



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Tesi di tirocinio di formazione e orientamento

(Convenzione stipulata tra ISPRA e l'Università di Messina del 26/02/2010)

ANALISI DEI CONTENUTI STOMACALI DI TONNO ROSSO

Thunnus thynnus (Linnaeus, 1758)

NELLO STRETTO DI MESSINA

Dr.ssa Simona Musolino

Tutor ISPRA: Dr.ssa Teresa Romeo

ANNO 2011

Data	Firma Tirocinante	Firma del Tutor ISPRA	Firma Responsabile Servizio ISPRA
	Firma del Tutor Ente Promotore*		

*** Il Tutor dell'Ente Promotore sarà citato solo in presenza della firma**

1. ABSTRACT

Lo studio dell'ecologia trofica di specie ittiche riveste una importanza fondamentale nella gestione delle risorse e soprattutto nello studio degli equilibri ecosistemici e dei rapporti preda-predatore. Il tonno rosso, essendo un predatore di vertice, svolge un ruolo determinante nell'equilibrio dell'ecosistema in quanto può controllare i livelli inferiori della catena alimentare. L'obiettivo del presente lavoro è quello di contribuire ad estendere le conoscenze sul comportamento trofico del tonno rosso. Attraverso l'analisi dei contenuti stomacali è stato possibile determinare la composizione specifica della dieta di esemplari adulti campionati nell'area dello Stretto di Messina. E' stata, inoltre, descritta la strategia alimentare di tale specie e valutato il ritmo giornaliero di predazione nell'arco delle 24 ore.

2. PREFAZIONE

La presente tesi analizza la composizione specifica della dieta di esemplari adulti di tonno rosso (*Thunnus thynnus*, Linnaeus 1758) adulti presenti nello stretto di Messina.

L'analisi dei contenuti stomacali ha permesso di determinare l'importanza delle singole prede nell'alimentazione di tonno nell'area di studio.

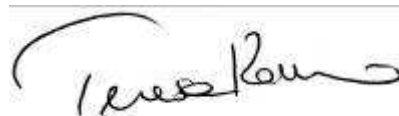
L'attività dello stage formativo si è articolata in 4 differenti fasi:

1. Raccolta dei campioni allo sbarco lungo il tratto di costa siciliana, compreso tra S. Agata e Ganzirri.
2. Attività di laboratorio mirata all'identificazione delle prede al più basso livello tassonomico possibile. Nei casi in cui l'avanzato stato di digestione non ha permesso un'immediata identificazione, sono state analizzate le parti anatomiche con maggiore valenza tassonomica (mandibole inferiori per i cefalopodi, otoliti per i teleostei).
3. Calcolo dei seguenti indici alimentari: percentuale in numero, percentuale in peso, frequenza percentuale ed indice di importanza relativa.
4. Analisi statistica.

Le attività di laboratorio sono state eseguite presso la sede ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) di Milazzo nell'anno 2011.

Il Tutor

Dr.ssa Teresa Romeo



3. INDICE

1.	<i>ABSTRACT</i>	2
2.	<i>PREFAZIONE</i>	3
3.	<i>INDICE</i>	4
4.	<i>INTRODUZIONE</i>	5
4.1.	<i>BIOLOGIA, ECOLOGIA E GESTIONE DEL TONNO ROSSO</i>	6
4.1.1.	<i>Migrazioni e struttura dello stock</i>	8
4.1.2.	<i>Riproduzione e crescita</i>	10
4.1.3.	<i>Alimentazione</i>	11
4.1.4.	<i>Pesca</i>	11
4.1.5.	<i>Gestione della risorsa</i>	13
4.2.	<i>AREA DI STUDIO</i>	14
5.	<i>METODOLOGIA</i>	16
5.1.	<i>MATERIALI E METODI</i>	16
5.1.1.	<i>Campionamento</i>	16
5.1.2.	<i>Analisi del contenuto stomacale e identificazione delle prede</i>	17
5.1.3.	<i>Analisi dei dati</i>	17
5.1.4.	<i>Tasso digestione prede e ritmo predazione giornaliero</i>	18
6.	<i>CORPO DELLA TESI</i>	20
6.1.	<i>RISULTATI</i>	20
6.1.1.	<i>Aspetti qualitativi del regime alimentare</i>	21
6.1.2.	<i>Aspetti quantitativi del regime alimentare</i>	24
7.	<i>CONCLUSIONI</i>	36
8.	<i>BIBLIOGRAFIA</i>	41

4. INTRODUZIONE

Gli organismi appartenenti ad una comunità sono legati, sia direttamente sia indirettamente, da relazioni trofiche.

Lo studio del flusso di materia e di energia è indispensabile per la conoscenza approfondita di un ecosistema. Conoscere l'ecologia trofica dei grandi predatori pelagici può fornire indicazioni sulla loro distribuzione e sul loro comportamento. Tali studi permettono, inoltre, di approfondire le conoscenze relative ai rapporti di competizione tra differenti predatori, determinare fenomeni di interazione dei predatori con altre specie ed infine descrivere le fluttuazioni della struttura globale di una comunità.

Il primo a fornire le basi per lo studio delle comunità fu Elton (1927) che coniò i termini di “catena di cibo”, per indicare la successione d'organismi che predano e che a loro volta sono predati, e “ciclo trofico”, per definire le relazioni tra le diverse catene alimentari. Successivamente il termine è stato modificato da Odum (1983) in “*rete trofica*”. Il significato è rimasto però invariato: una rete trofica rappresenta una descrizione delle relazioni trofo-funzionali tra le specie appartenenti ad una comunità.

L'analisi delle reti trofiche mette in rilievo le connessioni esistenti tra le popolazioni e, pertanto, contenendo informazioni a livello di specie, è in grado di evidenziare i particolari della struttura della comunità (Cohen, 1989).

Lo studio dell'ecologia trofica costituisce un importante strumento per una migliore gestione delle risorse ittiche. Infatti i principi dell'approccio ecosistemico alla gestione della pesca (EAF; Garcia et al., 2003), al fine di favorire un corretto management delle risorse, raccomandano di approfondire la conoscenza sul funzionamento e la struttura degli ecosistemi in cui le specie vivono, nonché i rapporti trofici, le relazioni preda-predatore, la biologia e l'ecologia delle specie ed il loro ruolo nell'ecosistema.

La predazione costituisce una delle vie principali del flusso energetico nell'ecosistema e lo studio degli effetti top-down è considerato un punto fondamentale nella comprensione dei meccanismi che regolano le dinamiche di popolazione. E' stato più volte confermato che alterazioni lungo le catene trofiche si ripercuotono fino ai livelli più bassi (Hairston et al., 1960; Fretwell, 1977) influenzando abbondanza, diversità (Paine, 1966) e composizione in specie delle popolazioni preda (Dodson, 1974), nonché la loro struttura in taglia. Allo stesso modo un eccessivo sfruttamento di specie che occupano i livelli superiori della catena altera il livello trofico più basso con un effetto a

cascata (bottom-down effect). Conoscere gli effetti top-down permette di comprendere numerosi modelli ecologici e di prevedere le possibili conseguenze a livello ecosistemico una volta che i top-predators vengono rimossi. Esiste inoltre la possibilità di una regolazione verso il basso e verso l'alto da parte di keystone specie che giocano un wasp-waist control sull'intera rete trofica. I cambiamenti nella popolazione di specie chiave possono influenzare drasticamente la dinamica della comunità.

In Mediterraneo sono stati condotti diversi studi sull'ecologia trofica dei grandi pesci pelagici ed in particolare su tonno (Genovese, 1960; Genovese e Alonzo, 1971; Piccinetti e Piccinetti Manfrin, 1970; Sinopoli et al., 2004; Sarà e Sarà 2007; Karakulak, 2009), pescespada (Bello, 1991; Salman, 2004; Peristeraki et al., 2001; Romeo et al., 2009), alalunga (Bello, 1999; Consoli et al., 2008; Salman e Karakulak, 2009) e aguglia imperiale (Castriota et al., 2008; Romeo et al., 2009).

La dieta del tonno rosso, negli stadi giovanili e adulti è stata studiata sia esaminando i contenuti stomacali (Sinopoli et al., 2004; Karakulak et al., 2009) sia analizzando gli isotopi stabili di carbonio e azoto (Sarà G. & Sarà R., 2007). Tuttavia, una significativa mancanza di informazioni sulle abitudini alimentari del tonno rosso è ancora evidente, ed è dovuta principalmente alla difficoltà di monitorare la dieta di questo stock durante tutto l'anno a causa del comportamento migratorio di questa specie. Per questo motivo, l'obiettivo del presente lavoro è quello di contribuire ad estendere le conoscenze sul comportamento trofico del tonno rosso nello Stretto di Messina, dove la specie è presente tutto l'anno con concentrazioni maggiori nel periodo compreso tra marzo e giugno (Di Natale, 2005). Lo Stretto di Messina è infatti limitrofo ad una delle principali aree di riproduzione del tonno rosso in Mediterraneo (Sella, 1924, 1929; Sanzo, 1932; Piccinetti e Manfrin, 1970; Tsuji et al., 1997; Nishida et al., 1998) ed è inoltre riportata come possibile zona di reperimento di “tonni allocati” che stanziano anche in periodi non riproduttivi (Genovese et al., 1956).

4.1. BIOLOGIA, ECOLOGIA E GESTIONE DEL TONNO ROSSO

Il tonno rosso (*Thunnus thynnus thynnus*, Linneaus 1758) (Fig.1), specie appartenete alla famiglia Scombridae ha affascinato scienziati e filosofi per secoli: Aristotele (IV secolo a.C.) e Plinio il Vecchio (I secolo a.C.), nelle loro opere avevano già ipotizzato le rotte di migrazione del tonno. Questo grande interesse deriva dalle sue sorprendenti caratteristiche biologiche e fisiologiche, come la dimensione del suo corpo

(la lunghezza può essere maggiore dei 3 metri e il peso può raggiungere i 700 kg) e la grande velocità di nuoto che gli consente di effettuare lunghe migrazioni. Il tonno rosso, inoltre, rappresenta la specie economicamente più importante tra i grandi pelagici presenti nel Mediterraneo.



Fig. 1 - *Thunnus thynnus thynnus* (Linneaus, 1758)

Fin dai tempi più remoti, i popoli del bacino Mediterraneo pescarono il tonno rosso, forse con attrezzi non molto dissimili da quelli tuttora in uso. Sfruttando il gregarismo della specie nel periodo riproduttivo, idearono un metodo efficace e razionale per la sua cattura, basato su un impianto fisso di reti, che permetteva, tramite lo sbarramento del suo percorso, l'entrata ma non l'uscita degli animali. Questo attrezzo fu identificato col nome di tonnara (Doumenge, 1998). All'inizio del XX secolo, le innovazioni tecniche, come la sostituzione delle tradizionali reti di canapa con quelle di nylon e lo sviluppo di moderne attività e tecniche di pesca, quali le tonnare volanti ed i palangari, hanno completamente cambiato il contesto della pesca facendo perdere alle tonnare la loro importanza (Farrugio, 1981; Addis et al., 1997; Doumenge, 1998).

Nell'ultimo decennio, i ricercatori hanno contribuito in modo significativo alle conoscenze della biologia, ecologia e demografia del tonno rosso attraverso l'acquisizione di dati sui parametri biologici di base (come età di maturità, fecondità, alimentazione, crescita), determinanti per la valutazione delle condizioni di uno stock (Rooker et al., 2007). Avanzamenti significativi delle conoscenze sono stati acquisiti anche grazie all'applicazione di tecnologie innovative per lo studio delle popolazioni, come l'analisi della struttura genetica (Carlsson et al., 2007; Clark et al., 2004; Pujolar et al., 2003) o l'analisi della composizione di microelementi degli otoliti (Butler et al., 1977; Farber et al., 1981; Megalofonou et al., 2006; Rooker et al., 2001, 2003, 2004, 2006;

Secor et al., 1998, 2002) e studi di marcatura satellitare (Block et al., 2005; De Metrio et al., 2005).

4.1.1. Migrazioni e struttura dello stock

In Atlantico sono presenti due sottopolazioni, una composta da individui che migrano lungo le coste orientali del sud e nord America e che si riproducono nel Golfo del Messico e l'altra distribuita lungo le coste occidentali atlantiche, dal Marocco alla Norvegia, che si riproduce in Mar Mediterraneo.

Sebbene siano state descritte migrazioni transatlantiche, gli esperimenti condotti con marcature elettroniche hanno rivelato un alto grado di fedeltà alle zone di nascita e questo ha portato la Commissione Internazionale per la Conservazione del Tonno Atlantico (ICCAT) ad identificare due stock (orientale ed occidentale) i quali vengono considerati indipendenti per la valutazione dei parametri bio-ecologici e demografici. L'indipendenza dei due stock è dimostrata dall'elevato numero di individui che dopo aver visitato le aree di alimentazione ritorna alle zone di riproduzione e dalla presenza di un lieve, ma significativo, differenziamento genetico (Fromentin e Powers 2005; Rooker et al., 2007).

Tuttavia, recenti studi basati sull'analisi della composizione di microelementi negli otoliti di individui dei due stock hanno definito che una parte significativa di tonni rossi pescati nelle zone di alimentazione delle coste americane è formata da individui probabilmente nati nel Mar Mediterraneo (Rooker et al., 2008).

La controversia sull'indipendenza delle popolazioni dei due stock è di particolare interesse per la gestione, poiché sono state rilevate importanti differenze demografiche e riproduttive tra i due stock. Infatti, la biomassa riproduttiva dello stock occidentale è assai minore ed è drasticamente crollata negli ultimi decenni nonostante le severe restrizioni alla pesca applicate su questo stock da oltre 20 anni. Al contrario, lo stock orientale è significativamente più grande e più stabile (ICCAT 2007).

All'inizio del XIX secolo, Pavesi (1889) ipotizzò la presenza di due distinti stock tra Mediterraneo e Atlantico (Fig.2). Secondo questa tesi i tonni pescati presso le coste siciliane e calabresi non migravano dall'Oceano Atlantico, ma risiedevano nel Mar Mediterraneo, costituendovi una popolazione locale (Farrugio, 1981; Mather et al., 1995). Questa teoria rimase dominante per molti decenni ed fu accettata da diversi autori (Roule, 1917; De Buen, 1925; Scordia, 1938). L'ipotesi della popolazione locale fu alla fine

messa in discussione quando molti arpioni usati nel nord Atlantico (che sono sufficientemente diversi da quelli usati nel Mediterraneo) vennero trovati su pesci pescati nel Mediterraneo (Heldt, 1929; Sella, 1929).

La migrazione del tonno rosso tra il nord Atlantico ed il Mediterraneo durante il periodo riproduttivo è stata accertata tra il 1960 ed il 1970, a seguito di numerose ricatture di individui marcati (Sarà, 1963; Mather et al., 1995).

Benché rimangano ancora numerose incertezze, è possibile che una parte sostanziale di adulti permanga tutto l'anno nel Mar Mediterraneo. Si parla, infatti, di tonni “allocati” in particolare nello Stretto di Messina, ove in passato, veniva praticata la pesca degli adulti tutto l'anno (Genovese, 1956; Potoschi e Sturiale, 1996).

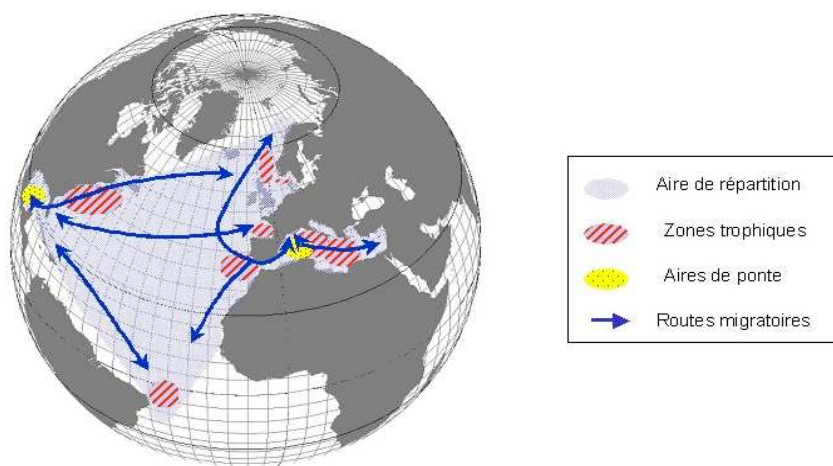


Fig. 2 - Distribuzione spaziale del tonno rosso in Oceano Atlantico e Mar Mediterraneo e principali rotte migratorie (frecce blu), dedotte da serie storiche di dati di cattura e da informazioni ottenute attraverso esperimenti di marcatura.

Alla fine della primavera i tonni “di corsa” passano lo Stretto di Gibilterra (Sella, 1929), lungo la costa nord africana da ovest a est, poi si dirigono verso le due principali zone di riproduzione identificate nell’Arcipelago delle Baleari e nel Mar Tirreno meridionale, anche se non si escludono altre aree riproduttive in Mar Mediterraneo orientale (Karakulak et al., 2004).

Una volta completata la riproduzione, il tonno torna in Atlantico (tonno “di ritorno”), lasciando dietro i giovanili che passeranno il loro primo anno di vita nel Mar Mediterraneo (Fromentin, 2003). A partire dal secondo anno di vita i giovani iniziano ad uscire dal Mar Mediterraneo e compiono la migrazione atlantico-mediterranea degli

adulti (Sarà, 1964; 1973). Gli studi sulla migrazione sono ancora in corso ed in continuo aggiornamento.

4.1.2. Riproduzione e crescita

Attualmente per il tonno rosso si riconoscono due zone principali di riproduzione: il Mar Mediterraneo per lo stock orientale ed il Golfo del Messico per lo stock occidentale.

La riproduzione del tonno rosso nelle due aree appare fortemente correlata alle specifiche condizioni oceanografiche. Il periodo di riproduzione sembra, infatti, essere legato prevalentemente alla temperatura superficiale dell'acqua. Poiché la temperatura dell'acqua nel Golfo del Messico supera i 24° C ad inizio primavera, in questa area l'accoppiamento inizia in anticipo rispetto al Mediterraneo (aprile nel Golfo del Messico, maggio nel Mar Mediterraneo).

Importanti differenze sono state evidenziate anche sulla taglia e sull'età di prima maturità tra lo stock dell'est e dell'ovest Atlantico. E' infatti emerso che il 50% degli esemplari di tonno rosso del Mediterraneo raggiungono la maturità sessuale ad una lunghezza alla forca di 104 cm (3-4 anni di età) e il 100% sono maturi a 130 cm (5 anni di età, 30-35 kg) (Corriero et al., 2005; Block et al., 2005). Gli esemplari dello stock occidentale raggiungono la maturità a circa 200 cm (8 anni di età, 150 kg) (Mather et al., 1995).

In Mar Mediterraneo, il periodo di accoppiamento è stato individuato tra maggio e giugno nell'area orientale (Karakulak et al., 2004) e tra giugno e luglio in quella centro-occidentale (Mather et al., 1995) (Fig. 3).

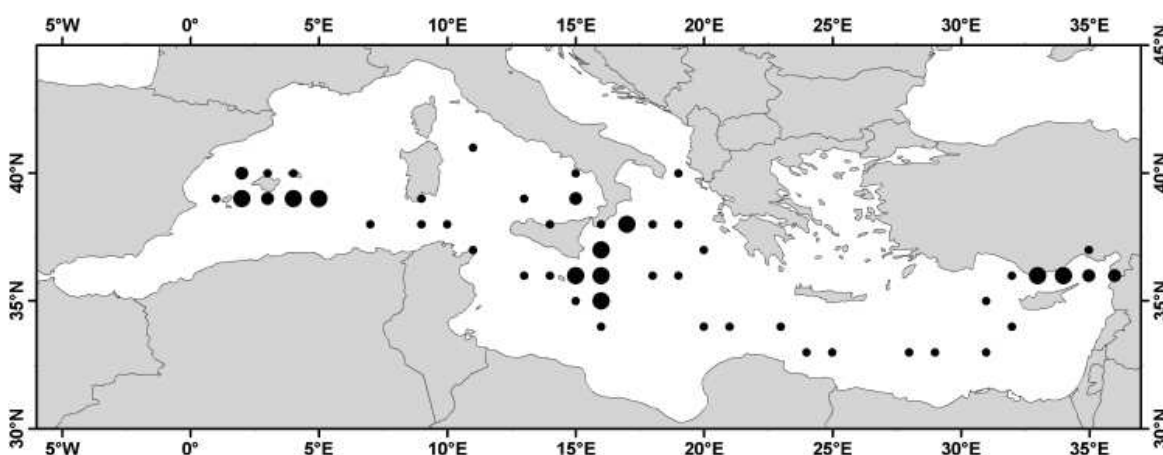


Fig 3 - Distribuzione delle larve di tonno rosso (*Thunnus thynnus*) nel Mar Mediterraneo (Nishida et al. 1998; Garcia et al. 2003; Oray e Karakulak, 2004). I cerchi piccoli rappresentano catture di 1-4 larve, quelli medi 5-10 larve, i cerchi più larghi 10 o più larve. (Rooper et al., 2007).

Il tonno rosso, come tutte le altre specie di tonni, è una specie multispawner. Ha una crescita veloce, almeno nei primi tre anni di vita. Le fasi di crescita più importanti avvengono durante la prima estate quando ogni esemplare cresce da 30 a 40 cm, raggiungendo i 60 cm nel primo anno (Mather e Schuck, 1960; Mather et al., 1995; La Mesa et al., 2005). Alla fine della prima estate, un giovane tonno ha un peso di circa 1500 g, a 6 anni supera i 60 kg e misura circa 1,5 m.

4.1.3. Alimentazione

T. thynnus è un predatore molto vorace: le sue caratteristiche morfologiche e fisiologiche richiedono un grande fabbisogno proteico che lo porta ad una continua ricerca di cibo. E' una specie opportunistica in grado di sfruttare una grande quantità di risorse. La loro dieta sembrerebbe cambiare durante le fasi di crescita con differenze tra le specie predate nelle diverse aree di studio (Rooker et al., 2007).

Negli stadi larvali la specie si nutre di zooplancton, soprattutto copepodi (Uotani et al., 1990). Esemplari di classe 0, chiamati *Young of the Year* – YOY, hanno un regime alimentare costituito principalmente da crostacei (60%), ma anche pesci (20%) e cefalopodi (20%) (Sinopoli et al., 2004). Allo stadio adulto è un predatore opportunistico, che si nutre di qualsiasi preda sia disponibile in un particolare momento o luogo, con una preferenza per teleostei, cefalopodi e crostacei (Genovese, 1960; Genovese e Alonzo, 1961; Pinkas et al., 1971; Cort, 1990; Eggleston e Bochenek, 1990; Orsi Relini et al., 1998; Chase, 2002; Sarà, 2007). Tra i teleostei, le prede più consumate sono i piccoli pelagici quali acciughe, sardine, aringhe e sgombri (Tiews, 1963; Mather et al., 1995).

La strategia più utilizzata per la predazione è quella del *ram-feeding* (nuotare in mezzo a banchi di prede a bocca aperta).

Nel periodo riproduttivo gli individui rallentano l'attività di nutrizione (Tiews, 1963).

4.1.4. Pesca

Attualmente in Mar Mediterraneo, gli attrezzi da pesca più utilizzati per la cattura del tonno rosso sono le reti a circuizione (conosciute come tonnare volanti), che rappresentano circa il 75% delle catture. Altri sistemi in uso sono il palangaro derivante e le lenze. Nello Stretto di Messina viene praticata la pesca con lenza e amo, pur non rappresentando un sistema di pesca professionale.

Pesca con lenza e amo. Tale attività deriva dall'antica pesca al tonno praticata nello Stretto di Messina con metodi tradizionali e già descritta da Potoschi et al. (1996). Oggi, questa pesca ha perso le caratteristiche di attività professionale e si è trasformata in pesca ricreativa. Inoltre i sistemi di pesca, pur rimanendo essenzialmente simili nel metodo impiegato, hanno subito sensibili modifiche nella tecnologia e nei materiali impiegati.

La pesca con lenza ed amo viene praticata tutto l'anno in funzione della disponibilità della risorsa, ma soprattutto nei mesi primaverili, da un numero medio di 20 imbarcazioni.

Le tecniche utilizzate sono principalmente due: la traina con l'esca viva ed il *drifting*. La prima consiste nel catturare i tonni utilizzando esca viva, solitamente suri o sugarelli (*Trachurus sp.*) o lanzardi (*Scomber japonicus*). Questi, dopo la cattura vengono innescati vivi e trainati lentamente. La tecnica del drifting prevede invece l'utilizzo di esca morta, sardina (*Sardina pilchardus*) o acciuga (*Engraulis encrasicolus*) e necessita di una pasturazione continua; i tonni, seguendo l'abbondante traccia dell'esca, incappano nelle lenze.

Nella fig. 5 viene ricostruita la serie storica di catture di *T. thynnus* effettuate nel periodo compreso tra il 1929 e il 2011 con lenza e amo nello Stretto di Messina. Per ottenere tale rappresentazione grafica, sono stati utilizzati i dati disponibili in letteratura (Scordia 1932, 1934a, 1934b, 1935, 1936, 1937, 1938; Genovese 1953, 1958, 1959, 1965; Potoschi e Sturiale, 1996; Di Natale 2003, 2004; Di Natale et al., 1987, 1988, 2000, 2004, 2005, 2006) e i dati raccolti nell'ambito dei programmi di ricerca dell'ISPRA "Vector" e "Grandi Pelagici" (A.A.V.V. 2009; 2010) (Fig. 4).

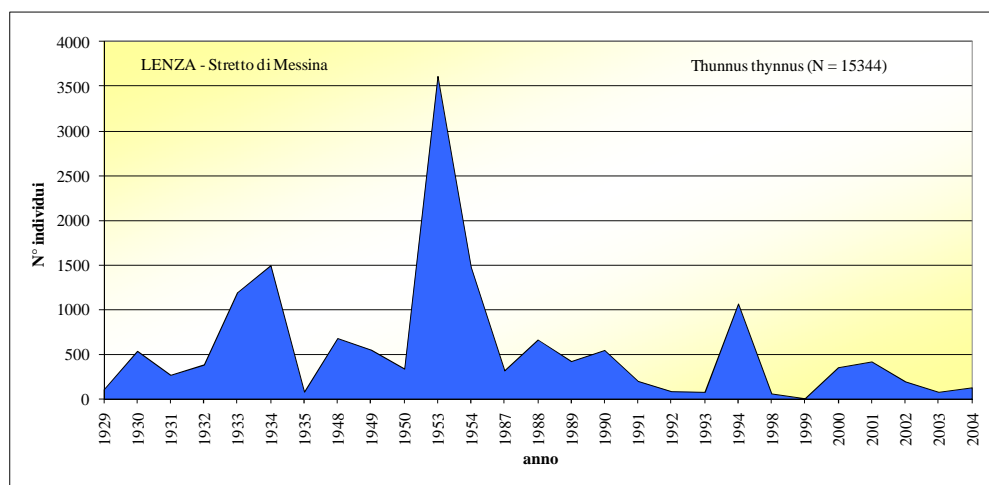


Fig. 4 – Serie storica delle catture di tonno rosso effettuate con lenza e amo nello Stretto di Messina.

4.1.5. Gestione della risorsa

Tra i grandi pelagici presenti in Mediterraneo, il tonno rosso rappresenta la specie economicamente più importante. Essa è infatti considerata a livello mondiale una risorsa ittica di grande valore e la sua gestione è un obiettivo fondamentale per la comunità internazionale, nonché per le parti sociali e gli studiosi.

Negli ultimi decenni, la forte domanda e l'assenza di piani di gestione adeguati hanno provocato un eccessivo sforzo di pesca, che ha danneggiato ulteriormente una specie già in declino. Infatti, nel 1998, le navi con reti da circuizione erano due volte più lunghe e quattro volte più potenti rispetto al 1970.

Negli anni '90 le catture nell'est Atlantico e nel Mediterraneo hanno raggiunto un picco storico superando le 50.000 tonnellate (ICCAT, 2007).

A peggiorare ulteriormente la situazione dello stock dell'est Atlantico è stata la comparsa dei primi impianti off-shore di ingrasso del tonno rosso (*tuna farm*), che negli ultimi anni hanno più che raddoppiato la loro attività nel Mediterraneo.

Tuttavia l'importanza del tonno rosso è stata sottolineata a livello internazionale a partire dal 1966, durante la Conferenza di Rio de Janeiro, che ha instaurato la Commissione Internazionale per la Conservazione dei Tonni Atlantici (International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas - ICCAT) e ha adottato la Convenzione per la Conservazione dei Tonni Atlantici. Da quel momento in poi, diverse istituzioni, commissioni e convenzioni internazionali hanno focalizzato i loro sforzi sullo stato di conservazione del tonno rosso: General Fisheries Commission for the Mediterranean (GFCM – FAO), Convenzione sulla conservazione delle specie migratrici della fauna selvatica (nota anche come CMS o convenzione di Bonn), Unione Internazionale per la Conservazione della Natura (IUCN), Convenzione sul commercio internazionale delle specie minacciate di estinzione (CITES).

Dal 1970 la gestione del tonno rosso in Atlantico è affidata all'ICCAT, che effettua, ogni due anni, una valutazione dello stock.

Nel novembre del 2006, l'ICCAT ha redatto un piano quindicennale di ricostituzione dello stock del tonno rosso nell'Atlantico orientale e nel Mediterraneo, entrato in vigore con il Regolamento CE n. 1559/2007 del 17 dicembre 2007. Successivamente è entrato in vigore il Regolamento CE n. 302/2009 del 6 aprile 2009 che abroga il precedente.

Le misure previste dal piano comprendono:

- Una progressiva riduzione del Totale Ammissibile delle Catture (TAC) per il periodo 2007-2010. Il prelievo di individui dagli stock ittici deve limitarsi ad una quantità di pesci tale da non compromettere l'equilibrio degli stock in questione. Il TAC rappresenta la quantità massima di pesci che possono essere prelevati da un determinato stock in un certo periodo di tempo.

- E' stato disposto il divieto di pesca con reti a circuizione dal 15 giugno al 15 aprile.
- Divieto di utilizzo di aerei o elicotteri per la ricerca del tonno rosso.
- Divieto di pesca per grandi imbarcazioni (>24 m) che utilizzano palangari pelagici dal 1 giugno al 31 dicembre.

- Divieto di pesca con lenze a canna e trainate dal 15 ottobre al 15 giugno.
- Divieto della pesca da traino pelagica e della pesca sportiva dal 15 ottobre al 15 giugno.

- Una nuova taglia minima per il tonno rosso (30 kg o 115 cm), con l'eccezione di tonni catturati ai fini dell'allevamento e per i tonni catturati dalla pesca artigianale con canna, lenza a mano e palangari, la cui taglia minima è 8 kg o 75 cm.

- Disposizioni in materia di pesca sportiva e ricreativa. La pesca sportiva deve essere preventivamente autorizzata dalle autorità competenti. Nell'ambito della pesca ricreativa è vietato catturare più di un esemplare di tonno rosso per uscita in mare. In entrambi i casi, il pesce catturato non può essere commercializzato, salvo per fini caritativi.

- Misure di controllo volte a garantire l'efficacia del piano di ricostituzione. I dati sulla cattura del tonno devono essere comunicati all'Autorità marittima del luogo in cui avviene la pesca, la quale provvederà a trasmetterli immediatamente alla Direzione Generale del Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali.

L'obiettivo del piano di ricostituzione è il raggiungimento di una biomassa corrispondente al rendimento massimo sostenibile, assicurandosi che lo sforzo di pesca delle navi e delle tonnare sia commisurato alle possibilità di pesca di tonno rosso disponibile. Tuttavia, è stimato che le catture illegali che incidono sui giovanili di tonno rosso nello stock mediterraneo siano estremamente consistenti, arrivando ad eguagliare quelle monitorate.

4.2. AREA DI STUDIO

Lo Stretto di Messina è situato al centro del Mediterraneo, divide geograficamente la penisola italiana e la Sicilia ed è il punto di congiunzione tra i bacini ionico e tirrenico.

Dal punto di vista morfologico può essere paragonato ad un imbuto capovolto con la parte stretta rivolta a nord, dove raggiunge la minima ampiezza (circa 3 km) lungo la congiungente tra Ganzirri e Punta Pezzo. Il limite settentrionale è facilmente identificabile (Capo Peloro, Sicilia - Torre Cavallo, Calabria), mentre quello meridionale si fa coincidere con una linea ideale che congiunge Capo Taormina (Sicilia) e Capo dell'Armi (Calabria). La sua profondità, passando da Sud a Nord, diminuisce rapidamente da circa 2000 m nel tratto antistante Capo D'Armi (Mar Ionio) fino a circa 80-120 m al livello della soglia settentrionale Ganzirri - Punta Pezzo, in cui è presente una "sella" sottomarina. In questo tratto, il fondo presenta un solco mediano, con profondità massima di 115 m, che divide la zona occidentale molto irregolare (banco di Ganzirri – versante siciliano), da quella orientale di Punta Pezzo (versante calabro) più profonda e pianeggiante.

Lo Stretto di Messina è il punto di incontro tra il bacino ionico e quello tirrenico, aventi acque con caratteristiche chimico-fisiche totalmente differenti. Il Tirreno presenta mediamente acque lievemente più calde e meno salate rispetto a quelle ioniche che risalgono in superficie nello Stretto. La geomorfologia e le differenti caratteristiche delle acque dei due bacini causano l'insorgenza di particolari fenomeni idrodinamici.

A livello della "sella" sottomarina sono presenti correnti stazionarie, che scorrono verso sud fino a 30 metri di profondità ed in senso inverso da 30 metri al fondo con velocità che possono raggiungere i 50 cm/sec, in particolari condizioni meteo-marine (Vercelli, 1925; Defant, 1940).

Quando le due correnti si sommano e il Mar Tirreno presenta bassa marea al confine settentrionale dello Stretto, il contiguo Mar Ionio si trova in alta marea; le acque pesanti ioniche occupano il centro del bacino affondando su quelle tirreniche più leggere (corrente montante) e una volta oltrepassata la "sella" si riversano nel Mar Tirreno. Il fenomeno opposto si presenta quando nel successivo cambio di marea (corrente scendente) le acque del Tirreno (più superficiali e leggere) scorrono su quelle Ioniche (profonde e pesanti) finché tutta la parte centrale dello Stretto si riempie di queste acque fluenti verso sud.

Quando le masse d'acqua ioniche e tirreniche si incontrano determinano l'insorgenza di fenomeni particolari responsabili della manifestazione di spettacolari fenomeni di turbolenza quali "tagli" e "scale di marea" (sviluppo orizzontale), "garofali", "bastardi" e "macchie d'olio" (sviluppo verticale).

5. METODOLOGIA

5.1. MATERIALI E METODI

5.1.1. Campionamento

Tutti gli esemplari campionati sono provenienti dalla pesca sportiva praticata da piccole imbarcazioni che operano nello Stretto di Messina con lenza a mano.

Le attività di campionamento sono state realizzate nell'anno 2011 ed integrate con i dati raccolti nell'anno 2010 dall'ISPRA seguendo lo stesso protocollo, nella stessa area di pesca (Stretto di Messina) (Fig.5).

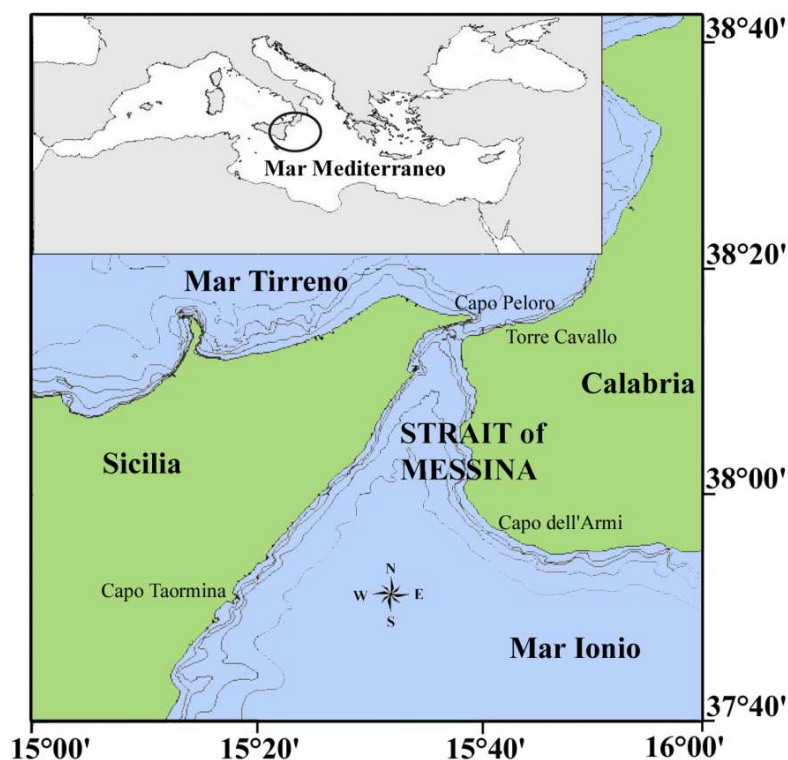


Fig. 5 - Area di studio

Ad ogni esemplare campionato è stato assegnato un codice identificativo e sono state raccolte le seguenti informazioni: data e area di cattura, lunghezza alla forca caudale (LF in cm), peso eviscerato senza branchie (PE in kg), sesso. Da ciascun individuo è stato prelevato lo stomaco (entro 2 ore dalla morte dell'animale) per lo studio dell'ecologia trofica ed è stato congelato a -18°C per le successive analisi di laboratorio. E' stato inoltre annotato il tipo di esca utilizzata da ogni pescatore, al fine di separare tale elemento dalle prede ritrovate.

5.1.2. Analisi del contenuto stomacale e identificazione delle prede

In laboratorio si è provveduto alla dissezione degli stomaci ed all'analisi del loro contenuto, avvalendosi di un microscopio stereoscopico Zeiss Stemi 2000-C per il riconoscimento delle prede più piccole o di varie parti anatomiche. Le prede sono state identificate al più basso livello tassonomico possibile in relazione al loro stato di digestione, seguendo le caratteristiche tassonomiche riportate da Whitehead et al. (1984-1986) per i teleostei, Roper et al. (1984), Jereb e Roper (2005), Young et al. (2008) per i cefalopodi, Falciai e Minervini (1992), Riedl (1991) per i crostacei ed altri invertebrati.

Nei casi in cui l'avanzato stato di digestione non ha permesso un'immediata identificazione, sono state considerate le parti anatomiche con maggiore valenza tassonomica. In tal caso, le mandibole inferiori (becchi) dei cefalopodi sono stati identificati utilizzando la chiave tassonomica proposta da Clarke (1986), mentre lo strumento utilizzato per il riconoscimento delle sagittae dei teleostei è stato l'Atlante degli Otoliti di Tuset et al. (2008). Un valido aiuto nella classificazione delle suddette parti anatomiche è poi stato fornito dalla possibilità di confronto di queste con le collezioni di riferimento dell'ISPRA (Pedà et al., 2009; Battaglia et al., 2010).

Per ogni specie è stato conteggiato il numero di esemplari ritrovati ed è stato registrato il peso totale, grazie all'utilizzo di una bilancia analitica, con precisione 0,01 g.

5.1.3. Analisi dei dati

Allo scopo di evitare errori di sovrastima, dovuti all'accumulo negli stomaci analizzati di parti ossee resistenti alla digestione (becchi di cefalopodi e otoliti di teleostei), sono stati utilizzati due metodi di analisi dei dati: qualitativo e quantitativo.

Il primo metodo prende in considerazione sia la parte secca che quella fresca del contenuto e consente di ottenere una lista faunistica completa delle prede identificate. Il metodo quantitativo, invece, considera solo la frazione fresca del contenuto gastrico ed è basato sul calcolo di indici alimentari che permettono di valutare l'importanza delle singole prede nella dieta dei predatori di interesse. Infatti le strutture dure come otoliti e becchi di cefalopodi sono resistenti alla digestione e possono accumularsi negli stomaci nel tempo, portando a una sovrastima dell'importanza delle specie predate cui essi appartengono. Quindi, come ipotizzato da Santos et al. (2001), si assume che solo i resti di prede che posseggono carne siano stati ingeriti di recente dal predatore.

L'importanza delle differenti prede nella dieta del tonno è stata valutata attraverso il calcolo dei seguenti indici alimentari (Pinkas et al., 1971; Hyslop, 1980; Hacunda, 1981).

Percentuale in numero: $N\% = (n_i/n_t) \cdot 100$

dove n_i è il numero di individui della preda i rinvenuti, ed n_t è il numero totale di prede;

Percentuale in peso: $W\% = (w_i/w_t) \cdot 100$

dove w_i è il peso degli individui della preda i rinvenuti, e w_t è il peso totale di tutte le prede;

Frequenza percentuale: $F\% = (n_i/N) \cdot 100$

dove n_i è il numero di stomaci contenenti la preda i , ed N è il numero totale di stomaci non vuoti;

Indice di Importanza Relativa: $IRI = (W\% + N\%) \cdot F\%$

$$IRI\% = (IRI / \sum IRI) \cdot 100$$

Le abitudini alimentari del tonno rosso sono state poi valutate attraverso l'applicazione del metodo grafico di Costello (1990), modificato da Amundsen et al. (1996). Tale metodo si basa sulla creazione di un grafico a due dimensioni, in cui vengono riportate la frequenza percentuale di ritrovamento delle prede negli stomaci ($F\%$) e l'abbondanza specifica delle prede (P_i), rispettivamente sull'asse delle ascisse e su quello delle ordinate.

$$P_i = \left(\frac{\sum S_{it}}{\sum S_{it}} \right) 100$$

Dove P_i è l'abbondanza specifica della preda i ; S_i è l'abbondanza totale in peso o numero della preda i in tutti i contenuti stomacali; S_{it} è l'abbondanza (in peso o numero) di tutte le prede ritrovate solo negli stomaci che contengono la preda i . In accordo con Amundsen et al. (1996), possono essere ricavate preziose informazioni sull'importanza delle singole specie predate dal tonno rosso, sulla strategia alimentare e sull'ampiezza della nicchia trofica, in base alla posizione di tali prede nel grafico bidimensionale.

5.1.4. Tasso digestione prede e ritmo predazione giornaliero

Allo scopo di valutare il ritmo di predazione giornaliera, partendo dal presupposto che il contenuto stomacale riflette l'attività del predatore prima della cattura, le prede

identificate negli stomaci di *T. thynnus* sono state suddivise in base allo stato di digestione nei seguenti gruppi: 1) intere (prede ancora intatte); 2) parzialmente digerite; 3) molto digerite (resti); 4) strutture accumulate (becchi di cefalopodi, otoliti). In accordo con Pusineri et al. (2005), lo stato di digestione delle prede è stato quindi successivamente comparato con l'ora di cattura del predatore, al fine di stimare l'orario in cui esse sono state ingerite. A tale scopo, si è tenuto conto del fatto che i tonni sono in grado di digerire completamente un pesce di medie dimensioni in circa 24 ore (Alonche e Delaporte, 1973). Inoltre, i becchi dei cefalopodi resistono ai processi digestivi (Santos et al., 2001); pertanto i becchi rinvenuti senza resti di carne sono stati considerati appartenenti a cefalopodi predati più di 24 ore prima del campionamento, mentre le masse boccali contenenti ancora resti freschi di cefalopode sono state associate a esemplari ingeriti durante le prime ore della notte o comunque meno di 24 ore prima del campionamento (Pusineri et al., 2005).

6. CORPO DELLA TESI

6.1. RISULTATI

Nel corso del campionamento effettuato nell'anno 2011 sono stati catturati 537 esemplari. I dati assemblati con l'anno 2010 hanno permesso di analizzare in totale 1003. Il peso complessivo delle catture registrate è pari a 22.300 kg (PE medio = $47,9 \pm 21,6$ kg) nel 2010, mentre nel 2011 raggiunge i 23.963,5 kg (PE medio = $44,6 \pm 19,1$ kg).

Gli esemplari di tonno rosso, da cui è stato prelevato lo stomaco per l'analisi della dieta, sono in totale 123, compresi in un range di taglia da 115 a 222 cm di LF (media = $154,0 \pm 27,4$ cm). La distribuzione delle frequenze di taglia degli individui analizzati è riportata in fig. 8. Prendendo in esame uno studio precedente sull'accrescimento del tonno nelle acque siciliane (Arena et al., 1980), è stato possibile risalire dalla taglia degli esemplari alla corrispondente età; secondo tale studio, l'età dei tonni catturati variava da 4 a 11 anni (Fig. 6).

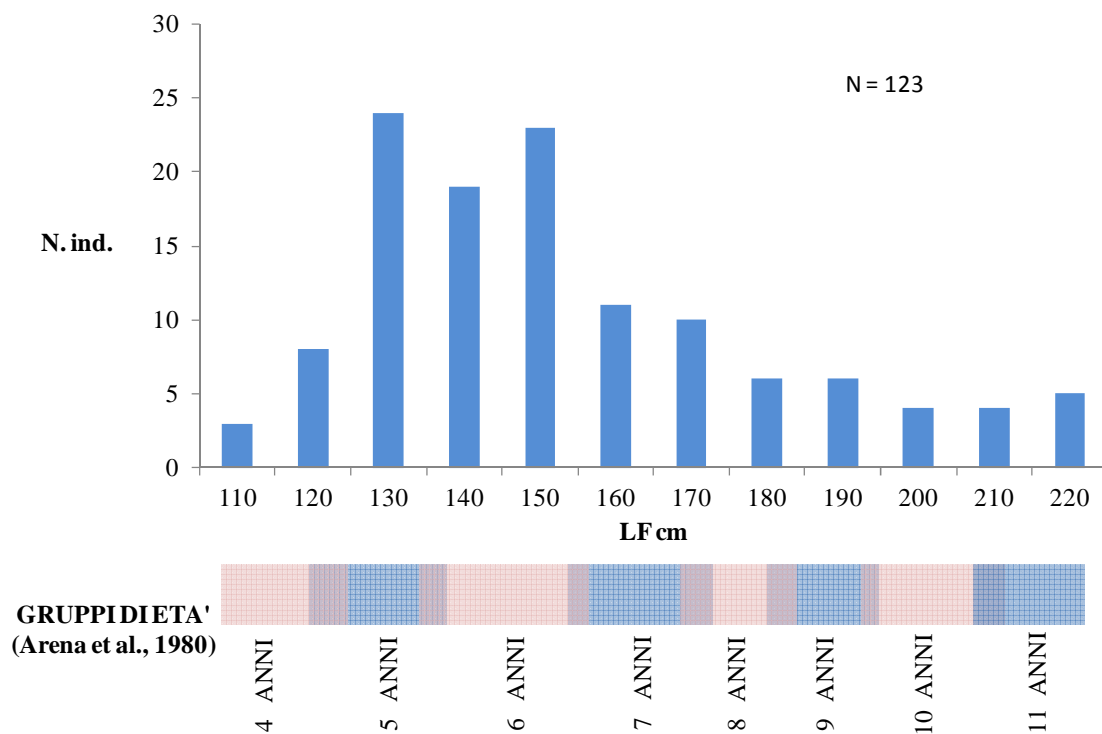


Fig. 6 - Distribuzione delle frequenze di taglia degli esemplari di *T. thynnus* campionati nello Stretto di Messina e relativi gruppi di età, secondo Arena et al. (1980).

I tonni esaminati hanno inoltre un peso compreso tra i 26 kg e i 172 kg di PE (Fig. 7), (media= $56,7 \pm 33,2$ kg).

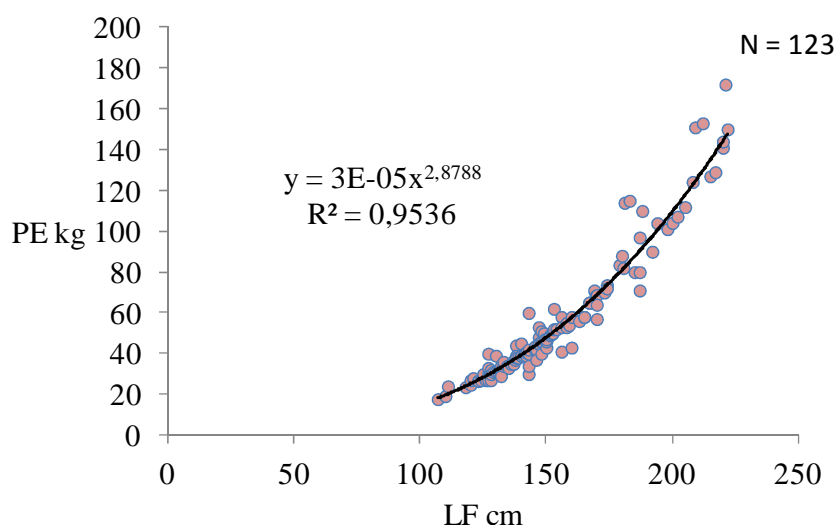


Fig. 7 – Relazione taglia-peso per i tonni campionati.

Su 123 stomaci analizzati, solo 11 sono risultati vuoti (8.94%), mentre nei rimanenti 112 (corrispondenti al 91.06%) è stata trovata almeno una preda.

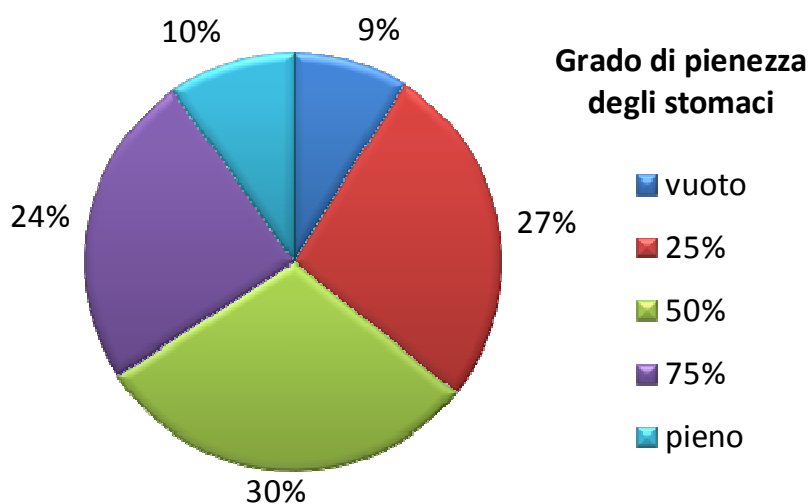


Fig. 8 – Valori percentuali del grado di pienezza riscontrato negli stomaci di *T. thynnus*.

6.1.1. Aspetti qualitativi del regime alimentare

Le prede ritrovate negli stomaci di *T. thynnus* appartengono a 4 gruppi tassonomici (Cnidaria, Arthropoda, Mollusca, Chordata) e sono rappresentati dalle seguenti classi: idrozoi, crostacei, cefalopodi, tunicati, teleostei.

L'analisi qualitativa ha permesso di identificare 91 taxa. I teleostei risultano essere la classe più predata con 54 taxa, appartenenti a 21 famiglie. I cefalopodi sono invece rappresentati da 20 diverse specie suddivise in 12 famiglie. Per quanto riguarda i crostacei sono state determinate 13 specie (9 famiglie). Tra i diversi phylum, quello degli idrozoi è il meno rappresentato, in quanto è stata ritrovata una sola famiglia: Diphyidae (Tabella 1).

Tabella 1 - Elenco faunistico delle specie ritrovate negli stomaci di tonno rosso, elencate per Classe, Ordine e Famiglia.

Classe e Ordine	Famiglia	Specie
HYDROZOA		
Siphonophora	Diphyidae	Diphyidae ind.
CRUSTACEA		
Amphipoda	Phronimidae	<i>Phronima sedentaria</i> (Forskal, 1775)
	Phrosinidae	<i>Phrosina semilunata</i> (Risso, 1882)
	Platyscelidae	<i>Platyscelus ovoides</i> (Risso, 1816)
	Lycaeidae	Lycaeidae ind.
Copepoda		Copepoda ind.
Decapoda	Aristeidae	<i>Aristaeomorpha foliacea</i> (Risso, 1827)
	Benthescymidae	<i>Gennadas elegans</i> (Smith, 1882)
	Sergestidae	<i>Sergestes corniculum</i> (Kroyer, 1855)
		<i>Sergestes robustus</i> (Smith, 1882)
	Oplophoridae	<i>Acanthephyra purpurea</i> (Milne-Edwards, 1881)
	Pasiphaeidae	<i>Pasiphaea multidentata</i> (Esmark, 1866)
		<i>Pasiphaea sivado</i> (Risso, 1816)
		<i>Pasiphaea</i> sp.
Crustacea ind.		
CEPHALOPODA		
Sepiolida	Sepiolidae	<i>Heteroteuthis dispar</i> (Rüppell, 1844)
Teuthida	Brachioteuthidae	<i>Brachioteuthis riisei</i> (Steenstrup, 1882)
	Cranchiidae	<i>Galiteuthis armata</i> (Joubin, 1898)
	Thysanoteuthidae	<i>Thysanoteuthis rhombus</i> (Troschel, 1857)
	Enoploteuthidae	<i>Abralia veranyi</i> (Férussac, 1835)
		<i>Abraliopsis morisii</i> (Vérany, 1839).
	Pyroteuthidae	<i>Pyroteuthis margaritifera</i> (Ruppell, 1844)
	Onychoteuthidae	<i>Onychoteuthis banksii</i> (Leach, 1817)
		<i>Ancistroteuthis lichtensteinii</i> (Férussac, 1835)
		<i>Ommastrephes bartramii</i> (Lesueur, 1821)
	Ommastrephidae	<i>Illex coindetii</i> (Vérany, 1839)
		<i>Todarodes sagittatus</i> (Lamarck, 1798)
		<i>Histioteuthis bonnellii</i> (Férussac, 1835)
		<i>Histioteuthis reversa</i> (Verrill, 1880)

Classe e Ordine	Famiglia	Specie
	Octopoteuthidae	<i>Octopoteuthis sicula</i> Rüppell, 1844
	Chiroteuthidae	<i>Chiroteuthis veranyi</i> (Férussac, 1835)
		Teuthida ind.
Myopsida	Loliginidae	<i>Loligo vulgaris</i> Lamarck, 1798
Octopoda	Octopodidae	<i>Tremoctopus violaceus</i> Delle Chiaje, 1830
	Argonautidae	<i>Argonauta argo</i> Linnaeus, 1758
		Octopoda ind.
		Cephalopoda ind.
TUNICATA		
Salpida		Salpida ind
	Pyrosomatidae	<i>Pyrosoma atlanticum</i> Péron, 1804
Doliolida	Doliolidae	<i>Doliolum</i> sp.
TELEOSTEA		
Aulopiformes	Paralepididae	<i>Paralepis coregonoides</i> Risso, 1820
		<i>Paralepis speciosa</i> Bellotti, 1878
		<i>Sudis hyalina</i> Rafinesque, 1810
		<i>Arctozenus risso</i> (Bonaparte, 1840)
		Paralepididae ind
Clupeiformes	Clupeidae	<i>Sardinella aurita</i> (Valenciennes, 1847)
Perciformes	Ammodytidae	<i>Gymnammodytes cicerelus</i> (Rafinesque, 1810)
	Carangidae	<i>Caranx crysos</i> (Geoffroy Saint Hilaire, 1809)
		<i>Trachurus picturatus</i> (Bowdich, 1825)
		<i>Trachurus mediterraneus</i> (Steindachner, 1868)
		<i>Trachurus</i> sp.
		Carangidae ind
	Centracanthidae	<i>Spicara maena</i> (Linnaeus, 1758)
	Centrolophidae	<i>Centrolophus niger</i> (Gmelin, 1788)
		<i>Schedophilus medusophagus</i> (Cocco, 1839)
	Nomeidae	<i>Cubiceps gracilis</i> (Lowe, 1843)
	Scombridae	<i>Auxis rochei</i> (Risso, 1810)
		<i>Sarda sarda</i> (Bloch, 1793)
		<i>Scomber japonicus</i> (Gmelin, 1789)
	Sparidae	<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)
		<i>Dentex gibbosus</i> (Rafinesque, 1810)
		<i>Sarpa Salpa</i> (Linnaeus, 1758)
		Sparidae ind
	Trichiuridae	<i>Lepidopus caudatus</i> (Euphrasen, 1788)
Beloniformes	Belonidae	<i>Belone belone gracilis</i> (Linnaeus, 1761)
	Scomberesocidae	<i>Scomberesox saurus</i> (Walbaum, 1792)
Stomiiformes	Gonostomatidae	<i>Gonostoma denudatum</i> Rafinesque, 1810
	Phosichthyidae	<i>Ichthyococcus ovatus</i> (Cocco, 1838)
		<i>Vinciguerrria attenuata</i> (Cocco, 1838)

Classe e Ordine	Famiglia	Specie
Myctophiformes	Sternoptychidae	<i>Vinciguerrria poweriae</i> (Cocco, 1838)
		<i>Argyropelecus hemygimnus</i> Cocco, 1829
		<i>Maurolicus muelleri</i> Gmelin, 1789
	Stomidae	<i>Chauliodus sloani</i> Bloch e Schneider, 1810
		<i>Stomias boa boa</i> (Risso, 1810)
	Myctophidae	<i>Benthoosema glaciale</i> (Reinhardt, 1837)
		<i>Ceratoscopelus maderensis</i> (Lowe, 1839)
		<i>Diaphus holti</i> Tåning, 1918
		<i>Electrona risso</i> Cocco, 1829
		<i>Hygophum benoiti</i> (Cocco, 1838)
		<i>Hygophum hygomii</i> (Lütken, 1892)
		<i>Lampanyctus crocodilus</i> Risso, 1810
		<i>Lampanyctus pusillus</i> (Johnson, 1890)
		<i>Myctophum punctatum</i> Rafinesque, 1810
		<i>Notoscopelus elongatus</i> (Costa, 1844)
		<i>Symbolophorus veranyi</i> (Moreau, 1888)
Zeiformes	Caproidae	<i>Capros aper</i> (Linnaeus, 1758)
Gadiformes	Gadidae	<i>Micromesistius poutassou</i> (Risso, 1827)
	Moridae	<i>Mora moro</i> (Risso, 1810)
	Macrouridae	<i>Coelorinchus coelorhinchus</i> (Risso, 1810)
		<i>Hymenocephalus italicus</i> Giglioli, 1884
Anguilliformes	Merluccidae	<i>Merluccius merluccius</i> (Linnaeus, 1758)
	Anguillidae	<i>Anguilla anguilla</i> (Linnaeus, 1758)
Osmeiformes	Microstomatidae	<i>Microstoma microstoma</i> (Risso, 1810)
		<i>Nansenia oblita</i> (Facciolà, 1887)
		teleostei ind

6.1.2. Aspetti quantitativi del regime alimentare

Alcune delle prede riconosciute attraverso l'analisi qualitativa e riportate in Tab. 1, non sono state poi considerate nella successiva analisi quantitativa poiché sono state rinvenute esclusivamente sottoforma di strutture accumulate (becchi, otoliti): il cefalopode *Tremoctopus violaceus* Delle Chiaje, 1830 ed i teleostei *Gymnammodytes cicerelus* (Rafinesque, 1810), *Mora moro* (Risso, 1810), *Coelorinchus coelorhinchus* (Risso, 1810), *Hymenocephalus italicus* Giglioli, 1884.

L'analisi degli Indici di Abbondanza Relativa (IRI e IRI%) fa emergere che la dieta del *T. thynnus* nello Stretto di Messina è costituita principalmente dai teleostei, che raggiungono il valore di 75,742 (IRI%); altre prede importanti sono risultate i cefalopodi (IRI%=13,773) ed i crostacei (IRI%=10,344), mentre gli idrozoi (IRI%=0,032) ed i tunicati (IRI%=0,109) rivestono un'importanza marginale e sembrano essere predati solo

occasionalmente (Fig. 9).

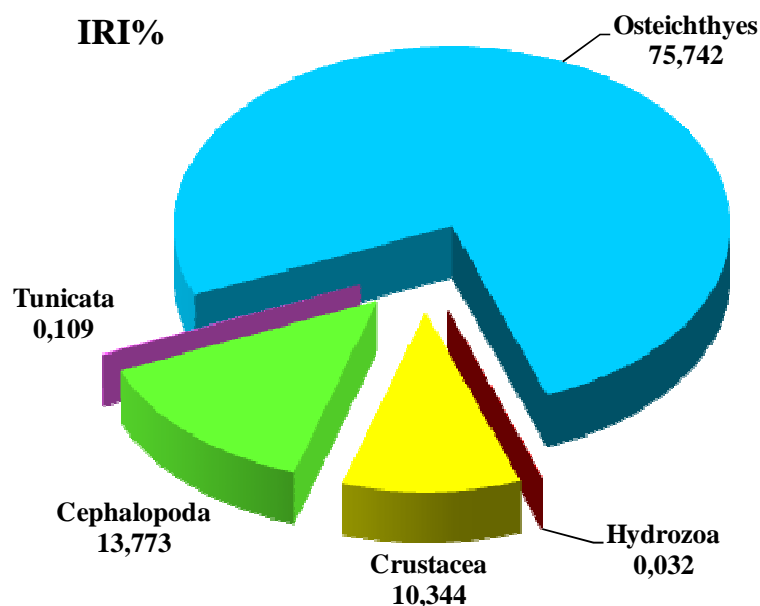


Fig. 9 – Valori dell' IRI% per i 5 gruppi tassonomici ritrovati negli stomaci di *T. thynnus*.

I valori degli indici alimentari (N%, W%, F%, IRI, IRI%) per ogni preda sono riportati in Tabella 2.

I valori dell'IRI% hanno evidenziato che le specie più cacciate dal tonno rosso sono i teleostei *Hygophum benoiti* (Cocco 1838) (IRI%=22,854) e *Chauliodus sloani* Bloch e Schneider 1810 (IRI%=15,124%), appartenenti rispettivamente alle famiglie dei Myctophidae e degli Stomiidae, seguiti dal cefalopode *Illex coindetii* (Vérany 1839) (IRI%=14,316) e dal mictofide *Ceratoscopelus maderensis* (Lowe 1839) (IRI%=11,680). Tuttavia, un importante contributo, per quanto riguarda il numero di prede (N%), è stato osservato per i crostacei *Sergestes corniculum* (Kroyer 1855) (N%=19,439) e *Sergestes robustus* (Smith 1882) (N%=16,552). Le specie più importanti, in termini di biomassa, sono invece il sugarello pittato *Trachurus picturatus* (Bowdich 1825) (W%=11,167), l'anguilla *Anguilla anguilla* (Linnaeus 1758) (W%=9,558), la vipera di mare *C. sloani* (W%=13,711) ed il totano *I. coindetii* (W%=11,200%), che rappresentano il 45% circa del peso totale degli organismi predati. Le prede più frequentemente consumate sono invece i Myctophidae *H. benoiti* e *C. maderensis*, i quali sono stati ritrovati con la stessa frequenza (F = 36,607%).

Tabella 2 - Composizione specifica della dieta del tonno rosso e indici alimentari calcolati per ogni categoria di prede: percentuale in numero (N%), percentuale in peso (W%), frequenza di ritrovamento (F%), Indici di Abbondanza Relativa (IRI e IRI%).

Classe e Ordine	Famiglia	Specie	N%	W%	F%	IRI	IRI%
HYDROZOA							
Siphonophora	Diphyidae	Diphyidae ind.	0,503	0,002	8,929	4,514	0,135
CRUSTACEA							
Amphipoda	Phronimidae	<i>Phronima sedentaria</i>	0,344	0,009	3,571	1,263	0,038
	Phrosinidae	<i>Phrosina semilunata</i>	0,212	0,009	4,464	0,984	0,030
	Platyscelidae	<i>Platyscelus ovoides</i>	0,053	0,002	1,786	0,098	0,003
	Lycaeidae	Lycaeidae ind.	0,424	<0,001	0,893	0,379	0,011
Copepoda		Copepoda ind.	0,026	<0,001	0,893	0,024	0,001
Decapoda	Aristeidae	<i>Aristaeomorpha foliacea</i>	0,026	0,144	0,893	0,152	0,005
	Benthescymidae	<i>Gennadas elegans</i>	0,026	0,002	0,893	0,025	0,001
	Sergestidae	<i>Sergestes corniculum</i>	19,439	1,270	15,179	314,331	9,433
		<i>Sergestes robustus</i>	16,552	1,671	16,964	309,138	9,277
	Oplophoridae	<i>AcanthePHYRA purpurea</i>	0,026	0,003	0,893	0,027	0,001
	Pasiphaeidae	<i>Pasiphaea multi dentata</i>	0,662	0,071	5,357	3,927	0,118
		<i>Pasiphaea sivado</i>	0,079	0,012	1,786	0,164	0,005
		<i>Pasiphaea sp.</i>	0,132	0,005	1,786	0,246	0,007
		Crustacea ind.	0,026	<0,001	0,893	0,024	0,001
CEPHALOPODA							
Sepiolida	Sepiolidae	<i>Heteroteuthis dispar</i>	0,477	0,161	7,143	4,555	0,137
Teuthida	Brachioteuthidae	<i>Brachioteuthis riisei</i>	0,026	0,013	0,893	0,036	0,001
	Cranchiidae	<i>Galiteuthis armata</i>	0,026	0,006	0,893	0,029	0,001
	Enoploteuthidae	<i>Abralia veranyi</i>	0,238	0,149	3,571	1,384	0,042

Classe e Ordine	Famiglia	Specie	N%	W%	F%	IRI	IRI%
		<i>Abraliopsis morisii</i>	0,106	0,011	1,786	0,210	0,006
	Pyroteuthidae	<i>Pyroteuthis margaritifera</i>	0,053	0,006	0,893	0,053	0,002
	Onychoteuthidae	<i>Onychoteuthis banksii</i>	0,556	0,298	7,143	6,102	0,183
		<i>Ancistroteuthis lichtensteinii</i>	0,053	0,030	1,786	0,148	0,004
	Ommastrephidae	<i>Ommastrephes bartramii</i>	1,033	1,723	7,143	19,686	0,591
		<i>Illex coindetii</i>	2,860	11,200	33,929	477,055	14,316
		<i>Todarodes sagittatus</i>	0,477	2,305	7,143	19,867	0,596
	Histioteuthidae	<i>Histioteuthis bonnellii</i>	0,821	2,166	8,929	26,669	0,800
		<i>Histioteuthis reversa</i>	0,053	0,606	1,786	1,177	0,035
	Octopoteuthidae	<i>Octopoteuthis sicula</i>	0,026	0,015	0,893	0,037	0,001
	Chiroteuthidae	<i>Chiroteuthis veranyi</i>	0,079	0,458	2,679	1,439	0,043
		Teuthida ind.	0,026	0,002	0,893	0,026	0,001
Myopsida	Loliginidae	<i>Loligo vulgaris</i>	0,026	0,007	0,893	0,030	0,001
Octopoda	Argonautidae	<i>Argonauta argo</i>	0,212	0,272	5,357	2,590	0,078
		Cephalopoda ind.	0,159	0,024	5,357	0,979	0,029
TUNICATA							
Salpida		Salpida ind.	0,583	0,043	1,786	1,117	0,034
	Pyrosomatidae	<i>Pyrosoma atlanticum</i>	0,132	0,033	0,893	0,147	0,004
Doliolida	Doliolidae	<i>Doliolum sp.</i>	1,033	0,067	5,357	5,890	0,177
TELEOSTEA							
		<i>Sudis hyalina</i>	0,079	0,029	2,679	0,290	0,009
		<i>Arctozenus risso</i>	0,079	0,022	2,679	0,272	0,008
		Paralepididae ind.	0,026	0,015	0,893	0,037	0,001
Clupeiformes	Clupeidae	<i>Sardinella aurita</i>	0,106	2,476	2,679	6,917	0,208

Classe e Ordine	Famiglia	Specie	N%	W%	F%	IRI	IRI%
Perciformes	Carangidae	<i>Caranx crysos</i>	0,026	3,113	0,893	2,803	0,084
		<i>Trachurus picturatus</i>	0,318	11,167	7,143	82,033	2,462
		<i>Trachurus mediterraneus</i>	0,053	0,028	1,786	0,145	0,004
		<i>Trachurus sp.</i>	0,079	0,131	0,893	0,188	0,006
		Carangidae ind.	0,026	1,161	0,893	1,061	0,032
	Centracanthidae	<i>Spicara maena</i>	0,053	0,261	1,786	0,560	0,017
	Centrolophidae	<i>Centrolophus niger</i>	0,026	0,020	0,893	0,041	0,001
		<i>Schedophilus medusophagus</i>	0,026	0,027	0,893	0,048	0,001
	Nomeidae	<i>Cubiceps gracilis</i>	0,026	0,024	0,893	0,045	0,001
	Scombridae	<i>Auxis rochei</i>	0,026	4,320	0,893	3,881	0,116
		<i>Sarda sarda</i>	0,026	4,213	0,893	3,786	0,114
		<i>Scomber japonicus</i>	0,026	0,662	0,893	0,614	0,018
	Sparidae	<i>Boops boops</i>	0,344	3,934	5,357	22,918	0,688
		<i>Dentex gibbosus</i>	0,026	0,629	0,893	0,585	0,018
		<i>Sarpa Salpa</i>	0,026	1,393	0,893	1,268	0,038
		Sparidae ind.	0,132	0,074	3,571	0,736	0,022
	Trichiuridae	<i>Lepidopus caudatus</i>	0,106	1,154	2,679	3,376	0,101
Beloniformes	Belonidae	<i>Belone belone gracilis</i>	0,026	0,005	0,893	0,028	0,001
	Scomberesocidae	<i>Scomberesox saurus</i>	0,265	0,134	3,571	1,426	0,043
Stomiiformes	Gonostomatidae	<i>Gonostoma denudatum</i>	0,053	0,068	1,786	0,216	0,006
	Phosichthyidae	<i>Ichthyococcus ovatus</i>	0,106	0,011	0,893	0,105	0,003
		<i>Vinciguerrria attenuata</i>	0,715	0,022	7,143	5,263	0,158
		<i>Vinciguerrria poweriae</i>	0,079	0,027	1,786	0,190	0,006
	Sternoptychidae	<i>Argyropelecus hemygimnus</i>	0,079	0,023	1,786	0,182	0,005

Classe e Ordine	Famiglia	Specie	N%	W%	F%	IRI	IRI%
Myctophiformes	Stomiidae	<i>Maurolicus muelleri</i>	0,715	0,224	14,286	13,411	0,402
		<i>Chauliodus sloani</i>	10,832	13,711	20,536	504,003	15,124
		<i>Stomias boa boa</i>	0,079	0,032	2,679	0,298	0,009
	Myctophidae	<i>Benthoosema glaciale</i>	1,377	0,344	7,143	12,296	0,369
		<i>Ceratoscopelus maderensis</i>	8,316	2,317	36,607	389,215	11,680
		<i>Diaphus holti</i>	1,457	0,265	12,500	21,525	0,646
		<i>Electrona risso</i>	1,192	0,292	6,250	9,276	0,278
		<i>Hygophum benoiti</i>	15,810	4,994	36,607	761,597	22,854
		<i>Hygophum hygomii</i>	0,980	0,073	8,929	9,398	0,282
		<i>Lampanyctus crocodilus</i>	0,900	0,531	6,250	8,950	0,269
		<i>Lampanyctus pusillus</i>	0,265	0,026	3,571	1,039	0,031
		<i>Myctophum punctatum</i>	3,708	1,272	25,893	128,946	3,869
		<i>Notoscopelus elongatus</i>	1,536	0,237	9,821	17,415	0,523
		<i>Symbolophorus veranyi</i>	0,026	0,031	0,893	0,051	0,002
Zeiformes	Caproidae	<i>Capros aper</i>	0,344	1,870	1,786	3,955	0,119
Gadiformes	Gadidae	<i>Micromesistius poutassou</i>	0,053	0,253	0,893	0,132	0,008
	Merluccidae	<i>Merluccius merluccius</i>	0,026	0,122	0,893	91,247	0,004
Anguilliformes	Anguillidae	<i>Anguilla anguilla</i>	0,662	9,558	8,929	91,247	2,738
Osmeiformes	Microstomatidae	<i>Microstoma microstoma</i>	0,106	0,126	2,679	0,620	0,019
		<i>Nansenia oblita</i>	0,053	0,011	1,786	0,114	0,003
		Teleostea ind.	0,900	0,106	9,821	9,880	0,296

Specie Maggiormente Predate



MYCTOPHIDAE
Hygophum benoiti

La famiglia **Myctophidae** annovera poche centinaia di specie mesopelagiche e batipelagiche, caratterizzate quindi da adattamenti alla vita profonda (es: presenza di organi luminosi). Gran parte di queste specie compie migrazioni nictimerali. Tra le specie più comuni nello stretto di Messina vi è il “pesce lampadina” *Hygophum benoiti*. Questa specie staziona abitualmente nelle ore diurne tra 500 e 1000 m di profondità. Si nutre principalmente di zooplancton.



STOMIIDAE
Chauliodus sloani

Gli **Stomiidae** comprendono specie per la maggior parte batipelagiche, caratterizzate dalla presenza di organi luminosi e bocca e denti molto sviluppati, per favorire la cattura di prede di dimensioni paragonabili anche a quelle del predatore. *Chauliodus sloani*, conosciuto come “pesce vipera” o “vipera di mare”, Vive tra 200 e 4700m di profondità, anche se solitamente si trova tra 500 e 1000m. Di notte si sposta in superficie per cibarsi di pesci e crostacei.



PARALEPIDIDAE
Paralepis coregonoides

La famiglia **Paralepididae** è composta da teleostei dal corpo allungato e compresso ai lati, con i due profili, dorsale e ventrale che decorrono parallelamente tra loro. Pur essendo specie mesopelagiche non posseggono organi luminosi. Il *Paralepis coregonoides* è una specie che vive tra 500 e 1000 m. Si nutre di pesci, crostacei ed altri organismi planctonici.



OMMASTREPHIDAE
Illex coindetii

Gli **Ommastrephidae** sono voraci predatori e abili nuotatori. Compiono migrazioni verticali durante l’arco della giornata, stazionando nei pressi del fondo durante le ore diurne e spostandosi verso la superficie di notte. La specie *Illex coindetii* è diffusa in tutto il Mar Mediterraneo ed in Oceano Atlantico. Il suo habitat si estende fino a 600 m di profondità. E’ un predatore necto-bentonico e si nutre preferibilmente di pesci, crostacei ed in misura minore di altri cefalopodi.



SERGESTIDAE
Sergestes corniculum

I crostacei appartenenti alla famiglia dei **Sergestidae** sono specie pelagiche o batipelagiche dotati di luminescenza. *Sergestes corniculum* vive nelle acque temperate e tropicali dell'Atlantico e del Mar Mediterraneo, preferibilmente a 500 m di profondità, ma viene ritrovato anche a minori profondità (circa 100 m).



ANGUILLIDAE
Anguilla anguilla

Gli **Anguillidae** sono teleostei dalla forma allungata, a sezione pressoché circolare. Nei nostri mari è presente una sola specie *Anguilla anguilla*. Questo pesce è diffuso nelle acque dolci, salmastre e marine dell'Oceano Atlantico e del Mar Mediterraneo. Si nutre di animali, sia vivi che morti. Caccia di notte o quando l'acqua è molto torbida, affidandosi prevalentemente all'olfatto.



CARANGIDAE
Trachurus picturatus

I **Carangidae** sono abili nuotatori, molto voraci, pelagici e conducono molto spesso vita gregaria. Il *Trachurus picturatus* è una specie diffusa in tutto il Mar Mediterraneo e nell'Oceano Atlantico orientale. Si nutre principalmente di crostacei pelagici e piccoli pesci. Nello Stretto di Messina è da sempre considerata una specie bersaglio della pesca artigianale.

Nelle figure 10 e 11 si riporta la relazione tra la frequenza di ritrovamento delle prede negli stomaci (F%) e l'abbondanza specifica delle prede (Pi), rispettivamente in peso e numero. L'applicazione del metodo grafico di Costello (1990), modificato da Admundsen et al. (1996) per la valutazione del comportamento alimentare del tonno è stato poi interpretato secondo lo schema riportato in fig. 12.

La maggior parte delle prede sono localizzate nell'angolo basso a sinistra dei grafici o lungo l'asse y, in una regione che rappresenta quindi una bassa importanza specifica delle prede. Quindi secondo Costello ed Amundsen, tutte le specie localizzate in quest'area del diagramma possono essere considerate rare o poco importanti, poiché esse sono state ingerite da un basso numero di predatori, come dimostrano i bassi valori di F%. Anche se nessuna preda risulta essere dominante, vi sono delle specie che risultano più frequentemente predate rispetto alle altre: *H. benoiti*, *C. sloani*, *T. picturatus*, *I. coindetii* e *C. maderensis*.

I valori di abbondanza specifica in numero delle prede (fig. 13), indicano che i crostacei *S. corniculum* (N%=19,439) e *S. robustus* (N%=16,552) sono tra le specie più cacciate dal tonno rosso. Tuttavia, tali specie hanno poca rilevanza in termini di peso e non sono evidenziate in fig. 10. Viceversa, il *T. picturatus* e *A. anguilla* non sono presenti in gran numero nella dieta del tonno, ma influenzano l'abbondanza specifica delle prede per quanto riguarda la biomassa (Fig. 10).

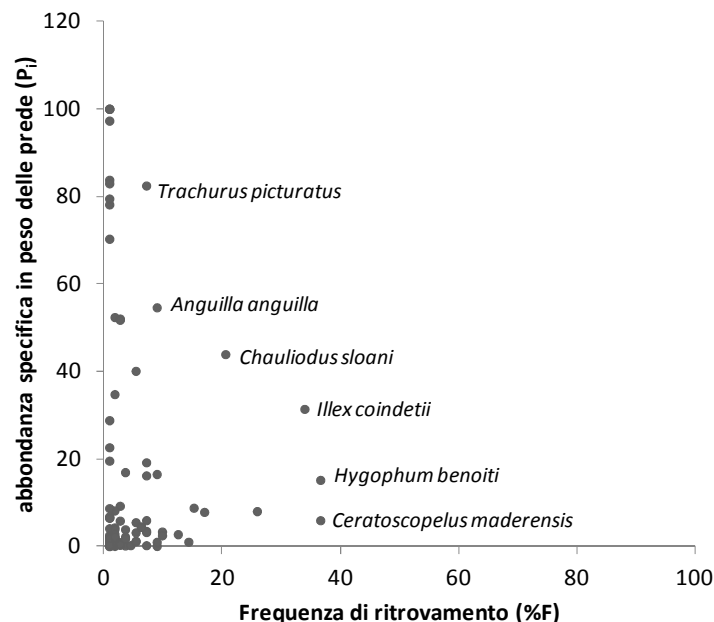


Fig. 10 - Relazione tra l'abbondanza specifica delle prede (Pi), espressa in peso, e la frequenza di ritrovamento delle prede (F%) negli stomaci di *T. thynnus* nello Stretto di Messina.

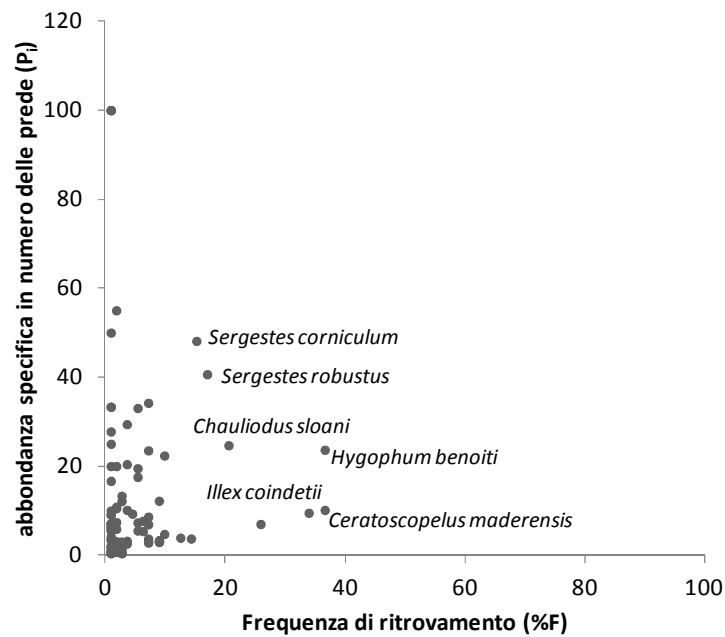


Fig. 11 - Relazione tra l'abbondanza specifica delle prede (P_i), espressa in numero, e la frequenza di ritrovamento delle prede ($F\%$) negli stomaci di *T. thynnus* nello Stretto di Messina.

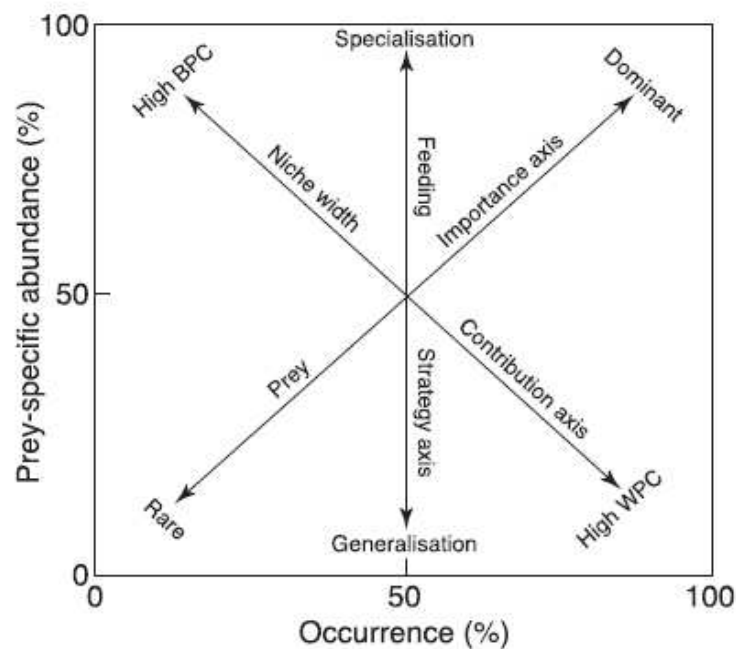


Fig. 12 - Diagramma esplicativo del grafico di Costello (modificato da Amundsen et al. 1996) per l'interpretazione della strategia alimentare del tonno (BPC = between-phenotype component; WPC = within-phenotype component).

La fig. 13 mostra i valori di $N\%$, $W\%$ e $IRI\%$ relativi ai più importanti gruppi tassonomici predati, divisi in categorie, secondo la loro distribuzione spaziale nell'ambiente marino. Anche se il diagramma di Costello-Amundsen non ha evidenziato la presenza di

prede dominanti nella dieta di *T. thynnus*, dall'analisi della figura 15 emerge che le specie ittiche mesopelagiche e batipelagiche costituiscono la risorsa alimentare principale per il tonno rosso, raggiungendo il valore di 54.41% dell'IRI, seguite dai cefalopodi pelagici teutoidei con $IRI\% = 18.95$. Inoltre mentre l'importanza dei gamberi pelagici (principalmente Sergestidae e Pasiphaeidae) è da ascrivere principalmente al numero di individui predati, quella di pesci epipelagici ed anguille dipende dalla predazione su pochi individui di dimensioni più consistenti.

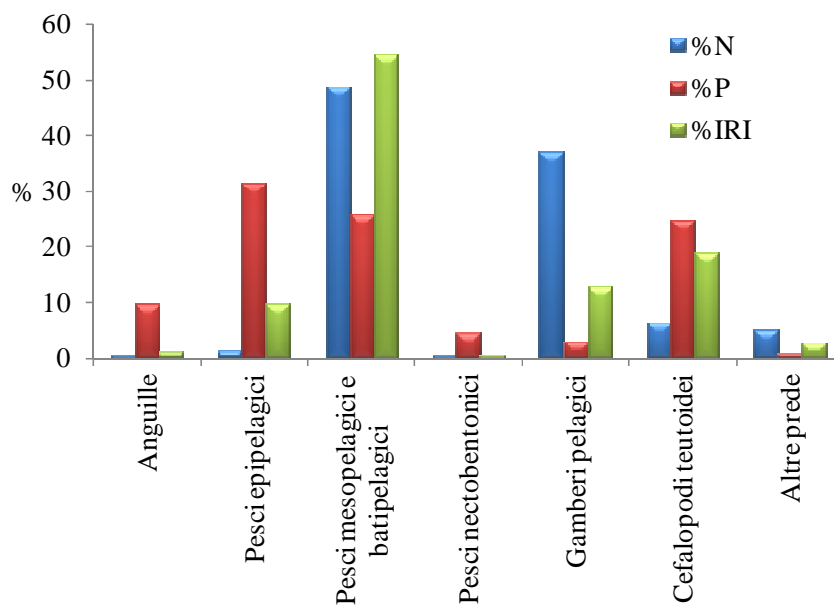


Fig. 13 - Rappresentazione dell'importanza in termini di N%, W% e IRI% per i più importanti gruppi tassonomici predati, divisi in categorie, secondo la loro distribuzione spaziale nell'ambiente marino.

Lo stato di digestione delle prede registrato durante l'analisi dei contenuti stomacali è riportato graficamente in fig. 14. In fig. 15 è invece riportato l'ipotetico ritmo alimentare del tonno rosso nello Stretto di Messina, ricostruito confrontando lo stato di digestione delle prede con l'orario di cattura del tonno. Secondo tale schema le specie appartenenti alle famiglie dei Myctophidae, Paralepididae e Stomiidae vengono predate dal tonno rosso durante le ore notturne, probabilmente in relazione alle migrazioni che questi organismi effettuano verso la superficie, per motivi trofici. Diversamente, lo stato di digestione delle specie appartenenti alla famiglia Carangidae ha evidenziato che la loro cattura avviene solitamente durante le ore diurne. I cefalopodi ed i crostacei sono catturati dal tonno durante tutto l'arco della giornata, mentre le anguille vengono predate principalmente di giorno, ma è stata riscontrata l'ingestione di alcuni esemplari anche durante le ore notturne.

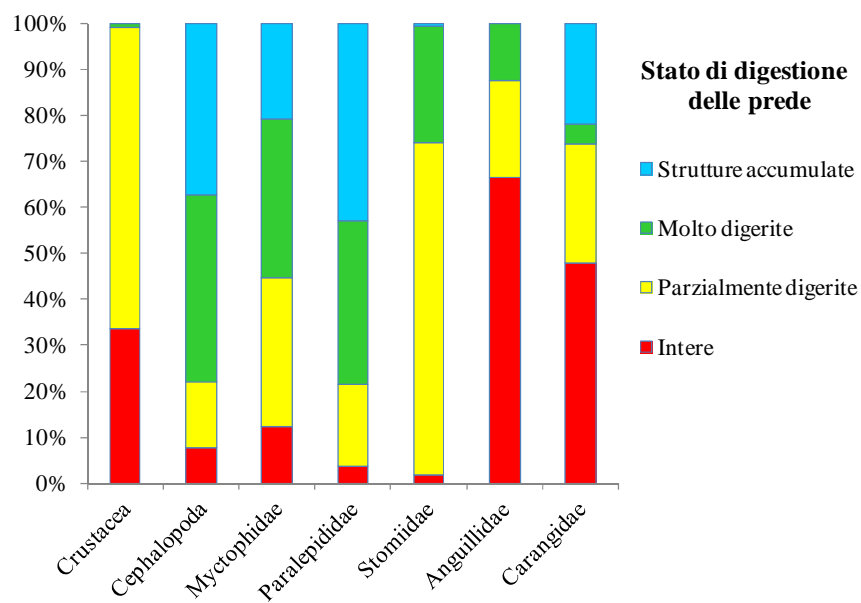


Fig. 14 - Stato di digestione delle prede negli stomaci di *T. thynnus*.

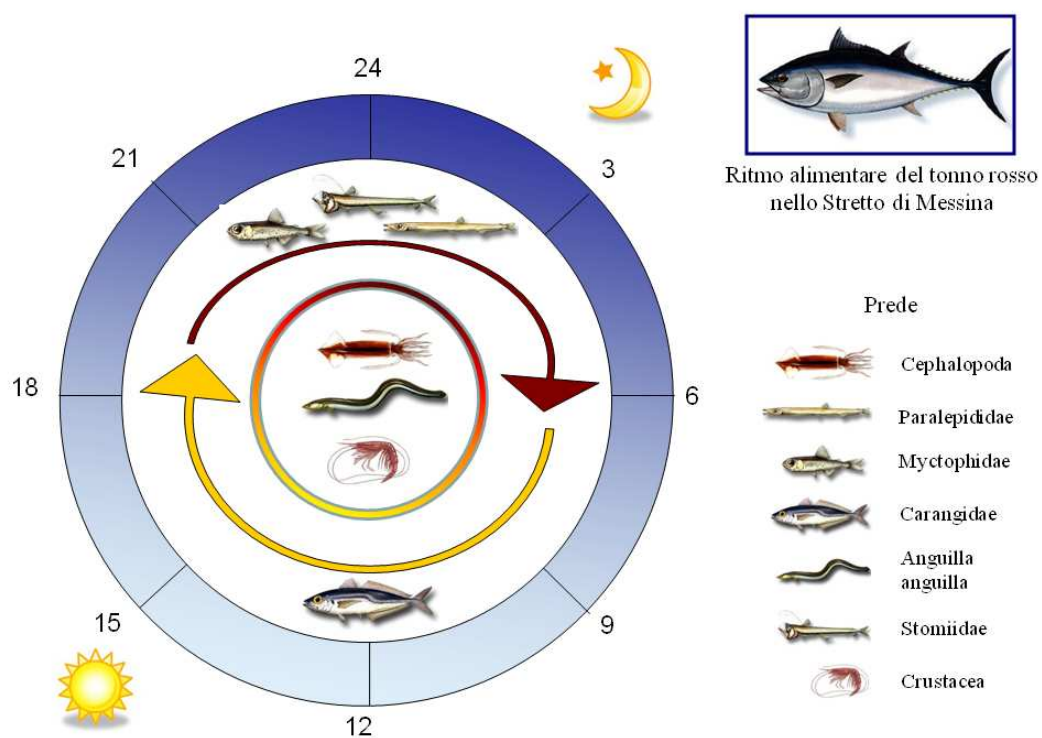


Fig. 15 - Ipotetico ritmo alimentare del tonno rosso nello Stretto di Messina.

7.CONCLUSIONI

Lo studio dell'ecologia trofica del *T. thynnus* nello Stretto di Messina, durante la stagione primaverile, ha evidenziato che questa specie è prevalentemente piscivora, ma una frazione importante della sua dieta è costituita anche da cefalopodi e crostacei. I rimanenti gruppi tassonomici identificati (Hydrozoa e Tunicata) risultano invece essere predati in quantità trascurabili.

Tali risultati sono in accordo con gli studi fatti da altri Autori su esemplari adulti di tonno, sia in Mar Mediterraneo (Karakulak et al., 2009; Genovese, 1960; Genovese e Alonzo, 1961) che in Oceano Atlantico (Eggleston e Bochenek, 1990; Chase, 2002; Logan et al., 2011). La dieta del tonno rosso sembra però mostrare cambiamenti ontogenetici (Sarà G. e Sarà R., 2007), poiché prevalgono i pesci tra le prede ingerite risulta meno netta negli esemplari giovani di questo predatore. Inoltre, differenze di alimentazione sono state riscontrate anche tra le diverse aree di studio, probabilmente in relazione alla diversa abbondanza ed alla disponibilità delle prede. Infatti, secondo Piccinetti e Piccinetti Manfrin (1970) la dieta dei tonni giovani nel Mar Tirreno settentrionale è basata principalmente su cefalopodi e pesci, mentre nel Mar Ligure le prede più importanti risultano i crostacei, seguiti dai teleostei (Orsi Relini et al., 1998). Nel Mar Tirreno meridionale (Sinopoli et al., 2004) e nel Mar Mediterraneo occidentale (Sanz Brau, 1990) l'alimentazione è maggiormente incentrata sui teleostei, anche se crostacei e cefalopodi rappresentano un'aliquota importante delle prede.

Sulla base dei risultati ottenuti attraverso l'analisi del comportamento trofico con il metodo di Costello, modificato da Amundsen (1996), si può affermare che il tonno rosso mostra un'alimentazione molto varia, caratterizzata da un ampio spettro di prede, comportandosi come un predatore opportunistico, che caccia spesso individui di specie riunite in "schooling". Tuttavia, raggruppando le prede in categorie (Fig. 15), emerge che una frazione significativa di esse è rappresentata da pesci mesopelagici e batipelagici, che superano il 50% dell'IRI% totale. Tali specie, appartenenti alle famiglie Myctophidae, Stomiidae, Paralepididae, Sternoptychidae, Gonostomatidae, Microstomatidae, Phosichthyidae, costituiscono nell'area di studio gran parte della fauna che compie migrazioni nictimerali e che è stata più volte descritta da vari Autori (Mazzarelli, 1909; Genovese et al., 1971; Berdar et al., 1977; Guglielmo et al., 1995a). La predazione su specie mesopelagiche inoltre non è limitata alle sole specie ittiche, ma è estesa anche a

gamberi pelagici (principalmente Sergestidae e Pasiphaeidae) ed ai cefalopodi (soprattutto Ommastrephidae). L'abbondanza di specie che compiono migrazioni verticali nell'area di studio è determinata da fenomeni di upwelling, che caratterizzano lo Stretto di Messina (Mazzarelli, 1909; Vercelli, 1925; Defant, 1940; De Domenico, 1987; Bignami e Salusti, 1990; Azzaro et al., 2004) e che rendono quest'area un hot spot di biodiversità (Guglielmo et al., 1995b).

Oltre alla predazione di specie pelagiche, è stato osservato che il tonno si nutre occasionalmente anche di specie che vivono sul fondo, come dimostrato dalla presenza di organismi bentonici nei contenuti stomacali, confermando la tesi secondo la quale questo predatore ha la capacità di compiere immersioni molto profonde lungo la colonna d'acqua (Block et al., 2001). Tra le specie bentoniche ritrovate vi sono il crostaceo *Aristaeomorpha foliacea* (Risso, 1827) ed i teleostei *Capros aper* (Linnaeus, 1758), *M. moro*, *C. coelorhynchus* e *H. italicus*. La predazione da parte del tonno rosso su specie appartenenti alla fauna bentonica è stata rilevata anche in altri studi condotti in Oceano Atlantico (Chase, 2002) ed in Mar Mediterraneo orientale (Karakulak et al., 2009).

Dal confronto tra lo stato di digestione degli organismi predati e l'orario di cattura dei predatori, è stato possibile ricostruire l'ipotetico ritmo alimentare del tonno rosso nello Stretto di Messina, durante la stagione primaverile. Secondo tale schema l'attività di predazione si concentra maggiormente su piccole specie mesopelagiche nelle ore notturne, mentre prevalgono prede di taglia più grande durante il giorno. I crostacei sono stati quasi sempre trovati ad un basso grado di digestione (prede intere o parzialmente digerite), facendo ipotizzare che tali organismi siano stati ingeriti a partire da alcune ore prima dell'alba per tutto il giorno. Ad ogni modo, non si può escludere il fatto che i crostacei vengano ingeriti anche durante le prime ore della notte, poiché tali specie sono digerite in poco tempo (Pusineri et al., 2005) e in questo caso, avendo effettuato il campionamento nelle ore diurne, la loro presenza non può essere rilevata.

Le specie ittiche mesopelagiche e batipelagiche (Myctophidae, Paralepididae e Stomiidae) vengono predate dal tonno prevalentemente durante le ore notturne, quando, per motivi trofici, risalgono in sciame verso le acque superficiali, costituendo così una risorsa abbondante e facilmente fruibile dal tonno rosso. Per quanto riguarda i Paralepididae, essi sono stati trovati a tutti gli stadi di digestione, ma gli individui altamente digeriti ed i resti accumulati sono stati rinvenuti principalmente in tonni catturati durante le ore pomeridiane. Pertanto, tali prede vengono cacciate principalmente nelle ore

notturne e durante le prime ore dell'alba. Anche Myctophidae e Stomiidae sono stati ingeriti durante le stesse ore, ma le strutture accumulate (sagittae) sono state ritrovate quasi esclusivamente per i primi. Ciò è dovuto al fatto che gli otoliti di *C. sloani* sono molto piccoli e facilmente digeribili in poco tempo.

I cefalopodi sembrano essere predati dal tonno durante tutto l'arco della giornata. Infatti, nelle ore notturne molte di queste specie effettuano migrazioni verso la superficie ed è probabile che il tonno rosso sfrutti questi spostamenti per alimentarsi. Tuttavia, negli stomaci, sono state ritrovate anche numerose prede intere, sia al mattino che durante il pomeriggio, quindi probabilmente appena ingerite; questi cefalopodi sono stati predati nelle ore diurne e ciò potrebbe essere ricondotto alla capacità del tonno rosso di effettuare immersioni profonde lungo la colonna d'acqua in cerca di cibo.

Il basso stato di digestione delle prede appartenenti alle famiglie Carangidae ed Anguillidae ha evidenziato che la loro cattura avviene solitamente durante le ore diurne, anche se quest'ultima può occasionalmente essere predata di notte, come evidenziato dallo stato di digestione di alcuni esemplari ritrovati negli stomaci. La predazione su *A. anguilla* da parte del tonno durante la notte è un comportamento ben noto ai pescatori dello Stretto di Messina, che utilizzavano proprio questo pesce come esca nelle loro battute di pesca notturne (Berdar et al., 1995).

Dall'analisi delle abitudini alimentari del tonno rosso nello Stretto emerge che gran parte delle prede appartengono alla fauna ittica mesopelagica. Le più abbondanti infatti appartengono alle famiglie Myctophidae (es: *H. benoiti*, *C. maderensis*) e Stomiidae (*C. sloani*). Tali risultati concordano con lo studio effettuato da Karakulak et al. (2009) nel Mar Mediterraneo orientale. Questi Autori, infatti, esaminando tonni di taglia simile (98,5-294 LF cm) a quelli campionati nella nostra area di studio, riportano che nel periodo di maggio e giugno le prede più abbondanti sono anche in questo caso Myctophidae e Stomiidae. Anche Piccinetti e Piccinetti Manfrin (1970) nelle acque settentrionali della Sicilia riportano come preda più frequente le specie mesopelagiche appartenenti alla famiglia Paralepididae. L'importanza e la presenza di specie mesopelagiche come fonte primaria di energia nella dieta del tonno non viene riportata da altri studi. In Oceano Atlantico, infatti, le prede principali sono i pesci epipelagici come *Ammodytes spp.*, *Clupea harengus*, *Scomber scombrus* (Eggleston e Bochenek, 1990; Chase, 2002; Logan et al., 2011). I piccoli pelagici rappresentano la maggiore frazione delle specie ittiche predate anche in alcuni studi condotti in Mar Mediterraneo e più precisamente Engraulidae (Orsi

Relini et al., 1998) e Clupeidae (Sinopoli et al., 2004). Tuttavia, Orsi Relini et al. (1998) hanno osservato nel Mar Ligure la presenza di una buona aliquota di pesci mesopelagici tra le prede di importanza secondaria nella dieta di giovani tonni.

L'abitudine di predare teleostei mesopelagici è stata osservata anche in altre specie appartenenti alla famiglia Scombridae. Infatti, l'analisi della dieta dell'alalunga, *Thunnus alalunga*, ha più volte evidenziato che i Paralepididae costituiscono un'importante risorsa alimentare per questa specie sia nel Mar Tirreno meridionale (Consoli et al., 2008) che in Oceano Atlantico (Alonche e Delaporte, 1973; Pusineri et al., 2005); in quest'ultima area risultano abbondanti anche gli Sternoptychidae (Alonche e Delaporte, 1973; Pusineri et al., 2005). Il *Thunnus obesus* (in Oceano Pacifico ed Indiano) è un predatore particolarmente adattato alla caccia in acque mesopelagiche, grazie alle sue capacità di compiere rapide escursioni batimetriche in cerca di cibo (Bertrand et al., 2002). I Myctophidae costituiscono una fonte primaria di energia per questa specie (Kornilova, 1980; Moteki et al., 2001; Bertrand et al., 2002), come anche gli Sternoptychidae (Koga, 1958; Moteki et al., 2001), Alepisauridae (Koga, 1958), Paralepididae (Moteki et al., 2001; Potier et al., 2004), Gempylidae (Moteki et al., 2001) e Scopelarchidae (Potier et al., 2004). Una percentuale importante di specie ittiche appartenenti alla famiglia Myctophidae è stata rilevata anche nella dieta di esemplari di *Thunnus maccoyii* catturati in Tasmania (Young et al., 1997). I teleostei mesopelagici predominano in egual modo nella dieta del tonno pinna gialla *Thunnus albacares* in Oceano Pacifico ed una frazione rilevante è costituita da *Sternoptyx obscura* (Moteki et al., 2001).

La dominanza di specie ittiche mesopelagiche e batipelagiche ed in particolare di mictofidi nella dieta del tonno rosso nell'area di studio, potrebbe essere dovuta all'abbondanza di queste prede nello Stretto, grazie ai fenomeni di upwelling. In base a tale ipotesi il tonno, essendo un predatore opportunista, si nutrirebbe delle prede più disponibili nell'ambiente.

Tuttavia dobbiamo considerare anche un'altra ipotesi: la scelta delle prede potrebbe non essere casuale, ma legata alla necessità del tonno di cacciare organismi ad alto contenuto energetico nel periodo pre-riproduttivo. E' noto che la concentrazione lipidica dei Myctophidae è maggiore rispetto a quella di altri teleostei (Benson e Lee, 1972; Saito e Murata, 1998; Lea et al., 2002) e questi teleostei sono considerati una fonte di energia importante per tanti predatori marini (Phleger et al., 1997; Moteki et al., 2001; Bertrand et al., 2002; Lea et al., 2002). E' stato infatti accertato, ad esempio, che durante il periodo

riproduttivo la dieta di molte specie di pinnepedi ed uccelli marini può essere costituita sino al 90% di mictofidi (Cherel et al., 2002; Croxall et al., 1988; Croxall e Lishman, 1987; Croxall e North, 1988; Guinet et al., 1996; Ridoux, 1994; Woehler e Green, 1992). Può essere quindi ipotizzato che la predazione su queste specie porti un vantaggio energetico nel metabolismo del tonno e favorisca la maturazione delle gonadi nelle fase pre-riproduttiva e riproduttiva.

Dopo i teleostei, le prede più cacciate sono risultate i cefalopodi, in particolare la specie *I. coindetii*. I cefalopodi rappresentano un'importante risorsa alimentare per le specie pelagiche (Clarke, 1986; Romeo et al., 2011), poiché si collocano nei livelli intermedi della rete trofica, essendo sia dei voraci predatori sia prede per i top-predator (Clarke, 1986). Infatti, i cefalopodi pelagici sono in grado di convertire il cibo in biomassa con un'alta efficienza energetica, che permette loro di avere un veloce accrescimento, rappresentando così un'importante ed immediata fonte di energia per i predatori. Funzionano anche da vettori nel processo di trasferimento energetico tra specie mesopelagiche di cui si nutrono e predatori di vertice, collegando in questo modo la produzione secondaria agli alti livelli trofici, come riportato nei modelli di catene trofiche pelagiche (Clarke, 1986; Olson e Watters, 2003).

Tale studio contribuisce a colmare alcune lacune relative al comportamento trofico del tonno rosso nel periodo pre-riproduttivo. Inoltre, considerata l'importanza dell'area di studio e l'ipotesi della presenza di tonni allocati, lo studio rappresenterebbe una prima descrizione della dieta di tonni allocati in Mar Mediterraneo. Al fine di indagare su tale aspetto, lo studio rappresenta la base per ulteriori approfondimenti che potranno essere effettuati attraverso le analisi genetiche utilizzando i tessuti muscolari degli stessi esemplari campionati per lo studio del contenuto stomacale.

8. BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. (2009) VECTOR. VulnErabilità delle Coste e degli ecosistemi marini italiani ai cambiamenti climaTici e loro ruolO nei cicli del caRbonio mediterraneo. Progetto finanziato da MIUR, MEF, MIPAF con Fondo Integrativo Speciale per la Ricerca (FISR), Bando 2001. Final Report.
- AA.VV. (2010). Trasferimento dei flussi energetici lungo le reti trofiche di pescespada, tonno rosso ed alalunga. VI Piano Triennale della Pesca e dell'Acquacoltura, Prog. MiPAF n° 6A108: "Valutazione degli impatti ecotossicologici da contaminanti vecchi ed emergenti, studi di biologia ed ecologia delle popolazioni mediterranee di pescespada, tonno rosso ed alalunga". Relazione finale, pp 81.
- ADDIS P., CAU A., DAVINI M.A., SECCI E., SCIBALDI G. (1997). Collection of tuna data catches by trap-nets in Sardinia: historical (1825–1980) and recent catches (1992–1995). Coll. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 46: 132–139.
- ALONCLE H., DELAPORTE F. (1973). Rythmes alimentaires et circadiens chez le germon *Thunnus alalunga* dans le Nord-Est atlantique. Science Naturelles. Paris VI, Paris. pp 96.
- AMUNDSEN P.A., GABLER H.M., STALDVIK F.J. (1996). A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data modification of the Costello (1990) method. J Fish Biol 48:607–614.
- ARENA P., POTOSCHI A., CEFALI A. (1980). Risultati preliminari di studi sull'età, l'accrescimento a la prima maturità sessuale dell' alalunga *Thunnus alalunga* (Bonn. 1788) del Tirreno. Mem. Biol. Mar. Ocean., 10: 71–81.
- AZZARO F., DECEMBRINI F., RAFFA F., CRISAFI E. (2004). Hydrobiologic observations in the water column from the quadrature to the syzygy in the Straits of Messina, Biol. Mar. Medit., 11(2):481–485,
- BATTAGLIA P., MALARA M., ROMEO T., ANDALORO F. (2010). Relationships between otolith size and fish size in some mesopelagic and bathypelagic species from the Mediterranean Sea (Strait of Messina, Italy). Scientia Marina, 74(3):605-612.
- BELLO G. (1991). Role of cephalopods in the diet of the swordfish, *Xiphias gladius*, from the eastern Mediterranean sea. Bull Mar Sci, 49(1-2):312-324.
- BELLO G. (1999). Cephalopods in the diet of albacore, *Thunnus alalunga*, from the Adriatic sea. J Moll Stud, 65:233-240.
- BERDAR A., CAVALLARO G., GIUFFRÈ G., POTOSCHI A. (1977). Contributo alla conoscenza dei Pesci spiaggiati lungo il litorale siciliano dello Stretto di Messina. Mem. Biol. Mar. Oceanogr., 7(5-6):77-87.
- BERDAR A., RICCOBONO F. (1986). Le meraviglie dello Stretto di Messina, italy:edas.
- BERDAR A., MENTO G., COSTA F., AMMENDOLIA G., PANEBIANCO A., IOLI, V. (1995). Riflessioni sulla pesca fra Scilla e Cariddi. Jason (Ed.), pp. 190.

BERTRAND A., BARD F.X., JOSS E. (2002). Tuna food habits related to the micronekton distribution in French Polynesia. *Mar. Biol.* 140: 1023–1037.

BIGNAMI F., SALUSTI E. (1990). Tidal currents and transient phenomena in the Straits of Messina. A review, in: *The Physical Oceanography of Sea Straits*, edited by: Pratt, L. J., Kluwer Academic, Boston, pp. 95–124,

BLOCK B.A., DEWAR H., BLACKWELL S.B., WILLIAMS T.D., PRINCE E.D., FARWELL, C.J., BOUSTANY A., TEO S.L.H., SEITZ A., WALLI A., FUDGE D. (2001). Migratory movements, depth preferences, and thermal biology of Atlantic bluefin tuna. *Science*, 293:1310–1314.

BLOCK B.A., TEO S.L., WALLI A., BOUSTANY A., STOKESBURY M.J., FARWELL C.J. ET AL. (2005). Electronic tagging and population structure of Atlantic bluefin tuna. *Nature*; 434: 1121-1127.

BUTLER M. J. A., CADDY J. F., DICKSON C. A., HUNT J. J., BURNETT C. D. (1977). Apparent age and growth, based on otolith analysis of giant bluefin tuna (*Thunnus thynnus thynnus*) in the 1975–1976 Canadian catch. *ICCAT Col. Vol. Sci. Pap.*, 5: 318–330.

CANESE S., GARIBALDI F., GIUSTI M., ROMEO T., GRECO S. (2004). First successful attempt of swordfish tagging with popup in the Mediterranean Sea. *Biologia Marina Mediterranea*, 11:153.

CANESE S., GARIBALDI F., ORSI RELINI L., GRECO S. (2008). Swordfish tagging with pop-up satellite tags in the Mediterranean Sea. *Collective Volume of Scientific Papers ICCAT*, 62(4):1052-1057.

CARLSSON, J., J. R. MCDOWELL, L. CARLSSON, AND J. E. GRAVES (2007). Genetic identity of YOY bluefin tuna from the eastern and western Atlantic spawning areas. *Heredity*, 98: 23–28.

CASTRIOTA L., FINOIA G.F., CAMPAGNUOLO S., ROMEO T., POTOSCHI A., ANDALORO F. (2008). Diet of *Tetrapturus belone* (Istiophoridae) in the central Mediterranean Sea. *Journal of Marine Biological Association of United Kingdom*, 88(1): 183-187.

CHASE B.C. (2002). Difference in diet of Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) at five seasonal feeding grounds on the New England continental shelf. *Fish. Bull.*, 100: 168-180.

CLARK T. B., MA L., SAILLANT E., GOLD J. R. (2004). Microsatellite DNA markers for population-genetic studies of Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus thynnus*) and other species of the genus *Thunnus*. *Mol. Ecol. Notes*, 4:70–73.

CHEREL Y., BOCHER P., TROUVE C., WEIMERSKIRCH H. (2002). Diet and feeding ecology of blue petrels *Halobaena caerulea* at Iles Kerguelen, Southern Indian Ocean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 228:283-229.

CLARKE M.R. (1986). A handbook for the identification of cephalopods beaks. Clarendon Press, Oxford, pp 273.

COHEN P. (1989). *Annu. Rev. Biochem.*, 58:453-508.

COLLETTE B.B. (2001). Systematics of the tuna and mackerels (Scombridae). In: Tuna: Physiology, Ecology, and Evolution. (B. A. Block and E. D. Stevens, Eds.). San Diego, CA: Academic Press.

CONSOLI P., ROMEO T., BATTAGLIA P., CASTRIOTA L., ESPOSITO V., ANDALORO F. (2008). Feeding habits of the albacore tuna *Thunnus alalunga* (Perciformes, Scombridae) from central Mediterranean Sea. Mar. Biol., 155:113-120.

CORRIERO A., KARAKULAK S., SANTAMARIA N., DEFLORIO M., SPEDICATO D., ADDIS P. ET AL. (2005). Size and age at sexual maturity of female bluefin tuna (*Thunnus thynnus* L.1758) from the Mediterranean Sea. Journal of Applied Ichthyology; 21:483 - 486.

CORT J.L. (1990). Biologia y pesca del atun rojo *Thunnus thynnus* (L.) del Mar Cantabrico. Publ. Espec. Inst. Esp. Oceanogr. 4:272.

COSTELLO M.J. (1990). Predator feeding strategy and prey importance: a new graphical analysis. J. Fish Biol. 36:261–263.

CROXALL J.P., LISHMAN G.S. (1987). The food and feeding ecology of penguins. Pp 101-1033. In: Seabirds: feeding ecology and role in marine ecosystems. Croxall J.P. (ed), Cambrige University Press, Cambrige.

CROXALL J.P., NORTH A.W. (1988). Fish prey of Wilson's storm petrel *Oceanites oceanicus* at South Georgia. Bull. Brit. Antarctic Survey 78:37-42.

CROXALL J.P., NORTH A.W., PRINCE P.A. (1988). Fish prey of the wandering albatross *Diomedea exulans* at South Georgia. Polar Biology 9:9-16.

DE BUEN F. (1925). Biologia del tuna (*Orcynus thunnus* L.). Resultados campanas realizadas por acuerdos internacionales bajo la direccion del Prod. De Buen.Ministero de Marina – Direccion General De Pesca, Madrid, 118 pp.

DE DOMENICO E. (1987). Caratteristiche fisiche e chimiche delle acque nello Stretto di Messina. in: Le Detroit de Messine, Evolution Tectono-Sedimentaire Recente (Pliocene et Quaternaire) et Environment Actuel; Di Geronimo, Barrier, Mantenat (ed.s), Paris, DOC. ET TRAV. IGAL, 11:225-235.

DEFANT A. (1940). Scilla e Cariddi e le correnti di marea nello Stretto di Messina, Geofisica Pura e Applicata, 2:93–112.

DE METRIO G., ARNOLD G.P., DE LA SERNA J.M., BLOCK B.A., MEGALOFONOU P., LUTCAVAGE M., ORAY I., DEFLORIO M. (2005). Movements of bluefin tuna (*Thunnus thynnus* L.) tagged in the Mediterranean Sea with pop-up satellite tags. ICCAT Col. Vol. Sci. Pap., 58: 1337–1340.

DI NATALE A. (2003). Iniziativa per la realizzazione di uno studio pilota sulla pesca sportiva del tonno rosso nel quadro delle attività previste dal Reg. CE 1543/00 e Reg. CE 1639/01. Report to Ministero delle Politiche Agricole e Forestali, Direzione Generale della Pesca e dell'Acquacoltura, Roma: 1-36.

DI NATALE A. (2004). Una rete coordinata per l'acquisizione di indici di reclutamento

del tonno e del pescespada nei mari italiani. Relazione riguardante l'area del Tirreno centro-meridionale e dello Stretto di Sicilia. 6-A-19. Report to: Direzione Generale della Pesca e dell'Acquacoltura, Ministero delle Politiche Agricole e Forestali, Roma: 1-96 + all.

DI NATALE A., D'ORAZIO E., LEONARDI G., MANGANO A., MENTO N., PRESTIPINO GIARRITTA S., SCUDERI C., SARÀ M. (1987). Rilevazioni delle quantità pescate e dello sforzo di pesca esercitato nei confronti di alcune specie di Scombroidei.. Report to: Ministero della Marina Mercantile, Roma: 1-212.

DI NATALE A., D'ORAZIO E., LEONARDI G., MANGANO A., MENTO N., PRESTIPINO GIARRITTA S., SCUDERI C., SARÀ M. (1988). Rilevazioni delle quantità pescate e dello sforzo di pesca esercitato nei confronti di alcune specie di Scombroidei. Relazione preliminare. Atti Sem. UU.OO. Prog. Ric. Piano Pesca Acquac., CNR, Roma, (1): 301-317.

DI NATALE A., MANGANO A., ASARO A., BASCONE M., CELONA A., NAVARRA E., VALASTRO M., ZAVA B. (2000). Osservazioni sulla pesca dei grandi Scombroidae nei bacini tirrenici e dello Stretto di Sicilia. Report to: Direzione Generale Pesca ed Acquacoltura, Ministero delle Politiche Agricole e Forestali, Roma: 1-250 + all.

DI NATALE A., MANGANO A., ASARO A., BASCONE M., CELONA A., NAVARRA E., VALASTRO M. (2003). Size frequency composition of the bluefin tuna catches in the Tyrrhenian Sea and in the Straits of Sicily in the period 1998-2001. Collective Volume of Scientific Papers, ICCAT, 55(1): 171-198.

DI NATALE A., MANGANO A., CELONA A. (2004). "Resident" and "migrant" bluefin tuna (*Thunnus thynnus* L.) in the Straits of Messina. Series of old and recent data. First History of Marine Animal Populations, Mediterranean Workshop, CSIC, Barcelona, 20-22:10

DI NATALE A., MANGANO A., PICCINETTI C., CIAVAGLIA E., CELONA A. (2005). Bluefin tuna (*Thunnus thynnus* L.) line fisheries in the Italian seas. Old and recent data. Collective Volume of Scientific Papers, ICCAT, 58(4):1285-1295.

DI NATALE A., MANGANO A., ASARO A., BASCONE M., CELONA A., VALASTRO M., VASSALLO R.A. (2006). Bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) catch composition in the Tyrrhenian Sea and in the Strait of Sicily in 2004. Collective Volume of Scientific Papers, ICCAT, 59(3):829-842.

DODSON S.I. (1974). Adaptive change in plankton morphology in response to size selective predation: A new hypothesis of cyclomorphosis. Limnol. Oceanogr. 19:721-729.

DOUMENGE F. (1998). L'histoire des pêches thonnières. Coll.Vol.Sci.Pap. ICCAT, 50: 161-182.

EGGLESTON D.B., BOCHENEK E.A. (1990). Stomach contents and parasite infestation of school bluefin tuna *Thunnus thynnus* collected from the middle Atlantic bight, Virginia. Fish. Bull., 88: 389-395.

ELTON C. (1927). Animal Ecology. Sidgwick e Jackson, Ltd., London.

FARBER M. I., LEE D. W. (1981). Ageing western Atlantic bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, using tagging data, caudal vertebrae and otoliths. ICCAT Col. Vol. Sci. Pap., 15:288–301.

FALCIAI L., MINERVINI R. (1992). Guida dei crostacei decapodi d'Europa. Franco Muzzio Ed., pp 283.

FARRUGIO H. (1981). Exploitation et dynamique des populations de thon rouge, *Thunnus thynnus* (Linneo, 1758), Atlanto-Mediterraneennes. Doctorat d'Etat, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, 266 pp.

FRETWELL S. D. (1977). The regulation of plant communities by food web chains exploiting them. Perspectives in Biology and Medicine 20:169-185.

FROMENTIN J.M. (2003). The East Atlantic and Mediterranean bluefin tuna stock management: uncertainties and alternatives. Scientia Marina, 67(1): 51-62.

FROMENTIN J.M., POWERS J.E. (2005). Atlantic bluefin tuna: Population dynamics, ecology, fisheries, and management. Fish Fish., 6:281–306.

GARCIA S.M., ZERBI A., ALIAUME C., DO CHI T., LASSERRE G. (2003). The ecosystem approach to fisheries. Issues, terminology, principles, institutional foundations, implementation and outlook. FAO Fisheries Technical Paper, No. 443. Rome, FAO. 71 pp.

GENOVESE S. (1953). Sui caratteri biometrici del tonno (*Thunnus thynnus* L.) tirrenico. Boll. Pesca Pisc. Idrobiol., XXIX (VIII), n.s., fasc. 1: 1-44.

GENOVESE S. (1956). Ulteriori osservazioni sui caratteri biometrici del tonno (*Thunnus thynnus* L.) tirrenico – Il tonno intergenetico dello Stretto di Messina. Boll. Pesca Pisc. Idrobiol. 32, 83.

GENOVESE S. (1958). Dati biometrici sul tonno (*Thunnus thynnus* L.) tirrenico. CIESM, Rapp. Proc. Verb., 14:327-328.

GENOVESE S. (1959). Ami usati per la pesca del tonno (*Thunnus thynnus* L.) nello Stretto di Messina. Atti Soc. Peloritana Sc. Fis. Mat. Nat., 5(4):371-377.

GENOVESE S. (1960). Sul regime alimentare di *Thunnus thynnus*(L.). Boll. Pesca Pisc. Idrobiol., 15:177-189.

GENOVESE S. (1965). Dati sulla pesca all'amo del tonno nello Stretto di Messina. Boll. Pesca Pisc. Idrobiol., 20(1):41-52.

GENOVESE S., ALONZO V. (1961). Sul contenuto stomacale di tonni (*Thunnus thynnus* L.) catturati nello Stretto di Messina ed in alcune tonnare della Sicilia e della Calabria. Atti Soc. Pelor., 7:1-8.

GENOVESE S., BERDAR A., L. GUGLIELMO (1971). Spiaggiamenti di fauna abissale nello Stretto di Messina. Atti Soc. Pelor. Sci., 17:331-370.

GUGLIELMO L., MARABELLO F., VANUCCI S. (1995a). The role of the mesopelagic fishes in the pelagic food web of the Straits of Messina, in: Guglielmo, L., Manganaro, A.,

DE DOMENICO, E. (Eds.), The Straits of Messina Ecosystem. Proceedings of the Symposium held in Messina, 4-6 April 1991. 223-246.

GUGLIELMO L., CRESCENTI N., COSTANZO G., ZAGAMI G. (1995b). Zooplankton and micronekton communities in the Straits of Messina, in: Guglielmo, L., Manganaro, A., De Domenico, E. (Eds.), The Straits of Messina Ecosystem. Proceedings of the Symposium held in Messina, 4-6 April 1991. 247-269.

GUINET C., CHEREL Y., RIDOUX V., JOUVENTIN P. (1996). Consumption of marine resources by seabirds and seals in Crozet and Kerguelen waters: changes in relation to consumer biomass. *Antarctic Science* 8:23-30.

HACUNDA J.S. (1981). Trophic relationships among demersal fishes in a coastal area of the Gulf of Maine. *Fish. Bull.*, 79: 775-788.

HAIRSTON N.G., SMITH F.E., SLOBODKIN L. B. (1960). Community structure, population control, and competition. *American Naturalist* 94:421-425.

HELDT M.H. (1929). Le thon rouge et sa peche. *Rap. Proc. Reun. Comm.internat. Explor.Sci. Mer Medit.*, 4: 97 -112.

HYSLOP E.J. (1980). Stomach content analysis: A review of methods and their application. *J. Fish. Biol.*, 17: 411-422.

ICCAT (2007). Report of the 2006 Atlantic bluefin tuna stock assessment session (SCRS/2006/013). International Commission for the Conservation of Atlantic Tuna (ICCAT); Madrid pp 137.

IBÁÑEZ C.M., GONZÁLEZ C., CUBILLOS L. (2004). Diet of the swordfish *Xiphias gladius* Linnaeus, 1758 in oceanic waters off central Chile in winter 2003. *Invest. Mar., Valparaíso*, 32(2):113-120.

JEREB P., ROPER C.F.E. (2005). Cephalopods of the world. An annotated and illustrated catalogue of cephalopod species known to date. Volume 1. Chambered nautilus and sepioids (Nautilidae, Sepiidae, Sepiolidae, Sepiadariidae, Idiosepiidae and Spirulidae). *FAO Species Catalogue for Fishery Purposes*, Rome, FAO 4(1):262.

KARAKULAK S., ORAY I., CORRIERO A., APREA A., SPEDICATO D., ZUBANI D., SANTAMARIA N. (2004). First information on the reproductive biology of the bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) in the eastern Mediterranean. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 56: 1158-1162.

KARAKULAK F.S., SALMAN A., ORAU I.K. (2009). Diet composition of bluefin tuna (*Thunnus thynnus* L. 1758) in the eastern Mediterranean sea, Turkey. *Journal of Applied Ichthyology*, 25(6): 757-761.

KOGA S. (1958). On the difference of the stomach contents of tunas and black marlin in south equatorial Pacific Ocean. *Bull. Fac. Fish., Nagasaki Univ.* 7:21-30.

KORNILOVA, G.N. (1980). Feeding of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, and bigeye tuna *Thunnus obesus*, in the equatorial zone of the Indian Ocean. *J. Ichthyol.* 20:111-119.

KORSMEYER K.E., DEWAR H. (2001). Tunas metabolism and energetics. In B. A. Block, et E. D. Stevens (Eds.), Tuna: physiology, ecology and evolution. Academic press, New York, 36:71.

KREBS C.J. (1989). Ecological methodology. Harper e Row, Publishers, New York, 654 pp.

LA MESA M., SINOPOLI M., ANDALORO F. (2005). Age and growth rate of juvenile bluefin tuna *Thunnus thynnus* from the Mediterranean Sea (Sicily, Italy). Sci. Mar., 69(2):241-249.

LEA M.A., NICHOLS P.D., WILSON G. (2002). Fatty acid composition of lipid-rich myctophids and mackerel icefish (*Champsocephalus gunnari*) – Southern Ocean food-web implications. Polar Biol. 25, 843-854.

LOGAN J.M., RODRIGUEZ-MARIN E., GOÑI N., BARREIRO S., ARRIZABALAGA H., GOLET W., LUTCAVAGE M. (2011). Diet of young Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) in eastern and western Atlantic forage grounds. Mar. Biol. 158:73-85.

MATHER F.J., SCHUCK H.A. (1960). Growth of the bluefin tuna of the western North Atlantic. Fish. Bull., 179(61): 39-52.

MATHER F.J., MANSON JR J.M., JONES A. (1995). Historical document: life history and fisheries of Atlantic bluefin tuna. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFS C-370, Miami, F1; 165 pp.

MAZZARELLI G. (1909). Gli animali abissali e le correnti sottomarine dello Stretto di Messina. Rivista Mensile di Pesca ed Idrobiologia, 11:177-218.

MAZZARELLI G. (1936). Vortici ed altri fenomeni delle acque dello Stretto di Messina-mem. Biol.mar.oceanog., 4:1-12.

MEDINA A., ABASCAL F.J., MEGINA C., GARCIA A. (2002). Stereological assessment of the reproductive status of female Atlantic northern bluefin tuna during migration to Mediterranean spawning grounds through the Strait of Gibraltar. J. Fish Biol., 60:203-217.

MEGALOFONOU P. (2006). Comparison of otolith growth and morphology with somatic growth and age in young-of-the-year bluefin tuna. J. Fish Biol., 68:1867–1878.

MOTEKI M., ARAI M., TSUCHIYA K., OKAMOTO H. (2001). Composition of piscine prey in the diet of large pelagic fish in the eastern tropical Pacific Ocean. Fish. Sci., 67:1063-1074.

NISHIDA T., TSUJI S., SEGAWA K. (1998). Spatial data analyses of Atlantic bluefin tuna larval surveys in the 1994 ICCAT BYP. ICCAT Col. Vol. Sci. Pap., 48:107–110.

ODUM H.T. (1983). System Ecology: an introduction. Wiley, New York, 644 pp.

OLSON R.J., WATTERS G.M. (2003). A model of the pelagic ecosystem in the eastern tropical Pacific Ocean. Inter-American Tropical Tuna Commission Bulletin, 22:133-217.

ORSI-RELINI L., CIMA C., PALANDRI G., RELINI M., GARIBALDI F. (1998). Alimentazione del tonno giovanile nell'ecosistema del largo del Mar Ligure. *Biol. Mar. Medit.* 5:63-70.

PAINE R. T. (1966). Food web complexity and species diversity. *American Naturalist* 100:65-75.

PAVESI P. (1889). L'industria del tonno. Relazione alla commissione reale per le tonnare, Ministero di Agricoltura, Industria e commercio, Roma.

PEDÀ C., MALARA D., BATTAGLIA P., PERZIA P., ANDALORO F., ROMEO T. (2009). I cefalopodi nella dieta di grandi pelagici: identificazione dei becchi e costituzione di un archivio fotografico di riferimento. *Biol Mar Medit* 16(1):354-355.

PERISTERAKI P., TSERPES G. (2001). Feeding habits of swordfish (*Xiphias gladius* L. 1758) in the S. Aegean Sea. In *Proceedings of the 10th Hellenic Congress of Ichthyologists* (Tsimenides, N., ed.). Athens: Hellenic Association of Ichthyologists. Pp. 25-28.

PHLEGER C.F., NICHOLS P.D., VIRTUE P. (1997). The lipid, fatty acid and fatty alcohol composition of the myctophid fish *Electrona antarctica*: high levels of wax esters and food-chain implications. *Antarctic Sci.* 9: 258-265.

PICCINETTI C., PICCINETTI MANFRIN G. (1970). Osservazioni sulla biologia dei primi stadi giovanili del tonno (*Thunnus thynnus* L.). *Boll. Pesca Piscic. Idrobiol.*, 25:223-247.

PINKAS, L., OLIPHANT, M.S., IVERSON, I.L.K. (1971). Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. *Calif. Dep. Fish Game Fish Bull.*, 152:1-105.

POTIER M., MARSAC F., LUCAS V., SABATIÉ R., HALLIER J.P., MÉNARD F. (2004). Feeding partitioning among tuna taken in surface and mid-water layers: the case of yellowfin (*Thunnus albacares*) and bigeye (*Thunnus obesus*) in the western tropical indian ocean. *western indian ocean j. mar. sci.* vol. 3, no. 1, pp. 51-62.

POTOSCHI A., STURIALE P. (1996). La pesca del tonno all'amo nello Stretto di Messina, nell'ultimo secolo. *Biol. Mar. Medit.*, 3(1):297-302.

PUJOLAR J. M., ROLDÀN M. I., PLA C. (2003). Genetic analysis of tuna populations, *Thunnus thynnus thynnus* and *Thunnus alalunga*. *Mar. Biol.*, 143:613-621.

PUSINERI, C., Y. VASSEUR, S. HASSANI, L. MEYNIER, J. SPITZ, RIDOUX V. (2005). Food and feeding ecology of juvenile albacore, *Thunnus alalunga*, off the Bay of Biscay: a case study. *ICES J. Mar. Sci* 62:116-122.

RIDOUX V. (1994). The diets and dietary segregation of seabirds at the subantarctic Crozet Island. *Mar. Ornithol.* 22:1-192.

RIEDL R. (1991). *Flora e fauna del Mediterraneo*. Franco Muzio Ed., pp.777

RIVAS L.R. (1954). A preliminary report on the spawning of the western North Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) in the Strait of Florida. *Bull. Mar. Sci. Gulf Car.*, Miami, 4:302-322.

ROMEO T., CONSOLI P., CASTRIOTA L., ANDALORO F. (2009). An evaluation of resource portioning between two billfish, *Tetrapturus belone* and *Xiphias gladius*, in the central Mediterranean Sea. Journal of Marine Biological Association of United Kingdom, 89(4):849-857.

ROMEO T., BATTAGLIA P., PEDÀ C., PERZIA P., CONSOLI P., ESPOSITO V., ANDALORO F. (2011). Pelagic cephalopods of the central Mediterranean Sea determined by the analysis of the stomach content of large fish predators. Helgol. Mar. Res., in corso di stampa.

ROOKER J. R., SECOR D. H., ZDANOWICZ V. S., ITOH T. (2001). Discrimination of northern bluefin tuna from nursery areas in the Pacific Ocean using otolith chemistry. Mar. Ecol. Prog. Ser., 218:275–282.

ROOKER, J. R., SECOR D. H., V. S. ZDANOWICZ, G. DE METRIO, L. RELINI O. (2003). Identification of northern bluefin tuna stocks from putative nurseries in the Mediterranean Sea and western Atlantic Ocean using otolith chemistry. Fish. Oceanogr., 12:75–84.

ROOKER J. R., SECOR D. H. (2004). Stock structure and mixing of Atlantic bluefin tuna: evidence from stable $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$ isotopes in otoliths. ICCAT Col. Vol. Sci. Pap., 56:1115–1120.

ROOKER J. R., SECOR D. H., DE METRIO G., RODRIQUEZ-MARIN E. (2006). Evaluation of population structure and mixing rates of Atlantic bluefin tuna from chemical signatures in otoliths. ICCAT Col. Vol. Sci. Pap., 59: 813–818.

ROOKER J.R., ALVARADO BREMER J.R., BLOCK B.A., DEWAR H., DE METRIO G., CORRIERO A. (2007). Life history and stock structure of Atlantic Bluefin Tuna (*Thunnus thynnus*). Reviews in Fisheries Science; 15: 265-310

ROOKER J.R., SECOR D.H., DE METRIO G., SCHLOESSER R., BLOCK B.A., NEILSON J.D. (2008). Natalhoming and connectivity in Atlantic bluefin tuna populations. Science; 322: 742-744.

ROPER C.F.E., SWEENEY M.J., NAUEN C.E. (1984). FAO species catalogue. Vol. 3. Cephalopods of the world. An annotated and illustrated catalogue of species of interest to fisheries. FAO Fish Synop 125 (3):pp 277

ROULE, L. (1917). Etude sur les aires de ponte et les déplacements periodiques du thon (*Orcynus thunnus* L.) dans le Méditerranée occidentale. Ann. Inst. Ocean., 7: 1-26.

SAITO H., MURATA M. (1998). Origin of the monoene fats in the lipid of midwater fishes: relationship between the lipids of myctophids and those of their prey. Mar. Ecol. Prog. Ser. 168: 21-33.

SALMAN A. (2004). The role of cephalopods in the diet of swordfish (*Xiphias gladius* Linnaeus, 1758) in the Aegean Sea (Eastern Mediterranean). Bull Mar Sci, 74(1): 21-29.

SALMAN A, KARAKULAK F.S. (2009). Cephalopods in the diet of albacore *Thunnus alalunga*, from the eastern Mediterranean. J Mar Biol Ass UK 89(3):635-640

SANTOS M.B., CLARKE M.R., PIERCE G.J. (2001). Assessing the importance of cephalopods in the diets of marine mammals and other top predators: problems and solutions. *Fish Res* 52:121-139.

SANZO L. (1932). Uova e primi stadi larvali di tonno (*Orcynus thynnus* Ltkn.). *Mem. R. Com. Talass. Ital.*, 189: 1-16.

SARÀ R. (1963). Data, observations and comments on the occurrence, behaviour, characteristics and migrations of tunas in the Mediterranean. *Proc. Gen. Fish. Counc. Medit.*, 8: 371-388.

SARÀ R. (1964). Data, observations and comments on the occurrence, behaviour, characteristics and migrations of tunas in the Mediterranean. *Proc. Gen. Fish. Counc. For the Medit., Rome*. 7(37): 371-388.

SARÀ R. (1973). Sulla biologia dei tonni (*Thunnus thynnus* L.) modelli di migrazione e di comportamento. *Boll. Pes. Piscic. Idrobiol.*, 28: 217-243.

SARÀ G., SARÀ R. (2007). Feeding habits and trophic levels of bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) of different size classes in the Mediterranean Sea. *J. Appl. Ichthyol.*, 23: 122-127.

SANZ BRAU A. (1990). Sur la nourriture des jeunes thons rouge *Thunnus thynnus* (L. 1758) des cotes du golfe de Valence. *Rapp. Comm. Int. Mè dit.* 32, 274 (in French).

SCHAEFER K.M. (2001). Reproductive biology of tunas. In: B.A. Block, et E.D. Stevens (Eds.), *Tuna: physiology, ecology and evolution*. Academic press. New York, 225 pp.

SCORDIA C. (1932). Per la biologia del tonno (*Thunnus thynnus* L.). III. Osservazioni sui tonni dello Stretto di Messina. *Mem. Biol.Mar. Ocean.*, 2(1).

SCORDIA C. (1934a). Per la biologia del tonno (*Thunnus thynnus* L.). VI. Ulteriori osservazioni sui tonni dello Stretto di Messina. *Mem. Biol.Mar. Ocean.*, 3(2):1-35.

SCORDIA C. (1934b). Su alcune recenti pubblicazioni relative alla biologia del tonno. *Mem. Biol.Mar. Ocean.*, 2:1-14.

SCORDIA C. (1935). Per la biologia del tonno (*Thunnus thynnus* L.). VIII. Osservazioni sui tonni dello Stretto di Messina eseguite nell'annata 1934-35. *Mem. Biol.Mar. Ocean.*, 6(2):1-38.

SCORDIA C. (1936). Per la biologia del tonno (*Thunnus thynnus* L.). X. Sul percorso di ritorno dei tonni genetici dal mare Jonio. *Mem. Biol.Mar. Ocean.*, 4(5): 1-10.

SCORDIA C. (1937). Per la biologia del tonno (*Thunnus thynnus* L.). XII. Intorno al passaggio dei tonni di corsa dal Tirreno allo Jonio attraverso lo Stretto di Messina. *Mem. Biol.Mar. Ocean.*, 5 (5):1-6.

SCORDIA C. (1938). Per la biologia del tonno (*Thunnus thynnus* L.) XV. Le migrazioni dei tonni entro il Mediterraneo. *Mem. Biol. Mar. Ocean., Messina*, 5:1-50.

SECOR D. H., ZDANOWICZ V. S. (1998). Otolith microconstituent analysis of juvenile bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) from the Mediterranean Sea and Pacific Ocean. *Fish. Res.*,

36:251–256.

SECOR D. H., CAMPANA S. E., ZDANOWICZ V. S., LAM J. W. H., MCLAREN J. W., ROOKER J. R. (2002). Inter-laboratory comparison of Atlantic and Mediterranean bluefin tuna otolith microconstituents. *ICES J. Mar. Sci.*, 59:1294–1304.

SELLA M. (1924). Caratteri differenziali di giovani stadi di *Orcynus thynnus* Ltkn., *O. alalonga* Risso, *Auxis bisus* Bp. *Rendic. Accad. Lincei, Serie 5*, 33:300–305.

SELLA M. (1929). Migrazioni e habitat del tonno (*Thunnus thynnus* L.) studiati col metodo degli ami, con osservazioni sull'accrescimento, sul regime delle tonnare ecc. *Mem. R. Com. Talass. Ital.*, 156:511-542.

SINOPOLI M., PIPITONE C., CAMPAGNUOLO S., CAMPO D., CASTRIOTA L., MOSTARDA E., ANDALORO F. (2004). Diet of young-of-the-year bluefin tuna, *Thunnus thynnus*.

SPALLETTA B., MENTO G., COSTA F., AMMENDOLIA G., GIORDANO D., CAPECCHI D., BERDAR A. (1995). Importanza dello spiaggiamento nella raccolta di specie ittiche rare ed endemiche dello Stretto di Messina (cenni di parassitosi). *Riv. Parassit.* 12(50):279-297

TIEWS K. (1963). Synopsis of biological data on bluefin tuna, *Thunnus thynnus* (Linnaeus) 1758 (Atlantic and Mediterranean). *FAO Fish. Rep.*, 6:422–481.

TSUJI S., NISHIKAWA Y., SEGAWA K., HIROE Y (1997). Distribution and abundance of *Thunnus* larvae and their relation to the oceanographic condition in the Gulf of Mexico and the Mediterranean Sea during May through August of 1994 (Draft). *ICCAT Col. Vol. Sci. Pap.*, 46:161–176.

TURNER S. C., POWERS J.E. (1995). Review of information related to Atlantic bluefin tuna east-west movement. *ICCAT Col. Vol. Sci. Pap.*, 44:191–197

TUSET V.M., LOMBARTE A., ASSIS C.A. (2008). Otolith atlas for the western Mediterranean, north and central eastern Atlantic. *Sci. Mar.*, 72S1:1-203.

UOTANI I., SAITO T., HIRANUMA K., NISHIKAWA Y. (1990). Feeding habit of bluefin tuna *Thunnus thynnus* larvae in the western North Pacific Ocean. *Bulletin of the Japanese Society of Science and Fisheries* 56, 713–717.

VERCELLI F. (1925). Crociere per lo studio dei fenomeni dello Stretto di Messina. I. Il regime delle correnti e delle maree nello Stretto di Messina. Commissione Internazionale del Mediterraneo, Venezia: Grafiche Ferrari pp 209.

YOUNG J. W., LAMB T. D., LE D., BRADFORD R. W., WHITELAW A. W. (1997). CSIRO Division of Marine Research, GPO Box 1538, Hobart, Tasmania 7001, Australia Feeding ecology and interannual variations in diet of southern bluefin tuna, *Thunnus maccoyii*, in relation to coastal and oceanic waters off eastern Tasmania, Australia *Environmental Biology of Fishes* 50:275–291.

YOUNG R.E., VECCHIONE M., MANGOLD K.M. (1922-2003) (2008). Cephalopoda Cuvier 1797. Octopods, squids, nautilus, etc. Version 21 April 2008.

WHITEHEAD P.J.P., BAUCHOT M.-L., HUREAU J.-C., NIELSEN J. AND TORTONESE E. – 1984-1986 Fishes of the North-eastern Atlantic and Mediterranean. UNESCO, Paris. 1, 2, 3.

WOEHLER E.J., GREEN K. (1992). Consumption of marine resources by sea birds and seals at Heard Island and the McDonald Island. *Polar Biology* 12:659-665.