



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

DIPARTIMENTO DI SCIENZE BIOLOGICHE, GEOLOGICHE E AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN  
BIOLOGIA MARINA

**DATI EMATOLOGICI DELLA TARTARUGA MARINA *CARETTA  
CARETTA*: UTILIZZO PER DIAGNOSI ED IMPLICAZIONI PER LA  
SUA CONSERVAZIONE**

Tesi di laurea magistrale in biologia delle tartarughe e dei cetacei

**Relatore**

**Prof.ssa Annalisa Zaccaroni**

**Presentata da**

**Martina Rimondini**

**Correlatori**

**Dott.ssa Valeria Angelini,**

**Prof. Federico Plazzi**

**Sessione marzo 2025**

**Anno Accademico 2024/2025**

# SOMMARIO

1. INTRODUZIONE .....	3
1.1. TASSONOMIA .....	3
1.2. CENNI DI ANATOMIA DELLE TARTARUGHE .....	4
1.3. DISTRIBUZIONE .....	6
1.4. CICLO BIOLOGICO.....	7
1.5. ALIMENTAZIONE .....	9
1.6. ADATTAMENTI .....	11
1.7. LE PRINCIPALI MINACCE PER LA SPECIE .....	12
2. EMATOLOGIA E BIOCHIMICA .....	16
3. SCOPO DELLA RICERCA .....	26
4. MATERIALI E METODI .....	28
5. RISULTATI:.....	32
5.1. TEST DI SAPHIRO-WILK.....	32
5.2. TEST DI KRUSKAL-WALLIS.....	32
5.3. TEST POST-HOC DI DUNN.....	48
5.4. CORRELAZIONE DI PEARSON .....	51
6. TABELLE CON PARAMETRI MEDI.....	53
7. DISCUSSIONE .....	55
8. CONCLUSIONE .....	67
9. BIBLIOGRAFIA .....	70

## 1. INTRODUZIONE

Le tartarughe marine sono tra le creature più antiche del pianeta, con una presenza che risale a oltre 100 milioni di anni fa. Il Mar Mediterraneo rappresenta un hotspot di biodiversità globale, ospitando alcune delle sette specie di tartarughe marine conosciute (Lutz PL et al, 1996). La specie più comune è la *Caretta caretta* (tartaruga comune), seguita dalla *Chelonia mydas* (tartaruga verde) e, sebbene più rara, dalla *Dermochelys coriacea* (tartaruga liuto). Questi rettili marini svolgono un ruolo ecologico cruciale, contribuendo al mantenimento dell'equilibrio degli ecosistemi marini. Alcune specie, come la tartaruga embricata, si nutrono di coralli duri, spugne e anemoni, influenzando la struttura e la salute delle barriere coralline. Tuttavia, le tartarughe marine nel Mediterraneo affrontano numerose minacce di origine antropica; infatti, ogni anno, oltre 150.000 tartarughe marine vengono catturate accidentalmente in attività di pesca, rimanendo intrappolate in ami, lenze o reti. L'inquinamento marino, in particolare la plastica, rappresenta un'altra grave minaccia: ogni giorno, l'equivalente di 500 container di plastica viene riversato nel Mediterraneo, con le tartarughe che spesso scambiano i rifiuti per cibo, portando a soffocamento o avvelenamento (wwf.it). La degradazione dei siti di nidificazione, il turismo non regolamentato e le collisioni con imbarcazioni contribuiscono ulteriormente al declino delle popolazioni di tartarughe marine (Tartalife). La combinazione di queste minacce ha portato a una diminuzione significativa delle popolazioni di tartarughe marine nel Mediterraneo, rendendo indispensabili sforzi concertati per la loro conservazione e protezione.

### 1.1. TASSONOMIA

[Animalia](#) (Kingdom)

[Chordata](#) (Phylum)

[Vertebrata](#) (Subphylum)

[Gnathostomata](#) (Infraphylum)

[Tetrapoda](#) (Megaclass)

[Reptilia](#) (Superclass)

[Testudines](#) (Order)

[Cryptodira](#) (Suborder)

Cheloniodea (Superfamily)

Cheloniidae (Family)

Caretta (Genus)

Caretta caretta (Species)

## 1.2. CENNI DI ANATOMIA DELLE TARTARUGHE

L'identificazione delle specie di tartarughe marine basata sui caratteri esterni si fonda principalmente sulle squame della testa, sulla conformazione della mascella, sul numero di artigli presenti negli arti, sulla forma e disposizione degli scudi del carapace. Gli scudi del carapace, che rappresentano un elemento chiave per il riconoscimento, si suddividono in quattro categorie: marginali, laterali (o costali), vertebrali e nucali.

La parte inferiore della corazza, chiamata **piastrone**, presenta una serie di scudi disposti in ordine craniocaudale: intergolare (il più vicino al collo), golare, omerale, pettorale, addominale, femorale e anale. Gli scudi che collegano carapace e piastrone prendono il nome di inframarginali.

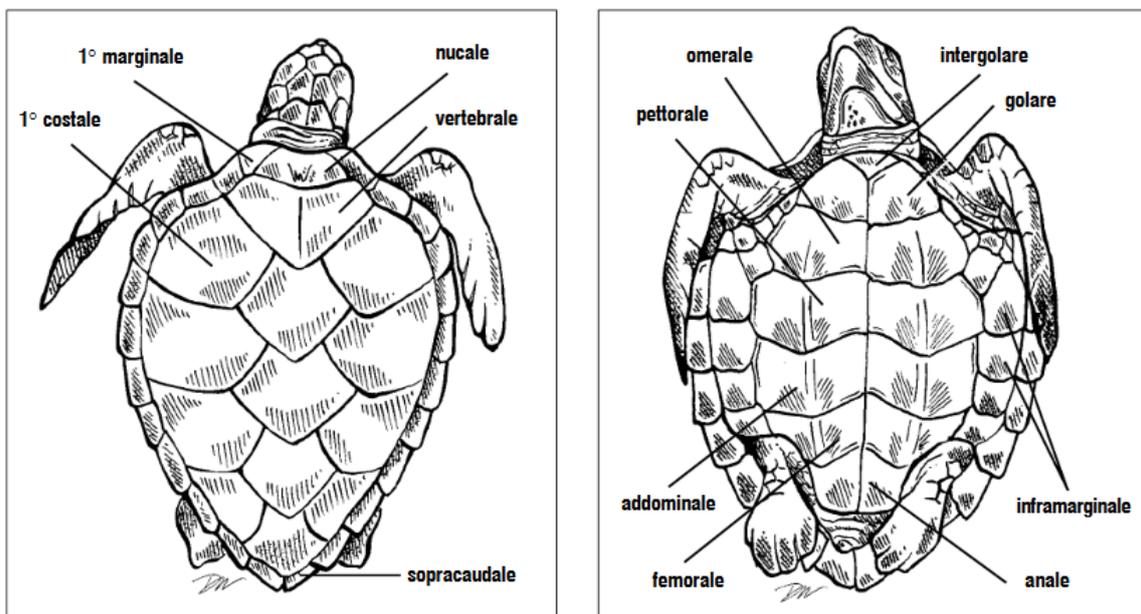


Figura 1 - Scudi del carapace e del piastrone (Wyneken, 2001)

La *Caretta caretta* è facilmente riconoscibile per la sua testa di grandi dimensioni e il carapace marrone, che presenta generalmente cinque scudi laterali (costali), anche se in alcuni individui possono esserne presenti quattro. Lo scudo nucale è in contatto diretto con il primo

scudo laterale. Un'altra caratteristica distintiva di questa specie è la presenza di un paio di scudi prefrontali aggiuntivi sulla testa.

Il colore del carapace varia con l'età:

- **Neonati:** Marrone con sfumature grigiastre.
- **Giovani:** Marrone con striature giallastre.
- **Adulti:** Marrone, talvolta con riflessi neri.

Vengono misurate diverse lunghezze per descrivere le dimensioni della tartaruga.

Le misurazioni sopra la curva del carapace (CCL) vengono eseguite utilizzando un metro a nastro non estensibile, mentre le misurazioni in linea retta (SCL) vengono prese con i calibri. Di seguito sono descritte le misure standard e i relativi punti di riferimento.

La lunghezza standard del carapace (SCL e CCL) viene misurata dal punto centrale dello scudo nucale fino alla punta più posteriore del carapace nei chelonidi.

- **Lunghezza standard del carapace (SCL):** è una misurazione in linea retta, dal punto più anteriore della linea mediana dello scudo nucale fino alla punta più posteriore dell'ultimo margine (sopracaudale o postcentrale) dello scudo.
- **Lunghezza del carapace curvo (CCL):** utilizza gli stessi punti di riferimento, ma la misurazione viene effettuata lungo la curvatura del carapace con un metro a nastro. Se il metro attraversa epibionti, è importante annotare questa eventualità come un'aberrazione nella misurazione.

Gli esemplari adulti possono raggiungere la lunghezza massima di 80 – 140 cm, per un peso massimo di 100-160 kg.

Ogni arto della *Caretta caretta* è dotato di due artigli. Questi elementi, uniti alle peculiarità degli scudi e della testa, sono fondamentali per il riconoscimento della specie (Wyneken, 2001).

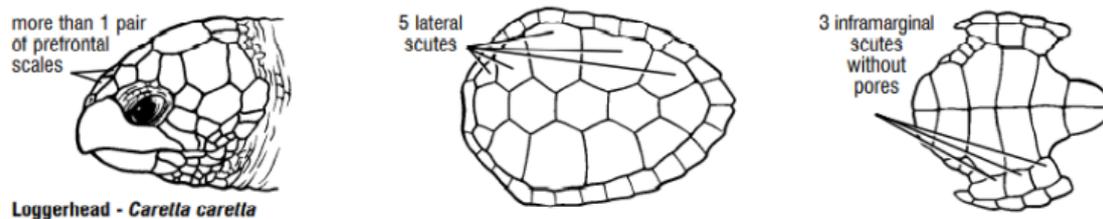


Figura 2 - Punti chiave del riconoscimento della specie

Il cranio è organizzato in una scatola cranica interna, il neurocranio, che ospita il cervello e un'esterna sovrastruttura ossea, lo splancnocranio. Quest'ultimo anteriore insieme alle mandibole, formano le mascelle. Lo splancnocranio ospita anche gli organi di senso e fornisce l'attacco muscolare per la mascella, muscoli della gola e del collo.

La ranfoteca, il becco cheratinizzato tipico dei chelonidi, formato da mandibola e mascella, è robusta e massiccia e anche molto tagliente lungo i bordi, ottima per schiacciare le prede, in particolar modo i crostacei. (Wyneken, 2001).

### 1.3. DISTRIBUZIONE

La specie è distribuita in mari temperati, sub-tropicali e tropicali. Nel mare Mediterraneo è il rettile marino più abbondante. I principali siti di nidificazione per la specie *Caretta caretta*, sono confinati quasi esclusivamente nel Mediterraneo orientale, come a Cipro, in Grecia, Libia e Turchia; alcune aree di nidificazione, meno abbondanti, si registrano anche in altri paesi del Mediterraneo come Egitto, Israele, Libano, Tunisia e Italia dove ha siti di nidificazione soprattutto in Sicilia meridionale, Isole Pelagie e Calabria ionica ([www.Isprambiente.gov.it](http://www.Isprambiente.gov.it)).

È ormai risaputo che sono animali migratori che compiono molteplici cambiamenti di habitat. Dalla spiaggia in cui nascono passano da un ambiente oceanico durante le prime fasi di crescita ad un ambiente neritico in cui avviene il completamento dello sviluppo. Le aree neritiche rappresentano anche l'habitat ideale di foraggiamento e svernamento per le tartarughe adulte.

Le recenti tecniche di telemetria satellitare hanno permesso di seguire animali migratori durante i loro spostamenti nei differenti habitat, comprendendo meglio alcune fasi del loro ciclo vitale.

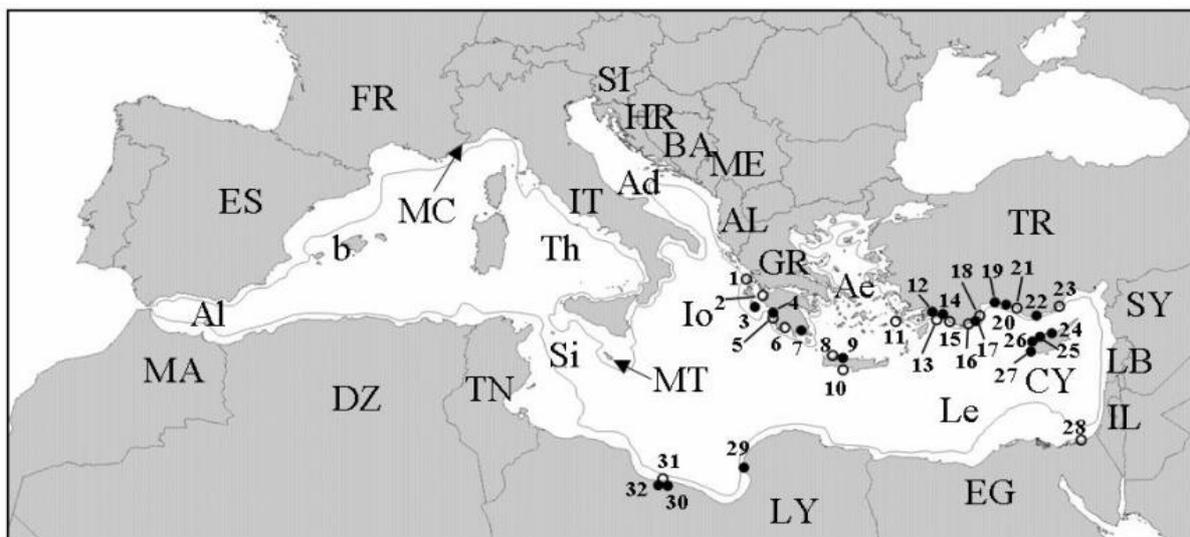


Figura 3 - Siti principali di nidificazione della tartaruga *Caretta caretta* nel Mediterraneo

#### 1.4. CICLO BIOLOGICO

Il suo ciclo biologico comincia con la schiusa delle uova che avviene sulla spiaggia a circa 50-70 giorni dalla deposizione. In ogni nido vengono deposte circa tra le 80 e le 100 uova. La *Caretta caretta* non attua alcun comportamento di cure parentali, lo sviluppo degli embrioni è affidato completamente ai parametri ambientali e mediamente dura 60 giorni. La selezione del sito di nidificazione sembra essere un compromesso evolutivo per massimizzare il successo della schiusa e ridurre i rischi ambientali. È stato rilevato che i nidi deposti più lontano dal mare presentano un maggiore successo di schiusa, probabilmente grazie a condizioni ambientali più stabili e meno soggette ad inondazioni (Mrosovsky 1983). La temperatura a cui sono esposte le uova è fondamentale per la determinazione del sesso dei nuovi individui. La temperatura pivotale è quella a cui si ottiene il 50% di maschi e 50% di femmine, stimata intorno a 29,0°C. Questa è la temperatura "di equilibrio", se inferiore a 29,0°C nasceranno principalmente maschi, se superiore a 29,0°C, principalmente femmine (Mrosovsky, N. 1988). Per quanto riguarda i piccoli (hatchling), subito dopo la nascita, abbandonano la spiaggia, dirigendosi verso il mare, orientandosi grazie alla luce riflessa dall'acqua, iniziando un periodo di vita prettamente pelagica, all'interno dei grandi sistemi di correnti che dura vari anni, per trasferirsi poi in ambienti costieri dove rimangono generalmente per gran parte della loro vita (Lutz et al.1996). Aree in cui le tartarughe trascorrono la fase di vita pelagica, e dove è possibile riscontrare un'alta presenza di esemplari giovanili, sono state individuate nel sud Adriatico, nello Ionio, nello Stretto di Sicilia e nel Mediterraneo occidentale (Spagna). Inoltre,

lo stretto di Messina e il Canale di Sicilia rappresentano entrambi aree di transito tra il bacino occidentale e orientale per le rotte migratorie sia di giovanili che di adulti. Questa è la cosiddetta fase giovanile oceanica. In questa fase, i giovani si trovano in ambienti oceanici profondi, dove la pressione predatoria è ridotta e le risorse alimentari pelagiche sono abbondanti. La permanenza in questi habitat garantisce una crescita rapida e una maggiore probabilità di sopravvivenza (Carr, 1987). Con il raggiungimento di dimensioni maggiori, le tartarughe marine lasciano gli habitat oceanici per spostarsi verso le zone costiere, note come habitat neritici. Qui, la dieta diventa più varia, includendo prede bentoniche, alghe e altri organismi costieri (Musick et al. 1997). Questa fase rappresenta un periodo importante per il consolidamento della crescita e la maturazione sessuale.

Una volta raggiunta l'età adulta, le tartarughe alternano l'uso di habitat oceanici e neritici. Le femmine adulte si spostano verso le spiagge di nidificazione per deporre le uova, chiudendo così il ciclo riproduttivo. Dopo la deposizione, ritornano agli habitat di foraggiamento per recuperare energia in vista della successiva stagione riproduttiva (Wyneken, 2001).

Il tempo necessario per raggiungere la maturità sessuale varia significativamente in base alle condizioni ambientali, alle caratteristiche genetiche e alla disponibilità di risorse. In generale, il tempo stimato per raggiungere questa fase può variare tra i 14 e i 34 anni, a seconda delle popolazioni e degli habitat (Casale P. et al, 2011).

Le analisi condotte nel nord-ovest dell'Atlantico, basate su dati di skeletochronologia e marcature, suggeriscono un intervallo di maturità sessuale compreso tra 22 e 26 anni (Musick & Limpus, 1997). Nel Mediterraneo, invece, il tempo stimato per raggiungere la maturità sessuale è leggermente inferiore, variando tra 16 e 28 anni (Casale et al., 2011). Queste differenze riflettono le diverse condizioni ecologiche delle aree di studio, come la temperatura dell'acqua, la disponibilità di cibo e la pressione predatoria.

Il raggiungimento della maturità sessuale è influenzato anche dal tasso di crescita, che è più rapido nelle popolazioni che abitano aree con temperature più alte e risorse abbondanti. Questa fase segna l'inizio della capacità riproduttiva, gli accoppiamenti avvengono preferenzialmente nelle acque antistanti le spiagge di nidificazione e l'ambiente terrestre è raggiunto solo dalle femmine al momento della ovodeposizione (Lutz & Musick, 1997).

Negli adulti, il sesso può essere determinato grazie al dimorfismo sessuale esterno. Tuttavia, il rapporto tra i sessi nei giovani è il più difficile da ottenere, a causa sia della necessità di

campionamento in mare sia dell'assenza di dimorfismo sessuale. Il sesso può essere determinato tramite dosaggi ormonali nel sangue, osservazione delle gonadi mediante laparoscopia, o necropsia nel caso di animali morti. Poiché i giovani rappresentano la parte più numerosa della popolazione (Casale et al, 2006).

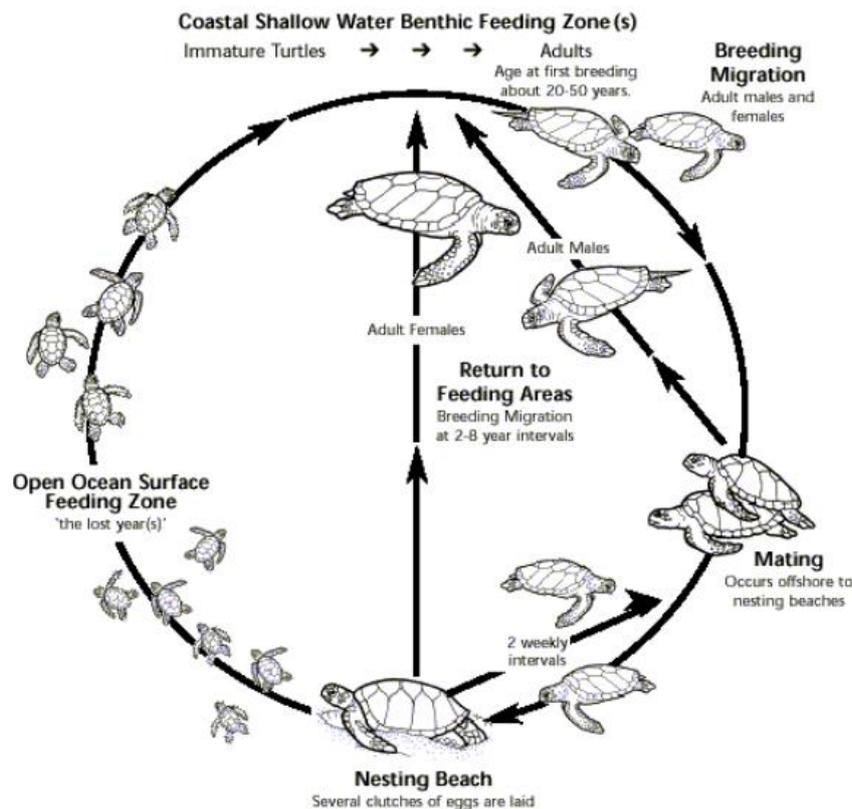


Figura 4- Ciclo vitale delle tartarughe marine: dopo la schiusa sulle spiagge di nidificazione, i piccoli si spostano in mare aperto, dove trascorrono anni nella fase pelagica. Crescendo, migrano verso acque costiere poco profonde per alimentarsi. Raggiunta la maturità, compiono lunghe migrazioni riproduttive per accoppiarsi e deporre le uova. Dopo la riproduzione, tornano alle aree di foraggiamento, ripetendo il ciclo per tutta la vita. (Miller, 1997)

## 1.5. ALIMENTAZIONE

Le tartarughe marine *Caretta caretta* mostrano un comportamento alimentare predatorio e opportunistico nei siti di alimentazione. Nel Mar Mediterraneo, gli organismi bentonici, come granchi, gamberi mantidi, gasteropodi e bivalvi, sembrano essere le prede preferite. In ecologia alimentare, la frequenza di occorrenza percentuale (FO%) è un parametro utilizzato per quantificare la percentuale di individui di una popolazione che ha ingerito un determinato tipo di preda rispetto al totale degli individui analizzati. Questo valore consente di valutare l'importanza relativa di ciascun gruppo alimentare nella dieta della specie e di identificare

eventuali variazioni nelle preferenze trofiche in relazione alle classi di età o alle aree geografiche.

L'incapacità di digerire completamente alimenti con esoscheletri duri, come crostacei e conchiglie di gasteropodi e bivalvi, unita al lungo tempo necessario per la digestione, potrebbe determinare una maggiore frequenza di occorrenza di questi taxa rispetto a prede dal corpo molle, come cefalopodi e meduse. Negli individui provenienti dal Mare Adriatico, i phyla più frequentemente ingeriti sono gli Arthropoda (94,4%), i Mollusca (62,9%) e i Chordata, rappresentati principalmente da pesci (34,7%). Nei gruppi suddivisi per stadio di vita (giovani, subadulti e adulti), gli Arthropoda hanno mostrato la maggiore frequenza di occorrenza nei giovani e nei subadulti, seguiti da Mollusca e Chordata, mentre negli adulti sono stati i Mollusca a registrare il valore più alto di FO%. Le specie di granchi più frequentemente identificate sono *Liocarcinus* sp., *Goneplax rhomboides* e *Ilia nucleus*.



Figura 5- *Liocarcinus* sp.

Tra i Molluschi, le classi più rappresentate sono i Gastropodi e i Bivalvi. Sono state osservate anche due specie aliene segnalate nel Mare Adriatico: il granchio blu *Callinectes sapidus* e il briozoo *Tricellaria inopinata*. (Travaglini A. et al, 2021).

La *Caretta caretta* è dotata di potenti mascelle, adattate alla frantumazione e triturazione del cibo (Pritchard, 1979). Durante la fase giovanile, questa specie si nutre lungo tutta la colonna d'acqua, catturando meduse e salpe sia in superficie che a medie profondità. Tuttavia, sembra concentrare i suoi sforzi di foraggiamento prevalentemente sul fondale marino (Bjorndal,

1997). Questo comportamento suggerisce una preferenza per prede bentoniche, che si riflette anche nella dieta degli adulti.

Nell'habitat di alimentazione degli adulti, *Caretta caretta* si nutre di una varietà di invertebrati bentonici, tra cui molluschi, crostacei e spugne, che frantuma prima di ingerire (Mortimer, 1995). Studi condotti su esemplari catturati in Tunisia e nell'Adriatico orientale confermano questa tendenza, evidenziando la presenza nella dieta di gasteropodi, paguri, oloturie, lamellibranchi, echinoidi e crostacei (Laurent e Lescure, 1994).

## 1.6. ADATTAMENTI

La *Caretta caretta* ha sviluppato una serie di adattamenti morfologici, fisiologici e comportamentali che le consentono di sopravvivere e prosperare in ambienti marini differenti (Pritchard, 1997). Questi adattamenti, frutto di milioni di anni di evoluzione, le permettono di affrontare le sfide legate alla vita in mare aperto e nelle zone costiere, rendendola una delle specie più resistenti e adattabili tra le tartarughe marine.

### **Adattamenti morfologici per la vita marina:**

La *Caretta caretta* presenta un corpo idrodinamico con un carapace appiattito e allungato, che riduce la resistenza all'acqua e facilita il nuoto (Wyneken, 2002). Le pinne anteriori, evolute come strutture natatorie, permettono di coprire lunghe distanze con un dispendio energetico ridotto, mentre quelle posteriori svolgono la funzione di timone per stabilizzare il movimento (Lutz & Musick, 1996).

Il carapace, costituito da placche ossee coperte da scuti cheratinizzati, fornisce protezione contro i predatori e gli impatti fisici, pur mantenendo un peso contenuto per non compromettere la capacità di nuoto (Gerosa & Aureggi, 2001). A differenza delle tartarughe terrestri, la *Caretta caretta* non può ritrarre la testa e gli arti all'interno del carapace, un adattamento che migliora la sua efficienza idrodinamica e riduce la resistenza durante gli spostamenti in mare.

### **Adattamenti fisiologici alla vita in mare:**

Uno degli adattamenti fisiologici più importanti riguarda la regolazione dell'equilibrio idrico e salino. Poiché l'acqua marina è ipertonica rispetto ai fluidi corporei, le tartarughe marine devono espellere il sale in eccesso. Questo processo avviene grazie a ghiandole del sale

altamente sviluppate situate vicino agli occhi, che secernono una soluzione ipersalina, eliminando il sodio in eccesso ingerito con il cibo e l'acqua (Lutz & Musick, 1996).

Un altro adattamento fondamentale è la capacità di sostenere immersioni prolungate. Durante le immersioni, il metabolismo rallenta e il sangue viene redistribuito verso organi vitali come cervello e cuore, consentendo alla tartaruga di restare sott'acqua per lunghi periodi senza bisogno di risalire a respirare (Bolten, 2003). Gli alti livelli di emoglobina e mioglobina, proteine che legano l'ossigeno, consentono di immagazzinarlo in modo efficiente, prolungando il tempo di apnea.

In aree con condizioni termiche più estreme, le tartarughe marine possono entrare in uno stato di torpore. Studi sul campo e in laboratorio indicano che temperature corporee inferiori a 15°C rappresentano una soglia critica, inducendo una riduzione metabolica e immersioni prolungate per conservare energia (Davenport et al., 1997; Hochscheid et al., 2007), ad esempio, delle tartarughe verdi sono state osservate sepolte nei fondali fangosi del Golfo della California, mentre giovani *Caretta caretta* sono state recuperate in stato di torpore dal canale di navigazione di Cape Canaveral in Florida (Carr et al., 1980; Felger et al., 1976). In laboratorio, a temperature inferiori a 15°C, le tartarughe riducono l'attività, prolungano i tempi di immersione (fino a 2-3 ore) e diminuiscono l'assunzione di cibo (Moon et al., 1997). Questi adattamenti stagionali riflettono strategie evolutive che permettono alle tartarughe marine di sopravvivere in ambienti con significative variazioni termiche, bilanciando le esigenze energetiche con la conservazione delle risorse disponibili.

### **Adattamenti comportamentali e riproduttivi:**

La *Caretta caretta* è una specie migratrice, compiendo spostamenti di centinaia o migliaia di chilometri tra le aree di alimentazione e quelle di riproduzione (Musick & Limpus, 1997). Le femmine mostrano filopatria, ovvero la tendenza a tornare ciclicamente alla spiaggia di nascita per deporre le uova. Questo comportamento non è ancora ben spiegato ma sembra sia guidato da un sistema di orientamento che combina segnali geomagnetici, chimici e visivi, permettendo alle tartarughe di riconoscere con precisione il sito di nidificazione (Lutz & Musick, 1996).

## 1.7. LE PRINCIPALI MINACCE PER LA SPECIE

Le tartarughe marine sono gravemente minacciate da numerose attività antropiche, tra cui l'inquinamento, la degradazione dei siti di nidificazione, il turismo, le collisioni con

imbarcazioni, nonché la cattura accidentale e intenzionale per il consumo di carne e sangue o per la vendita del carapace nei mercati illegali. Tra i principali fattori che determinano il declino delle popolazioni vi è l'interazione accidentale con le attrezzature da pesca.

La Convenzione di Barcellona, nel 1989, ha adottato un piano d'azione per la conservazione delle tartarughe marine nel Mediterraneo, successivamente aggiornato nel 1998-1999 e nel 2007 (UNEP MAP RAC/SPA, 2007). Questo documento riconosce la pesca come uno dei principali fattori di mortalità delle tartarughe marine nel Mediterraneo e sottolinea la necessità di azioni di conservazione prioritarie. Le uniche due specie nidificanti nel Mediterraneo, *Caretta caretta* e *Chelonia mydas*, sono classificate come *endangered* (in pericolo), mentre *Dermochelys coriacea* è inserita nella categoria *critically endangered* nella Lista Rossa IUCN delle specie minacciate.

L'impatto delle attività di pesca sulla *Caretta caretta* nel Mediterraneo varia in base alla fase ecologica e all'ambiente in cui vengono condotte le operazioni di pesca. La distribuzione della specie non è omogenea: fattori come la batimetria e le caratteristiche ambientali (temperatura, disponibilità di cibo) influenzano la presenza e l'abbondanza delle popolazioni.

Il tasso di cattura accidentale per ciascun attrezzo da pesca dipende dalla modalità di utilizzo e dalle caratteristiche ecologico-comportamentali della specie. Diversi attrezzi da pesca comportano anche differenti livelli di mortalità diretta e ritardata.

Principali tipi di pesca nell'Adriatico:

- Pesca con reti a strascico:

Nella fase demersale, gli esemplari di *Caretta caretta* si concentrano in aree di piattaforma continentale, generalmente a profondità inferiori ai 50 metri, dove trascorrono gran parte del tempo sul fondale alla ricerca di cibo. Queste abitudini rendono la specie particolarmente vulnerabile alla cattura accidentale tramite le reti a strascico, specialmente in zone come il nord Adriatico, caratterizzato da fondali lisci e molli, ideali per questo tipo di pesca.

Poiché le reti a strascico operano direttamente sul fondale, coincidendo con le aree di alimentazione della tartaruga, il tasso di cattura accidentale risulta particolarmente elevato. Questo attrezzo intrappola soprattutto esemplari di grandi dimensioni, sebbene vengano catturati anche individui giovanili e sub-adulti.

Nel nord Adriatico, il tempo medio di immersione delle reti a strascico è inferiore a 90 minuti, riducendo il rischio di mortalità diretta per annegamento, in quanto le tartarughe riescono a

sopportare periodi di apnea. Tuttavia, la mortalità ritardata può risultare elevata, specialmente se l'animale, dopo essere stato catturato, viene rilasciato senza un'adeguata valutazione del suo stato fisiologico.

Situazioni simili si riscontrano in altre aree del Mediterraneo, come la piattaforma continentale della Libia e della Tunisia, il Golfo di Gabès e le coste turche. La mortalità associata alle reti a strascico è influenzata non solo dal tempo di permanenza sott'acqua, ma anche dai danni fisici causati dall'impatto con le diverse componenti dell'attrezzo.

- Pesca con palangari:

L'utilizzo dei palangari derivanti ha un impatto significativo nel Mediterraneo centrale, area di transito per tartarughe in migrazione tra i bacini occidentale ed orientale. In particolare, le tartarughe attraversano lo Stretto di Messina e il Canale di Sicilia, dove possono rimanere allamate agli ami dei palangari durante la fase pelagica.

La mortalità diretta varia a seconda del tipo di palangaro:

- Palangari derivanti o di superficie: gli esemplari allamati riescono generalmente a raggiungere la superficie per respirare, riducendo il tasso di mortalità immediata.
- Palangari di fondo: le tartarughe, una volta allamate, non riescono a raggiungere la superficie, rimanendo in apnea forzata per tempi eccessivamente lunghi, con conseguente elevato tasso di mortalità.

Un altro fattore di mortalità ritardata è rappresentato dagli ami ingeriti, che possono localizzarsi in diversi punti del tratto digerente (bocca, esofago, stomaco, intestino). La loro presenza può compromettere la sopravvivenza dell'animale, specialmente se si trovano in aree difficili da espellere naturalmente. La pratica di tagliare la lenza direttamente dalla barca, senza rimuovere l'amo, può provocare la morte della tartaruga nei giorni successivi.

- Pesca con reti da posta:

I dati relativi alla cattura accidentale di tartarughe marine nelle reti da posta sono spesso poco affidabili a causa dell'elevato numero di imbarcazioni coinvolte in questa attività e della difficoltà nel monitorare efficacemente le catture lungo le coste del Mediterraneo.

Le reti da posta fissa, ancorate al fondale, presentano un elevato tasso di mortalità diretta, in quanto le tartarughe rimangono impigliate mentre tentano di predare il pesce già intrappolato.

Non riuscendo a liberarsi, annegano perché impossibilitate a risalire in superficie per respirare.

Poiché le reti da posta vengono spesso lasciate in mare per diverse ore, o addirittura giorni, le tartarughe impigliate sono generalmente già morte al momento del recupero delle attrezzature.

La mortalità post-cattura può verificarsi quando le tartarughe vengono rilasciate con frammenti di rete ancora attaccati al corpo, compromettendo la loro capacità di movimento e alimentazione. ([www.tartalife.eu](http://www.tartalife.eu)).



*Figura 6- Tartaruga marina intrappolata in una rete [www.nationalgeographic.com](http://www.nationalgeographic.com)*

L'inquinamento marino, in particolare la plastica, rappresenta una sfida crescente, poiché le tartarughe spesso scambiano i rifiuti per prede e li ingeriscono accidentalmente, con gravi conseguenze sulla salute (Casale & Margaritoulis, 2010).

La degradazione dei siti di nidificazione, causata dall'urbanizzazione costiera, dall'erosione delle spiagge e dall'inquinamento luminoso, compromette la deposizione e la schiusa delle uova. Il turismo non regolamentato e il disturbo dei nidi, rappresenta un ulteriore fattore di rischio.

## 2. EMATOLOGIA E BIOCHIMICA

La classificazione delle cellule del sangue nei rettili risulta ancora dibattuta, poiché gli studi disponibili adottano criteri di classificazione differenti e le linee cellulari non sono sempre chiaramente definite (Work et al., 1998). Tuttavia, si può affermare che il sangue dei rettili è composto da eritrociti nucleati, eterofili, eosinofili, basofili, linfociti, monociti e trombociti nucleati (Campbell, 2006).

### **Prelievo ematico:**

Nelle tartarughe marine, il prelievo di sangue non richiede un rigoroso periodo di digiuno di 24-48 ore. Studi condotti su *Lepidochelys kempii* e *Chelonia mydas* hanno dimostrato che non vi sono differenze significative nei parametri ematologici e biochimici tra campioni raccolti prima e dopo il pasto (Anderson et al., 2011). Tuttavia, è consigliabile attendere almeno due ore dall'ingestione del cibo prima della manipolazione, poiché le tartarughe potrebbero rigurgitare se maneggiate subito dopo l'alimentazione.

### **Siti di prelievo:**

Data la loro struttura anatomica e la relativa incapacità di ritrarre completamente il collo, il sito preferenziale per il prelievo venoso nelle tartarughe marine è la vena giugulare esterna, conosciuta anche come seno cervicale dorsale. Questa vena si estende dorso-lateralmente lungo il collo, dal carapace alla testa, ed è comunemente utilizzata per ottenere campioni di sangue di buona qualità (Stacy et al., 2011).

Altri siti alternativi per il prelievo ematico includono:

- Vena dorsale caudale (coccigea)
- Seno post-occipitale
- Seno popliteo
- Vasi interdigitali

### **Possibili contaminazioni del campione:**

Durante il prelievo, il sangue può essere contaminato dalla linfa, poiché molti dei siti di prelievo sono situati in prossimità dei vasi linfatici. La contaminazione linfatica può alterare significativamente i valori ematici e biochimici, portando a:

- Riduzione dell'ematocrito (PCV) e della concentrazione di emoglobina
- Aumento anomalo del numero di leucociti (leucocitosi) (Stacy et al., 2011)

Nei rettili, a differenza di molte specie di mammiferi, non è possibile utilizzare contatori automatici per la conta cellulare, poiché la presenza di eritrociti e trombociti nucleati interferisce con la capacità di questi strumenti di distinguere correttamente le diverse popolazioni cellulari (Campbell & Ellis, 2007).

Di conseguenza, le tecniche di conta cellulare impiegate nei rettili rimangono invariate da molti anni. L'emocitometro viene comunemente utilizzato per l'enumerazione dei globuli rossi (RBC) e dei globuli bianchi (WBC), previa diluizione del campione con soluzioni specifiche, come la Natt & Herrick's solution (Campbell & Ellis, 2007; Raskin, 2000). In alternativa, è possibile stimare il numero di eritrociti e leucociti analizzando direttamente uno striscio ematico al microscopio (Deem et al., 2006).

### **Eritrociti:**

Gli eritrociti delle tartarughe marine sono cellule nucleate e di forma ellissoidale, con un nucleo centrale denso di cromatina. Con la colorazione Diff-Quick Stain, il loro nucleo appare blu-violaceo, mentre il citoplasma è rosa pallido (Orós et al., 2010). Le dimensioni variano tra 14-23  $\mu\text{m}$  di lunghezza e 8-14  $\mu\text{m}$  di larghezza (Saint Girons, 1970).

Negli esemplari sani si trovano comunemente eritrociti immaturi nel sangue circolante, poiché il processo eritropoietico prosegue anche dopo il rilascio dal midollo osseo (Casal & Orós, 2007). La vita media degli eritrociti è molto lunga (600-800 giorni), un valore significativamente superiore rispetto ai mammiferi, probabilmente a causa del basso metabolismo dei rettili (Stacy et al., 2011).

Dal punto di vista funzionale, l'emoglobina (Hb) delle tartarughe marine ha un'affinità ridotta per l'ossigeno, caratteristica adattativa che permette un rilascio efficace di ossigeno ai tessuti

durante le immersioni prolungate (Giardina et al., 1992). Inoltre, la sua struttura proteica riduce l'influenza della temperatura e dei fattori allosterici sulla capacità di legare l'ossigeno, rendendo il trasporto più efficiente anche in condizioni ambientali variabili (Petruzzelli et al., 1996).

Dal punto di vista evolutivo, gli eritrociti di *Caretta caretta* sono stati considerati un modello di transizione tra quelli dei rettili e quelli dei mammiferi, poiché possiedono un metabolismo prevalentemente anaerobico e un basso consumo di ossigeno (Mauro & Isaacks, 1997).

### **Leucociti:**

I leucociti dei rettili si suddividono in granulociti (eterofili, eosinofili, basofili) e cellule mononucleate (linfociti, monociti, azzurrofilo). La loro morfologia e abbondanza relativa nel sangue periferico variano a seconda della specie e delle condizioni fisiologiche (Stacy et al., 2011).

- **Eterofili**

Gli eterofili sono l'equivalente funzionale dei neutrofili nei mammiferi e costituiscono tra il 30% e il 50% dei leucociti nelle tartarughe marine (Casal & Orós, 2007). Queste cellule, di forma rotonda e con un nucleo violaceo denso, presentano granuli fusiformi difficilmente distinguibili nel citoplasma (Orós et al., 2010). La loro funzione principale è la fagocitosi di batteri e materiale estraneo, con un aumento marcato in caso di infiammazione o infezioni batteriche (Stacy et al., 2011).

Durante stati patologici, gli eterofili tossici possono presentare degranolazione, vacuolizzazione citoplasmatica e alterazioni nucleari (Campbell, 2006). Tuttavia, il loro utilizzo come marker di infiammazione nelle tartarughe marine risulta meno affidabile rispetto ad altre specie (Wang et al., 2020).

- **Eosinofili**

Gli eosinofili rappresentano tra il 7% e il 20% dei leucociti nei rettili e sono caratterizzati da un nucleo eccentrico e citoplasma con granuli eosinofili sferici (Casal & Orós, 2007). Hanno un ruolo ancora poco chiaro, ma il loro numero tende ad aumentare in caso di infezioni parassitarie o stimolazioni antigeniche (Stacy et al., 2011).

Negli esemplari di *Caretta caretta*, gli eosinofili hanno dimostrato capacità fagocitarie, sebbene inferiori a quelle dei monociti (Roussel et al., 2013), e possono partecipare alla risposta immunitaria attraverso la fagocitosi di immunocomplessi (Campbell, 2006).

- **Basofili**

I basofili sono i granulociti più piccoli, con un nucleo rotondo e granuli citoplasmatici scuri, spesso così densi da mascherare il nucleo. Sono rari nel sangue periferico delle tartarughe marine (Casal & Orós, 2005) e, similmente ad altre specie di rettili, il loro aumento è associato a reazioni allergiche o infezioni parassitarie (Strick et al., 2007).

- **Linfociti**

I linfociti sono tra i leucociti più numerosi e svolgono funzioni chiave nella risposta immunitaria. Presentano un nucleo denso blu-violaceo con citoplasma basofilo (Casal & Orós, 2007). Come nei mammiferi, si distinguono in linfociti B e T, responsabili rispettivamente della produzione di anticorpi e della risposta cellulo-mediata.

In condizioni di infezione, si possono osservare linfociti reattivi con un citoplasma più basofilo e vacuolizzato. Un aumento del numero di linfociti (linfocitosi) può indicare malattie infettive, parassitose o patologie virali, mentre una riduzione (linfopenia) può essere correlata a malnutrizione o stress cronico (Stacy et al., 2011). Inoltre, nelle tartarughe marine è stata dimostrata la presenza di cellule Natural Killer (NK), coinvolte nella distruzione di cellule infettate da virus o tumorali (Roussel et al., 2013).

- **Monociti**

I monociti sono cellule fagocitarie di forma rotonda o ameboide, con un nucleo eccentrico simile a un rene e citoplasma vacuolizzato (Orós et al., 2010). Possono trasformarsi in macrofagi una volta migrati nei tessuti e partecipano attivamente alla fagocitosi di microrganismi e detriti cellulari (Campbell, 2004).

Un aumento dei monociti (monocitosi) può suggerire infiammazioni croniche o infezioni granulomatose. In condizioni di infezioni batteriche sistemiche, i monociti presentano numerosi vacuoli citoplasmatici, segno di una forte attività fagocitaria (Kuby, 2006).

## **Trombociti:**

I trombociti nei rettili, a differenza delle piastrine dei mammiferi, sono cellule nucleate e rappresentano una linea cellulare distinta, probabilmente derivata da un tromboplasto nel tessuto emopoietico (Stacy et al., 2011). Queste cellule svolgono un ruolo fondamentale nella coagulazione del sangue e nella risposta immunitaria.

Morfologicamente, i trombociti sono di forma ovale o rotondeggiante e spesso tendono ad aggregarsi negli strisci ematici, il che aiuta a differenziarli dai piccoli linfociti (Zhang et al., 2011). Il loro nucleo, di colore blu-violaceo intenso, è denso di cromatina agglomerata, mentre il citoplasma è pallido e scarsamente visibile. Se il trombocita è di forma ovale, il citoplasma si distribuisce ai poli della cellula, mentre nelle forme rotonde è visibile come un alone sottile attorno al nucleo.

L'analisi ultrastrutturale dei trombociti di *Caretta caretta* ha rivelato la presenza di un sistema canalicolare aperto, simile a quello riscontrato in altri rettili (Orós et al., 2010). Questo sistema aumenta la superficie del plasmalemma, migliorando lo scambio di metaboliti tra il trombocita e lo spazio extracellulare. Inoltre, facilita il rilascio di sostanze chimiche coinvolte nei processi di aggregazione (Daimon et al., 1987).

Un aspetto critico nell'analisi ematologica delle tartarughe marine è la tendenza dei trombociti ad aggregarsi nei campioni trattati con litio-eparina, l'anticoagulante più comunemente utilizzato. Questa caratteristica può alterare i conteggi cellulari e compromettere l'accuratezza della valutazione morfologica nello striscio ematico (Stacy & Innis, 2017).

Il Packed Cell Volume (PCV), noto anche come ematocrito, rappresenta la percentuale di globuli rossi (eritrociti) nel sangue totale. È un parametro ematologico fondamentale per valutare la capacità di trasporto dell'ossigeno, lo stato di idratazione e la presenza di anemia o policitemia.

Il valore del PCV viene misurato tramite centrifugazione del sangue in microcapillari, separando la componente corpuscolata (globuli rossi) dal plasma. Il risultato è espresso in percentuale (%), indicando il volume occupato dagli eritrociti rispetto al volume totale del sangue.

I valori di PCV possono variare in base a diversi fattori come età, stato nutrizionale e condizioni ambientali. In *Caretta caretta*, i valori di riferimento oscillano generalmente tra 10% e 28% nelle tartarughe sotto l'anno di età (Bradley et al., 1998) ed aumenta nella crescita tra un range di 17-45% (mediana 28) nelle giovanili e 28-54% (mediana 40) negli adulti (Casal A. B. et al., 2009).

- PCV elevato → Indica disidratazione (dovuta a perdita di liquidi o insufficiente idratazione) o policitemia (aumento della produzione di eritrociti).
- PCV ridotto → Può suggerire anemia, che può derivare da perdite ematiche, malattie infettive, parassitosi o condizioni debilitanti.

Fattori che influenzano il PCV nei rettili

- Disidratazione → Aumento del PCV per emoconcentrazione.
- Anemia rigenerativa → Riduzione del PCV con presenza di eritrociti immaturi nel sangue.
- Condizioni stagionali → Variazioni del PCV possono essere influenzate da letargo, riproduzione e temperatura ambientale.

L'analisi del PCV deve essere sempre interpretata in associazione con altri parametri ematologici, come la conta eritrocitaria, la concentrazione di emoglobina e il volume corpuscolare medio (MCV), per ottenere un quadro completo dello stato fisiologico della tartaruga.

### **Parametri biochimici:**

L'analisi biochimica del siero o del plasma consente di valutare la funzionalità di diversi organi e apparati attraverso specifici parametri. Tra i più utilizzati troviamo enzimi epatici e muscolari, metaboliti, elettroliti e proteine plasmatiche, che forniscono informazioni diagnostiche fondamentali.

### **Enzimi epatici e muscolari:**

- **AST (Aspartato Aminotransferasi):** Enzima ampiamente distribuito nei tessuti, in particolare nel fegato, muscolo scheletrico, cuore ed eritrociti. Un suo aumento è spesso correlato a necrosi cellulare dovuta a infezioni sistemiche o danno tissutale.

Nei cheloni si trova prevalentemente nel fegato e nel cuore, ma non nella muscolatura striata. Il suo valore va interpretato in associazione con CK e LDH (lattato deidrogenasi) (Innis et al., 2009).

Campbell (1996) suggerisce che i valori sierici di AST per le tartarughe marine mature dovrebbe essere compresi tra 100–350 IU/L. Nel Mar Mediterraneo Gelli *et al.*, 2009, hanno rilevato in 65 tartarughe clinicamente sane valori medi di  $468.00 \pm 557.96$  IU/L.

- **ALP (Fosfatasi Alcalina):** Enzima coinvolto nei processi epatobiliari e osteoclastici. È più elevato nei giovani in fase di crescita rispetto agli adulti. Nei cheloni è prodotto principalmente dal tessuto osseo (Dickinson V.M. et al., 2002).
- **ALT (Alanina Aminotransferasi):** L'alanina aminotrasferasi (ALT) è una transaminasi con funzioni simili a AST. Nei mammiferi è un enzima epatico, ma nei rettili si trova soprattutto nel rene, rendendolo poco indicativo per la funzionalità epatica (Knotkova et al., 2000).

Campbell (1996) suggerisce che i valori sierici di ALT per le tartarughe marine mature dovrebbe essere compresi tra 10 e 30 IU/L. Nel Mar Mediterraneo Gelli *et al.*, 2009, hanno rilevato in 65 tartarughe clinicamente sane valori medi di  $13.32 \pm 23.53$  IU/L.

- **CK (Creatinchinasi):** Enzima marker di danno muscolare, può aumentare in seguito a traumi da prelievo o miopatie. Nelle tartarughe i suoi valori tendono ad essere più alti in estate (Zaias et al., 2006).
- **LDH (Lattato Deidrogenasi):** Presente in numerosi tessuti tra cui muscoli, cuore, rene, eritrociti e polmoni. Il suo incremento è associato a danno tissutale, emolisi e necrosi (Innis et al., 2009).

### **Metaboliti:**

I metaboliti sono prodotti intermedi o finali del metabolismo, ovvero l'insieme delle reazioni chimiche che avvengono nell'organismo per ottenere energia e sintetizzare molecole essenziali. Possono essere suddivisi in:

Metaboliti primari: Essenziali per la crescita e la sopravvivenza dell'organismo (es. glucosio, acido urico, urea, creatinina).

Metaboliti secondari: Non direttamente coinvolti nei processi vitali di base, ma utili per la difesa e l'adattamento (es. ormoni, neurotrasmettitori).

- **BUN (Azoto Ureico - Urea):** Nei rettili, l'urea ha un ruolo diverso rispetto ai mammiferi. I cheloni sono prevalentemente uricotelici (eliminano i rifiuti azotati sotto forma di acido urico), quindi i valori di BUN nel plasma sono bassi. Un suo aumento può essere correlato a disidratazione, diete ricche di urea o patologie renali (Christopher et al., 1999). Nel Mar Mediterraneo Gelli et al., 2009, hanno rilevato in 65 tartarughe clinicamente sane valori medi di BUN pari a  $6.87 \pm 22.27$  mol/L.
- **Acido Urico:** Prodotto finale del metabolismo proteico, la sua escrezione varia tra specie terrestri e acquatiche. Un aumento può indicare danno renale avanzato o disidratazione. I livelli variano stagionalmente, con valori più elevati in primavera e metà estate, e sono generalmente più alti nei rettili carnivori (Zaias et al., 2006). La concentrazione di acido urico tende ad essere bassa nelle tartarughe marine sane, generalmente  $< 2$  mg/dL, ma spesso anche  $< 1$  mg/dL (Bolten et al., 1992, Kakiyazoe et al., 2007; Innis et al., 2009). Livelli elevati di acido urico possono essere osservati in tartarughe spiaggiate, presumibilmente come conseguenza della disidratazione e della ridotta funzione renale (Deem et al., 2009, Innis et al., 2009). Gelli et al., 2009, in uno studio condotto su 65 tartarughe marine sane catturate nel Mediterraneo hanno rilevato valori più alti di acido urico ( $346.77 \pm 237.92$  mol/l) rispetto a quelli riportati da altri autori (Campbell, 1996).
- **Glucosio:** Il glucosio è il monosaccaride più abbondante nei vertebrati ed è una risorsa metabolica essenziale che fornisce energia ai tessuti quando viene ossidata (Blanco A. & Blanco G., 2017a). Le concentrazioni di glucosio nel sangue sono regolate da un delicato equilibrio tra reazioni che coinvolgono gli ormoni, l'assorbimento del glucosio e l'ossidazione. I livelli glicemici nei cheloni dipendono da stagionalità, nutrizione e stress. Valori elevati possono essere associati a stress o malattie epatiche, mentre una riduzione si osserva in condizioni di anoressia post-letargo, setticemia o epatopatie gravi (Rangel-Mendoza et al., 2009). L'ipoglicemia è stata rilevata in *Caretta caretta* nidificanti, probabilmente conseguente alla combinazione della perdita delle riserve di energie e del ridotto foraggiamento che si osserva durante la nidificazione (Casal et al., 2009). Sia l'ipoglicemia che l'iperglicemia sono comuni rilevazioni nelle tartarughe debilitate (Jacobson et al., 2007; Deem et al., 2009; Innis

et *al.*, 2007). L'iperglicemia può essere il risultato dello stress da manipolazione nelle tartarughe marine catturate (Aguirre et *al.*, 1995).

- **Creatinina:** Prodotto del metabolismo muscolare, nei mammiferi è utilizzata come indicatore di funzionalità renale, ma nei rettili ha scarso valore diagnostico per le malattie renali (Innis et *al.*, 2009).

Dai prelievi effettuati su 65 tartarughe sane nel Mar Mediterraneo, Gelli et *al.*, 2009, hanno individuato come valore medio della creatinina  $3.54 \pm 35.36$  mol/L.

### **Elettroliti:**

Gli elettroliti sono ioni minerali disciolti nei liquidi corporei (sangue, plasma, liquidi intracellulari), fondamentali per il mantenimento di molte funzioni fisiologiche, tra cui l'equilibrio idrico, la conduzione nervosa e la contrazione muscolare.

- **Sodio (Na<sup>+</sup>):** Il suo livello è inversamente proporzionale allo stato di idratazione. Un aumento indica disidratazione o perdita di acqua, mentre valori ridotti possono essere associati a diarrea o disturbi renali (Christopher et *al.*, 1999).
- **Calcio (Ca<sup>2+</sup>) e Fosforo (P<sup>-</sup>):** Il loro equilibrio è cruciale per la funzionalità ossea e metabolica. Nelle femmine si osservano livelli più alti durante l'ovodeposizione. Il calcio sierico dipende dalla dieta, funzionalità renale ed equilibrio endocrino (Eatwell, 2009).
  - Rapporto Calcio/Fosforo (Ca:P) → un valore normale è 2:1.
  - Ca alto e P basso → possibile iperparatiroidismo primario.
  - Ca basso e P alto → indicativo di disfunzione renale.

### **Proteine Plasmatiche:**

- **Proteine Totali:** Forniscono indicazioni sullo stato nutrizionale e sulle malattie sistemiche.
  - Ipoproteinemia → associata a anoressia, malnutrizione, enteropatie o epatopatie.
  - Iperproteinemia → comune in stati infiammatori cronici.

La concentrazione delle proteine totali nella Caretta caretta va da 2.2 a 5.3 g/dL variabile a seconda dell'età in quanto la concentrazione aumenta con l'età, le condizioni fisiologiche e dalla temperatura dell'acqua (Deem et al., 2009; Osborne et al., 2010).

L'elettroforesi proteica è considerata come il più accurato strumento per la quantizzazione dell'albumina nei rettili ed è anche un utile esame di protocollo per la valutazione preliminare della salute delle tartarughe marine (Osborne et al. 2010). Essa consente la determinazione delle percentuali e delle concentrazioni delle frazioni proteiche, in base alla concentrazione delle TPP.

Le principali frazioni proteiche includono albumina,  $\alpha$ -globulina,  $\beta$ -globulina e  $\gamma$ - globulina

- **Albumina:** Prodotta dal fegato, è essenziale per il trasporto di molecole e la regolazione osmotica. Valori ridotti possono indicare epatopatie o perdita proteica.
- **Globuline:** Le globuline sono proteine plasmatiche sintetizzate in gran parte dal fegato e dai tessuti linfatici. Partecipano alla risposta immunitaria. Un aumento può essere associato a processi infiammatori o infezioni croniche.

Tabella 1- Parametri di riferimento proteine (Osborne et al. 2010)

Plasma protein fraction	Loggerhead sea turtles (n = 437)				Green turtles (n = 152)			
	Median	Minimum	Maximum	Reference interval*	Median	Minimum	Maximum	Reference interval*
TP (g/dL)	3.3	1.4	6.3	2.2–5.2	3.6	1.7	6.2	2.0–5.4
Albumin (g/dL)	0.99	0.19	2.01	0.48–1.48	1.48	0.71	2.31	0.75–2.13
$\alpha$ -Globulin (g/dL)	0.46	0.12	1.41	0.23–0.85	0.52	0.25	0.86	0.29–0.82
$\beta$ -Globulin (g/dL)	0.84	0.30	1.84	0.43–1.32	0.68	0.22	1.30	0.30–1.05
$\gamma$ -Globulin (g/dL)	0.97	0.29	3.28	0.48–2.38	0.86	0.19	2.27	0.33–1.92
A:G	0.43	0	0.89	0.03–0.71	0.69	0.42	1.19	0.47–1.00

\*Reference interval represents the central 95% of the values (ie, 2.5th to 97.5th percentiles).

### 3. SCOPO DELLA RICERCA

Le tartarughe marine *Caretta caretta* sono una specie protetta, la cui conservazione è messa a rischio da numerosi fattori antropici e ambientali, tra cui inquinamento, catture accidentali, cambiamenti climatici e perdita di habitat. Il monitoraggio della loro salute è cruciale per la conservazione della specie, e le analisi ematologiche e biochimiche rappresentano strumenti diagnostici fondamentali per valutare le condizioni fisiologiche degli individui in difficoltà e ottimizzare il processo diagnostico.

L'interpretazione dei parametri ematologici e biochimici delle tartarughe marine *Caretta caretta* risulta complessa a causa della variabilità dei valori riportati in letteratura. Diversi studi hanno fornito range di riferimento differenti, influenzati da fattori metodologici, condizioni ambientali e caratteristiche individuali degli esemplari analizzati. Tuttavia, esiste un range molto ampio dei valori normali per questa specie, rendendo difficoltosa la comparazione tra studi e la valutazione clinica degli esemplari in riabilitazione.

La maggior parte degli studi disponibili classifica gli esemplari in soli due gruppi: giovanili e adulti, mentre nel presente lavoro è stata adottata una suddivisione più dettagliata in tre categorie giovanili, sub-adulti e adulti.

Un altro aspetto critico è l'assenza di studi che analizzino sistematicamente le variazioni stagionali dei parametri biochimici ed ematologici nelle tartarughe marine. La letteratura disponibile si concentra principalmente su dati che non approfondiscono le possibili fluttuazioni fisiologiche legate alla stagionalità, alla temperatura dell'acqua e alla disponibilità di risorse alimentari. Questo studio, quindi, rappresenta un contributo innovativo nel tentativo di colmare questa lacuna, fornendo un'analisi comparativa dei parametri ematici in relazione a diversi periodi dell'anno.

Lo studio si è svolto presso Fondazione Cetacea Onlus a Riccione, un centro dedicato alla ricerca, cura e riabilitazione delle tartarughe marine del Mediterraneo. Fondato nel 1988, il centro è un punto di riferimento per la tutela dell'ecosistema marino, con particolare attenzione alle specie vulnerabili, spesso vittime di attività antropiche.

Fondazione Cetacea opera senza scopo di lucro, svolgendo attività di divulgazione, educazione e conservazione. È attivamente impegnata nel soccorso di tartarughe marine e cetacei e partecipa a diversi progetti europei come Sharklife, NetCet, Tartalife, Adriatic+, Clean Sea Life, Interreg Soundscape, Interreg MARLESS e LIFE Medturtles. Riconosciuta a

livello nazionale come Ente di Ricerca e Centro di Educazione Ambientale per l'Emilia-Romagna, collabora con istituzioni italiane ed estere e gestisce il centro di recupero per tartarughe marine, di riferimento per Emilia-Romagna e Marche. Ad oggi, ha curato e reintrodotta in mare oltre 700 esemplari.

Gli obiettivi di questo studio sono:

- Migliorare la gestione clinica nei centri di recupero, ottimizzando la diagnosi e il trattamento delle tartarughe marine in difficoltà
- Individuare correlazioni tra fattori ambientali e parametri fisiologici, fornendo indicazioni sull'impatto delle variazioni stagionali e della temperatura sulla fisiologia degli esemplari recuperati
- Supportare studi futuri sulla salute delle popolazioni selvatiche, contribuendo alla definizione di possibili biomarcatori di stress o malattia.
- Valutare le differenze nei parametri in relazione a età, anno di recupero e stagione, nonché di esplorare possibili correlazioni con le patologie o effetti dell'innalzamento della temperatura.

## 4. MATERIALI E METODI

Lo studio ha analizzato 340 esemplari di *Caretta caretta* ricoverati presso Fondazione Cetacea tra il 2015 e il 2024.

Le tartarughe marine sono state classificate in tre gruppi di sviluppo in base alla lunghezza del carapace (CCL) di cui:

- 72 esemplari giovanili: lunghezza del carapace <30 cm
- 105 esemplari sub-adulti: lunghezza del carapace tra 30 e 50 cm
- 163 esemplari adulti: lunghezza del carapace >50 cm

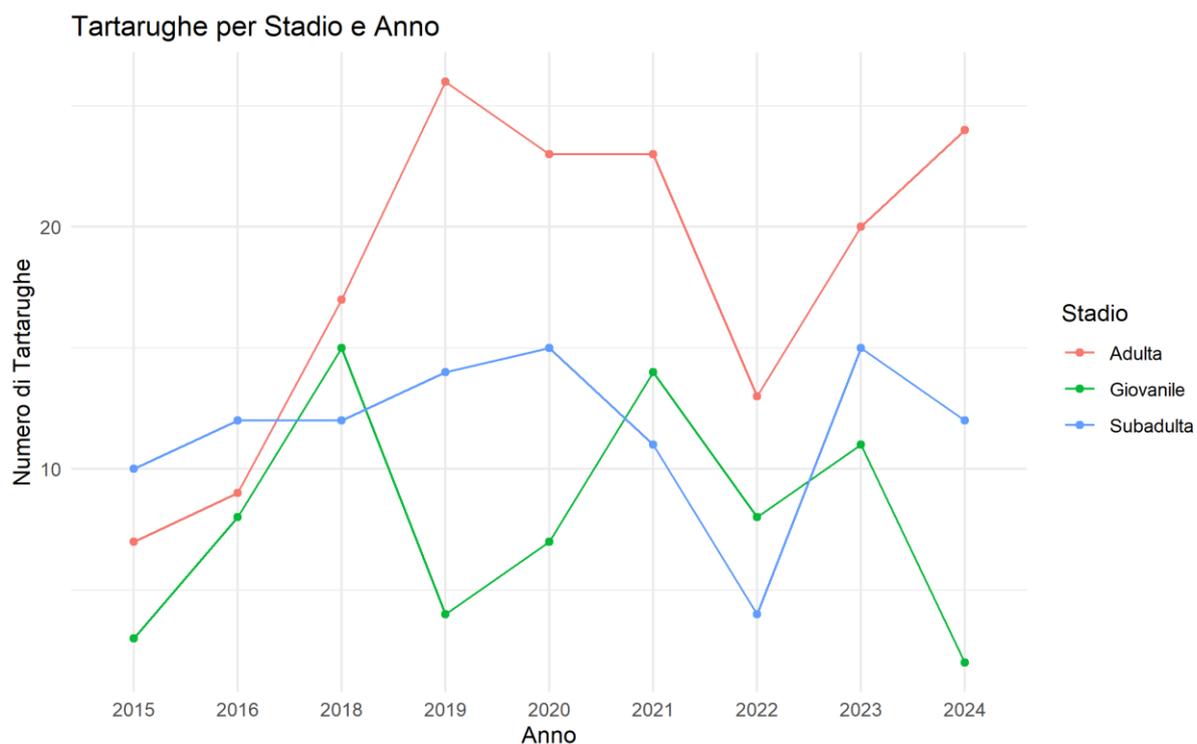


Figura 7 - Il grafico mostra l'andamento degli arrivi a Fondazione Cetacea delle tartarughe adulte (rosso), giovanili (verde) e subadulte (blu) nel corso degli anni.

Il prelievo di sangue è stato effettuato da veterinari specializzati attraverso prelievo venoso dalla vena giugulare, utilizzando siringhe da 60 ml con aghi di calibro adeguato alla grandezza della tartaruga, un giorno o qualche giorno seguente l'arrivo al centro.



*Figura 8- Prelievo nella vena giugulare di un esemplare di Caretta caretta*

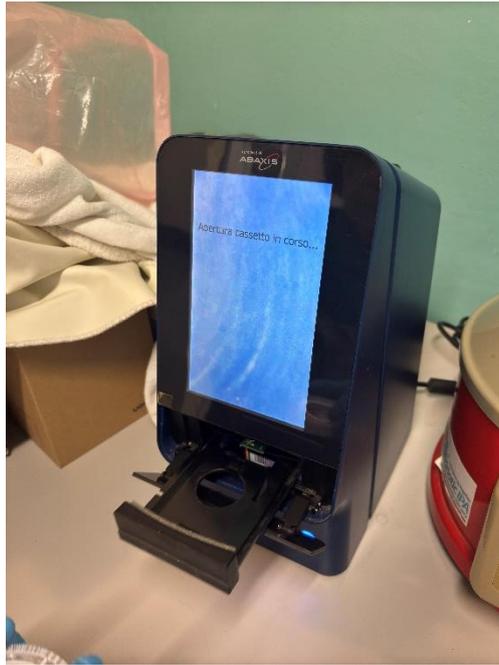
I campioni sono stati raccolti in:

- Provette per le analisi biochimiche
- Microcapillari per la determinazione del PCV (Packed Cell Volume)



*Figura 9- inserimento del sangue all'interno di un microcapillare.*

Le analisi biochimiche sono state effettuate utilizzando l'analizzatore Biochimico Piccolo Xpress, Abaxis.

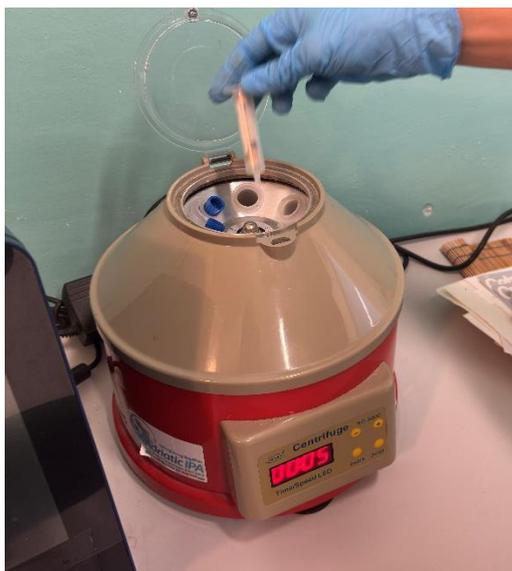


*Figura 10- Analizzatore Piccolo Xpress Abaxis pronto per analizzare il campione*



*Figura 11- inserimento del campione ematico nel rotore di Piccolo Xpress*

La determinazione dell'ematocrito è stata effettuata mediante centrifugazione dei microcapillari a 1000 rpm per 6 minuti.



*Figura 12 - Inserimento microcapillare nella centrifuga*

Dopo la centrifugazione, il valore del Packed Cell Volume (PCV) è stato calcolato misurando la proporzione della frazione corpuscolata (eritrociti) rispetto al volume totale del sangue, espressa in percentuale.

Le analisi si sono concentrate su 12 parametri biochimici ed ematologici, scelti per la loro rilevanza nella diagnosi clinica delle tartarughe marine:

AST (Aspartato Aminotransferasi), CK (Creatinichinasi), UA (Acido Urico), Glu (Glucosio) Ca (Calcio), Fos (Fosforo), TP (Proteine Totali), Alb (Albumina), Glob (Globuline), K (Potassio) e Na (Sodio), PCV (Packed Cell Volume o Ematocrito).

### **Analisi Statistica:**

I dati raccolti sono stati analizzati utilizzando il software R studio e i risultati sono stati considerati significativi con  $P < 0.05$ .

Le analisi effettuate sono state:

- Test di Shapiro-Wilk → Per valutare la normalità dei dati
- Test di Kruskal-Wallis → Per confrontare i parametri tra giovani, sub-adulti, adulti, e per analizzare le variazioni tra anni e tra mesi.
- Test post-hoc a coppie di Dunn per i parametri significativi al test di Kruskal-Wallis
- Correlazione di Pearson tra temperatura ambientale dal 2015 al 2024 e parametri biochimici
- Tabelle con parametri medi per consultazione

## 5. RISULTATI:

### 5.1. TEST DI SAPHIRO-WILK

Per verificare se i dati seguono una distribuzione normale, è stato applicato il test di Shapiro-Wilk a ciascun parametro biochimico ed ematologico. Un p-value inferiore a 0.05 indica che il parametro non segue una distribuzione normale.

La maggior parte dei parametri presenta p-value  $< 0.05$ , indicando che non segue una distribuzione normale. Solo Proteine Totali (TP) e PCV risultano normalmente distribuiti, con p-value  $> 0.05$ .

### 5.2. TEST DI KRUSKAL-WALLIS

Poiché la maggior parte dei dati non è normalmente distribuita, si è scelto di utilizzare test non parametrici per le analisi comparative, in particolare il test di Kruskal-Wallis, che è adatto per confronti tra gruppi quando la normalità non è rispettata.

L'analisi del test di Kruskal-Wallis ha evidenziato differenze significative nei valori biochimici tra gli stadi di età (giovanili, sub-adulti e adulti) per tutti i parametri ad eccezione della Creatininchinasi (CK). Questo risultato suggerisce che la maggior parte dei parametri biochimici varia in relazione allo sviluppo dell'individuo.

Visto le differenze sopra descritte è stato poi applicato il test di Kruskal-Wallis tra stadio di età e anni (dal 2015 al 2024) che ha evidenziato alcune differenze significative nei valori biochimici tra gli anni, indicando variazioni interannuali nella fisiologia delle tartarughe marine. Non è presente il valore del PCV per gli esemplari tra anni in quanto il numero di campioni disponibili non è stato sufficiente. Questo è dovuto al fatto che la tecnica è stata introdotta nel centro solo recentemente.

- Negli adulti, sono state riscontrate differenze significative nei livelli di Acido Urico (UA), Glucosio (Glu), Calcio (Ca), Fosforo (Fos), Albumina (Alb), Potassio (K) e Sodio (Na).

- Nei sub-adulti, i parametri significativamente differenti tra gli anni sono stati Acido Urico (UA) e Sodio (Na).
- Nei giovanili, i parametri che hanno mostrato differenze significative tra gli anni sono stati Acido Urico (UA), Glucosio (Glu), Calcio (Ca), Fosforo (Fos), Proteine Totali (TP), Albumina (Alb), Globuline (Glob) e Sodio (Na).

L'analisi statistica ha inoltre rivelato differenze significative nei valori biochimici tra stadi di età e i mesi, indicando variazioni stagionali nei parametri fisiologici delle tartarughe marine.

- Negli adulti, i parametri che hanno mostrato variazioni significative tra i mesi sono stati Aspartato Aminotransferasi (AST), Glucosio (Glu), Calcio (Ca), Fosforo (Fos), Proteine Totali (TP), Albumina (Alb), Potassio (K) e PCV.
- Nei sub-adulti, i parametri significativamente variabili tra i mesi sono risultati Aspartato Aminotransferasi (AST), Acido Urico (UA), Glucosio (Glu), Proteine Totali (TP), Albumina (Alb), Globuline (Glob) e Potassio (K).
- Nei giovanili, le differenze stagionali sono state riscontrate nei parametri Acido Urico (UA), Glucosio (Glu), Calcio (Ca) e Sodio (Na).

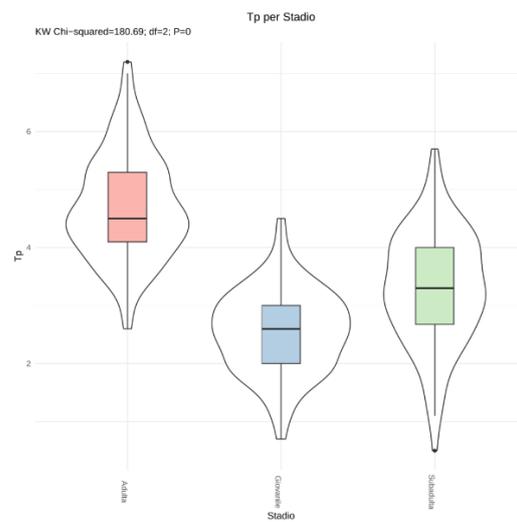
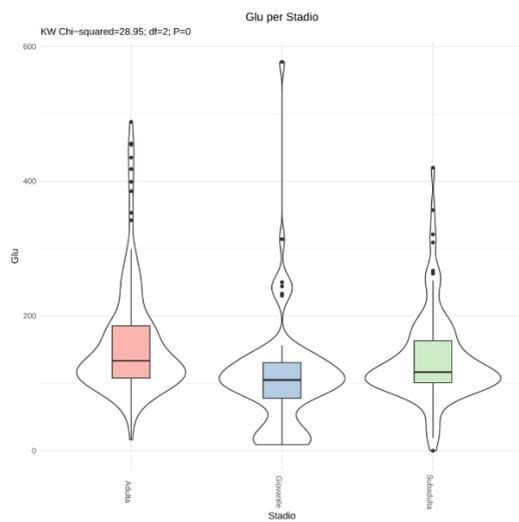
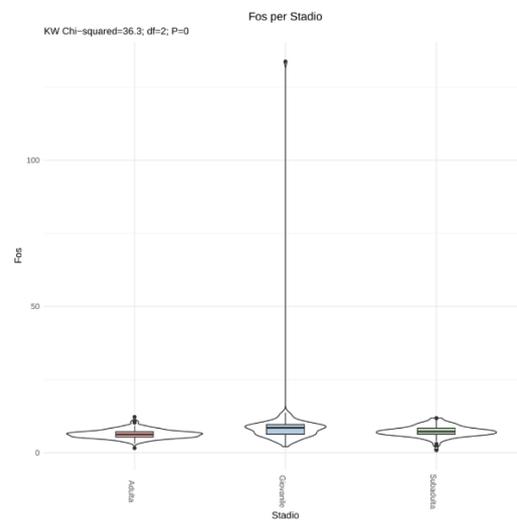
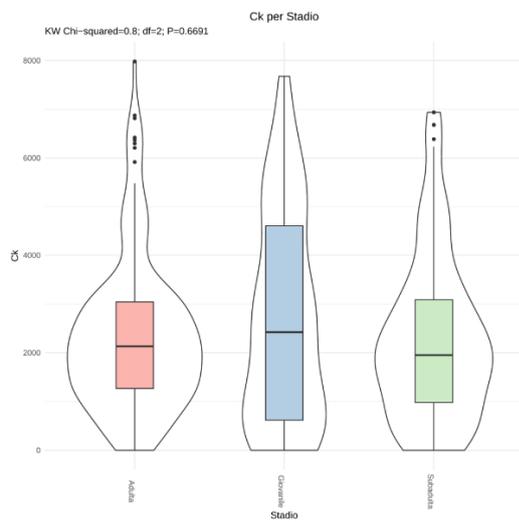
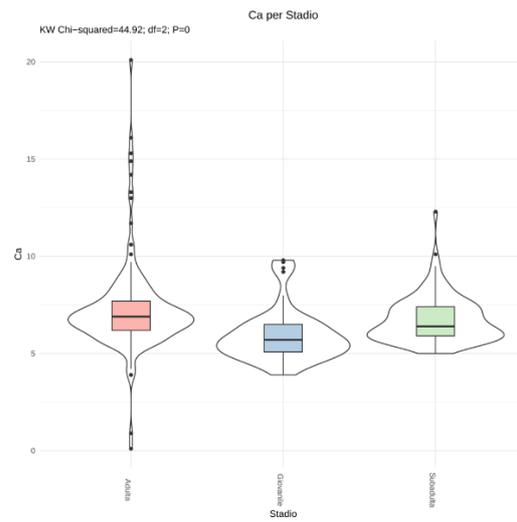
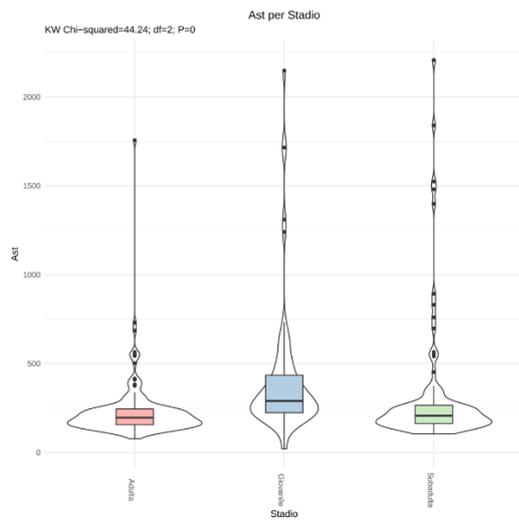


Figura 137 - Boxplot per il confronto tra stadi per i parametri Ast, Ck, Ua, Glu, Ca e Fos.

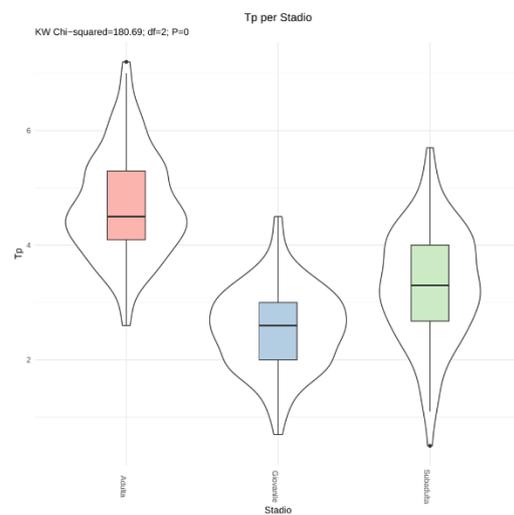
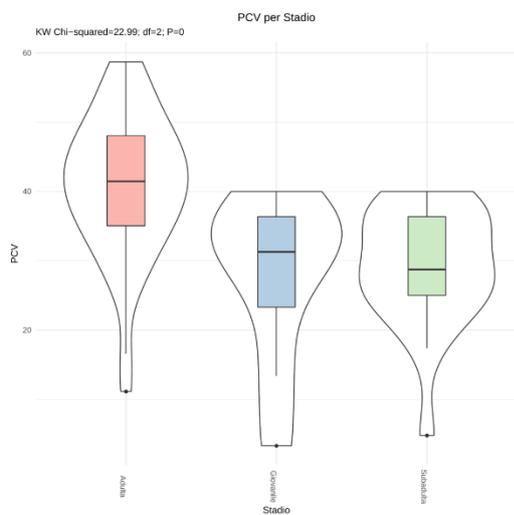
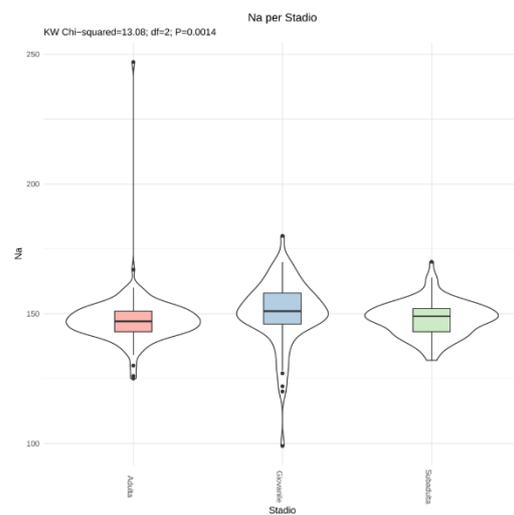
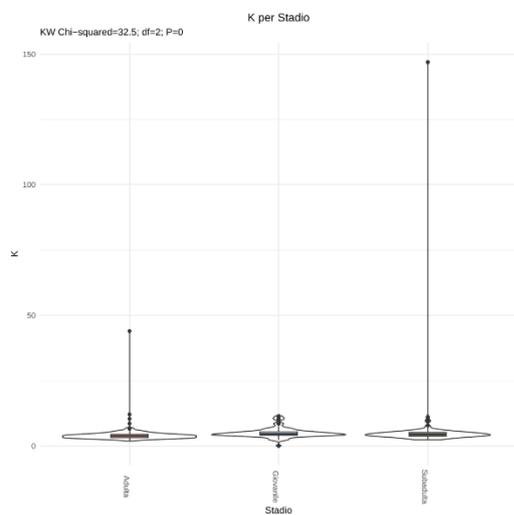
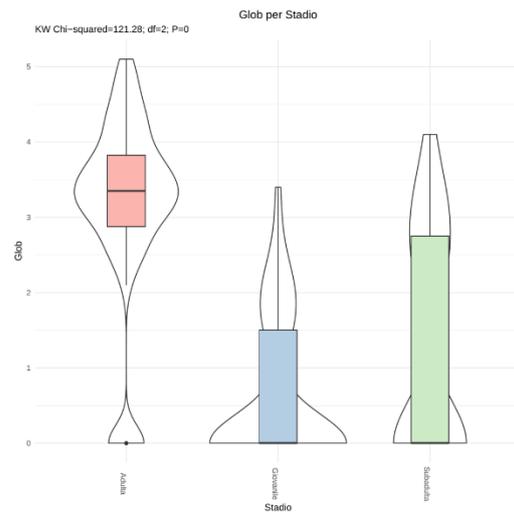
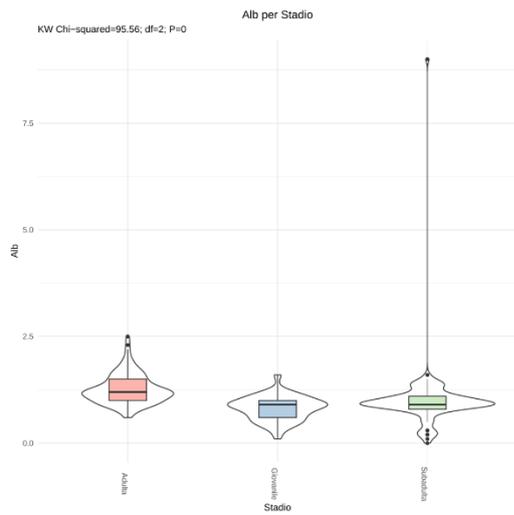


Figura 14- Boxplot per il confronto tra stadi per i parametri Tp, Alb, Glob, K, Na e Pcv.

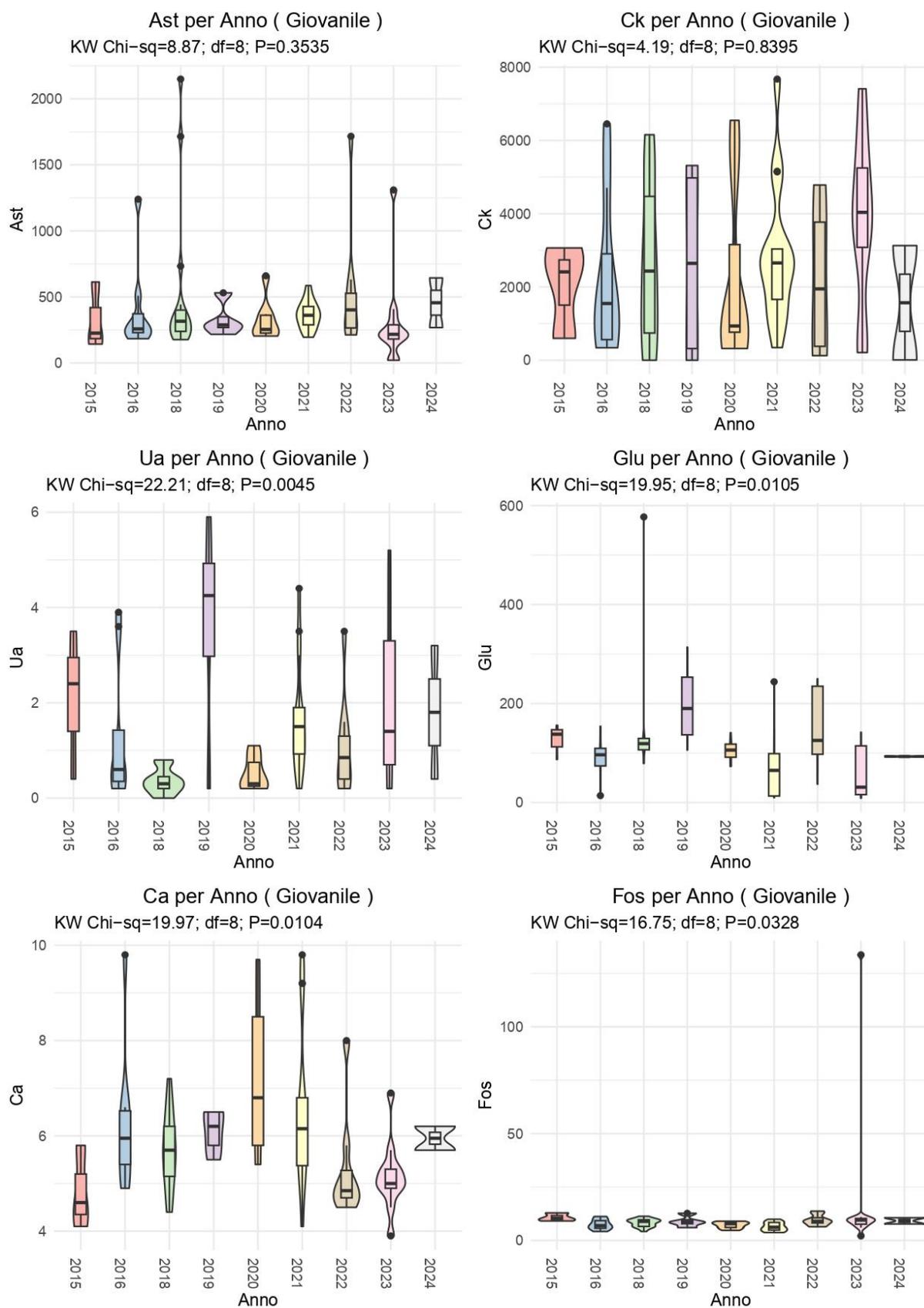


Figura 85 - Confronto tra anni dal 2015 al 2024 per i parametri Ast, Ck, Ua, Glu, Ca, Fos per stadio di età giovanile.

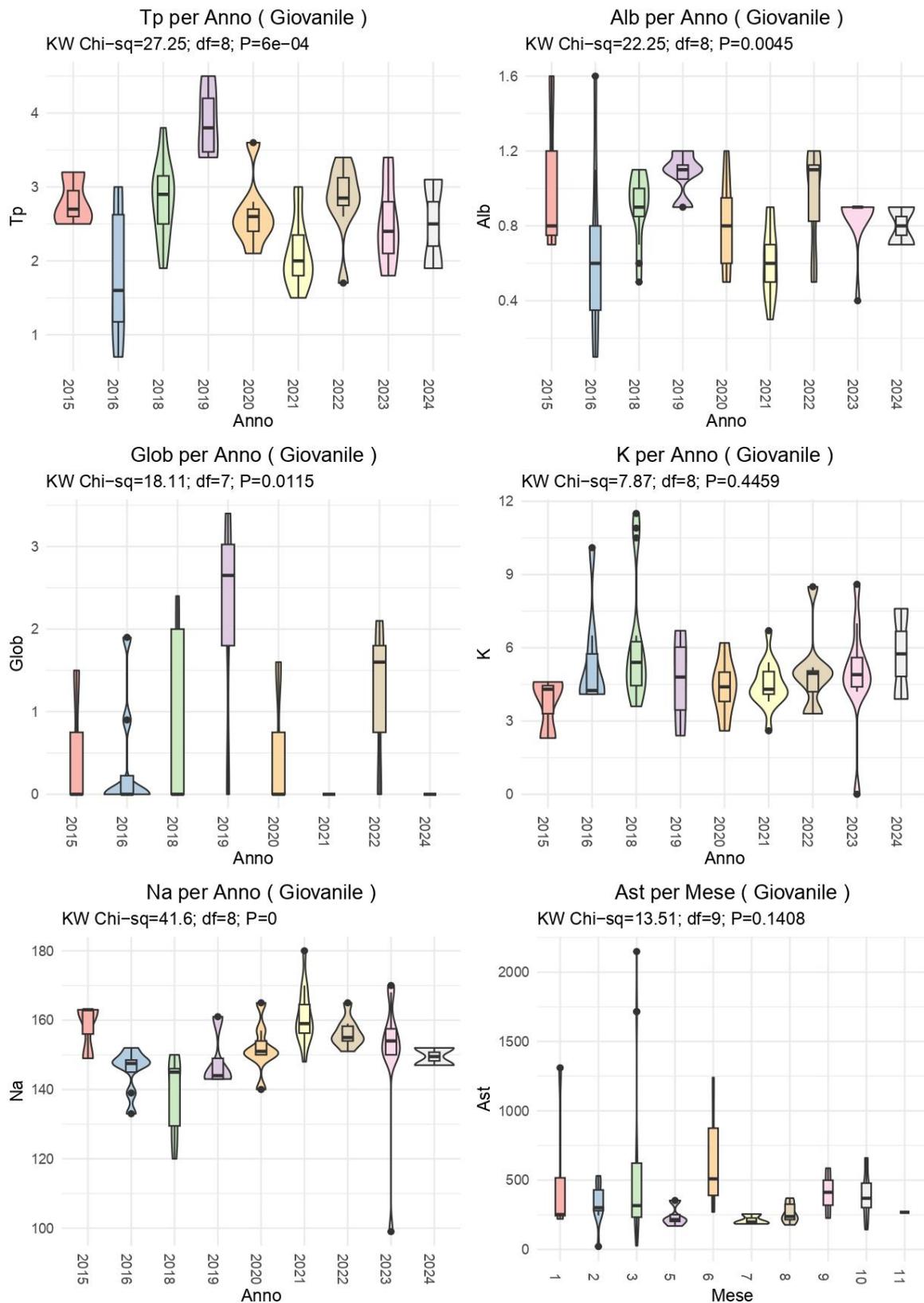


Figura 96- Confronto tra anni dal 2015 al 2024 per i parametri Tp, Alb, Glob, K, Na e confronto tra mesi per il parametro Ast per stadio di età giovanile

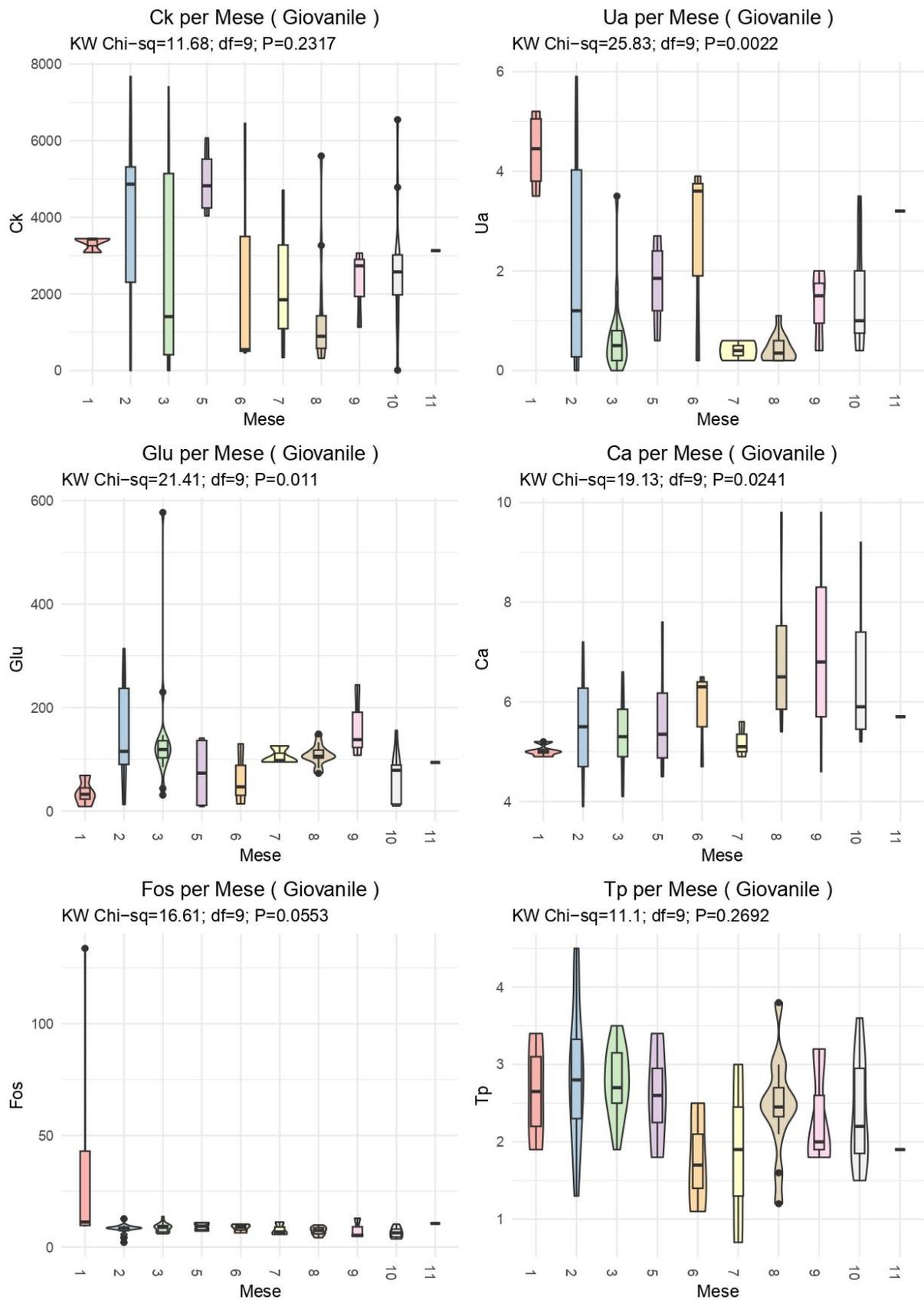


Figura 107 - Confronto tra mesi per i parametri Ck, Ua, Glu, Ca, Fos e Tp per stadio di età giovanile.

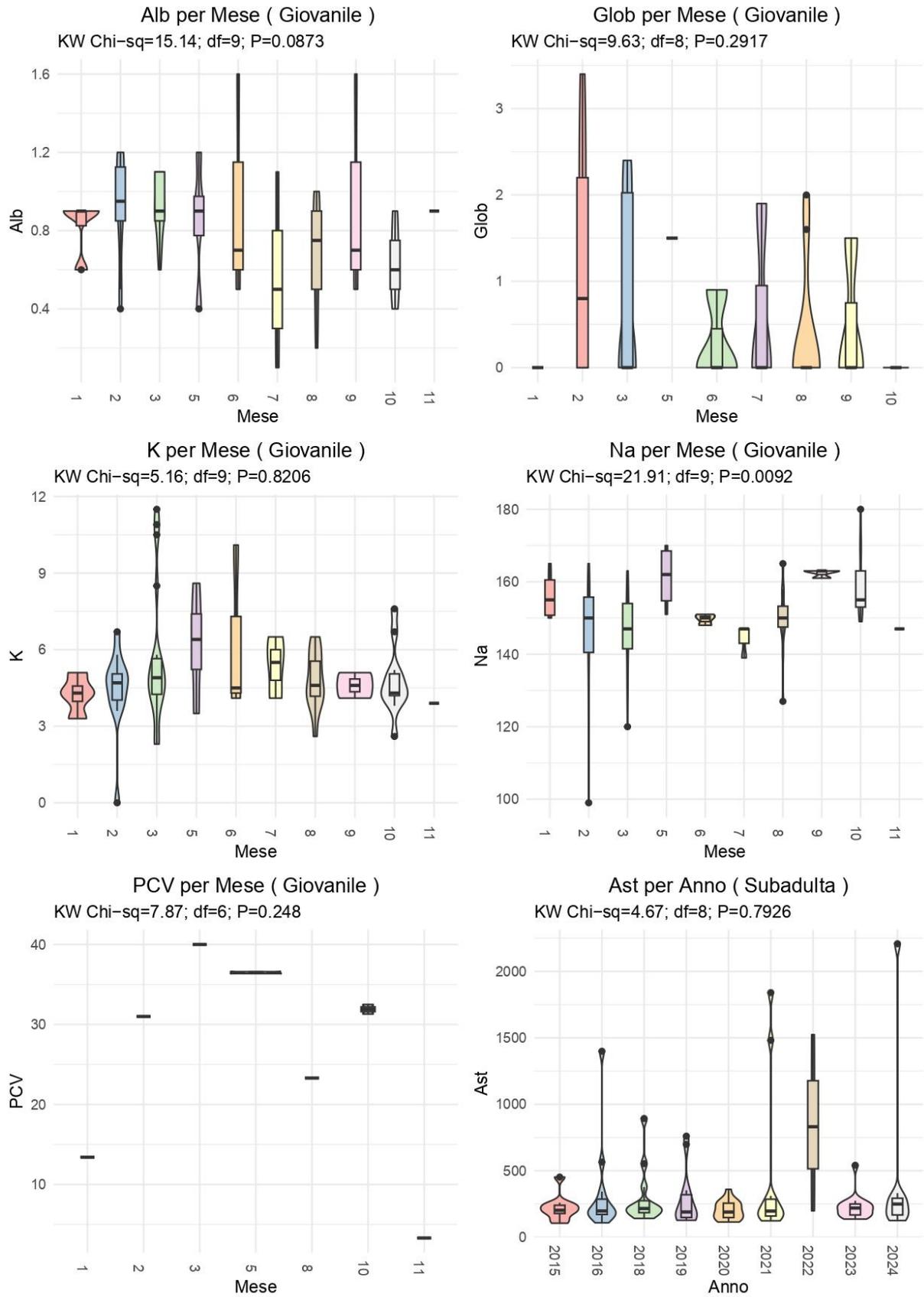


Figura 18 - Confronto tra mesi per i parametri Alb, Glob, k, Na e Pcv per stadio di età giovanile e Ast tra anni per le subadulte.

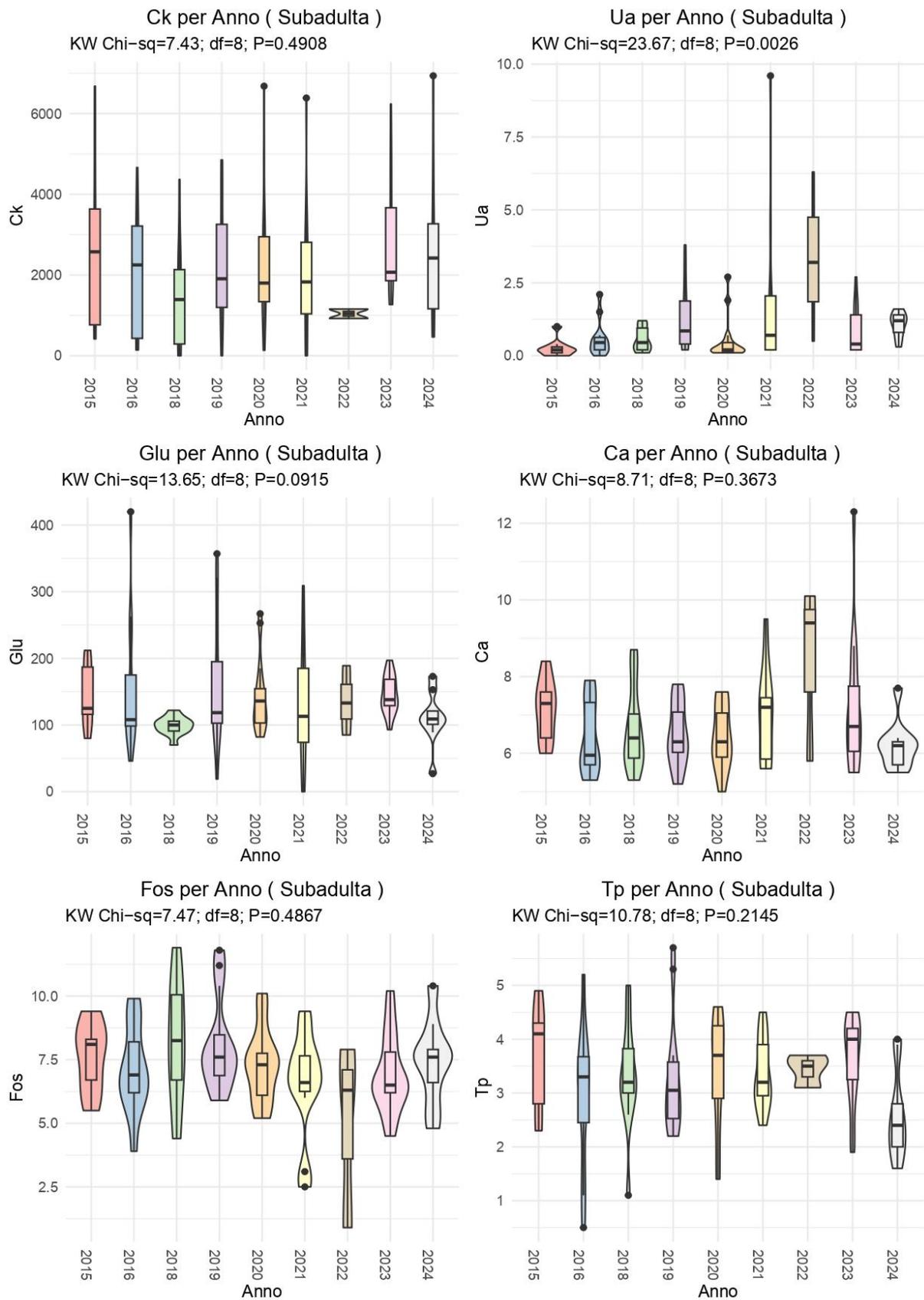


Figura 119 - Confronto tra anni per i paramemteri Ck, Ua, Glu, Ca, Fos e Tp per le subadulte.

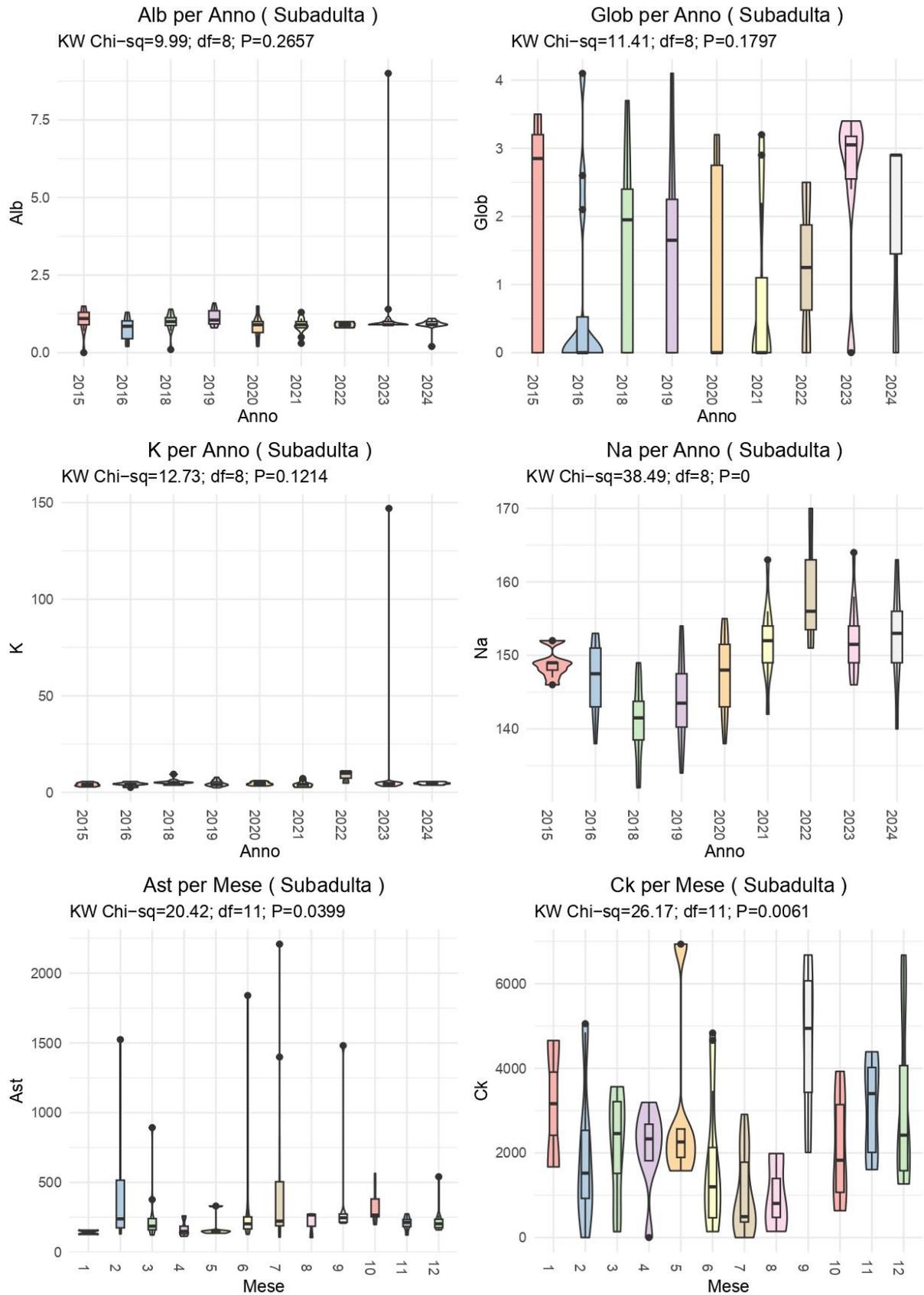


Figura 20- Confronto tra anni per i paramemtri Alb, Glob, K, Na e tra mesi per Ast e Ck per le subadulte.

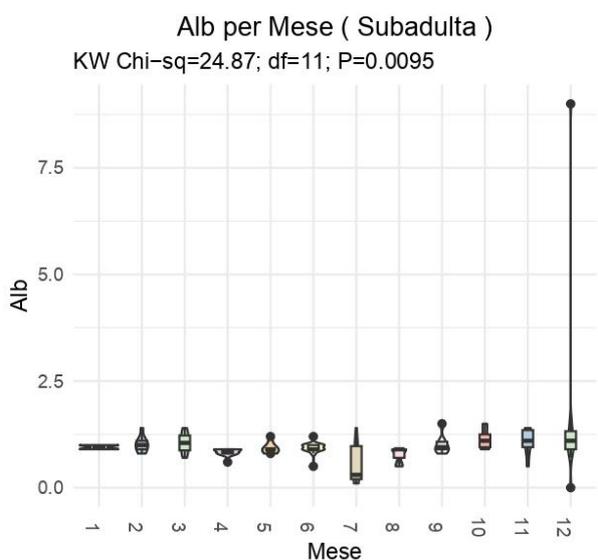
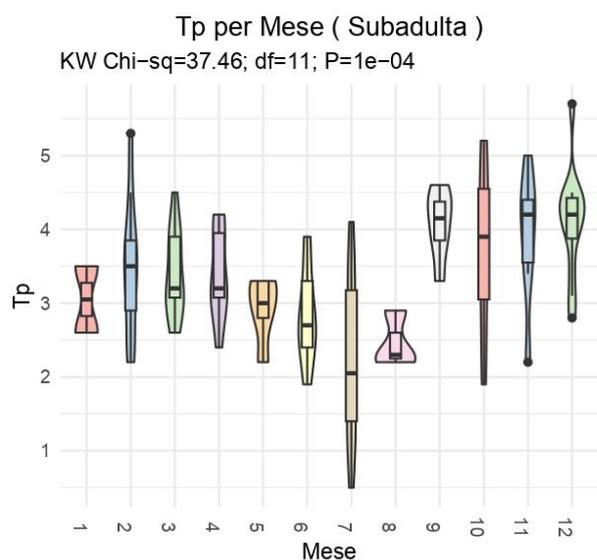
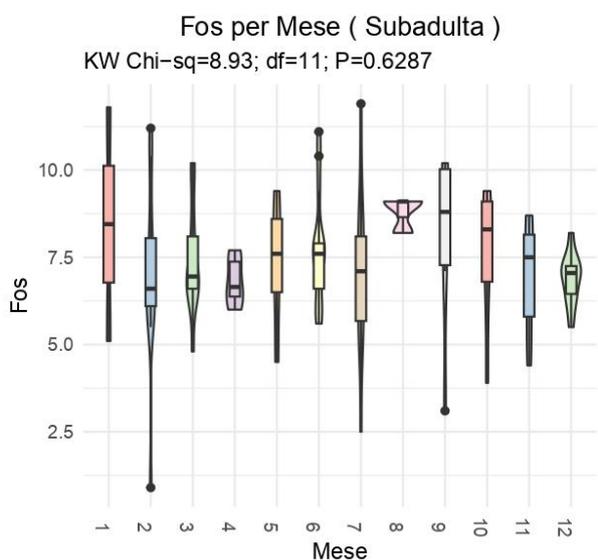
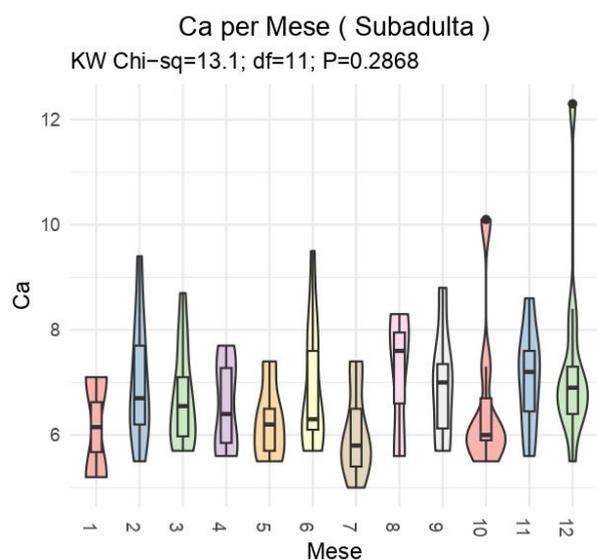
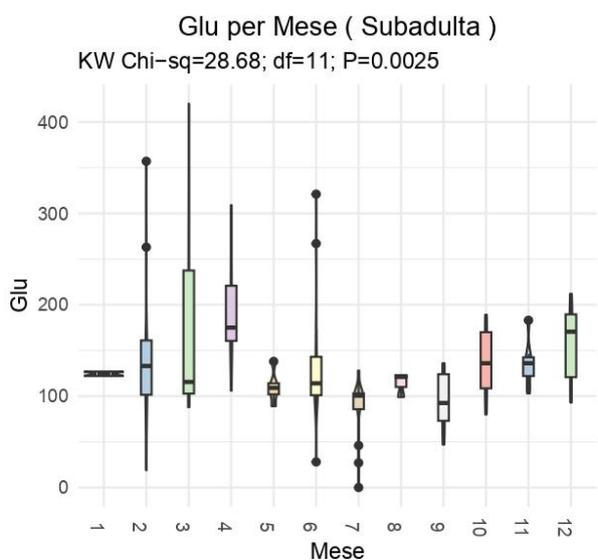
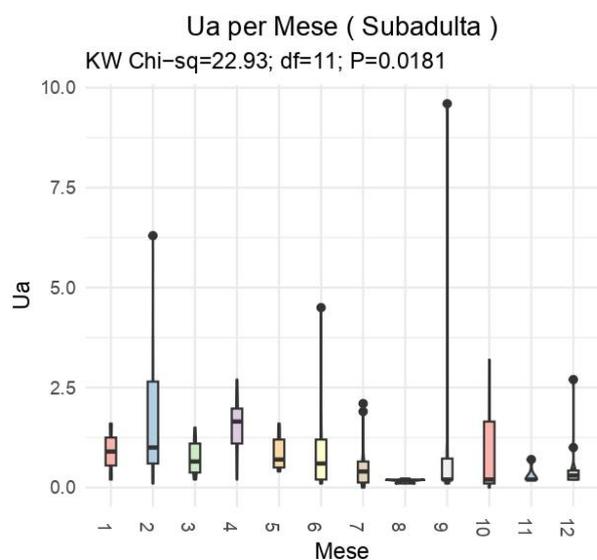


Figura 212 - Confronto tra mesi per i parametri Ua, Glu, Ca, Fos, Tp, Alb per le subadulte

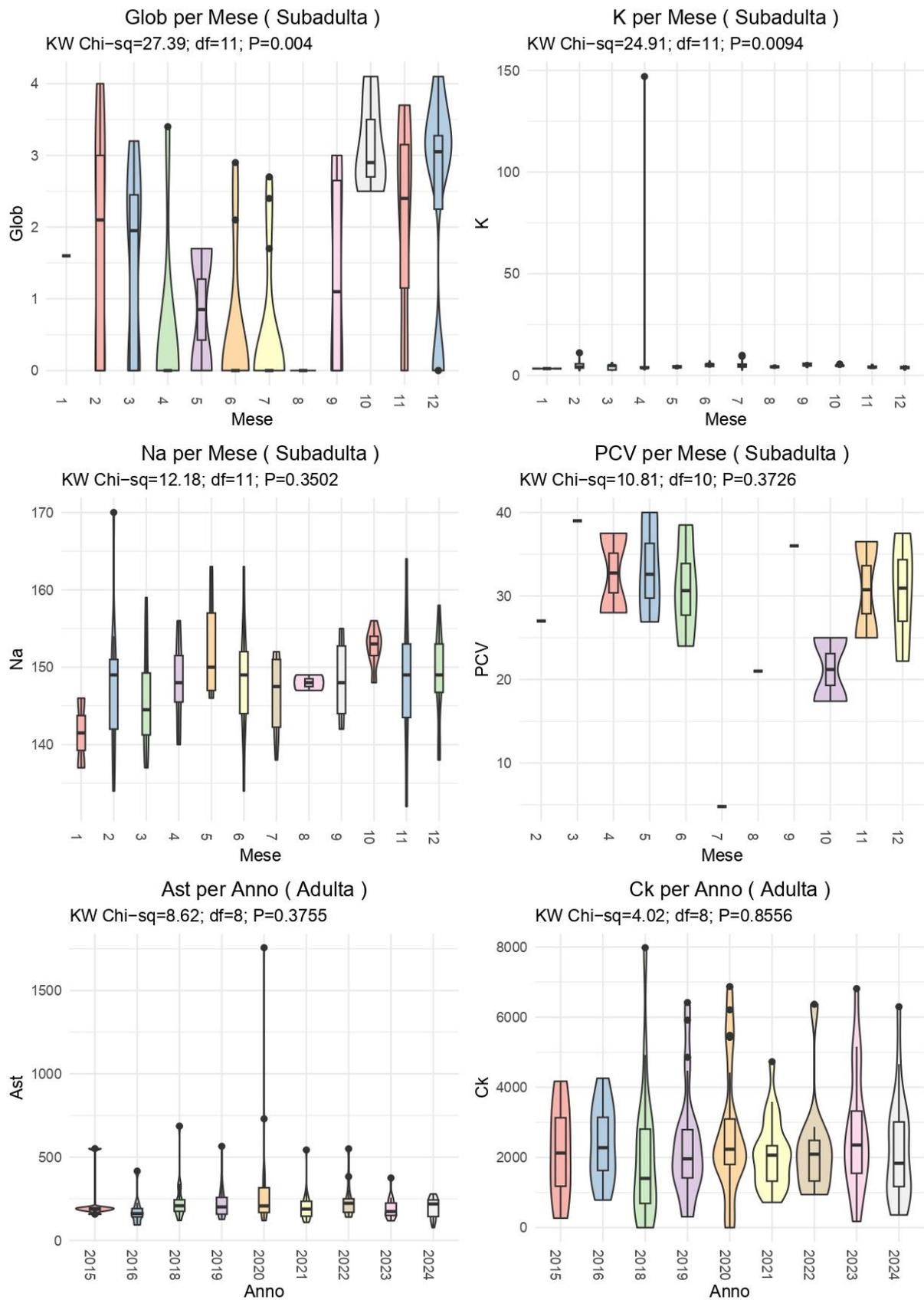


Figura 13 - Confronto tra mesi per i parametri Glob, K, Na e Pcv per le subadulte e confronto tra anni per i parametri Ast e Ck per le adulte.

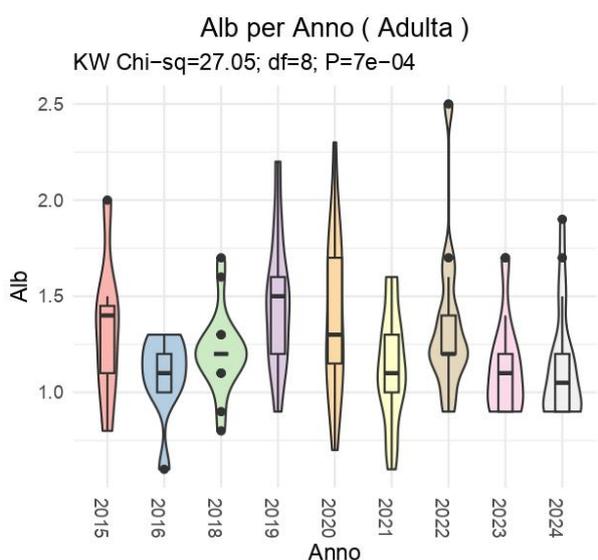
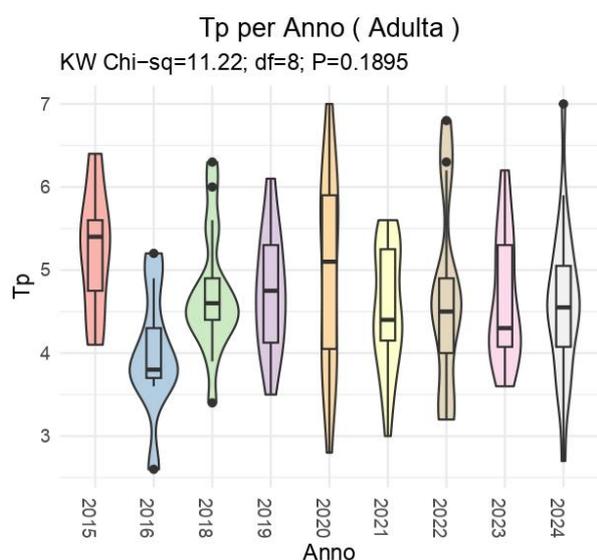
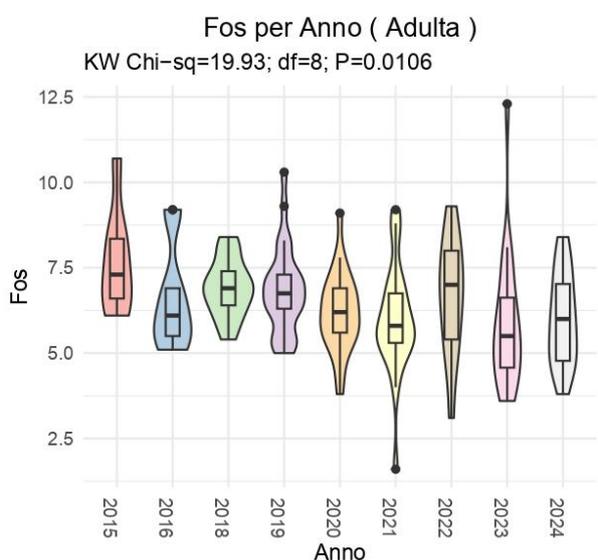
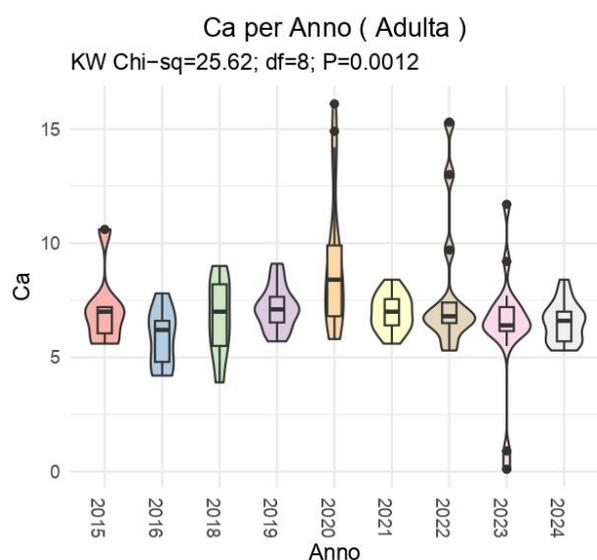
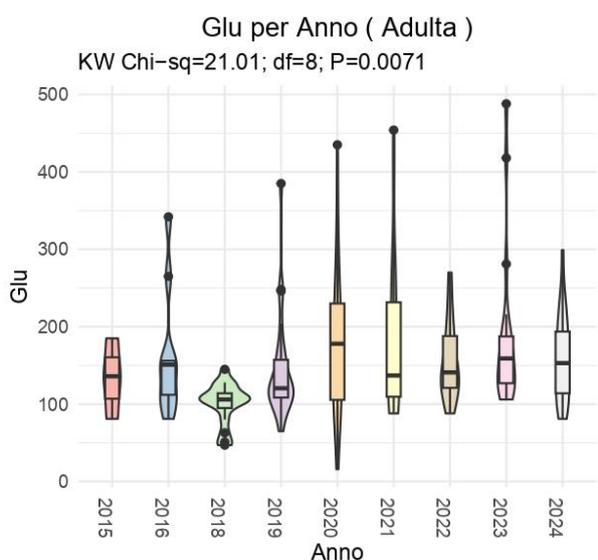
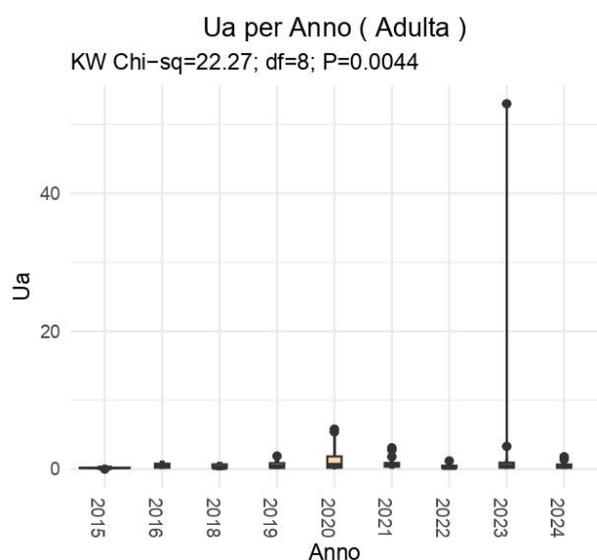


Figura 143 - Confronto tra anni per i parametri Ua, Glu, Ca, Fos, Tp e Alb per le adulte

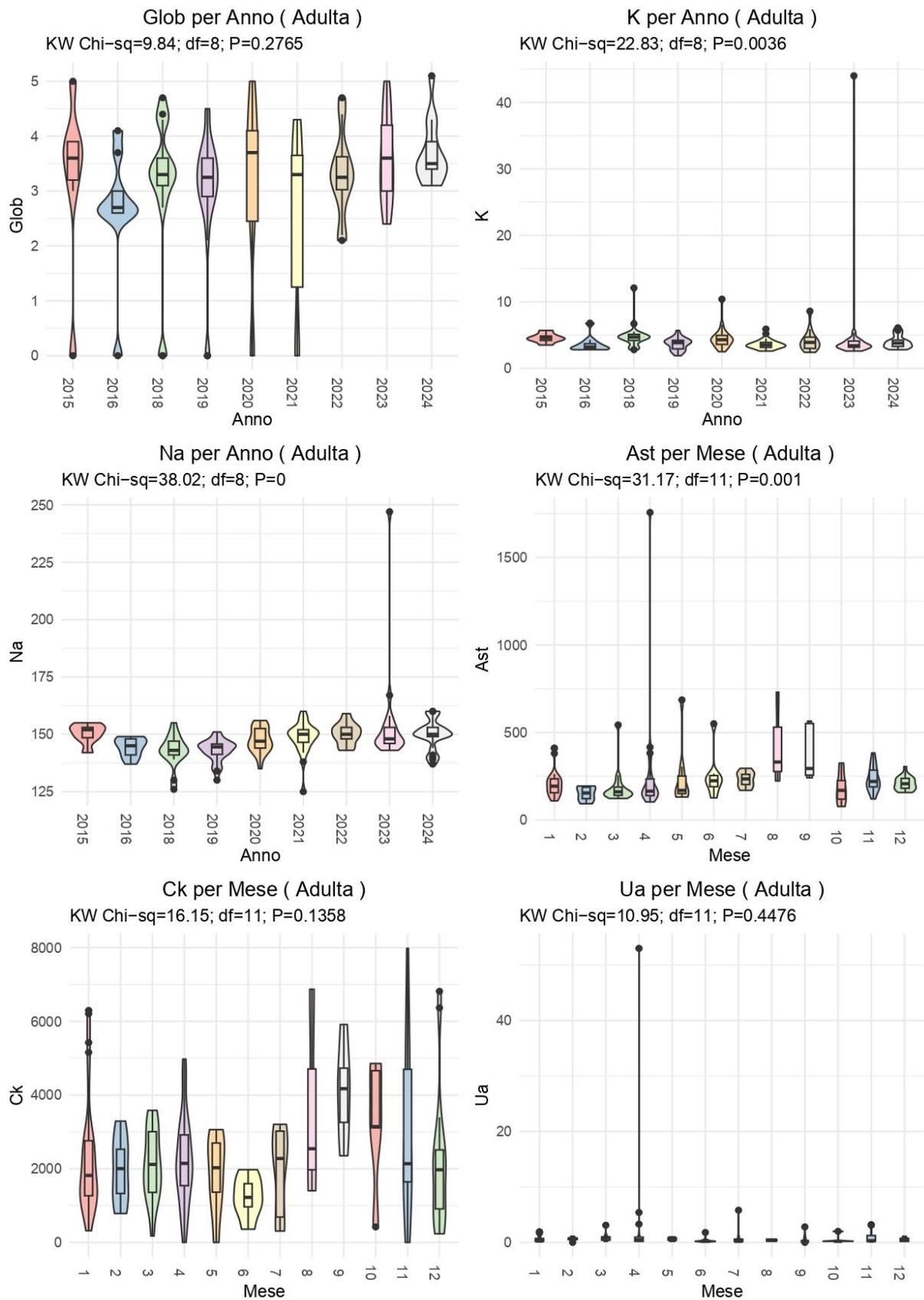


Figura 154 - Confronto tra anni per i parametri Glob, K, Na e confronto tra mesi per i parametri Ast, Ck e Ua per le adulte

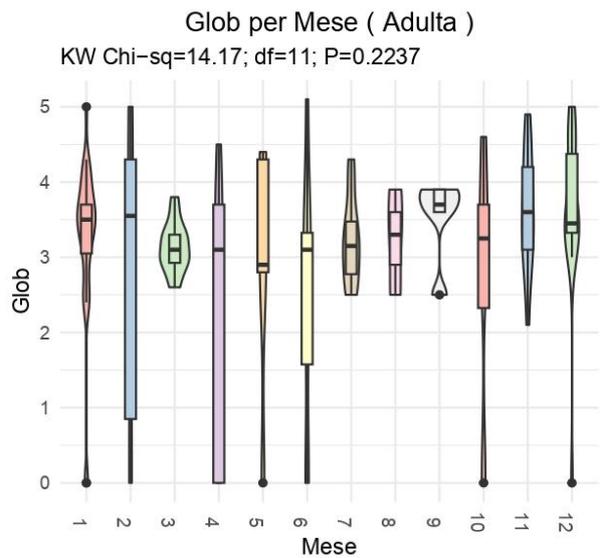
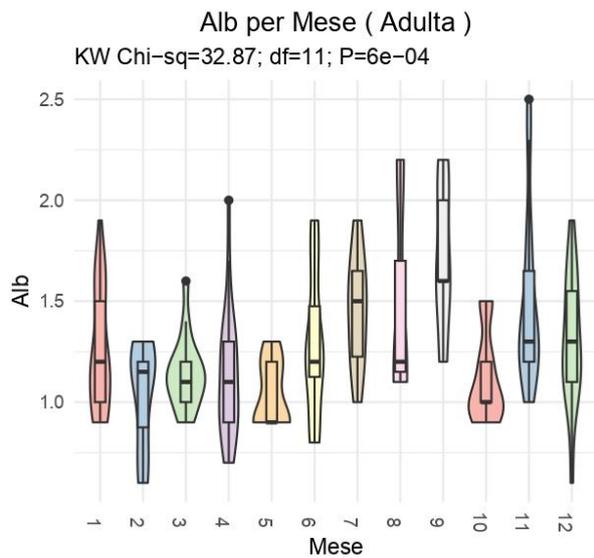
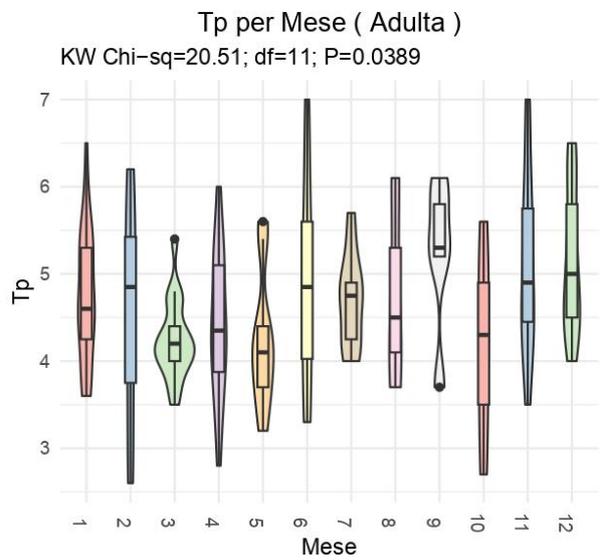
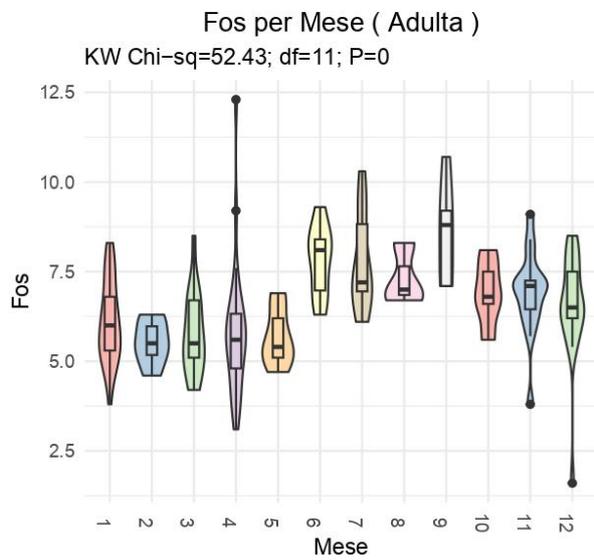
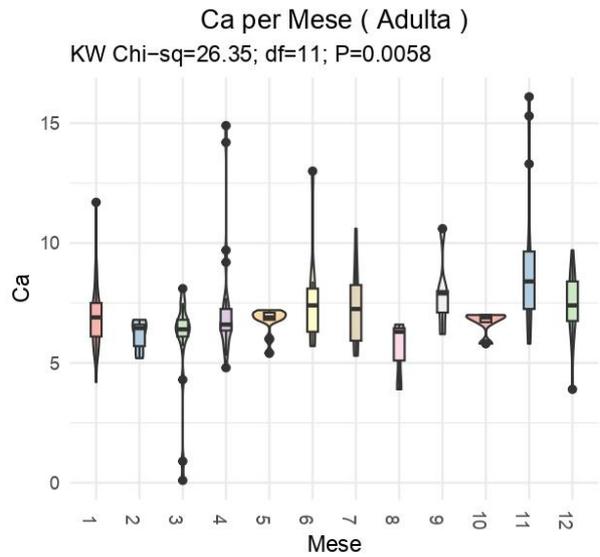
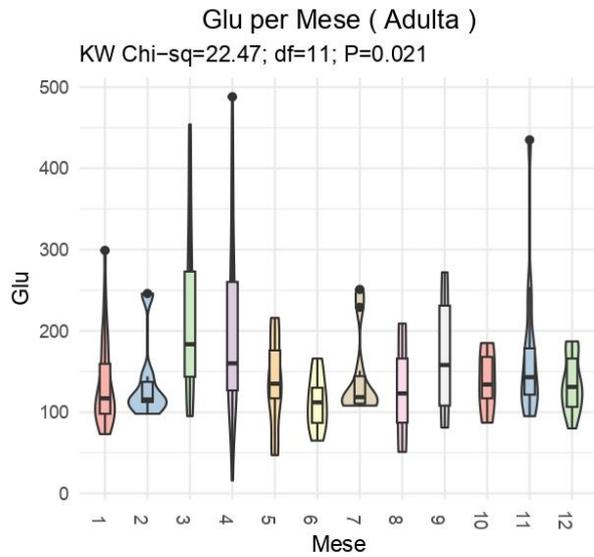


Figura 165 - Confronto tra mesi per i parametri Glu, Ca, Fos, Tp, Alb e Glob per le adulte

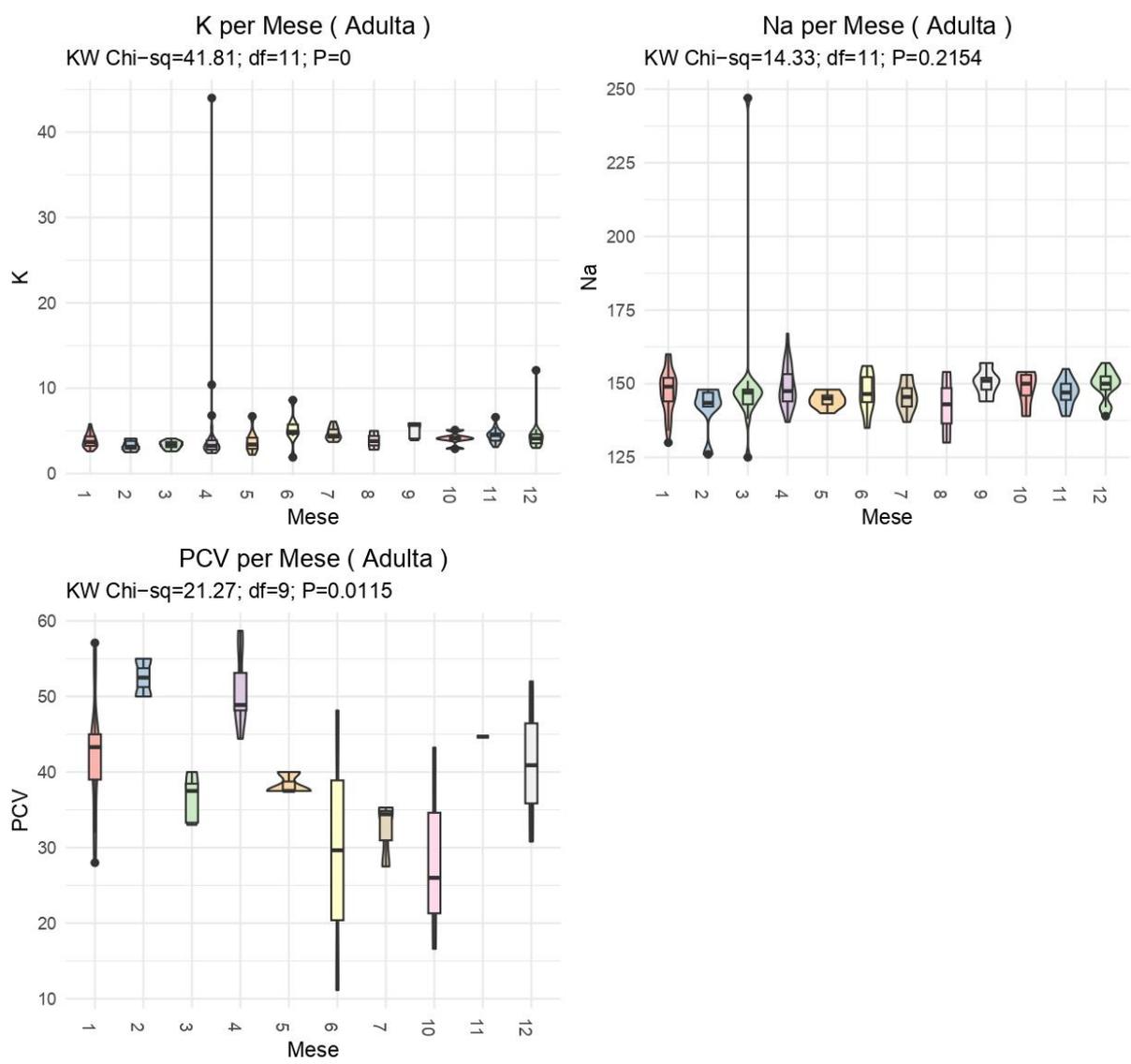


Figura 26 - Confronto tra mesi per i parametri K, Na e Pcv per le adulte

### 5.3. TEST POST-HOC DI DUNN

Dopo aver identificato differenze significative tra i gruppi tramite il test di Kruskal-Wallis, è stato applicato il test post-hoc a coppie di Dunn, che permette di confrontare direttamente i gruppi tra loro per determinare quali presentano differenze significative.

Il test di Dunn è stato utilizzato per confrontare i parametri biochimici ed ematologici tra:

Stadi di età (giovanili, sub-adulti e adulti), anni di studio (per valutare variazioni interannuali), mesi dell'anno (per analizzare variazioni stagionali).

*Tabella 2 – Risultati del test post-hoc di Dunn per il confronto tra stadi di età*

Parametro	Confronto	Z	p-adj	Significatività
AST	Adulta vs Giovanile	-6.621	1.07e-10	***
AST	Adulta vs Subadulta	-1.682	0.277	n/s
AST	Giovanile vs Subadulta	4.687	8.3e-06	***
UA	Adulta vs Giovanile	-3.359	0.00235	**
UA	Adulta vs Subadulta	-0.922	1	n/s
UA	Giovanile vs Subadulta	2.321	0.0609	n/s
Glucosio	Adulta vs Giovanile	5.347	2.68e-07	***
Glucosio	Adulta vs Subadulta	2.41	0.0479	*
Glucosio	Giovanile vs Subadulta	-2.922	0.0104	*
Ca	Adulta vs Giovanile	6.688	6.79e-11	***
Ca	Adulta vs Subadulta	1.903	0.171	n/s
Ca	Giovanile vs Subadulta	-4.571	1.46e-05	***
Fosforo	Adulta vs Giovanile	-5.542	8.97e-08	***
Fosforo	Adulta vs Subadulta	-4.126	0.000111	***
Fosforo	Giovanile vs Subadulta	1.684	0.276	n/s
TP	Adulta vs Giovanile	12.469	3.32e-35	***
TP	Adulta vs Subadulta	9.006	6.44e-19	***
TP	Giovanile vs Subadulta	-4.019	0.000175	***
Albumina	Adulta vs Giovanile	8.89	1.84e-18	***
Albumina	Adulta vs Subadulta	6.877	1.83e-11	***
Albumina	Giovanile vs Subadulta	-2.489	0.0384	*
Globuline	Adulta vs Giovanile	9.673	1.18e-21	***
Globuline	Adulta vs Subadulta	8.099	1.67e-15	***
Globuline	Giovanile vs Subadulta	-2.311	0.0624	n/s

K+	Adulta vs Giovanile	-5.269	4.12e-07	***
K+	Adulta vs Subadulta	-3.856	0.000346	***
K+	Giovanile vs Subadulta	1.657	0.293	n/s
Na+	Adulta vs Giovanile	-3.609	0.000921	***
Na+	Adulta vs Subadulta	-1.017	0.927	n/s
Na+	Giovanile vs Subadulta	2.465	0.0411	*
PCV	Adulta vs Giovanile	3.124	0.0054	**
PCV	Adulta vs Subadulta	4.295	5.23e-05	***
PCV	Giovanile vs Subadulta	-0.043	1	n/s

p-value < 0.05

Tabella 3- Risultati del test post-hoc di Dunn significativi nel confronto tra anni per ogni stadio

Parametro	Stadio	Confronto anno 1	Confronto anno 2	Z	p-adj	Significatività
Ua	Giovanile	2018	2021	-3.60794	0.011111	*
Ua	Giovanile	2018	2023	-3.20931	0.0479	*
Tp	Giovanile	2016	2019	-3.78475	0.005539	**
Tp	Giovanile	2019	2021	4.049568	0.001847	**
Alb	Giovanile	2018	2021	3.208844	0.047977	*
Alb	Giovanile	2019	2021	3.366743	0.027382	*
Alb	Giovanile	2021	2022	-3.27497	0.038043	*
Glob	Giovanile	2019	2021	3.482014	0.013934	*
Na	Giovanile	2016	2021	-3.6107	0.010993	*
Na	Giovanile	2018	2021	-5.54253	1.07E-06	***
Na	Giovanile	2018	2022	-3.97882	0.002493	**
Na	Giovanile	2018	2023	-3.56385	0.013157	*
Ua	Subadulta	2015	2024	-3.21185	0.047478	*
Na	Subadulta	2018	2021	-4.02644	0.002039	**
Na	Subadulta	2018	2022	-3.58611	0.012084	*
Na	Subadulta	2018	2023	-4.34862	0.000493	***
Na	Subadulta	2019	2023	-3.38434	0.025686	*
Na	Subadulta	2018	2024	-3.9138	0.003271	**
Ua	Adulta	2015	2020	-3.64213	0.009734	**
Ua	Adulta	2015	2021	-3.59643	0.011614	*
Glu	Adulta	2018	2020	-3.57013	0.012845	*
Glu	Adulta	2018	2021	-3.42398	0.022216	*
Glu	Adulta	2018	2023	-3.86734	0.003961	**
Glu	Adulta	2018	2024	-3.25526	0.040784	*
Ca	Adulta	2016	2020	-3.93493	0.002996	**
Ca	Adulta	2020	2023	3.472371	0.018572	*
Ca	Adulta	2020	2024	3.873001	0.00387	**
Alb	Adulta	2019	2021	3.255131	0.040802	*
Alb	Adulta	2019	2023	3.467145	0.018937	*

Alb	Adulta	2019	2024	3.770127	0.005874	**
Na	Adulta	2019	2021	-3.59701	0.011588	*
Na	Adulta	2019	2022	-3.70258	0.007683	**
Na	Adulta	2019	2023	-3.64592	0.009592	**
Na	Adulta	2018	2024	-3.31882	0.032543	*
Na	Adulta	2019	2024	-4.0011	0.00227	**

p-value < 0.05

Tabella 4 – Risultati del test post-hoc di Dunn significativi nel confronto tra mesi per ogni stadio

Parametro	Stadio	Confronto mese 1	Confronto mese 2	Z	p-adj	Significatività
Ua	Giovanile	1	3	3.51543	0.019757	*
Ua	Giovanile	1	8	3.73413	0.008476	**
Ca	Giovanile	3	8	-3.27844	0.046972	*
Glu	Subadulta	12	7	3.837808	0.008193	**
Glu	Subadulta	4	7	4.229809	0.001544	**
Tp	Subadulta	12	6	3.590535	0.02178	*
Tp	Subadulta	12	7	4.330176	0.000983	***
Tp	Subadulta	7	9	-3.61482	0.019837	*
Glob	Subadulta	10	7	3.428126	0.040112	*
K	Subadulta	12	6	-3.45481	0.036345	*
Ast	Adulta	2	9	-3.50032	0.03067	*
Ast	Adulta	3	9	-3.56476	0.024036	*
Ca	Adulta	11	3	3.730529	0.012611	*
Fos	Adulta	3	6	-3.56685	0.023845	*
Fos	Adulta	4	6	-3.88218	0.006833	**
Fos	Adulta	3	7	-3.52241	0.028224	*
Fos	Adulta	4	7	-3.88397	0.006782	**
Fos	Adulta	3	9	-3.47865	0.03326	*
Fos	Adulta	4	9	-3.70092	0.014178	*
K	Adulta	11	3	3.418937	0.041492	*
K	Adulta	3	6	-3.54773	0.025645	*
K	Adulta	3	7	-3.64875	0.017392	*
K	Adulta	4	7	-3.47201	0.034094	*

p-value < 0.05

#### 5.4. CORRELAZIONE DI PEARSON

La correlazione di Pearson è stata applicata per valutare la relazione tra la temperatura ambientale e i parametri biochimici ed ematologici delle tartarughe marine. Per l'analisi, sono state utilizzate le temperature medie mensili dell'acqua di mare registrate in alcune zone dell'Emilia-Romagna, fornite da ARPAE, nel periodo compreso tra il 2015 e il 2023.

L'analisi è stata condotta su tutti i 12 parametri ematologici, ma ha evidenziato una correlazione statisticamente significativa solo per Glucosio, Proteine Totali, Globuline e PCV.

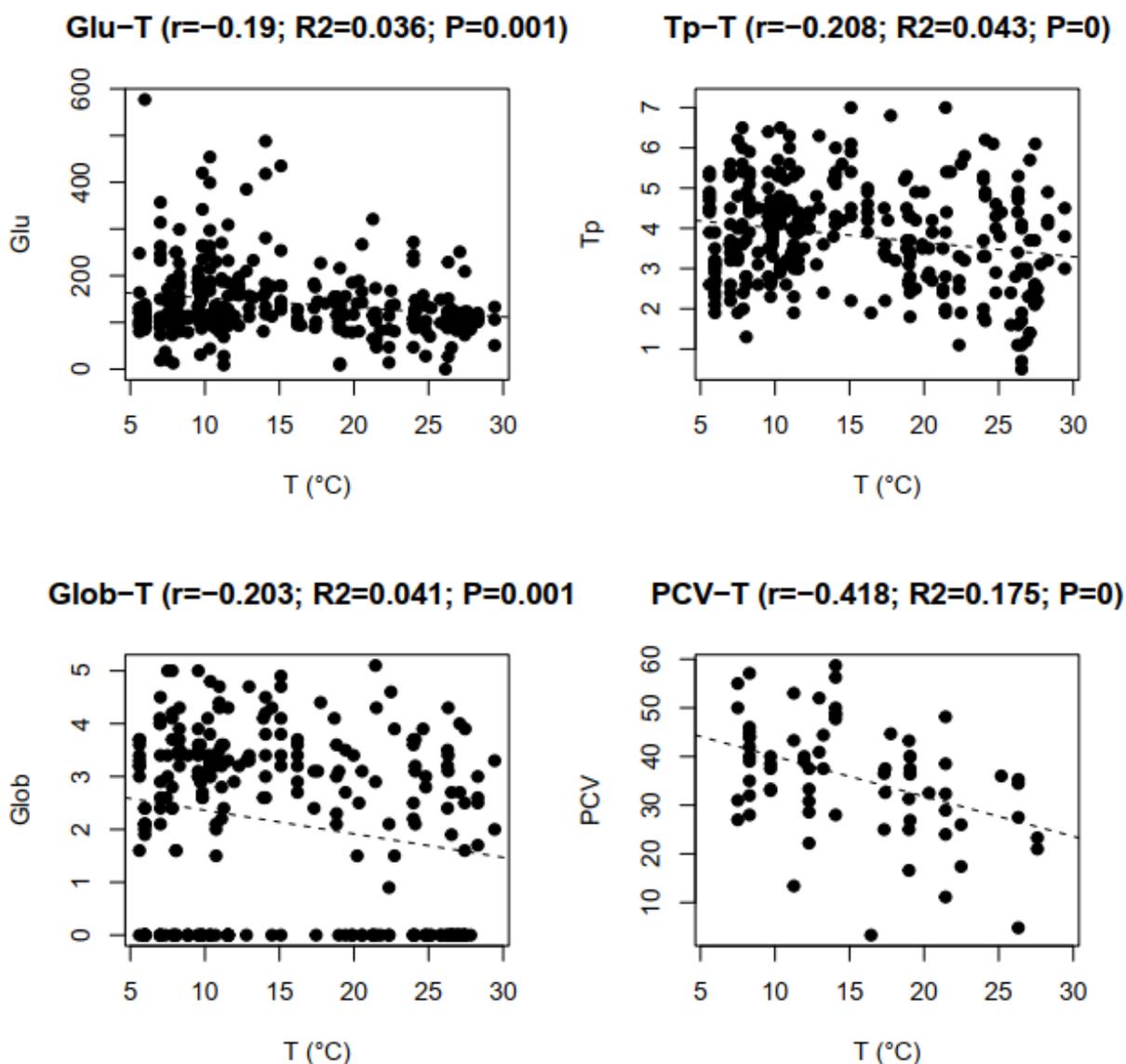


Figura 27 – Correlazione di Pearson per Glu, Tp, Glob e Pcv.

Tutte le correlazioni osservate sono negative, indicando una lieve diminuzione dei valori analizzati all'aumentare della temperatura. Tuttavia, nonostante la significatività statistica, la

relazione tra temperatura e parametri biochimici risulta molto debole. In particolare, il glucosio presenta un  $r = -0.19$ , le proteine totali e le globuline mostrano un  $r = -0.20$ , mentre il PCV ha un  $r = -0.40$ , risultando il parametro maggiormente influenzato dalla temperatura.

Considerando il basso valore dei coefficienti di correlazione ( $r$ ), è evidente che la temperatura non è un fattore determinante per glucosio, proteine totali e globuline, la cui variazione è probabilmente guidata da altri elementi fisiologici o ambientali. Il PCV, pur mostrando una correlazione più marcata, continua comunque a essere influenzato anche da altri fattori, oltre alla temperatura.

## 6. TABELLE CON PARAMETRI MEDI

Tabella 5 - La tabella mostra la media, mediana, deviazione standard per ogni parametro su tutti gli esemplari recuperati divisi per stadio d'età

		Giovanile	Subadulta	Adulta
<b>Ast</b>	Media	411	316	229
	Mediana	289	207	196
	SD	373	354	160
<b>Ck</b>	Media	2681	2280	2351
	Mediana	2423	1956	2131
	SD	2157	1691	1569
<b>Ua</b>	Media	1.38	0.96	1.02
	Mediana	0.70	0.50	0.40
	SD	1.49	1.35	4.21
<b>Glu</b>	Media	110	137	161
	Mediana	105	117	134
	SD	84	68	83
<b>Ca</b>	Media	5.94	6.75	7.25
	Mediana	5.70	6.40	6.90
	SD	1.36	1.19	2.28
<b>Fos</b>	Media	9.74	7.32	6.44
	Mediana	8.50	7.25	6.30
	SD	15.00	1.89	1.54
<b>Tp</b>	Media	2.55	3.30	4.70
	Mediana	2.60	3.30	4.50
	SD	0.71	0.98	0.90
<b>Alb</b>	Media	0.82	1.01	1.26
	Mediana	0.90	0.90	1.20
	SD	0.29	0.87	0.35
<b>Glob</b>	Media	0.59	1.31	3.12
	Mediana	0	0	3.35
	SD	0.96	1.47	1.28
<b>K</b>	Media	5.07	6.02	4.29
	Mediana	4.65	4.40	3.90
	SD	1.93	14.31	3.41
<b>Na</b>	Media	151	148	148
	Mediana	151	149	147
	SD	13	7	10
<b>PCV</b>	Media	28	29	41
	Mediana	31	29	41
	SD	12	8	10

Tabella 6- La seguente tabella indica la media, la mediana, la deviazione standard, il valore minimo e massimo dei parametri biochimici di 24 esemplari sub-adulti e 58 adulti di tartarughe *Caretta caretta* selvatiche pescate con principio di annegamento leggero.

Sub- adu	Ast U/L	Ck U/L	Ua mg/d L	glu mg/d L	ca mg/d L	Fos mg/d L	Tp g/d L	Alb g/d L	Glo b g/d L	k+ mmol/ L	Na+ mmol/ L	PC V %
media	245	2562	0.74	129	6.7	7.7	3.4	1	2.7	5.2	150	33
media na	207	2567	0.4	115	6.4	7.8	3.3	1	2.8	4.8	151	37
sd	151	1391	0.77	36	1.1	1.9	0.6	0.2	0.5	1.5	7.1	7
min	123	929	0.1	85	5.3	4.5	2.2	0.5	1.7	3.6	134	24
max	831	6679	3.2	210	10.1	11.9	4.9	1.5	3.5	9.9	164	40

Adulte	Ast U/L	Ck U/L	Ua mg/d L	glu mg/d L	ca mg/d L	Fos mg/d L	Tp g/d L	Alb g/d L	Glo b g/d L	k+ mmol/ L	Na+ mmol/ L	PC V %
media	211	2404	0.7	162	7.2	6.7	4.6	1.3	3.4	4.1	150	41
media na	196	2221	0.4	142	7.0	6.8	4.3	1.2	3.3	3.9	148	40
sd	89	1486	0.7	71	2.4	1.5	1.0	0.4	0.7	1.1	14	7
min	119	176	0.2	63	0.1	3.6	3.0	0.7	2.1	2.2	139	33
max	565	6418	3.2	435	16.1	10.3	7.0	2.5	5.1	8.6	247	56

Tabella 7- La seguente tabella indica la media, la mediana, la deviazione standard, il valore minimo e massimo dei parametri biochimici di 32 esemplari giovanili, 12 sub-adulti e 8 adulti di tartarughe *Caretta caretta* selvatiche recuperate con *Ipotermia*.

Giovan ili	Ast U/L	Ck U/L	Ua mg/d L	glu mg/d L	ca mg/d L	Fos mg/d L	Tp g/dL	Alb g/d L	Glo b g/d L	k+ mmo l/L	Na+ mmo l/L	PC V %
media	384	3402	1.6	115.5	5.7	7.9	2.6	0.8	0.6	5.2	153	N A
median a	314	3017	0.95	103	5.4	8.55	2.65	0.9	0	4.65	154	N A
sd	274	1977	2	115	1	2	1	0	1	2	12	N A
min	188	58	0.1	9	4.4	3.7	1.3	0.4	0.01	2.4	128	N A
max	1715	7676	5.2	577	9.2	11.3	4.1	1.2	2.9	10.9	180	N A

Sub- adu	Ast U/L	Ck U/L	Ua mg/d L	glu mg/d L	ca mg/d L	Fos mg/d L	Tp g/dL	Alb g/d L	Glo b g/d L	k+ mmo l/L	Na+ mmo l/L	PC V %
media	282	2522	1	167	6	8	3	1	1	4	147	N A
median a	192	2459	0.65	104	6.55	7.1	3.25	1	1.9	3.45	147.5	N A
sd	231	1863	1	113	1	2	1	0	1	1	8	N A
min	131	145	0.1	19	4.1	4.4	2.4	0	0	1	132	N A
max	893	5491	3.8	420	7.9	10.4	5	1.4	3.7	1	163	N A

Adulte	Ast U/L	Ck U/L	Ua mg/d L	glu mg/d L	ca mg/d L	Fos mg/d L	Tp g/dL	Alb g/d L	Glo b g/d L	k+ mmo l/L	Na+ mmo l/L	PC V %
media	414	1425	1	143	8	6	4	1	3	4	143	41 4
median a	190	1376	0.7	100.5	7.1	5.95	4.5	1.2 5	3.3	3.4	143	19 0
sd	553	815	2	132	3	1	1	0	1	3	7	55 3
min	93	318	0.3	16	5.2	5.1	2.6	0.6	2.1	2.7	134	93
max	1757	2796	5.4	454	14.2	8	5	1.5	3.7	10.4	156	17 57

## 7. DISCUSSIONE

I risultati ottenuti da questo studio mirano a fornire uno strumento pratico, efficiente e rapido per i centri di recupero che quotidianamente lavorano per la conservazione della tartaruga marina *Caretta caretta*. L'analisi dei parametri biochimici ed ematologici può aiutare a migliorare la gestione clinica degli esemplari in riabilitazione, facilitando il monitoraggio dello stato di salute e la valutazione della risposta ai trattamenti.

Tuttavia, è fondamentale considerare alcuni fattori che possono influenzare i risultati. In particolare, i campioni analizzati provengono da animali selvatici, i quali, a seguito della cattura e delle manipolazioni, possono sperimentare elevati livelli di stress. Questo può alterare alcuni parametri biochimici e fisiologici, generando variazioni nei valori misurati.

Un altro fattore da considerare in questo studio è che i confronti sono stati fatti sul numero totale degli esemplari recuperati negli anni in cui buona parte dei campioni è composta da individui con patologie. Questa condizione potrebbe aver influito sulle medie dei parametri biochimici, generando un'alterata variabilità statistica rispetto a popolazioni sane.

### **CK:**

Un esempio evidente è rappresentato dai risultati del test di Kruskal-Wallis per il confronto tra stadi di età. L'unico parametro che non ha mostrato differenze significative tra i gruppi è la Creatinichinasi (CK). Questo enzima è noto per essere altamente variabile, con un range di valori molto ampio, il che potrebbe spiegare l'assenza di differenze tra giovanili, sub-adulti e adulti.

La CK è un enzima marker di danno muscolare ed è particolarmente sensibile a traumi fisici e stress da cattura. L'assenza di differenze significative tra gli stadi di età suggerisce che i livelli di CK potrebbero essere più influenzati da fattori esterni piuttosto che dall'età o dalla fisiologia dell'animale. Infatti, l'aumento della CK può essere associato a microtraumi muscolari causati dal prelievo di sangue, manipolazione durante la cattura e il trasporto, condizioni di stress legate all'interazione con l'uomo.

Studi precedenti su altre specie di rettili e uccelli hanno dimostrato che la CK e AST aumentano rapidamente dopo eventi di manipolazione e stress fisico, per poi ridursi nel giro di alcune ore. (Bolliger T. et al, 1989).

### **ASPARTATO AMINOTRANSFERASI:**

L'Aspartato Aminotransferasi (AST) è un enzima coinvolto nel metabolismo degli amminoacidi, il suo rilascio nel sangue è generalmente associato a processi di turnover cellulare, stress fisiologico e attività metabolica intensa.

L'analisi statistica ha evidenziato una significativa variazione nei livelli di AST tra le classi di età, con valori più alti nei giovanili rispetto agli adulti e ai sub-adulti. Il confronto tra adulti e giovanili mostra una differenza altamente significativa, indicando che i giovanili hanno livelli di AST notevolmente più elevati. Anche il confronto tra giovanili e sub-adulti risulta significativo mentre tra adulti e sub-adulti non si osservano differenze rilevanti.

Le tartarughe marine attraversano diverse fasi ecologiche nel corso della loro crescita, caratterizzate da adattamenti fisiologici specifici.

Gli individui giovanili sono generalmente più attivi e necessitano di un metabolismo energetico più elevato per sostenere la crescita, il nuoto e la ricerca di cibo.

Un metabolismo più intenso potrebbe comportare un turnover cellulare più rapido, con un maggiore rilascio di AST dovuto alla rigenerazione epatica e muscolare.

La loro alimentazione è più opportunistica, potenzialmente esponendoli a periodi di digiuno o a cambiamenti improvvisi nella dieta, che potrebbero indurre una maggiore mobilizzazione delle riserve energetiche epatiche e un aumento dell'AST.

Deem et al. (2009) hanno riportato variazioni significative degli enzimi epatici nelle tartarughe in relazione allo stato nutrizionale e alla fase di vita.

Le tartarughe marine mostrano un cambiamento nella dieta e nell'habitat con l'età, nei primi anni di vita, le *Caretta caretta* sono prevalentemente pelagiche, nutrendosi di zooplancton, meduse e altri organismi galleggianti. Questa fase comporta un'elevata competizione per il cibo e possibili periodi di restrizione alimentare, che potrebbero stimolare l'utilizzo delle riserve epatiche e un conseguente rilascio di AST.

Con la crescita, la dieta diventa più bentonica e specializzata, riducendo l'esposizione a condizioni nutrizionali imprevedibili.

Fazio et al. (2012) hanno evidenziato che l'AST è particolarmente sensibile alle fluttuazioni metaboliche nei rettili, suggerendo che le differenze osservate nei vari stadi di sviluppo possano riflettere strategie fisiologiche di adattamento.

Gli adulti, avendo un metabolismo più stabile e riserve energetiche più sviluppate, potrebbero mostrare livelli inferiori di AST poiché sono meno soggetti a periodi di stress nutrizionale o di intensa rigenerazione cellulare.

Nelle tartarughe adulte il confronto tra mesi ha evidenziato livelli più alti di AST in primavera ed estate rispetto all'inverno confermano l'esistenza di effetti di ciclicità stagionale sulle variazioni di AST, come definito da Christopher et al, (1999).

### **ACIDO URICO:**

Deem et al. (2009) hanno riportato che le tartarughe marine in fase giovanile possono mostrare livelli più elevati di acido urico, probabilmente correlati a un maggiore catabolismo proteico e a variazioni nella dieta.

Le tartarughe marine giovani sono in una fase di crescita rapida, che comporta un maggiore metabolismo delle proteine rispetto agli adulti, durante questa fase, la sintesi proteica è più attiva e, di conseguenza, anche il catabolismo delle proteine genera una quantità maggiore di acido urico.

Negli adulti, il metabolismo proteico potrebbe essere più stabile, con un minore rilascio di prodotti azotati nel sangue.

Fazio et al. (2012) suggeriscono che nei rettili, il metabolismo proteico può essere fortemente influenzato dallo stato nutrizionale, dalla fisiologia renale e da fattori che variano con l'età anche se Delgado et al. (2011) spiega che i livelli di azoto ureico nelle tartarughe marine non sono strettamente correlati alla dieta, poiché si riscontrano bassi valori di proteine totali anche in esemplari con livelli elevati di UA. Altri studi su tartarughe *Caretta caretta* in cattività hanno mostrato una grande variabilità nei livelli di UA, indipendentemente dalla dieta somministrata.

L'analisi statistica ha evidenziato una variazione significativa dei livelli di acido urico tra gennaio e agosto nei giovanili, con valori più elevati nel mese invernale. Questa differenza può essere spiegata dall'aumento dei casi di ipotermia durante i mesi più freddi, condizione che tende a compromettere la funzionalità renale e a ridurre l'eliminazione dei metaboliti azotati, determinando un accumulo di UA nel sangue. Il freddo induce inoltre un rallentamento del metabolismo e una minore assunzione di cibo e acqua, fattori che possono contribuire a un incremento della concentrazione plasmatica di questo parametro. Nei mesi estivi, al contrario, il metabolismo è più attivo e la capacità di filtrazione renale risulta più efficiente, favorendo una migliore eliminazione dell'acido urico.

### **GLUCOSIO:**

Il glucosio è un parametro biochimico fondamentale per il metabolismo energetico delle tartarughe marine, in quanto rappresenta la principale fonte di energia per le cellule. La sua concentrazione nel sangue può essere influenzata da diversi fattori, tra cui lo stato nutrizionale, il metabolismo basale, il livello di attività fisica e lo stress.

I risultati ottenuti mostrano che i valori di glucosio sono significativamente più elevati negli adulti rispetto ai giovanili, suggerendo che il metabolismo degli esemplari maturi sia più stabile ed efficiente nella gestione delle risorse energetiche.

Il glucosio è un parametro complesso da interpretare, in quanto influenzato da molteplici fattori metabolici e ambientali. Nel presente studio, è risultato più alto nelle sub-adulte nei mesi freddi, suggerendo una minore richiesta energetica e un ridotto utilizzo del glucosio da parte dell'organismo. Durante l'estate, il metabolismo più attivo e l'aumentata attività fisiologica comportano un maggiore consumo di glucosio, determinando livelli più bassi nel sangue. In inverno, invece, il rallentamento metabolico e la ridotta attività favoriscono un minore utilizzo del glucosio, che può accumularsi nel sangue, anche in conseguenza della mobilizzazione delle riserve energetiche dovuta a una minore assunzione alimentare.

### **CALCIO:**

Nel confronto tra stadi i risultati sono coerenti con quanto scritto da Delgado et al (2011) infatti nei giovani esemplari selvatici, il calcio ematico è generalmente inferiore rispetto agli adulti. Questo è dovuto alla loro dieta (principalmente meduse a basso contenuto di calcio) e alla loro fase di crescita attiva.

Negli adulti, che si nutrono principalmente di molluschi, i livelli di calcio risultano più alti.

Il calcio è un elettrolita essenziale per il metabolismo dei rettili, e i suoi livelli dipendono da dieta, funzionalità renale ed endocrina.

Nelle tartarughe, il calcio si trova in parte legato alle proteine trasportatrici (albumine) e in parte in forma ionica (40-50% del totale), che è la forma biologicamente attiva.

Il rapporto calcio-fosforo è un parametro chiave: il valore ideale è 2:1. Un aumento del calcio e una diminuzione del fosforo suggeriscono un iperparatiroidismo primario, mentre un'inversione del rapporto può indicare patologie renali o iperparatiroidismo secondario (Cannavacciuolo A. 2013)

Cannavacciuolo A. (2013) osserva che durante l'estate le femmine adulte presentano livelli di calcio più elevati rispetto ai maschi, probabilmente a causa della vitellogenesi e della deposizione delle uova. Tuttavia, questa differenza non è emersa nei nostri dati.

L'analisi statistica indica invece che nei giovanili i livelli di calcio risultano più alti nei mesi estivi, il che potrebbe essere legato all'aumento dell'esposizione ai raggi UV, i quali favoriscono la sintesi della vitamina D e l'assorbimento del calcio, contribuendo così alla mineralizzazione ossea durante la crescita.

## **FOSFORO:**

Le concentrazioni di fosforo nel sangue delle tartarughe marine *Caretta caretta* mostrano variazioni significative in relazione all'età, alla stagione e all'habitat alimentare. I dati raccolti suggeriscono che i livelli di fosforo siano simili tra gli esemplari giovanili e quelli subadulti, mentre nelle tartarughe adulte tendano a diminuire. Questo potrebbe essere legato all'alimentazione. Le tartarughe giovanili e subadulte, infatti, frequentano maggiormente zone pelagiche superficiali, dove la dieta è più ricca di zooplancton e meduse, organismi con un elevato contenuto di fosforo. Nell'Adriatico, l'elevata presenza di fosforo nelle acque superficiali, derivante dall'apporto fluviale di composti fosfatici, potrebbe influenzare direttamente il metabolismo del minerale nelle tartarughe in crescita. Le tartarughe adulte, invece, tendono a nutrirsi maggiormente di molluschi e crostacei bentonici, fonti più ricche di calcio rispetto al fosforo, il che potrebbe spiegare le differenze nei valori ematici tra classi di età.

Dal punto di vista stagionale, i livelli di fosforo risultano più elevati nei mesi estivi, una variazione che potrebbe essere legata sempre alla vitellogenesi e alla deposizione delle uova. Durante questo periodo, le femmine adulte potrebbero mobilitare maggiori quantità di fosforo per la formazione del guscio delle uova, determinando un incremento temporaneo della concentrazione plasmatica del minerale come spiegato da Cannavacciuolo (2013).

Infine, il fosforo rappresenta un importante biomarcatore di funzionalità renale. Valori elevati nel sangue, insieme a un rapporto calcio-fosforo alterato, sono spesso associati a danni renali severi. In casi di insufficienza renale, il fosforo tende ad aumentare, poiché i reni non sono più in grado di eliminarlo correttamente (Pagano et al, 2019).

## **PROTEINE TOTALI:**

Le proteine totali rappresentano un importante indicatore dello stato nutrizionale e fisiologico delle tartarughe marine. Dai dati analizzati, si osserva che le tartarughe adulte mostrano livelli di proteine totali più elevati rispetto agli esemplari giovanili e subadulti. Questa differenza potrebbe essere attribuita a due fattori principali già descritti sopra per altri parametri come la differenza nella dieta e per metabolismo.

Le analisi hanno evidenziato che nelle tartarughe subadulte, i livelli di proteine totali nel sangue sono più alti nei mesi invernali rispetto agli altri. Questo fenomeno potrebbe essere dovuto a modificazioni metaboliche stagionali, con un maggiore utilizzo delle proteine

durante i mesi caldi per supportare il metabolismo e la crescita e minore assunzione alimentare nelle stagioni fredde, con una possibile concentrazione delle proteine nel plasma come risposta compensatoria.

I livelli bassi di proteine totali (ipoproteinemia) sono associati ad anoressia, malnutrizione, nefropatie, epatopatie e infezioni croniche.

L'ipoproteinemia è comune anche nelle tartarughe disidratate, dove si osserva un aumento relativo delle globuline per compensare la perdita di liquidi.

Studi condotti sulle tartarughe spiaggiate hanno evidenziato che quelle con patologie gravi mostravano una significativa riduzione delle proteine totali rispetto agli individui sani (Fazio et al, 2012).

### **ALBUMINE:**

L'analisi comparativa ha mostrato che le tartarughe adulte presentano livelli di albumina significativamente più elevati rispetto sia alle subadulte che alle giovanili, mentre tra queste ultime due classi non si osservano differenze marcate. Questo suggerisce che l'aumento delle albumine nel sangue avviene in modo più evidente solo in età adulta probabilmente in quanto nelle femmine in fase di vitellogenesi, si osserva un aumento dei livelli plasmatici, legato alla necessità di produzione delle proteine del tuorlo (Cannavacciuolo, 2013).

A livello stagionale, le albumine non mostrano variazioni significative tra i diversi periodi dell'anno, indicando una relativa stabilità fisiologica.

Valori bassi di albumina, sono frequentemente associati a stati patologici, debilitazione o condizioni di stress, come osservato nelle tartarughe spiaggiate o in cattive condizioni di salute, dove si registra una riduzione del rapporto albumina/globuline (Fazio et al, 2012).

### **GLOBULINE:**

Anche per le globuline, il confronto tra classi di età ha evidenziato valori più elevati nelle tartarughe adulte, con differenze significative rispetto sia alle subadulte che alle giovanili. Tra queste ultime due classi, invece, i livelli sono risultati simili, suggerendo che l'incremento delle globuline si manifesti soprattutto con il raggiungimento dell'età adulta.

A differenza di altri parametri biochimici, le globuline non mostrano variazioni significative tra stagioni e anni, confermando una relativa stabilità indipendentemente dai cambiamenti ambientali. Tuttavia, nei soggetti malati o debilitati, i livelli plasmatici di globuline risultano

aumentati, mentre l'albumina tende a diminuire, portando a una riduzione del rapporto albumina/globuline, indicativo di processi infiammatori in corso (Fazio et al, 2012).

### **POTASSIO:**

L'analisi dei livelli di potassio nel sangue delle tartarughe *Caretta caretta* ha evidenziato differenze significative tra stadi di età. I valori risultano più elevati nei giovani e nelle subadulte rispetto agli adulti, mentre tra giovani e subadulte non si osservano differenze significative, suggerendo che i loro livelli plasmatici siano simili.

Questa differenza potrebbe essere legata al comportamento alimentare e riproduttivo delle tartarughe adulte. È stato osservato che le tartarughe nidificanti tendono a mostrare livelli di potassio più bassi, probabilmente a causa della riduzione dell'assunzione di cibo durante la stagione riproduttiva nelle adulte, un fenomeno già descritto in precedenti studi su questa specie (Deem S. L.,2009).

Dal punto di vista stagionale, i livelli di potassio risultano più alti nei mesi estivi, come giugno e luglio, rispetto alla primavera. Anche in questo caso, la differenza potrebbe essere attribuita all'alimentazione, considerando che in estate, mantengono un'alimentazione più costante rispetto agli adulti nidificanti.

### **SODIO:**

Il sodio (Na) è un elettrolita essenziale per il bilancio idrico e l'omeostasi osmotica nelle tartarughe marine. La sua regolazione dipende in gran parte dal grado di idratazione, dall'assunzione alimentare e dall'interazione con l'ambiente marino. L'analisi dei dati ha mostrato differenze significative tra classi di età, con valori più elevati negli adulti rispetto ai giovani e una differenza meno marcata, ma comunque significativa, tra giovani e subadulti. Non sono emerse variazioni significative tra adulti e subadulti.

Oltre alle differenze tra classi di età, il sodio si è rivelato un parametro particolarmente interessante nell'analisi interannuale, mostrando una marcata variazione tra diversi anni di campionamento. Nelle tartarughe giovanili e subadulte, i valori di sodio registrati nel 2018 sono risultati significativamente più bassi rispetto agli anni 2021, 2022 e 2023. Per quanto riguarda gli adulti, i valori del 2019 risultano inferiori rispetto agli anni 2021, 2022 e 2023, suggerendo un andamento simile tra le diverse classi di età.

Questa fluttuazione è particolarmente interessante e potrebbe essere influenzata da fattori ambientali, in particolare dalla salinità marina e dalla disponibilità di acqua dolce nell'area di

studio. Poiché il sodio è strettamente legato al bilancio idrico delle tartarughe marine, un'ipotesi plausibile è che nel 2018 si siano verificati eventi climatici particolari, come forti precipitazioni o un apporto eccessivo di acque dolci fluviali, che potrebbero aver determinato una riduzione della salinità dell'acqua marina. In queste condizioni, le tartarughe marine avrebbero subito una diluizione del sodio plasmatico, portando ai valori più bassi osservati in quell'anno.

Ulteriori studi sulla salinità delle acque negli anni di campionamento potrebbero fornire una chiave di lettura più dettagliata per comprendere meglio le cause di queste variazioni.

### **EMATOCRITO (PCV):**

L'analisi ha evidenziato che il PCV (ematocrito) è significativamente più alto negli adulti rispetto ai giovani e ai subadulti, mentre non si osservano differenze significative tra giovani e subadulti.

Dal punto di vista stagionale e interannuale, il PCV non ha mostrato variazioni significative, indicando che questo parametro rimane relativamente stabile tra stagioni. La sua costanza lo rende quindi un indicatore affidabile per valutazioni diagnostiche sullo stato di salute delle tartarughe.

Alcuni studi riportano che i livelli di ematocrito possono essere influenzati da stati di disidratazione o condizioni patologiche. In particolare, nelle tartarughe spiaggiate o in stato di malnutrizione, il PCV tende a diminuire, suggerendo una possibile anemia da stress o insufficienza metabolica (Deem S.L, 2009).

Questi dati confermano che l'ematocrito è un parametro chiave nella diagnosi di condizioni di stress fisiologico e patologico, e la sua riduzione può rappresentare un segnale di compromissione dello stato nutrizionale o di salute generale nelle tartarughe marine.

### **TABELLE CON MEDIE:**

Nei risultati di questo studio sono state inserite tabelle dettagliate che riportano medie, mediane e deviazioni standard di tutti gli esemplari analizzati (n=340), suddivisi per stadi di età. Tuttavia, i valori ottenuti possono essere influenzati da diversi fattori, tra cui stress, stato fisiologico, stagione, variazioni ambientali e la presenza di condizioni patologiche.

Per cercare di ottenere una valutazione più oggettiva, sono state create ulteriori tabelle (tabella 6) per il confronto, selezionando esclusivamente gli individui affetti da una sola patologia

meno severa, ovvero il principio di annegamento. Questo sottogruppo, considerato come una sorta di gruppo di controllo, comprende 24 esemplari sub-adulti e 58 adulti. Non sono presenti individui giovanili, in quanto questa classe di età viene raramente catturata con le reti a strascico, rendendo impossibile includerli nell'analisi.

Nonostante il tentativo di selezionare un gruppo meno influenzato da condizioni patologiche, è importante sottolineare che questo non rappresenta un controllo ideale. Sebbene le reti a strascico rimangano attive per un massimo di 90 minuti, non è possibile determinare con certezza da quanto tempo l'animale fosse intrappolato prima del recupero, né valutare la quantità di aria residua nei polmoni al momento della cattura. È noto che le tartarughe marine possono sopravvivere in apnea fino a 2-3 ore, ma nel caso di cattura accidentale non è possibile stabilire quanto il principio di annegamento sia più o meno grave per ciascun individuo. Inoltre, indipendentemente dalla gravità della condizione, rimane comunque un fattore di stress significativo dovuto alla cattura e alla manipolazione, che può influenzare alcuni parametri fisiologici.

La Tabella 7 è stata realizzata con l'obiettivo di evidenziare quali parametri subiscano variazioni nelle tartarughe affette da ipotermia, fornendo così un riferimento consultativo per i centri di recupero. Tuttavia, va sottolineato che il numero di campioni analizzati non è sufficientemente ampio per trarre conclusioni definitive, limitandone l'applicabilità a livello statistico.

### **Confronto tra i valori medi ottenuti e i dati di letteratura delle tartarughe adulte e sub-adulte:**

Per valutare le differenze tra i dati ottenuti in questo studio e quelli riportati in letteratura, sono stati presi in considerazione i valori medi e i range di riferimento pubblicati da Fazio et al. (2012), Delgado C. (2011) su esemplari sub-adulti provenienti dall'arcipelago di Madeira e Deem et al. (2009) per le Adulte provenienti dalla Georgia. Non è stato trovato materiale per il confronto tra le tartarughe giovanili.

### **Aspartato aminotransferasi (AST)**

Confrontando i dati della Tabella 6 con i valori medi riportati da Fazio et al (2012), emerge che l'AST nelle tartarughe subadulte e adulte del presente studio risulta significativamente più elevato. I valori per le sub-adulte di Delgado C. (2011) a Madeira risultano significativamente inferiori, dove la media registrata è di 93.94 UI/L (range 13.00–238.00

UI/L). Il confronto con i dati di Deem et al. (2009), che riporta esclusivamente valori relativi alle adulte, mostra una maggiore concordanza. Il range di riferimento indicato da Deem et al. (2009), 10-480 U/L è ampiamente sovrapponibile con i nostri dati, sebbene le nostre medie siano leggermente più alte.

### **Acido urico (UA)**

I valori medi di UA ottenuti in questo studio risultano molto simili a quelli riportati da Deem et al. (2009), tuttavia, il range di variazione riscontrato nel nostro campione è più ampio rispetto a quello dello studio di Deem et al. (2009), che riporta un intervallo di 0-1.2 mg/dL.

Per le sub-adulte i valori misurati risultano comparabili con quelli della popolazione di Madeira (media 1.40 mg/dl, range 1.00–2.40 mg/dl).

### **Glucosio (GLU)**

Il range di glucosio riportato da Deem et al. (2009), 66-177 mg/dL è più ristretto rispetto a quello ottenuto nel nostro studio. Anche la media riportata da Deem et al. (120 mg/dL) è inferiore rispetto ai nostri dati, suggerendo una possibile differenza nei fattori fisiologici o ambientali che influenzano la glicemia.

I livelli medi di glucosio nelle tartarughe sub-adulte analizzate sono leggermente inferiori rispetto ai 130.27 mg/dl riportati nello studio di Madeira.

### **Calcio (Ca)**

Il range di calcio indicato da Deem et al. (2009) 2.2-11.5 mg/dL e la media 6.9 mg/dL risultano leggermente inferiori rispetto ai valori ottenuti nel nostro studio, ma con una discrepanza minima.

Per le sub-adulte la nostra media è più alta rispetto a Delgado C. (2011) che misura 4.90 mg/dl.

### **Fosforo (Fos)**

Nel nostro studio, i valori medi di fosforo risultano inferiori rispetto ai dati di Deem et al. (2009), che riporta un range di 3.7-14 mg/dL e una media di 9.3 mg/dL. Inoltre, il range osservato risulta più ampio rispetto a quello ottenuto nel nostro campione.

Per le tartarughe sub-adulte, il valore di fosforo riportato nello studio condotto a Madeira è di 7.24 mg/dl, risultando in linea con i dati ottenuti nel presente studio.

### **Proteine Totali (TP)**

I valori di proteine totali riportati da Deem et al. (2009) con range 1.2-6.9 g/dL, e media 3.3 g/dL mostrano un range più ampio rispetto ai nostri dati e una media inferiore.

Confrontando i valori delle tartarughe sub-adulte con i dati riportati da Fazio et al. (2012), la loro media di proteine totali è di 4.44 g/dL, un valore superiore rispetto a quello rilevato nel presente studio. Tuttavia, i nostri dati risultano quasi in linea con quelli riportati da Delgado C. (2011) (2.93 g/L)

### **Albumina (ALB)**

Lo studio di Deem et al. (2009) riporta un range di 0.7-2.6 g/dL e una media di 1.5 g/dL, leggermente superiore rispetto ai valori ottenuti nel nostro studio.

Nelle tartarughe sub-adulte, la media dell'albumina riportata da Fazio et al. (2012) è di 0.61 g/dL, un valore inferiore rispetto a quello rilevato nel presente studio. Tuttavia, nello studio condotto a Madeira, il valore medio dell'albumina è 1.38 g/dL, risultando più alto rispetto a entrambi.

### **Globuline (GLOB)**

Per quanto riguarda le globuline, Deem et al. (2009) riporta un range di 0.2-4.9 g/dL e una media di 2.2 g/dL. I nostri dati mostrano una media più alta, mentre il range è simile.

Tuttavia, va segnalato che in alcuni casi il nostro strumento analitico ha mostrato difficoltà nella lettura dei valori di albumina e globuline, il che potrebbe aver influenzato lievemente i risultati.

Per le sub-adulte non ho trovato studi con parametri di soggetti sani per il confronto.

### **Potassio (K)**

Il range di potassio riportato da Deem et al. (2009) è 2.7-5.1 mmol/L più ristretto rispetto al nostro, mentre la media di 3.9 mmol/L risulta in linea ai valori da noi ottenuti.

Per le tartarughe sub-adulte di Madeira, la media del potassio riportata è di 4.68 mmol/L, mentre nel nostro studio il valore risulta leggermente più alto.

## **Sodio (Na)**

I dati di Deem et al. (2009) indicano un range di 142-164 mmol/L con una media di 153 mmol/L, che risulta molto simile ai nostri dati. Tuttavia, il nostro studio ha registrato un range più ampio, suggerendo una maggiore variabilità nei valori misurati.

Per le tartarughe sub-adulte di Madeira, la media del sodio (Na) è di 149.62 mmol/L, un valore molto simile a quello rilevato nel nostro studio (150 mmol/L), indicando una sostanziale concordanza nei livelli elettrolitici tra le due popolazioni.

## **Packed Cell Volume (PCV)**

Il range di PCV riportato da Deem et al. (2009) è 6-43% e la media di 25% risultano inferiori rispetto ai valori ottenuti nel nostro studio. Anche in questo caso, il nostro range risulta più ampio, indicando una possibile maggiore variabilità nei livelli di ematocrito tra gli esemplari analizzati.

## **8. CONCLUSIONE**

Questo studio prova a colmare le discrepanze e l'elevata variabilità riscontrate nei parametri ematologici delle tartarughe marine *Caretta caretta*, analizzando eventuali differenze stagionali e legate all'età degli esemplari. L'obiettivo è fornire un contributo significativo ad altri studi già esistenti, al fine di migliorare la diagnosi e l'interpretazione dei parametri ematologici di questa specie.

I dati ottenuti rappresentano non solo un'importante fonte di conoscenza scientifica, ma anche uno strumento pratico per i centri di recupero delle tartarughe marine, supportando il monitoraggio dello stato di salute degli esemplari e contribuendo a una gestione più consapevole e mirata durante il processo di riabilitazione.

Tuttavia, è fondamentale considerare che questo tipo di studi è inevitabilmente influenzato da alcune variabili esterne, in particolare dallo stress legato alla cattura e dallo stato patologico dell'animale, fattori che possono alterare i parametri ematici e rendere più complessa l'interpretazione dei dati. Nonostante queste interferenze, un'analisi approfondita e integrata può comunque fornire informazioni utili per il miglioramento delle pratiche di conservazione e tutela della specie.

Sarebbe interessante approfondire lo studio dei fattori ambientali come ulteriori discriminanti nella variabilità dei parametri ematologici, specialmente nella fascia dei subadulti, i quali risultano essere gli esemplari più stanziali nelle diverse aree di alimentazione e svernamento. Questo aspetto diventa particolarmente rilevante nell'Adriatico, dove, negli ultimi anni, si è osservata una riduzione della migrazione rispetto ad altre aree del Mediterraneo. Tale fenomeno implica un'esposizione prolungata a condizioni ambientali più variabili, che potrebbero influenzare in modo significativo i valori fisiologici delle tartarughe, rendendo ancora più necessaria un'analisi dettagliata del contesto ecologico in cui questi animali si trovano a vivere.

Comprendere le influenze di fattori come il sesso, l'area geografica di provenienza e altri elementi ambientali rappresenta un ulteriore passo verso un'analisi più dettagliata della fisiologia di questa specie. Parallelamente, per garantire una reale protezione delle popolazioni di tartarughe marine, è fondamentale che la ricerca e la conservazione vadano di pari passo con la promozione di pratiche di pesca sostenibili.

Un aspetto di grande rilevanza è infatti l'adozione e la diffusione di strumenti come i TEDs (Turtle Excluder Devices), dispositivi che permettono alle tartarughe di fuoriuscire dalle reti da pesca, riducendo in modo significativo il bycatch. L'implementazione di queste tecnologie, unitamente alla sensibilizzazione dei pescatori e all'applicazione di normative più rigorose, rappresenta un passo fondamentale per mitigare l'impatto antropico e favorire la coesistenza tra le attività di pesca e la conservazione delle tartarughe marine.

Mi auspico che, nel rispetto dell'etica e della conservazione, questi risultati possano contribuire non solo a migliorare la gestione e la protezione delle tartarughe marine, ma anche a stimolare un cambiamento positivo verso un equilibrio più sostenibile tra l'uomo e l'ambiente marino, garantendo una maggiore sopravvivenza delle specie negli habitat naturali.



## 9. BIBLIOGRAFIA

- Anderson E.T., Minter L.J., Clarke E.O., Mroch R.M., Beasley J. F., Harms, C. A. (2011), “The effects of feeding on hematological and plasma biochemical profiles in green (*Chelonia mydas*) and Kemp's ridley (*Lepidochelys kempii*) sea turtles”, *Veterinary Medicine International*
- Bjorndal, K.A. 1997. Foraging Ecology and Nutrition of Sea Turtles. In: Lutz, J.A. and Musick, J.A., (Eds.). *The biology of sea turtles*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA: 199-231.
- Blanco A., Blanco G. (2017b), “Biochemical bases of endocrinology (II) hormones and other chemical intermediates” in *Medical Biochemistry*, Elsevier (pp. 573- 644).
- Blanco A., Blanco G. (2017a), “Carbohydrate metabolism” in *Medical Biochemistry*, Elsevier pp. (283–323).
- Bollinger, T., Wobeser, G., Clark, R. G., Nieman, D. J., & Smith, J. R. (1989). Concentration of Creatine Kinase and Aspartate Aminotransferase in the Blood of Wild Mallards Following Capture by Three Methods for Banding. *Journal of Wildlife Diseases*, 25(2), 225–231.  
<https://doi.org/10.7589/0090-3558-25.2.225>
- Bolten A.B., Jacobson E.R., Bjorndal K.A. (1992), “Effects of anticoagulant and autoanalyzer on blood biochemical values of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*)”, *American Journal of Veterinary Research*, vol. 53, n.12, pp. 2224-2227.
- Bolten, A.B. (2003). Variation in sea turtle life history patterns: Neritic vs. oceanic developmental stages. In: *The Biology of Sea Turtles, Volume II*. CRC Press, pp. 243-257.
- Bradley, T. A., Norton, T. M., & Latimer, K. S. (1998). Hemogram values, morphological characteristics of blood cells and morphometric study of loggerhead sea turtles, *Caretta caretta*, in the first year of life. *ARAV*, 8(3), 8-16.
- Campbell T.W. (1996), “Sea turtle rehabilitation” in *Mader’s Reptile medicine and surgery*, Elsevier (pp. 427–436).
- Campbell T. W. (2004), “Hematology of lower vertebrates”, 55th Annual Meeting of the American College of Veterinary Pathologists (ACVP) & 39th Annual Meeting of the American Society of Clinical Pathology (ASVCP).

- Campbell T.W. (2006), "Clinical pathology of reptiles" in Mader's Reptile Medicine and Surgery, Elsevier, (pp. 453-470).
- Campbell T., Ellis C. (2007), "Hematology of reptiles" in Avian and Exotic Animal Hematology and Cytology, 3rd edition, Ames-Blackwell, pp. 51-82
- Cannavacciuolo, A. (2013). Parametri emato-biochimici e contaminanti ambientali in Tartarughe e Chiroteri. Tesi di Dottorato, Alma Mater Studiorum - Università di Bologna.
- Carr, A. 1987. Impact of nondegradable marine debris on the ecology and survival outlook of sea turtles. *Mar. Pollut. Bull.* 18(6), 352–356.
- Carr, A., Ross, P., & Carr, S. (1980). Preliminary survey of the Atlantic loggerhead turtle population. *American Zoologist*, 20, 777–789.
- Casale P, Lazar B, Pont S, Tomás J, Zizzo N, Alegre F, Badillo J, Di Summa A, Freggi D, Lacković G, Raga J, Rositani L, Tvrtković N (2006) Sex ratios of juvenile loggerhead sea turtles *Caretta caretta* in the Mediterranean Sea. *Mar Ecol Prog Ser* 324:281–285.
- Casal A.B., Orós J. (2007), "Morphologic and cytochemical characteristics of blood cells of juvenile loggerhead turtles (*Caretta caretta*)", *Research in Veterinary Science*, vol. 82
- Casal A. B., Camacho, M., López-Jurado, L. F., Juste, C., & Orós, J. (2009). Comparative study of hematologic and plasma biochemical variables in Eastern Atlantic juvenile and adult nesting loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*). *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*. <https://doi.org/10.1111/j.1939-165X.2008.00106.x>
- Casale P., Margaritoulis D. (2010) "Sea turtles in the Mediterranean: distribution, threats and conservation priorities", *IUCN* (pp. 294).
- Casale, P., Affronte, M., Scaravelli, D., Lazar, B., Vallini, C., Luschi, P. (2011). Foraging grounds, movement patterns, and habitat connectivity of juvenile loggerhead turtles in the Adriatic Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 440, 217–232.
- Christopher MM, Berry KH, Wallis IR, Nagy KA, Hemen BT, Peterson CC. Reference intervals and physiologic alterations in hematologic and biochemical values of free-ranging desert tortoises in the Mojave Desert. *J Wildl Dis.* 1999 Apr;35(2):212-38.

Daimon T., Gotoh Y., Uchida K. (1987), "Electron microscopic and cytochemical studies of the thrombocytes of the tortoise (*Geoclemys reevesii*)", *Journal of Anatomy*, vol. 153, pp. 185–190.

Davenport, J., Munks, S. A., & Oxford, P. J. (1997). A comparison of the swimming performance of marine and freshwater turtles. *Journal of Zoology*, 241, 355–365.

Deem S.L., Dierenfeld E.S., Sounguet G.P. (2006), "Blood values in free - ranging nesting leatherback sea turtles (*Dermochelys coriacea*) on the coast of the Republic of Gabon", *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, vol. 37, pp. 464-471.

Deem S.L., Norton T.M., Mitchell M., Segars A., Alleman A. R., Cray C., Poppenga R.H., Dodd M., Karesh W.B. (2009), "Comparison of blood values in foraging, nesting, and stranded loggerhead turtles (*Caretta caretta*) along the coast of Georgia, USA", *Journal of Wildlife Diseases*, vol. 45, pp. 41-56.

Delgado, C., Valente, A., Quaresma, I., Costa, M., & Dellinger, T. (2011). Blood Biochemistry Reference Values for Wild Juvenile Loggerhead Sea Turtles (*Caretta caretta*) from Madeira Archipelago. *Journal of Wildlife Diseases*, 47(3), 523-529.

Dickinson V.M., Jarchow J. L., Trueblood M. H. Hematology and plasma biochemistry reference range values for free-ranging desert tortoises in Arizona. *Journal of Wildlife Diseases*, 2002; 38(1): 143–153.

Eatwell K. Comparison of total calcium, ionised calcium and albumin concentrations in the plasma of captive tortoises (*Testudo* species). *Veterinary Record*, 2009; 165: 466-468.

Fazio, E., Liotta, A., Medica, P., Giacoppo, E., & Ferlazzo, A. (2012). Effects of different health status on blood haematochemical values of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*). *Comparative Clinical Pathology*, 21, 105–109.

Felger, R. S., Clifton, K., & Regal, P. J. (1976). Winter dormancy in sea turtles: independent discovery and applications. *Science*, 191, 283–285.

Gelli, D., Morgante, M., Ferrari, V., Mollo, A., Freggi, D., & Romagnoli, S. (2004). Hematologic, Serum Biochemical, and Serum Electrophoretic Patterns in Loggerhead Sea Turtles (*Caretta caretta*). *Proceedings of the Association of Reptilian and Amphibian Veterinarians*.

- Gelli D., Ferrari V., Zanella A., Arena P., Pozzi L., Nannarelli S., Romagnoli S. (2009), “Establishing physiological blood parameters in the loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*)”, *European Journal of Wildlife Research*, vol. 55, n. 1, pp. 59-63.
- Gerosa, G., & Aureggi, M. (2001). *Sea Turtle Handling Guidebook for Fishermen*. UNEP/MAP RAC/SPA.
- Giardina B., Galtieri A., Lania A., Ascenzi P., Desideri A., Cerroni L., Condò S.G. (1992), “Reduced sensitivity of O<sub>2</sub> transport to allosteric effectors and temperature in loggerhead sea turtle hemoglobin: functional and spectroscopic study”, *Biochimica et Biophysica Acta*, vol. 1159, pp. 129-133
- Hochscheid, S., Bentivegna, F., & Hays, G. C. (2007). First records of dive durations for a hibernating sea turtle. *Biology Letters*, 1.
- Innis C.J., Tlusty M., Merigo C., Weber E.S. (2007), “Metabolic and respiratory status of cold-stunned Kemp’s ridley sea turtles (*Lepidochelys kempii*)”, *Journal of Comparative Physiology B*, vol. 177, n. 6, pp. 623-630.
- Innis C.J., Ravich J.B., Tlusty M.F., Hoge M.S., Wunn D.S., Boerner-Neville L.B., Weber III E.S. (2009), “Hematologic and plasma biochemical findings in coldstunned Kemp's ridley turtles: 176 cases (2001–2005)”, *Journal of the American Veterinary Medical Association*.
- Jacobson E.R. (2007), *Infectious diseases and pathology of reptiles*, CRC Press (pp.167-186).
- Kakizoe Y., Sakaoka K., Kakizoe F., Yoshii M., Nakamura H., Kanou Y., Uchida I. (2007), “Successive changes of hematologic characteristics and plasma chemistry values of juvenile loggerhead turtles (*Caretta caretta*)”, *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, vol. 38, pp. 77-84.
- Knotkova Z., Knotek Z., Hajkova P. Plasma biochemistry of chelonians of the Geochelone group. *European Association of Zoo and Wildlife Veterinarians (EAZWV) Third scientific meeting, May 31th - June 4th, 2000, PARIS, France*.
- Kuby J. (2006), *Immunology*, 6th edizione, W.H. Freeman.
- Laurent, L. and Lescure, J. 1994. L'hivernage des tortues caouannes *Caretta caretta* (L.) dans le sud Tunisien. *Rev. Ecol. (Terre Vie)* 49:63-86.

Lutz PL, Musick JA, Wyneken J (eds) (1996) The biology of sea turtles. CRC Press, Boca Raton, Fla.

Mauro N.A., Isaacks R.E. (1997), "Examination of reptilian erythrocytes as models of the progenitor of mammalian red blood cells", *Comparative Biochemistry and Physiology*, vol.116, n. 4, pp. 323-327

Miller, J. D. (1997). Reproduction in sea turtles. In *The Biology of Sea Turtles* (Vol. 1, pp. 51-81).

Moon, D. Y., Owens, D. W., & MacKenzie, D. S. (1997). The effects of fasting and increased feeding on plasma thyroid hormones in sea turtles. *Zoological Science*, 14, 171–176.

Mortimer, J.A. 1995. Feeding Ecology of Sea Turtles. In: Bjorndal, K.A. (Ed.). *Biology and Conservation of Sea Turtles*, revised edition. Smithsonian Inst. Press, Washington, D.C. and London:103-109

Mrosovsky, N. (1983). Ecology and nest-site selection of leatherback turtles *Dermochelys coriacea*. *Biological Conservation*.

Mrosovsky, N. (1988). Pivotal temperatures for loggerhead turtles (*Caretta caretta*) from northern and southern nesting beaches. *Canadian Journal of Zoology*, 66(3), 661–669.

Musick, J. A., & Limpus, C. J. (1997). Habitat utilization and migration in juvenile sea turtles. In: *The Biology of Sea Turtles*, Volume I (eds. Lutz, P. L. & Musick, J. A.), CRC Press, pp. 137–163.

Orós J., Casal A., Arencibia A. (2010), "Microscopic studies on characterization of blood cells of endangered sea turtles", *Microscopy: Science, Technology, Applications and Education*, vol. 1.

Osborne A.G., Jacobson E.R., Bresette M.J., Singewald D.A., Scarpino R.A., Bolten A.B. (2010), "Reference intervals and relationships between health status, carapace length, body mass, and water temperature and concentrations of plasma total protein and protein electrophoretogram fractions in Atlantic loggerhead sea turtles and green turtles", *Journal of the American Veterinary Medical Association*, vol. 237, n. 5, pp. 561-567

Pagano, M., Vazzana, I., Gentile, A., Caracappa, G., & Faggio, C. (2019). Hematological and biochemical parameters in sea turtles (*Caretta caretta*) after stranding. *Regional Studies in Marine Science*, 32, 100832. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2019.100832>

- Petruzzelli R., Aureli G., Lania A., Galtieri A., Desideri A., Giardina B. (1996), "Diving behaviour and haemoglobin function: the primary structure of the  $\alpha$ - and  $\beta$ -chains of the sea turtle (*Caretta caretta*) and its functional implications", *Biochemical Journal*, vol. 15, pp. 959-965
- Pritchard, P.C.H. (1979). *Encyclopedia of Turtles*. T.F.H. Publication, Inc. Ltd., Neptune, N.J. USA.
- Pritchard, P.C.H. (1997). Evolution, phylogeny, and current status. In: *The Biology of Sea Turtles*, Volume I. CRC Press.
- Rangel-Mendoza J, Weber M, Zenteno-Ruiz CE, López-Luna MA, BarbaMacías E. Hematology and serum biochemistry comparison in wild and captive Central American river turtles (*Dermatemys mawii*) in Tabasco, Mexico. *Res. Vet. Sci.* 2009; 87(2):313-8
- Raskin R.E. (2000), "Reptilian complete blood count" in *Laboratory Medicine: Avian and Exotics Pets*, WB Saunders, pp. 193-197
- Rousselet E., Stacy N.I., Vitoire K., Higgins M.B., Tocidowski E.M., Flanagan J.P., Godard-Codding A.J.C. (2013), "Hematology and plasma biochemistry analytes in five age groups of immature, captive-reared Loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*)", *Journal of Zoo and wildlife Medicine*, vol. 44, pp. 859-874.
- Saint Girons M.C. (1970), "Morphology of the circulating blood cell", in *Biology of the Reptilia*, vol. 3, Academic Press (pp. 73-91).
- Stacy N.I., Alleman A.R., Sayler K.A. (2011), "Diagnostic hematology of reptiles", *Clinics in laboratory medicine*, vol. 31, n. 1, pp. 87-108.
- Stacy N.I., Innis C.J. (2017), "Clinical Pathology" in *Sea Turtle Health and Rehabilitation*, J Ross Pub, pp. 147-201.
- Strink N.I., Alleman A.R., Harr K.E. (2007), "Circulating inflammatory cells" in *Infectious diseases and pathology of reptiles*, CRC Press (pp.167-218).
- Travaglini, A., et al. (2021). Predatory and opportunistic feeding behavior of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) in the Adriatic and Tyrrhenian Seas. *Journal of Marine Science and Conservation*, 12(3), 123-134.

Wang Y.F., Li T.H., Jiang, Y.F., Chi C.H., Cheng I J., Cheng C.H., Yu P.H. (2020), “Light Microscopic and Ultrastructural Characteristics of Heterophil Toxicity and Left-shifting in Green Sea Turtles (*Chelonia mydas*) from Taiwan”, *Zoological Studies*, vol. 59.

Work T.M., Raskin R.E., Balazs G.H., Whittaker S.D. (1998), “Morphologic and cytochemical characteristics of blood cells from Hawaiian green turtles”, *American Journal of Veterinary Research*, vol. 59, pp. 1252-1257.

Wyneken, J. (2001). *The Anatomy of Sea Turtles*. U.S. Department of Commerce, NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-470.

Zaias J., Norton T., Fickel A., Spratt J., Altman N.H., Cray C.: Biochemical and hematologic value for 18 clinically healthy radiated tortoises (*Geochelone radiata*) on St Catherines Island, Georgia. *Vet. Clin. Pathol.* 2006; 35 (3): 321- 325.

Zhang F., Gu H., Li, P. (2011), “A review of chelonian hematology”, *Asian Herpetological Research*, vol. 2, n. 1, pp. 12-20.

Sitografia:

([www.tartalife.eu](http://www.tartalife.eu))

([wwf.it](http://wwf.it))

([www.Isprambiente.gov.it](http://www.Isprambiente.gov.it))

Dedicato alla mia Nonna che passava con me tutte le estati al mare.

Ringrazio tutte le persone che hanno collaborato a questo studio di tesi: la Prof.ssa Annalisa Zaccheroni, il Prof. Federico Plazzi, Valeria e Martina di Fondazione Cetacea e Nicola Ridolfi veterinario esperto in Animali esotici.