe marine residenti fosse molto importante, soprattutto nella parte orientale del bacino. L'incidenza maggiore di tartarughe catturate nelle reti avveniva durante l'inverno e nelle ore diurne e la capacità dei pescatori di fornire cure adeguate prima di rilasciare le tartarughe in mare si è dimostrata fondamentale per ridurre la mortalità [40].

Negli anni '80 negli U.S.A. è stato introdotto un particolare dispositivo, il *Turtle Excluder Device* (TED), che viene inserito lungo le reti a strascico per la pesca dei gamberetti e serve ad impedire che le tartarughe restino intrappolate. Questo dispositivo è formato da una griglia metallica posta all'interno della rete, le cui sbarre sono poste a una distanza tale



Fig. 20 – Tartaruga che esce da una rete a strascico grazie al TED

da permettere il passaggio di animali di piccole dimensioni ma non delle tartarughe o di altri animali più grandi. Infatti quando le tartarughe entrano nella rete vengono bloccate dalla grata e fuoriescono attraverso una botola posta subito sotto il TED.

L'applicazione di questo dispositivo però purtroppo non si adatta a tutte le

realtà: nel Mar Adriatico, infatti, per il genere di pesca che viene praticata esso non è utilizzabile, dato che va ad escludere oltre alle tartarughe anche molte altre specie di grandi dimensioni con elevato valore commerciale [40].

Il palangaro derivante causa la cattura di un elevato numero di esemplari, in genere adulti o subadulti, stimato annualmente tra i 60.000 e gli 80.000 individui, facendo in alcuni casi registrare tassi di mortalità superiori al 30%, come nelle Isole Pelagie. Questo tipo di pesca incide soprattutto nel Mar Ionio, nello Stretto di Sicilia e nell'area delle isole Baleari.

L'elevata mortalità deriva dal fatto che, nonostante molte tartarughe vengano rilasciate ancora vive, le lesioni provocate da ami e lenze, spesso ingeriti, sono molto gravi e possono provocare copiosi sanguinamenti, infezioni e setticemia. Le lenze, inoltre, possono avvolgersi attorno agli arti provocandone la necrosi con conseguente amputazione o dar luogo a dermatiti ulcerative che portano a processi setticemici.

Studi condotti nel Mar Ionio hanno permesso di constatare la presenza di una correlazione tra il tipo di palangaro utilizzato e gli esemplari che ne cadono vittime: le tartarughe di maggiori dimensioni vengono catturate dal palangaro per i pesce spada, mentre le tartarughe più piccole da quello per i tonni.

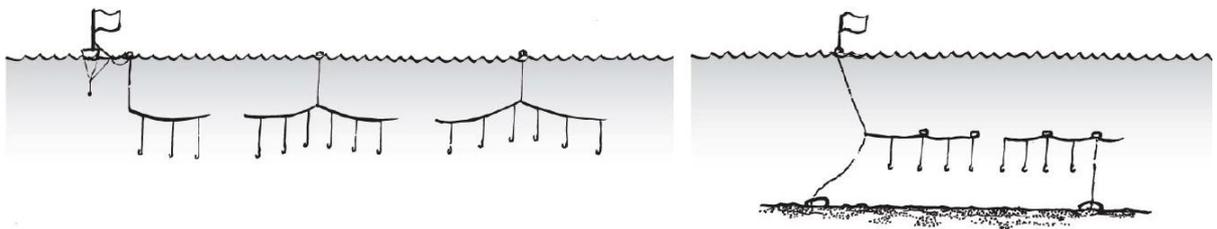


Fig. 21 – Palangaro derivante (a sinistra) e palangaro fisso (a destra) (tratto da: Casale 2008 [40])

Inoltre la *Caretta caretta* risulta purtroppo la seconda specie più catturata con il palangaro, dopo il pesce spada [10].

Questo tipo di palangaro è il più utilizzato anche in ambiente oceanico dove colpisce soprattutto individui adulti di elevate dimensioni, che sono quelli con più alto valore riproduttivo: uno studio compiuto nel 2005 ha stimato la morte di oltre 600 esemplari di femmine adulte di *Dermochelys coriacea* nel Pacifico. Sulla base dei dati attuali si può affermare che il *by-catch* tramite palangaro è una delle maggiori minacce per la conservazione delle tartarughe marine negli oceani. Svariati metodi sono in via di sperimentazione per cercare di evitare l'intrappolamento delle tartarughe: uno di questi è l'utilizzo di ami circolari, che sembra dare buoni risultati [41].

Il palangaro fisso è responsabile della cattura di 13.000 esemplari l'anno nel Mediterraneo. Le aree marine più soggette a questo genere di pesca sono quelle antistanti le coste africane (Tunisia, Libia, Egitto), il Mare Egeo e buona parte del bacino orientale.

Questo palangaro può provocare la morte delle tartarughe per annegamento in quanto è ancorato al fondale, nonostante un elevato numero di esemplari viene ritrovato in stato comatoso, quindi potenzialmente recuperabile. Poi il palangaro fisso può provocare lesioni dovute all'avvolgimento delle lenze o all'ingestione degli ami, anche se questi ultimi hanno

dimensioni minori rispetto al palangaro derivante, quindi dovrebbero provocare un numero minore di morti post-rilascio. Comunque, sommando le morti per annegamento a quelle conseguenti alle lesioni per l'ingestione degli ami, il tasso di mortalità arriva ad essere lo stesso di quello provocato dal palangaro derivante.

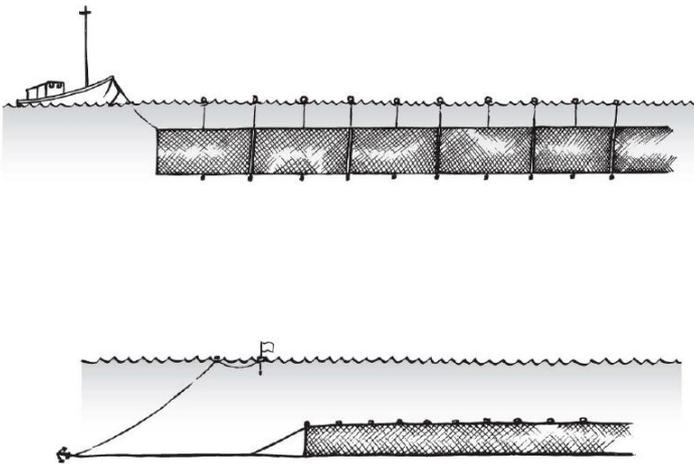


Fig. 22 – Reti da posta, ancorate al fondo (sotto) e non ancorate al fondo (sopra) (tratto da: Casale 2008 [40])

Le reti da posta sono presenti soprattutto nel bacino orientale, nel Mar Egeo, lungo le coste africane (Tunisia, Libia ed Egitto) e anche nel Mare Adriatico. Si stima che le tartarughe catturate tramite queste reti nel Mediterraneo siano circa 23.000 ogni anno, e la mortalità è purtroppo alta. I soggetti che restano impigliati

muoiono per annegamento, in quanto queste reti vengono lasciate in mare per molte ore, a volte per giorni, e le tartarughe difficilmente riescono a raggiungere la superficie per respirare, soprattutto quando la rete viene ancorata al fondale. Come per le reti a strascico anche qui vengono a volte trovati esemplari in stato comatoso dopo le molte ore di apnea. Le tartarughe possono morire anche se riescono a liberarsi o vengono rilasciate con pezzi di rete ancora avvolti al corpo. Considerando quindi tutte le cause la percentuale di mortalità si avvicina al 60% [42].

Bisogna poi aggiungere a queste morti quelle provocate dalle reti fantasma, ossia abbandonate in mare, il cui numero però non è ancora stato determinato.

Da menzionare tra le cause di morte delle tartarughe marine purtroppo è anche l'uccisione intenzionale di tartarughe, tutt'ora praticata in molti Paesi che si affacciano sul Mediterraneo.

Le tartarughe vengono sfruttate soprattutto per la carne a volte venduta anche nei ristoranti, per il carapace utilizzato per ottenere vari oggetti o venduto ai turisti nei mercati locali, e per il grasso. A volte sono i pescatori stessi ad uccidere le tartarughe che trovano nelle loro reti per venderle, per consumo personale, per recuperare gli ami o anche per motivi di superstizione [43].

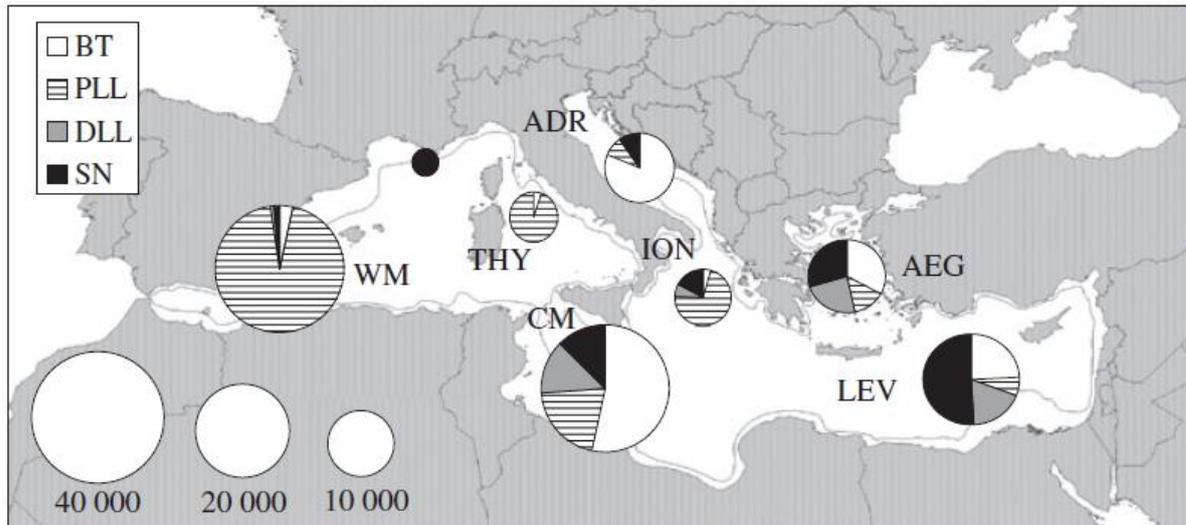


Fig. 23 – Proporzioe delle tartarughe catturate annualmente nel Mediterraneo nei diversi mari e con i diversi meccanismi di pesca. BT, reti a strascico; PLL, palangaro derivante; DLL, palangaro fisso; SN, reti da posta. Aree marine: ADR, Adriatico; AEG, Egeo; CM, Mediterraneo centrale; ION, Ionio; LEV, bacino di levante; THY, Tirreno; WM, Mediterraneo occidentale. (tratto da: Casale 2011 [42])

Altra minaccia antropica per la conservazione di queste specie è il crescente disturbo provocato dal turismo lungo i litorali, che va a interferire con la breve fase di vita terrestre di questi animali. I fattori principali di alterazione dell'habitat sono: la crescente presenza di infrastrutture sulla o in vicinanza della spiaggia; la presenza di ombrelloni e sedie che vengono lasciati di notte sulle spiagge e possono rappresentare un ostacolo non solo per i piccoli ma anche per le femmine nella deposizione; il calpestamento della sabbia, la manutenzione degli stabilimenti balneari, pulizia e lisciatura con mezzi meccanici delle spiagge, passaggio di mezzi motorizzati, attività di prelievo della sabbia, che possono provocare la rottura delle uova o la distruzione totale dei nidi [10]; i rifiuti accumulati sulle spiagge, che possono renderle inaccessibili alle femmine; l'eccessiva illuminazione, che può alterare la fototassi dei piccoli nel momento di dirigersi verso il mare.

A tutto ciò si affianca la presenza umana sulle spiagge durante la notte, che può influire sull'iter comportamentale delle femmine in procinto della deposizione e anche sul successo di schiusa dei nidi.

Altri fattori di pericolo legati al turismo sono rappresentati dalla collisione con le imbarcazioni, soprattutto motoscafi. Questo diventa particolarmente importante quando avviene nelle aree circostanti le spiagge di nidificazione, perché può facilmente interessare femmine adulte, che hanno un elevato valore riproduttivo. Questi animali presentano

fratture a livello di carapace o piastrone e possono essere presenti lesioni penetranti a carico di polmoni o reni [48].

## 4.2 L'INQUINAMENTO

L'inquinamento dei mari è una seria minaccia per le tartarughe marine, in tutte le sue forme: a partire dai rifiuti abbandonati in mare, tra cui plastiche e microplastiche, fino ai metalli pesanti, composti organoclorurati e inquinanti organici persistenti (*Persistent Organic Pollutants - POPs*). Questi ultimi sono molto importanti considerando la lunga durata della vita delle tartarughe, che possono arrivare ben oltre i 50 anni, dal momento che si accumulano nell'organismo e interferiscono con i vari processi metabolici. Questi inquinanti hanno infatti la caratteristica di accumularsi all'interno di un organismo in quantità superiori rispetto all'ambiente circostante (bioaccumulo).

Plastiche e microplastiche si stanno studiando molto nel Mediterraneo mentre su POPs e metalli pesanti la letteratura riguardante il Mediterraneo e più in particolare il Mare Adriatico è ancora scarsa. Molti studi su questi argomenti sono stati fatti sulle popolazioni atlantiche di *C. caretta* e *Chelonia mydas*, soprattutto in Florida, Messico, Isole Canarie e Giappone.

### 4.2.1 PLASTICHE E MICROPLASTICHE

I rifiuti antropici che finiscono in mare sono spesso causa di mortalità per varie specie che vivono nell'ambiente marino: pesci, mammiferi marini, uccelli marini e tartarughe marine, che possono ingerire accidentalmente questi rifiuti scambiandoli per cibo.

I rifiuti arrivano principalmente dalle imbarcazioni turistiche, dalla pesca, e buona parte anche dalla terraferma, da aree costiere molto popolate o da aree industriali [49].

Negli ultimi anni sono state istituite in tutto il mondo molte direttive per la protezione e il ripristino degli ecosistemi costali. In Europa la Commissione Europea ha sviluppato nel 2008 la *Marine Strategy Framework Directive* (MSFD; 2008/56/EC) con lo scopo di arrivare ad avere un "buono stato ambientale" (*Good Environmental Status, GES*): con questa strategia tutti gli Stati membri si sono impegnati a realizzare un efficiente controllo e gestione delle



Fig. 24 – Azione di sensibilizzazione del gruppo Medasset [I]

risorse marine. Il livello di rifiuti nel mare è uno dei parametri di valutazione della MSFD. Nel 2012 un gruppo di lavoro italiano (tra cui il dipartimento di BCA dell'Università di Padova) ha proposto la *Caretta caretta* come specie *target* su cui valutare, tramite indagini sull'ingestione di detriti, il livello di

inquinamento marino da parte di plastiche e microplastiche in un protocollo sperimentale per il Mare Mediterraneo, mentre a livello globale le tartarughe marine sono già da diversi anni considerate come bio-indicatori dell'inquinamento dei mari [50].

Le tartarughe possono ingerire rifiuti come sacchetti di plastica, scambiandoli per meduse, sia nello stadio pelagico sia in quello neritico. I frammenti di plastica o altri rifiuti antropici possono essere direttamente responsabili della morte delle tartarughe per ostruzione intestinale oppure, se ritenuti a lungo nell'organismo, possono rilasciare sostanze tossiche (policlorobifenili o altri composti) che possono andare ad alterare le funzioni endocrine dell'individuo e quindi a comprometterne lo stato di salute generale.

- |   |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Plastics             <ol style="list-style-type: none"> <li>1.1 Industrial plastic pellets</li> <li>1.2 User plastics                 <ol style="list-style-type: none"> <li>1.2.1 Sheetlike user plastics</li> <li>1.2.2 Threadlike user plastics</li> <li>1.2.3 Foamed user plastics</li> <li>1.2.4 Fragments</li> <li>1.2.5 Other (including e.g. cigarettes filters)</li> </ol> </li> </ol> </li> <li>2. Rubbish other than plastic             <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1 Paper; Incl. multi-layers laminates that are dominated by paper as in tetrapacks, and foils of alu like materials</li> <li>2.2 Kitchen food</li> <li>2.3 Various rubbish (incl. manufactured wood, paint chips, metal glass, etc.)</li> <li>2.4 Fish hook</li> </ol> </li> <li>3. Pollutants             <ol style="list-style-type: none"> <li>3.1 Slag/coal</li> <li>3.2 Oil/tar</li> <li>3.3 Paraffine/chimica</li> <li>3.4 Feather lump (of oil or chimica fouled feathers)</li> </ol> </li> </ol> |
|---|

Tab. 2 – Categorie per la caratterizzazione di rifiuti marini basata sul *OSMAR Fulmar Protocol* (Camedda et al. 2013 [50]; Campani et al. 2013 [51])

In uno studio effettuato in Sardegna (Camedda et al., 2013) secondo il protocollo sopracitato, sono stati ricercati residui di plastiche nell'apparato digerente di tartarughe spiaggiate morte suddiviso in diversi tratti (esofago, stomaco e intestino) e parallelamente nelle feci di tartarughe recuperate vive o presenti nei centri di recupero.

Nel 14,04% (su 121 totali) delle tartarughe esaminate si sono osservati residui di plastiche nel tratto digerente: per la maggior parte (13,22%) si trattava di rifiuto plastico (*user plastic*, vedi tab. n°2) tra cui spiccavano teli e frammenti. Tra i residui trovati nelle tartarughe vive e quelli rinvenuti nei contenuti intestinali delle tartarughe morte non si sono rilevate grosse differenze in peso o composizione.

Da notare è anche il colore dei frammenti, perché le *C. caretta*, soprattutto gli individui adulti, sono in grado di distinguere i colori, cosa che le aiuta a distinguere le loro prede preferite: il bianco è risultato essere il colore della plastica più presente (38,43%), seguito da percentuali leggermente più basse di pezzi trasparenti e neri [50].

Lo stesso studio è stato compiuto lungo le coste della Toscana (Campani et al., 2013) con risultati simili: la percentuale di positività è risultata più alta rispetto alla Sardegna, con il 71%, su un totale di 31 esemplari di tartarughe, di ritrovamenti di residui di rifiuti antropici nel tratto gastroenterico; anche in questo caso la categoria maggiormente presente è stata la *user plastic* (91,7%) con le sue sottocategorie di teli e frammenti [51].

Anche nel Nord Adriatico orientale è stato fatto uno studio simile (Lazar et al. 2011) che ha coinvolto 54 animali e le *C. caretta* in cui sono stati trovati residui di plastica nel tratto intestinale sono state il 35,2%: per la maggior parte erano pezzi di sacchetti di plastica o residui di confezioni.

I rifiuti da cui le tartarughe marine sono maggiormente attratte sono quelli galleggianti, in quanto più simili alle loro prede, considerato anche il comportamento alimentare opportunistico tipico di questi animali che le rende più inclini ad ingerire varie cose.

Nei diversi studi inoltre si è evidenziato che l'ingestione di rifiuti non è influenzata da età (quindi dimensioni) o sesso delle tartarughe [49].

#### 4.2.2 PERSISTENT ORGANIC POLLUTANTS

I POPs (*Persistent Organic Pollutants*) sono sostanze chimiche molto dannose per la salute sia umana che animale e per l'ambiente, soprattutto perché, come dice anche il loro nome, sono sostanze molto resistenti alla decomposizione e possono persistere nell'ambiente anche per decine di anni. Esse si concentrano nel tessuto adiposo, passano da un soggetto all'altro lungo la catena alimentare e possono percorrere lunghe distanze tramite le specie migratrici. In diverse specie possono provocare gravi problemi di salute anche con l'esposizione a bassi livelli di concentrazione. Nelle tartarughe marine i composti più studiati sono i composti organoclorurati, come i para-diclorodifeniltricloroetano (DDT) e diclorodifenildicloroetilene (DDE), e i policlorobifenili [44].

I composti organoclorurati (OC) sono sostanze di sintesi utilizzate nell'ambito industriale e caratterizzate da una massiccia produzione e commercializzazione a livello globale. In ambiente marino, la loro presenza può derivare da fenomeni di dispersione diretta, indiretta oppure accidentale [F].

Gli OC possono accumularsi nei tessuti degli animali provocando epatotossicità, deperimento, immunotossicità, anomalie dello sviluppo, alterazioni del ciclo riproduttivo e problemi neuro comportamentali. I pesticidi più frequentemente ricercati nei tessuti sono i DDT, che per la loro elevata lipofilia vengono classicamente valutati solo a livello di tessuto adiposo; le quantità maggiori sono state trovate nelle tartarughe spiaggiate lungo le coste della Carolina del Nord e delle Isole Canarie. La distribuzione di questi composti nel resto dell'organismo è stata studiata nelle tartarughe *C. Caretta* del Mediterraneo, e se ne è trovata presenza in fegato, reni, polmoni e muscolo, con diverse concentrazioni (fegato > reni > polmoni > muscolo). I composti organoclorurati sono stati misurati anche utilizzando matrici non invasive come il sangue intero, il plasma e globuli rossi. Come nei mammiferi, i più elevati livelli si sono trovati nel plasma, seguito dal sangue in toto e dai globuli rossi (plasma > sangue intero > globuli rossi). Il plasma può essere quindi usato per valutare il livello di contaminazione degli animali in vita, anche se gli OC si concentrano nel tessuto adiposo fino anche a 100 volte di più che nel sangue.

I policlorobifenili (PCB) sono una serie di 209 composti aromatici costituiti da molecole di bifenile variamente clorate. Sono composti chimici molto stabili, resistenti alla

fotodegradazione, non ossidabili, non attaccano i metalli, sono poco solubili in acqua, ma lo sono molto nei grassi e solventi organici. Si decompongono solo oltre gli 800-1000°C.

Sono poco volatili, si possono distribuire sulle superfici formando sottili pellicole, hanno densità maggiore dell'acqua, elevata lipoaffinità e sono scarsamente biodegradabili.

Prima che nel 1985 ne fossero vietati il commercio e l'uso, i PCB erano generalmente utilizzati in apparecchiature elettriche e nei sistemi aperti come additivi per antiparassitari, ritardanti di fiamma, isolanti, vernici, e molti altri prodotti. I PCB comprendono 209 congeneri (molecole dello stesso genere ma non isomeri) di cui solo alcuni, chiamati "indicatori" o "markers" (PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180) sono ritenuti dall'European Food Security Authority (EFSA) indicatori dell'occorrenza dei PCB e dell'esposizione umana agli stessi [G].

Questi composti danneggiano i sistemi immunitario, endocrino e riproduttivo di diverse specie animali. Essi sono in grado di bioaccumularsi nei tessuti dei vertebrati per poi essere catabolizzate a livello epatico e/o intestinale. Le analisi per indagare i contenuti di PCB sono state svolte dunque negli organi lipofili coinvolti nei processi di detossificazione (fegato, muscolo, tessuto adiposo).

I valori più elevati di PCB sono stati rinvenuti in tartarughe spiaggiate lungo le coste Atlantiche (Isole Canarie) e del Mare Adriatico orientale. La cachessia osservata in questi animali indica una probabile lipomobilizzazione e quindi una immissione in circolo degli inquinanti, compatibile con gli elevati livelli di PCB riscontrati nel fegato. Non sono comunque state rilevate lesioni istologiche compatibili con la presenza di questi composti.

Sono stati misurati anche i livelli di PCB nel sangue, che sono però risultati circa 50-100 volte minori rispetto a quelli presenti nel tessuto adiposo [44].

Uno studio fatto sulle *C. caretta* spiaggiate lungo le coste del Mar Adriatico orientale (Lazar et al. 2010) ha individuato come i congeneri dominanti siano i PCB-28 e PCB-52, oltre a denotare la presenza di elevati livelli di PCB-138, PCB-118 e PCB-153 (uno dei più resistenti nell'ambiente anche se poco tossico) in confronto a quelli rilevati sulla costa occidentale del Mar Adriatico. I livelli di DDT misurati sono anch'essi più elevati di quelli del resto del Mar Adriatico, anche se sono minori rispetto al bacino orientale del Mar Mediterraneo: sono composti prevalentemente da 4,4'-DDE.

Da questo studio si è evidenziato inoltre come in esemplari più grandi siano presenti maggiori quantità di contaminanti, come teorizza il bioaccumulo, con l'eccezione di femmine

adulte che si riproducono (perché queste riescono ad eliminare parte dei contaminanti con la ovodeposizione) [45].

Region/locality	n	CCL (cm)	Extracted lipid (%)	PCB-28	PCB-52	PCB-138	PCB-153	PCB-180	PCB-118	ΣPCB	ΣDDT
		Mean ± SD Min-Max	Mean ± SD Min-Max	Mean ± SD Min-Max	Mean ± SD Min-Max	Mean ± SD Min-Max	Mean ± SD Min - Max	Mean ± SD Min-Max	Mean ± SD Min-Max	Mean ± SD Min-Max	Mean ± SD Min-Max
<i>Mediterranean</i>											
Eastern Mediterranean (Greece, Cyprus)	3	65.7 ± 16.0 49-81	48.3 ± 26.1 21-73	6.1 ± 1.7 4.8-8.0	23.2 ± 14.2 8.6-37.0	145 ± 21.1 132-169	241 ± 17.7 229-261	114 ± 40.5 73.0-154	62.3 ± 8.5 54.0-71.0	840 ± 60.0 <sup>f</sup> 775-893	546 ± 216 <sup>g</sup> 391-793
Eastern Mediterranean (Cyprus)	3	Hatchlings	7.3 ± 2.1 4.8-8.6	0.7 ± 0.3 0.5-1.0	5.2 ± 1.8 3.8-7.3	1.7 ± 0.4 1.3-2.1	3.1 ± 0.3 2.8-3.3	1.7 ± 2.1 0.4-4.1	1.6 ± 0.6 1.1-2.2	30.0 ± 13.0 <sup>g</sup> 22.0-45.0	46.8 ± 58.0 <sup>g</sup> 5.3-113.0
Western Adriatic Sea (Italy)	4	48.3 ± 2.5 <sup>a</sup> 46.5-56.0	NA NA	NA NA	NA NA	68.6 23.8-103.7	87.9 31.2-134.5	51.4 19.6-78.1	26.4 9.6-37.0	258 <sup>h</sup> 89.6-395	NA NA
Eastern Adriatic Sea (Slovenia, Croatia)	26	45.5 ± 14.4 25.0-84.5	47.9 ± 13.6 25.9-68.2	9.8 ± 7.3 1.6-27.8	7.3 ± 7.5 <LOD - 26.3	125 ± 153 40.7-807	180 ± 252 43.3-1358	35.8 ± 29.1 9.0-129	30.7 ± 54.5 <LOD - 265.9	474 ± 547 <sup>i</sup> 177-2934	112.5 ± 72.3 <sup>j</sup> 39.3-393
<i>Atlantic</i>											
Western Atlantic (USA-N. Carolina)	44	61.5 ± 6.7 <sup>b</sup> 45.7-74.0	26.3 ± 20.7 0.3-64.7	0.7 ± 1.9 <LOD - 11.5	0.1 ± 0.4 <LOD - 1.8	24.3 ± 25.0 <LOD - 122.0	80.9 ± 86.5 3.2-493	22.2 ± 23.9 <LOD - 111	21.3 ± 22.6 1.3-129.0	256 ± 270 <sup>k</sup> 8.0-1360	67.0 ± 68.7 <sup>l</sup> <LOD - 287
Western Atlantic (USA-N. Carolina, Virginia)	20	60.4 ± 13.8 <sup>b</sup> 44.0-107.0	56.6 ± 25.4 <sup>c</sup> 13.2-78.1	NA NA	NA NA	83.9 ± 67.2 <sup>e</sup> 3.8-236.0	146 ± 120 <sup>f</sup> 12.1-406	49.5 ± 49.0 5.4-198	51.1 ± 57.8 4.6-214.0	551 ± 473 <sup>k</sup> 55.4-1730	206 ± 268 <sup>h</sup> 6.1-1224
Eastern Atlantic (Canary Islands)	30	41 ± 11.7 <sup>b</sup> NA	NA NA	3.8 ± 9 <sup>d</sup> <LOD - 38	5.5 ± 12.5 <LOD - 56	83 ± 370.5 <LOD - 2040	133 ± 477 <LOD - 2600	217 ± 907 <LOD - 5006	NA NA	450 ± 1700 <sup>l</sup> <LOD - 9800	NA NA

<sup>a</sup> Carapace length not defined as straight or curved.  
<sup>b</sup> Straight carapace length.  
<sup>c</sup> Measured on five samples.  
<sup>d</sup> Analyzed as congeners PCB-28/PCB-31.  
<sup>e</sup> Analyzed as congeners PCB-138/PCB-158.  
<sup>f</sup> Analyzed as congeners PCB-153/PCB-132.  
<sup>g</sup> Sum of 23 PCB congeners or 6 DDT compounds.  
<sup>h</sup> Sum of 14 PCB congeners.  
<sup>i</sup> Sum of 15 PCB congeners or 3 DDT compounds.  
<sup>j</sup> Sum of 52 PCB congeners or 6 DDT compounds.  
<sup>k</sup> Calculated according to 122 congeners commonly occurring in technical Aroclor mixtures or sum of 3 DDT compounds.  
<sup>l</sup> Sum of 6 PCB congeners.

Tab. 3 – *Review* della concentrazione di contaminanti organoclorurati (ng g<sup>-1</sup> w.m.) nel grasso della tartaruga marina *Caretta caretta* (Mean - media aritmetica; SD – deviazione standard; NA - non disponibile; LOD – limite inferiore di detenzione) (tratto da: Lazar et al. 2011 [45])

Dopo aver verificato la presenza e le quantità di questi composti nell'organismo delle tartarughe, alcuni studi sono stati fatti per cercare di capire se e quanto i contaminanti organoclorurati andassero ad influire sulla salute e sul sistema immunitario degli animali: Keller J.M. et al. (2004 e 2006) hanno valutato alcuni parametri di salute nel sangue e hanno poi comparato i risultati in campo con risultati ottenuti da esperimenti *in vitro*.

I parametri esaminati nei campioni di sangue hanno evidenziato una correlazione positiva tra la concentrazione di OC e la conta dei globuli bianchi, così come con il rapporto eterofili su linfociti: questi risultati indicano una modulazione del sistema immunitario da parte dei contaminanti. Sono stati trovati poi parametri indicativi di anemia (diminuzione dei globuli rossi, HCT ed emoglobina) ed anche altri studi passati avevano dimostrato che gli OC portavano a una diminuzione di questi parametri in ratti e scimmie [46]. Ben noti sono inoltre gli effetti tossici che i PCB hanno sulla funzionalità renale, che viene valutata nei mammiferi tramite la misura del BUN; purtroppo, però, questo valore nelle tartarughe non è correlabile alla funzionalità renale, in quanto questi animali eliminano gli scarti azotati sotto

forma di acido urico e ammoniaca. Per valutare i reni, quindi, è presa in considerazione la concentrazione degli elettroliti, evidenziando una correlazione tra la presenza di OC, un aumento della concentrazione di sodio e una diminuzione di quella del magnesio: questa correlazione era stata rinvenuta anche nei pesci [46]. In questo studio (Keller et al. 2004) si osservava poi nelle tartarughe con elevati livelli di OC una diminuzione del rapporto albumina:globulina, attestato anche in alcuni gabbiani esposti agli stessi contaminanti [46]. Infine sono stati trovati alterati anche alcuni enzimi epatici, con elevati valori di AST e diminuiti valori di ALP: nei mammiferi e negli uccelli l'aumento dell'AST viene ritenuto segno di danno epatico dopo esposizione agli OC, quindi è plausibile pensare che sia così anche nelle tartarughe marine, nonostante non ci siano parametri di riferimento per questi enzimi. Tutte le correlazioni tra i vari parametri e la presenza dei contaminanti suggeriscono che questi hanno un certo effetto sulla salute delle tartarughe, però è importante notare che molti dei valori usati come indicatori di salute, sebbene alterati, non uscivano dai parametri riportati per questa specie.

Si potrebbe concludere quindi che queste correlazioni non sono indicative di un chiaro effetto dannoso [46].

Lo studio più approfondito sul sistema immunitario delle *Caretta caretta* ha dimostrato che l'attività del lisozima è significativamente e negativamente correlata alla concentrazione nel sangue di 4,4'-DDE e di altri OC. La risposta proliferativa dei linfociti stimolati con PHA, LPS e PDB è invece significativamente e positivamente correlata alla concentrazione dei PCBs misurata nel sangue, e in parte anche alla presenza di 4,4'-DDE.

Queste correlazioni dimostrano che attualmente l'esposizione cronica agli OC può portare a una soppressione del sistema immunitario delle tartarughe marine e a un aumento di alcune funzioni linfocitarie [47].

#### **4.2.3 METALLI PESANTI**

Come per tutte le specie marine agli apici della catena alimentare, anche per le tartarughe c'è il pericolo di accumulare elevate quantità di metalli pesanti riversati in mare direttamente dalle attività industriali o portati dai fiumi. Molti studi sono stati fatti nell'ultimo decennio in tutte le parti del mondo, con diverse metodologie, ottenendo risultati anche molto diversi e difficilmente comparabili.

I metalli pesanti vengono classicamente ricercati in muscolo, fegato e reni, in quanto sono gli organi in cui si accumulano maggiormente, diversamente dai composti organici che si concentrano nel tessuto adiposo.

Alcuni elementi essenziali (Cu, Fe, Mn e Zn) e un numero limitato di elementi tossici (As, Cd e Pb) possono anche essere trasmessi dalla madre alle uova.

Andando a valutare i singoli elementi è noto che il cadmio nel lungo periodo si concentra maggiormente nei reni, probabilmente per il suo legame con le metallotioneine (proteine a basso peso molecolare caratterizzate da un'elevata affinità per i metalli pesanti), ed è un elemento molto tossico, teratogeno ed embriotossico, che nell'uomo può provocare insufficienza renale, anemia e malformazioni scheletriche. In altre specie, tra cui alcune tartarughe terrestri, è stato dimostrato che esposizioni croniche al Cd provocano alterazioni ormonali e del ciclo riproduttivo [52].

Rame e zinco si concentrano soprattutto nel fegato, provocando lesioni gastroenteriche e congestione di fegato, milza e reni per quanto riguarda il Cu, mentre lo Zn interferisce con le funzioni del sistema nervoso portando a neuropatie.

Il mercurio si accumula principalmente nei reni, ma anche in fegato e SNC; per questo elemento è stata dimostrata la tossicità sui pesci, e in particolare la neurotossicità (come nei mammiferi), provoca inoltre alterata crescita e sviluppo, diminuzione del successo riproduttivo, danni epatici e renali e alterazione del sistema immunitario. Nell'ambiente marino il Hg inorganico viene microbiologicamente trasformato in metilmercurio (MeHg), forma molto più tossica e biodisponibile.

Per quanto riguarda il piombo, nei mammiferi si accumula in reni, fegato e SNC, provocando nefropatie, epatopatie e mielopatie, con danni al sistema immunitario e può a volte causare sterilità.

Dai vari studi compiuti nel fegato è emerso un ampio *range* di concentrazioni per quanto riguarda il Cd nel Mare Mediterraneo, mentre valori minori si erano trovati lungo le coste francesi dell'Oceano Atlantico e lungo le coste californiane. Diversi gruppi di ricerca hanno invece trovato valori di Cu molto simili in tartarughe provenienti da varie parti del Mediterraneo (sud Italia, Spagna, Turchia) e dalle coste atlantiche francesi, mentre valori più elevati sono emersi dalle analisi sul fegato di *C. caretta* spiaggiate lungo le coste tirreniche dell'Italia, nelle Isole Canarie, in Giappone e lungo le coste della penisola Californiana. Per quanto riguarda il Hg sia in tartarughe Atlantiche che Mediterranee sono stati trovati valori

alquanto bassi, più elevati invece quelli emersi dagli spiaggiamenti lungo le coste Pacifiche del Giappone. Uno stretto *range* di concentrazioni è stato evidenziato per il Pb, sia negli esemplari del Mediterraneo sia in quelli oceanici. L'accumulo dello Zn è dovuto soprattutto al suo legame con le metallothioneine, e i valori trovati sono abbastanza omogenei in Mediterraneo, Oceano Pacifico ed Oceano Atlantico.

Nei reni, come già detto, il Cd tende ad accumularsi maggiormente e gli studi sulle tartarughe marine di Mar Mediterraneo, Oceano Atlantico e coste giapponesi e messicane dell'Oceano Pacifico confermano questa tendenza. Il Cu è stato trovato a concentrazioni fisiologiche nei reni ed è l'elemento che presenta le più basse concentrazioni. Come nel fegato anche nei reni le concentrazioni di Hg sono basse (con l'eccezione delle tartarughe giapponesi).

Nel muscolo è difficile trovare alte concentrazioni di metalli pesanti e questo viene confermato nei diversi studi effettuati, che hanno ritrovato concentrazioni molto basse di svariati elementi; quello con le concentrazioni maggiori è risultato essere lo zinco [44].

La concentrazione di mercurio nelle tartarughe rispetto a quella presente nei mammiferi marini, che sono anch'essi all'apice della catena alimentare, è molto bassa e questa differenza dipende principalmente dalla dieta. Le tartarughe marine si nutrono soprattutto di prede bentoniche, molluschi e crostacei, che si trovano a bassa/media profondità, e stanno alla base della catena alimentare, accumulando quindi quantità minime di mercurio rispetto ad altri pesci. Si sono trovati bassi livelli di mercurio anche nel grasso di questi animali, nonostante il metilmercurio abbia natura lipofila.

Il cadmio ritrovato in concentrazioni così diverse nelle varie zone porta alla conclusione che il suo accumulo sia molto legato alla contaminazione ambientale oltre che all'età (quindi alle dimensioni) del singolo soggetto. Le concentrazioni relativamente elevate, inoltre, fanno supporre che le tartarughe marine siano particolarmente soggette ad accumulare il Cd all'interno dell'organismo, e secondo alcuni autori questo accumulo potrebbe essere conseguenza di particolari processi metabolici o fisiologici di questa specie [52].

Sono pochi gli studi effettuati sugli effetti che questi elementi provocano nelle tartarughe marine, e pochi sono purtroppo i risultati ottenuti. In una ricerca effettuata sul sangue prelevato da una colonia di tartarughe nidificanti lungo le coste di Capo Verde (Camacho et al. 2013) è stata evidenziata una correlazione negativa tra le quantità di Cd e il numero di globuli rossi, quindi un'eccessiva quantità di questo elemento può causare

anemia nelle *C. caretta*; la quantità di acido urico nel sangue era inversamente proporzionale alle quantità di Pb, Ni e As, e la quantità di Pb sembra influire negativamente anche sul rapporto albumine:globuline [53].

Element	$\mu\text{g g}^{-1}$	Liver			Kidney			Lung			Muscle			Reference
		M	A	P	M	A	P	M	A	P	M	A	P	
Al	w.w.	2.2	-	-	0.7	-	-	-	-	-	1.5	-	-	Torrent et al. (2004)
As	d.w.	14.2-22	-	-	19-30	-	-	8.7-24	-	-	20.8-69	-	-	Kaska et al. (2004), Storelli and Marcotrigiano (2000b)
	w.w.	6.7-17.1	-	-	13.8	-	-	-	-	-	15.5	-	-	Storelli et al. (1998b), Torrent et al. (2004)
Cd	d.w.	2.4-23	-	1.8 <sup>b</sup>	5.8-57	-	73.1 <sup>b</sup>	1.4-5.7	-	-	0.2-3.6	-	0.1 <sup>b</sup>	Andreani et al. (2008), Gardner et al. (2006), Garcia-Fernández et al. (2009), Godley et al. (1999), Kaska et al. (2004), Storelli and Marcotrigiano (2000b), Maffucci et al. (2005)
	w.w.	2.5-5.9	2.6	9.7	5.0-10.5	13.3	45.5	0.2-0.5	-	0.4	0.07-1.1	0.08	0.06	Caurant et al. (1999), Franzellitti et al. (2004), Garcia-Fernández et al. (2009), Sakai et al. (2000), Storelli et al. (2005), Torrent et al. (2004)
Cr	d.w.	1.1-2.8	-	-	1.6-2.1	-	-	2.3-2.5	-	-	1.4	-	-	Storelli and Marcotrigiano (2000b), Kaska et al. (2004)
Cu	d.w.	3.0-37.3	-	33.9 <sup>b</sup>	2.1-5.6	-	4.4 <sup>b</sup>	2.8-3.8	-	-	1.5-5.0	-	0.4 <sup>b</sup>	Andreani et al. (2008), Gardner et al. (2006), Garcia-Fernández et al. (2009), Kaska et al. (2004), Maffucci et al. (2005), Torrent et al. (2004)
	w.w.	5.4-7.7	8.3	19.4	1.2-4.6	2.2	1.3	0.8-1.8	-	0.6	0.6-2.9	0.7	0.95	Caurant et al. (1999), Franzellitti et al. (2004), Garcia-Fernández et al. (2009), Sakai et al. (2000), Storelli et al. (2005), Torrent et al. (2004)
Fe	d.w.	15.7-1232	-	-	15.3-764	-	237 <sup>b</sup>	15.6-184	-	-	20.6-85.4	-	77.4 <sup>b</sup>	Andreani et al. (2008), Gardner et al. (2006), Kaska et al. (2004)
	w.w.	342-456	-	917	38.0-48.2	-	30.0	107-184	-	134	1.0-60.9	-	22.2	Franzellitti et al. (2004), Garcia-Fernández et al. (2009), Sakai et al. (2000), Storelli et al. (2005), Torrent et al. (2004)
Total Hg	d.w.	1.1-2.4 <sup>a</sup>	-	1790	0.47 <sup>a</sup> -0.9	-	1080	0.45	-	-	0.4-0.69	-	410	Godley et al. (1999), Kampalath et al. (2006), Maffucci et al. (2005), Storelli and Marcotrigiano (2000b)
	w.w.	0.04-0.4	0.59	8150	0.04-0.16	0.21	304	0.06	-	127	0.18-0.21	0.16	189	Day et al. (2007), Sakai et al. (2000), Storelli and Marcotrigiano (2000b), Storelli et al. (2005), Torrent et al. (2004)
Mn	d.w.	7.5	-	1.3 <sup>b</sup>	7.0	-	6.0 <sup>b</sup>	1.2	-	-	1.4 ± 0.24	-	0.84 <sup>b</sup>	Andreani et al. (2008), Gardner et al. (2006)
	w.w.	6.2	-	2.2	-	-	2.0	5.3	-	0.25	-	-	0.43	Franzellitti et al. (2004), Sakai et al. (2000)
Ni	d.w.	11.6	-	0.35 <sup>b</sup>	9.6	-	0.04 <sup>b</sup>	10.1	-	-	10.0	-	0.01	Franzellitti et al. (2004), Gardner et al. (2006), Kaska et al. (2004)
	w.w.	2.9-4.4	-	<0.03	5.8	v	0.22	1.8	-	<0.03	2.8	-	0.08	Franzellitti et al. (2004), Kaska et al. (2004), Sakai et al. (2000), Torrent et al. (2004)
Pb	d.w.	0.1-3.6	-	-	0.5-4.0	-	0.03 <sup>b</sup>	0.6-4.0	-	-	0.5-2.5 <sup>a</sup>	-	0.01 <sup>b</sup>	Andreani et al. (2008), Garcia-Fernández et al. (2009), Godley et al. (1999), Kaska et al. (2004), Storelli and Marcotrigiano (2000b)
	w.w.	0.16-3.0	-	0.21	0.12-2.4	-	0.16	0.03	-	<0.03	0.04-2.3	-	0.02	Garcia-Fernández et al. (2009), Sakai et al. (2000), Storelli et al. (2005), Torrent et al. (2004)
Sb	d.w.	-	-	-	2.35	-	-	3.06	-	-	2.51	-	-	Kaska et al. (2004)
Se	d.w.	9.8-15.9	-	-	7.8-15.5	-	-	7.4-10.8	-	-	2.5-11.2	-	-	Kaska et al. (2004), Maffucci et al. (2005), Storelli and Marcotrigiano (2000b)
	w.w.	3.5-46.5	-	-	2.2	-	-	1.2	-	-	1.7	-	-	Storelli and Marcotrigiano (2000b), Storelli et al. (2005)
Zn	d.w.	66.0-107	-	69.1 <sup>b</sup>	27.9-119	-	32.5 <sup>b</sup>	75.0	-	-	7.1-107	-	31.1 <sup>b</sup>	Andreani et al. (2008), Gardner et al. (2006), Garcia-Fernández et al. (2009), Kaska et al. (2004), Maffucci et al. (2005)
	w.w.	13.5-29.3	25.0	28.1	9.1-23.1	23.6	28.4	17.0-22.5	-	16.7	6.7-30.9	19.6	25.0	Caurant et al. (1999), Franzellitti et al. (2004), Garcia-Fernández et al. (2009), Sakai et al. (2000), Storelli et al. (2005), Torrent et al. (2004)

M = Mediterranean Sea; A = Atlantic Ocean; P = Pacific Ocean.

<sup>a</sup> Median.

<sup>b</sup> Geometric mean.

Tab. 4 – Range dei valori medi per gli elementi contenuti in fegato, rene, polmoni e muscolo (tratto da: D’Ilio et al. 2011 [44])

## 4.3 ALTRE POSSIBILI MINACCE

Sempre più frequentemente negli ultimi anni si è discusso, sia in Italia che a livello internazionale, dell'impatto che le attività antropiche volte alla produzione di energia hanno sull'ecosistema marino. Nella realtà del Mare Adriatico le attività che suscitano le maggiori perplessità sono principalmente due: la prospezione e ricerca di idrocarburi (attività di tipo acustico) e gli impianti di rigassificazione del GNL.

### PROSPEZIONE E RICERCA DI IDROCARBURI

Purtroppo non esistono attualmente delle norme specifiche che regolano in modo mirato ed esaustivo gli impatti specialmente di natura acustica potenzialmente generati da attività di indagine geofisica in ambiente marino. Non esistono, infatti, limiti normativi per le emissioni acustiche prodotte dalla strumentazione utilizzata per le indagini geofisiche, quali sonar, ecoscandagli, magnetometri ecc. e per le relative caratteristiche temporali e di propagazione di rumore e vibrazioni. Al momento non sono a disposizione dati esaustivi per comprendere l'estensione reale del problema legato all'impatto acustico sui cetacei e altra fauna marina da parte delle emissioni antropiche.

Una misura di mitigazione ambientale riguarda specificatamente le tartarughe marine onde evitare l'intrappolamento accidentale nelle apparecchiature di rilievo geofisico. A questo scopo vengono utilizzati dei dispositivi metallici da applicare alla struttura della boa di coda della nave sismica, recependo le direttive presentate nello studio "*Reducing the fatal entrapment of marine turtles in towed seismic survey equipment*" condotto dalla società inglese Ketos Ecology [111].

### IMPIANTI DI RIGASSIFICAZIONE DEL GNL

Per quanto riguarda gli impianti di rigassificazione, i dubbi sorti sull'impatto che questi possono avere sull'ambiente marino sono diversi. Il primo problema è la formazione di banchi di schiuma, che originano dal rilascio di materiale intracellulare di microrganismi naturalmente presenti in mare, sottoposti a stress meccanico e shock termico durante il processo di rigassificazione. Tale schiuma ha un elevato contenuto organico che favorisce la concentrazione di sostanze tra cui anche contaminanti organici ed inorganici originariamente presenti nelle acque a livelli non rilevabili. La presenza di composti cloro organici è, con

molta probabilità, dovuta all'impiego di cloro attivo, utilizzato come biocida nelle acque di scambio termico dell'impianto, e quindi riconducibile prevalentemente ad attività di tipo antropico.

L'impiego di acqua di mare negli impianti di rigassificazione - solitamente proposti nella configurazione "a circuito aperto" - ne comporta una sterilizzazione quasi totale. Si preleva acqua di mare per sottrarle il calore che serve a riportare allo stato gassoso il GNL (arrivato via nave in forma liquida, a -162°C), restituendola poi al mare più fredda e clorata. Si tratta di volumi notevoli, dell'ordine dei 636.000 m<sup>3</sup> al giorno per singolo impianto. La sostanza organica - presente nell'acqua in ingresso - viene degradata e combinata chimicamente al cloro ed altri alogeni, formando alo-derivati organici: sostanze tossiche, persistenti e mutagene (bromoformio e trialometani, clorammine, ecc.). L'acqua di mare impiegata nel processo di rigassificazione sarà quindi restituita praticamente sterile, pertanto inutilizzabile per i servizi ecosistemici che la stessa rende all'ambiente: habitat per le comunità planctoniche e pelagiche, processi di autodepurazione, regolazione dei cicli biogeochimici di fosforo/azoto/carbonio, assorbimento di CO<sub>2</sub>.

Si ha la perdita quasi totale delle forme di vita veicolate dalla stessa (uova, larve e avannotti, organismi planctonici) e si induce artificialmente la selezione di quelle forme batteriche resistenti al processo di clorazione, formanti biofilm [112].



## 5. PRINCIPALI AGENTI PATOGENI

Il sistema immunitario delle tartarughe marine è simile a quello degli altri animali, la sua efficacia è influenzata da vari fattori tra cui lo stato nutrizionale, lo stato di salute generale, la temperatura ambientale, l'età e la presenza di fattori stressanti. Molto influente è la temperatura dell'acqua: sembra infatti che le basse temperature provochino una diminuzione della produzione di immunoglobuline. Come gli altri vertebrati, inoltre, anche le tartarughe in risposta allo stress aumentano la produzione di corticosterone, che va a indebolire i sistemi di difesa dell'organismo. Le infezioni nelle tartarughe marine sono quindi quasi sempre conseguenza di uno stato di immunodepressione, frequentemente legato a uno stato di cattività con un pessimo *management* dell'ambiente in cui vengono tenute [66].

### 5.1 VIRUS

Delle 24 famiglie di virus animali conosciute, due sono quelle che colpiscono le tartarughe marine, *Herpesviridae* e *Papillomaviridae*, ma c'è il sospetto che altre 4 famiglie (*Iridoviridae*, *Reoviridae*, *Retroviridae* e *Togaviridae*), che colpiscono i cheloni terrestri, possano essere patogene anche per le tartarughe marine.

Gli Herpesvirus sono stati associati a tre diverse sindromi nelle tartarughe marine: la fibropapillomatosi, la *Gray Patch Disease* (GPD) e la *Lung-Eye-Trachea Disease* (LETD) [54].

La fibropapillomatosi viene più propriamente nominata *Green Turtle Fibropapillomatosis* (GTFP) dal nome della specie nella quale è stata primariamente identificata e studiata. Descritta per la prima volta nel 1938 da Smith e Coates in Florida [55], costituisce oggi una delle principali minacce per *Chelonia mydas*: negli ultimi anni si è stimato un aumento dell'incidenza dell'infezione, che è arrivata a colpire fino al 50% della popolazione mondiale di questa specie [54]. E' stata segnalata infatti in soggetti provenienti da tutti i bacini oceanici e in un breve periodo di tempo è passata da malattia rara a malattia endemica, fino a raggiungere la pandemia. In alcune popolazioni ne risulta affetto il 90%

degli animali. Recentemente, inoltre, si è evidenziato la presenza di questa patologia in tutte le specie di tartarughe marine, compresa *Dermochelys coriacea* [56].

La fibropapillomatosi è una patologia grave, debilitante, che si presenta con tumori cutanei anche di grandi dimensioni (possono raggiungere i 30 cm di diametro), situati generalmente a livello della cute di pinne, collo, regione perioculare, ascellare e inguinale, e si sono osservati casi anche su piastrone, carapace e cornea. Questi tumori diventano debilitanti nel momento in cui, per le grosse dimensioni o per la posizione, vanno ad impedire l'alimentazione, la locomozione o la vista. Ci sono stati casi di fibropapillomi presenti anche in polmoni, fegato, reni e nel tratto gastro-intestinale, che hanno portato alla morte



Fig. 25 – Tartaruga verde con fibropapillomatosi

dell'animale per insufficienza funzionale dell'organo interessato.

La mortalità dovuta a questa patologia è alta [57].

La fibropapillomatosi non colpisce mai animali allo stato pelagico, ma solo animali che vivono vicino alle coste e tra questi si è notato una maggiore incidenza

nelle zone con elevato sviluppo agricolo, industriale ed urbano. Si sospetta dunque che i diversi contaminanti ambientali possano avere un ruolo nella patogenesi della malattia, forse provocando un'immunosoppressione negli animali, cosa che aumenta la suscettibilità al virus, oppure agendo come co-carcinogeni [54].

La Grey Patch Disease (GPD) è una patologia ancora poco conosciuta ed è stata documentata in letteratura solo due volte. La prima pubblicazione è del 1975 e riguarda animali molto giovani della specie *Chelonia mydas* tenuti in cattività. La malattia presenta due diversi tipi di lesioni cutanee: piccole papule multifocali non tendenti alla diffusione, e macchie grigiastre coalescenti caratterizzate da dermatite necrotizzante che frequentemente porta ad ulcerazione della cute. Queste lesioni si localizzano principalmente su testa e collo. Sovraffollamento e temperatura elevata dell'acqua sono elementi sicuramente coinvolti nella patogenesi di questa patologia in tartarughe tenute in cattività [58; 59].

La Lung-Eye-Trachea Disease (LETD) è stata segnalata per la prima volta in Florida, in tartarughe in cattività. E' una patologia caratterizzata da necrosi della glottide, tracheite necrotizzante con ulcerazioni e accumulo di materiale caseoso nel lume, grave polmonite e presenza di essudato che ricopre gli occhi [58].

Microscopicamente si osservano aree di infiammazione fibrino-necrotizzante della glottide, tracheite ulcerativo-necrotizzante, grave broncopolmonite e segni di polmonite interstiziale. Nelle cellule sono presenti corpi inclusi intranucleari, tipici degli herpesvirus [60].

Anche questa patologia presenta mortalità elevata, che può avvenire dopo settimane o mesi dall'inizio della sintomatologia (in soggetti ricoverati) ed è spesso associata a infezioni secondarie con batteri Gram-negativi [54].

Molti studi sono ancora necessari per investigare queste patologie nelle varie specie di tartarughe marine esistenti, in quanto fin'ora i vari studi sono stati effettuati quasi esclusivamente sulla tartaruga verde, che ne è stata la più colpita [54].

Con l'eccezione della fibropapillomatosi, le patologie neoplastiche sono decisamente poco frequenti nelle tartarughe marine. Nel 2001 è stato riportato un unico caso di linfoma linfoblastico multicentrico in un esemplare di *Caretta caretta* spiaggiata a Gran Canaria. La tartaruga presentava numerose masse bianche, solide e irregolari a livello di piastrone. I timi si presentavano biancastri, di consistenza solida e numerosi lobuli contenevano noduli multipli di forma irregolare. Noduli simili sono stati trovati nella tiroide, nei muscoli pettorali e in quasi tutti gli organi interni.

Neoplasie sono state finora riportate nel 2-10% delle necrosopie dei rettili e il 25% di queste erano neoplasie linfoidi; nei rettili questo tipo di neoplasie hanno generalmente distribuzione multicentrica. Nelle tartarughe marine questo è stato il primo caso diagnosticato di linfoma linfoblastico multicentrico. Gli esami effettuati di microscopia elettronica non hanno identificato un'eziologia virale, ma questa non può essere esclusa con certezza [70].

Appartiene alla famiglia degli *Iridoviridae* un virus patogeno emergente delle tartarughe, il genere *Ranavirus*, di cui le specie esemplari sono nelle tartarughe il *reptile-box turtle virus 3* (TV3) e il *Tortoise virus 5* (TV5) [83]. Questa famiglia di virus è molto conosciuta come causa di elevata mortalità nelle popolazioni di anfibi e pesci colpite, ma nei rettili, e in

particolare nelle tartarughe, esso non ha mai destato preoccupazione in quanto, fino a qualche anno fa, era stato riportato solo qualche caso sporadico di infezione/malattia [84]. Le lesioni principali che provoca nelle varie classi (pesci, anfibi e rettili) sono emorragie, edemi con compressione e necrosi dei tessuti, stomatite ed esofagite fibrinosa e vasculite fibrinoide multicentrica con trombosi. Nelle tartarughe si evidenziano scolo nasale e oculare, congiuntivite, grave edema sottocutaneo a livello del collo e edema delle palpebre, placche caseose a livello della cavità orale, splenite necrotizzante fibrinosa, inclusioni citoplasmatiche basofile in epitelio della cavità orale, esofago, stomaco e trachea e/o endotelio, macrofagi e cellule ematopoietiche progenitrici [84, 85]. La trasmissione avviene con una combinazione di vie dirette e indirette tramite l'ingestione di animali o acque infette, in quanto i virioni persistono a lungo nell'ambiente [86, 87].

## 5.2 BATTERI

I batteri hanno un ruolo importante nelle malattie infettive delle tartarughe marine, sia come patogeni primari che secondari. Lesioni traumatiche o aspirazione di acqua marina sono le vie principali attraverso le quali i batteri entrano nell'organismo delle tartarughe marine e da qui possono causare ascessi o polmoniti. Una volta che si è instaurata l'infezione, facilmente essi entrano nella circolazione sanguigna causando batteriemia, che porta alla formazione di ascessi multipli all'interno dell'organismo o a una grave setticemia.

Le infezioni batteriche sono frequenti nelle tartarughe marine tenute in cattività, in quanto si possono accumulare nei sistemi di ricircolo dell'acqua e spesso, quando più animali vengono confinati insieme nella stessa vasca, si instaurano comportamenti aggressivi e possono ferirsi a vicenda, creando delle porte d'ingresso ideali per i batteri [63].

In un lavoro di ricerca condotto su 93 tartarughe marine spiaggiate lungo le coste delle Isole Canarie per indagarne le cause di morte (Orós et al. 2005) è stata rilevata la presenza di un elevato numero di specie batteriche potenzialmente patogene per questi animali [67]. Sono stati isolati batteri sia Gram-positivi che Gram-negativi (anche se i Gram-positivi sono in genere considerati innocui per i rettili [54]). Le lesioni traumatiche a carico della cute erano spesso associate a infezioni sostenute da *Aeromonas hydrophila*, *Vibrio alginolyticus*, *Staphylococcus* sp. [67]. *A. hydrophila* è ritenuto essere un patogeno opportunista dei rettili

[68], mentre *V. alginolyticus* è normalmente presente nell'ambiente marino [69]. Sono descritte in letteratura diversi tipi di dermatiti batteriche evidenziate in tartarughe in cattività. Alcune di queste sono la *focal erosive dermatitis* (FED), la *septicemia ulcerative cutaneous disease* (SCUD), e la *papillary dermatitis* (PD). Oltre alle specie batteriche già citate sono state isolate da queste infezioni *Pseudomonas* sp., *Proteus* sp., e *Citrobacter* sp. e una stessa specie può essere isolata da più di una patologia cutanea. Le lesioni evidenziate in queste malattie sono principalmente decolorazione e ulcerazione del derma (FED), anche profonda (SCUD) [63].

Importanti cause di morte delle tartarughe marine sono le lesioni polmonari causate da infezioni batteriche. Polmoniti granulomatose o broncopolmoniti essudative sono state associate alla presenza di *Aeromonas hydrophila*, *Bacillus* spp., *Burkholderia cepacia*, *Citrobacter* sp., *Pastorella* spp., *Proteus* spp., *Pseudomonas* spp., *Staphylococcus* spp., *Streptococcus* spp., e *Vibrio alginolyticus* [67]. Importante anche la sindrome conosciuta come "stomatite ulcerativa (US), rinite ostruttiva (OR) e broncopolmonite (BP)", causata da *A. hydrophila*, *V. alginolyticus*, *Flavobacterium* sp e *Chryseumbacterium* spp., che se non curata ha un tasso di mortalità che può arrivare al 70% [63,67].

Patologie dell'apparato digerente sono causate da *Escherichia coli*, *Proteus* spp., *Pasteurella* spp., *Bacillus* spp., *Staphylococcus* spp. e *Vibrio alginolyticus* [67]. Nella specie *Eretmochelys imbricata* è stata segnalata un'enterite catarrale provocata da *Salmonella regent* [71]. In un esemplare di *C. caretta* spiaggiato nelle Isole Canarie è stato isolato *Aerococcus viridans* da un diverticolo esofageo di notevoli dimensioni, ripieno di gas e muco verdastro, associato alla presenza di esofagite fibrino-necrotica. Questo patogeno è tipico dei crostacei e si presuppone che proprio l'ingestione di un crostaceo infetto abbia provocato la malattia nella tartaruga. Questa è la prima segnalazione in letteratura di un diverticolo esofageo nelle tartarughe marine [72].

Nefriti granulomatose o ascessi renali possono essere causati da *A. hydrophila*, *Citrobacter* spp., *Escherichia coli*, *Proteus* spp., *V. alginolyticus*, *Staphylococcus* spp, in seguito a uno stato setticemico multiorgano o a lesioni caudali del carapace con infezione batterica secondaria. Secondo il lavoro di Orós, inoltre, anche *Staphylococcus xylosus* può essere causa di nefrite granulomatosa multifocale [67].

In un lavoro di Poppi et al. viene riportato un caso di morte di *Dermochelys coriacea* dovuta a setticemia provocata da *Photobacterium damsela* (ex *Vibrio damsela*). Questo è un patogeno tipico di crostacei, molluschi e pesci e provoca la morte di numerosi animali se associato a condizioni ambientali non ottimali o scarse fonti nutritive; può infettare inoltre gli squali e nel Nord America è stato isolato da ferite in procioni e anche nell'uomo. Nella tartaruga marina questo microrganismo è stato isolato nel sangue all'interno del cuore, nel trombo endocardico, nel fegato e nelle lesioni difteriche presenti nell'intestino tenue. Sono state isolate sia la forma emolitica, sia quella non emolitica. *Photobacterium damsela* possiede un elevato livello di virulenza e *in vitro* è in grado di produrre elevate quantità di tossine citolitiche (*Damselisina* –Dly-). In questa tartaruga liuto si presume sia penetrato attraverso lesioni intestinali e per via ematogena abbia poi raggiunto fegato e cuore, provocando endocardite [73, 74, 113, 120].

Un altro patogeno per le tartarughe marine è *Mycobacterium chelonae*, che non si presenta frequentemente ma provoca una malattia simil-tubercolosi che porta alla morte dell'animale. All'esame necroscopico si evidenziano granulomi multipli sparsi nei vari organi (fegato, milza, reni, pericardio) e soprattutto nei polmoni: i granulomi si trovano a livello interstiziale e provocano compressione degli alveoli e distruzione del parenchima. Gli animali colpiti inoltre sono più suscettibili ad altre infezioni secondarie [76]. Sono presenti anche lesioni ulcerative a livello di piastrone. E' stato riportato anche un caso di osteoartrite infettiva causata da *M. chelonae* in una *Lepidochelys kempii*. Questo patogeno è caratterizzato da rapida crescita ed elevata resistenza agli antibiotici [77].

Un patogeno emergente per le tartarughe marine risulta essere *Bartonella henselae*, che è stato isolato da campioni di sangue prelevati da esemplari di *Caretta caretta* in cattività. Non è chiaro se l'infezione sia avvenuta in seguito a una situazione di immunosoppressione o se sia la causa primaria dello stato patologico degli animali. In ogni caso, il ritrovamento di *Bartonella* spp. nelle tartarughe marine dimostra che questo patogeno colpisce anche altri vertebrati marini, non solo i mammiferi, ed è importante in quanto agente zoonosico [78].

Infine, anche infezioni batteriche secondarie a parassitosi possono essere causa di malattia e morte nelle tartarughe marine: in un lavoro condotto in Australia da Raidal et al. sono state isolate diverse specie di batteri Gram-negativi, tra cui *Salmonella* sp., *E. coli*,

*Citrobacter freundii* e *Moraxella* spp. in una *Chelonia mydas* affetta da spirorchidiasi cardiovascolare [75].

Molto interessante è lo studio sulla normale flora microbica presente nelle tartarughe marine, anche se pochi sono gli studi effettuati a questo scopo. Dati sulla normale flora batterica presente nelle cavità nasali e nella cloaca di questi animali sono importanti per comprendere meglio il ruolo delle specie batteriche patogene. Uno studio condotto su 45 *Lepidochelys olivacea* (Santoro et al. 2002) ha isolato 15 specie di batteri: 11 Gram-negativi e 4 Gram-positivi; di questi, 9 da tamponi cloacali e 11 da tamponi delle cavità nasali, con 5 specie in comune [79].

	Batteri	Cloaca		Nasali	
		N	% (n. positive)	N	% (n. positive)
1)	<i>Acinetobacter</i> spp.		6.6% (3)		8.8% (4)
2)	<i>Aeromonas</i> sp.		28.8% (13)		6.6% (3)
3)	<i>Alcaligenes faecalis</i>		2.2% (1)		0
4)	<i>Bacillus</i> spp.		0		71.1% (32)
5)	<i>Citrobacter freundii</i>		13.3% (6)		0
6)	<i>Corynebacterium</i> spp.		0		11.1% (5)
7)	<i>Enterobacter agglomerans</i>		04.4% (2)		4.4% (2)
8)	<i>Enterococcus faecalis</i>		0		0
9)	<i>Escherichia coli</i>		6.6% (3)		2.2% (1)
10)	<i>Lactobacillus</i> spp.		0		6.6% (3)
11)	<i>Proteus mirabilis</i>		2.2% (1)		6.6% (3)
12)	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		6.6% (3)		2,2% (1)
13)	<i>Pseudomonas</i> spp.		0		8.8% (4)
14)	<i>Salmonella</i> sp.		6.6% (3)		0
15)	<i>Staphylococcus aureus</i>		0		13.3% (6)

Tab. 5 – Batteri della cavità nasale e della cloaca trovati in *Lepidochelys olivacea* (n=45)  
(tratto da: Santoro et al. 2003 [79])

Un problema emerso negli ultimi anni riguarda la presenza di batteri resistenti agli antibiotici presenti in acque marine, estuari e bacini d'acqua dolce. Studi effettuati su pesci e mammiferi marini hanno supportato l'ipotesi che specie marine possano fungere da *reservoir* per questi batteri antibiotico-resistenti. Uno studio effettuato sulle *Caretta caretta* (Foti et al. 2009) ha evidenziato la presenza di questo problema anche nelle tartarughe marine. Partendo da tamponi orali e cloacali prelevati da 19 tartarughe spiaggiate vive, sono stati isolati i batteri presenti ed eseguite le prove di antibiotico-resistenza con 31 tipi di antibiotici. I batteri isolati su cui sono stati eseguiti i test sono: *Citrobacter* spp., *Proteus* spp.,

*Enterobacter* spp., *Escherichia* spp., *Providencia* spp., *Morganella* spp., *Pantoea* spp., *Pseudomonas* spp., *Shewanella* spp. La maggior prevalenza di resistenza è risultata essere contro la carbenicillina (100%), cefalotina (92,6%), ossitetraciline (81,3%), e ampicillina (77,8%). I batteri che sono risultati resistenti al più ampio range di antibiotici sono *Citrobacter freundii*, *Proteus vulgaris*, *Providencia rettgeri* e *Pseudomonas aeruginosa*. Solo l'imipenem è risultato efficace contro tutti i batteri.

La resistenza dei batteri agli antibiotici è segno dell'inquinamento dell'ambiente marino, in quanto queste tartarughe non erano mai state trattate con antibiotici. Si ipotizza che abbiano un ruolo fondamentale gli allevamenti in ambiente marino, ma anche le sostanze che arrivano nei fiumi e nei mari dall'agricoltura e dalle aree urbanizzate [80,81].

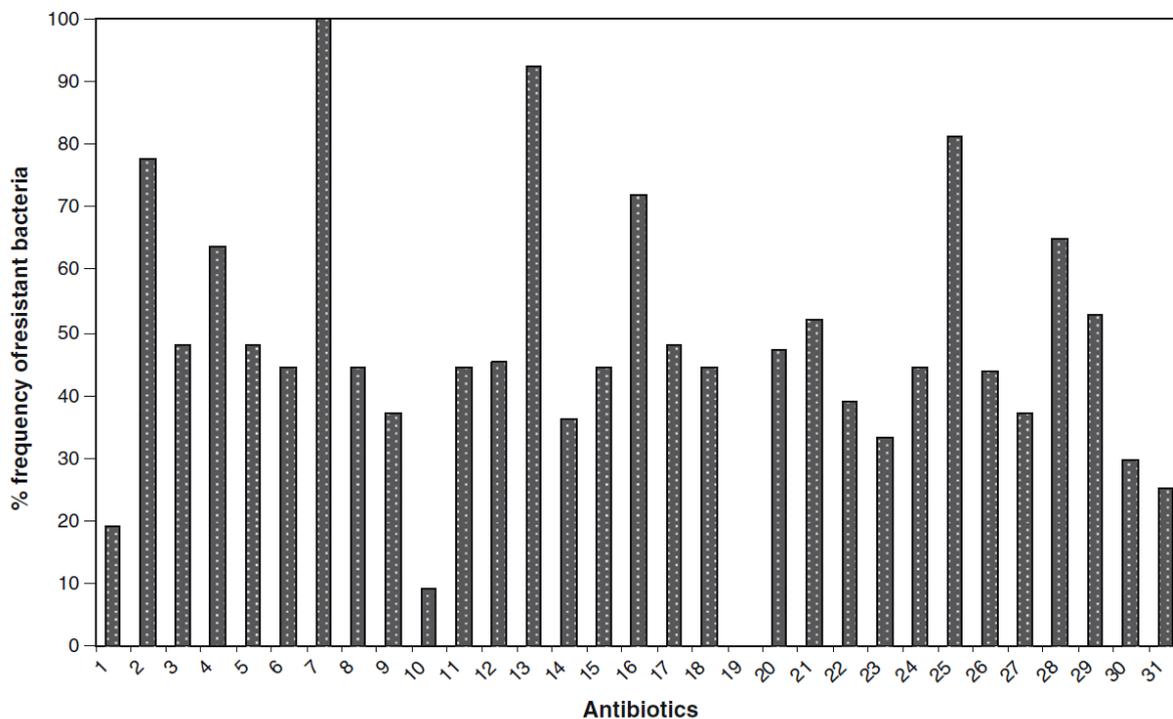


Fig. 26 – Antibiotico resistenza delle diverse specie di Gram-negativi isolati da *Caretta caretta*. 1. Amikacina; 2. amoxicillina; 3. Amoxicillina-ac. clavulanico; 4. Ampicillina; 5. Ampicillina-sulbactam; 6. Aztreonam; 7. Carbenicillina; 8. Cefepime; 9. Cefoperazone; 10. Cefotaxime; 11. Ceftazidime; 12. Ceftriaxone; 13. cefalotina; 14. Cloramfenicolo; 15. Ciprofloxacina; 16. Colistina; 17. Enrofloxacin; 18. Gentamicina; 19. Imipenem; 20. Kanamicina; 21. Lomefloxacina; 22. Acido nalidixico; 23. Neomicina; 24. Netilmicina; 25. Ossitetraciclina; 26. Piperacillina; 27. Streptomicina; 28. Tetraciclina; 29. Ticarcillina-ac. clavulanico; 30. Tobramicina; 31. Trimetoprim-sulfametoxazolo ( tratto da: Foti et al. 2009 [80])

## 5.3 PARASSITI

Diverse tipologie di infestazioni parassitarie, sia interne che esterne, sono state documentate nelle tartarughe marine. Alcune tipologie di parassiti possono invadere l'organismo in quantità massiva e provocare gravi danni mentre altri, come i nematodi, hanno solo lievi effetti patologici negli animali [63]. Andando ad analizzare con maggiore attenzione i parassiti che infestano la *Caretta caretta* in particolare nel Mar Mediterraneo, si può osservare una certa omogeneità di prevalenze nei vari bacini che compongono questo mare.

### 5.3.1 ENDOPARASSITI

#### TREMATODI

I parassiti che più frequentemente infestano le tartarughe marine sono i trematodi digenei (Phylum: Platyhelminthes). Sono parassiti dal corpo appiattito in senso dorso-ventrale e come dimensioni possono andare da qualche millimetro fino a qualche centimetro. Il loro ciclo biologico è indiretto: utilizzano ospiti intermedi come molluschi gasteropodi, e alcune specie di trematodi si servono anche di due o tre ospiti intermedi, come anfibi, pesci, crostacei o insetti [90]. Le tartarughe marine sono soggette a questa parassitosi per le loro abitudini alimentari e la lunga durata di vita [91].

Tra i trematodi digenei che infestano la *Caretta caretta* sono stati segnalati nel Mediterraneo *Pleurigonus trigonocephalus* della famiglia Pronocephalidae, che si localizza nell'intestino crasso; *Rhytidodes gelatinosus* (famiglia Rhytidodidae) che si trova principalmente nel piccolo intestino; *Orchidasma amphiorchis* (famiglia Telorchiiidae), va a localizzarsi in stomaco e intestino e si trova in tutti gli Oceani oltre che nel Mediterraneo. Poi sempre appartenenti alla classe dei trematodi digenei sono *Calycodes antro* (famiglia Calycodidae), presente in stomaco, piccolo intestino e vescicola biliare; *Enodiotrema megachondrus* (famiglia Plagiorchiidae), anche questo in stomaco e piccolo intestino, e nello stesso sito si può trovare anche *Pachypsolus irroratus* (famiglia Pachypsolidae); infine *Plesiochorus cymbiformis* della famiglia dei Gorgoderidae ha come localizzazione la vescica urinaria, retto cloaca, piccolo intestino e anche il fegato. Molti di questi parassiti sono stati

trovati anche in esemplari di tartaruga verde presente nel Mediterraneo [92, 93, 94, 95, 96, 97].

Da nominare per la loro importanza, anche se in letteratura la loro presenza nel Mare Mediterraneo è stata segnalata solo a fine ottocento, sono gli Spirorchidi.

Per quanto riguarda la famiglia degli Spirorchidiidae, solo 8 dei 16 generi che infestano le tartarughe riguardano le tartarughe marine della famiglia *Cheloniidae* e sono: *Carettacola*, *Hapalotrema*, *Neospororchis*, *Octagium*, *Neotangium*, *Learedius*, *Monticellius* e *Haemoxenicon* [98, 100]. Gli adulti di questi parassiti si localizzano all'interno del cuore e nei vasi sanguigni maggiori, dove possono essere liberi nel lume o attaccati alle pareti [99]. Le uova sono state ritrovate in intestino, fegato, milza, reni, cuore, stomaco e testicoli. Le lesioni maggiori sono provocate dalla migrazione delle uova, che provocano emorragie localizzate nel punto di fuoriuscita dal vaso e infiammazione lungo il percorso dell'uovo. Spesso si formano granulomi attorno all'uovo, costituiti da una capsula fibrosa, istiociti e cellule giganti. Nella mucosa del colon si possono trovare lesioni lineari rilevate, da 2 fino a 10 cm di lunghezza, associate alla presenza di masse di uova [98]. Il parassita adulto ha azione patogena meno spiccata; può però provocare trombi e infarti lungo i vasi.

La tartaruga interessata da spirorchidiasi, soprattutto se in forma massiva, può presentarsi cachettica e anemica, con organi diffusamente pallidi, ed è soggetta a infezioni batteriche secondarie [98]. A volte l'infestazione assume un'importanza tale da causare la morte dell'animale. Uno studio condotto su *C. caretta* spiaggiate in Florida (Stacy et al. 2010) ha rilevato la presenza di lesioni imputabili agli spirorchidi anche nei vasi del tratto gastroenterico, timo, pancreas, fegato, reni, e un caso anche nella ghiandola surrenale; queste lesioni consistevano in endoarteriti, ispessimento della tonaca media, proliferazione micro vascolare e periarterite. Inoltre sono stati trovati esemplari adulti e uova di *Neospororchis* sp. nel sistema nervoso centrale [100].

## **NEMATODI**

Altri parassiti che infestano le tartarughe marine sono i nematodi, vermi dalla forma cilindrica, non segmentati, assottigliati alle due estremità e ricoperti da una cuticola incolore. Della famiglia Anisakidae, nel Mar Mediterraneo e in particolare nel Mare Adriatico, è presente *Sulcascaris sulcata* [101]. Questo nematode ha come localizzazione lo stomaco e il piccolo intestino di *C. caretta* e *C. mydas*. Le lesioni sono provocate soprattutto dalla

migrazione delle larve a livello di stomaco e intestino, dove sono state osservate reazioni granulomatose con presenza di eosinofili, eterofili, macrofagi e cellule giganti multinucleate a livello di lamina propria, sottomucosa e tonaca muscolare. Le larve possono anche incistarsi nel fegato, dopo migrazione attraverso la sierosa dello stomaco. La forma adulta del parassita può provocare ulcerazione dello stomaco e la sua presenza rende l'animale più suscettibile ad infezioni batteriche secondarie [92].

Coinvolge le tartarughe marine come ospiti accidentali anche *Anisakis* spp., che ha come ospiti definitivi i mammiferi marini. Le tartarughe mangiano l'ospite intermedio (pesci, calamari o altri invertebrati) e si infettano come ospiti accidentali, così come capita anche all'uomo. In uno studio effettuato su 96 *C. caretta* spiaggiate lungo le coste italiane è stato identificato *A. pegreffii* la specie maggiormente presente nel Mediterraneo. La prevalenza di infezione della tartaruga comune va dal 7,1% al 35,7% [104, 105]. Nelle tartarughe le larve si localizzano a livello di stomaco e intestino, sia libere che avvolte a spirale al di sotto della sierosa, ma sono state rinvenute anche in fegato, milza, polmoni e cavità celomatica. Sono stati riportati casi di ulcere gastriche associate a questo parassita e iperplasia della mucosa gastrica; le larve possono essere racchiuse in capsule connettivali con occasionali aree di necrosi e cellule giganti multinucleate. In generale si ritiene che questi parassiti non causino gravi danni [102, 104]. Dal momento che le tartarughe non sono in grado di catturare pesci che nuotano rapidamente, a meno che non siano già morti, si ritiene che possano contrarre *A. pegreffii* mangiando i pesci infetti scartati dalla pesca [104].

E' stato segnalato in tartarughe marine del Mediterraneo un'altra specie di nematode, *Kathania Leptura* (Kathlanidae), rinvenuto in esemplari di *C. caretta* e *Chelonia mydas*. Anche di questo parassita gli adulti si localizzano a livello di stomaco e intestino [93, 94, 96].

### 5.3.2 ECTOPARASSITI

#### FAUNA EPIBIONTE

Tra tutte le specie di tartarughe marine esistenti sembra che *Caretta caretta* sia quella che ospita il maggior numero di specie di epibionti.

Gli organismi epibionti possono essere suddivisi in tre categorie, sulla base dell'interazione ospite-epizoiti:

- veri parassiti, come gli irudinei del genere *Ozobranchus* spp., crostacei come il copepode *Balenophilus unimegalocolus* e anfipodi come *Prodocerus chelonophilus*;
- specie commensali: di questi fanno parte balani delle famiglie *Lepadidae*, *Balanidae*, e *Coronulidae*. Tra questi alcune specie sono dannose, per il modo con cui aderiscono in profondità all'ospite (come *Tubicinella* spp.), mentre altre sono innocue in quanto si nutrono in genere di plankton;
- specie semibiontiche: ad esempio i granchi del genere *Planes*, che sembra abbiano sviluppato un rapporto di "pulizia" con le tartarughe marine, nutrendosi di piccoli balani e parassiti presenti sulla loro cute [88].

La maggior parte degli studi riguardanti gli epizoiti sono stati condotti negli USA e in Australia e molto scarsa è la letteratura riguardante il Mare Mediterraneo. Da uno studio di Badillo et al. del 2001 è risultato che le specie di epibionti più frequenti nel Mediterraneo sono *Platylepas hexastylus*, *Lepas hillii*, *L. pectinata*, *L. anatifera*, *Conchoderma virgatum*, *Tanaidacea* sp., *Caprella* sp. e *Amphipoda* [88].

La maggior parte di questi non hanno effetti nocivi diretti sulla salute delle tartarughe, ma se presenti in grande quantità sulla superficie cutanea possono provocare un aumento del peso dell'animale e un notevole aumento dell'attrito con l'acqua, che provocano un maggiore dispendio di energia da parte della tartaruga durante il nuoto [89].

#### IRUDINEI

I parassiti hirudinei colpiscono quasi tutte le specie di tartarughe marine, e sono più comunemente chiamati sanguisughe. La maggior parte di questi parassiti vive in acque dolci, poche specie sono marine o terrestri, e molti rappresentano parassiti esterni ematofagi di altri animali. La specie più presente nelle *Caretta caretta* è *Ozobranchus margo*. Lo si trova soprattutto nelle pieghe di tessuto molle tra carapace e piastrone, nella regione del collo e

cloacale, attorno alla bocca e nella superficie ventrale delle natatoie. Un'infestazione massiva di questo parassita può provocare gravi danni, in particolare gravi stati anemici. Il ritrovamento di questi parassiti nel Mar Mediterraneo è comunque sporadico [102, 103].

### 5.3.3 MICOSI

Nelle tartarughe marine le infezioni fungine sono state segnalate sia negli esemplari in cattività sia in natura. Sono provocate generalmente da saprofiti, che si ritiene approfittino di particolari circostanze, come uno stato di immunodepressione, per invadere i tessuti degli animali.

Lesioni fungine sulla cute sono prevalentemente legate a *Fusarium* sp. Negli ultimi anni infatti è stato segnalato un aumento della presenza di questo parassita, sia nelle tartarughe che nei mammiferi marini, nonostante non sia normalmente considerato parte della normale flora cutanea di animali marini e sia presente solo occasionalmente nel loro ambiente [61].

Oltre a *Fusarium solani*, sono stati isolati da lesioni cutanee anche *Geotrichum* sp., *Penicillium* sp., *Scolecobasidium* sp., *Drechslera* sp. [62]. Importante causa di micosi cutanee è anche *Aspergillus* sp., rinvenuto soprattutto sulle natatoie di giovani tartarughe marine, si manifesta con aree scure, focali e gangrenose. La qualità dell'acqua nelle tartarughe tenute in cattività è un fattore molto importante per l'incidenza di queste patologie [63].

In un esemplare di *Lepidochelys kempii* è stato segnalato per la prima volta nel 2000 come patogeno per gli animali *Colletotrichum acutatum*, che ha provocato grave nefrite e polmonite granulomatose e moderata epatite granulomatosa [64].

In caso di micosi sistemica la prima sentinella d'allarme è l'insorgenza di polmonite, con la presenza di granulomi di origine micotica, che possono essere presenti anche nel fegato e in tutta la cavità celomatica. Da tartarughe infette sono stati isolati *Paecilomyces* sp., *Sporotrichium* sp., *Scolecobasidium* sp. e *Cladosporium* sp. Gli animali infetti spesso galleggiano o nuotano in modo asimmetrico. Queste infezioni possono provocare tassi di mortalità anche molto alti, e una delle concause principali è l'esposizione a masse d'acqua fredda che provocano una diminuzione delle difese immunitarie [63].

La presenza di *Candida albicans* è stata segnalata per la prima volta come causa di enterite e micosi sistemica in una *Caretta caretta* spiaggiata nelle Isole Canarie [65].



## 6. SPIAGGIAMENTI NEL MAR MEDITERRANEO

Il ritrovamento di tartarughe marine spiaggiate lungo le coste del Mediterraneo non è un evento inusuale visto l'elevato numero di animali che popolano questo mare. In letteratura però non sono molte le fonti che riportano i dati di questi eventi.

A differenza di altre realtà, come può essere quella del continente Americano, nel Mar Mediterraneo non esiste ancora un'unica banca dati sugli spiaggiamenti delle tartarughe marine (come invece si sta cercando di fare per i mammiferi marini). A livello nazionale, inoltre, la gestione degli spiaggiamenti è deputata alle regioni, che gestiscono in modo autonomo e differente i dati raccolti da Enti di diversa natura (IZS, ASL, Enti statali, Enti non governativi, società di volontari, etc.); a livello centrale, vi è un punto di raccolta presso il Ministero dell'Ambiente (tramite le Capitanerie di Porto), che però non promuove a tutt'oggi una diffusione dei dati a livello nazionale. Diverse realtà si osservano in altre nazioni che si affacciano sul Mar Mediterraneo, quali la Francia (dal 2009 ad opera dell'Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage - ONCFS) e la Grecia (progetto ARCHELON).

I gruppi scientifici che studiano le tartarughe marine si incontrano regolarmente sia a livello del bacino del Mediterraneo nella "*Mediterranean Conference on Marine Turtles*", a cui partecipano la maggior parte degli Stati che si affacciano sul Mar Mediterraneo, sia a livello internazionale durante il "*Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation*" in cui si incontrano esperti provenienti da tutte le parti del mondo. In entrambi questi importanti siti di scambio di informazione scientifica, la presenza dei veterinari con piccole sezioni dedicate ad argomenti di interesse medico sta progressivamente aumentando.

Nel 2012 è nato il progetto NETCET, basato su un programma di coordinazione transfrontaliera tra gli Stati che si affacciano sul Mare Adriatico, il cui obiettivo è quello di sviluppare strategie comuni per la tutela dei cetacei e tartarughe marine nel Mare Adriatico, grazie ad una cooperazione pan-Adriatica.

Dalla letteratura a disposizione negli annali dei congressi sul Mediterraneo si evincono numeri di spiaggiamento un po' datati, che fanno ancor più sentire la mancanza di un *database* internazionale.

Benhardouze et al. riporta i dati sugli spiaggiamenti lungo la costa nord-occidentale del Marocco: in media 27 animali/anno tra il 1988 e il 2000, la maggior parte appartenenti alla specie *Caretta caretta* [106].

Mifsud et al. riporta i dati sugli spiaggiamenti avvenuti a Malta tra il 2002 e il 2004, con circa 50 animali ritrovati, conteggiando sia i vivi sia i morti [107]. I dati riguardanti la costa spagnola della regione Valensiana (419 km) riportano un totale di 488 tartarughe spiaggiate dal 1995 al 2004, con una media di  $40,2 \pm 17,2$  l'anno, la maggior parte dei quali avviene tra giugno e agosto [108]. In questa regione è stato notato un aumento degli spiaggiamenti durante l'anno 2001 (il doppio rispetto al 2000) ritenuto essere conseguenza di un importante aumento del numero degli animali nelle acque antistanti la regione [109].

Vallini riporta i dati sugli spiaggiamenti nell'area nord-occidentale del Mare Adriatico limitatamente alle coste nord della regione Emilia Romagna tra gli anni 2003 e 2007, con un totale di 319 tartarughe (63,8 animali/anno in media), considerando quelle trovate lungo le coste, gli animali rinvenuti galleggianti in acqua e quelli catturati accidentalmente [110].

Touliatou riporta un aumento degli spiaggiamenti negli ultimi anni, con un totale tra l'anno 2005 e 2010 di 128 tartarughe morte trovate nell'isola di Zakynthos (una media di 6 – 37 casi l'anno) [115].

## **PARTE SPERIMENTALE**



## 7. SCOPO DEL LAVORO

Lo scopo di questo lavoro è investigare le cause di un evento, unico nel suo genere, che ha destato e desta tutt'ora molta preoccupazione tra gli studiosi e gli appassionati di tartarughe marine: lo spiaggiamento di 300 *Caretta caretta* morte lungo un breve tratto di costa (dal Friuli Venezia Giulia alle Marche) in un arco di tempo molto limitato (da ottobre a dicembre del 2013).

Un fenomeno di questa entità non si era mai verificato non solo nel Mare Mediterraneo ma non ve ne è traccia in letteratura. L'unico caso simile è riportato in Florida tra il 2005 e il 2006 in cui si sono spiaggiate 318 tartarughe marine, di cui 61 vive (19%), rispetto ad una media annua del luogo di 43 tartarughe. Rispetto all'evento riportato in questa tesi, tuttavia, gli intervalli di tempo sono di gran lunga superiori (2 anni contro i 3 mesi di sviluppo dello spiaggiamento del 2013) e la lunghezza del tratto di costa è maggiore. La morte delle tartarughe in Florida fu attribuita ad un'intossicazione da brevetossina algale originatesi dalla un *bloom* algale di *Karenia brevis* (anche detta marea rossa), che provocò negli animali sintomi neurologici [114].

In questo lavoro di tesi sono riportati e commentati tutti i dati finora raccolti e ottenuti da molteplici punti di vista con la collaborazione di diversi esperti scienziati. La comprensione della causa di morte di così tante tartarughe marine può aiutare la comunità scientifica ad intervenire per evitare che si ripeta nuovamente una così vasta moria di *Caretta caretta*, specie a rischio di estinzione non solo nel Mar Mediterraneo.



Fig. 27 – Tartarughe in sala necropsie



## 8. MATERIALI E METODI

### 8.1 TECNICHE AUTOPTICHE

Il protocollo necroscopico seguito per analizzare le carcasse di questi animali inizia dalla valutazione dello stato di conservazione dell'animale, secondo il quale gli viene attribuito un numero, e in seguito in base al punteggio si decide se procedere con gli esami collaterali e quali effettuare.

Le carcasse vengono classificate con un codice da 1 a 4:

- Codice 1: **carcassa fresca** (animale deceduto entro le 24 ore precedenti);  
Esami eseguibili: istologia, citologia, virologia (da tessuto o PCR), microbiologia (tamponi, colture da tessuto o PCR), parassitologia, contaminanti, biotossine, genetica, isotopi, scheletrocronologia;
- Codice 2: **decomposizione moderata**; testa integra o parzialmente priva di rivestimento corneo, occhio infossato o liquefatto, può essere presente rigonfiamento; arti, carapace e piastrone integri;  
Esami eseguibili: istologia (limitata), virologia (da tessuto o PCR), microbiologia (tamponi o PCR), parassitologia, contaminanti, biotossine, genetica, isotopi, scheletrocronologia;
- Codice 3: **decomposizione avanzata**; testa scheletrica, occhio liquefatto, collassamento della carcassa, coda assente. Arti non integri con esposizione dell'osso, distacco dello strato corneo fino a esposizione dell'osso su carapace e piastrone. Si distingue ulteriormente in:  
3a: organi interni in buono stato;  
3b: organi interni liquefatti;  
Esami eseguibili: istologia (limitata), parassitologia, contaminanti, genetica, isotopi, scheletrocronologia;
- Codice 4: **carcassa parziale o mummificata**; animale non integro, teschio visibile, scomposizione del carapace;  
Esami eseguibili: genetica, scheletrocronologia.

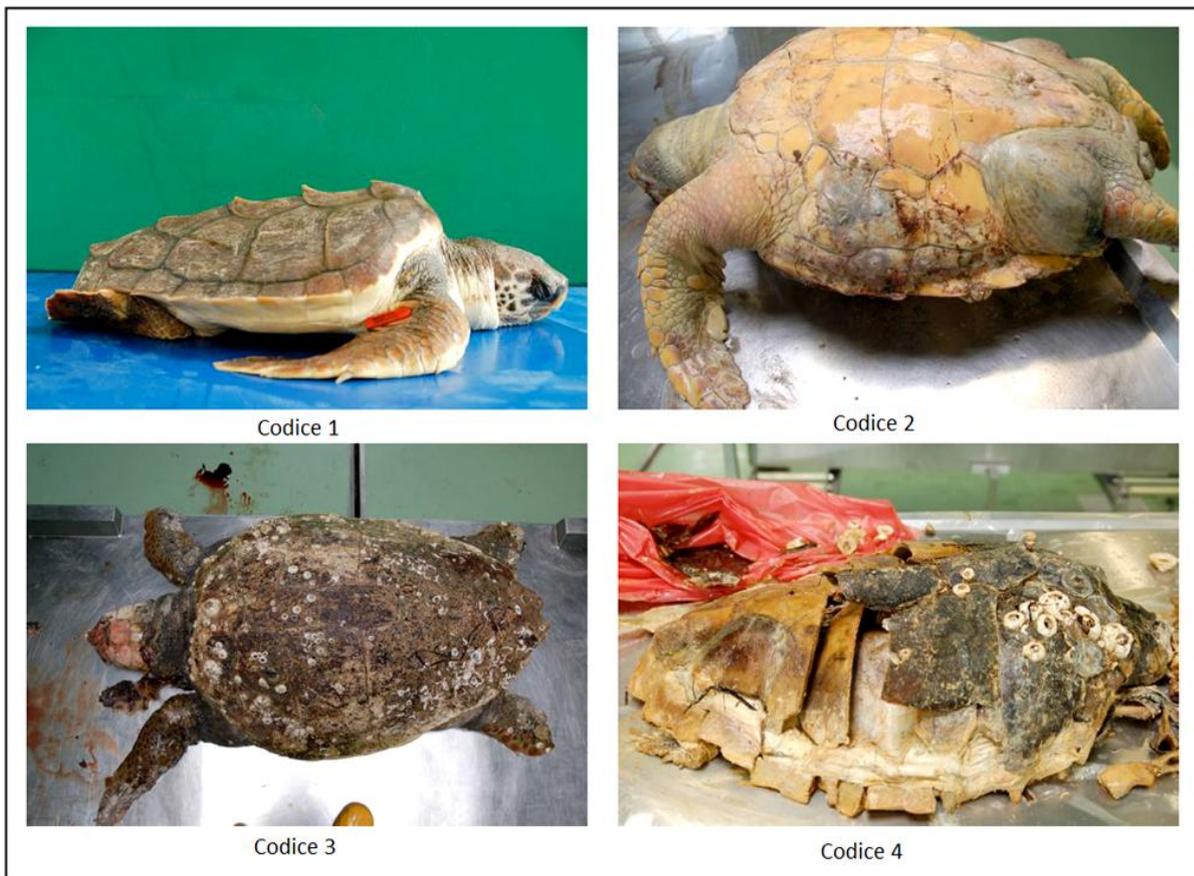


Fig. 28 – Elementi visivi di riferimento per la valutazione dello stato di conservazione delle carcasse

### 8.1.1 MISURAZIONI

L'animale innanzitutto viene pesato, poi si procede con le misurazioni di carapace, piastrone, testa, coda e arti.

Il carapace viene misurato secondo la lunghezza dritta (*Straightline Carapace Length - SCL*) mediante l'uso di un calibro, e curva (*Curved Carapace Length - CCL*) mediante l'uso di un metro flessibile. La SCL viene presa lungo la lunghezza mediana dal margine craniale dello scudo nucale alla punta più caudale dello scudo sopra-caudale del carapace (notch to tip, n-t), mentre la CCL va dallo stesso margine craniale all'insenatura tra gli scudi sopra-caudali (notch to notch, n-n).

La larghezza del carapace è stata misurata seguendo lo stesso metodo: si è quindi rilevata la larghezza dritta (*Straightline Carapace Width - SCW*) e la larghezza curva (*Curved Carapace Width - CCW*) a livello del punto più largo del carapace, che generalmente si trova nel IV scudo marginale.

Le misurazioni del piastrone sono simili a quelle del carapace, prendendo la lunghezza del piastrone (*Straightline Plastron Length – SPL*) dal punto più craniale a quello più caudale della struttura ossea sottostante.

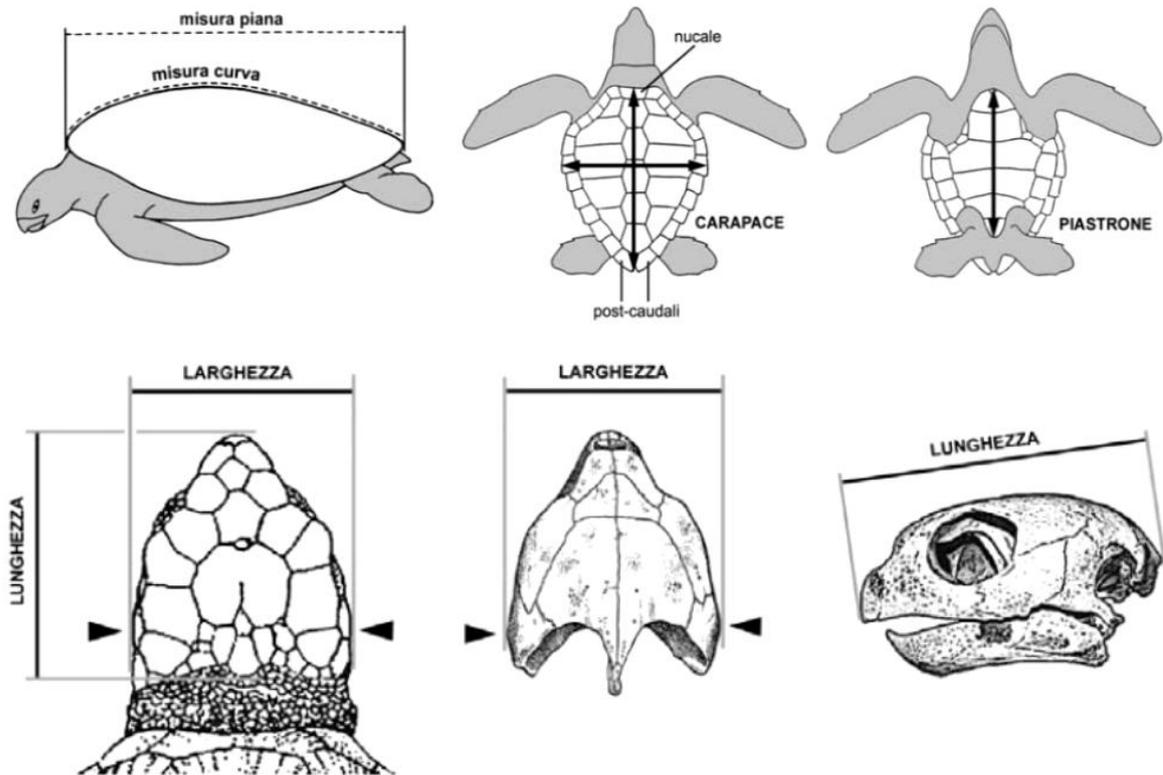


Fig. 29 – Raccolta dati morfometrici (tratto da: Scheda per la segnalazione di tartarughe marine, MSN Venezia)

Per quanto riguarda la testa vengono prese le misure della larghezza (*Head Width – HW*) e della lunghezza (*Head Length – HL*), misurate con il calibro. La larghezza viene presa in genere all'altezza dell'articolazione mandibolare (ritenuto il punto più largo), perpendicolarmente all'asse lungo della testa. La lunghezza invece va dal punto più craniale della ranfoteca alla punta posteriore della cresta occipitale, lungo la linea mediana.

Gli arti vengono misurati dal punto di emergenza della regione ascellare e inguinale fino alla punta, seguendo il margine craniale mediante il metro flessibile.

Infine si prendono le misure della coda: lunghezza totale (*Total Tail Length – TTL*) dal punto più caudale del piastrone alla punta, la distanza tra l'apertura dell'orifizio cloacale e la punta della coda (*Vent Tip Length – VTL*) e la distanza dalla fine del carapace alla punta della coda che, in esemplari giovani, può risultare negativa.

### 8.1.2 ESAME NECROSCOPICO

Per lo svolgimento dell'esame necroscopico sono stati utilizzati bisturi, coltelli, pinze anatomiche, forbici; sono state utilizzate siringhe per il prelievo di versamenti in cavità celomatica e pericardica; la sega rotante è servita per l'apertura della cavità cranica.

Per prima cosa si è effettuato l'esame esterno dell'animale, con particolare attenzione alla presenza di ferite, cicatrici e presenza di sangue o liquidi in uscita dagli orifizi. E' stata valutata la presenza e la quantità di parassiti esterni, quali epibionti o molluschi bivalvi, che sono stati raccolti per essere poi analizzati.

Si è iniziata poi la rimozione del piastrone, posizionando l'animale sul dorso: partendo dal margine craniale, è stata fatta un'incisione lungo tutto il perimetro del piastrone, passando lateralmente tra scudi marginali e inframarginali, cercando di mantenere il taglio superficiale per non danneggiare la sierosa sottostante e non bucare la cavità celomatica, per non contaminarla. E' stato quindi sollevato il piastrone scontinendolo dai muscoli sottostanti e dall'attacco sternale, stando attenti a non danneggiare il pericardio.

Una volta tolto il piastrone è stato possibile valutare lo stato di nutrizione della tartaruga, in base alla quantità di grasso presente nella regione ventrale, che viene classificato come segue:

- **Ottimo:** presenza di tessuto adiposo integro o parzialmente liquefatto che ricopre tutta la zona ventrale, eventuale presenza di fegato steatosico (valutabile solo in carcasse con codice 1 o 2);
- **Buono:** presenza di tessuto adiposo integro o parzialmente liquefatto che ricopre tutta la zona ventrale;
- **Discreto:** presenza di tessuto adiposo integro o parzialmente liquefatto che ricopre la zona periferica ventrale;
- **Scarso:** presenza di scarso tessuto adiposo integro o parzialmente liquefatto in limitate aree periferiche della zona ventrale;
- **Non apprezzabile:** nelle carcasse in stato di conservazione 4.

Sono state in seguito disarticolate le scapole, per stabilizzare la carcassa.

A questo punto si è fatto un taglio longitudinale lungo la linea mediana ventrale del collo, al fine di evidenziare eventuali lesioni in questa regione e organi quali esofago e trachea. Nella

regione ventrale del collo poi si è andati a ricercare ed asportare i due timi e la ghiandola tiroide, che sono stati valutati in dimensioni, colore, forma e quando possibile peso.

Successivamente si è passati all'apertura del pericardio, per evidenziare il cuore e la presenza di eventuali versamenti intrapericardici. Il cuore è stato poi isolato tagliando il *gubernaculum cordis* e la base dei grossi vasi. Si è eseguito quindi in modo sterile un tampone intracardiaco per esame batteriologico a livello dell'atrio destro. In seguito si sono fatte sezioni per esaminare l'endocardio, il miocardio, le valvole e il coagulo intracardiaco.

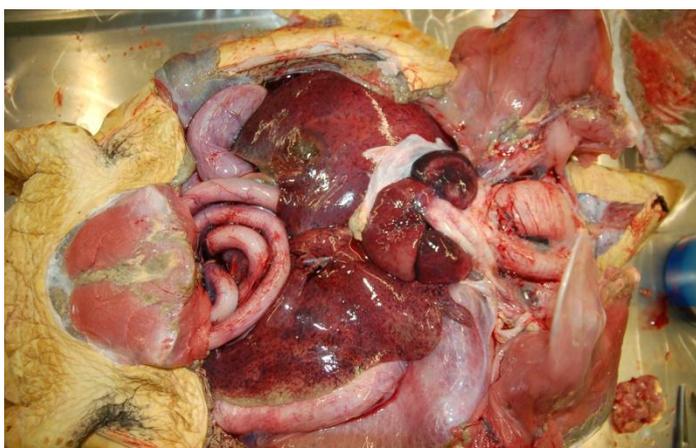


Fig. 30 – Vista d'insieme dopo apertura della cavità celomatica e del pericardio (imm. propria)

A questo punto si è proceduto con l'apertura della cavità celomatica, facendo prima un piccolo foro con lama sterile per eseguire un tampone batteriologico del liquido eventualmente presente. Il liquido, se presente in quantità rilevante, è stato prelevato per misurarne la quantità e la qualità, eseguendo quando possibile un esame citologico.

Si è poi valutato il contenuto cavitario nell'insieme: topografia, variazioni di volume o colore degli organi, lesioni.

Il primo organo esaminato è stato il fegato, valutandone colore, dimensioni, consistenza e presenza di lesioni macroscopiche; si è poi isolato l'organo recidendo i legamenti gastroepatico ed epatopolmonare.

Dopo il fegato è stato asportato tutto il pacchetto gastrointestinale, tagliando il legamento gastropolmonare e il mesentere alla base, non prima però di aver eseguito un tampone per esame batteriologico dal tratto prossimale del duodeno. Tutto il tratto gastro-intestinale è stato quindi aperto longitudinalmente ed è stato raccolto il contenuto dello stomaco e il contenuto rettale per successivi esami biologici e tossicologici (contenuto gastrico) e parassitologici (contenuto gastrico e intestinale).

A carico della mucosa si è ricercata la presenza di ulcere, infiammazioni ed eventuali parassiti.

In seguito si è esaminato il pancreas, quando le condizioni di conservazione della carcassa lo consentivano.

Al capo caudale del pancreas è stata isolata anche la milza, di cui si è valutato il colore, le dimensioni, la consistenza e la presenza di lesioni visibili.

E' stato poi aperto il tratto di esofago rimasto in sede, per verificare la presenza di lesioni, corpi estranei e residui di cibo.

Tolto l'intestino, nella cavità celomatica è stato possibile valutare gli organi genitali, il loro grado di sviluppo, la presenza di follicoli ovarici, uova, o loro residui. Le gonadi sono state poi asportate e misurate.

In seguito sono stati valutati i polmoni, per quanto concerneva colore, consistenza, presenza di lesioni ed è stato effettuato un taglio lungo tutta la trachea, fino all'interno del polmone lungo il bronco principale per valutare la presenza di corpi estranei, lesioni, parassiti o altre alterazioni.

Infine sono stati isolati i reni, valutandoli macroscopicamente, la ghiandola surrenale e la vescica, che è stata poi aperta per valutarne la mucosa interna e l'eventuale presenza di parassiti.

Una volta asportati sono stati pesati cuore, fegato, milza e reni e si è misurata la lunghezza totale del tratto gastroenterico, dal cardias al retto.

Per ultima, negli animali in buono stato di conservazione, è stata aperta la scatola cranica per asportarne il cervello.

Tutti i vari passaggi, dall'esame esterno fino all'apertura della volta cranica sono stati documentati con varie fotografie, soprattutto quando venivano rilevate lesioni o anomalie di qualunque genere.

### 8.1.3 PRELIEVI EFFETTUATI

Sono stati raccolti numerosi campioni per le molteplici indagini che sono state effettuate in seguito su questi animali. Purtroppo in molte carcasse, per l'avanzato stato di decomposizione in cui ci sono pervenute, non è stato possibile effettuare tutti i prelievi.

Il protocollo seguito per i campionamenti è stato il seguente:

- esame istologico: prelievo di una porzione di tutti gli organi principali, con particolare attenzione alla presenza di lesioni; conservati in formalina 4% tamponata 10%;
- esame batteriologico: tamponi sterili inseriti in terreni di trasporto per batteri aerobi/anaerobi da cuore, cavità celomatica e intestino; consegnati subito al laboratorio o mantenuti per 24 ore a +4°C;
- esame tossicologico: campioni in doppio di fegato, muscolo, rene e grasso, posti in barattoli non sterili e in fogli di alluminio e conservati in congelatore a -20°C;
- esame virologico: campioni di polmone, fegato, rene, milza posti in *pool* in barattoli non sterili e conservati in congelatore a -20°C;
- esame parassitologico: stomaco, intestino intero, contenuto rettale, cuore, vescica; consegnati subito al laboratorio o conservati in congelatore a -20°C;
- esame genetico: muscolo conservato a -20°C; omero posto in contenitore non sterile e conservato in congelatore a -20°C; cheratina conservata in congelatore a -20°C in fogli di alluminio;
- esame biotossine e microplastiche: contenuto stomacale conservato in contenitori non sterili e conservato in congelatore a -20°C;
- esame degli isotopi: campioni di fegato, muscolo, grasso posti in provette non sterili e cheratina posta in fogli di alluminio conservati in congelatore a -20°C;
- esame della scheletrocronologia: omero posto in contenitore non sterile e conservato in congelatore a -20°C.



## SCHEDA NECROSCOPIE TARTARUGHE MARINE



Id turtle:

### • ANAMNESI

Data ritrovamento		Data arrivo sala necroscopie	
Data necroscopia		Esecutore necroscopia	
Modalità ritrovamento	Spiaggiamento	Cattura con reti (tipo: _____)	Alla deriva
Località ritrovamento e Comune (PROV.)			
Conservazione carcassa			
Altri dati anamnestici (ricoveri, terapie, ...)			

### • SEGNALAMENTO

Specie	<i>Caretta caretta</i>	<i>Chelonia mydas</i>	<i>Dermochelys coriacea</i>
Età stimata	Juvenile (21-40 cm)	Sub-adult (41-65 cm)	Adult >65 cm
Sesso	M	F	ND
Targhette	Posizione: _____	codice: _____	provenienza: _____ data: _____
Altro			

### • STATO DI CONSERVAZIONE

Codice conservazione	1 ottimo	2 decomposizione moderata	3a decomposizione avanzata, organi distinguibili	3b decomposizione avanzata, organi non distinguibili	4 Mummificata
----------------------	----------	---------------------------	--	--	---------------

### • DATI MORFOMETRICI

	1. CCL n-t	6. HW	9. CTL
	3. SCL n-n	7. HL	10. peso
	2. CCW	5. CPL	Arto ant
	4. SCW	8. PT	Arto post
	11. CaTT		
<p>Legenda: 1-2 Lunghezza/larghezza curva del carapace; 3-4 Lunghezza/larghezza lineare del carapace; 5 lunghezza piastrone; 6 larghezza testa; 7 Lunghezza testa; 8 Piastrone - punta della coda; 9 Cloaca-punta della coda; 11 Carapace-punta della coda</p> <p>Annota sui diagrammi a sx la presenza di ferite e/o anomalie e descrivili in basso. (annota presenza di catrame petroli, cordami, lenze, detriti, 'danni provocati da eliche, etc.)</p>			

### • ESAME ESTERNO

1) Carapace (fratture, cicatrici, lividi..)	3) Pinne (cicatrici, lenze, amputazioni..)
2) Piastrone (fratture, cicatrici, lividi..)	4) Cute zone ascellare e inguinale (ferite, cicatrici..)
5) Testa, occhi, becco e cavità orale (fratture,	6) Cloaca (lacerazioni, sanguinamento,

lividi, cicatrici, corpi estranei, sanguinamento..)		fuoriuscita materiale alimentare...)	
<b>Epibionti</b>	Specie	Distribuzione	0-25%      25-50% 50-75%      75-100%
<b>Parassiti</b>	Specie	Distribuzione	Quantità (indicare n°tot quando possibile)

• **STATO DI NUTRIZIONE**

Ottimo (con lipidosi epatica)	Buono	Discreto	Scarso
----------------------------------	-------	----------	--------

• **ESAME DEGLI ORGANI INTERNI**

<b>1) Muscoli</b> (trofia, emorragie, ematomi, discolorazioni...)	<b>2) Tiroide e timo</b> (lesioni, dimensioni..)
	Peso tiroide: _____      Peso timo: _____
<b>3) Pericardio, cuore e grossi vasi</b> (versamenti, lesioni miocardiche, lesioni pareti vasali, parassiti..)	<b>4) Celoma e cavità celomatica</b> (parete, versamenti, lesioni diffuse, aderenze, topografia organi..)
Peso cuore: _____	Vol. versamenti: _____
<b>5) Fegato</b> (dimensioni, lesioni della capsula e/o del parenchima, consistenza, cistifellea...)	<b>6) Esofago</b> (contenuto, mucosa, corpi estranei/marine litter..)
Peso: _____	Vol. contenuto: _____
<b>7) Stomaco</b> (contenuto, parete, mucosa, corpi estranei/marine litter, parassiti, ..)	<b>8) Intestino</b> (contenuto, mucosa, corpi estranei/marine litter, parassiti...)
Vol. contenuto: _____	Vol. contenuto: _____
<b>9) Milza e pancreas</b>	<b>10) Gonadi</b> (tipo)
Peso milza: _____	Mature-----Imature
<b>11) Surrene</b>	Dimensioni (cm): _____ uova/follicoli:
Dimensioni (cm): _____	<b>12) Vescica</b> (contenuto, parete, mucosa, parassiti..)
<b>13) Reni</b> (capsula, parenchima...)	<b>14) Trachea e bronchi</b> (parete, mucosa, fluidi luminali, parassiti..)
<b>15) Polmoni</b> (contenuto d'aria, fluidi o lesioni nel parenchima, ferite penetranti...)	<b>16) Occhi</b>
<b>17) Ghiandole del sale</b>	<b>18) Encefalo</b>

**CAMPIONI DA RACCOGLIERE**

CONGELATI		FORMALINA	ALTRO
STAGNOLA	BARATTOLO		
		Timo	Omero (sacchetto)
Muscolo x tox	Balani	Tiroide	
Muscolo x isotopi	Contenuto GE	Cuore	
		Polmone	Tampone intracard.
Fegato x tox	Muscolo x genetico	Fegato	Tampone int. Prox
Fegato x isotopi		Stomaco	
	Muscolo x AZ	Intestino	
Adipe x tox		Milza	Cuore x par (barattolo)
Adipe x isotopi	Fegato x AZ	Pancreas	Contenuto retto
		Rene	Stom+int x par
Cheratina x tox	Adipe x EN	Surrene	
		Gonadi	
Rene x tox	OOVV x FM	Lesioni:	

Fig. 31 – Scheda per la raccolta dati durante l'esame necroscopico (Dipartimento BCA)

#### **8.1.4 ESAME NECROSCOPICO RIDOTTO**

Per gli animali in stato di decomposizione avanzata (codice 3b o 4) è stato seguito un protocollo necroscopico ridotto, che prevedeva la raccolta dei principali dati biometrici quali peso, le misure del carapace e del piastrone e fotografie dell'animale in posizione dorsale e ventrale. La raccolta dei balani è stata sempre effettuata.

Si è proseguito poi con la rimozione del piastrone per valutare lo stato di nutrizione del soggetto con documentazione fotografica. Dopo l'apertura delle cavità celomatica e pericardica si è eseguita una valutazione generale degli organi interni e una descrizione delle eventuali lesioni. Mediante lo spostamento del pacchetto intestinale sono state visualizzate e fotografate le gonadi per la determinazione del sesso. I prelievi di campioni per successive analisi si sono limitati ai campioni effettuati per gli esami tossicologici, con l'eccezione del campione di rene, genetici, di ricerca degli isotopi e per scheletrocronologia. Non sono stati effettuati i prelievi dei campioni per analisi virologiche, la batteriologiche, la parassitologiche ed istologiche.

## **8.2 INDAGINI COLLATERALI**

### **8.2.1 ESAMI ISTOLOGICI**

I campioni raccolti durante le necrosco pie sono stati fissati in una soluzione di formalina 4% tamponata 10% in barattoli monouso. I campioni sono stati poi ridotti e consegnati presso il laboratorio di Anatomia Patologica del Dipartimento di Biomedicina Comparata e Alimentazione dell'Università di Padova, dove sono stati processati secondo metodiche standard producendo preparati istologici a 5µm colorati in ematossilina-eosina (EE). Su alcune particolari sezioni poi sono state eseguite colorazioni particolari a fini diagnostici (cosiddette colorazioni spaciali): acido periodico (PAS), per evidenziare mucopolisaccaridi ed eventuali corpi fungini; tricromica (TRIC) per vedere diversi tipi cellulari; giemsa (Gi) e Gram (G±) per gli elementi batterici; Ziehl-Neelsen (ZN) per i

micobatteri; Grocott (Gt) per mettere in evidenza alcuni tipi di funghi e fibre reticolari; Alcian Blu (Ab) per le mucine.

### **8.2.2 ESAMI BATTERIOLOGICI**

I campioni prelevati tramite tampone sterile a livello di cavità celomatica, cuore e intestino, sono stati conferiti in terreno di trasporto e refrigerati a 4 °C al Servizio Diagnostico di Microbiologia e Malattie Infettive del Dipartimento di Medicina Animale, Produzione e Salute dell'Università di Padova per le indagini microbiologiche.

I campioni sono stati sottoposti ad analisi batteriologica, utilizzando i terreni di routine di primo isolamento, e incubati parallelamente in aerobiosi e in microaerofilia, sia a 37 °C, sia a 22°C.

### **8.2.3 ESAMI TOSSICOLOGICI**

Gli esami tossicologici sono stati effettuati su campioni di muscolo, fegato e rene per quanto riguarda i metalli pesanti, mentre nel grasso sono stati ricercati i contaminanti organoclorurati (PCB e DDT). I campioni sono stati consegnati congelati a -20°C al laboratorio di tossicologia dell'Istituto Zooprofilattico delle Venezie di Padova, Struttura Complessa 2 – Chimica – Laboratorio Contaminanti e Biomonitoraggio.

### **8.2.4 ESAMI PARASSITOLOGICI**

Durante l'esame necroscopico è stata eseguita la ricerca macroscopica di nematodi e trematodi adulti, e i parassiti trovati sono stati conservati in alcool 70%. Parassiti adulti sono stati ricercati anche nel cuore e coagulo intracardiaco. La ricerca di parassiti adulti è stata effettuata anche con lo stereomicroscopio. L'esame coprologico qualitativo per la ricerca di uova, larve e oocisti, è stato effettuato secondo metodiche standard. Tutti questi esami sono stati effettuati presso il laboratorio di Parassitologia del Dipartimento di Medicina Animale, Produzione e Salute dell'Università di Padova.

Per l'identificazione morfologica dei parassiti sono state utilizzate le chiavi dicotomiche e la bibliografia specifica presente in letteratura (Bray R.A. et al. 2008 [116]; Jones A. et al. 2005 [117]; Anderson R.C. et al. 2009 [118] ).

### **8.2.5 ESAMI TEM ed ESEM**

Il microscopio elettronico a trasmissione (TEM) ha un potere di risoluzione di circa 0,2 nm, e si avvale di un fascio di elettroni che attraversa il campione in uno spazio in cui viene creato il vuoto. Il campione consiste in sezioni molto sottili di tessuto, che possono essere semifini (7 nm) o ultrafini (70 nm) appoggiate su di un piccolo dischetto in rame o nichel (del diametro di pochi millimetri) fenestrato di solito a rete in modo che la sezione possa essere osservata tra le sue maglie senza interposizione di vetro (a differenza di quello che avviene nel microscopio ottico) che non sarebbe attraversato dagli elettroni. Il campione è stato fissato in glutaraldeide 2% in tampone cacodilato, post-fissato in tetrossido di osmio, disidratato usando una serie ascendente di acetone ed incluso in resina epossidica. Le sezioni ultrafini sono state colorate con acetato di uranile e piombo citrato.

Questo esame è stato effettuato presso il laboratorio di virologia dell'Istituto Zooprofilattico delle Venezie di Padova, Struttura Complessa 6 - Virologia Speciale e Sperimentazione – Laboratorio di Virologia Speciale.

Al laboratorio sono stati consegnati campioni di milza e timo prelevati direttamente dal blocchetto in paraffina, sparaffinati, reidratati mediante scala di alcool decrescenti e consegnati in acqua distillata. I campioni sono stati scelti dopo l'osservazione al microscopio ottico delle sezioni di organi, nelle quali si erano osservate con frequente presenza le lesioni da analizzate più approfonditamente.

Il microscopio ESEM (Environmental Scanning Electron Microscope) rappresenta un'evoluzione della microscopia elettronica a scansione. Questo strumento permette di operare in presenza di gas (al contrario dei normali microscopi elettronici che necessitano del vuoto assoluto) all'interno della camera (GSED, Gaseous Secondary Electron Detector), potendo così sfruttare il segnale prodotto dal campione bombardato dal fascio elettronico e amplificato per effetto valanga dal gas flussante stesso. Si ottengono in questo modo due effetti: il primo è l'estrazione e neutralizzazione di cariche in eccesso dalla superficie del

campione (esiste una differenza di potenziale applicata tra campione e rivelatore che richiama gli elettroni prodotti dal fascio primario), cariche che altrimenti creerebbero un campo elettrostatico sul campione impedendone l'osservazione; il secondo è la produzione di un segnale morfologico proporzionale agli elettroni secondari rimossi dalla superficie del campione, dando la possibilità di un'osservazione superficiale di buona qualità. Risulta così possibile eseguire osservazioni su campioni allo stato naturale, ad esempio materiale biologico o materiale idratato. Oltre all'osservazione morfologica, sia in alto che basso vuoto, sono possibili altri tipi di misure: osservazione in elettroni retrodiffusi (in alto vuoto e basso vuoto fino a circa 1 torr) per lo studio di differenze composizionali (morfologico-compositive), analisi in fluorescenza di raggi X dispersiva per energia per analisi elementari qualitative e semiquantitative (limite minimo l'elemento Carbonio), con possibilità di eseguire distribuzioni areali per elemento. Per effettuare quest'esame ci siamo rivolti al Centro Universitario Grandi Apparecchiature Scientifiche (CUGAS) dell'Università di Padova, dove abbiamo riportato i campioni di milza da blocchetto, sparaffinati e reidratati o nel blocchetto incluso in resina preparato per l'esame al microscopio elettronico a trasmissione. I campioni scelti presentavano le stesse anomalie di quelli utilizzati per l'esame al TEM.

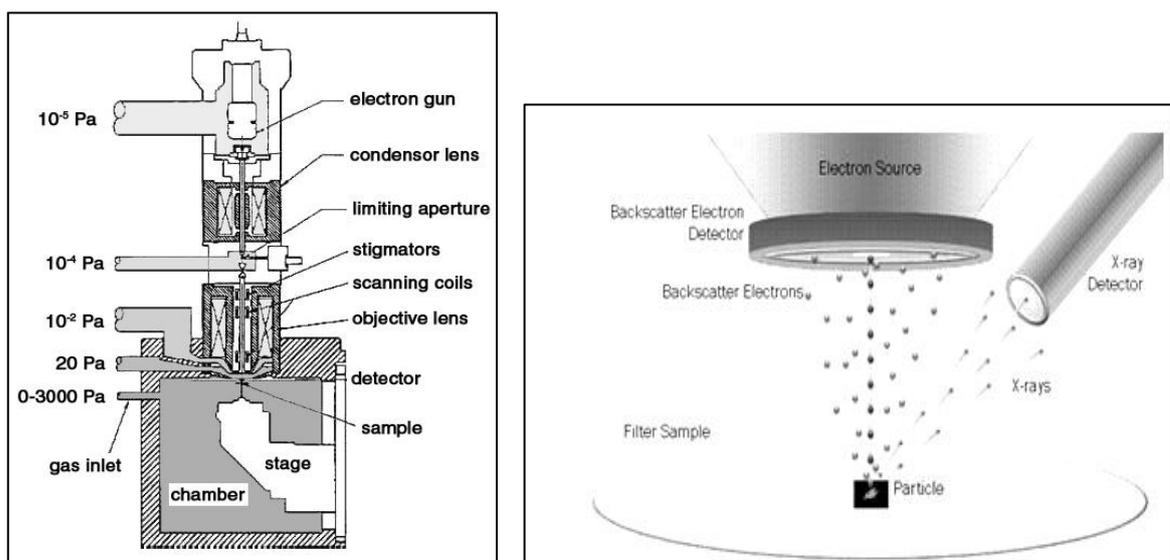


Fig. 32 – Struttura microscopio ESEM



## 9. RISULTATI

### 9.1 Analisi dei dati biometrici e di spiaggiamento

Ripercorrendo la successione degli eventi, si riportano i seguenti fatti:

- tra il 1 ottobre e il 2 novembre 2013, lungo la costa dell'Emilia Romagna, avviene lo spiaggiamento di 70 esemplari morti di *C. caretta*, in un tratto di costa che va da Lido di Volano (FE) a Casalborsetti (RA), lungo circa 33 km. Di questo primo gruppo di animali, 4 vengono inviati all'Università di Padova per effettuare le necrosopie.
- Il 28 ottobre si recuperano dall'Università di Padova 10 carcasse spiaggiate lungo un tratto di costa lungo circa 15 km del Friuli Venezia Giulia; nei giorni successivi, altre 13 carcasse si inviano all'Istituto Zooprofilattico delle Venezie - Sezione di Udine (dott.ssa Monica Cocchi) per gli esami necroscopici e collaterali. Gli spiaggiamenti in quest'area continuano fino all'11 novembre: in totale si contano 36 carcasse spiaggiate tra Banco Dorio e le foci dell'Isonzo (Grado - GO), area lunga circa 15 km di costa, in 17 giorni.
- Nel frattempo, lungo le coste dell'Emilia Romagna tra il 3 e il 14 novembre si ha lo spiaggiamento di 85 soggetti tra Cesenatico (FC) e Cattolica (RN), circa 45 km di costa.
- Tra il 15 novembre e il 31 dicembre, si verifica l'ultimo gruppo di spiaggiamento che comprende un totale di 109 soggetti. Questo grosso gruppo di spiaggiamento si spinge dalle coste romagnole fino alle Marche e coinvolge circa 70 km di costa, da

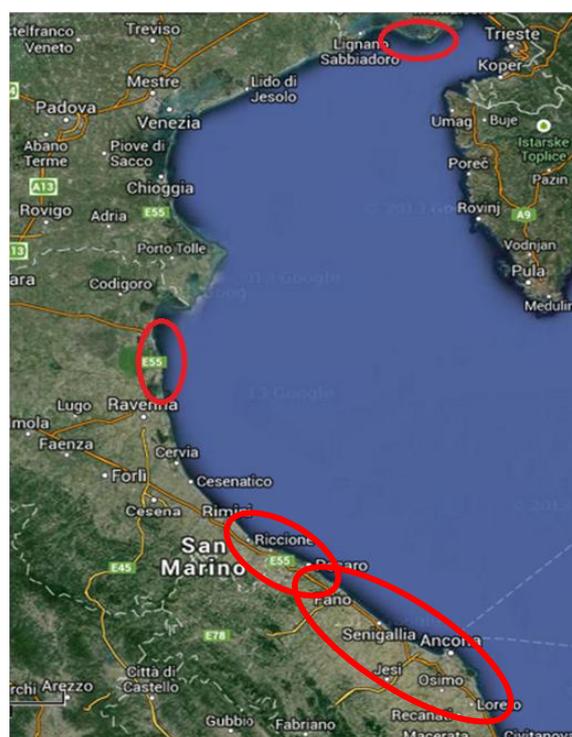


Fig. 33 – Luoghi di spiaggiamento dei tre gruppi di tartarughe

Senigallia (AN) a Civitanova Marche (MC). Di quest'ultimo gruppo arrivano all'Università di Padova 4 carcasse.

- Per ultimo, vengono recuperate dall'Università di Padova 36 carcasse rimaste in giacenza presso la discarica di Lugo (RA), sulle quali sono state effettuate le necrosopie e raccolti tutti i campioni necessari per effettuare le successive analisi.
- Nella Regione Veneto, nell'arco di tutto il periodo, quindi da ottobre a dicembre 2013, si spiaggiano 5 animali.

Tutti questi animali sono poi stati considerati appartenenti ad un unico gruppo, in seguito alle prime analisi dei dati raccolti.

In totale quindi gli animali su cui sono state condotte analisi necroscopiche e collaterali sono:

- 13 Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Venezie (IZSVe) - Sezione di Udine dalla dott.ssa Cocchi;
- 12 Istituto Zooprofilattico Sperimentale Lombardia ed Emilia Romagna (IZSER) - Sezione di Ferrara dalla dott.ssa Rubini;
- 5 Istituto Zooprofilattico Sperimentale Lombardia ed Emilia Romagna (IZSER) - Sezione di Forlì dalla dott.ssa Massi;
- 1 Istituto Zooprofilattico Sperimentale Umbria e Marche (IZSUM) - Sezione di Macerata dal dott. Perugini;
- 59 Dipartimento di Biomedicina Comparata e Alimentazione (BCA) - Università di Padova.

Complessivamente, sono state analizzate 90 tartarughe, che rappresentano il 29,5% delle tartarughe spiaggiate.

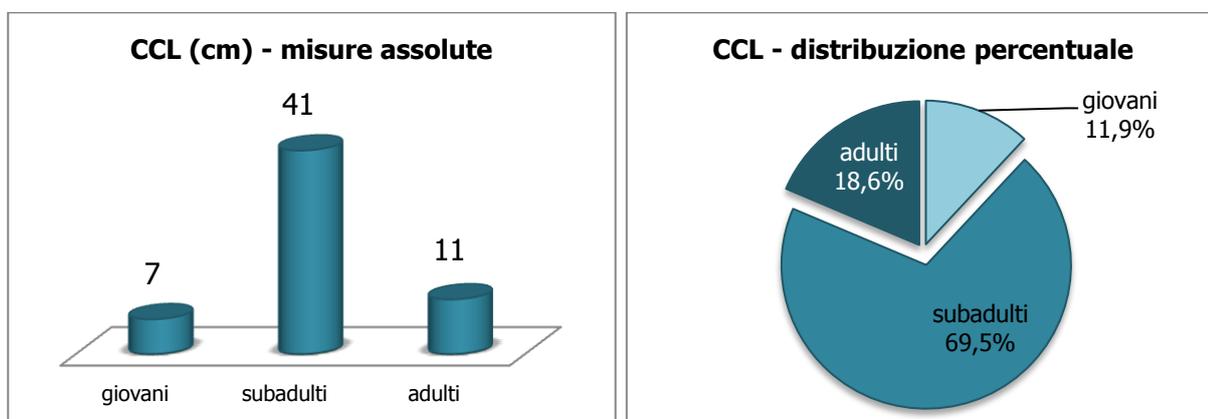
Di seguito in questo capitolo saranno riportati nello specifico i dati ottenuti dalle 59 tartarughe analizzate presso il dipartimento BCA e in un ultimo paragrafo tutti gli altri dati ricavati dai referti degli altri Enti coinvolti, che saranno poi utilizzati nella discussione finale.

<b>N° AP</b>	<b>PESO</b>	<b>CCL</b>	<b>DATA NECRO</b>	<b>PROVENIENZA</b>	<b>CONS</b>	<b>NUTR</b>	<b>SESSO</b>
55858	30	43	08/10/13	Porto Garibaldi	3a	discreto	F
55859	10	48	08/10/13	Porto Garibaldi	2	discreto	F
55907	9,4	42	10/10/13	Porto Garibaldi	3a	discreto	F
55908	20,15	58	10/10/13	Porto Garibaldi	3a	buono	F
55935	2,4	36,5	11/10/13	Eraclea	4	nd	nd
55937	22	56	11/10/13	Sottomarina	3a	buono	F
56056	16,4	55	18/10/13	Caorle	3b	buono	F
56105	21,15	67	22/10/13	Porto Tolle	2	buono	F
56330	39,4	77	4/11/13	Isola Verde	3a/b	buono	F
56273	10,3	46	30/10/13	Grado	3a	discreto	F
56274	21,1	56	30/10/13	Grado	3a	buono	F
56275	54	76	30/10/13	Grado	2	buono	F
56284	24,85	58	31/10/13	Grado	3a	buono	F
56300	22,5	60	04/11/13	Grado	3a	buono	M
56301	39,5	68	04/11/13	Grado	3a	buono	F
56344	8,25	42,5	05/11/13	Grado	3a	buono	F
56365	17,75	53,5	06/11/13	Grado	3a	buono	F
56366	6,8	41	06/11/13	Grado	4	discreto	F
56367	10,4	47	06/11/13	Grado	3a	buono	F
56827	15,55	51	04/12/13	Riccione	2	discreto	F
56835	17,7	54	05/12/13	Riccione	3a	discreto	F
56947	4,45	33	12/12/13	Riccione	2	discreto	M
57025	9,2	41	17/12/13	Riccione	3a	buono	F
57060*	4,55	36	19/12/13	Lugo di Ravenna	3b	discreto	M
57061*	53,15	78	19/12/13	Lugo di Ravenna	3a	buono	F
57062*	13,70	52	19/12/13	Lugo di Ravenna	3b	buono	M
57063*	24,20	61	19/12/13	Lugo di Ravenna	3b	buono	nd
57064*	6,95	39	19/12/13	Lugo di Ravenna	3b	buono	nd
57065*	7,90	43	19/12/13	Lugo di Ravenna	3b	buono	nd
57066	20,45	56	20/12/13	Lugo di Ravenna	3a	buono	M
57067	30,70	65	20/12/13	Lugo di Ravenna	3a	buono	M
57275*	11	49	15/01/14	Lugo di Ravenna	3b	buono	M
57276*	22,2	58	15/01/14	Lugo di Ravenna	3b	buono	F
57277*	4,85	39	15/01/14	Lugo di Ravenna	3b	nd	M
57278*	8,4	42	15/01/14	Lugo di Ravenna	3b	buono	M
57281	12	47	15/01/14	Lugo di Ravenna	3a	buono	F
57282*	26,2	62	15/01/14	Lugo di Ravenna	3a	buono	F
57283*	8,95	42	15/01/14	Lugo di Ravenna	3b	discreto	F
57284*	38,65	70	15/01/14	Lugo di Ravenna	3b	buono	F
57285*	5,25	41	15/01/14	Lugo di Ravenna	3b	discreto	nd
57286*	8,6	45	22/01/14	Lugo di Ravenna	4	buono	F
57346*	49,5	75	17/01/14	Lugo di Ravenna	3b	buono	F
57388*	17,25	52	22/01/14	Lugo di Ravenna	3a	buono	F
57389*	30,35	67	22/01/14	Lugo di Ravenna	3b	buono	F
57390*	56,05	75	22/01/14	Lugo di Ravenna	3a	buono	F
57391	15,8	50	22/01/14	Lugo di Ravenna	3a	buono	F
57392*	7	40	31/01/14	Lugo di Ravenna	3a	buono	M
57394*	18,95	56	22/01/14	Lugo di Ravenna	3b	discreto	F

57395*	6,9	41	22/01/14	Lugo di Ravenna	3b	discreto	nd
57396	34,5	67	22/01/14	Lugo di Ravenna	3a	buono	M
57397*	7,95	46	31/01/14	Lugo di Ravenna	3b	buono	M
57603*	14,3	52	31/01/14	Lugo di Ravenna	3b	buono	F
57604*	17,25	59	31/01/14	Lugo di Ravenna	3a	discreto	M
57605*	13,85	52	31/01/14	Lugo di Ravenna	3b	buono	M
57606*	22,7	59	31/01/14	Lugo di Ravenna	3a	buono	F
57607*	46,1	75	31/01/14	Lugo di Ravenna	3b	buono	M
57608*	13,1	50	31/01/14	Lugo di Ravenna	3b	buono	F
57609*	2,35	34	31/01/14	Lugo di Ravenna	4	nd	F
57624*	24,7	64,5	31/01/14	Lugo di Ravenna	3b	buono	F

Tab. 6 – Dati biometrici delle tartarughe pervenute all’Università di Padova (\*- tartarughe per le quali è stato eseguito il protocollo necroscopico ridotto)

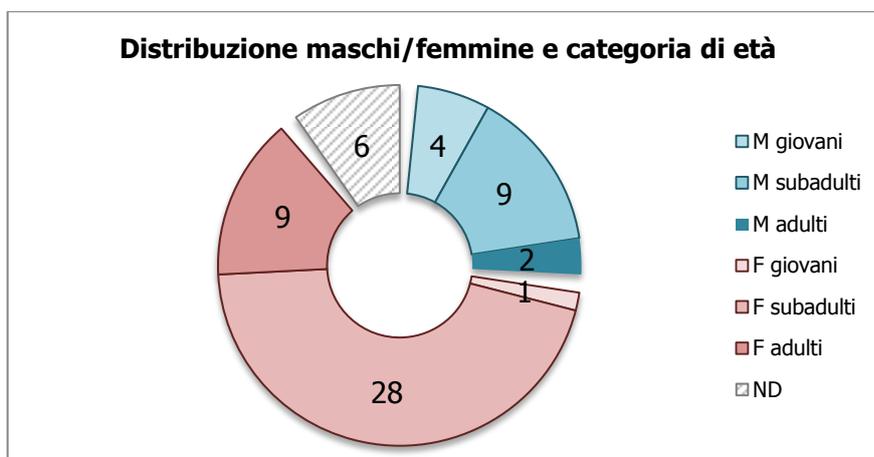
Considerando le misure del CCL (e quindi della suddivisione in fasce di età), la maggior parte dei 59 soggetti ricade nella classe dei subadulti (41 soggetti, 69,5%), mentre i giovani (7 soggetti, 11,9%) e gli adulti (11 soggetti, 18,6%) sono presenti in minore percentuale (graf. 1 e 2).



Graf. 1 (a sinistra) e 2 (a destra): suddivisione per classe di grandezza, corrispondente a classe di età.; numeri assoluti e distribuzione percentuale.

L'identificazione del sexo non è possibile nelle tartarughe fino al raggiungimento del completo sviluppo sessuale, che si manifesta esternamente nella lunghezza della coda. Nella quasi totalità degli animali esaminati, quindi, la determinazione del sesso avviene solo verso la fine della dissezione, con la rimozione (o lo spostamento) nella cavità celomatica della parte finale dell'apparato digerente. Nonostante ciò, la suddivisione dei soggetti nei due sessi viene riportata in questa sezione del capitolo 9 dato che appartiene logicamente al

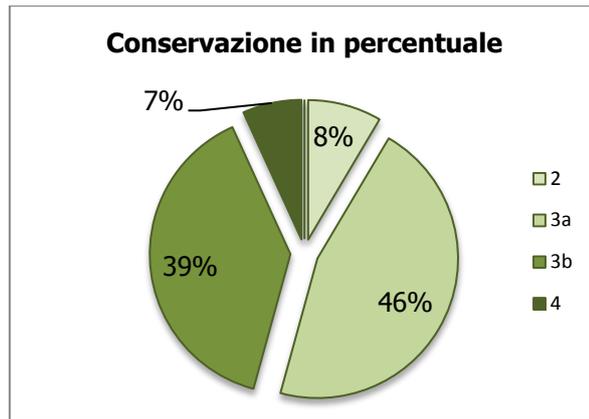
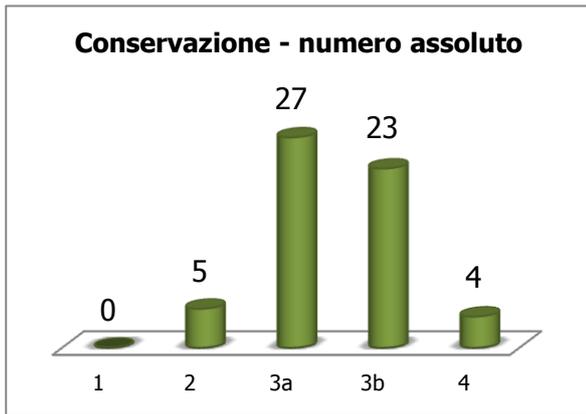
gruppo dei dati biometrici. Negli animali analizzati, la suddivisione per sesso rivela una netta prevalenza delle femmine con 38 soggetti su 59 (64%) e una minore presenza dei maschi (15 soggetti su 59; 25%). Assieme a maschi e femmine, si riportano nel grafico i 6 soggetti su 59 (10%) dei quali non è stato possibile stabilire il sesso, a causa del cattivo stato di conservazione della carcassa (graf. 3). Considerando contemporaneamente il sesso e la suddivisione in classi di età si osserva, in entrambi i sessi, la stessa prevalenza di animali subadulti notata nell'insieme degli animali spiaggiati (graf. 3).



Graf. 3: rappresentazione grafica della distribuzione per sesso (maschi: blu; femmine: rosso; ND: grigio) e contemporanea suddivisione per classe di età (scala di colore). I numeri corrispondono al numero assoluto dei soggetti analizzati presso BCA (somma: 59 soggetti)

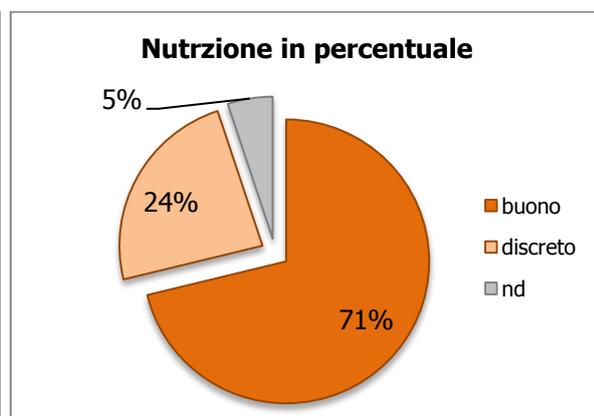
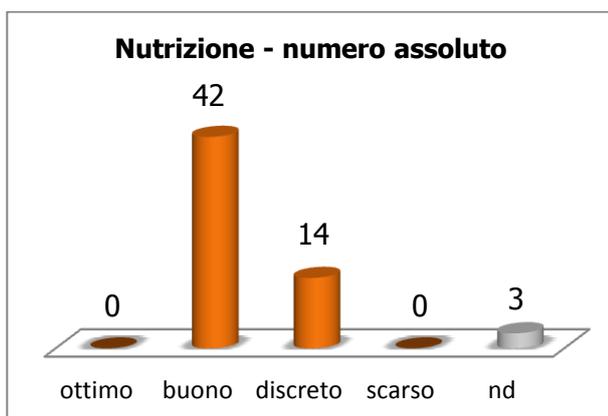
All'inizio dell'esame necroscopico viene valutato lo stato di conservazione della carcassa, al fine di decidere se applicare il protocollo esteso o quello ridotto (e quindi quanti e quali campionamenti fare) e soprattutto per considerare tutta una serie di alterazioni morfologiche indotte dalla cattiva conservazione della carcassa.

A carico dei soggetti dello spiaggiamento anomalo si nota una particolare uniformità di decomposizione, dato che su 59 soggetti solo 5 (8,5%) purtroppo erano in buono stato di conservazione, ma anche solo 4 (5%) erano le carcasse mummificate: 51 carcasse (86,5%) si distribuivano nella categoria con codice 3, cioè decomposizione avanzata (graf. 4). Più nello specifico, 27 soggetti (45,8%) avevano ancora organi interni distinguibili (codice 3a), mentre per 23 soggetti (40,7%) ciò non era possibile (graf. 5).



Graf. 4 (a sinistra) e 5 (a destra): rappresentazione grafica dello stato di conservazione delle 59 carcasse; numeri assoluti e distribuzione percentuale.

La seconda osservazione da rilevare, fondamentale per la valutazione dello stato di salute dell'animale negli istanti precedenti la morte, si effettua appena dopo lo scollamento del piastrone ed è lo stato di nutrizione del soggetto: non è possibile, infatti, nelle tartarughe marine determinare uno stato di ingrassamento complessivo solo da valutazioni esterne comunque importanti, quali la rotondità del collo e delle regioni ascellare ed inguinale, e l'eventuale infossamento degli occhi. Come si può osservare dai grafici 6 e 7 e fatta eccezione per 3 soggetti (5%) nei quali non è stato possibile determinare lo stato di nutrizione perché troppo decomposti, rispetto alle categorie solitamente osservate gli animali dello spiaggiamento anomalo condotti a BCA sono stati classificati in solo due livelli di ingrassamento: buono e discreto.



Graf. 6 (a sinistra) e 7 (a destra): rappresentazione grafica dello stato di conservazione delle 59 carcasse; numeri assoluti e distribuzione percentuale.

Mancavano, infatti, i soggetti in ottimo stato di nutrizione (così come quelli di categoria di conservazione 1, a cui lo stato di nutrizione ottimo è legato) e quelli in stato di nutrizione scarso. Erano in stato di nutrizione buono 42 soggetti (71%) e in discreto 14 soggetti (24%).

Dal momento che 4 animali erano mummificati e, a parte la raccolta dei dati biometrici e di altri pochi campioni, non è stato possibile condurre su questi animali una analisi necroscopica né completa né ridotta, i risultati delle successive analisi saranno riportati da qui in poi in percentuale su un totale di 55 soggetti.

## 9.2 Rilievi anatomo-patologici

Durante l'esecuzione delle necrosopie si è evidenziato frequentemente un unico quadro patologico ricorrente composto di 4 lesioni, che si ripresentavano con diversa gravità e frequenza: nell'ordine di osservazione durante l'esecuzione delle manualità necroscopiche, si sono osservati edema emorragico delle masse muscolari pettorali anteriori, versamento emorragico in cavità celomatica e in cavità pericardica, enterite e congestione di fegato e di entrambi i reni (con ulteriore presentazione di edemi emorragici nelle aree perirenali bilaterali). Tutte queste lesioni sono riferibili ad una grave compromissione della permeabilità di membrana (tab. 7 e Tavola delle lesioni anatomopatologiche, pag. 95).

L'edema emorragico si è riscontrato nel 52,7% degli animali (29 soggetti su 55) e coinvolgeva in modo spesso grave e diffuso tutti i muscoli nella zona attorno al pericardio e scapolare (quindi muscoli pettorali, sopracoraciodi e sottocoraciodi); nei casi più gravi, coinvolgeva anche la zona ventrale del collo e la zona perirenale in modo bilaterale.

I versamenti osservati erano molto abbondanti in cavità celomatica (spesso >1 lt in animali attorno ai 60 cm CCL), torbidi, fluidi, di colore rosso scuro, con rarissimi coaguli e si sono riscontrati sia a carico della cavità celomatica che di quella pericardica, frequentemente ma non sempre associati. Il versamento celomatico è stato registrato nel 47,2% delle carcasse (26 soggetti su 55), mentre il versamento pericardico nel 20% (11 soggetti su 55).

Il 23,7% degli animali (14 soggetti su 55) aveva inoltre grave e diffusa enterite a carico dell'intestino, con edema della parete, presenza di abbondante gas e non raro essudato emorragico; frequentemente, il tratto intestinale era vuoto di ingesta e vi si ritrovava moderata quantità di muco sanguinolento in presenza di grave iperemia diffusa della

mucosa (grave gastrite e/o enterite catarrale). Nei soggetti nei quali si è riscontrata la presenza di parassiti adulti, si osservava non raramente la presenza di ulcere gastriche o intestinali, perlopiù multifocali e croniche.

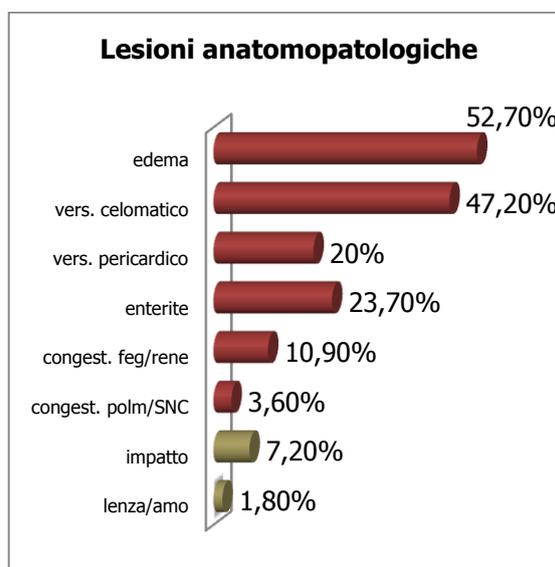
Con relativa frequenza (10,9% dei casi, 6 soggetti su 55), si notava grave o gravissima congestione di fegato e reni, che risultavano essere di colorito molto scuro, moderatamente e diffusamente aumentati di volume e di consistenza, con margini lievemente aumentati; in entrambi gli organi si aveva abbondante gemizio di sangue dalle sezioni di taglio.

Altre lesioni, riscontrate in un numero minore di carcasse, sono state moderata e diffusa congestione polmonare ed encefalica (in 2 carcasse, 3,6% dei soggetti). Per quanto, invece, riguarda le lesioni tipiche da interazione antropica su questa specie, in 4 soggetti (7,2%) è stata segnalata la presenza di traumi sul carapace, compatibili con l'impatto da natante, e 1 sola presenza di lenza che usciva dall'orifizio cloacale (1,8%), il cui amo è stato trovato poi nell'esofago (Graf. 8).

Delle quattro lesioni principali che hanno caratterizzato questo gruppo di animali, almeno 2 erano presenti contemporaneamente nel 45,4% degli animali (25 tartarughe su 55 esaminate) e si trattava, generalmente, di gravi edemi emorragici dei muscoli associati ad abbondante versamento celomatico.

Lesione osservata	Casi	%
grave e diffuso edema emorragico a carico dei muscoli pettorali	29	52,7%
abbondante versamento celomatico emorragico torbido	26	47,2%
moderato versamento pericardico emorragico	11	20%
grave (gastro)enterite diffusa catarrale emorragica	14	23,7%
grave e diffusa congestione epatica e renale	6	10,9%
moderata e diffusa congestione polmonare ed encefalica	2	3,6%
impatto da natante	4	7,2
lenza con amo	1	1,8

Tab. 7: principali lesioni anatomopatologiche



Graf. 8: principali lesioni riscontrate

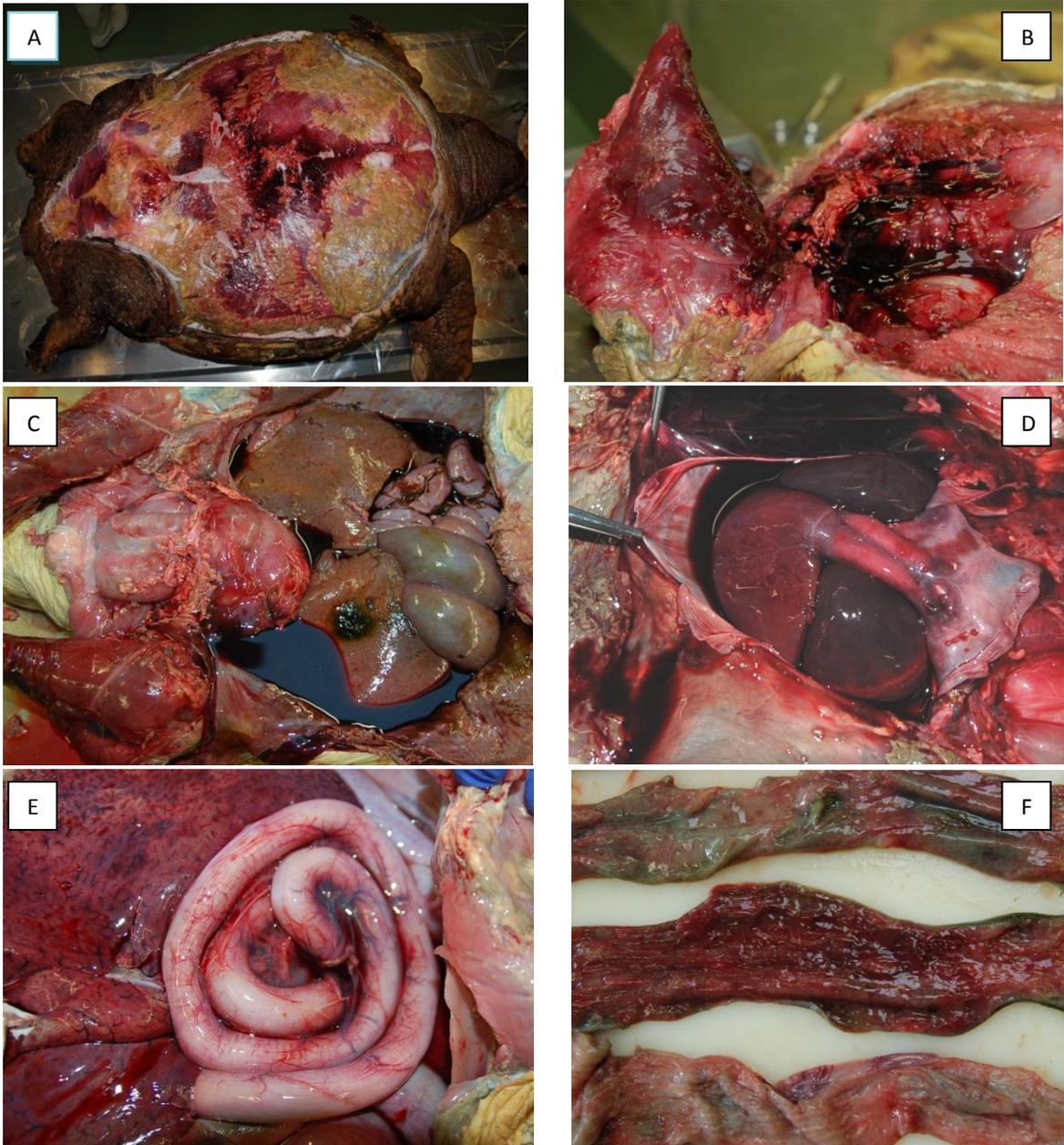
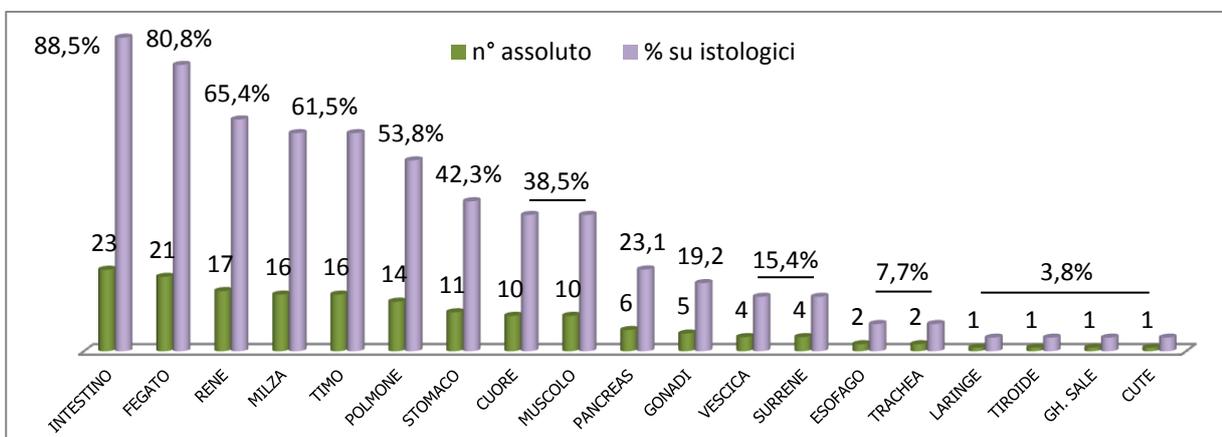


TAVOLA DELLE LESIONI ANATOMOPATOLOGICHE

Fig. A e B – Edema dei muscoli pettorali, nell'insieme (fig. A) e in particolare (fig. B); fig. C – Versamento emorragico in cavità celomica; fig. D – Versamento emorragico pericardico; fig. E – Enterite; fig. F – Enterite della mucosa intestinale

### 9.3 Istopatologia

Considerando lo stato di conservazione delle carcasse analizzate presso il dipartimento BCA, non sempre è stato possibile effettuare l'esame istologico dei campioni prelevati e fissati in formalina a causa di uno stato di decomposizione troppo avanzato dei tessuti stessi. Complessivamente, solo da 26 animali (47,3%) dei 55 totali esaminati in sala autoptica si sono potuti osservare i tessuti al microscopio ottico (Graf. 9). Oltre ad eventuali lesioni macroscopicamente osservate (evento comunque molto raro nei rettili acquatici e nei rettili in genere), i campioni di tessuto prelevati hanno seguito il più possibile un protocollo di raccolta standard, con un occhio di riguardo ad alcuni organi per particolari approfondimenti di studi. In totale sono stati prelevati campioni di 19 organi: intestino (23 campioni, 88,5% sul totale delle analisi istologiche effettuate), fegato (21 campioni, 80,8%), rene (17 campioni, 65,4%), timo e milza (16 campioni, 61,5%), polmone (14 campioni, 53,8%), stomaco (11 campioni, 42,3%), cuore e muscolo (10 campioni, 38,5%), pancreas (6 campioni, 23%), gonadi (5 campioni, 19,2%), vescica e surrene (4 campioni, 15,4%), esofago e trachea (2 campioni, 7,7%), laringe, tiroide, ghiandola del sale e cute (1 campione, 3,8%).



Graf. 9 - Distribuzione dei tessuti prelevati per analisi istologiche.

Purtroppo, anche dalle carcasse che macroscopicamente sembravano discretamente conservate, si sono ottenuti preparati istologici variamente autolitici, tanto che spesso si fatica a riconoscere al microscopio le architetture degli organi. E' stato comunque possibile confermare alcune lesioni anatomopatologiche, come la congestione dei vasi negli organi

osservata all'esame macroscopico (fegato, reni, intestino e polmoni in particolare), mentre le lesioni di sospetta origine infiammatoria non sono state frequentemente confermate.

Le uniche lesioni osservate istologicamente con un certo grado di sicurezza sono state aree con presenza di piccoli granulomi, come ci si aspettava dall'esperienza pluriennale di ricerca svolta nel dipartimento BCA sulle tartarughe spiaggiate nell'Alto Mar Adriatico. Nello specifico, i granulomi osservati erano soprattutto a carico di timo e intestino (rispettivamente, 3 nel timo, 11,5%, e 2 nell'intestino, 7,7%), di piccole dimensioni (diametro circa da 100 a 150 micron), rotondeggianti, spesso associati a grandi cellule giganti multinucleate tipiche di questi animali.

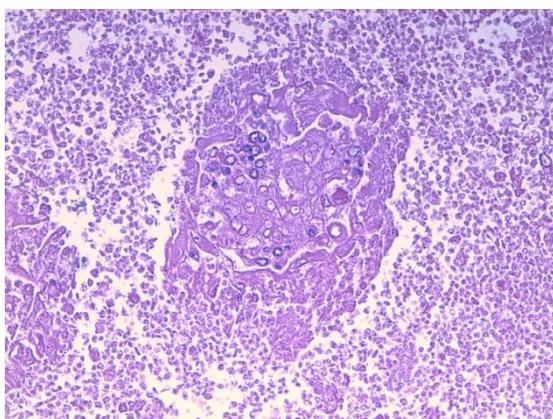


Fig. 34 – Granuloma timico (EE, 400x)

Nonostante lo stato di decomposizione causato in questi animali dalla permanenza in mare e, per tempi minori, sulle spiagge, non si è rilevata così frequentemente come ci si aspettava la presenza di elementi batterici nei tessuti (4 soggetti, 15,4%) o nei vasi (2 soggetti, 7,7%).

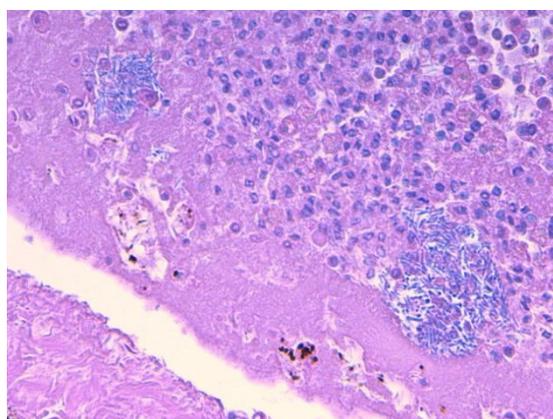


Fig. 35 – Aggregati batterici nel fegato (EE, 400x)

Il rilievo più importante dell'esame istologico è stato la presenza di elementi, osservati in diversi organi, dei quali non è stata possibile l'identificazione: per tal motivo, e per la loro particolare conformazione, sono stati da noi denominati generalmente "corpuscoli" e questo nome è quello che verrà usato in questa tesi.

I corpuscoli si colorano intensamente con l'eosina (nella colorazione standard, ematossilina-eosina), hanno forma generalmente rotondeggiante e dimensioni di circa 10-15 micron di diametro nella maggior parte dei casi, arrivando a volte fino a quasi 70 micron. Il loro margine, che non è regolare, è spontaneamente colorato di un colore marrone chiaro, per la sospettata costituzione di melanina, anche se alla decolorazione per la melanina (*bleaching*) la colorazione non è scomparsa, ma si è solamente attenuata. Questo margine, da noi chiamato "corona", ha diversa estensione (in ogni caso al massimo di circa 1  $\mu\text{m}$ ) e si presenta nella maggior parte dei casi come un ammasso di granuli rotondi, anche se non mancano corpuscoli senza margine o corpuscoli con margine a filamenti, che risultano nel complesso quasi "pelosi".

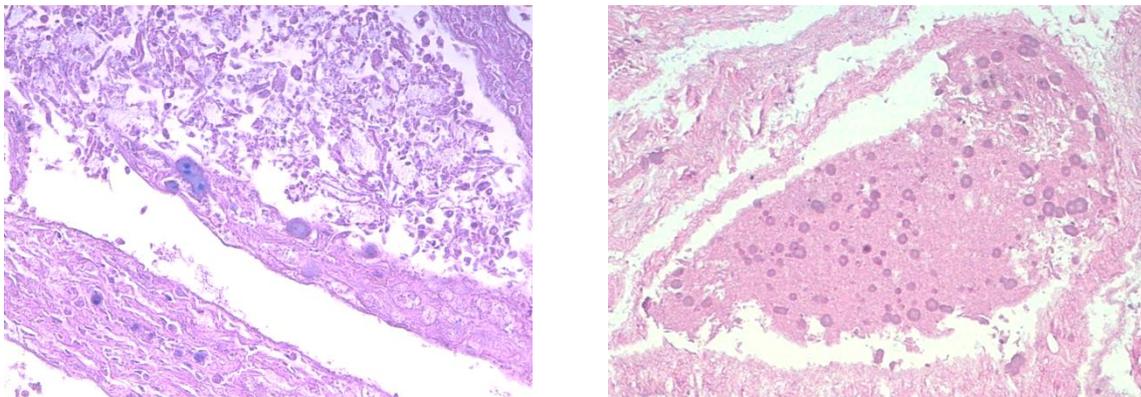


Fig. 36 – diversi tipi di corpuscoli, a sinistra nei villi intestinali (EE, 400x), a destra nel timo (EE, 100x)

Il centro dei corpuscoli sembra essere omogeneo e si colora in modo diverso a seconda della colorazione istochimica utilizzata (fig. 37), con una ulteriore particolarità della reazione sia rosa che azzurra alla colorazione Giemsa, forse a seconda del grado di decomposizione del tessuto. All'interno del centro del corpuscolo si possono notare delle formazioni generalmente ovali ma con varie forme a virgola, in numero da 1 a più (frequentemente sono numerose), che possono ricordare dei nucleoli: queste formazioni si colorano in modo vario nelle diverse colorazioni istochimiche, risultando viola scuro (ematossilina) nella colorazione standard. In linea di massima, i corpuscoli hanno assunto tutte le colorazioni applicate ai tessuti, colorandosi sempre in modo lievemente diverso dal tessuto circostante.

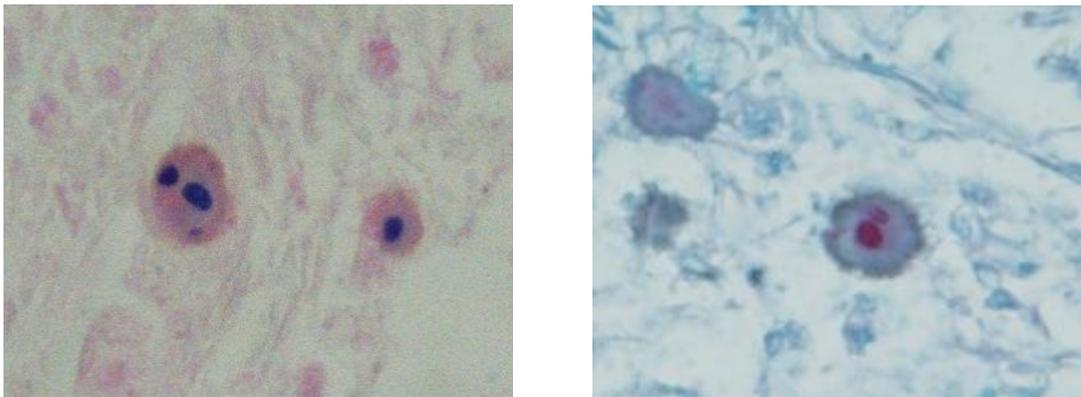


Fig. 37 – Corpuscoli con colorazioni speciali: Giemsa (400x) a sinistra, e Gram (1000x) a destra

Inizialmente, i corpuscoli sono stati osservati solo nella mucosa intestinale fino alla sottomucosa, ma poi le stesse formazioni, con poche differenze morfologiche, sono state osservate frequentemente nella milza, nel timo e in diversi altri organi. In ogni caso, i corpuscoli non sono mai accompagnati da reazione infiammatoria di alcun tipo. All'interno dei tessuti essi hanno posizioni casuali e sembrano non avere contatto con le cellule e le strutture dei tessuti, anche se in diversi quadri si possono osservare sia all'interno dei vasi che nelle loro prossimità; non di rado, si osservano corpuscoli nell'atto dell'attraversamento della parete del vaso e in un caso (timo) colonizzano in modo preferenziale le strutture connettivali. In questo ultimo caso, i corpuscoli hanno dimensioni decisamente maggiori rispetto alla media delle osservazioni e anche la forma è molto diversa: essi sono ellittici e con contorni lisci e regolari, con margine poco colorato ed omogeneo e zona centrale più chiara, quasi a ricordare dei giganteschi globuli rossi.

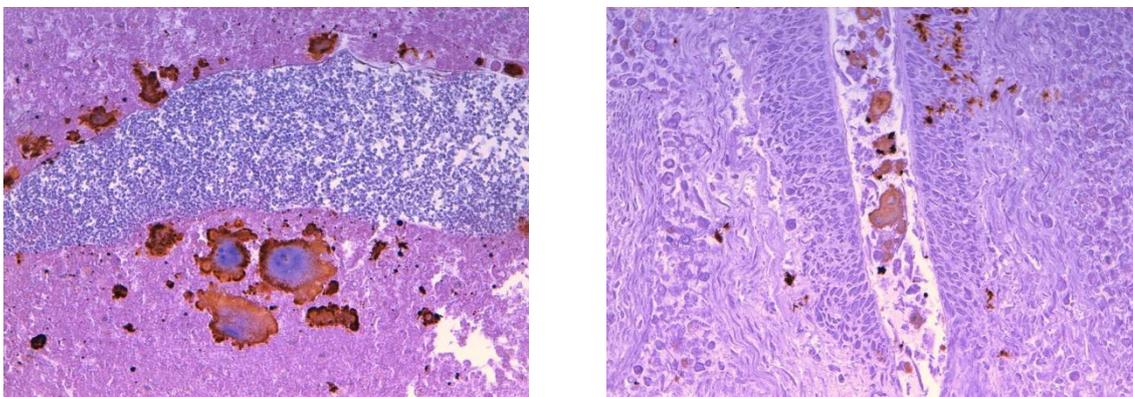
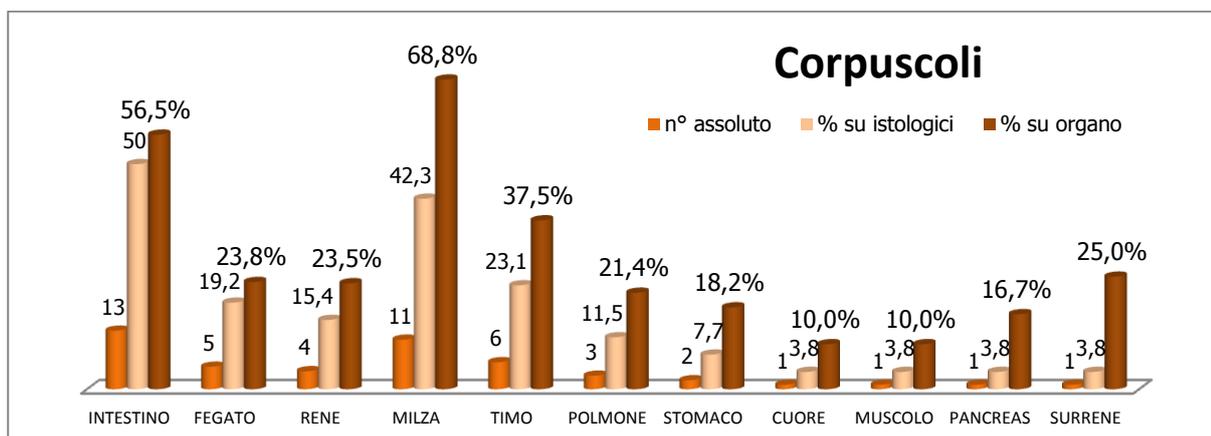


Fig. 38 – Corpuscoli nella milza (EE, 400x), nella foto a destra si trovano all'interno di un vaso (EE, 100x)

I corpuscoli sono presenti almeno in un organo nel 60,7% degli animali sui quali è stato possibile condurre l'esame istologico. Per quanto riguarda la percentuale di positività nei vari organi, sono stati osservati in 13 animali su un totale di 23 campioni di intestino esaminati (56,5%), in 11 campioni di milza su 16 totali (68,8%) e in 6 campioni di timo su 16 (37,5%). Se andiamo a valutare queste prevalenze sul totale delle necroscopie effettuate (55 animali) risulta 21,8% di positività per la presenza dei corpuscoli nell'intestino, 20% nella milza e 11% nel timo.

Oltre a questi sono stati osservati anche nel fegato (5 campioni su 21, 23,8%), rene (4 su 17, 23,5%), polmone (2 su 14, 14,3%), stomaco (2 su 11, 18%), muscolo (1 su 10, 10%) e surrene (1 su 4, 25%). Si sospetta inoltre la presenza di questi corpuscoli in un campione di pancreas e cuore (graf. 10).



Graf. 10 – Distribuzione in numero assoluto, in percentuale sul totale degli istologici (N=26) e sul totale del singolo organo della presenza dei corpuscoli nei tessuti.

Con relativa frequenza e del tutto inaspettata è stata l'osservazione di elementi parassitari, perlopiù singoli e solo raramente raggruppati, corrispondenti a uova di Spirorchidae: nel caso di elementi raggruppati (2 soggetti su 26 analizzati, 7,7%) si poteva osservare una lieve reazione infiammatoria cronica attorno al gruppetto di uova, ridotta quasi solo alla componente fibroblastica e con una moderata presenza di elementi cellulari perlopiù mononucleati; lo stesso tentativo di confinamento era completamente assente nelle aree circostanti le uova singole, dove non si osservava nemmeno la componente cellulare dell'infiammazione. Le uova, del diametro di circa 50-70 micron, hanno forme molto varie a causa spesso del cattivo stato di conservazione dei campioni, ma generalmente si osservano in sezione trasversa come piccoli elementi rotondeggianti, con pareti di colore

giallo-arancio dello spessore di circa 8 micron, aperti e vuoti. Solo in alcuni casi era possibile osservare all'interno dell'uovo il miracidio ancora conservato (fig. 39a). Quando visibili in sezione longitudinale, le uova hanno forma allungata con due poli molto assottigliati.

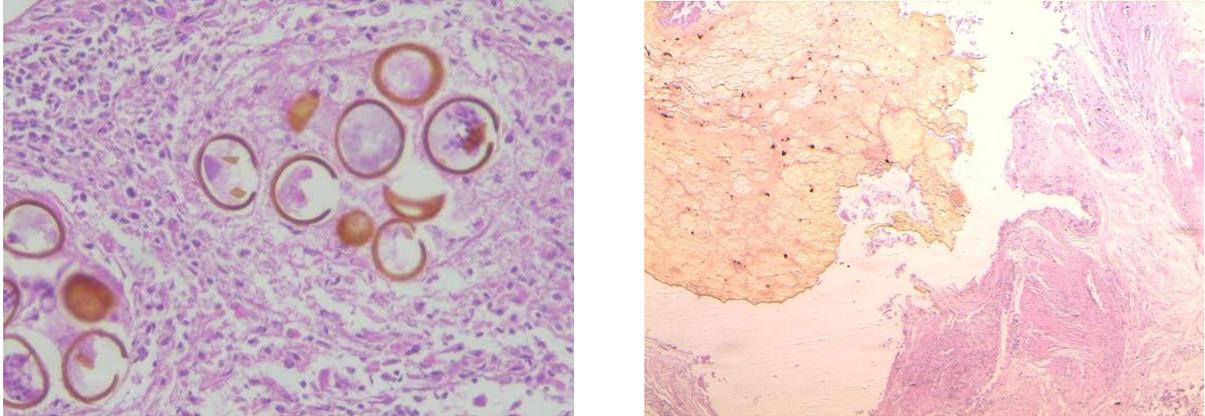
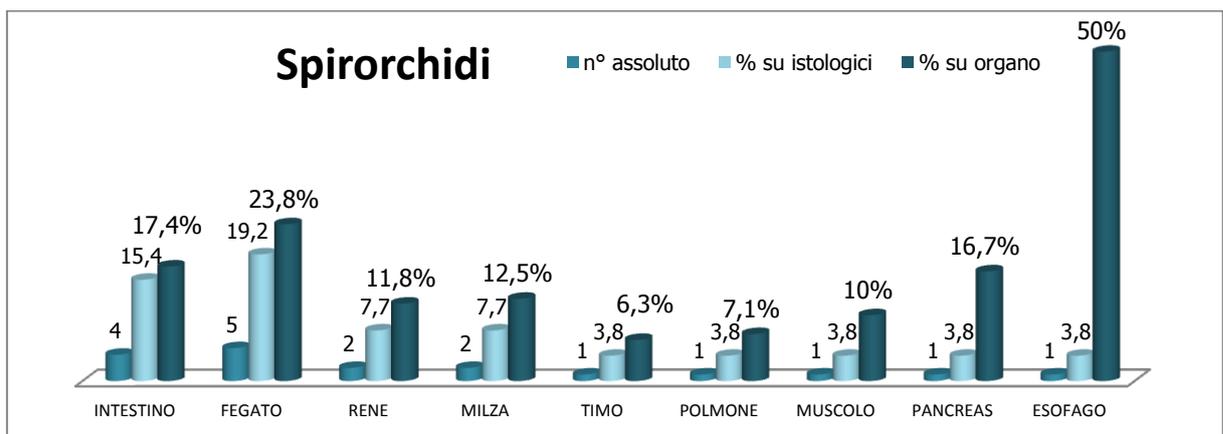


Fig. 39a – Sinistra: uova di spirorchidi nella sottomucosa di un intestino con reazione infiammatoria cronica: si noti la presenza di cellule mononucleate e di lieve fibrosi; nel gruppo di uova a destra, visibile un miracidio (EE, 100X). Fig. 39b - Destra: lesione nella mucosa intestinale associata alla presenza di spirorchidi (EE, 40X).

Complessivamente, i soggetti in cui si sono osservate istologicamente le uova di spirorchidi sono stati 8 su 26 (30,8%). Come distribuzione nei tessuti, le uova dei parassiti sono state osservate soprattutto in fegato (5 soggetti, 19,2% degli istologici totali), intestino (4 soggetti, 15,4%), reni e milza (2 soggetti, 7,7%) e un caso anche in esofago, polmoni, pancreas, timo e muscolo (3,8%). Le percentuali sulla numerosità degli organi campionati sono del 23,8% per



Graf. 11 – Distribuzione in numero assoluto, in percentuale sul totale degli istologici (N=26) e sul totale del singolo organo della presenza delle uova di spirorchidi nei tessuti.

il fegato, 17,4% per l'intestino, 11,8% per i reni, 12,5% per la milza, 50% per l'esofago, 7,1% per i polmoni, 16,7% per il pancreas, 6,3% per il timo e 10% per il muscolo rispettivamente (Graf. 11).

Non sempre al ritrovamento delle uova nel preparato istologico è corrisposta la positività dell'esame coprologico per spirochidi. In totale, solo 4 sugli 8 soggetti positivi istologicamente hanno anche esito positivo all'esame coprologico (il 50% degli istologicamente positivi, il 15,4% dei soggetti su cui è stata effettuata l'analisi istologica, il 7,3% dei 55 soggetti esaminati a BCA).

## 9.4 Parassitologia

L'esame parassitologico è stato effettuato su 24 animali ed in particolare sono stati esaminati, quando possibile, cute ed organi interni (stomaco, intestino, vescica, cuore e grossi vasi). 20 soggetti (83.3%) sono risultati positivi all'esame parassitologico. In particolare, sono state isolate ed identificate 9 diverse specie parassitarie (6 specie di trematodi; 2 di nematodi e 1 di irudinei). In tabella vengono riportati i parassiti isolati nei diversi distretti esaminati (tab. 8).

ORGANO ESAMINATO	POSITIVI/ESAMINATI	PARASSITI ISOLATI	RANGE
STOMACO	15/18 (83.3%)	<i>Pachypsolus irroratus</i> (Trematoda) (8/18) <i>Sulcascaaris sulcata</i> (Nematoda) (7/18) <i>Rhytidodes gelatinosus</i> (Trematoda) (1/18)	1-24 2-25 1
INTESTINO	16/21 (76.2%)	<i>Rhytidodes gelatinosus</i> (Trematoda) (10/21) <i>Orchidasma amphiorchis</i> (Trematoda) (5/21) <i>Kathlania leptura</i> (Nematoda) (4/21) <i>Enodiotrema</i> spp. (Trematoda) (3/21) <i>Sulcascaaris sulcata</i> (Nematoda) (2/21) Nematodi non identificabili morfologicamente (2/21) <i>Pleurogonius trigonocephalus</i> (Trematoda) (2/21) <i>Pachypsolus irroratus</i> (Trematoda) (2/21)	1-175 1-11 1-150 1-5 1- - 1 1-2
VESCICA	10/22 (45.4%)	<i>Plesiochorus cymbriiformis</i> (Trematoda) (10/22)	1-29
CUTE	5/23 (21.7%)	<i>Ozobranthus margo</i> (Hirudinea) (5/22)	2-223
CUORE	1/22 (4.3%)	Trematodi (Digenea) (1/22)	3

Tab. 8 - Distribuzione con percentuale di positività delle specie parassitarie isolate nei soggetti analizzati presso il dipartimento MAPS.

Eccezione a quanto detto sopra è il ritrovamento di esemplari di Spirorchidae adulti nel cuore di una tartaruga (ID 56300) e di uova all'esame coprologico di 5 tartarughe (fig. 40b), tutte appartenenti al gruppo proveniente da Grado, con una percentuale di positività complessiva del 23,8% sul totale degli esami eseguiti.

Inoltre, sempre negli animali provenienti dal gruppo di Grado, all'esame coprologico sono state osservate in 7 animali su 10 (70% sul gruppo di Grado, 33% sul totale delle analisi effettuate) frequenti formazioni rotondeggianti di colore marrone chiaro e del diametro di circa 10  $\mu\text{m}$ , con aspetto simile a morule e con presenza non costante di capsula gelatinosa (fig. 40a). Questi elementi, da noi chiamati "morule", non sono stati identificati, nonostante siano stati interpellati diversi esperti di ambiente biologico marino. Successivamente, sono stati analizzati con TEM ed ESEM (fig. 41).

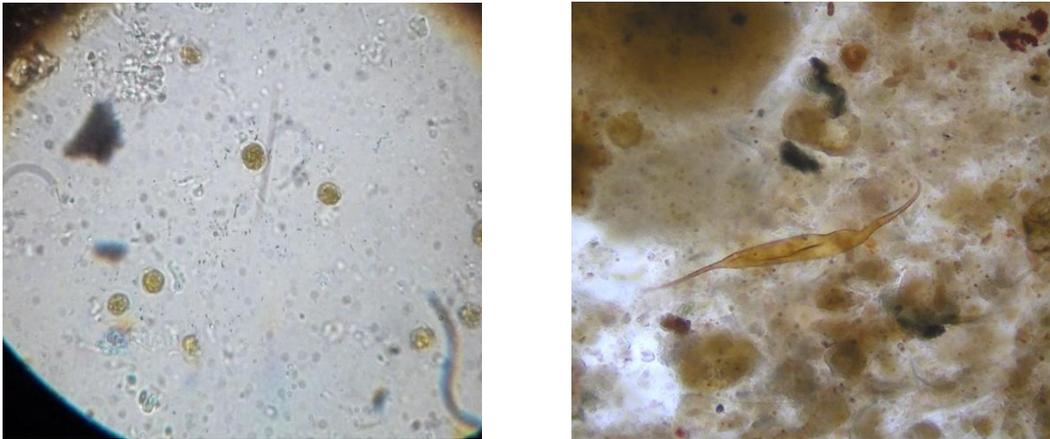


Fig. 40a (a sinistra) - Immagine al microscopio di striscio per esame coprologico con presenza di morule (ingrandimento 1000X). Fig. 40b (a destra) – Immagine di uovo di spirorchidi al copromicroscopio

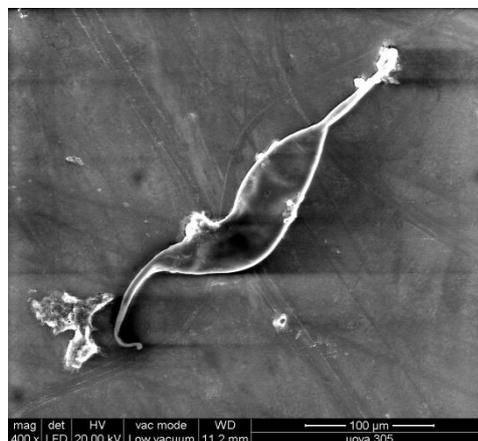


Fig. 41 - Uovo di spirorchide (ESEM, 400x) con i tipici uncini alle estremità

## 9.5 Microscopia elettronica: TEM ed ESEM

Mediante microscopio elettronico a trasmissione (TEM) sono stati analizzati i medesimi campioni di milza nei quali erano stati osservati al microscopio ottico le entità da noi denominate "corpuscoli" (v. cap. 9.3 - Istopatologia, pag. 96 ). I risultati ottenuti, usando diversi ingrandimenti, non hanno evidenziato le strutture tipiche per il riconoscimento di elementi cellulari: erano, infatti, assenti immagini di membrana cellulare o nucleare, organuli intracitoplasmatici quali mitocondri, apparato del Golgi, lisosomi o reticoli endoplasmatici (fig. 42). Non erano osservabili all'interno dei corpuscoli nemmeno strutture riferibili a cristalli o sostanza amorfa. I corpuscoli risultavano essere costituiti da sostanza fibrillare corta e con diametro costante, arricciata e distribuita per la maggior parte in modo uniforme, che costituiva piccoli ammassi simili a ciuffi (fig. 43). In alcune aree, corrispondenti

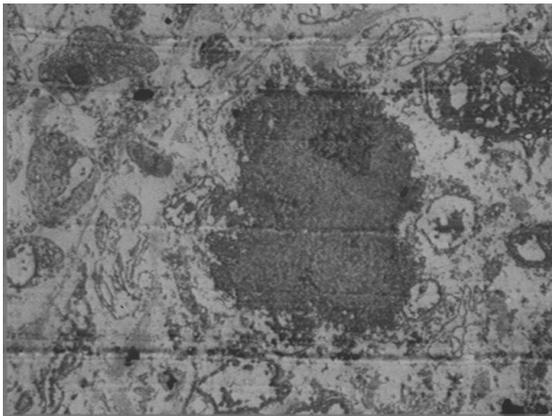


Fig. 42 – Immagine TEM a ingrandimento 880 KX

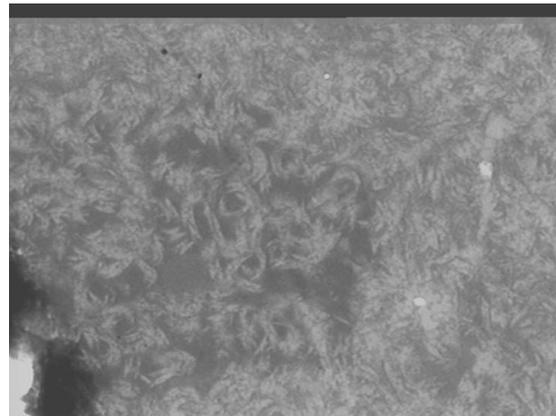


Fig. 43 – Immagine TEM a ingrandimento 5,6 KX

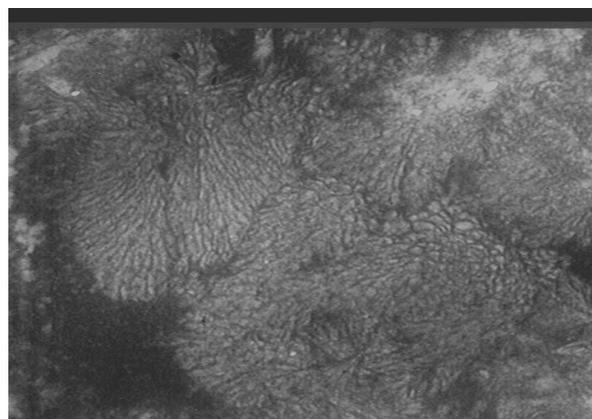


Fig. 44 – Immagine TEM a ingrandimento 7,1 KX

alle strutture di varia forma (perlopiù ovali) che si osservavano all'interno dei corpuscoli con le colorazioni istologiche e sospettate di essere nucleoli, la sostanza fibrillare risultava più compatta ed organizzata e formava dei tralci più spessi e vicini, con un aspetto finale che ricordava l'arborizzazione dei coralli (fig. 44). Dagli esperti del TEM, i corpuscoli sono stati confidenzialmente ribattezzati "macchie".

Mediante utilizzo di TEM si è cercato di avere una immagine più dettagliata delle "morule", osservate durante l'esame coprologico. Purtroppo, per questioni tecniche non si è potuto procedere con la preparazione del campione (mancanza di compattamento dopo centrifugazione) e non si sono ottenute immagini dal campione tal quale. Con l'osservazione mediante ESEM, invece, si è potuta osservare la morfologia rotondeggiante degli elementi da noi definiti morule e la loro effettiva grandezza (stimata in 10 micron di diametro, fig. 45a), ma non è stato possibile definirne la costituzione, probabilmente per interferenza dei sali utilizzati durante la loro separazione e pulizia dal campione (eccesso di zolfo, fig. 45b).

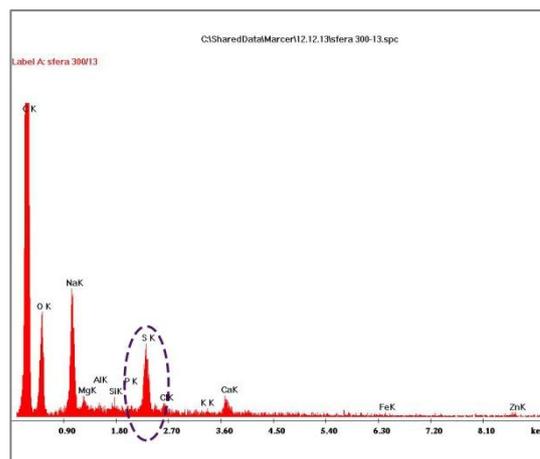
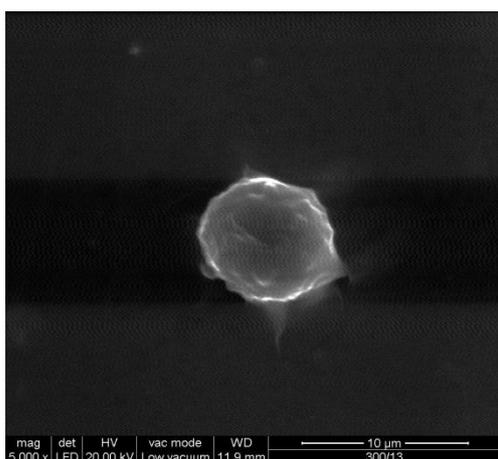


Fig. 45a (a sinistra) - Immagine ESEM (5000x) di morula isolata da feci. Fig. 45b (a destra) - Schema rappresentativo degli elementi componenti la morula, come da lettura ESEM (analisi qualitativa): si noti il picco dello zolfo.

Con la stessa tecnica ESEM si è tentato di analizzare i corpuscoli (o macchie) all'interno del tessuto in cui sono stati osservati, in parte perché non era possibile farne un isolamento e in parte per analizzare se vi fosse una differenza di composizione tra gli elementi costitutivi i corpuscoli e il tessuto circostante. L'immagine risultata dall'analisi ESEM ricorda quella di una lieve depressione sulla superficie di taglio, quasi la densità e la compattezza del corpuscolo-macchia fosse effettivamente maggiore di quella del tessuto circostante; ovviamente, si ripeteva l'assenza di strutture cellulari tipiche. All'analisi

quantitativa degli elementi, si osservava una seppur minima differenza di composizione in azoto con il tessuto circostante.

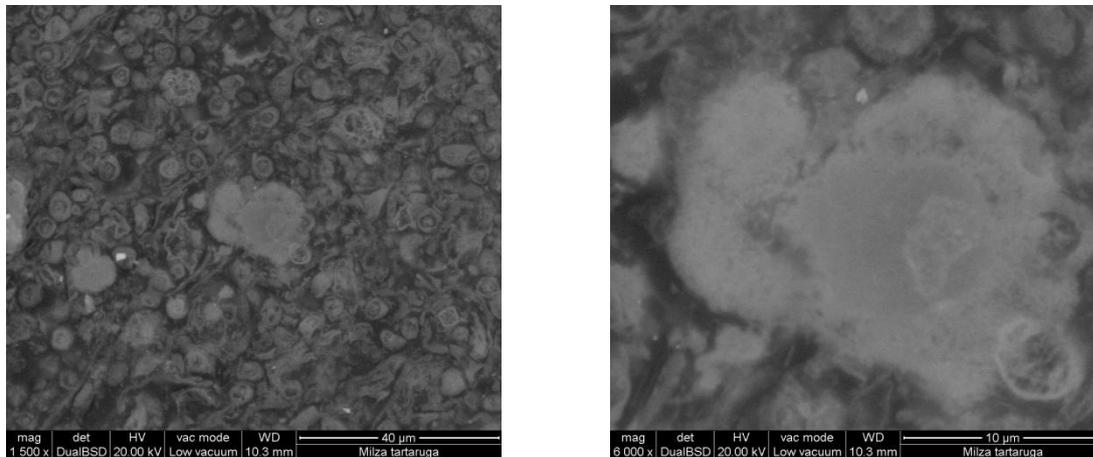
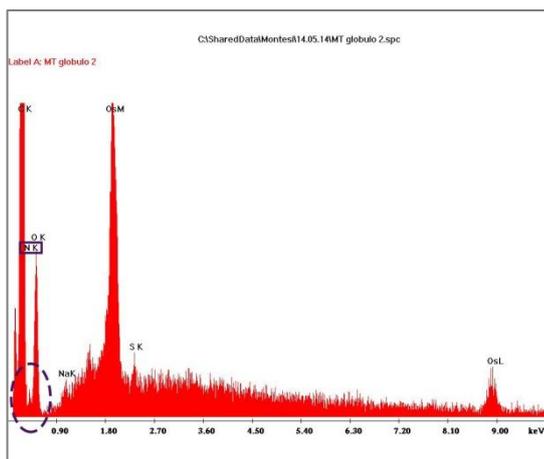


Fig. 46 - Immagini ESEM di corpuscolo-macchia immersa in tessuto splenico: a sinistra 1500x; a destra, lo stesso elemento 6000x



EDAX PhiZAF Quantification (Standardless)  
Element Normalized  
SEC Table : Default

Elem	Wt %	At %	K-Ratio	Z	A	F
C K	74.25	79.37	0.5103	1.0087	0.6812	1.0002
N K	2.07	1.89	0.0015	0.9921	0.0719	1.0004
O K	22.77	18.27	0.0286	0.9762	0.1289	1.0000
NaK	0.63	0.35	0.0024	0.9009	0.4206	1.0000
S K	0.29	0.12	0.0026	0.8970	0.9780	1.0000
Total	100.00	100.00				

Element	Net Inte.	Backgrd	Inte. Error	P/B
C K	35.37	0.77	1.21	45.63
N K	0.13	0.55	60.32	0.24
O K	5.24	0.32	3.28	16.11
NaK	0.62	0.77	16.80	0.80
S K	0.54	2.10	28.51	0.26

Fig. 47 (a sinistra)- Schema rappresentativo degli elementi componenti il corpuscolo-macchia, come da lettura ESEM (analisi qualitativa): si noti la presenza di azoto. Fig. 48 (a destra) - Analisi quantitativa ESEM: si noti la presenza percentuale di tracce di azoto.

## 9.6 Microbiologia

I tamponi batteriologici sono stati effettuati da 20 tartarughe (36,4% delle 55 esaminate), per un totale di 42 tamponi, considerando che quasi da ogni soggetto è stato fatto un tampone intracardiaco e un tampone dall'intestino prossimale, in 3 soggetti è stato fatto anche un tampone dall'intestino medio e in altri 2 soggetti da celoma, sistema nervoso centrale e fegato (tab. 9).

ID	Cuore	Intestino prossimale	Intestino medio	Altro
56273	sterile	STERILE		
56274	<i>Photobacterium damselae</i> subsp. <i>damselae</i>	STERILE		
56275	sterile	<i>Burkholderia</i> spp.*		
56284	<i>Photobacterium damselae</i> subsp. <i>damselae</i> <sup>§</sup>	STERILE		
56300	sterile	STERILE	<i>Proteus</i> sp.	
56301	sterile	<i>Proteus</i> sp.	polimicrobismo aspecifico	
56344	sterile	STERILE		
56365	sterile	STERILE		
56367	sterile	STERILE	<i>Proteus</i> sp.	
55907	polimicrobismo aspecifico	polimicrobismo aspecifico		
55908	sterile			
55937	sterile	STERILE		
56105	<i>Enterobacter</i> sp.	STERILE		
56827	sterile	STERILE		CELOMA: sterile; SNC: polimicrobismo aspecifico
56835	sterile			
56947	sterile	<i>Photobacterium damselae</i> subsp. <i>damselae</i>		FEGATO: sterile
57025	sterile <sup>°</sup>	STERILE		
57061		polimicrobismo aspecifico		
57066	sterile	<i>Proteus</i> sp.		
57067	sterile	<i>Photobacterium damselae</i> subsp. <i>damselae</i>		

Tab. 9 – Esiti batteriologici dei tamponi eseguiti durante le necroscopie (\*= discreta carica microbica; <sup>§</sup>= carica batterica esigua; <sup>°</sup>= rare colonie)

I risultati degli esami batteriologici del sangue campionato a livello intracardiaco (19 soggetti su 20 analizzati mediante esame batteriologico) sono nella maggior parte di sterilità (15 campioni su 19, 79%); in 2 soggetti è stato isolato *Photobacterium damsela damsela* (2/19, 10,5%), mentre negli ultimi 2 soggetti è stato identificato *Enterobacter* sp. (1/19, 5,3%) e polimicrobismo aspecifico (1/19, 5,3%) rispettivamente. Quest'ultimo soggetto, il numero 55907 in moderato stato di conservazione, era caratterizzato dalla presenza di polimicrobismo aspecifico sia a livello cardiaco, associato a versamento pericardico, sia a livello intestinale, associato ad moderata enterite diffusa e abbondante versamento emorragico torbido in cavità celomatica.

Nell'intestino prossimale sono stati prelevati 18 campioni. L'esito più frequente (61,1%, 11 soggetti) è stato di sterilità in tutte le condizioni di coltura: sia in aerobiosi che in microaerofilia, sia a 37°C, sia a 22°C. In questo gruppo di 11 animali è compreso anche il soggetto 56300 che ha come esito di isolamento l'intestino prossimale sterile con l'intestino medio colonizzato da *Proteus* sp., dal momento che il *Proteus* sp. rilevato nell'intestino medio è stato ritenuto di contaminazione ambientale secondaria, in virtù delle caratteristiche di elevata mobilità. Progressivamente, le altre percentuali di isolamento sono state dell'11,1% per *Proteus* sp. (2/18, 11,1%), *Photobacterium damsela damsela* (2 soggetti) e di polimicrobismo aspecifico (2/18, 11,1%), mentre in 1 solo soggetto si è isolato *Burkholderia* spp. (1/18, 5,5%). Nel caso della presenza di *Photobacterium damsela damsela* si erano osservate durante la necropsia grave enterite diffusa con presenza di ulcere croniche multifocali. Di 3 soggetti sono stati prelevati anche campioni dall'intestino medio, che nella maggior parte (2 su 3, 66,7%) hanno dato come esito la presenza di *Proteus* sp. e, nell'ultimo terzo (33,3%) polimicrobismo aspecifico.

Gli unici organi non di routine che sono stati analizzati sono il liquido del versamento celomatico (1 soggetto, ID 56827), il sistema nervoso centrale dello stesso soggetto 56827 (1 campione) e il fegato di un secondo soggetto (1 campione, ID 56947). Nel primo caso (ID 56827, classe di conservazione 2) il liquido del versamento in cavità celomatica è risultato sterile, come già il campione intestinale e quello intracardiaco, mentre nel secondo caso (ID 56947, classe di conservazione 2) il fegato ha dato esito sterile come già il campione intracardiaco, mentre dall'intestino prossimale è stato isolato *Photobacterium damsela damsela*.

## 9.7 Tossicologia

Gli esami tossicologici sono stati condotti su una selezione di 10 animali (18% degli animali esaminati) rappresentativi dei principali gruppi di spiaggiamento e si sono concentrati sui classici contaminanti ambientali, cioè metalli pesanti e composti organoclorurati.

Tra i metalli pesanti si è ricercato mercurio, piombo, cadmio, cromo, rame e zinco.

Tra gli organoclorurati invece si è andati alla ricerca di PCB e DDT.

I risultati delle analisi per metalli pesanti riflettono a grandi linee le concentrazioni

	mg/kg	Hg	Pb	Cd	Cr	Cu	Zn
Muscolo	w.w.	0,03-0,66 (0,18)	SLR-0,18 (0,08)	0,02-0,55 (0,17)	1,4	0,19-1,35 (1,04)	19,8-35,1 (29,4)
Fegato	w.w.	0,13-1,26 (0,43)	SLR-0,99 (0,26)	1,10-6,55 (3,01)	1,1-2,8 (1,95)	1,43-17,8 (7,54)	18,8-46,5 (28,6)
Rene	w.w.	0,06-0,3 (0,16)	SLR-0,42 (0,16)	1,26-16,4 (8,35)	1,6-2,1 (1,85)	0,36-2,12 (1,21)	16,6-27,9 (23,1)

Tab. 10 – Valori di riferimento per i metalli pesanti esaminati. Intervalli tratti da Storelli et al. 2005 [52], Franzellitti et al. 2004 [119] e D’Illo et al. 2011 [44]. SLR= sotto i limiti di rilevazione. W.w.= wet weight

che si riscontrano generalmente nell'Alto Mar Adriatico. Rispetto ai valori riportati in letteratura (Tab. 10), si sono riscontrati livelli lievemente più bassi di mercurio, piombo, cadmio e cromo e livelli lievemente aumentati in alcune matrici di rame e zinco (Tab. 11).

In particolare, per il mercurio si osservano valori molto vicini al limite inferiore di riferimento per muscolo (0,04 mg/kg) e fegato (0,18 mg/kg), mentre per il rene si ha un valore più vicino alla media dei valori dell'intervallo di riferimento (0,13 su 0,16 mg/kg). Similmente anche per il piombo, al di sotto del limite rilevabile nel muscolo e pari a 0,09 mg/kg su una media di riferimento di 0,26 mg/kg, mentre lievemente maggiore della media nel rene (0,25 su 0,16 mg/kg) per la presenza di un campione (ID56367) che ha alzato la media. Per quanto riguarda cadmio e cromo, entrambi sono risultati inferiori alle medie di riferimento in tutte e tre le matrici (Cd: muscolo 0,02 su 0,17 mg/kg; fegato 0,76 su 3,01 mg/kg; rene 3,27 su 8,35 mg/kg; Cr: muscolo 0,07 mg/kg su 1,4 mg/kg; fegato 0,02 mg/kg su 1,95 mg/kg; rene 0,068 mg/kg su 1,85 mg/kg). Diversamente dai precedenti, invece, per il rame i valori rilevati sono

Campione	ID	peso (kg)	CCL (cm)	luogo	Hg (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
88V muscolo	55858	30	43	Comacchio (FE)	0,05	<0.031	0,02	0,12	1,63	29,7
96V muscolo	56105	21,15	67	Porto Tolle (RO)	0,07	<0.031	<0.011	0,08	1,33	31,3
97V muscolo	56274	21,1	56	Grado (GO)	0,01	<0.031	0,02	0,09	1,09	35,9
98V muscolo	56301	39,5	68	Grado (GO)	0,02	<0.031	0,02	0,11	1,07	21,3
99V muscolo	56344	8,25	42,5	Grado (GO)	0,01	<0.031	0,02	0,06	1,80	28,1
100V muscolo	56365	17,75	53,5	Grado (GO)	0,01	<0.031	0,01	0,02	1,30	44,4
101V muscolo	56367	10,4	47	Grado (GO)	0,02	<0.031	0,02	0,02	1,45	26,7
102V muscolo	57020	9,2	41	Grado (GO)	0,02	<0.031	0,04	0,03	1,30	29,9
103V muscolo	57067	30,7	65	Emilia Romagna	0,07	<0.031	0,04	0,04	1,65	30,2
104V muscolo	57828	26,2	62	Emilia Romagna	0,10	<0.031	0,03	0,13	1,13	22,2
				media	0,04	-	0,02	0,07	1,38	29,97
				DS	0,03	-	0,01	0,04	0,25	6,63
				CV%	84,9	-	50,3	59,9	18,4	22,1
88V fegato	55858	30	43	Comacchio (FE)	0,23	0,09	0,51	0,02	4,02	17,4
96V fegato	56105	21,15	67	Porto Tolle (RO)	0,18	0,06	0,43	0,02	6,86	17,1
97V fegato	56274	21,1	56	Grado (GO)	0,06	0,09	0,76	0,02	4,64	15,1
98V fegato	56301	39,5	68	Grado (GO)	0,12	0,14	0,94	0,01	10,7	20,5
99V fegato	56344	8,25	42,5	Grado (GO)	0,07	0,09	0,47	0,02	6,13	17,9
100V fegato	56365	17,75	53,5	Grado (GO)	0,07	0,06	0,29	0,02	3,56	10,6
101V fegato	56367	10,4	47	Grado (GO)	0,06	0,17	0,36	0,03	6,40	16,6
102V fegato	57025	9,2	41	Grado (GO)	0,13	0,07	1,03	0,01	10,6	21,1
103V fegato	57067	30,7	65	Emilia Romagna	0,27	0,05	1,95	0,01	13,0	21,0
104V fegato	57282	26,2	62	Emilia Romagna	0,56	0,05	0,90	0,01	4,61	19,0
				media	0,18	0,09	0,76	0,02	7,05	17,63
				DS	0,15	0,04	0,49	0,01	3,26	3,18
				CV%	88,1	45,7	64,4	39,7	46,3	18,0
88V rene	55858	30	43	Comacchio (FE)	0,12	0,25	2,07	0,11	2,25	19,5
96V rene	56105	21,15	67	Porto Tolle (RO)	0,18	0,16	2,17	0,06	2,49	14,3
97V rene	56274	21,1	56	Grado (GO)	0,09	0,15	5,53	0,06	1,7	14,6
98V rene	56301	39,5	68	Grado (GO)	0,07	0,23	2,47	0,06	1,65	17,3
99V rene	56344	8,25	42,5	Grado (GO)	0,05	0,27	3,06	0,08	1,95	18,6
100V rene	56365	17,75	53,5	Grado (GO)	0,06	0,20	1,53	0,06	1,79	17,6
101V rene	56367	10,4	47	Grado (GO)	0,12	0,74	2,85	0,07	4,3	27
102V rene	57025	9,2	41	Grado (GO)	0,13	0,11	2,21	0,05	2,5	15,6
103V rene	57067	30,7	65	Emilia Romagna	0,26	0,20	7,42	0,05	2,3	19,6
104V rene	57282	26,2	62	Emilia Romagna	0,22	0,16	3,42	0,08	1,54	15,8
				media	0,13	0,25	3,27	0,068	2,247	17,99
				DS	0,07	0,18	1,83	0,02	0,80	3,69
				CV%	53,9	72,9	55,8	26,7	35,71	20,52

Tab. 11 – Tabella riassuntiva dei contenuti di metalli pesanti in muscolo, fegato e rene.

lievemente maggiori alle medie di riferimento nel muscolo con una media di 1,38 mg/kg rispetto al riferimento di 1,04 mg/kg; i valori sono poi lievemente inferiori alla media nel fegato (7,05 su 7,54 mg/kg) e si discostano in modo più consistente nel rene, con una media di rilevamento di 1,21 mg/kg rispetto ad una media riportata in letteratura di 2,25 mg/kg.

Per quanto riguarda lo zinco, elemento ampiamente studiato nelle tartarughe marine, non vi sono variazioni rispetto ai dati bibliografici per il muscolo (29,97 su 29,94 mg/kg di riferimento), mentre in fegato e rene i valori risultano moderatamente inferiori (fegato: 17,63 su 28,6 mg/kg in media; rene: 17,99 su 23,1 mg/kg in media).

I composti organoclorurati sono una grande famiglia e la letteratura di riferimento su questi animali purtroppo è scarsa e frammentata, soprattutto per la loro presenza nel Mare Adriatico (Tab. 12). Sulle tartarughe dello spiaggiamento anomalo si è scelto di rilevare un

	mg/kg	PCB-28	PCB-52	PCB-138	PCB-153	PCB-180	ΣPCB	ΣDDT
Grasso	w.w.	4,8-8 (4,8)	8,6-37 (23,2)	132-169 (145)	229-261 (241)	73-154 (114)	775-893 (840)	391-793 (546)

Tab. 12 – Valori di riferimento (mg/kg) per i PCB e DDT esaminati. Intervalli tratti da Lazar et al. 2011 [45].

gruppo di congeneri PCB che vengono spesso presi come riferimento nella valutazione dell'inquinamento ambientale, dal momento che sono stati immessi nell'ambiente in grandi quantità (v. cap. 4.2.2, pag. 43): PCB28, PCB52, PCB101, PCB153, PCB138 e PCB180. Anche in questo caso, come per quanto già visto nei metalli pesanti, nel complesso i dati si conformano a quanto si rileva anche recentemente nel Mar Adriatico.

Osservando i valori riscontrati nel singolo animale si nota che, proprio come gli intervalli di

Campione	ID	peso kg	CCL cm	luogo	Policlorobifenili (mg/kg)						
					PCB 28	PCB 52	PCB 101	PCB 153	PCB 138	PCB 180	Σ PCB
88V grasso	55858	30	43	Comacchio (FE)	3,8	6,6	10,4	223	186,4	77,4	<b>507,6</b>
96V grasso	56105	21,1	67	Porto Tolle (RO)	1,8	2,8	3,2	140,7	104,6	47,1	<b>300,2</b>
97V grasso	56274	21,1	56	Grado (GO)	1	1	7,7	52,7	43,8	8,8	<b>115,0</b>
98V grasso	56301	39,5	68	Grado (GO)	1	1	7,3	89,9	64,8	10,3	<b>174,3</b>
99V grasso	56344	8,25	42,5	Grado (GO)	1,8	2,5	7,7	73,8	51,90	2,9	<b>140,6</b>
100V grasso	56365	17,7	53,5	Grado (GO)	1	1	9,1	88,5	67,50	4	<b>171,1</b>
101V grasso	56367	10,4	47	Grado (GO)	1	1	7,7	18,8	5,3	1	<b>34,8</b>
102V grasso	57020	9,2	41	Grado (GO)	2,4	5	4,6	239,3	223,50	118,4	<b>593,2</b>
103V grasso	57067	30,7	65	Emilia Romagna	1,2	1	21,9	256,8	217,8	87,8	<b>586,5</b>
104V grasso	57282	26,2	62	Emilia Romagna	1,90	4,2	6,1	748,2	610,7	303,2	<b>1674,3</b>
				media	1,69	2,61	8,57	193,17	157,63	66,09	<b>429,76</b>
				DS	0,89	2,03	5,12	211,84	176,68	93,33	<b>482,34</b>
				CV%	52,81	77,86	59,74	109,66	112,09	141,22	<b>112,23</b>

Tab. 13 – Tabella riassunti dei valori di PCB ottenuti da tessuto adiposo.

riferimento ricavabili dalla letteratura (Tab. 12), anche in questo gruppo di animali i valori sono estremamente variabili, con deviazioni standard molto elevate, soprattutto per PCB 153, 138 e 180 (Tab. 13). I valori maggiori si notano nel tessuto adiposo del soggetto ID

Campione	ID soggetto	peso (kg)	CCL (cm)	luogo	Pesticidi clorurati (mg/kg)	
					ppDDE	ppDDT
88V grasso	55858	30	43	Comacchio (FE)	<b>0,111</b>	<b>&lt; 0,010</b>
96V grasso	56105	21,15	67	Porto Tolle (RO)	<b>0,052</b>	<b>&lt; 0,010</b>
97V grasso	56274	21,1	56	Grado (GO)	<b>0,041</b>	<b>&lt; 0,010</b>
98V grasso	56301	39,5	68	Grado (GO)	<b>0,052</b>	<b>&lt; 0,010</b>
99V grasso	56344	8,25	42,5	Grado (GO)	<b>0,031</b>	<b>0,026</b>
100V grasso	56365	17,75	53,5	Grado (GO)	<b>0,050</b>	<b>&lt; 0,010</b>
101V grasso	56367	10,4	47	Grado (GO)	<b>&lt; 0,010</b>	<b>&lt; 0,010</b>
102V grasso	57020	9,2	41	Grado (GO)	<b>&lt; 0,010</b>	<b>&lt; 0,010</b>
103V grasso	57067	30,7	65	Emilia Romagna	<b>0,175</b>	<b>0,019</b>
104V grasso	57828	26,2	62	Emilia Romagna	<b>0,322</b>	<b>&lt; 0,010</b>
				media	<b>0,104</b>	<b>0,023</b>
				DS	<b>0,099</b>	<b>0,010</b>
				CV%	<b>94,6</b>	<b>42,8</b>

Tab. 14 – Tabella riassunti dei valori di DDT e DDE ottenuti da tessuto adiposo.

57282, seguiti a ruota da ID 57067 della stessa provenienza (Emilia Romagna) e ID 57020 appartenente ad un altro gruppo (Grado).

Per quanto riguarda, invece, DDT e DDE i valori ottenuti sono tutti molto più bassi (Tab. 14) della pur scarna letteratura riguardante il Mare Adriatico (Lazar et al. 2011 [45]).

## 9.8 RISULTATI DA ALTRI ENTI

Lo spiaggiamento anomalo che si è verificato alla fine del 2013 ha coinvolto principalmente la regione Emilia Romagna ed in parte la regione Friuli Venezia Giulia: in queste regioni diversi Enti ed esperti sono stati interpellati per analizzare il fenomeno in loco. In un mutuo scambio dei dati che aiutassero a trovare una spiegazione del fenomeno, è stato possibile aggiungere, ai dati ricavati dal lavoro del dipartimento BCA, altri punti di vista dello stesso fenomeno.

Di seguito saranno riportati gli esiti ricevuti da altri laboratori.

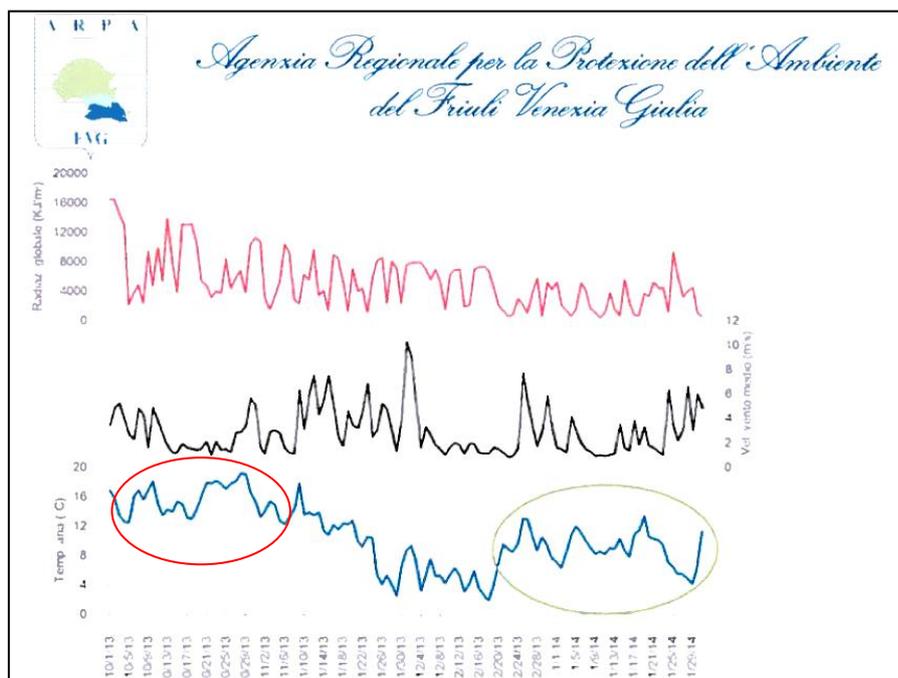
### 9.8.1 DATI OCEANOGRAFICI

Dall'Agencia Regionale per la Protezione dell'Ambiente del Friuli Venezia Giulia (ARPA FVG) si riporta una relazione sulle caratteristiche oceanografiche del Golfo di Trieste per il periodo agosto 2013 – gennaio 2014. I dati complessivi dimostrano che per quanto riguarda le acque del Golfo di Trieste il passaggio di stagione dall'estate all'inverno non si è discostato significativamente dalle medie storicamente conosciute. Nella relazione si riportano i dati relativi a salinità, temperatura, ossigeno disciolto e quantità della presenza di clorofilla  $\alpha$ .

Rispetto allo storico (1998-2013) del periodo, l'unico parametro che presenta qualche lieve variazione, ma comunque non significativa, è la temperatura che ha subito un leggero decremento rispetto alla media nel mese di agosto e una piccola fase di *plateau* nel mese di ottobre, riprendendo successivamente a scendere come da dati storici (Graf. 12).

Per quanto riguarda l'ossigeno disciolto si sono registrati valori di 60% e 40% di saturazione rispettivamente in settembre e ottobre, medialmente in leggera sottosaturazione in tutto il periodo considerato.

La clorofilla  $\alpha$  non evidenzia valori elevati: le concentrazioni maggiori sono state registrate nel mese di settembre, probabilmente associate a fioriture algali.



Graf. 12 – Andamento della temperatura (°C) in basso, velocità media del vento (m/s) in mezzo, e radiazione globale (KJm) in alto

I dati dell'Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente dell'Emilia Romagna (ARPA ER) sono stati ricavati dai rapporti settimanali/quindicinali pubblicati nel sito internet dell'Agenzia. Nel periodo settembre-dicembre 2013, i dati hanno denotato una diminuzione graduale delle temperature delle acque in linea con le medie stagionali del periodo in esame. Per salinità e clorofilla  $a$  non sono riportate anomalie, mentre per quanto riguarda i dati sull'ossigeno disciolto si sono rilevate aree anossiche nei mesi di luglio, agosto e settembre che hanno causato la moria di organismi che vivono a stretto contatto con il fondale.

### **9.8.2 DATI NECROSCOPICI E INDAGINI COLLATERALI**

Parallelamente a quelle condotte presso il dipartimento BCA (59 soggetti), sono state condotte presso diverse sezioni dell'Istituto Zooprofilattico Sperimentale (IZS) indagini necroscopiche, per un numero complessivo di 31 animali, raggiungendo così un numero totale di 85 soggetti analizzati, corrispondenti al 28,3% dei 300 animali spiaggiati morti. Nello specifico, la dr.ssa Monia Cocchi dell'IZS delle Venezie - Sezione di Udine ha esaminato 13 carcasse appartenenti al gruppo di spiaggiamento di Grado, mentre presso l'IZS della Lombardia e dell'Emilia Romagna, che si sono occupate dei soggetti dello spiaggiamento sul loro litorale, sono state la dr.ssa Silva Rubini della Sezione di Ferrara e la dr.ssa Paola Massi della Sezione di Forlì, che ne hanno analizzate rispettivamente 12 e 5; infine, i dr.i Gianni Perugini della Sezione di Tolentino e Stefano Gavaudan della Sezione di Ancona dell'IZS dell'Umbria e delle Marche hanno riportato i dati delle analisi eseguite su 1 soggetto spiaggiatosi nelle Marche. Considerandoli nel loro insieme e ponendo l'attenzione sulle lesioni maggiormente riportate, nonché sui rilievi tossicologici, i dati ottenuti dagli esperti dell'IZS non differiscono molto da quelli raccolti presso il dipartimento BCA.

Dai referti della dr.ssa Cocchi si ricava che le 4 lesioni principali da noi individuate si ripresentano con elevate percentuali: emorragie muscolari a livello omero-pettorali presenti in 11 soggetti su 13 (84,6%), versamenti in cavità celomatica e in 4 soggetti (30,7%) che diventano 5 se si considera anche 1 versamento pericardico (38,4%), enterite con presenza di aderenze (6 soggetti, 46,1%) e congestione degli organi (5 soggetti, 38,4%). Considerandoli nel loro insieme, tutti i soggetti esaminati a Udine avevano almeno 1 lesione simile a quelli esaminati a Padova (13/13, 100%) e 10 soggetti ne avevano almeno 2 contemporaneamente (10/13, 76,9%).

ID	CCL (cm)	PESO (kg)	PRINCIPALI LESIONI MACRO	ISTOLOGIA	COPROLOGICO
UD10972	59	25,35	emorragie muscolari a livello omero-pettorali; congestione polmonare; edema cerebrale; epatomegalia		-
UD10973	48	13,7	epatomegalia; intestino: aderenze		positivo
UD10974	62	33	emorragie muscolari a livello omero-pettorali; congestione trachea e polmoni; epatomegalia		-
UD10975	25	2,25	emorragie muscolari a livello omero-pettorali; versamento emorragico in cavità celomatica		-
UD10976	52	17	emorragie muscoli omero-pettorali; intestino: aderenze		positivo
UD10977	37	8,5	emorragie muscolari a livello omero-pettorali; congestione cerebrale e mucosa gastrica; epatomegalia; versamento emorragico celomatico; infiammazione intestinale	cuore: fibrina tra le fibre muscolari	-
UD10978	58	24,2	emorragie muscolari omero-pettorali; versamento celomatico emorragico; gastrite emorragica	meningi: aggregati batterici	positivo
UD10979	42	8,7	emorragie muscolari omero-pettorali; epatomegalia; intestino: aderenze		-
UD11058	47	14,3	emorragie muscolari omero-pettorali; congestione polmonare/gastrica; edema ed emorragie in area pericardica		-
UD11059	48	14,3	emorragie muscolari omero-pettorali con fistola; epatomegalia; intestino: aderenze	muscolo: aggregati batterici	-
UD11083	60	33,75	versamento emorragico celomatico e pericardico; enterite necrotica; congestione cerebrale		-
UD11226	52	20	emorragie muscolari omero-pettorali; emorragia in area pericardica; epatomegalia		
UD11227	36	5,5	emorragie muscolari omero-pettorali; epatomegalia; intestino: aderenze		-

Tab. 15 – Risultati ottenuti presso l'IZS delle Venezie - Sezione di Udine

Gli esami batteriologici hanno isolato diversi tipi di batteri. Il più frequentemente isolato risulta essere *Proteus* sp., che è stato riscontrato in 4 soggetti (4/13, 30,7%); seguono *Shewanella putrefaciens* in 3 soggetti (3/13, 23,1%), *Photobacterium damsela* in intestino, sangue, polmone e cervello di 2 soggetti (2/13, 15,4%), stessa percentuale di isolamento per *Vibrio* sp. e *Citrobacter freundii* (2/13, 15,4%), *Aeromonas hydrophila* ed *E. coli* entrambi in 1 soggetto (1/13, 7,7%) dai tamponi intestinali.

Sono state effettuate indagini tramite PCRrt su campioni di cuore e polmone per la presenza di *Clamidia* sp. ma hanno dato tutte esito negativo.

Purtroppo, per le pessime condizioni dei campioni sono stati effettuati pochi esami istologici, mentre sono stati condotti esami virologici mediante TEM su campioni di fegato, intestino e polmone, ma hanno dato tutti esito negativo.

ID	BATTERIOLOGICO					VIROLOGICO			INIB	CLAMIDIA	TOSSINE ALGALI
	FEGATO	INTESTINO	SANGUE	SNC	ALTRO	FE	IN	PO			
UD10972	-	<i>Enterococcus hirae</i>	<i>Morganella morganii</i> ; <i>Shewanella putrefaciens</i>	<i>Shewanella putrefaciens</i> ; <i>Proteus spp.</i>		-	-	-	feg +	-	effettuato
UD10973	-				celoma: <i>Acinetobacter</i> , <i>Vibrio sp.</i>				feg +		effettuato
UD10974	-		<i>Photobacterium damsela</i>	<i>Photobacterium damsela</i> ; <i>Serratia liquefaciens</i>	polmone: <i>Photobacterium damsela</i>	-	-	-	feg +	-	effettuato
UD10975	-	<i>E. coli</i>			muscolo: <i>Vibrio spp.</i>				-		
UD10976		<i>Moraxella sp.</i>			muscolo: <i>Shewanella putrefaciens</i>				-	-	effettuato
UD10977	-			<i>Proteus spp.</i>	tampone intracardiaco e muscolare -	-	-	-	-	-	
UD10978			<i>Proteus spp.</i>						-	-	effettuato
UD10979							-	-	-		effettuato
UD11058					cuore: -	-	-	-	feg +	-	effettuato
UD11059	-	<i>Proteus spp.</i>	<i>Citrobacter freundii</i>		polmone: <i>Citrobacter freundii</i> ; muscolo: <i>Proteus spp.</i>	-	-	-	feg +	-	
UD11083	<i>Aeromonas hydrophila</i>	<i>Photobacterium damsela</i>	<i>Shewanella putrefaciens</i>	<i>Pantoea spp.</i> ; <i>Citrobacter freundii</i>	muscolo: <i>Shewanella putrefaciens</i>	-	-	-	-	-	
UD11226									-		effettuato
UD11227									-		effettuato

Tab. 16 – Risultati ottenuti presso l'IZS delle Venezie - Sezione di Udine

Eseguendo un protocollo non in uso presso il dipartimento MAPS, che è stato messo a punto per la determinazione delle sostanze inibenti in matrici organiche (secondo quanto previsto dal D.M. 26/03/1992 che recepisce la Decisione CEE 91/180), 5 campioni (5/13, 38,4%) di fegato di soggetti appartenenti al gruppo di spiaggiamento di Grado hanno prodotto aloni di inibizione >2 mm, quindi analisi positiva. In seguito alla lettura dei risultati, è stato chiesto alla dr.ssa Cocchi di analizzare, con la stessa metodica, campioni di fegato provenienti dal gruppo degli spiaggiati di Grado (10 esemplari) e dal gruppo degli spiaggiati di Porto Garibaldi (4 esemplari) analizzati presso il dipartimento BCA: dei 14 soggetti totali ben 7 (7/14, 50%) hanno prodotto esito positivo.

Anche dai referti dei 12 soggetti analizzati dalla dr.ssa Silva Rubini dell'IZS della Lombardia e dell'Emilia Romagna si ricava che le lesioni macroscopiche presenti in modo più consistente erano edemi generalizzati, soprattutto a livello di muscoli pettorali e della

regione sottocutanea del collo (4/12, 33,3%), versamento ematico nel sacco pericardico (4/12, 33,3%) e congestione dei visceri, in particolare a carico di mucosa intestinale, fegato e milza (4/12, 33,3%). Complessivamente, le lesioni da alterata permeabilità vasale si rilevano

Dott.ssa Rubini IZS Ferrara				
ID	data arrivo	SESSO	MACRO	ESAMI
sogg. 1	21-ott	F	edema generalizzato tessuti; intestino: aree congeste. Alimento: sì, in tutto il tratto	
sogg. 2	21-ott	M	organi interni: congestione generalizzata; cuore: emopericardio; stomaco: congestione mucosa; alimento: sì, tratti medio e terminale	
sogg. 3	21-ott	F	bocca: fuoriuscita di sangue; cav. celomatica: congestione della parete e degli organi; fegato: congestione; glottide: edema e congestione; stomaco: nematodi++, intestino: ispessimento a tratti	
sogg. 4	21-ott		sottocute: edema; muscoli: edema; intestino: anse dilatate; milza: congestione; glottide: edema; trachea: congestione. Alimento: sì in tutto il tratto intestinale.	
sogg. 5	21-ott	M	sottocute: edema zona del collo, lussazione temporo-mandibolare; Alimento: sì, in stomaco e intestino (pesci e mitili)	
sogg. 1	22-ott	F	frattura carapace	
sogg. 2	22-ott	M	frattura carapace; ematoma corrispondente; sangue in cavità buccale	
sogg. 1	25-ott	F	ematoma faccia ventrale destra del piastrone; stomaco: vuoto; alimento: tratto terminale intestino	
sogg.2	25-ott	M	frattura del carapace, ematoma piastrone; cav. celomatica: sangue; frattura dell'arto posteriore sinistro con ematoma.	virologico (M.E.): neg
sogg. 1	04-nov	M	ematoma arto post sinistro; edema gola e ematoma; ematoma piastrone; contusione e ematoma area scapolare; emopericardio. Alimento: sì in tutto il tratto intestinale.	
sogg. 2		F	ematoma piastrone e sottocute corrispondente; emopericardio e congestione tessuto cardiaco;	
sogg. 3		F	cavità celomatica: sangue; ematoma regione scapolare; emopericardio; stomaco: nematodi; alimento sì , in tutto il tratto intestinale	
Dott.ssa Massi IZS Forlì				
1			lesione traumatica regione collo; fuoriuscita sangue da bocca; sangue piceo a livello cardiaco	Batteriologico fegato e polmoni: <i>Gemella morbillorum</i>
2			Apparato gastroenterico vuoto	
3		M	edema crepitante sottocutaneo; fango nero nello stomaco	
4			lesione traumatica a testa con fuoriuscita di sangue da bocca	
5			lesione traumatica regione del collo; edema del collo; tamponamento cardiaco	
Dott. Perugini IZS Umbria e Marche				
1			sottocute: emorragie e raccolte ematiche nell'area giugulare e base del collo; cav. celomatica: coagulo ematico; intestino: grave enterite emorragica; raccolta ematica a carico arto sinistro; stomaco: mucosa congesta e pliche ipertrofiche, contenuto composto da sangue digerito e parassiti	
			Esami tossicologici: cadmio: 0,014 mg/kg MUSC - 0,485 mg/kg FEGATO; piombo: 0,020 mg/kg MUSC - 0,046 mg/kg FEGATO. Pesticidi, carbammati, metaldeide e stricnina non rilevati	

Tab. 17 – Risultati degli esami effettuati presso l'IZSLER di Ferrara, Forlì e l'IZSUM di Tolentino

a carico di 8 soggetti su 12 (8/12, 66,7%). Considerandoli nel loro insieme, 8 soggetti esaminati a Ferrara avevano almeno 1 lesione simile a quelli esaminati a Padova (8/12, 66,7%) e 7 soggetti ne avevano almeno 2 contemporaneamente (7/12, 58,3%).

Dagli esiti delle necrosopie effettuate dalla dr.ssa Massi emerge che 3 dei 5 soggetti esaminati (3/5, 60%) presentavano ferite a livello di testa e collo; inoltre, in 2 soggetti era presente versamento pericardico (2/5, 40%), mentre un soggetto presentava edema nella regione sottocutanea del collo (1/5, 20%). Per quanto riguarda le indagini batteriologiche, in 1 soggetto è stato isolato *Gemella morbillorum* in fegato e polmoni.

Il soggetto esaminato dal dott. Perugini e dal dott. Gavaudan era caratterizzato dalle medesime lesioni degli animali esaminati al dipartimento di BCA, con presenza di edema emorragico a carico del sottocute nella regione ventrale del collo e nella regione giugulare, versamento emorragico in cavità celomatica, grave enterite emorragica e congestione della mucosa gastrica.

In questo soggetto sono stati eseguiti esami tossicologici per la presenza di cadmio e piombo in campioni di muscolo e fegato, che sono risultati sovrapponibili ai valori ottenuti nei campioni analizzati dal dipartimento BCA (cadmio, muscolo: 0,014 vs 0,02 mg/kg, fegato: 0,485 vs 0,76 mg/kg; piombo, muscolo: 0,020 mg/kg vs SLR, fegato: 0,046 vs 0,09 mg/kg). Sono inoltre state ricercate tracce di pesticidi, carbammati, metaldeide e stricnina, con esito negativo.

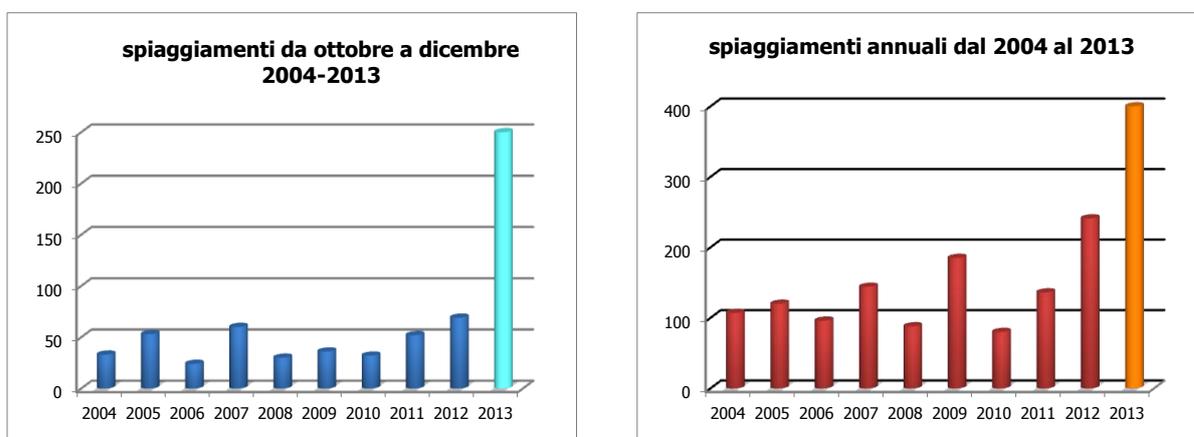
## 9.9 ANALISI IN FIERI

- ✓ analisi genetiche
- ✓ scheletrocronologia
- ✓ approfondimento tossicologico
- ✓ analisi biologica e tossicologica dei contenuti gastrici
- ✓ analisi del contenuto in minerali
- ✓ ricerca plastiche e microplastiche
- ✓ analisi degli isotopi stabili

## 10. DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Considerando la multidisciplinarietà dell'azione con cui è stata affrontata la morte di 300 esemplari di *Caretta caretta*, i dati ottenuti sono molti e variamente incrociati tra di loro.

Cominciando dall'analisi dei dati biometrici e per meglio comprendere l'eccezionalità dell'evento, è utile confrontare i dati ottenuti dallo spiaggiamento con quelli dell'archivio spiaggiamenti della Rete Regionale per la Conservazione e la Tutela delle Tartarughe Marine dell'Emilia Romagna e delle Marche: in Emilia Romagna, infatti, si è spiaggiata la maggior parte delle carcasse (ben 259 su 300, pari al 86,3%) e questa è anche la Regione che più attentamente registra da molti anni il passaggio di tartarughe marine, vive e morte, sulle sue coste. Confrontando quindi i dati del 2013 con quelli dei 10 anni precedenti, si osserva subito che la mortalità recente è ben 2,7 volte maggiore rispetto alla media calcolata sui 10 anni, mentre arriva ad essere 6,5 volte maggiore considerando solo la media del periodo ottobre-dicembre.



Graf. 13 e 14 – Andamento degli spiaggiamenti di tartarughe marine lungo le coste dell'Emilia Romagna e delle Marche durante gli ultimi 10 anni: a destra da ottobre a dicembre, a sinistra su base annua

Per quanto riguarda il Veneto, non si è ancora costituita una vera e propria Rete Regionale ma, in collaborazione con il Coordinamento del WWF, il dipartimento BCA esegue da diversi anni le indagini necroscopiche sulle tartarughe spiaggiate morte sulle coste venete. Progressivamente negli anni il numero di necroscopie aumenta, data la sempre maggiore quantità di persone coinvolte, e attualmente la media di esemplari spiaggiati morti sulle coste venete si aggira attorno ai 35 soggetti; nel periodo ottobre-dicembre il numero di

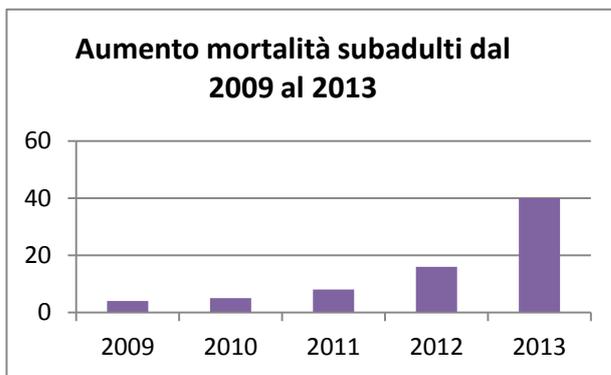
soggetti analizzati è molto variabile: 6 nel 2009, 3 nel 2010, 0 nel 2011 e 8 nel 2012. I 5 soggetti del 2013, quindi, sono in linea con la media degli ultimi 5 anni.

In Friuli Venezia Giulia invece mancava finora un'istituzione che si occupasse in modo organico della raccolta dei dati riguardanti le tartarughe marine e lo spiaggiamento anomalo dell'anno scorso è stata l'occasione per la creazione della Rete Regionale del Friuli Venezia Giulia. Gli esperti della Riserva Naturale Marina di Miramare del WWF di Trieste riferiscono una media di circa 10 casi l'anno di ritrovamento di *Caretta caretta* spiaggiate morte lungo le coste regionali, che porta i 36 soggetti dello spiaggiamento anomalo ad un aumento di spiaggiamento di più del 300%.

Considerando queste percentuali, si escludono quindi le cause accidentali di pesca per una mortalità così elevata nel breve periodo, considerando anche che lo sforzo di pesca è rimasto costante negli ultimi anni e che la presenza di una lenza con amo è stata rinvenuta in un solo soggetto (ID 56330) su 59 esaminati, mentre presumibili lesioni traumatiche sono state segnalate dalla dr.ssa Rubini in 4 soggetti su 12 (4/12, 33,3%).

Per quanto invece riguarda i siti di spiaggiamento e quindi, di riflesso, l'ipotesi che si tratti di un unico gruppo di animali (ipotesi difficile da giustificare considerato il carattere solitario della tartaruga marina e la differenza di taglia degli animali spiaggiati), è da porre l'attenzione sull'andamento della combinazione di venti e correnti verso la fine di ottobre 2013. In quel periodo ci fu un cambiamento della direzione dei venti, fatto anomalo per la stagione: smise la Bora (vento che soffia da nord-est) e ci furono intense raffiche di Scirocco (vento che soffia da sud-est verso nord). Il vento condizionava così le correnti marine (vedi cap. 3 pag. 31), che si dirigevano da sud verso nord all'interno del Golfo di Trieste, trasportando potenzialmente sulle spiagge di Grado animali morti in altri luoghi. Questo non solo consolida l'idea che le diverse ondate di spiaggiamento appartengano ad un unico gruppo di animali, ma da anche ipoteticamente una posizione presunta e molto ampia da cui siano partite le carcasse. L'esame degli isotopi stabili, assieme all'esame biologico dei contenuti stomacali, dovrebbe confermare l'ipotesi dell'unico gruppo di esemplari, dando contemporaneamente un'idea di che cosa le tartarughe marine stessero mangiando nel momento della morte. Altro dato, non da poco, da incrociare con questi ultimi due è la distribuzione in tutte le classi di taglia (e quindi di età) dei soggetti morti che permette di allontanare le ipotesi da una causa prettamente alimentare quale causa di morte (esemplari di taglia differenti hanno diverse tipologie alimentari) a cause di altra origine.

Per terminare le considerazioni riguardanti i dati biometrici, si nota come, nonostante la progressiva esperienza del dipartimento BCA in tema di necrosapie di tartarughe marine spiaggiate, in questo caso si ha una netta prevalenza delle femmine sui maschi (v. cap. 9, pag. 91); tuttavia, proprio per l'eccezionalità del caso e la ovvia impossibilità ad avere un campione numeroso, si ritiene il dato casuale. Il dato che, invece, lascia pensare è la grande maggioranza di animali subadulti (40-65 cm CCL): se da una parte questo dato conferma come fondamentale area di foraggiamento neritico il Mare Adriatico (e non molto, come è ovvio per le temperature), dall'altra parte rivela una popolazione non solo numerosa ma anche forte e solida di tartarughe marine in questo mare. In termini conservazionistici, tuttavia, la taglia dei subadulti è più importante di quella degli adulti: essi, infatti, hanno già superato le difficoltà incontrate nello stadio giovanile (predatori, fredde temperature,



Graf. 15 – Andamento della mortalità di soggetti subadulti negli ultimi cinque anni

ricerca di una zona di foraggiamento idonea), quindi hanno una maggiore aspettativa di vita e sono in procinto di raggiungere la maturità sessuale e quindi di perseguire la conservazione della specie. La morte di tanti soggetti subadulti andrà presumibilmente ad influire sulla stagione riproduttiva degli anni futuri; d'altra parte, come si nota

dal graf. 15, il progressivo aumentare del ritrovamento di carcasse di individui subadulti rivela una popolazione di *Caretta caretta* nel Mar Adriatico giovane e in attivo ricambio.

Riprendendo le considerazioni sull'ipotesi del gruppo unico, una strana omogeneità si osserva considerando lo stato di conservazione delle carcasse. Solitamente, le carcasse di tartaruga marina che arrivano a riva hanno subito diversi insulti di tipo ambientale (sole, mare, aria, acqua piovana) e biologici (pesci, crostacei, batteri): il loro stato di conservazione quindi è molto vario in considerazione della elevata eterogeneità dell'ambiente marino. Per quanto riguarda i soggetti dello spiaggamento anomalo, nonostante si siano spiaggiate in luoghi diversi, in tempi diversi, e siano state conservate in modo diverso prima di arrivare presso la Sala Necrosapie del dipartimento BCA, la maggior parte delle carcasse (50/59, 84,7%) erano in moderato stato di decomposizione (v. cap. 9, pag 91), mentre solo 4 erano mummificate (4/59, 6,8%) e, purtroppo, solo altre 5 erano in buone condizioni (5/59, 8,5%).

Parallelamente, tutti i soggetti erano in buono (43/59, 72,9%) o discreto (12/59, 20,3%) stato di nutrizione (v. cap. 9, pag 92) con presenza di abbondante quantità di grasso, oltre che nella zona ventrale caudale, anche nella zona inguinale sottocutanea e nello strato presente tra la parete della cavità celomatica e la volta del carapace; solo in 3 casi non è stato possibile valutare lo stato di nutrizione per cattiva conservazione (3/59, 5,1%). Il fegato nella maggioranza dei casi era compatto, untuoso e aumentato di volume, non del tutto a causa della diffusa e grave o gravissima congestione. La muscolatura natatoria di tutti i soggetti era abbondantemente sviluppata e trofica. In diversi casi si era osservata, durante le necrosopie, la presenza di contenuto alimentare nel tratto gastroenterico. Tutte queste osservazioni indicano una morte avvenuta in un breve lasso tempo, se non addirittura improvvisa.

Procedendo con l'analisi della tipologia e distribuzione delle lesioni osservate durante l'esecuzione delle necrosopie, si nota nuovamente una grande uniformità tra i soggetti dello spiaggiamento (v. cap. 9, pag 93), potendo ricondurre ad un quadro composto di sole 4 lesioni (edema emorragico dei muscoli pettorali, versamento in cavità celomatica e pericardica, grave enterite e congestione degli organi) le situazioni via via osservate, con varia manifestazione e gravità delle lesioni singole. Tutte queste lesioni si presentavano in modo variabile anche nei referti degli altri Enti, con l'osservazione di almeno 2 di queste lesioni contemporaneamente presenti in più del 50% dei soggetti analizzati al di fuori del dipartimento BCA.

Con le considerazioni precedenti (unico gruppo di animali, diversa taglia, omogeneo stato di conservazione, diffuso buono stato di nutrizione, morte improvvisa, omogeneità di lesioni), l'ipotesi della causa di morte si sposta su un fattore biologico (virus, batterio, alga tossica) o chimico (naturale o sintetico), soprattutto in virtù del fatto che tutte le lesioni anatomopatologiche osservate hanno come denominatore comune l'alterazione della permeabilità della membrana vasale.

Esclusi i virus a causa dei risultati negativi delle analisi (v. cap.9, pag. 115), l'attenzione si pone su *Photobacterium damsela* subsp. *damsela*, batterio più frequentemente isolato dai campioni prelevati dall'intestino prossimale durante le necrosopie sia presso il dipartimento BCA (5/20, 25%), che dalla dr.ssa Cocchi (2/8, 25%). Questo batterio opportunisto può provocare setticemia ed emolisi e produrre tossine citolitiche (*damselisina* -Dly-) quando colpisce nella sua forma più virulenta (vedi cap. 5 pag.

58), spiegando così le lesioni rinvenute durante le necrosopie. Essendo nel 10% dei casi (2/20) presente anche a livello intracardiaco, si conferma così la sua capacità setticemica in questo evento, pur rimanendo esso classificato come batterio opportunisto.

Restando nell'ambito della batteriologia, il dato che è sicuramente collegato all'azione del *Photobacterium d. damsela*, anche se purtroppo resta tuttora senza spiegazioni, è il riscontro di sterilità a livello intestinale in ben il 61% dei soggetti esaminati (11/18, 61,1%) presso il dipartimento BCA: anche dopo diversi giorni, infatti, non era possibile osservare sugli appositi terreni e nelle diverse condizioni di coltura la crescita di alcun genere di batterio.

Escludendo infine la presenza di *Proteus* spp. (4/21, 19%) dovuto a contaminazione ambientale, nel complesso la presenza di batteri nei campioni tratti dalle necrosopie è molto bassa: in particolare, la presenza di batteri veramente patogeni per i rettili in generale, e quindi anche per le tartarughe marine, si riduce a 1 isolamento di *Enterobacter* sp. (1/19, 5,3%) nel sangue intracardiaco e 1 isolamento di *Burkholderia* spp. (1/18, 5,5%) da campione intestinale. Situazione sovrapponibile ma senza rilievo di sterilità intestinale si evince dai referti dell'IZSVE di Udine, con presenza di *Photobacterium damsela* in 2 soggetti (2/10, 20%) con comportamento prettamente setticemico in 1 dei due casi (isolamento da sangue, polmone e cervello); gli altri batteri, riscontrati in percentuali comunque molto basse, sono variamente di contaminazione ambientale con rarissime eccezioni (v. cap. 9, pag. 116).

Si può quindi concludere, analizzando questi dati, che non è stata una infezione batterica specifica la causa della morte di massa di così tanti animali e il punto nodale della questione resta la ricerca di cosa ha indotto la sterilizzazione dell'intestino delle tartarughe marine, rendendo in seguito possibile lo sviluppo dell'opportunisto *Photobacterium damsela* subsp. *damsela* con la sua attività di interferenza sulla permeabilità di membrana.

Riprendendo nuovamente il concetto del gruppo unico, ancora una volta la spiegazione più probabile è quella di un'area di mare in cui un ammassamento di animali casualmente presente (per cause da discutere, v. oltre) abbia incontrato in modo repentino la causa della morte.

Rivolgendosi quindi ad altri eventuali agenti patogeni e, in modo più concreto, alla presenza di eventuali elementi chimici (naturali o sintetici) che potessero dare una spiegazione alla sterilità intestinale, si sono esclusi innanzitutto lieviti, muffe e microalghe dall'assenza di crescita negli appositi terreni.

Rimanendo nel campo biologico, sono state escluse per gli esiti negativi delle analisi chimiche condotte sia a Udine che a Ferrara le biotossine algali note, in quanto patogene per l'uomo. Resta da considerare, tuttavia, che le biotossine algali con cui possono venire a contatto le tartarughe marine sono anche, potenzialmente, prodotte da alghe presenti nei fondali dove loro si nutrono e che non sono note al mondo scientifico. Ci si è quindi interrogati sull'identificazione delle "morule" riscontrate durante l'esame coprologico dei soggetti di Grado. Anche in questo caso, purtroppo, nonostante il coinvolgimento di diversi esperti dell'ambiente marino, non è stato possibile identificare la natura di quelle entità, anche se ci è stato riferito che non si tratta di cianobatteri, microalghe o forme cistiche di resistenza di amebe. Tuttavia, considerato che sono state osservate solo in un gruppo limitato di soggetti, tutti appartenenti allo stesso gruppo di spiaggiamento (Grado), pur essendo presenti in percentuale elevata (7/10, 70%) non possono essere considerate quale causa della morte di tutti i 300 animali spiaggiati tra ottobre e dicembre 2013. Si lascia, quindi, a successive ricerche la possibile determinazione della loro reale natura.

Passando allora alle componenti chimiche già note per essere causa di mortalità, o perlomeno di influenzare negativamente la fisiologia delle tartarughe marine (v. cap. 4, pag. 40), sono stati considerati gli elementi di maggiore inquinamento ambientale nei mari: accumuli di metalli pesanti e di POPs. Purtroppo, in questo campo la letteratura non è di conforto, dato che i valori che se ne evincono per avere dei parametri di riferimento sono prettamente di visione ambientale (tartaruga marina come animale sentinella) e poco o niente è riportato sugli aspetti veterinari del loro accumulo in esseri viventi. Quando presenti, i lavori si concentrano perlopiù su ripercussioni sulla fisiologia/immunologia degli animali vivi, senza peraltro produrre dati con una compattezza sufficiente a fornire degli intervalli di riferimento. Oltretutto, frequentemente le analisi tossicologiche non sono eseguite con le stesse metodiche, influenzando così notevolmente i valori prodotti e creando spesso difficoltà nell'uniformare i dati. Quando, invece, ci sono lavori svolti su animali morti, nessun accenno viene fatto per quanto riguarda eventuali lesioni anatomopatologiche e men che meno istologiche.

Nel nostro caso, ad ogni modo, non sono stati evidenziati picchi di accumulo di alcuna sostanza particolare, né fra i metalli pesanti (anzi, i valori sono risultati lievemente minori delle medie) e nemmeno nell'ampio campo dei PCB e DDT. Unica eccezione il rame, che ha ottenuto valori lievemente maggiori delle medie in muscolo e fegato, molto probabilmente

per questioni legate al tipo di alimentazione, dal momento che questo metallo si concentra in crostacei e altri componenti della fauna bentonica del nostro mare, di cui si cibano le *Caretta caretta*.

Riprendendo quindi le fila delle indagini ai fini di scoprire la causa di morte dei 300 esemplari di *Caretta caretta* nell'Alto Mar Adriatico, resta ancora valida l'ipotesi di un eventuale composto chimico, di origine biologica (alga tossica sconosciuta?) o chimica (inquinante ambientale?) che in modo diretto o indiretto, cioè attraverso la sterilità dell'intestino e la successiva sovracrescita di *Photobacterium damselae* subsp. *damselae*, ha indotto una profonda alterazione della permeabilità vasale, portando a morte le tartarughe marine per collasso cardio-circolatorio.

Per quanto riguarda l'impatto antropico nell'Alto Mare Adriatico, un grosso punto di domanda resta sugli effetti concreti dell'impianto di rigassificazione e delle prospezioni soniche dei fondali marini.

Per quanto riguarda il primo, ben si conoscono e si studiano gli effetti che grandi volumi di acqua fredda ed elevati livelli di cloro (seppur entro i limiti di legge) hanno sull'ecosistema marino. Tuttavia, non solo non sono noti gli effetti biochimici e fisiologici del cloro sulle tartarughe marine, ma se dovessimo basarci sugli effetti del cloro sui mammiferi (ulcere da contatto su mucose o cute, stomatiti-gastriti-enteriti da contatto o in fase cronica, alterazione della funzionalità renale), non ce n'è stata l'evidenza in sala necroscopia. Ci si aspettava, infatti, una eventuale serie di lesioni nei tratti digerente e respiratorio o a carico della mucosa oculare riferibili al contatto con alte concentrazioni di cloro, dato che la morte degli animali è stata improvvisa. E in ogni caso, non si ha rilievo da parte degli organi ufficiali di un eventuale picco di cloro durante il normale controllo delle acque nelle zone ampiamente circostanti il rigassificatore.

Per quanto invece riguarda le prospezioni soniche che si erano svolte nelle acque croate durante i mesi precedenti l'inizio della mortalità di massa, anche in questo caso non c'è stata alcuna evidenza di lesioni riportabili ad eventuali (quanto improbabili da letteratura, vedi cap. 4, pag. 50) impatti diretti sull'organo acustico delle tartarughe. E' probabile, invece, che la rumorosità degli *air guns* abbiano disturbato la normale popolazione presente nelle acque croate inducendone uno spostamento verso ovest.

La presenza di un ammassamento di tartarughe nella zona centrale del Nord Adriatico parrebbe essere la motivazione del perché così tanti animali abbiano trovato la

morte in un tempo pressoché contemporaneo. Non è normale, da quanto noto finora, trovare grandi gruppi di tartarughe in aree di mare circoscritte; tuttavia, voci di esperti biologi e veterinari che frequentano le acque del Golfo di Trieste riportano che all'inizio dell'autunno si verifica una specie di ammassamento nel Golfo di Trieste un po' come avviene per gli uccelli in fase premigratoria: una volta riunito il gruppo, migrano tutti assieme verso lidi più caldi (in questo caso verso il Mare Adriatico del Sud o il Mar Mediterraneo). Potrebbe essere che, complice un insieme di fattori, si sia formato un gruppo di tartarughe marine in attesa di migrare a sud proprio nella zona in cui avrebbero poi trovato la morte: il lieve permanere delle temperature miti nelle acque al Nord, le prospezioni soniche a est e l'acqua fredda del rigassificatore (assieme alle probabili aree anossiche) a ovest possono aver concentrato le tartarughe in un'area di sconosciute dimensioni attorno indicativamente al centro del Mar Adriatico del Nord.

Possono i corpuscoli osservati all'esame istologico, poi ribattezzati macchie all'esame TEM ed ESEM, avere qualcosa a che fare con la causa di morte delle 300 tartarughe marine? La natura dei corpuscoli-macchie non è ancora stata chiarita, anche se ricordano a grandi linee gli ammassi proteici che si osservano nei tessuti decidui (per es.: l'endometrio uterino) dei mammiferi e si è riscontrata una seppur minima differenza proprio nel contenuto in azoto fra il corpuscolo-macchia e l'ambiente circostante, per quanto tissutale. Le considerazioni più interessanti da fare sulla loro presenza riguardano la distribuzione all'interno dell'organismo e all'interno dei singoli tessuti (v. cap.9, pag. 100). E' curioso, in effetti, che gli organi con la maggior frequenza di corpuscoli-macchie siano intestino (50% sugli esami istologici eseguiti), milza (42,3%) e timo (23,1%), seguiti dal fegato (19,2%). Si potrebbe inizialmente pensare ad una eventuale via di entrata alimentare o ad un primo sito di formazione intestinale e che poi da qui, per diffusione e contiguità, i corpuscoli-macchie si siano successivamente diffusi a milza e fegato. Ma la loro presenza nel timo, organo molto distante dai siti appena citati e unico altro organo linfoide oltre alla milza, e la loro localizzazione nei pressi e dentro i vasi sanguigni, oltre che nello spessore della parete nell'atto di attraversarla (v. foto 38, cap. 9, pag. 99), ne fanno degli elementi non amorfi e casuali. Resta, purtroppo, irrisolto non solo il quesito sulla loro origine, ma anche la loro eventuale correlazione a sterilità intestinale e *Photobacterium damsela* subsp. *damsela*.

Concludendo, nonostante l'evento spiaggiamento anomalo abbia lasciato più domande che risposte, il fenomeno ha avuto l'enorme importanza di evidenziare, a causa dell'elevato numero di tartarughe spiaggiate e dell'appartenenza di queste ad un'unica specie, *Caretta caretta*, che il Mare Adriatico sia un luogo molto frequentato da questi animali e che è molto importante continuare studi e approfondimenti su questa particolare realtà che ha caratteristiche proprie molto diverse da tutti gli altri bacini del Mar Mediterraneo come *habitat* delle tartarughe marine.



## 11. BIBLIOGRAFIA

1. Lutz P.L., Musick J.A. 1996. The biology of sea turtles, CRC Press, Florida USA, pp.1-25
2. Mingozi T., Masciari G., Paolillo G., Pisani B., Russo M., Massolo A. 2007. Discovery of a regular nesting area of loggerhead turtle *Caretta caretta* in southern Italy: a new perspective for national conservation. *Biodiversity conservation*, 16:3519-3541
3. Lescure J. 2001. Les tortues marines: biologie et status. Proceedings from 1st Mediterranean Conference on Marine Turtles, Rome, 24-28 ottobre 2001
4. Casale P., Nicolosi P., Freggi D., Turchetto M., Argano R. 2003. Leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*) in Italy and in the Mediterranean basin. *Herpetological journal*, 13:135-139
5. Mo G., Montalto F., Serangeli M.T., Duprè E., 2013. Linee guida per il recupero, soccorso, affidamento e gestione delle tartarughe marine ai fini della riabilitazione e per la manipolazione a scopi scientifici. ISPRA
6. Bonin F., Devaux B., Dupré A. 2006. Turtles of the world. Ed. A & C Black, London, pp. 184-200
7. Kasperek M., Godley B., Broderick A. 2001. Nesting of the Green turtle, *Chelonia Mydas*, in the Mediterranean: a review of status and conservation needs. *Zoology on the middle east*, 24:45-74
8. Lazar B., Casale P., Tvrtkovic N., Kozul V., Tutman P., Glavic N. 2004. The presence of the green sea turtle, *Chelonia mydas*, in the Adriatic sea. *Herpetological journal*, 14:143-147
9. Margaritoulis D., Rees A.F. 2003. Loggerhead nesting effort and conservation initiatives at the monitored beaches of Greece during 2002. *Marine turtle newsletter*, 102:11-13

10. Piano d'azione per la conservazione delle tartarughe marine. Ministero dell'ambiente, tutela del territorio e del mare, 2009
11. Spotila J.R. 2004. Sea turtles: a complete guide to their biology, behavior, and conservation. Ed. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, pg. 240
12. U.S. Fish and Wildlife Service (USFWS) 1998. Multi-species recovery plan for the threatened and endangered species of South Florida. Technical/Agency draft, U.S. Fish and Wildlife service, Atlanta, GA. Van Meter, V.B. 1983. Florida's sea
13. Lohmann K.J., Lohmann C.M.F. 1994. Acquisition of magnetic directional preference in hatchling Loggerhead sea turtle. *The Journal of experimental biology*, 190:1-8
14. Lohoman K.J., Lohomann C.M.F. 1996. Orientation and open-sea navigation in sea turtles. *The Journal of experimental biology*, 199:73-81
15. Luschi P., Hays G.C., Papi F. 2003. A review of long distance movements by marine turtles, and the possible role of ocean currents. *Oikos*, 103:293-302
16. Bowen B., Bass L.A., Chow S., Bostrom M., Bjorndal K.A., Bolten A.B., Okuyama T., Bolker B.M., Epperly S., Lacasella E., Shaver D., Dodd M., Hopkins-Murphy S.R., Musick S.A., Swingle M., Rankin-Baransky K., Teas W., Witzell W.N., Dutton P.H. 2004. Natal homing in juvenile loggerhead turtles (*Caretta caretta*). *Molecular Ecology*, 13:3797-3808
17. Avens L., Braun-McNeill J., Epperly S., Lohmann K.J. 2003. Site fidelity and homing behavior in juvenile loggerhead turtles. *Marine biology*, 143:211-220
18. Papi F., Luschi P., Akesson S., Capogrossi S., Hays G.C. 2000. Open-sea migration of magnetically disturbed sea turtles. *The journal of experimental biology*, 203:3435-3443

19. Avens L., Lohmann K.J. 2003. Use of multiple orientation cues by juvenile loggerhead sea turtles *C. caretta*. *The journal of experimental biology*, 206:4317-4325
20. Miller J.D. 1996. Reproduction in sea turtles. In: Lutz P.L., Musick J.A. eds., *The biology of sea turtle*, CRC Press, Florida USA, pp. 51-81
21. Wyneken J. 2001. *The anatomy of sea turtles*, U.S. Department of Commerce NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-470, pp. 1-172
22. Nielsen K.S., Fange R. 1958. Salt glands in marine reptiles. *Nature*, 182:783-785
23. Linee guida per il recupero, soccorso, affidamento e gestione delle tartarughe marine ai fini della riabilitazione e per la manipolazione e il rilascio a scopi scientifici, ICRAM, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del territorio e del mare, 2007
24. Manuale per la gestione dei Siti Natura 2000, Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio, Direzione protezione della natura
25. Casale P., Mazaris A., Freggi D., Vallini C., Argano R. 2009. Growth rates and age at adult size of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) in the Mediterranean Sea, estimated through capture-mark-recapture records. *Scientia Marina*, 73:589-595
26. Laurent L., Casale P., Bradai M.N., Godley B.J., Gerosa G., Broderick A.C., Schroth W., Schierwater B., Levy A.M., Freggi D., Adb El-Mawla E.M., Hadoud D.A., Gomati H.E., Domingo M., Hadjichristophorou M., Kornaraky L., Demirayak F., Gautier C. 1998. Molecular resolution of marine turtle stock composition in fishery bycatch: a case study in the Mediterranean. *Molecular Ecology*, 7:1529-1542
27. Casale P., Freggi D., Basso R., Vallini C., Argano R. 2007. A model of area Fdelity, nomadism, and distribution patterns of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) in the Mediterranean Sea. *Marine biology*, 152:1039–1049

28. Casale P., Freggi D., Basso R., Argano R. 2005. Oceanic habitats for Loggerhead turtle in the Mediterranean Sea. *Marine Turtle Newsletter*, 107:10-11
29. Bradai M.N., Bentivegna F., Jribi I., Ouaer A., Maatoug K., Abed A. 2005. Monitoring of a loggerhead sea turtle, *Caretta caretta*, in the central Mediterranean via satellite telemetry. Proceedings of the 2nd Mediterranean conference on marine turtles, Kemer, Turkey, 4-7 may 2005
30. Margaritoulis D. 2001. The status of marine turtles in the Mediterranean. Proceedings of the 1st Mediterranean conference on marine turtles, Roma, 24-28 ottobre 2001
31. Luschi P., Affronte M., Freggi D., Lazar B., Mencacci R., Meschini P., Scaravelli D., Sirna R., Casale P. 2011. Variability in movement patterns of immature Mediterranean loggerheads. Proceedings of the 4th Mediterranean Conference on marine turtle, Naples, 7-10 novembre 2011
32. Carreras C., Pont S., Maffucci F., Pascual M., Barcelo A., Bentivegna F., Cardona L., Alegre F., SanFelix M., Fernandez G., Aguilar A. 2006. Genetic structuring of immature loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) in the Mediterranean Sea reflects water circulation patterns. *Marine biology*, 149:1269-1279
33. Bentivegna F. 2002. Intra-Mediterranean migrations of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) monitored by satellite telemetry. *Marine biology*, 141:795–800
34. Lazar B., Margaritoulis D., Tvrtkovic N. 1998. Migrations of the loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) into the Adriatic sea. Proceedings of the 18th International Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation, Mazatlan, Sinaloa, Mexico 3-7 marzo 1998
35. Lazar B, Tvrtkovic N. 2001. Corroboration of the critical habitat hypothesis for the Loggerhead sea turtle *Caretta caretta* in the eastern Adriatic sea. Proceedings of the 1st Mediterranean conference on marine turtles, Rome, 24-28 ottobre 2001

36. Lazar B., Zavodnik D., Grbac I., Tvrtkovic N. 2000. Diet Composition of the Loggerhead Sea Turtle, *Caretta caretta*, in the Northern Adriatic Sea: A Preliminary Study. Preceedings of the 20th Annual Sea Turtle Symposium, Orlando, Florida, USA 29 feb.-4 marzo 2000
37. Bjorndal K.A. 1997. Foraging ecology and nutrition of sea turtles. In: Lutz P.L., Musick J.A. eds., The biology of sea turtle, CRC Press, Florida USA, pp. 199-231
38. Moretto D. 2013. Ecologia trofica di *Caretta caretta*: analisi di contenuti stomacali di individui spiaggiati lungo la costa adriatica veneta. Tesi di laurea in Scienze ambientali, Università degli Studi di Venezia
39. Casale P. 2008. Incidental catch of marine turtles in the Mediterranean sea: captures, mortality, priorities. Mediterranean Marine Turtle Programme, WWF Italy, Rome
40. Casale P., Laurent L., De Metrio G. 2004. Incidental capture of marine turtles by the Italian trawl fishery in the north Adriatic Sea. Science direct, 119:287-295
41. Lewison R., Crowder L. 2007. Putting Longline Bycatch of Sea Turtles into Perspective. Society for conservation biology, 21:79-86
42. Casale P. 2011. Sea turtle by-catch in the Mediterranean. Fish and fisheries, 12:299-316
43. Casale P., Cannavò G. 2001. When a Turtle is Worth a Hook. Marine Turtle Newsletter, 101:28
44. D'Ilio S., Mattei D., Blasi M., Alimonti A., Bogialli S. 2011. The occurrence of chimica elements and POPs in loggerhead turtle (*Caretta caretta*): An overview. Marine Pollution Bulletin, 62:1606-1615

45. Lazar B., Maslov L., Herceg Romanić S., Gračan R., Krauthacker B., Holcer D., Tvrtkovic N. 2011. Accumulation of organochlorine contaminants in loggerhead sea turtles, *Caretta caretta*, from the eastern Adriatic Sea. *Chemosphere*, 82:121-129
46. Keller J.M., Kucklick J., Stamper M.A., Harms C.A., McClellan-Green P.D. 2004. Association between Organochlorine Contaminant Concentrations and Clinical Health Parameters in Loggerhead sea turtles from North Carolina, USA. *Environmental Health Perspectives*, 112:1074-1079
47. Keller J.M., McClellan-Green P., Kucklick J., Keil D., Peden-Adams M. 2006. Effects of Organochlorine Contaminants on Loggerhead Sea Turtle Immunity: Comparison of a Correlative Field Study and In Vitro Exposure Experiments. *Environmental Health Perspectives*, 114:70-7
48. Camiñas J.A. 2004. Sea turtle of the Mediterranean sea: population dynamics, sources of mortality and relative importance of fisheries impacts. Paper presented at the Expert Consultation on interaction between sea turtles and fisheries within an ecosystem context, Rome 9-12 Marzo 2004
49. Lazar B., Gračan R. 2011. Ingestion of marine debris by loggerhead sea turtles, *Caretta caretta*, in the Adriatic Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 62:43-47
50. Camedda A., Marra S., Matiddi M., Massaro G., Coppa S., Perilli A., Ruiu A., Briguglio P., de Lucia G.A. 2013. Interaction between loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) and marine litter in Sardinia (Western Mediterranean Sea). *Marine Environmental Research*, 30:1-8
51. Campani T., Bainsi M., Giannetti M., Cancelli F., Mancusi C., Serena F., Marsili L., Casini S., Fossi M.C. 2013. Presence of plastic debris in loggerhead turtle stranded along the Tuscany coasts of the Pelagos Sanctuary for Mediterranean Marine Mammals (Italy). *Marine Pollution Bulletin*, 74:225-230

52. Storelli M., Storelli A., D'Addabbo R., Marano C., Bruno R., Marcotrigiano G.O. 2005. Trace elements in loggerhead turtles (*Caretta caretta*) from the eastern Mediterranean Sea: overview and evaluation. *Environmental pollution*, 135:163-170
53. Camacho M., Orós J., Boada L. D., Zaccaroni A., Silvi M., Formigaro C., López P., Zumbado M., Luzardo O.P. 2013. Potential adverse effect of inorganic pollutants on clinical parameters of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*): Results from a nesting colony from Cape Verde, West Africa. *Marine Environmental Research*, 92:15-22
54. Alfaro A., Kjøie M., Buchmann K. 2007. Synopsis of infections in sea turtles caused by virus, bacteria and parasites: an ecological review. in: *Proceedings of the 27<sup>th</sup> Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation*, February 22-27, 2007, Myrtle Beach, South Carolina, USA
55. Smith G.M., Coates C.W. 1938. Fibro-epithelial growth of the skin in large Green Turtles *Chelonia mydas* (L.). *Zoological*, 23:93-98
56. Huertas P., Pineda H., Aguirre A., Speaker T., Sarti L., Barragan A. 2002. First confirmed case of fibropapilloma in a leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*). *Proceedings of the 20<sup>th</sup> annual symposium on sea turtle biology and conservation*, Orlando, Florida, USA 29 feb.-4 marzo 2000
57. Herbst L.H. 1994. Fibropapillomatosis of Marine Turtles. *Annual review of fishes diseases*, 4:389-425
58. Coberley S.S. 2002. *The role of herpesviruses in marine turtle diseases*. University of Florida, USA
59. Mader D.R. 2006. *Reptile medicine and surgery*. W.B. Saunders Company, 2<sup>nd</sup> editions, California

60. Jacobson E.R., Gaskin J.M., Roelke M., Greiner E.C., Allen J. 1986. Conjunctivitis, tracheitis and pneumonia associated with Herpesvirus infection in Green sea turtles. *Journal of American Veterinary Medical Association*, 189:1020-3
61. Cabañes F.J., Alonso J.M., Castellá G., Alegre F., Domingo M., Pont S. 1997. Cutaneous Hyalohyphomycosis Caused by *Fusarium solani* in a Loggerhead Sea Turtle (*Caretta caretta*). *Journal of Clinical Microbiology*, 35:3343-3345
62. Sison T.M., Padilla M.A., Vizmanos M.Z., Follosco M. 1990. Isolation and identification of fungi in necrotic skin lesions of captive marine turtles (*Eretmochelys imbricate*). *Philippine journal of Veterinary Medicine*, 27:35-36
63. George R.H. 1997. Health problems and diseases of sea turtles. In: Lutz P.L., Musick J.A. eds., *The biology of sea turtles*, CRC Press, Florida USA, pp. 363-385
64. Manire C.A., Rhinehart H.L., Sutton D.A., Thompson E.H., Rinaldi M.G., Buck J.D., Jacobson E. 2002. Disseminated Mycotic Infection Caused by *Colletotrichum acutatum* in Kemp's Ridley Sea Turtle (*Lepidochelys kempi*). *Journal of clinical microbiology*, 40:4273-4280
65. Orós J., Arencibia A., Fernández L., Jensen H.E. 2004. Intestinal candidiasis in a loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*): an immunohistochemical study. *The Veterinary Journal*, 167:202-207
66. Zapata A.G., Varas A., Torroba M. 1992. Seasonal variation in the immune system of lower vertebrates. *Immunology today*, 13:142-144
67. Orós J., Torrent A., Calabuig P., Déniz S. 2005. Diseases and causes of mortality among sea turtles stranded in the Canary Island, Spain (1998-2001). *Diseases of aquatic organisms*, 63:13-24

68. Reinchenbach-Klinke H., Elkan E. 1965. The principal diseases of lower vertebrates. Diseases of reptiles. Academic Press, London
69. Roberts R.J. 2012. Fish Patology, 4<sup>th</sup> edition, Bailliere Tiddall, London
70. Orós J., Torrent A., Espinosa de los Monteros A., Calabuig P., Déniz S., Tucker S., Jacobson E.R. 2001. Multicentric Lymphoblastic Lymphoma in a Loggerhead Sea Turtle (*Caretta caretta*). Veterinary pathology, 38:464-467
71. Keymer I.F., Ridealgh D., Fretwell G. 1986. *Salmonella regent*: a new species associated with colitis in a Pacific hawksbill turtle (*Eretmochelys imbricata bissa*). In: Diseases of the reptilian. Edited by John E. Copper and Oliphant F. Jackson. Academic Press, p.186
72. Torrent A., Deniz S., Ruiz A., Calabuig P., Sicilia J., Oros J. 2002. Esophageal Diverticulum Associated with *Aerococcus viridans* Infection in a Loggerhead Sea Turtle (*Caretta caretta*). Journal of Wildlife Diseases, 38:221-223
73. Poppi L., Zaccaroni A., Pasotto D., Dotto G., Marcer F., Scaravelli D., Mazzariol S. 2012. Post-mortem investigation on a latherback turtle *Dermochelys coriacea* stranded along the Northern Adriatic coastline. Diseases of aquatic organisms, 100:71-76
74. López-Dóriga M.V., Barnes A.C., Dos Santos N.M.S., Ellis A.E. 2000. Invasion of fish epithelial cells by *Photobacterium damsela* subsp. *Piscicida*: evidence for receptor specificity, and effect of capsule and serum. Microbiology, 146:21-30
75. Raidal S.R., Ohara M., Hobbs R.P., Prince R. 1998. Gram-negative bacterial infections and cardiovascular parasitism in green sea turtles (*Chelonia mydas*). Australian Veterinary Journal, 76:415-417
76. Nardini G., Florio D., Giustinelli A., Quaglio F., Fiorentini L., Leopardi S., Fioravanti M.L. 2013. Mycobacteriosis in a loggerhead sea turtle (*Caretta caretta* – Linnaeus 1758): a case report. Journal of fish disease, 2013

77. Greer L.L., Strandberg J.D., Whitaker B.R. 2003. *Mycobacterium chelonae* osteoarthritis in a Kemp's Ridley sea turtle (*Lepidochelys kempii*). *Journal of wildlife disease*, 39:736-741
78. Valentine K.H., Harms C.A., Cadenas M.B., Birkenheuer A.J., Marr H.S., Braun-McNeill J., Maggi R.G., Breitschwerdt E.B 2007. *Bartonella* DNA in Loggerhead Sea Turtles. *Emerging Infectious Diseases*, 13:949-950
79. Santoro M., Vasquez C.M.O., Hernandez Gomez G. 2003. Nasal and cloacal bacterial normal flora in Olive Ridley turtles (*Lepidochelys olivacea*) in the Pacific North from Costa Rica. *Proceedings of the 23<sup>rd</sup> International Symposium on Sea Turtle biology and conservation*, Kuala Lumpur, Malaysia 17-21 marzo 2003
80. Foti M., Giacopello C., Bottari T., Fisichella V., Rinaldo D., Mammina D. 2009. Antibiotic resistance of Gram-negatives isolates from Loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) in the central Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 58:1363-1366
81. Piñera-Pasquino L. 2006. Patterns of antibiotic resistance in bacteria isolated from marina turtles. Master in scienze ambientali, Università di Padova
82. Strategia per l'ambiente marino, Valutazione iniziale sottoregione Mar Adriatico, caratteristiche fisiche, 2012, ISPRA
83. Daszak P., Berger L., Cunningham A.A., Hyatt A.D., Green D.E., Speare R. 1999. Emerging infectious diseases and amphibian populations decline. *Emerging Infectious Diseases*, 5:735-748
84. Johnson A.J., Pessier A.P., Wellehan J.F.X., Childress A., Norton T.M., Stedman N.L., Bloom D.C., Belzer W., Titus V.R., Wagner R., Brooks J.W., Spratt J., Jacobson E.R. 2008. *Ranavirus* infection of free-ranging and captive box turtle and tortoises in United State. *Journal of Wildlife diseases*, 44:851-863

85. Miller D.L., Ranaviral disease pathology and physiology, Center for Wildlife Health and Department Biomedical and Diagnostic Sciences, University of Tennessee, Knoxville, USA
86. Johnson A.J. 2006. *Iridovirus* infections in captive and free-ranging chelonians in United State. University of Florida, USA 2006
87. Gray M.J., Miller D.L., Hoverman J.T. 2009. Ecology and pathology of amphibian *ranavirus*. *Diseases of aquatic organisms*, 87:243-266
88. Badillo F.J., Aznar F.J., Tomàs J., Raga J.A. 2001. Epibiont fauna of *Caretta caretta* in the Spanish Mediterranean, in: Proceedings of the 1st Mediterranean conference on marine turtles, Rome 24-28 ottobre 2001
89. Frick M.G., Pfaller J.D. 2013. Sea turtle epibiosis. In: Wyneken J., Lohmann K.J., Musick J.A. eds., *The biology of sea turtle*, vol III, CRC Press, Boca Raton, Florida, pp.399-426
90. Greiner E.C. 2013. Parasites of marine turtles. In: Wyneken J., Lohmann K.J., Musick J.A. eds., *The biology of sea turtle*, vol III, CRC Press, Boca Raton, Florida, pp.427-446
91. Gračan R., Buršić M., Mladineo I., Kučinić M., Lazar B., Lacković G. 2012. Gastrointestinal helminth community of loggerhead sea turtle *Caretta caretta* in the Adriatic Sea. *Disease of aquatic organisms*, 99:227-236
92. Orós J., Calabuig P., Deniz S. 2004. Digestive pathology of sea turtles stranded in the Canary Island between 1993 and 2001. *Veterinary Record*, 155:169-174
93. Badillo F.J., Raga J.A. 1996. Intestinal helminths of the loggerhead sea turtle, *Caretta caretta* (Linnaeus, 1758) in western Mediterranean. *Parassitologia*, vol.38, n°1-2
94. Badillo F.J. 2007. Epizootos parasites de la tortuga boba (*Caretta caretta*) en le Mediterràneo occidental. Tesis doctoral, Universidad de Valencia

95. Gohar N. 1934. Liste de trématodes parasites et des leurs hôtes vertébrés signalés dans la vallée du Nil. *Annual Parasitology*, 12:324-333
96. Sey O. 1977. Examination of the helminth parasites of the marine turtles caught along the Egyptian coast. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 23:387-394
97. Santoro M., Badillo F.J., Mattiucci S., Nascetti G., Bentivegna F., Insacco G., Travaglini A., Paoletti M., Kinsella J.M., Tomás J., Raga J.A., Aznar F.J. 2010. Helminth communities of loggerhead turtles (*Caretta caretta*) from Central and Western Mediterranean Sea: the importance of host's ontogeny. *Parasitology International*, 59:367-375
98. Wolke R.E., Brooks D.R., George A. 1982. Spirorchidiasis in loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*): pathology. *Journal of wildlife diseases*, 18:175-185
99. Glazebrook J.S., Campbell R.S.F., Blair D. 1989. Studies on cardiovascular fluke (Digenea: Spirorchidae) infection in sea turtles from the Great Barrier Reef, Queensland, Australia. *Journal of comparative pathology*, 101:231-250
100. Stacy B.A., Foley A.M., Greiner E., Herbst L.H., Bolten A., Klein P., Manire C.A., Jacobson E.R. 2010. Spirorchidiasis in stranded loggerhead *Caretta caretta* and green turtles *Chelonia mydas* in Florida (USA): host pathology and significance. *Diseases of Aquatic Organisms*, 89:237-259
101. Valente A.L., Delgado C., Moreira C., Ferreira S., Dellinger T., Pinheiro de Carvalho M.A., Costa G. 2009. Helminth Component Community of the Loggerhead sea turtle, *Caretta caretta*, from Madeira Archipelago, Portugal. *Journal of Parasitology*, 95:249-252
102. Piccolo G., Manfredi M.T. 2001. New reports on parasites of marine turtles stranded along the Italian coasts. In: *Proceedings of the 1st Mediterranean conference on marine turtles*, Rome 24-28 ottobre 2001

103. Scaravelli D., Affronte M., Costa F. 2001. Analysis of epibiont presence on *Caretta caretta* from Adriatic Sea. in: Proceedings of the 1st Mediterranean conference on marine turtles, Rome 24-28 ottobre 2001
104. Santoro M., Mattiucci S., Paoletti M., Liotta A., Degli Uberti B., Galiero G., Nascetti G. 2010. Molecular identification and pathology of *Anisakis pegreffii* (Nematoda: Anisakidae) infection in the Mediterranean loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*). *Veterinary Parasitology*, 174:65-71
105. Farjallah S., Slimane B.B., Busi M., Paggi L., Amor N., Blel H., Said K., D'Amelio S. 2008. Occurrence and molecular identification of *Anisakis* spp. from the North African coasts of Mediterranean Sea. *Parasitological research*, 102:371-379
106. Benhardouze W., Aksissou M., Saoud Y., De Los Rios Y Los Huertos A., Ocana O. 2005. Sea turtles strandings off the North-West coast of Marocco. Proceedings of the 2nd Mediterranean Conference on Marine Turtles, Kemer, Turkey 4-7 maggio 2005
107. Mifsud C.R., Baldacchini A.E., Gruppetta A., Stevens D.T. 2005. Preliminary data on stranded and landed accidentally caught loggerhead turtles in Malta. Proceedings of the 2nd Mediterranean Conference on Marine Turtles, Kemer, Turkey 4-7 maggio 2005
108. Tomas J., Badillo F.J., Agusti C., Gomez de Segura A., Raga A. 2005. The sea turtle strandings network in the Valencian region (Spanish Mediterranean). Proceedings of the 2nd Mediterranean Conference on Marine Turtles, Kemer, Turkey 4-7 maggio 2005
109. Tomas J., Badillo F.J., Raga A. 2001. A twelve-year survey on strandings and capture of sea turtles in the Eastern Spanish coast. Proceedings of the first Mediterranean Conference on marine turtles, Rome, 24-28 ottobre 2001
110. Vallini C. 2008. An overview of years 2003-2007 of the data collected on stranded and by-caught loggerhead turtles (*Caretta caretta*) of the north western Adriatic Sea.

Proceedings of the 3rd Mediterranean Conference on marine turtles, Yasmine Hammamet, Tunisia 20-23 ottobre 2008

111. Negri V., Di Cuia Raffaele 2014. Sintesi non tecnica, istanza di permesso prospezione in mare, studio di impatto ambientale, d 1 E.P.-.SC, Schlumberger Italiana s.p.a.
112. Poldini L., Costantini M., Fermeglia M., Franzosini C., Gemiti F., Giani M., Predonzan D. 2011. L'utilizzo di acqua di mare negli impianti di rigassificazione del GNL. Documento di approfondimento, WWF Italia
113. Obendorf D.L., Carson J., McManus T.J. 1987. *Vibrio damsela* infection in a Stranded Latherback Turtle (*Dermochelys coriacea*). Journal of Wildlife Disease, 23:666-668
114. Fauquier D.A., Flewelling L.J., Maucher J., Manire C.A., Socha V., Kinsel M.J., Stacy B.A., Henry M., Gannon J., Ramsdell J.S., Landsberg J.H. 2013. Brevetoxin in blood, biological fluids, and tissues of the sea turtles naturally exposed to *Karenia brevis* blooms in central west Florida. Journal of zoo and wildlife medicine, 44:364-375
115. Touliatou S., Tsaros P., Margaritoulis D. 2011. Turtle stranding increase at Zakynthos: a case of major concern. In: Proceedings of the 4th Mediterranean Conference on marine turtles, Naples, 7-10 novembre 2011
116. Bray R.A., Gibson D.I., Jones A. 2008. Keys to the Trematoda. Vol.3, Natural History Museum, London, UK 2008
117. Jones A., Bray R.A., Gibson D.I. 2005. Keys to the Trematoda. Vol.2, Natural History Museum, London, UK 2005
118. Anderson R.C., Chabaud A.G., Willmott S. 2009. Keys to the Nematode Parasites of Vertebrates. Archival volume, CAB International, Wallingford (UK) 2009

119. Franzellitti S., Locatellia C., Gerosab G., Vallinic C., Fabbri E. 2004. Heavy metals in tissues of loggerhead turtles (*Caretta caretta*) from the northwestern Adriatic Sea. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 138:187-194
120. Rivas A.J., Lemos M.L., Osorio C.R. 2013. *Photobacterium damsela* subsp. *damsela*, a bacterium pathogenic for marine animals and humans. *Frontiers in microbiology*, 4:283-288

## SITOGRAFIA

- A. [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)
- B. [www.minambiente.it/pagina/convenzione-di-berna](http://www.minambiente.it/pagina/convenzione-di-berna)
- C. [www.minambiente.it/pagina/cms-convenzione-di-bonn#sthash.CdKnexMn.dpuf](http://www.minambiente.it/pagina/cms-convenzione-di-bonn#sthash.CdKnexMn.dpuf)
- D. [www.cites.org/eng/disc/text.php#III](http://www.cites.org/eng/disc/text.php#III)
- E. [www.minambiente.it/pagina/rete-natura-2000#sthash.4HKOSEYS.dpuf](http://www.minambiente.it/pagina/rete-natura-2000#sthash.4HKOSEYS.dpuf)
- F. [www.marescienza.it](http://www.marescienza.it)
- G. [www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/temi-ambientali/microinquinanti](http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/temi-ambientali/microinquinanti)
- H. [www.ancona.ismar.cnr.it](http://www.ancona.ismar.cnr.it)
- I. [www.medasset.org/en/](http://www.medasset.org/en/)