

UNIVERSITA' DI BOLOGNA

Corso di laurea magistrale in Biologia Marina

Distribuzione spazio-temporale di *Stenella coeruleoalba* (Meyen, 1833) e *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821) nel Golfo di Taranto

Tesi di laurea in

Habitat marini: rischi e tutela

Relatore

Prof. Marco Abbiati

Presentata da

Dott.ssa Silvia Moschetti

Correlatore

Dott. Roberto Carlucci

II sessione

INDICE

1 INTRODUZIONE	1
1.1 Il Golfo di Taranto	4
1.2 I Cetacei	5
1.3 Il Distance Sampling	8
2 MATERIALI E METODI	12
2.1 Area di studio	12
2.2 Il disegno di campionamento	14
2.2.1 Il Metodo del Line Transect Sampling	14
2.2.2 Il Software Distance 6.0 Release 2	24
2.3 Raccolta dei dati	27
2.4 Analisi dei dati	35
2.4.1 Stima dell' abbondanza dei Cetacei	37
3 RISULTATI	42
4 DISCUSSIONE E CONCLUSIONI	73
BIBLIOGRAFIA	

1 Introduzione

Il Mar Mediterraneo è un bacino semi-chiuso, situato al crocevia tra Africa, Europa e Asia, collegato all'Oceano Atlantico tramite lo Stretto di Gibilterra, al Mar Rosso attraverso il Canale artificiale di Suez ed al Mar Nero mediante lo stretto del Bosforo. Il Mediterraneo si estende su una superficie pari a 2.969.000 km², raggiungendo una profondità media e massima di circa 1460 e 5267 m, rispettivamente, configurandosi pertanto, come il più grande e il più profondo bacino chiuso sulla Terra (Coll *et al.*, 2010). Nonostante, il Mediterraneo si presenti come un unico mare, di fatto può essere suddiviso nel bacino occidentale e orientale separati dal Canale di Sicilia. Questi due bacini racchiudono dei mari regionali collegati tra loro da canali e stretti tutti con caratteristiche idrografiche differenti (Würtz, 2010). Il Mediterraneo è un mare generalmente oligotrofico caratterizzato da forti gradienti ambientali. La produzione biologica diminuisce da nord a sud e da ovest a est ed è inversamente proporzionale all'aumento della temperatura e della salinità, anche se alcune zone costiere, in cui si trovano condizioni atmosferiche e idrogeologiche particolari, sono molto ricche e diversificate. Infatti, sebbene il Mar Mediterraneo rappresenti meno dell'1% della superficie oceanica su scala globale, la sua storia geologica, incluso l'isolamento dal resto degli oceani avvenuto durante la crisi Messiniana di circa 6 milioni di anni fa, ha contribuito all'accrescimento del livello di diversità biologica di questa regione bio-geografica, rendendo questo bacino uno dei mari più ricchi in termini di biodiversità tanto che in relazione ai numerosi endemismi è stato riconosciuto tra i primi 25 "Biodiversity Hot Spot" su scala globale (Myers *et al.*, 2000; Cuttelod *et al.*, 2008; Coll *et al.*, 2010) (Fig. 1.A÷ B).

Il Mediterraneo è uno dei bacini più antropizzati del mondo ed è soggetto a forti pressioni quali l'urbanizzazione, la frammentazione degli habitat, lo sfruttamento non sostenibile delle risorse, l'inquinamento, con grave rischio di estinzione per numerose specie. Diversi sono gli strumenti legislativi messi in opera a livello internazionale allo scopo di valutare lo stato e porre in atto delle misure di mitigazione e conservazione delle specie a rischio (IUCN Red List, 2014). Per ciò che attiene lo stato dei Cetacei nel Mediterraneo i principali strumenti di conservazione fanno riferimento soprattutto alla Convenzione internazionale di Washington (CITES, 1975), alla Convenzione di Berna (1981), alla Convenzione di Bonn (1983), alla Direttiva Habitat (1996), alla Convenzione di Barcellona (Protocollo ASPIM, 1999) ed all'accordo regionale ACCOBAMS (Accordo sulla conservazione

dei Cetacei del Mediterraneo e del Mar Nero, 2006). Tutti questi strumenti di indirizzo normativo evidenziano che le principali cause di aumento della probabilità di rischio di estinzione dei Cetacei sono ascrivibili soprattutto alle interazioni con l'uomo. Nella fattispecie con l'attività di pesca per intrappolamento e/o cattura accidentale di individui (Bearzi, 2002), o più in generale per competizione con l'uomo che sfrutta le risorse del mare a fini alimentari (Reeves *et al.*, 2003). A questo si aggiunge l'incremento della probabilità di collisioni con le navi mercantili o le imbarcazioni da diporto, soprattutto per i Cetacei di grandi dimensioni, oltre che l'aumento della mortalità e la riduzione del successo riproduttivo delle varie specie a causa dell'inquinamento dei mari (Diaz e Rosenberg, 2008). A tal proposito, si rammenta una casistica che evidenzia la massima vulnerabilità dei Cetacei nei confronti dell'inquinamento chimico da farmaci, organoclorurati, PCB, petrolio, rifiuti di plastica e metalli pesanti e dell'inquinamento sonoro dovuto al crescente traffico navale, alle attività militari ed alle attività di prospezione geologiche che riducono le capacità comunicative e predatorie dei Cetacei (Myers *et al.*, 2000). Questa numerosa e variegata serie di minacce spesso nasconde il più importante elemento critico che espone alla massima vulnerabilità i mammiferi marini su scala globale, ovvero la scarsa conoscenza di base sulla bio-ecologia per molte specie di Cetacei in numerose aree del pianeta, non escluso il Mediterraneo. Non è un caso che l'avvio del Santuario Pelagos istituito multi-lateralmente per la protezione dei Cetacei nel bacino corso-ligure-provenzale risalga al 1992 e solo a seguito di ulteriori attività di ricerca esso sia stato incluso nel 1995 nell'elenco ASPIM, istituito nel quadro del Protocollo della Convenzione di Barcellona in materia di Aree Specialmente Protette e di Diversità Biologica nel Mediterraneo.

La tesi in discussione si inserisce in questo ampio contesto di ricerca ed ha l'obiettivo specifico di sintetizzare alcuni dei risultati derivanti dallo studio pluri-annuale della distribuzione spazio-temporale di due specie di Cetacei presenti nel Golfo di Taranto (Mar Ionio settentrionale), i delfinidi *Stenella coeruleoalba* e *Tursiops truncatus*. In particolare, la tesi è stata condotta nel periodo compreso tra maggio ed ottobre 2014 usufruendo dell'ospitalità concessa dall'associazione di ricerca Jonian Dolphin Conservation e dai laboratori del Dipartimento di Biologia dell'Università degli Studi di Bari "Aldo Moro".

L'obiettivo di questa ricerca è stato quello fornire i primi dati di abbondanza dei delfinidi *Stenella coeruleoalba* e *Tursiops truncatus* nel Golfo di Taranto (Mar Ionio settentrionale) ottenuti sfruttando la facilità di avvistamento di entrambe le specie nell'area così come evidenziato in Dimatteo *et al.*, (2010) e Fanizza *et al.*, (in press). Questa informazione fondamentale andrà ad aggiungersi alle già presenti riguardanti la distribuzione spazio-temporale dei Cetacei riportata in altri bacini nazionali (Notarbartolo di Sciara e Demma, 2004, Lauriano, 2008, Lauriano *et al.*, 2010), colmando il vuoto conoscitivo su questa importante area del Mediterraneo. In particolare, questo studio prende in esame sia i dati storici relativi agli avvistamenti effettuati dal 2009 al 2013 nel Golfo di Taranto sia gli avvistamenti realizzati da maggio ad ottobre nel 2014 a cui ho direttamente contribuito.

Questa attività di ricerca è stata compiuta utilizzando metodi di campionamento ed analisi dei dati innovativi che consentono la stima dell'abbondanza delle due specie nell'area di studio a partire dai dati di avvistamento. Pertanto, nella prima parte di questa tesi vengono descritti l'areale di ricerca, le specie di Cetacei osservabili ed il metodo di campionamento. Successivamente, sono descritte le metodologie utilizzate per la stima dell'abbondanza ed infine sono presentati e discussi i risultati ottenuti.

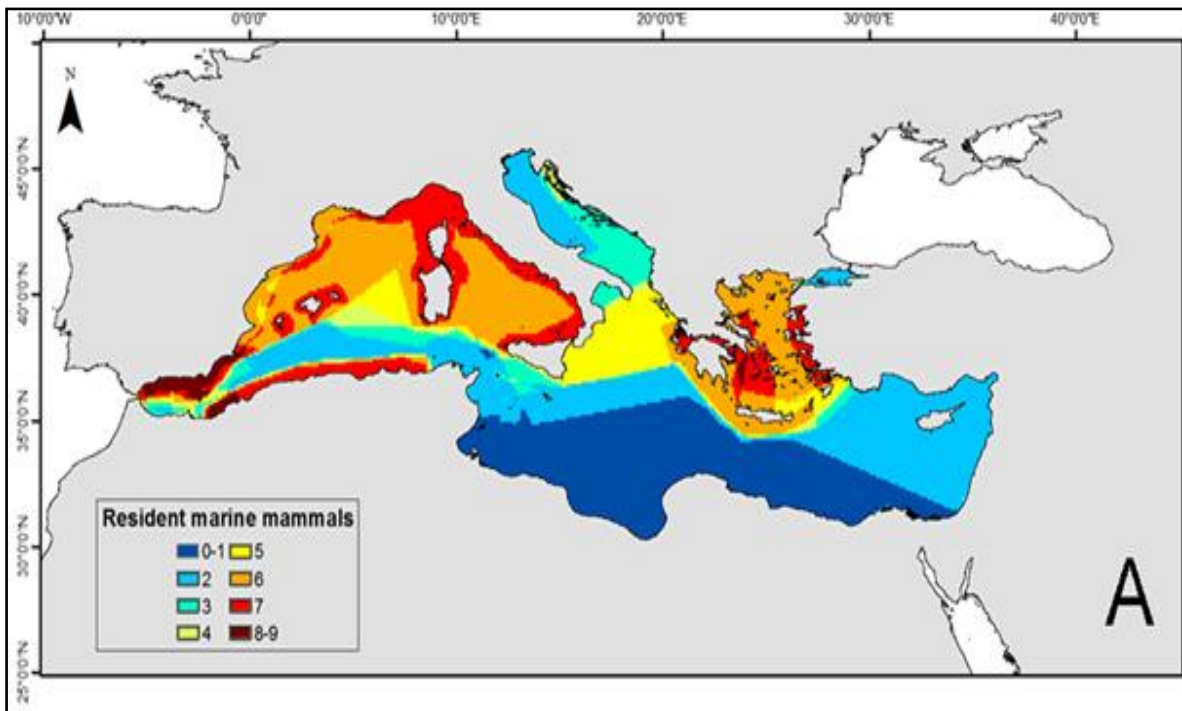


Fig. 1.A - Numero di specie di mammiferi marini residenti nel Mar Mediterraneo. (Coll *et al.*, 2010. The Biodiversity of the Mediterranean Sea: Estimates, Patterns, and Threats. PLoS ONE 5(8)).

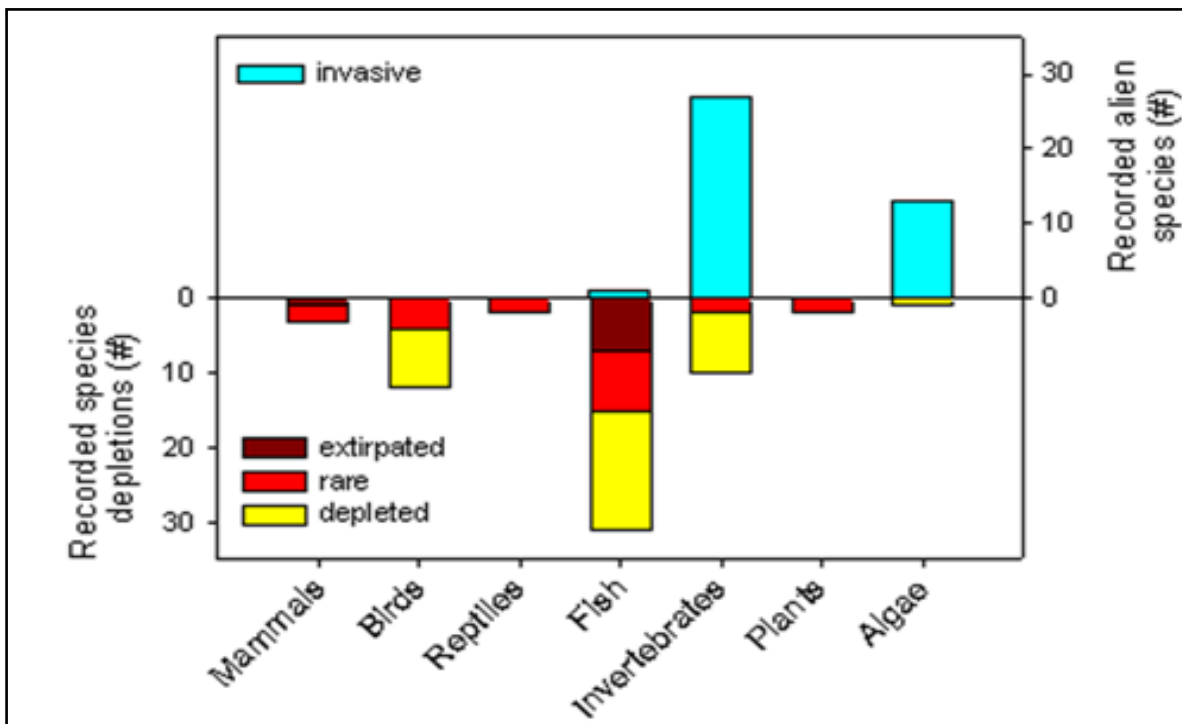


Fig. 1.B - Perdita delle specie presenti nel Mar Mediterraneo. (Coll *et al.*, 2010. The Biodiversity of the Mediterranean Sea: Estimates, Patterns, and Threats. PLoS ONE 5(8)).

1.1 Il Golfo di Taranto

Il Mar Ionio occupa la porzione più occidentale del Mediterraneo centro-orientale frapponendosi tra l'Adriatico e l'Egeo a nord ed il Canale di Sicilia ed il Mar Libico a sud. E' considerato il bacino più profondo del Mar Mediterraneo, raggiungendo la profondità massima di 5270 m nella Fossa Ellenica. Lungo le coste nazionali si estende per circa 1000 km lungo 4 regioni (Puglia, Basilicata, Calabria e Sicilia) da Capo d'Otranto (Lecce) a Capo Passero (Siracusa) (Tursi *et al.*, 2011).

Il bacino settentrionale del Mar Ionio è diviso dal canyon di Taranto in due settori, differenti fra loro per caratteri geomorfologici ed idrografici (Senatore *et al.*, 1980). Si distingue un versante salentino, dove la piattaforma continentale è più estesa e scende con lieve declivio verso la scarpata continentale, ed un versante calabro-siculo, dove la piattaforma scende rapidamente fino alle maggiori profondità. Il settore orientale, localizzato fra il canyon di Taranto e la penisola salentina, è rappresentato da una piattaforma continentale con superfici di abrasione e depositi calcarei plio-pleistocenici comprendenti rocce coralligene. L'importanza dei canyon risiede nel fatto che essi possono rappresentare "rifugi ecologici" per molte risorse a distribuzione batiale (Tursi *et al.*, 2011).

Il Golfo di Taranto è qualificato come "baia storica" dal D.P.R. 26 aprile 1977, n.816 sulle linee di base del mare territoriale italiano che ne ha previsto la chiusura con una linea (della lunghezza di 60 miglia nautiche) tracciata tra Santa Maria di Leuca (Puglia) e Punta Alice (Calabria). L'insenatura è una baia in senso giuridico, in quanto, ha una superficie pari a quella del semicerchio che ha come diametro la linea di chiusura e presenta, perciò, caratteristiche di marcata indentazione nella terraferma. Questa circostanza, cui è collegata quella particolare situazione di sottoposizione al dominio terrestre che è presupposto dell'esercizio di diritti esclusivi di sovranità, trova anche conferma nel fatto che le "fauces terrarum" del Golfo (Penisola Salentina e Calabria) sono di notevole lunghezza e modesta larghezza (Fig. 1.1.A).

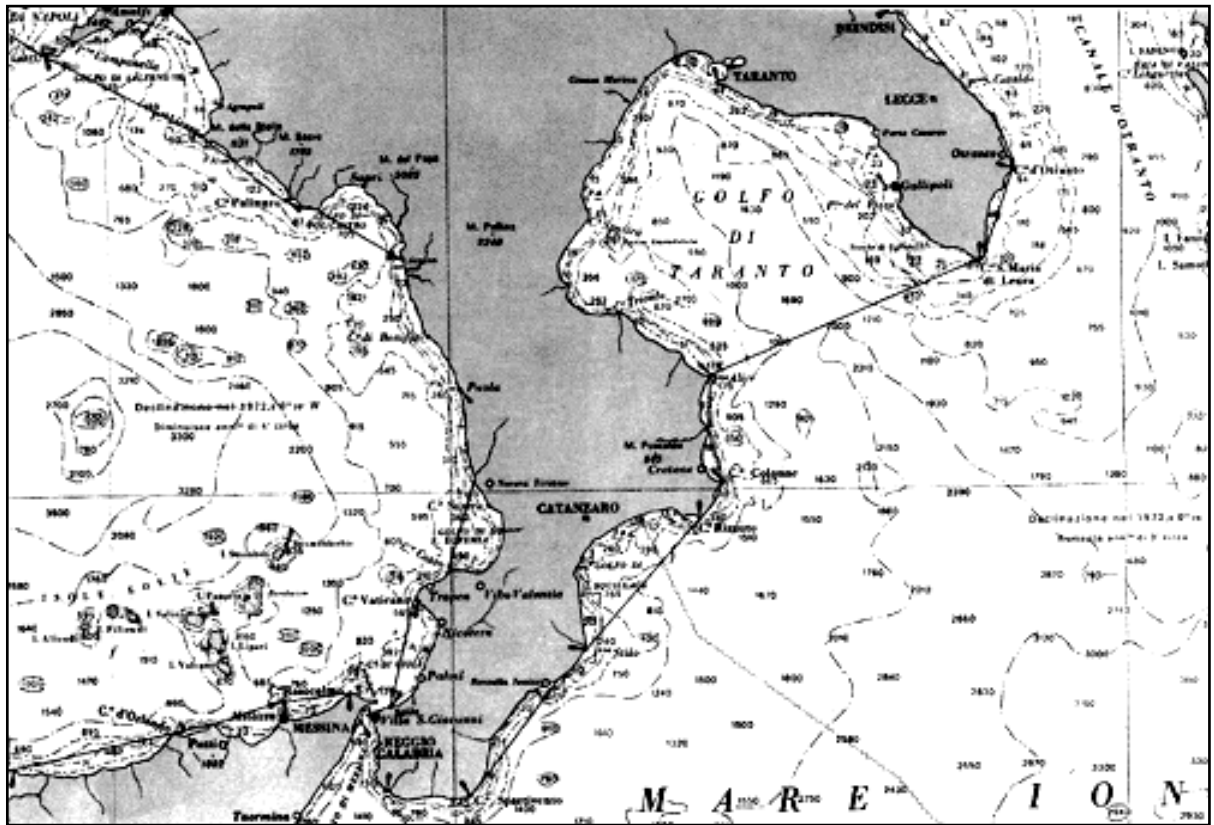


Fig. 1.1.A - Golfo di Taranto con indicazione della line di delimitazione delle acque interne alla Baia storica (http://www.webalice.it/erasmo.lucido/baie_storiche.htm).

1.2 I Cetacei

L'ordine dei Cetacei comprende i Mammiferi eulacentati, completamente adattati alla vita acquatica. Il nome Cetaceo deriva dal greco *κῆτος* (*kētos*), che significa *balena* o mostro marino e fu introdotto da Aristotele per designare gli animali acquatici dotati di respirazione polmonare. L'ordine dei Cetacei si suddivide in due sottordini gli Odontoceti, ovvero i Cetacei con i denti (dal greco *Odous*, odontòs, dente) ed i Mysticeti, i Cetacei con i fanoni (dal greco *Mystax*, mixtacòs, baffi o mustacchi, ai quali vagamente assomigliano i fanoni) (Notarbartolo di Sciara e Demma, 2004).

L'ordine Cetacea comprende 85 specie (Perrin *et al.*, 2002; Randall *et al.*, 2003), ed in Mediterraneo, seppure con forti differenze di abbondanza, sono presenti 24 specie appartenenti all'ordine (Notarbartolo Sciara e Demma, 1997; Mo, 2010). In particolare, 8 specie sono considerate regolarmente presenti: la Balenottera comune (*Balaenoptera physalus*), il Capodoglio (*Physeter catodon*), lo Zifio (*Ziphius cavirostris*), il Globicefalo (*Globicephala melas*), il Grampo (*Grampus griseus*), il Tursiopo (*Tursiops truncatus*), la Stenella striata (*Stenella coeruleoalba*) ed il Delfino comune (*Delphinus delphis*) (Fig. 1.2.A).

Le osservazioni storiche sulla presenza dei Cetacei nel bacino Ionico sono per lo più relative agli spiaggiamenti (Cerioni *et al.*, 1995; Centro Studi Cetacei, 2001; Banca dati spiaggiamenti Cetacei Puglia ex DPGR 58/88). Infatti, gli avvistamenti effettuati su animali in vita sono disponibili solo per la porzione meridionale del Mar Ionio, soprattutto in merito al capodoglio (IFAW, 2006), mentre, seppure con alcune eccezioni, sono pressoché assenti per il Golfo di Taranto nello Ionio Settentrionale (Bompar, 1994; Lacey *et al.*, 2005).

Solo più recentemente, lo studio riportato in Dimatteo *et al.*, (2010) e le ricerche condotte da Jonian Dolphin Conservation nel triennio 2007-2009, hanno rivelato la presenza di diverse specie di Cetacei nel Golfo di Taranto, alcune delle quali stanziali ed altre incontrate stagionalmente e/o occasionalmente. Gli avvistamenti effettuati successivamente tra il 2009 e 2013, (Fanizza *et al.*, in press), ed attualmente condivisi sull'OBIS-SEAMAP (<http://seamap.env.duke.edu/dataset/812>), hanno riguardato alcune specie, regolarmente presenti nello specchio di mare considerato: la Stenella striata (*Stenella coeruleoalba*) presente tutto l'anno, il Grampo (*Grampus griseus*) presente stagionalmente ed occasionalmente, il Tursiopo (*Tursiops truncatus*) presente tutto l'anno con maggiore abbondanza estiva, la

Balenottera comune (*Balenoptera physalus*) presente stagionalmente ed il Capodoglio (*Physeter catodon*), presente occasionalmente.

Segnalazioni indirette di avvistamenti e di spiaggiamenti confermano la presenza nell'area anche dello Zifio (*Ziphius cavirostris*) e del Globicefalo (*Globicephala melas*) (Fanizza *et al.*, in press). In particolare, questi studi evidenziano come le caratteristiche batimetriche (presenza di ripide scarpate continentali) ed oceanografiche (circolazioni superficiali e profonde capaci di favorirne la produttività primaria locale) del bacino settentrionale del Golfo di Taranto, favoriscano la presenza, in areali molto prossimi alla costa di Cetacei generalmente rinvenuti in mare aperto a grandi distanze dalla costa (Carlucci *et al.*, 2014; Fanizza *et al.*, in press).



Fig. 1.2.A - I Cetacei presenti nel Mar Mediterraneo (Figura tratta da <http://www.scienze-naturali.com>).

1.3 Il Distance Sampling

Il Distance Sampling è un gruppo di metodi utilizzati per la stima dell'abbondanza e della densità di popolazioni di animali selvatici. I metodi più utilizzati nel distance sampling sono il transetto lineare (line transect method) ed il transetto a punti (point transect method) (Buckland *et al.*, 2001; Thomas *et al.*, 2010).

Il "point transect sampling" consiste nel seguire dei punti casuali all'interno di un'area geograficamente definita, e intorno ad essi effettuare le osservazioni (Buckland *et al.*, 2001) (Fig. 1.3.A). Si adotta questo metodo a punti casuali quando l'area di ricerca non può essere percorsa da un transetto lineare che rende lo sforzo di ricerca molto dispendioso. Inoltre, la scelta di questo metodo risulta appropriata se la ricerca è rivolta a specifici animali, ad esempio gli uccelli che occupano piccole patch di habitat differenti tra loro (Gilbert *et al.*, 1996; Thomas *et al.*, 2010; Thomas *et al.*, 2013).

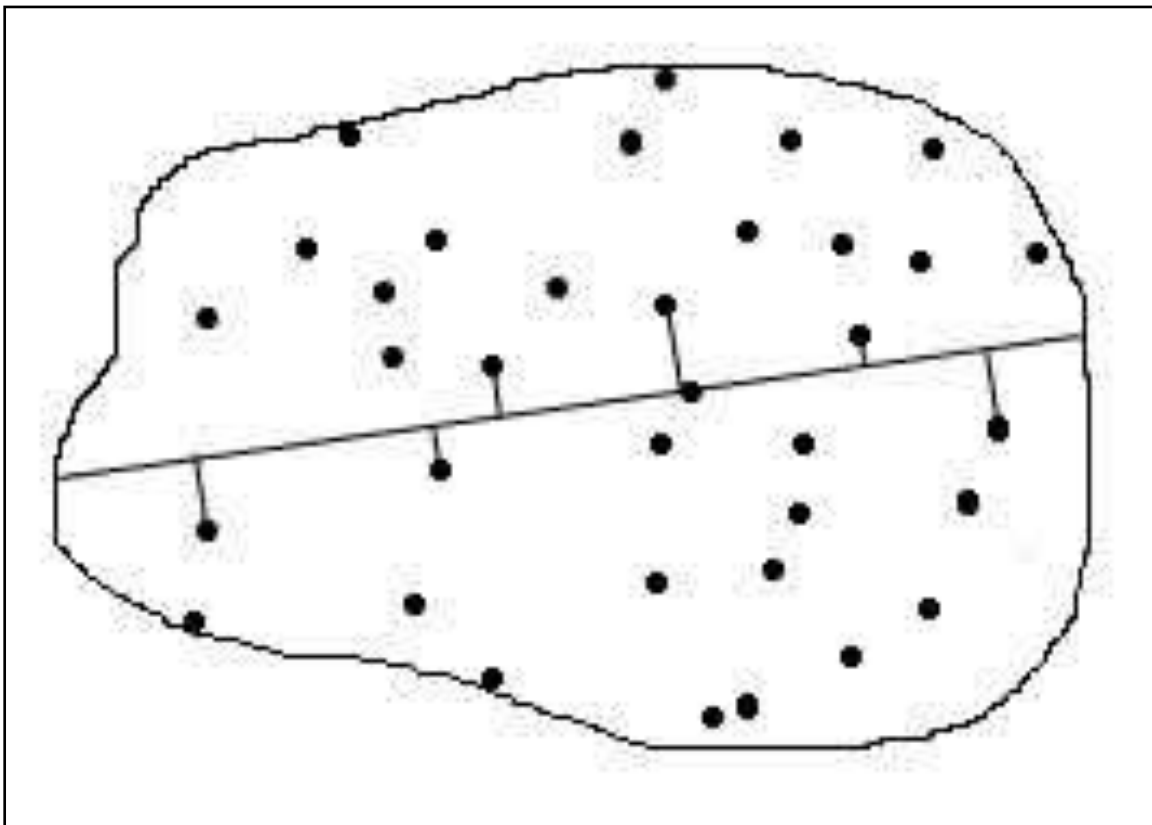


Figura 1.3.A - Esempio del disegno sperimentale del Point transect, la linea retta rappresenta il percorso prestabilito. (Disegno tratto da Buckland *et al.*, 2001)

Il “line transect sampling” consiste nel seguire delle linee parallele o a zig-zag all’interno di un’area geograficamente definita (Thomas *et al.*, 2010) (Fig. 1.3.B). Si preferisce usare questo metodo quando l’area di studio è molto grande infatti lo sforzo di ricerca, sebbene molto dispendioso, è minore del point transect (Buckland *et al.*, 2001).

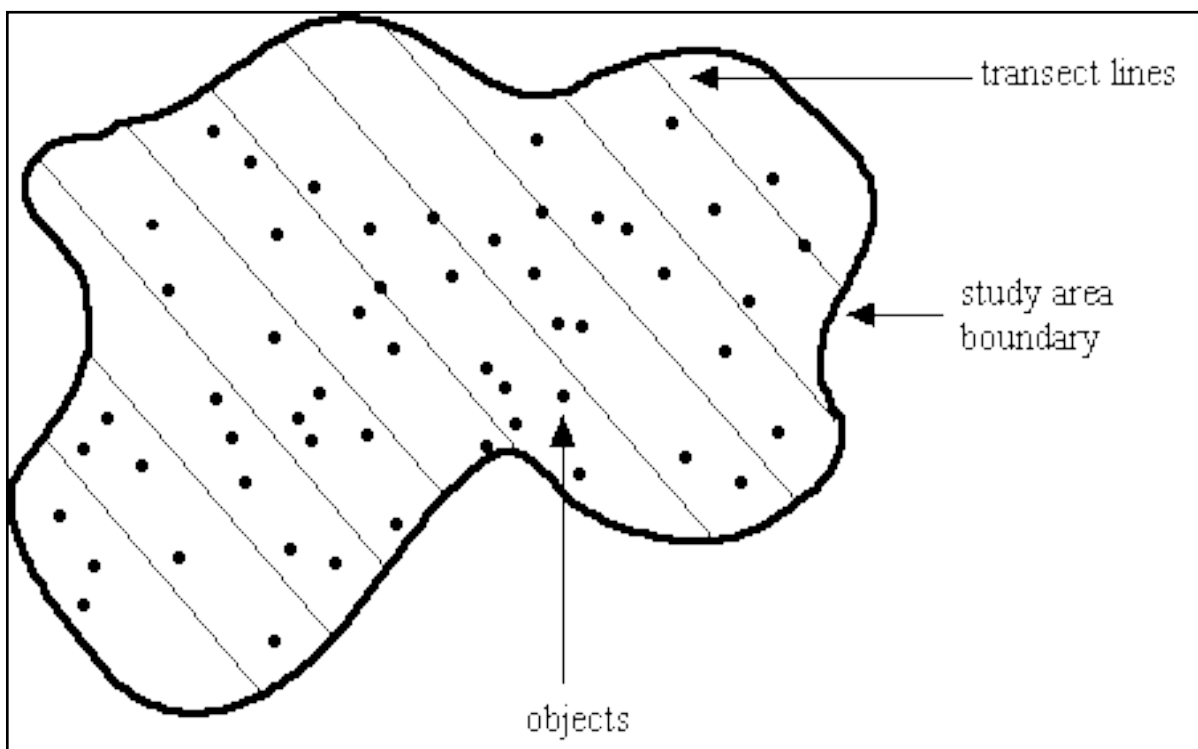


Fig. 1.3.B - Esempio del disegno sperimentale del Line transect in cui si percorrono delle linee parallele. (Disegno tratto da Buckland *et al.*, 2001).

Un altro metodo molto utilizzato per stimare l’abbondanza di fauna selvatica è il “capture-recapture sampling” che utilizza delle trappole fotografiche specialmente per marcare individui di specie criptiche o elusive (Fig. 1.3.C). Questo metodo è molto efficiente se si studiano popolazioni di animali che si aggregano ogni anno in una determinata area (Thomas *et al.*, 2013). Gli animali, quando vengono avvistati la prima volta, sono marcati e poi rilasciati; successivamente verrà effettuato un secondo survey e verranno contati gli individui che presentano la marcatura (White *et al.*, 1982).



Figura 1.3.C - Esempio di marcatura su *S. coeruleoalba* con utilizzo di critter-cam.

Il metodo del transetto a punti e del transetto lineare restituisce una corretta stima delle abbondanze di popolazioni selvatiche a condizione che si rispettino le seguenti assunzioni di base (Buckland *et al.*, 2001; Thomas *et al.*, 2010 e 2013):

- 1) Per ottenere una corretta stima dell'abbondanza di popolazione, bisogna conteggiare tutti gli animali che si avvistano lungo il transetto (L) o dal punto (K); gli animali non conteggiati restituiscono una stima distorta di D (densità). La funzione di contattabilità (detection function) $g(0) = 1$ definisce questa condizione.
- 2) Per ottenere una corretta stima dell'abbondanza di popolazione, bisogna fare attenzione a non duplicare gli avvistamenti. Concettualmente il distance sampling è uno "snapshot method" in cui al momento dell'avvistamento bisogna fissare visivamente la posizione dell'animale, il quale non è mai immobile ma al contrario sempre in movimento.
- 3) Gli animali osservati possono essere registrati come grouped o ungrouped, inoltre è possibile registrare gli animali come singoli individui o come cluster (gruppo di animali). Una stima distorta di D potrebbe accadere, specialmente in caso di categoria ungrouped, quando risultano pari a 0 e ciò avviene quando l'angolo di avvistamento è vicino o è 0° .
- 4) La quarta assunzione è indicata come una proprietà per rendere migliore la stima di D. Ogni animale avvistato lungo un transetto o su un punto non inficia l'avvistamento di ogni altro animale. Spesso questa assunzione viene violata, soprattutto quando gli animali sono registrati come cluster, tuttavia, se il disegno di campionamento non presenta bias e durante l'analisi dei dati si usano degli stimatori robusti, allora tale assunzione può essere ignorata (Buckland *et al.*, 2001; Thomas *et al.*, 2013).

2 Materiali e Metodi

2.1 Area di studio

Al fine di ottenere una stima della distribuzione spazio-temporale delle abbondanze di *Stenella coeruleoalba* e *Tursiops truncatus* nel Golfo di Taranto (Mar Ionio settentrionale), sono state individuate due aree di studio di circa uguale estensione i cui confini sono stati disegnati utilizzando il software ARCGis 10.01 ESRI (Geographic Information System).

La scelta di indagare due aree di studio adiacenti è stata conseguente alla valutazione delle seguenti opportunità di indagine:

- 1) necessità di ampliamento dell'areale di ricerca indagato dal 2009 al 2013;
- 2) esigenze ecologiche proprie delle specie indagate; infatti i Cetacei possono percorrere molte miglia in una sola giornata ed alcune popolazioni possono trovarsi esclusivamente in una delle due aree.

Le due aree di studio sono state codificate come Area di Taranto ed Area di Policoro in relazione al porto di partenza del mezzo nautico utilizzato per le attività di ricerca (Fig. 2.1.A÷B).

1) L'area di Taranto ha una forma poligonale a 5 vertici estendendosi su una superficie totale di circa 319 km² (circa 93 miglia nautiche quadrate) fino ad una batimetria di 750 m. I suoi confini interessano due regioni: Puglia e Basilicata. L'area in questione rappresenta l'areale di ricerca indagato storicamente dalla Jonian Dolphin Conservation a partire dal 2009 (<http://seamap.env.duke.edu/dataset/812>) (Dimatteo *et al.*, 2010; Fanizza *et al.*, in press).

2) L'area di Policoro ha una forma poligonale a 4 vertici avente una superficie pari a circa 321 km² (circa 93 miglia nautiche quadrate). La superficie di interesse si estende lungo la costa della regione Basilicata fino alla batimetria di 1000 m. In questa area i dati di avvistamento sono disponibili a partire dal 2013.

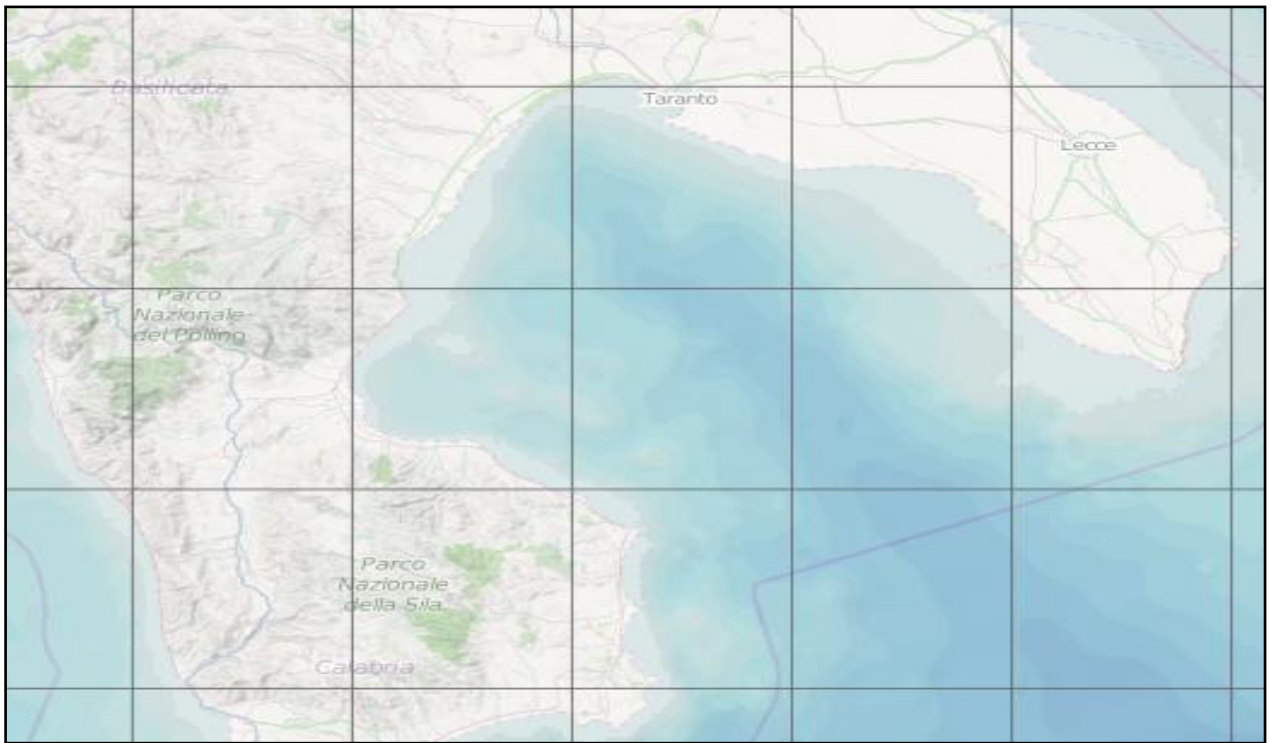


Fig. 2.1 A - Area di campionamento, Golfo di Taranto (Mar Ionio Settentrionale).

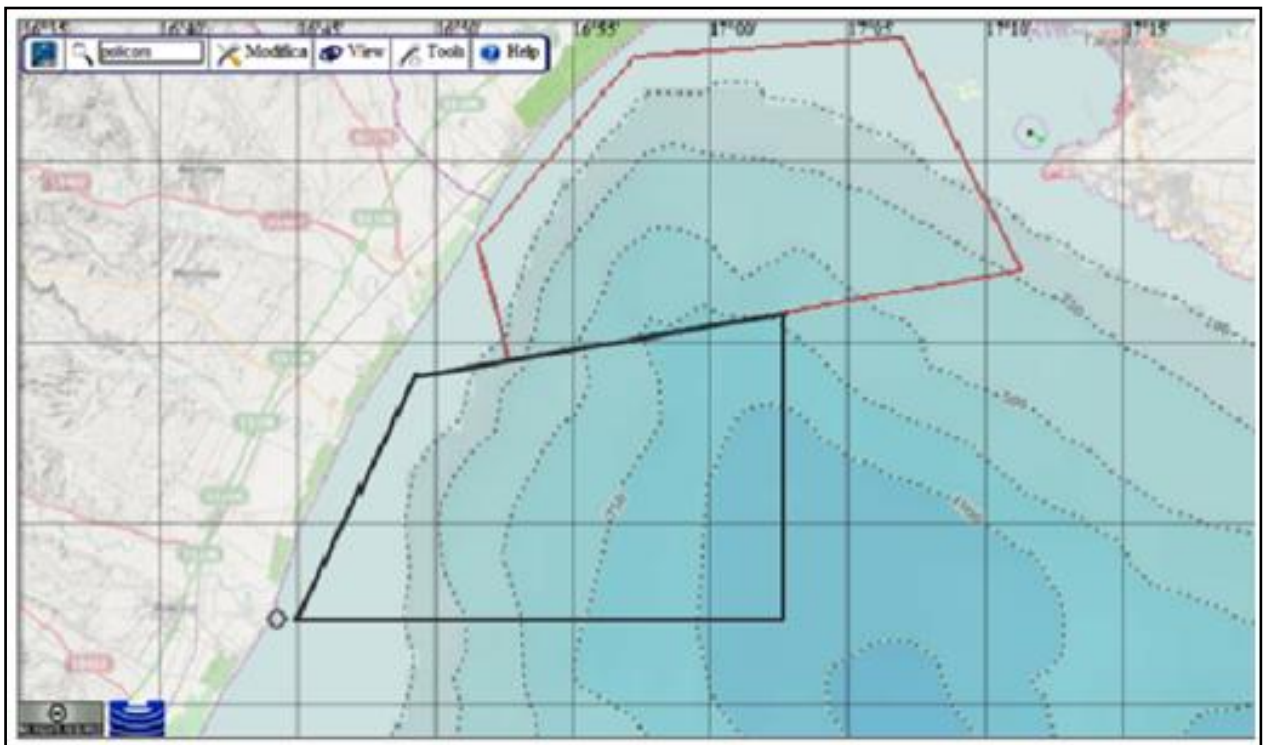


Fig. 2.1.B - Ingrandimento dell'area di campionamento. L'area in rosso è stata rinominata "area di Taranto" mentre l'area in nero è stata rinominata "area di Policoro".

2.2 Il Disegno di campionamento

La definizione del disegno di campionamento ha previsto una fase iniziale di ricerca bibliografica utile ad individuare quale modello di riferimento fosse più comunemente usato per lo studio dei Cetacei su scala globale ed in Mediterraneo (Forcada *et al.*, 1994; Buckland *et al.*, 2001; Strindberg e Buckland, 2004; Lauriano *et al.*, 2008; Lauriano *et al.*, 2010; Thomas *et al.*, 2010; Dick e Hines, 2011; Bradford *et al.*, 2012; Miller *et al.*, 2012; Thomas *et al.*, 2013). Questa fase è stata contestualizzata all'area di studio ed alle specie avvistate nel bacino, tenendo in debito conto le esigenze specifiche connesse alla fase di raccolta dati in mare.

Nel caso in studio il metodo che meglio si adatta alle esigenze di ricerca ed alla distribuzione di *S. coeruleoalba* e *T. truncatus* nel Golfo di Taranto è quello del transetto lineare laddove l'efficienza dell'avvistamento decresce all'aumentare della distanza dell'animale dalla linea percorsa durante la navigazione (Buckland *et al.*, 2001; Thomas *et al.*, 2010). Al contrario, il metodo del transetto a punti non è stato ritenuto idoneo perché in questo tipo di campionamento viene investito molto tempo nel raggiungere i vari punti casuali e nella ricerca degli animali (Bollinger *et al.*, 1988).

2.2.1 Il Metodo del Line Transect Sampling

Il modello del transetto lineare utilizza una funzione di contattabilità per fittare i dati raccolti durante il campionamento. La funzione di contattabilità o "detection function" $g(y)$ è la probabilità che un oggetto situato sul transetto o nelle vicinanze ($y \cong 0$) sia avvistato. La distanza y è pertanto la distanza perpendicolare. Generalmente, la detection function è compresa in tale intervallo: $0 \leq g(y) \leq 1$ (Buckland *et al.*, 2001) (Fig. 2.2.1. A).

Per stimare la densità degli animali in una popolazione si pone che la densità D degli oggetti sia data da:

$$D = \frac{N}{A} ; \text{ (Cochran, 1977)}$$

dove (A) è un'area geografica fissa e (N) è una popolazione finita da campionare.

La teoria del Distance Sampling ha adattato questa formula ai due principali metodi. Applicando il metodo del transetto lineare, la densità (D) è data da:

$$\frac{n}{2\omega L\hat{P}_a}$$

Dove n è il numero di animali, 2ω è la visibilità degli operatori e L è la lunghezza totale del transetto percorso.

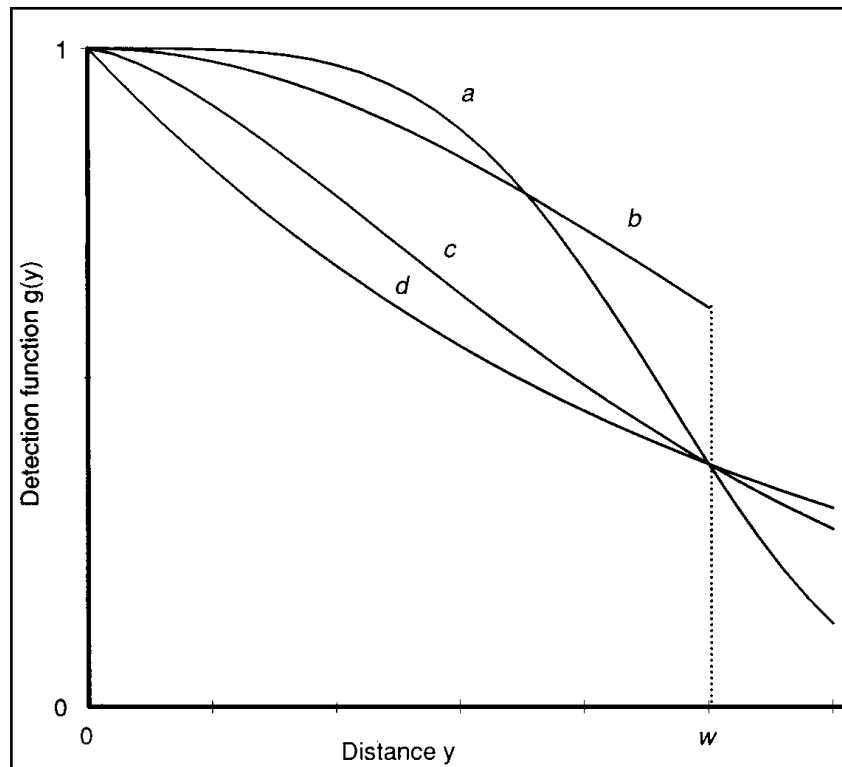


Fig. 2.2.1. A - Esempi di detection function $g(y)$. La funzione b è stata troncata alla distanza w ; le funzioni con un andamento simile alle a , b e c sono molto comuni nel distance sampling. La funzione d è il risultato un campionamento con pochi dati da analizzare e quindi non rappresentativi. (Disegno tratto da Buckland *et al.*, 2001)

P_a è la probabilità di avvistare degli animali all'interno dell'area di studio, per stimare \hat{P}_a dobbiamo definire la funzione $g(y)$, cioè la probabilità che un oggetto sia avvistato ad una distanza y dalla linea (Buckland *et al.*, 2001; Thomas *et al.*, 2013). Quindi definiamo che:

$$P_a = \mu/\omega$$

dove $\mu = \int_0^{\omega} g(x) dx$ è l'“effective strip (half) width” (gli animali che si trovano oltre l'areale di visibilità (ω) dell'operatore non devono essere conteggiati). Integrando la funzione $g(x)$ si ottiene che:

$$f(x) = g(x)/\mu$$

dove $f(x)$ è la funzione di probabilità della densità. Si assume che $g(0)=1$, per cui $f(0) = 1/\mu$ (Buckland *et al.*, 2001; Thomas *et al.*, 2013). Quindi la densità D si può anche scrivere come:

$$\frac{nf(0)}{2L};$$

Il vero valore della “detection function” $g(y)$ non è noto, per questo è importante che le assunzioni descritte nel paragrafo 1.3 siano rispettate (Buckland *et al.*, 2001; Thomas *et al.*, 2013).

In generale il modello del transetto lineare deve possedere 3 proprietà: la robustezza, la forma e l'efficienza (Buckland *et al.*, 2001).

- 1) La robustezza è la proprietà più importante di un modello, essa permette al modello di essere flessibile ed assumere diverse forme che si possono avvicinare alla vera curva della detection function. Questa proprietà si addice a modelli con un minimo di 2 o 3 parametri, perciò sono detti modelli semiparametrici.
- 2) La proprietà della forma esclude tutte le funzioni che graficamente hanno picchi molto vicini a valori di distanza 0. Quando i dati sono suddivisi in molte classi di distanza, ed esse poi sono plottate in un istogramma, non si notano picchi su un determinato valore; tuttavia se si riducono le classi di distanza è possibile osservare o meno in quale classe si concentrano le osservazioni (Fig. 2.2.1.B).
- 3) Il modello deve dare un risultato della stima della densità il più preciso possibile. Per ottenere quindi una massima efficienza del modello è bene usare il “maximum likelihood method” che ha buone proprietà statistiche quale la minima varianza asintotica.

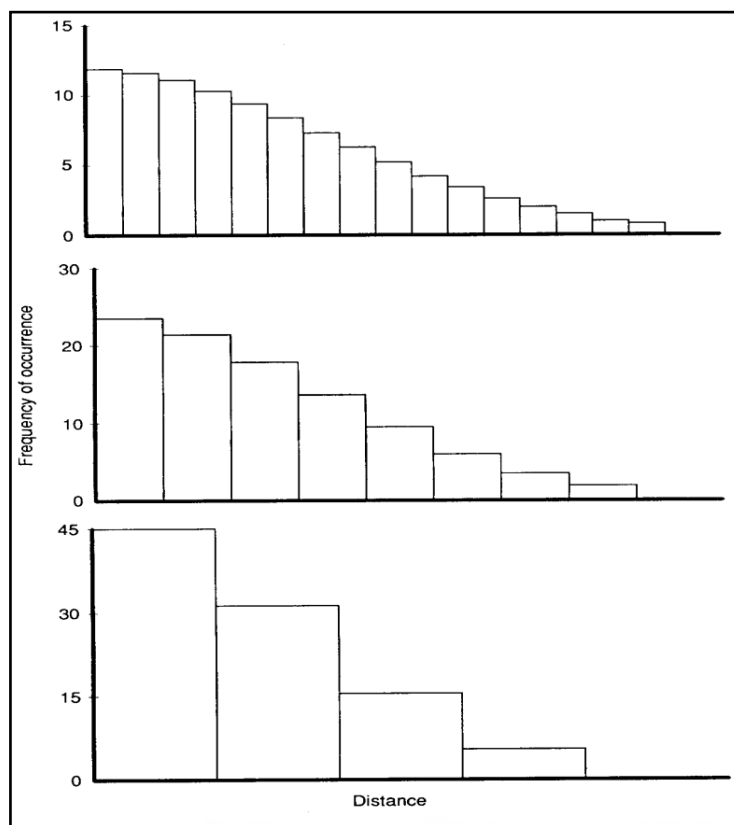


Fig. 2.2.1.B - Esempio di istogrammi in cui i dati, $n=100$, sono distribuiti per classi di distanze. Nel primo grafico non risulta in modo visivo nessuna anomalia riguardo la forma e non è evidente un picco vicino allo 0 mentre nel terzo grafico vengono ridotti gli intervalli di distanza e si nota molto chiaramente che molte distanze hanno valori vicino allo 0. (Disegno tratto da Buckland *et al.*, 2001)

Il metodo del transetto lineare prevede diversi tipi di disegno sperimentale:

“Systematic Random Sampling” che utilizza delle linee parallele disposte a random lungo i lati dell’area, spesso queste linee non sono della stessa lunghezza (Fig. 2.2.1.C). Se la maggior parte delle linee sono vicine o corrispondono al confine dell’area, allora i campioni che vengono avvistati in prossimità di queste linee sono chiaramente non rappresentativi (Guthery, 1988). Utilizzando questo metodo si ha uno sforzo d’indagine molto grande per spostarsi da una linea all’altra.

“Equal Angle zig-zag Sampling” che genera delle linee a zig-zag poste a random all’interno dell’area di studio ed orientate sempre con lo stesso angolo (Fig. 2.2.1.D).

L’“Equal Spaced zig-zag Sampling” permette che le linee a zig-zag del transetto corrano lungo punti equidistanti ai lati opposti dei confini dell’area d’indagine. Tutto ciò fa sì che i transetti coprano una maggior porzione dell’area indagata.

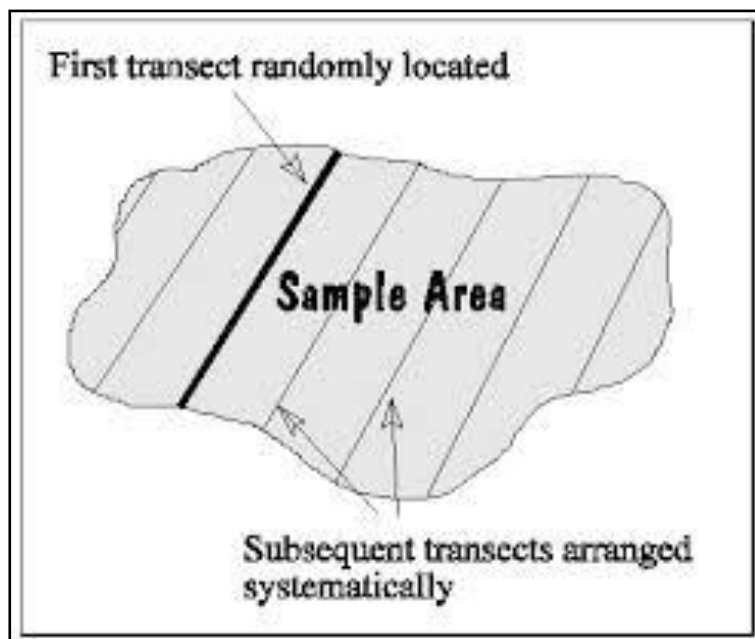


Fig. 2.2.1.C - Esempio di un disegno sperimentale ottenibile applicando il metodo systematic random sampling. (Disegno tratto da Buckland *et al.*, 2001)

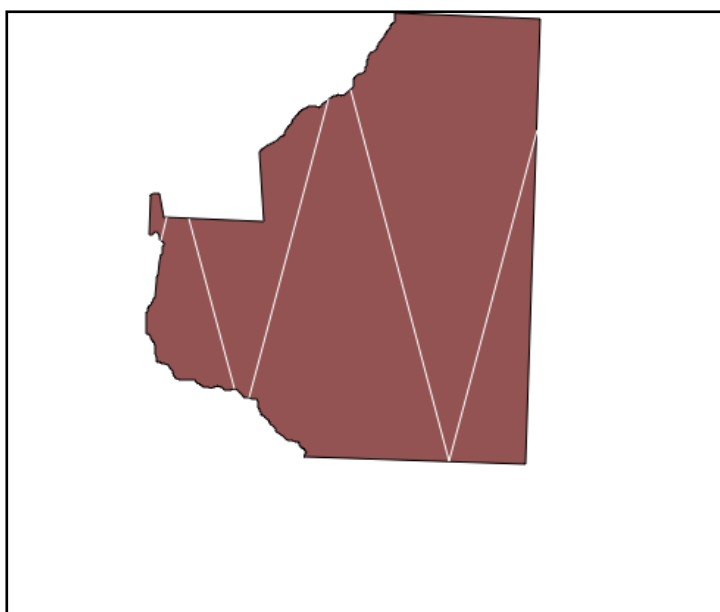


Fig. 2.2.1.D - Esempio di disegno sperimentale di un transetto a zig-zag. (Disegno tratto dal software Distance 6.0)

Lo studio delle differenti esperienze di ricerca condotte su scala globale per problemi omologhi ha confermato che proprio in virtù delle caratteristiche di adattabilità e copertura dell'area di ricerca, il disegno sperimentale "Equal spaced zig-zag sampling" poteva meglio adattarsi allo studio di *S. coeruleoalba* e *T. truncatus* nel Golfo di Taranto.

Pertanto sono state predisposte 3 differenti configurazioni in cui sono stati variati diversi parametri (angolo, lunghezza del transetto, il “width”, ovvero l’ampiezza visiva di osservazione non distorta degli individui a destra e sinistra di un operatore posto sull’imbarcazione ed i grid points ovvero il sistema di punteggiatura lungo i quali passerà la rotta del transetto. Ogni configurazione è stata sottoposta a 100 simulazioni random, valutando il valore assunto dall’indicatore coverage probability. La coverage probability oscilla tra un valore minimo ed un valore massimo di 0 e 1, rispettivamente indicando un difetto di campionamento o una sorta di sovracampionamento dell’area.

L’ipotesi nulla testata prevedeva che non ci fosse alcuna differenza significativa nella coverage probability rispetto alle 3 differenti configurazioni.

Nella prima configurazione testata l’area di Taranto è stata divisa in 4 sub-aree della stessa superficie, ogni area è stata analizzata singolarmente. La lunghezza totale del transetto è stato posto a 8,75 miglia nautiche per ciascuna sub-area. Il width è stato fissato a 2 miglia nautiche e la distanza tra i grid point a 4 miglia nautiche (Fig. 2.2.1. E).

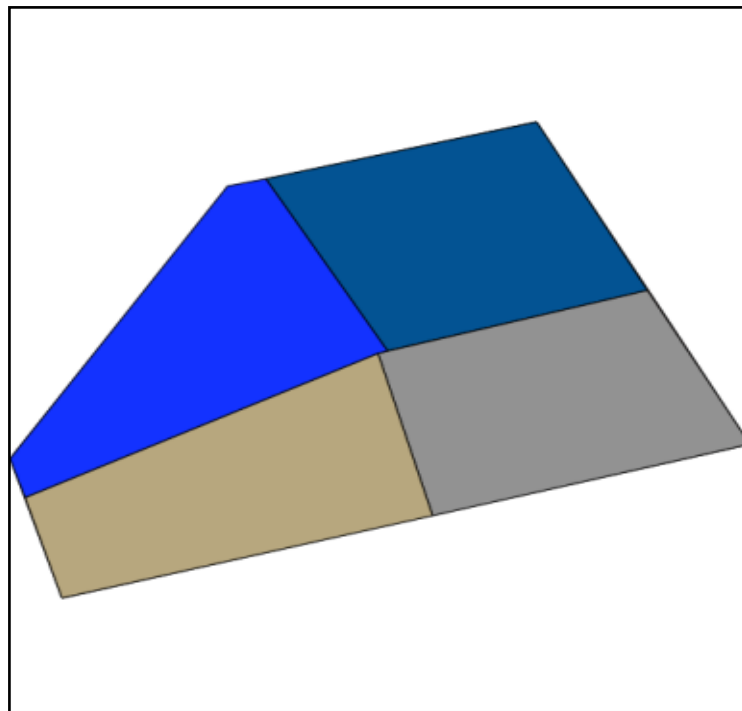


Fig. 2.2.1.E - Area di Taranto suddivisa in 4 sub-aree. (Disegno tratto dal software Distance 6.0)

La prima configurazione non ha garantito una copertura dell’area di investigazione soddisfacente per i seguenti motivi:

- 1) Suddividendo l'area in 4 sub aree è stato prodotto un transetto a zig-zag corto, circa 2 segmenti in ogni sub area. In questo modo se si percorrono 2 segmenti, alternandoli giorno per giorno, si ottiene uno sforzo di ricerca "off-effort" sicuramente maggiore dello sforzo di ricerca "on-effort". Infatti il valore dell'area percorsa dai transetti è nettamente superiore al valore della superficie reale dell'area, ciò indica la possibilità di un bias nel campionamento (Tab. 2.2.1.a).
- 2) I valori della media e deviazione standard della coverage probability (evidenziati in rosso nella Tab. 2.2.1.a) sono molto significativi e indicano quindi un bias nel campionamento.
- 3) I valori dei punti della griglia vanno oltre il valore soglia di 0,99 proprio perché i grid point sono solo 2 e quindi non c'è una buona copertura in nessuna delle 4 sub aree (Fig. 2.2.1.F).

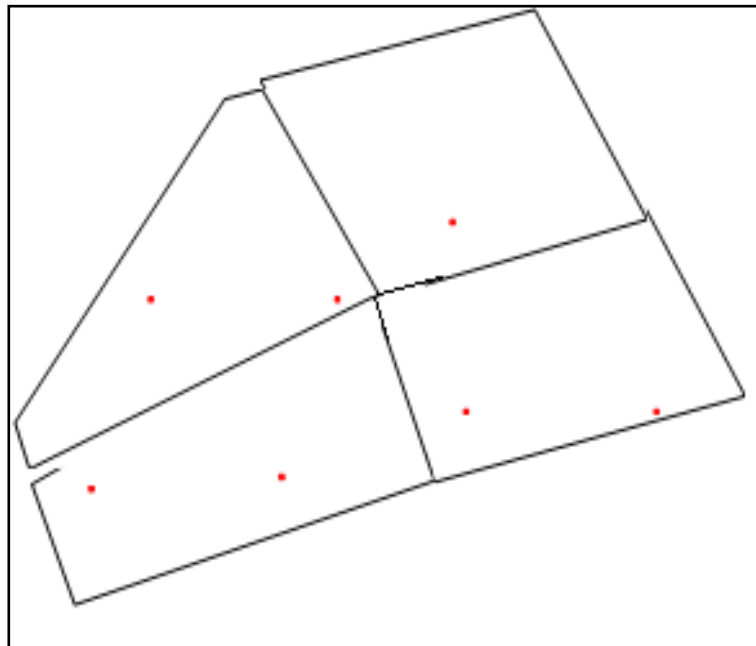


Fig. 2.2.1.F - Grid points generati in ciascuna sub-area. Il valore della coverage probability di ogni punto è 0,99, infatti essi sono di colore rosso. (Disegno tratto dal software Distance 6.0)

Nella seconda configurazione l'area totale è stata divisa in due sub-aree. Le due sub-aree sono state individuate intercettando la linea batimetrica dei 100 m, individuando uno strato costiero ed uno pelagico dato che negli avvistamenti degli anni precedenti si osservava un gran numero di animali a cavallo di tale batimetrica (Fanizza *et al.*, in press). I parametri sono stati fissati ad 1 miglio nautico per il width e 2 miglia nautiche per la distanza tra i grid point. La line length (L) per lo strato costiero è stata fissata a 25 miglia nautiche mentre per lo strato pelagico L è 22 miglia nautiche (Fig. 2.2.1.G).

La seconda configurazione ha apportato miglioramenti nel disegno di campionamento. Tuttavia la configurazione non è stata adottata per i seguenti motivi:

- 1) le due aree avrebbero dovuto alternarsi durante i giorni, ciò avrebbe portato a percorrere lo strato pelagico per un'intera giornata tralasciando a priori lo strato costiero. Questa situazione riduce molto la possibilità di avvistare gli animali nello strato non percorso.
- 2) I risultati hanno portato a valori della media e della deviazione standard della coverage probability abbastanza buoni, ma nello strato costiero l'area coperta dai punti della griglia è maggiore di quella campionaria (valore evidenziato in rosso nella Tab. 2.2.1 a). Ciò vuol dire che più grid point si sovrappongono e, se si procedesse alla generazione dei transetti, si otterrebbe una sovrastima dell'area dato che il transetto passerebbe sullo stesso grid point più volte.

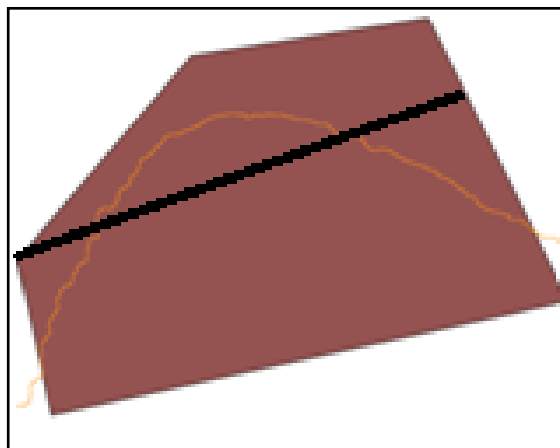


Fig. 2.2.1.G - Area di Taranto suddivisa nello strato costiero al di sopra della linea nera e strato pelagico al di sotto della linea nera. La linea arancione evidenzia la batimetria dei 100 m di profondità. (Disegno tratto dal software Distance 6.0)

Nella terza configurazione si è proceduto all'analisi sull'area totale senza suddivisioni (Fig. 2.2.1.H). L'angolo del transetto è stato fissato a 45 gradi, tenendo conto dei risultati precedenti, e dopo aver fatto delle prove per vedere quale tra 0, 15, 30 e 45 gradi portasse a valori buoni di media e deviazione standard della coverage probability. La line length (L) è stata fissata a 35 miglia nautiche per motivi che tengono conto dello sforzo di navigazione. La distanza tra i grid points pari a 1,6 miglia nautiche permette che ogni punto nella griglia sia distribuito in modo da coprire bene tutta la superficie dell'area ed evitare che il transetto percorra due volte lo stesso punto. Infatti, nessun punto ha una coverage probability maggiore di 0,99 (Fig. 2.2.1.I).

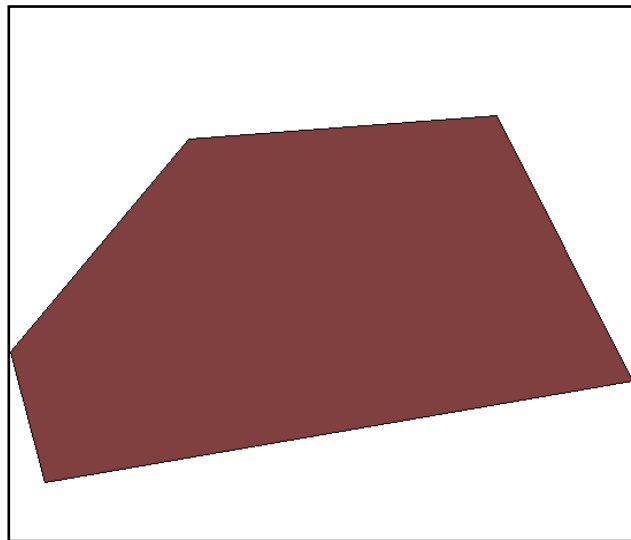


Fig. 2.2.1.H - Area di Taranto non suddivisa. (Disegno tratto dal software Distance 6.0)

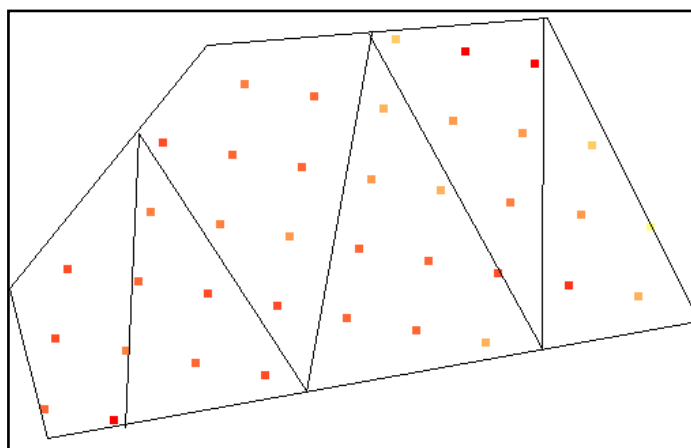


Fig. 2.2.1.1 - Area di Taranto in cui è presente sia la griglia dei punti, con diversi valori della coverage probability compresi tra 0 e 1, sia il transetto a zig-zag. (Disegno tratto dal software Distance 6.0)

L'ipotesi nulla è stata verificata, infatti la configurazione in cui l'area di studio non fosse suddivisa ha mostrato valori della coverage probability (parametro fondamentale per capire se ci sono bias) non significativamente differenti rispetto ai valori ottenuti suddividendo la stessa area (configurazione 1 e 2).

I risultati della media e deviazione standard della coverage probability di questa simulazione, sono molto soddisfacenti, l'area coperta dalla griglia dei punti è minore dell'area campionaria (Tab. 2.2.1.a).

Tab. 2.2.1.a - Tabella riassuntiva dei risultati delle 3 configurazioni eseguite con il software Distance 6.0.

Risultati prima simulazione (4 sub-aree)			
coverage area	stratum area	mean coverage probability	coverage probability standard deviation
139.821 square nautical miles	24.862 square nautical miles	1	0.001
Risultati seconda simulazione (2 sub-aree)			
Strato costiero			
coverage area	stratum area	mean coverage probability	coverage probability standard deviation
69.911 square nautical miles	31.683 square nautical miles	0.983	0.076
Strato pelagico			
coverage area	stratum area	media coverage	
49.936 square nautical miles	50.178 km ²	0.902	0.087
Risultati Area totale			
coverage area	stratum area	mean coverage probability	coverage probability standard deviation
55.929 square nautical miles	92.948 km ²	0,536	0,088
approximated line lenght	realized line lenght	sampler lines generated	proportion of stratum sampled
34.997 nautical miles	30.558 nautical miles	5	0,452

2.2.2 Il Software Distance 6.0 Release 2

La versione utilizzata per questo studio è Distance 6.0 Release 2 che permette di inserire delle aree di studio con dei riferimenti geografici ed eseguire stime di abbondanza utilizzando vari test statistici. Il nome del software è stato scelto proprio perché permette l'analisi di dati raccolti applicando i modelli del Distance Sampling (Buckland *et al.*, 2001; User's Guide Distance 6.0 Release 2).

Innanzitutto si deve creare un nuovo progetto all'interno del software e specificare che metodo del distance sampling si vuole applicare; nel nostro caso di studio è il line transect sampling ed il modello sperimentale dei tracciati di rilevamento scelto è l'Equal Spaced zig-zag Sampling.

Nel passaggio successivo si possono importare le coordinate geografiche dell'area, così facendo il software genera una mappa con il disegno dell'area e crea un layer chiamato "study area" in cui è indicata la sua forma e se contiene dei riferimenti geografici, ad esempio delle coordinate specifiche (Fig. 2.2.2.A).

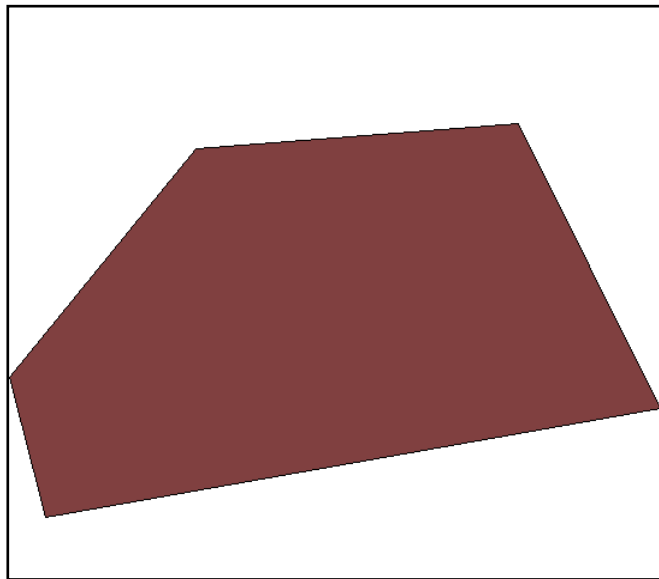


Fig.2.2.2.A - Study area di Taranto generata con Distance 6.0. (Disegno tratto dal software Distance 6.0)

Il software genera una griglia di punti detta "grid point", e la distanza tra i vari punti è decisa *a priori* ed è chiamata "distance between grid points"; questa impostazione influenza la quantità dei punti totali della griglia ed a loro volta essi influenzano la quantità di area che il futuro transetto a zig-zag ricoprirà (Fig. 2.2.2.B).

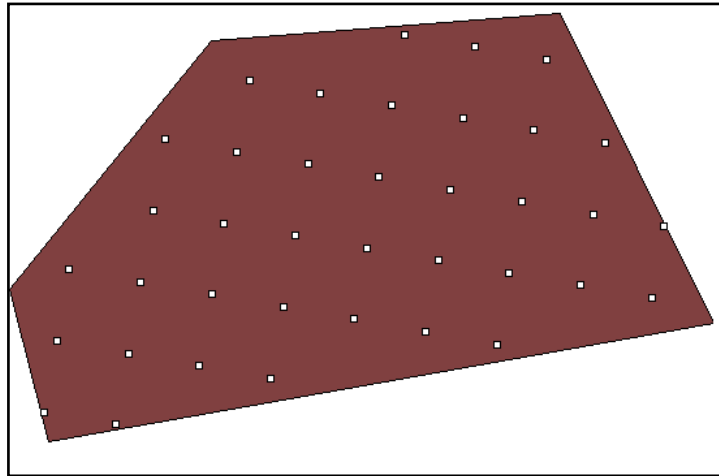


Fig. 2.2.2.B - Griglia di punti creata dal software distance all'interno dell'area di Taranto. (Disegno tratto dal software Distance 6.0)

L'ultima impostazione da inserire è la coverage probability che è composta da una griglia di punti con diversi colori, questi indicano i diversi valori della probabilità di copertura di un futuro transetto a zig-zag nell'area di campionamento (Fig. 2.2.2.C).

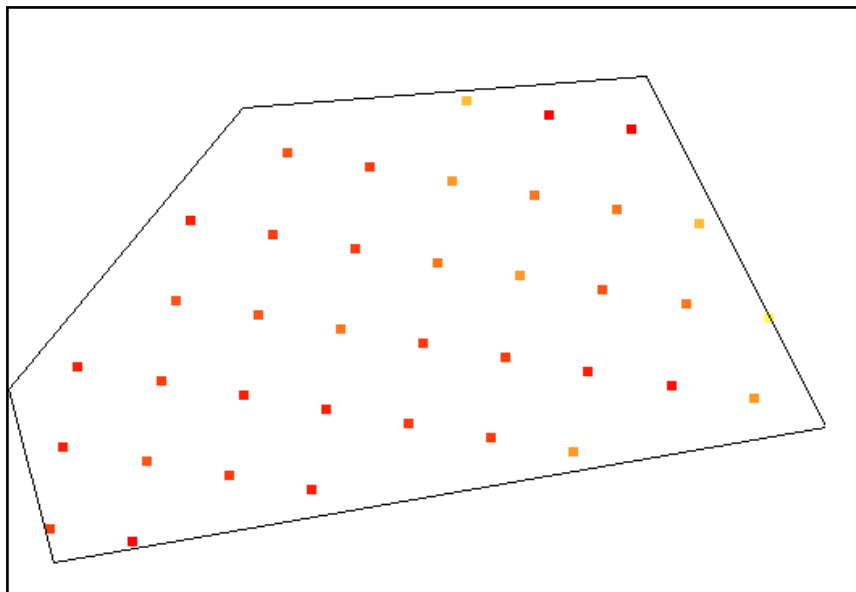


Fig. 2.2.2.C - Risultati della coverage probability all'interno dell'area di Taranto. I colori dei punti vanno dal giallo (valori \geq di 0.30) all'arancione (valori \leq di 0.30 e \leq di 0.60) fino al rosso (valori \geq 0.60). (Disegno tratto dal software Distance 6.0)

Oltre alla mappa con i punti viene generata anche una pagina in cui vengono riassunte varie informazioni: il numero dei punti generati, tutte le impostazioni precedentemente descritte, la media e la deviazione standard della coverage probability (Fig. 2.2.2.D).

Terminata questa fase di progettazione del disegno di campionamento si può procedere a generare i transetti all'interno dell'area di studio. Le coordinate piane possono essere convertite in latitudine e longitudine ed inserite nel GPS a cui è collegato il cartografico dell'imbarcazione che ne imposta la rotta (Fig. 2.2.2.E).

GLOBAL STRATUM	RESULTS	UNITS OF MEASURE
EXPECTED SAMPLER LENGTH	35	NAUTICAL MILES
SAMPLER WIDTH	0.8	NAUTICAL MILES
EXPECTED SAMPLER AREA COVERAGE	55.914	SQUARE NAUTICAL MILES
STRATUM AREA	92.948	SQUARE NAUTICAL MILES
EXPECTED PROPORTION OF STRATUM SAMPLED	0.602	
OVERALL COVERAGE PROBABILITY STATISTICS		
	RESULTS	
MINIMUM COVERAGE PROBABILITY	0.28	
MAXIMUM COVERAGE PROBABILITY	0.71	
MEAN COVERAGE PROBABILITY	0.536	
COVERAGE PROBABILITY STANDARD DEVIATION	0.88	

Fig. 2.2.2.D - Esempio di una pagina dei risultati restituiti dal software Distance in cui vengono riassunte le impostazioni, la media e deviazione standard della coverage probability.

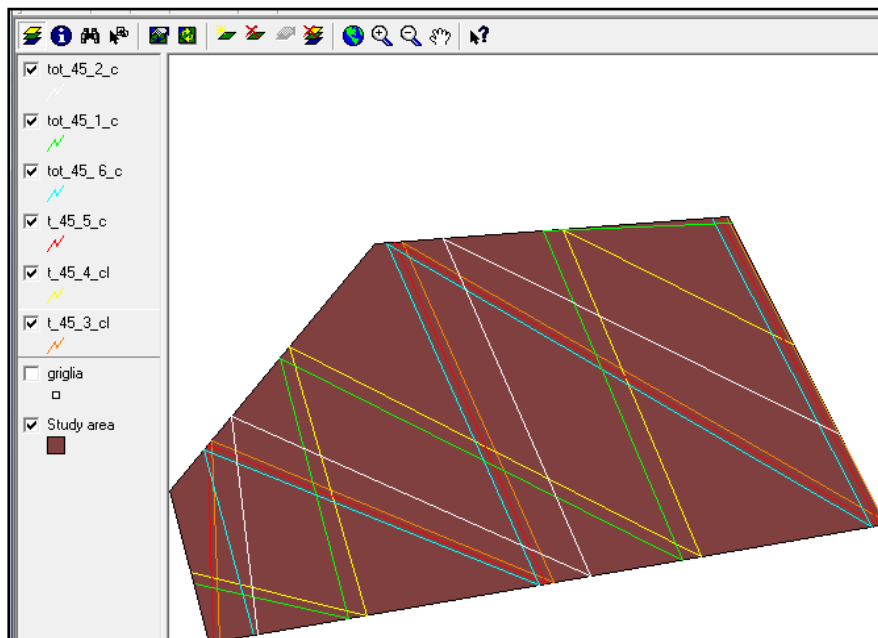


Fig. 2.2.2.E - Esempio di 6 transetti generati all'interno dell'area di Taranto, in questo caso i transetti non si sovrappongono. (Disegno tratto dal software Distance 6.0)

2.3 Raccolta dei dati

La piattaforma di rilevamento utilizzata per la realizzazione del presente studio è il catamarano da ricerca “Taras” della Jonian Dolphin Conservation, imbarcazione studiata e realizzata appositamente per le attività di ricerca sui Cetacei. Il Taras è dotata di torretta di avvistamento situata a 6 m dal livello del mare, per facilitare le attività di avvistamento, e di plancette di poppa vicine alla superficie dell’acqua, per ottenere un punto ideale per la realizzazione delle fotografie utili alla foto-identificazione (Fig. 2.3.A).

Sono inoltre presenti a bordo un GPS cartografico Logger 2000, interfacciato con il programma IFAW ® (www.ifaw.org), il quale registra automaticamente ogni 10 minuti il punto nave, un “angle-board” per stimare l’angolo di avvistamento tra l’animale e l’imbarcazione e la sua distanza (r), binocoli per l’avvistamento 7.50x (Fig. 2.3.B), un kit per il prelievo di campioni cutanei per studi di genetica, alcuni idrofoni e bottom recorder, una Go-pro per le riprese subacquee dei comportamenti dei cetacei e una telecamera con la quale è possibile registrare i comportamenti in superficie anche a lunghe distanze.



Fig. 2.3.A - Catamarano da ricerca Taras in navigazione nel Golfo di Taranto durante un survey del 2014.

Le attività di avvistamento dei Cetacei svolte dalla sottoscritta e dai ricercatori della Jonian Dolphin Conservation sono state condotte seguendo un protocollo specifico. Normalmente gli osservatori sono così distribuiti: 1 osservatore sullo scafo sinistro (portboard), 1 osservatore sullo scafo destro (starboard) ed un operatore sulla torretta di avvistamento. Il range di visuale del portboard è di 100° (90° a sinistra + 10° a destra), il range di visuale dello starboard è anch'esso 100° (90° a destra + 10° a sinistra), il range di visuale dell'operatore che si trova sulla torretta di avvistamento è di 360° , tuttavia egli osserva solo gli oggetti che si trovano davanti ed ai lati dell'imbarcazione. Gli operatori primari (OP) scambiavano la loro posizione ogni 30'. Gli OP sono invitati a non attardarsi a osservare la zona ove si è notato un "segnale" per più di cinque minuti, in modo da non trascurare le altre zone dell'area a loro assegnata.



Fig. 2.3.B - Binocoli 7.50x utilizzati per l'avvistamento dei cetacei.

Tra gli OP è sempre presente almeno un coordinatore esperto che abbia familiarità con il metodo ed il riconoscimento delle specie a cui spetta il compito di decidere quando passare da modalità “on-effort” ad “off-effort” e viceversa (Fig. 2.3.C).

Le osservazioni sono state condotte approssimativamente dalle ore 10:00 alle ore 16:00 in relazione alle esigenze logistiche del catamarano, all’ottimizzazione del tempo della ricerca ed in base alle condizioni meteo-marine. L’imbarcazione ha generalmente navigato alla velocità costante di circa 8 nodi lungo il transetto (L) (Fig. 2.3.D).

Al momento dell’avvistamento, un operatore calcola subito l’angolo di avvistamento (Θ) consultando l’angle board e viene riportata anche la distanza tra l’imbarcazione e l’oggetto (r) consultando il cartografico Logger 2000. Per calcolare la densità degli individui bisogna calcolare la distanza perpendicolare (x) data da: $r \cdot \sin \Theta$ (Buckland *et al.*, 2001).

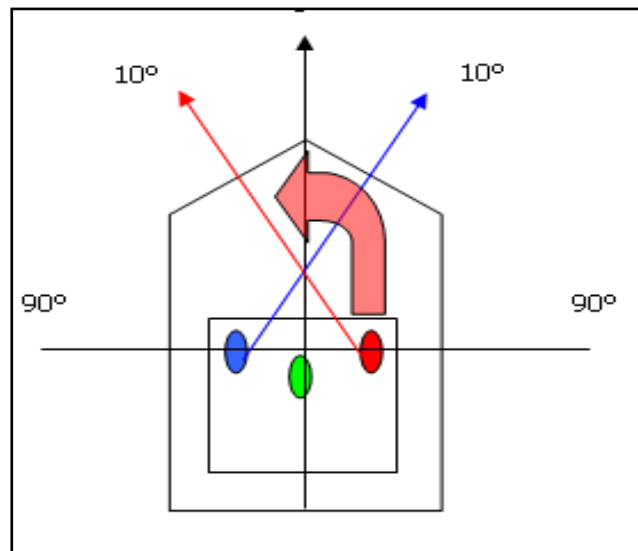


Fig. 2.3.C - Schema delle posizioni e delle visuali dei 3 operatori a bordo di Taras. Il pallino blu è l'OP di sinistra, il pallino rosso è l'OP di destra ed il pallino verde è l'OP sulla torretta di avvistamento.

Prima che l'imbarcazione cambi la rotta e quindi passi dalla modalità on a off-effort viene registrato il tempo di avvistamento on-effort e si verifica la prima stima degli individui, il conteggio viene ripetuto ogni 2 minuti. Quando si passa in modalità off-effort viene calcolato il tempo durante il quale si realizza il contatto e viene eseguita una seconda stima degli individui presenti ogni 2 minuti, inoltre vengono effettuate le riprese subacquee, la foto-identificazione delle pinne dorsali e vengono calati gli idrofoni.

Tutti i dati sono registrati nella scheda di avvistamento della Jonian Dolphin Conservation (Fig. 2.3.E). Alla fine della giornata di ricerca tutti i dati raccolti vengono inseriti all'interno di un dataset di archiviazione. Tutte le immagini fotografiche, i video e i transetti percorsi vengono depositati in apposite cartelle di raccolta (Fig. 2.3.F).

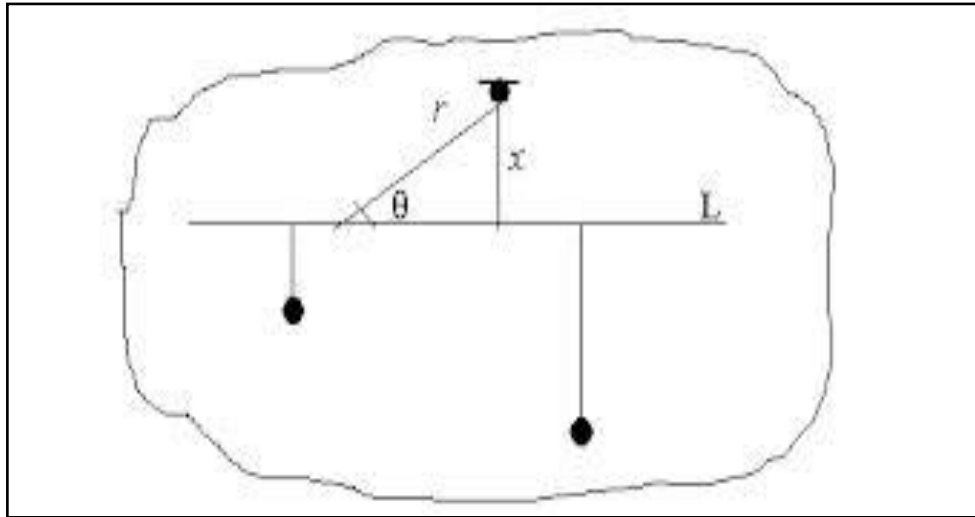


Fig. 2.3 D - Esempio di area di studio in cui seguendo un transetto L si avvista un oggetto (punto nero). R è la distanza dell'oggetto dall'imbarcazione mentre X è la distanza perpendicolare calcolata come $r \cdot \sin(\Theta)$. (Disegno tratto da Buckland *et al.*, 2001)



Fig. 2.3.E - Scheda di avvistamento predisposta per le attività di survey condotte dalla JDC.

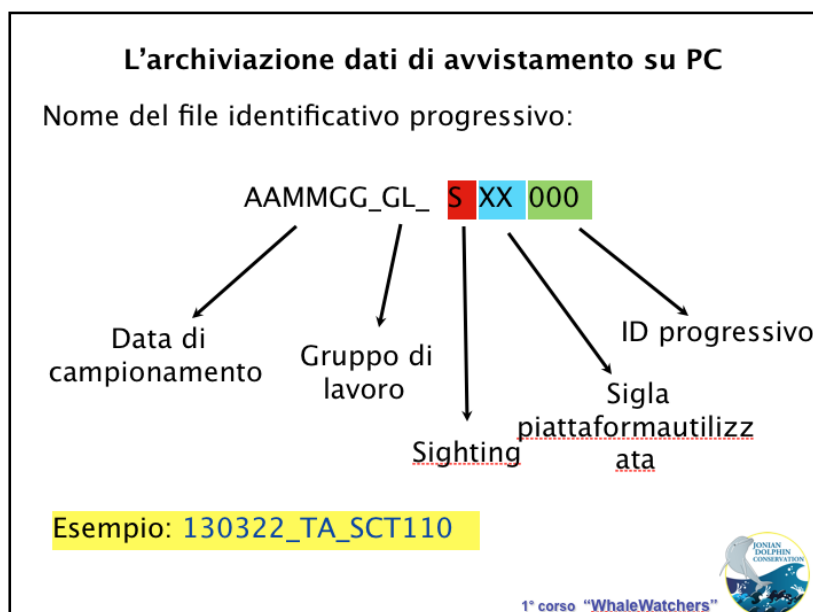


Fig. 2.3.F - Esempio del sistema di archiviazione file: il primo termine rappresenta la data, il secondo termine rappresenta il gruppo di lavoro (nel nostro caso quello di taranto o TA), il terzo termine descrive che tipo di file è (in questo caso un sighting o S, poi CT o Catamarano Taras ed infine il numero progressivo dell'avvistamento (in questo caso 110).

Le specie di Cetacei avvistate da maggio a settembre 2014 e riportate in questa tesi sono state *Stenella coeruleoalba* (Meyen, 1833) e *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821). La stenella striata, pur essendo sempre stata presente nei mari italiani, ha sostituito il delfino comune nel ruolo di delfinide pelagico più abbondante nel Mediterraneo (Notarbartolo di Sciara e Demma, 2004).

Sebbene tipicamente pelagica, la specie è stata regolarmente incontrata anche a minima distanza della fascia costiera. Il corpo della stenella è piccolo ed affusolato, con un rostro ben evidente, sottile e slanciato. La pinna dorsale evidente e falcata è posta a circa metà del corpo e le pinne pettorali sono piccole e appuntite (Fig. 2.3.G). La livrea riveste grande importanza nell'identificazione in mare; la colorazione del dorso è grigio ardesia scuro o nero, i fianchi e il dorso presentano delle striature chiare che si estendono dall'occhio fino alla zona posteriore del corpo. La principale fascia bianca si sviluppa dall'occhio fino al peduncolo caudale, una seconda fascia bianca si separa dalla precedente verso l'alto, disegnando una fiamma chiara sotto la pinna dorsale.

Questa specie forma branchi numerosi, composti da almeno una ventina di esemplari, e presenta un nuoto veloce e acrobatico, è una specie che si alimenta principalmente di pesce, calamari, polpi e occasionalmente di crostacei (Cagnolaro *et al.*, 1983; Perrin *et al.*, 1984; Notarbartolo di Sciara e Demma, 2004).



Fig. 2.3.G - *Stenella coeruleoalba* (Foto di proprietà della JDC).

Il tursiope risulta facilmente avvistabili in acque costiere poco profonde, il suo corpo è piuttosto robusto se paragonato agli altri delfinidi. Il rostro è ben evidente e separato da una piega ben distinta dal capo, provvisto di melone, la pinna dorsale è alta e falcata, le pinne pettorali sono corte e sottili.

La colorazione del dorso varia da grigio scuro a grigio chiaro a differenza dei fianchi che è generalmente più chiara, il ventre presenta una colorazione variabile dal bianco fino al rosato (Notarbartolo di Sciara e Demma, 2004) (Fig. 2.3.H).

Il tursiope può organizzare sia branchi numerosi sia vivere in solitario e mostra un nuoto energico, agile e manovriero superando i 20 nodi. Si nutre prevalentemente di pesci come cefali e pesce azzurro, calamari e polpi e occasionalmente di crostacei (Cagnolaro *et al.*, 1983; Randall e Scott, 2002; Notarbartolo di Sciara e Demma, 2004).



Fig. 2.3.H - *Tursiops truncatus* (Foto di proprietà della JDC).

2.4 Analisi dei dati

Utilizzando il programma Excel di Microsoft sono stati creati 4 dataset separando le due aree (Taranto e Policoro) e le specie *S. coeruleoalba* e *T. truncatus*, distinguendo per data i transetti giornalieri (Fig. 2.4.A).

Per ogni transetto sono state riportate: la data dell'uscita, la superficie dell'area di studio, il codice transetto (L), l'effort (sforzo di ricerca), la misura della distanza perpendicolare (x), il numero di individui avvistati e le iniziali del genere e della specie (Fig. 2.4.B).

I dati degli avvistamenti registrati da maggio ad ottobre dal 2014 sono stati raccolti utilizzando la metodologia del distance sampling e sono stati organizzati come precedentemente descritto.

ANNO	AREA	SPECIE		ANNO	AREA	SPECIE
2009	TARANTO	SC		2009	TARANTO	TT
2010	TARANTO	SC		2010	TARANTO	TT
2011	TARANTO	SC		2011	TARANTO	TT
2012	TARANTO	SC		2012	TARANTO	TT
2013	TARANTO	SC		2013	TARANTO	TT
ANNO	AREA	SPECIE		ANNO	AREA	SPECIE
2013	POLICORO	SC		2013	POLICORO	TT

Fig. 2.4.A - I 4 dataset degli avvistamenti dal 2009 al 2013 divisi in base all'area e in base alle due specie.

DATA	AREA	TRANSETTI	EFFORT	DISTANZA PERP.	ABBONDANZA
9-lug	92.948	1	39.557	0.41	15
16-lug	92.948	2	30.559	0.036	80
17-lug	92.948	3	33.165	0.679	40
17-lug	92.948	4	33.165	0.198	40
21-lug	92.948	5	32.961	0.028	20
24-lug	92.948	6	37.395	0.652	25
28-lug	92.948	7	31.468	0.58	40
30-lug	92.948	8	39.186	1.184	25
13-ago	92.948	9	32.77	0.493	40
20-ago	92.948	10	31.43	0.189	40
21-ago	92.948	11	32.642	0.61	24

Fig. 2.4.B - Dataset dell'anno 2009 nell'area di Taranto della specie *S. coeruleoalba*.

2.4.1 Stima della abbondanza di Cetacei

La stima dell'abbondanza di Cetacei nel Golfo di Taranto è stata realizzata suddividendo:

- 1) l'analisi dei dati storici dal 2009 al 2013 relativi agli avvistamenti di *S. coeruleoalba* e *T. truncatus* nelle due aree;
- 2) l'analisi dei dati attuali 2014 relativi agli avvistamenti di *S. coeruleoalba* e *T. truncatus*, nelle due aree.

Sono stati convertiti i file Excel in file di testo (.txt) per renderli importabili nel software. Durante l'importazione dei dati, abbiamo indicato al programma i nomi dei vari layer e le unità di misura che si intendono definire per le diverse colonne (Fig. 2.4.1.A).

Data layers													
Contents of Observation layer 'Observation' and all fields from higher layers													
Study area		Region				Line transect				Observation			
ID	Label	ID	Label	Area	tempo	ID	Label	Line length	transetti	ID	Perp distance	Cluster size	specie
ID	Label	ID	Label	Decimal	Text	ID	Label	Decimal	Decimal	ID	Decimal	Decimal	Text
n/a	n/a	n/a	n/a	nautmi2	n/a	n/a	n/a	nautmi	[None]	n/a	nautmi	[None]	n/a
Int	Int	Int	Int	Int	Int	Int	Int	Int	Int	Int	Int	Int	Int
1	stenelle 2009	1	Default	92.948	2009	1	Default	39.557	1	1	0.41	15	SC
						2	Default	30.559	2	2	0.036	80	SC
						3	Default	33.165	3	3	0.679	40	SC
						4	Default	33.165	4	4	0.198	40	SC
						5	Default	32.961	5	5	0.028	20	SC
						6	Default	37.395	6	6	0.652	25	SC
						7	Default	31.468	7	7	0.58	40	SC
						8	Default	39.186	8	8	1.184	25	SC
						9	Default	32.77	9	9	0.493	40	SC
						10	Default	31.43	10	10	0.189	40	SC
						11	Default	32.642	11	11	0.61	20	SC

Fig. 2.4.1.A - Organizzazione dei layer dei dati di stenella striata dell'anno 2009 nell'area di Taranto: 1) layer "Study area" in cui è specificato l'anno del campionamento, 2) layer "Region" in cui è specificata la superficie dell'area di campionamento e l'anno di campionamento, 3) layer "Line transect" in cui sono specificati gli effort di ogni transetto, la quantità dei transetti, gli avvistamenti in ogni transetto, 4) layer "Observation" in cui è specificata la distanza perpendicolare, la dimensione del cluster (cioè il numero delle osservazioni effettuate in una giornata) e la sigla del genere e specie dei cetacei avvistati.

Nella maschera primaria del software sono individuabili 4 funzioni: uniform, half-normal, hazard rate, negative exponential; e 3 aggiustamenti: cosine, simple polynomial e hermite polynomial.

Nel caso di studio è stata adottata la funzione “half-normal” accompagnata dal “cosine”. Essa permette una semplice analisi dei dati di tipo “ungrouped” e “untruncated” (non troncati) (Buckland *et al.*, 2001) (Fig. 2.4.1. B÷C).

Key function	Form
Uniform	$1/w$
Half-normal	$\exp(-y^2 / 2\sigma^2)$
Hazard rate	$1 - \exp(-(y/\sigma)^{-b})$
Negative exponential	$\exp(-ay)$

Fig. 2.4.1.B - Le 4 key function. (Immagine tratta dal software Distance 6.0)

Series adjustment	Form ¹
Cosine	$\sum_{j=2}^m a_j \cos(j\pi y_s)$
Simple polynomial	$\sum_{j=2}^m a_j y_s^{2j}$
Hermite polynomial	$\sum_{j=2}^m a_j H_{2j}(y_s)$

Fig. 2.4.1 C - Le 3 series adjustment. (Immagine tratta dal software Distance 6.0)

Successivamente è possibile scegliere come stimare la taglia del cluster, ovvero del raggruppamento di individui osservati nel transetto. Il metodo applicato nel nostro studio è stato la regressione sulla dimensione del bias per livelli minori di $\alpha=0.05$ (Buckland *et al.*, 2001) (Fig. 2.4.1.D).

L'ultima impostazione riguarda la stima della varianza sul tasso di incontro. Ci sono diversi modi di stimarla, in questo studio è stato scelto di non modificare l'impostazione di default del programma ovvero calcolare la stima della varianza empiricamente.

Questa stima è calcolata usando uno stimatore empirico (R2), tra il tasso di incontro e la variabilità del campione (Fewster *et al.*, 2009) la cui formula è:

$$\hat{v}ar \left(\frac{n}{L} \right) = \frac{k}{L^2(k-1)} \sum_{i=1}^k l_i^2 \left(\frac{n}{l_i} \right) - \left(\frac{n}{L} \right);$$

in cui k sono i gradi di libertà, n la dimensione del campione e L la lunghezza del transetto (Buckland *et al.*, 2001) (Fig. 2.4.1.E).

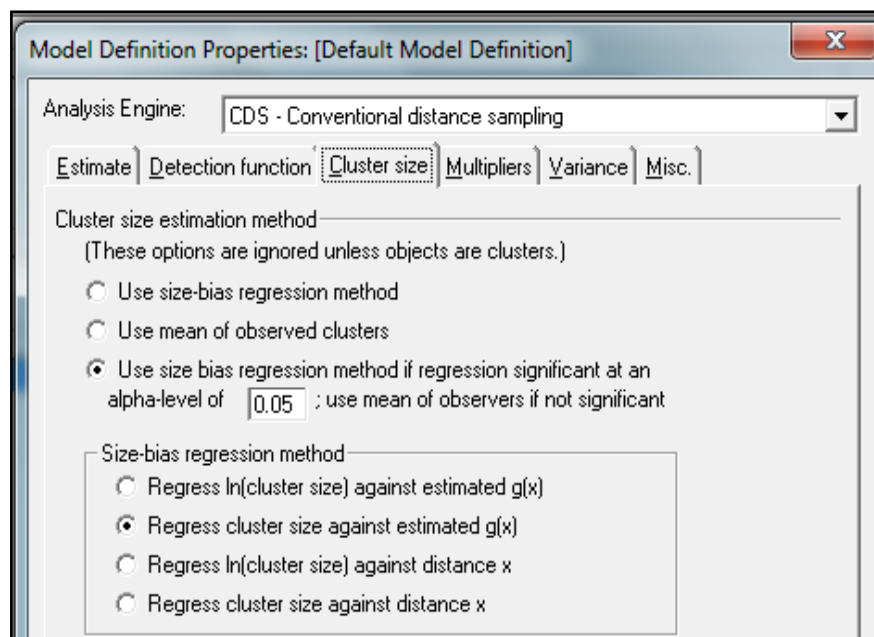


Fig. 2.4.1.D - La sezione "cluster size" mostra le opzioni dei metodo che si possono scegliere per stimare la taglia del cluster. (Immagine tratta dal software Distance 6.0)

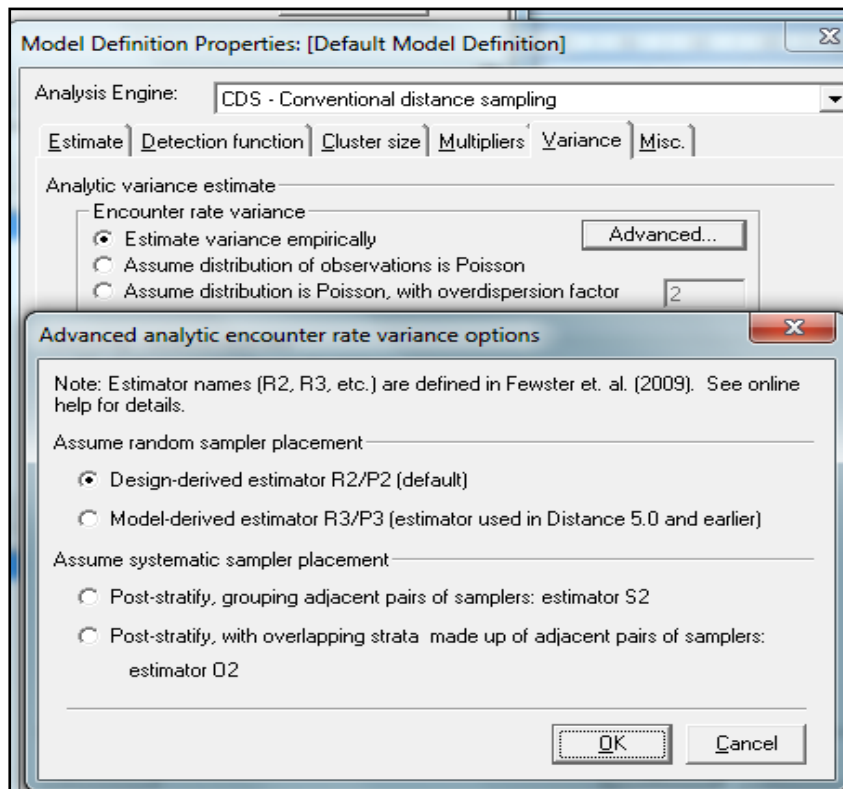


Fig. 2.4.1.E - La sezione "variance" in cui è possibile scegliere come stimare la varianza e quale stimatore utilizzare. (Immagine tratta dal software Distance 6.0)

Infine, il software stima la densità del cluster o DS, la taglia del cluster $E(s)$, la densità degli animali o D , e il numero di animali nell'area o N . (Fig. 2.4.1.F).
Le stime sono state eseguite sia a livello di ogni singolo transetto, sia a livello annuale (globale).

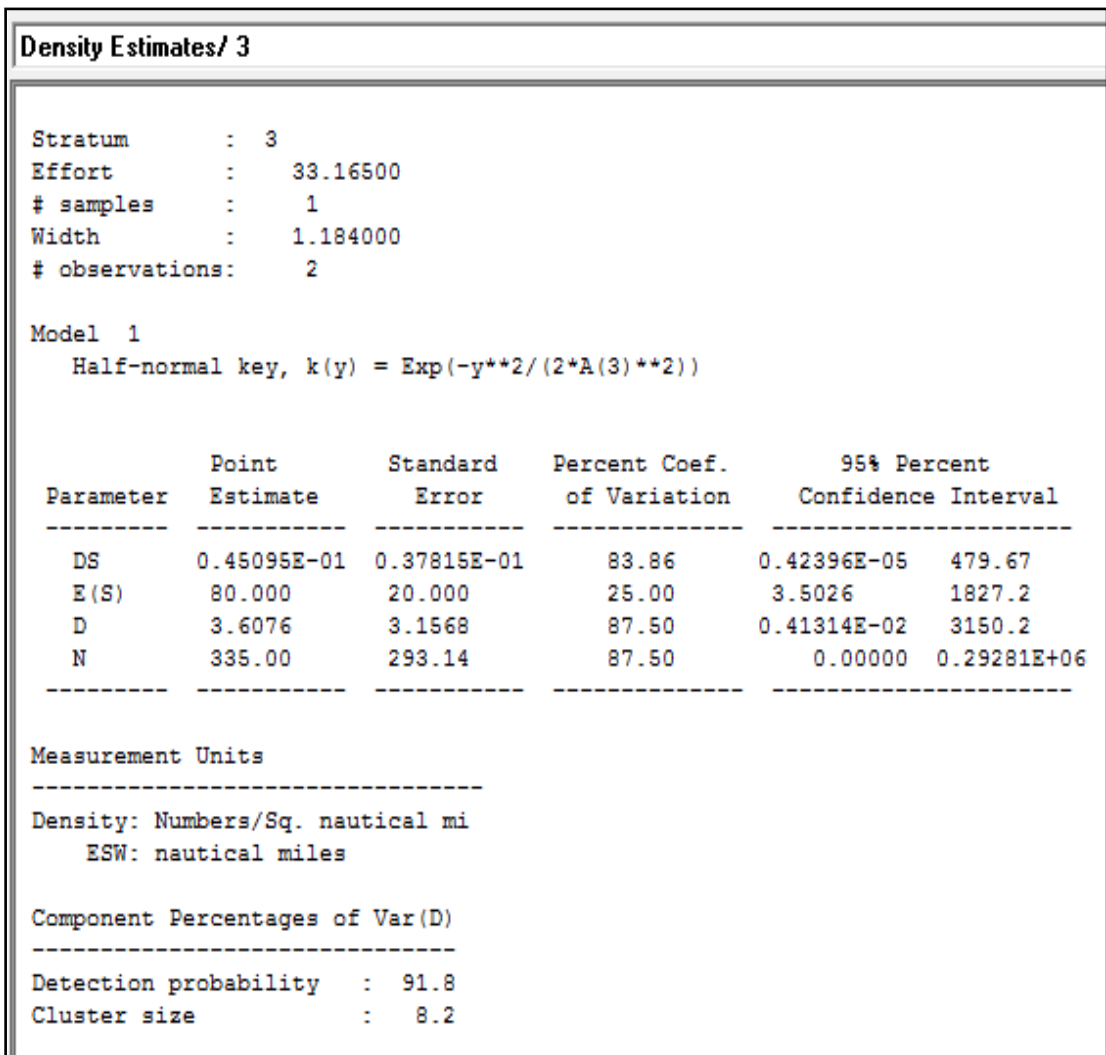


Fig. 2.4.1.F - Esempio di una pagina riassuntiva in cui sono indicati i parametri stimati. La stima della densità del cluster o $DS = 1/2\omega L$, la taglia attesa del cluster $E(s) = D(s)/D$, la densità degli animali o $D = n/a$, l'abbondanza o $N = a * D$. (Immagine tratta dal software Distance 6.0)

Al fine di verificare le differenze tra le abbondanze stimate annualmente per *S. coeruleoalba* e *T. truncatus* nelle due aree di indagine è stato applicato il test statistico non parametrico di Kruskal-Wallis, che confronta il rango delle mediane dei valori di abbondanza (William *et al.*, 1952). Il test è stato applicato utilizzando il software KyPlot (Yoshioka, 2002). In aggiunta, al fine di verificare in quale anno si manifestasse il maggiore disallineamento durante la serie storica di valori di abbondanza stimati per *S. coeruleoalba* e *T. truncatus*, è stato applicato il non Parametric Multiple Comparison test.

3. Risultati

Nel corso del periodo di indagine compreso tra maggio e ottobre 2014 sono stati effettuati 105 survey giornalieri (Fig. 3.A÷B). L'area di Taranto è stata indagata per un totale di 84 uscite in mare, di cui 67 sono i giorni di avvistamento e 17 i giorni di non avvistamento (Fig. 3.C). Durante i survey giornalieri, lo stato del mare è risultato prevalentemente "poco mosso" (stato 2 della scala Beaufort) (Fig. 3.D).

L'area di Policoro è stata indagata da giugno ad agosto 2014 per un totale di 19 survey in mare, di cui 18 sono state le giornate di avvistamento e 1 giornata di non avvistamento (Fig. 3.E). In particolare, durante i survey, lo stato del mare è risultato prevalentemente "poco mosso" (stato 2 della scala Beaufort) (Fig. 3.F).

I valori di abbondanza di *S. coeruleoalba* e *T. truncatus*, stimati per ognuno dei survey giornalieri per l'area di Taranto lungo la serie storica 2009-2014 sono riportati nelle Tab. 3.a÷n e per l'area di Policoro nel biennio 2013-2014 nelle Tab. 3.o÷r. Le stime di abbondanza sono visualizzate nelle Fig. 3.G÷T per l'area di Taranto e nelle Fig. 3.U÷AA per l'area di Policoro. Di seguito si riportano i boxplot relativi alla distribuzione dei valori di abbondanza stimati per *S. coeruleoalba* e *T. truncatus* nelle due aree di studio durante il periodo 2009-2014.

I valori di abbondanza stimati nell'area di Taranto per *S. coeruleoalba* oscillavano tra un minimo di 1 ed un massimo di 544 esemplari. Lungo la serie storica i valori della mediana delle abbondanze stimate per la stenella oscillavano tra un minimo di 37 ed un massimo di 86 individui (Fig. 3.AB). Le fluttuazioni stimate per *S. coeruleoalba* evidenziano un trend temporale di incremento altamente significativo nell'area di Taranto durante il periodo 2009-2014 ($p < 0.001$). Il Multiple Comparison, test delle stime di *S. coeruleoalba*, è risultato altamente significativo tra gli anni 2013 e 2001 ($p < 0.05$), tra gli anni 2014 e 2012 ($p < 0.05$) e tra gli anni 2014 e 2013 ($p < 0.001$) (Tab. 3 s)

I valori di abbondanza stimati nell'area di Taranto dal 2009 al 2014 per *T. truncatus* oscillavano tra un minimo di 26 ed un massimo di 92 esemplari. Lungo la serie storica i valori della mediana delle abbondanze stimate per il tursiope oscillano tra un minimo di 26 ed un massimo di 60 esemplari (Fig. 3.AC).

Nell'area di Policoro il valore minimo e massimo di abbondanza stimati per *S. coeruleoalba* è stato pari a 2 e 191 esemplari, rispettivamente. Le mediane delle abbondanze oscillavano tra un minimo di 49 ad un massimo di 158 esemplari (Fig. 3.AD). I valori di abbondanza stimati nell'area di Policoro per *T. truncatus* oscillavano

tra un minimo di 2 ed un massimo di 6 esemplari. Le mediane delle abbondanze oscillavano tra un minimo di 6 ad un massimo di 10 esemplari (Fig. 3.AE).

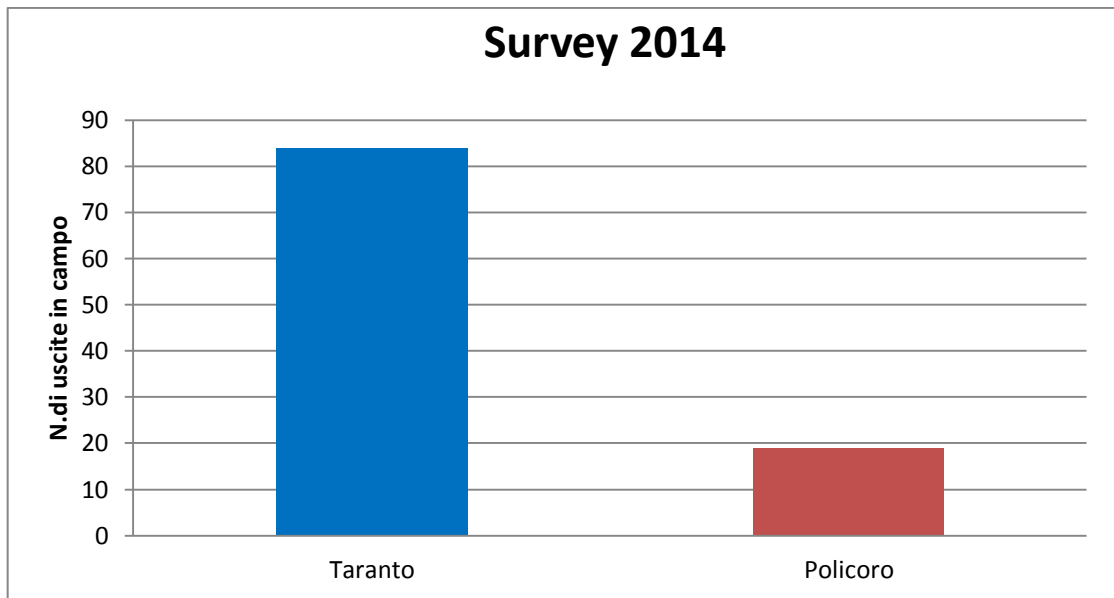


Fig. 3.A – Survey giornalieri realizzati nell'anno 2014.

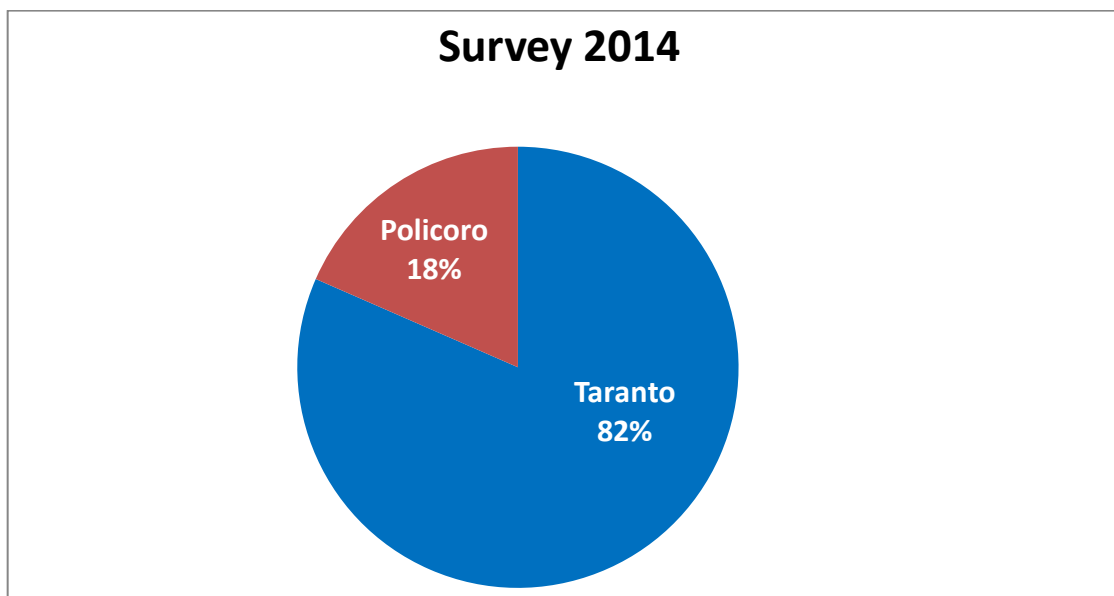


Fig. 3.B - Distribuzione percentuale dei survey giornalieri nelle due are di investigazione durante il 2014.

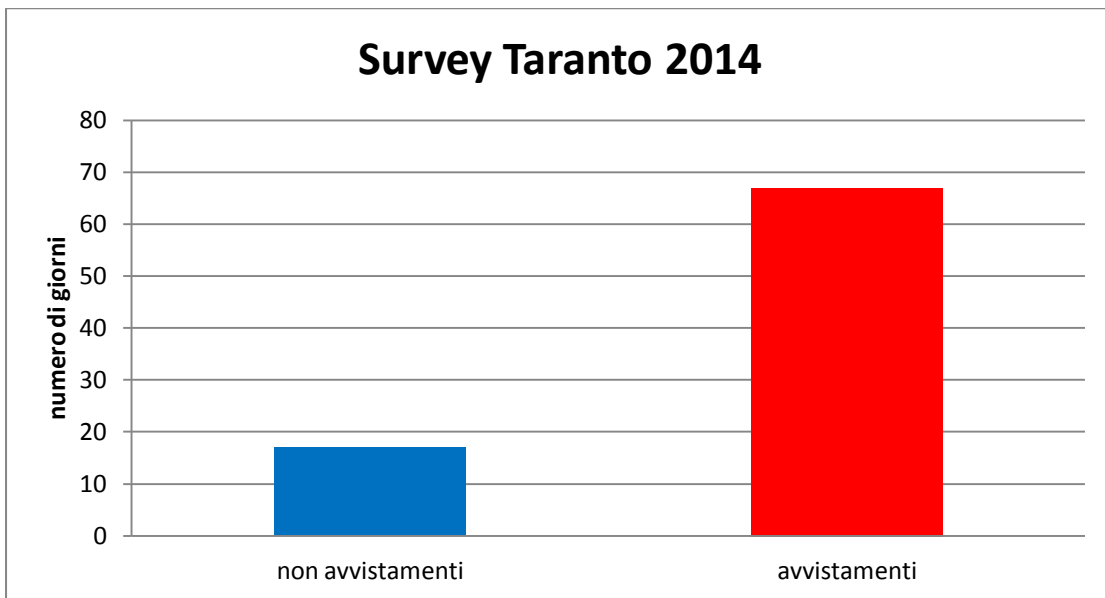


Fig. 3.C – Giornate di avvistamento e di non avvistamento nell'area di Taranto.

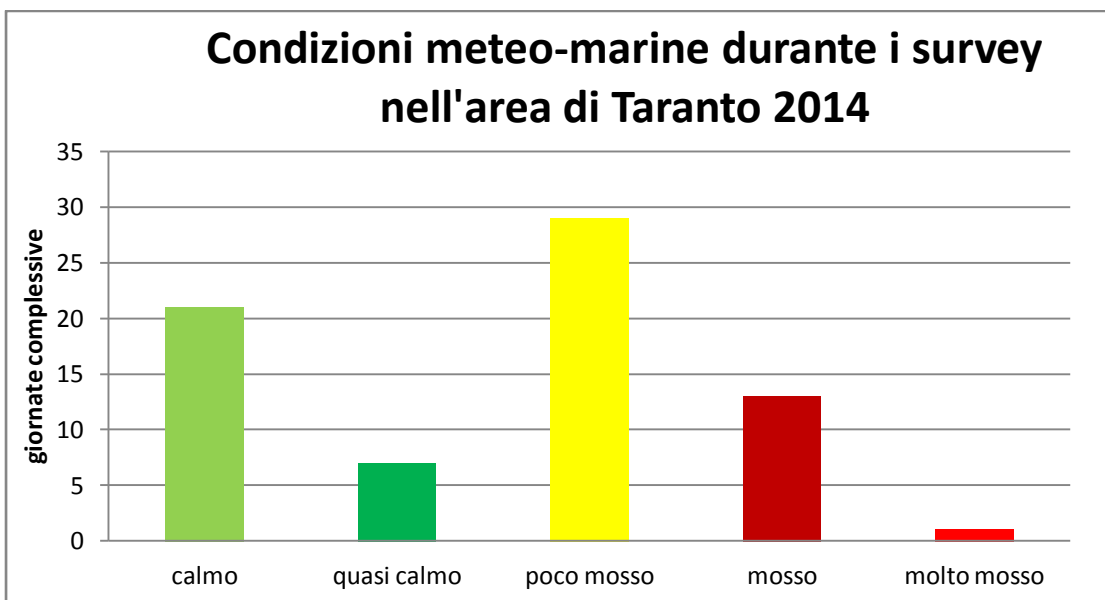


Fig. 3.D – Condizioni meteo-marine registrate durante i survey giornalieri per l'area di Taranto.

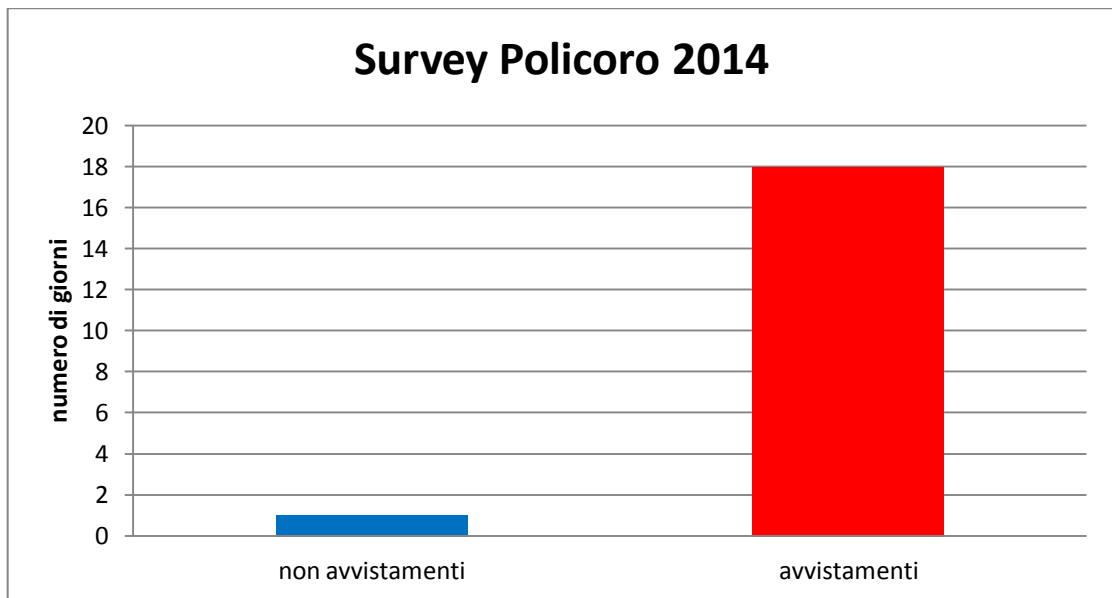


Fig. 3.E – Giornate di avvistamento e di non avvistamento nell'area di Policoro.

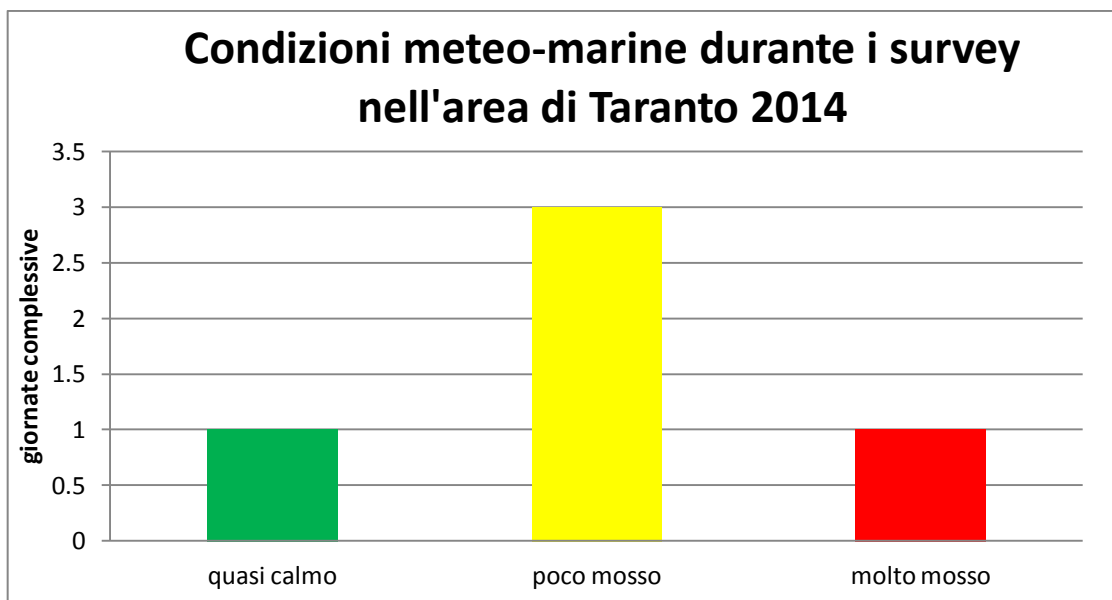


Fig. 3.F - Condizioni meteo-marine registrate durante i survey giornalieri per l'area di Taranto.

Tab. 3.a - Valori di abbondanza giornalieri stimati per *S. coeruleoalba* nell'area di Taranto durante il 2009.

DATA	CODICE TRANSETTO	ABBONDANZA (N)
9-lug	1	15
16-lug	2	103
17-lug	3	47
17-lug	4	47
21-lug	5	24
24-lug	6	26
28-lug	7	50
30-lug	8	25
13-ago	9	48
20-ago	10	50
21-ago	11	24

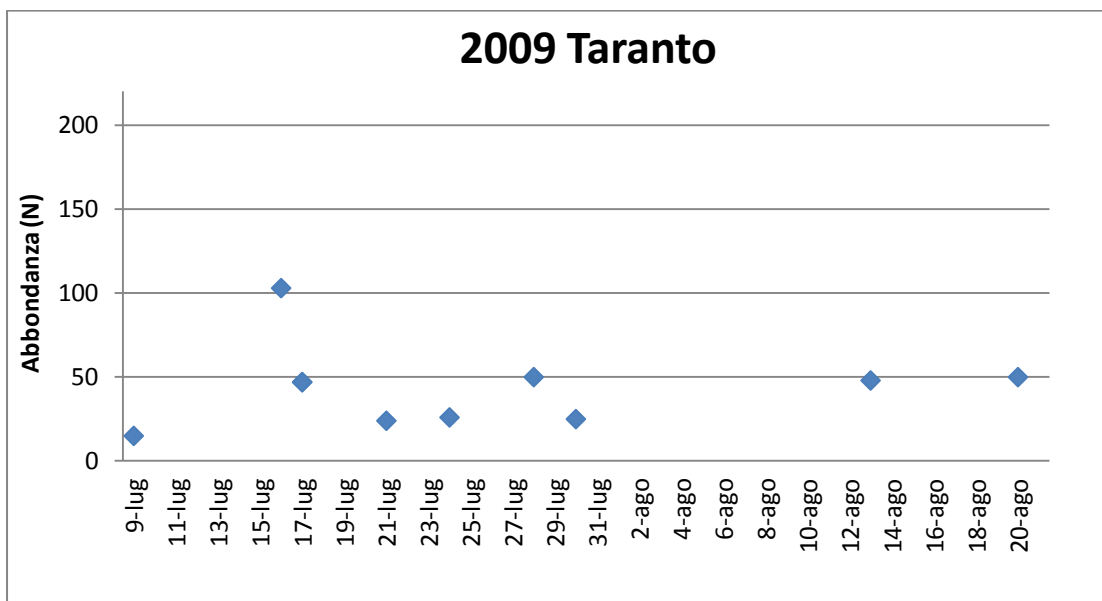


Fig. 3.G - Distribuzione dei valori di abbondanza stimati per *S. coeruleoalba* nell'area di Taranto durante il 2009.

Tab. 3.b - Valori di abbondanza giornalieri stimati per *S. coeruleoalba* nell'area di Taranto durante il 2010.

DATA	CODICE TRANSETTO	ABBONDANZA(N)
30-apr	1	17
11-giu	2	161
18-giu	3	61
25-giu	4	26
29-giu	5	62
30-giu	6	124
3-lug	7	3
6-lug	8	78
7-lug	9	23
9-lug	10	31
10-lug	11	26
13-lug	12	8
14-lug	13	63
16-lug	14	59
16-lug	15	3
17-lug	16	26
20-lug	17	168
21-lug	18	24
22-lug	19	135
23-lug	20	61
24-lug	21	78
4-ago	22	77
6-ago	23	45
6-ago	24	60
8-ago	25	26
13-ago	26	27
14-ago	27	31

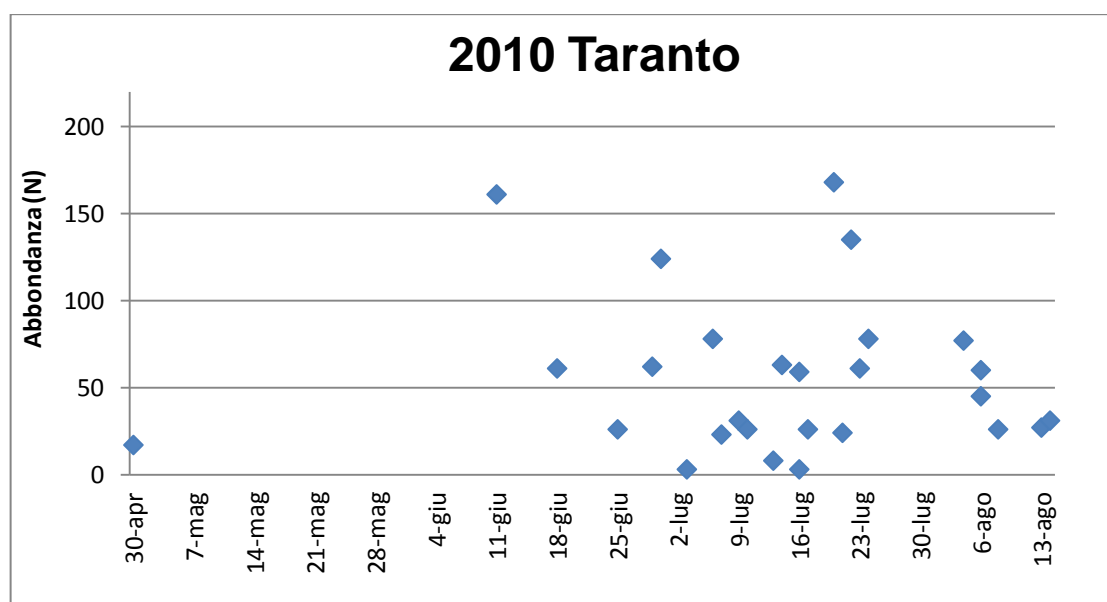


Fig. 3.H - Distribuzione dei valori di abbondanza stimati per *S. coeruleoalba* nell'area di Taranto durante il 2010.

Tab. 3.c - Valori di abbondanza giornalieri stimati per *S. coeruleoalba* nell'area di Taranto durante il 2011.

DATA	CODICE TRANSETTO	ABBONDANZA(N)
15-gen	1	19
15-feb	2	33
5-apr	3	98
21-apr	4	80
13-mag	5	108
19-mag	6	32
26-mag	7	61
3-giu	8	19
10-giu	9	122
14-giu	10	60
16-giu	11	12
17-giu	12	/
18-giu	13	106
19-giu	14	51
21-giu	15	60
22-giu	16	78
24-giu	17	31
28-giu	18	16
1-lug	19	60
1-lug	20	60
2-lug	21	65
5-lug	22	/
6-lug	23	156
7-lug	24	85
8-lug	25	24
12-lug	26	37
13-lug	27	66
14-lug	28	95
15-lug	29	30
22-lug	30	97

Tab. 3.c - Valori di abbondanza giornalieri stimati per *S. coeruleoalba* nell'area di Taranto durante il 2011. Segue

DATA	CODICE TRANSETTO	ABBONDANZA(N)
23-lug	31	130
26-lug	32	90
27-lug	33	60
28-lug	34	46
29-lug	35	159
1-ago	36	59
2-ago	37	9
3-ago	38	64
4-ago	39	32
5-ago	40	30
6-ago	41	98
7-ago	42	0
9-ago	43	76
12-ago	44	16
13-ago	45	6
17-ago	46	0
18-ago	47	30
19-ago	48	90
20-ago	49	102
23-ago	50	3
24-ago	51	30
25-ago	52	/
26-ago	53	/
27-ago	54	64
30-ago	55	86
31-ago	56	/
1-set	57	56
2-set	58	10
14-set	59	30
3-nov	60	12
17-nov	61	45
18-nov	62	/

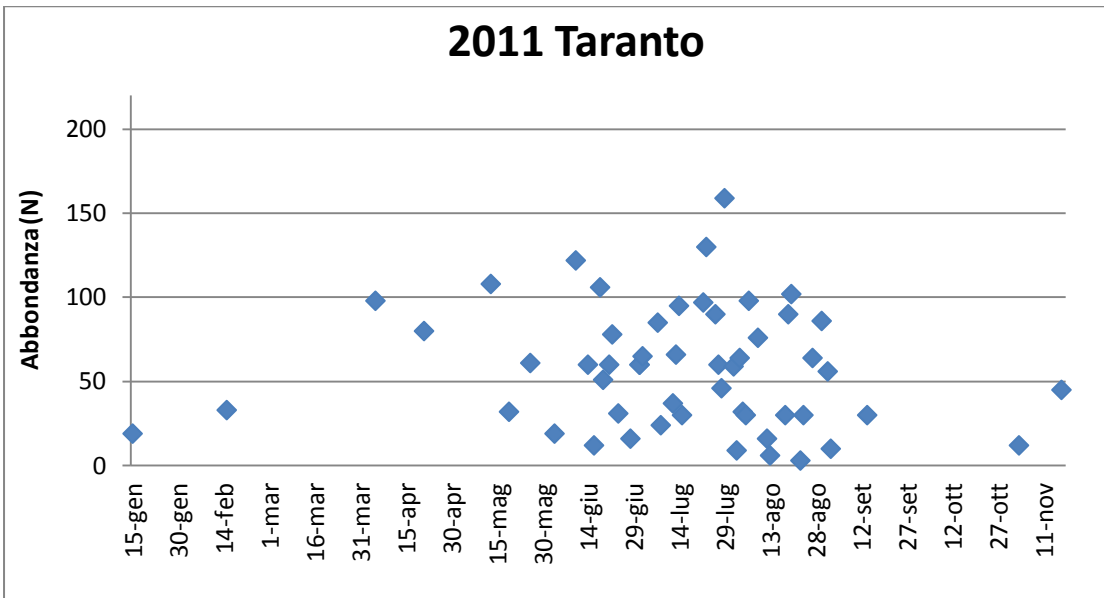


Fig. 3.1 - Distribuzione dei valori di abbondanza stimati per *S. coeruleoalba* nell'area di Taranto durante il 2011.

Tab. 3.d - Valori di abbondanza giornalieri stimati per *S. coeruleoalba* nell'area di Taranto durante il 2012.

DATA	TRANSETTI	ABBONDANZA (N)
19-gen	1	42
2-mar	2	183
3-mar	3	55
22-mar	4	72
19-apr	5	/
2-giu	6	34
3-giu	7	29
5-giu	8	110
10-giu	9	/
15-giu	10	18
16-giu	11	72
21-giu	12	17
22-giu	13	6
23-giu	14	46
24-giu	15	136
27-giu	16	/
28-giu	17	/
29-giu	18	81
30-giu	19	132
7-lug	20	45
8-lug	21	144
9-lug	22	7
10-lug	23	69
11-lug	24	17
13-lug	25	60
14-lug	26	61
15-lug	27	183

Tab. 3.d - Valori di abbondanza giornalieri stimati per *S. coeruleoalba* nell'area di Taranto durante il 2012. Segue

DATA	TRANSETTI	ABBONDANZA (N)
16-lug	28	45
19-lug	29	33
20-lug	30	147
21-lug	31	109
26-lug	32	26
28-lug	33	/
29-lug	34	/
1-ago	35	26
2-ago	36	180
3-ago	37	178
4-ago	38	155
5-ago	39	137
6-ago	40	43
7-ago	41	34
8-ago	42	89
9-ago	43	22
10-ago	44	81
10-ago	45	3
18-ago	46	137
19-ago	47	26
25-ago	48	/
26-ago	49	/
28-ago	50	/
29-ago	51	/

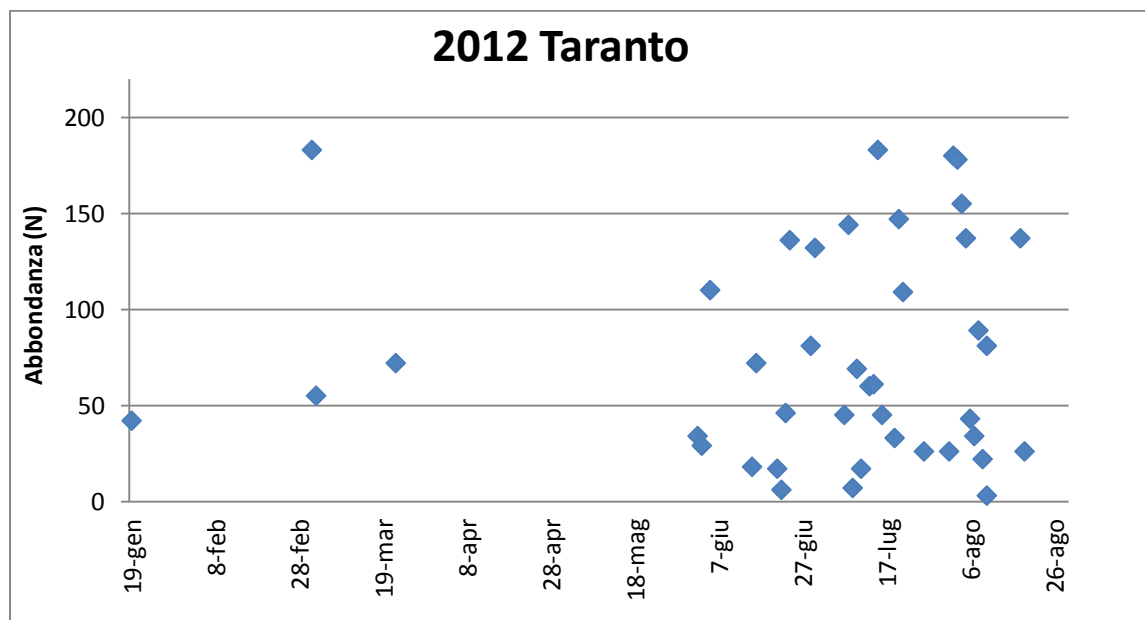


Fig. 3.L - Distribuzione dei valori di abbondanza stimati per *S. coeruleoalba* nell'area di Taranto durante il 2012.

Tab. 3.e - Valori di abbondanza giornalieri stimati per *S. coeruleoalba* nell'area di Taranto durante il 2013.

DATA	TRANSETTI	ABBONDANZA (N)
2-giu	1	86
5-giu	2	86
6-giu	3	159
7-giu	4	68
8-giu	5	34
9-giu	6	24
10-giu	7	17
16-giu	8	127
22-giu	9	32
23-giu	10	158
26-giu	11	169
27-giu	12	96
28-giu	13	204
1-lug	14	161
4-lug	15	133
5-lug	16	/
9-lug	17	83
10-lug	18	137
14-lug	19	/
18-lug	20	45
23-lug	21	160
30-lug	22	170
1-ago	23	135
2-ago	24	134
5-ago	25	64
6-ago	26	169
7-ago	27	48
9-ago	28	/
11-ago	29	41
12-ago	30	168

Tab. 3.e - Valori di abbondanza giornalieri stimati per *S. coeruleoalba* nell'area di Taranto durante il 2013. Segue

DATA	TRANSETTI	ABBONDANZA (N)
13-ago	31	103
16-ago	32	28
17-ago	33	27
18-ago	34	167
20-ago	35	138
24-ago	36	159
25-ago	37	53
29-ago	38	17
30-ago	39	69
1-set	40	8
4-set	41	80
5-set	42	14
6-set	43	32
7-set	44	164
8-set	45	74
12-set	46	79
14-set	47	152
15-set	48	172
29-set	49	25
6-ott	50	/
20-ott	51	32
26-ott	52	69
26-ott	53	27
1-nov	54	64
7-nov	55	96
8-nov	56	32
5-dic	57	14
10-dic	58	/
15-dic	59	/
22-dic	60	/
23-dic	61	171

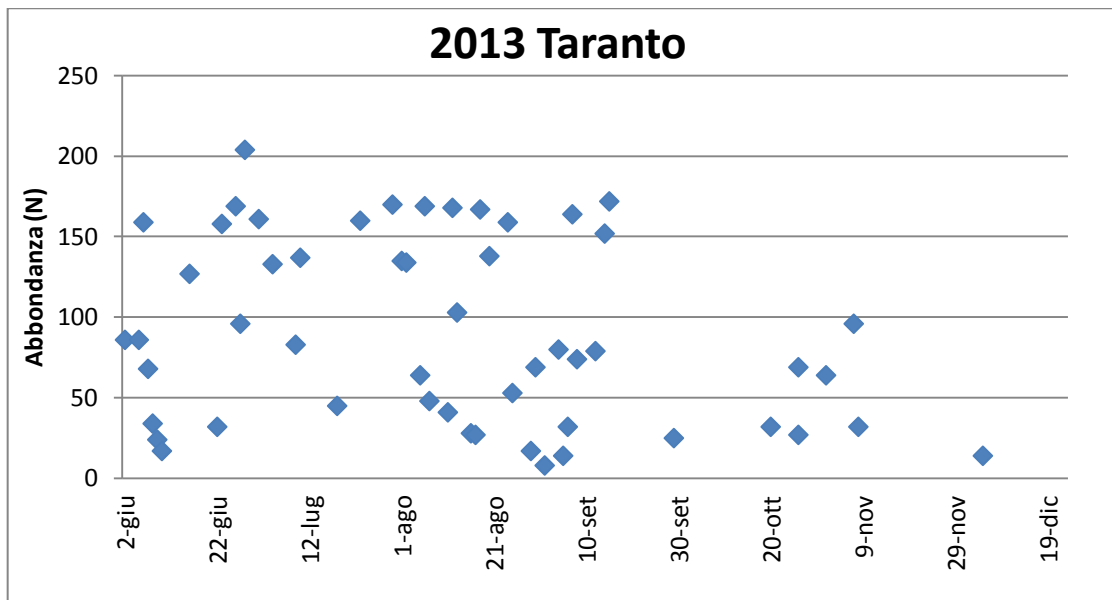


Fig. 3.M - Distribuzione dei valori di abbondanza stimati per *S. coeruleoalba* nell'area di Taranto durante il 2013.

Tab. 3.f - Valori di abbondanza giornalieri stimati per *S. coeruleoalba* nell'area di Taranto durante il 2014.

DATA	TRANSETTI	ABBONDANZA (N)
02-mag	1	12
08-mag	2	23
09-mag	3	17
10-mag	4	9
12-mag	5	/
18-mag	6	13
19-mag	7	/
20-mag	8	32
21-mag	9	/
27-mag	10	/
28-mag	11	/
29-mag	12	/
30-mag	13	/
31-mag	14	/
01-giu	15	/
05-giu	16	11
06-giu	17	106
07-giu	18	/
09-giu	19	137
14-giu	20	109
15-giu	21	7
20-giu	22	/
21-giu	23	22
24-giu	24	53
28-giu	25	/
29-giu	26	67
03-lug	27	1
05-lug	28	56
06-lug	29	53
12-lug	30	/
13-lug	31	/
17-lug	32	/
18-lug	33	/
19-lug	34	53
20-lug	35	/
21-lug	36	/
22-lug	37	66
24-lug	38	38
31-lug	39	/
02-ago	40	544
08-ago	41	14
09-ago	42	24
10-ago	43	7

Tab. 3.f - Valori di abbondanza giornalieri stimati per *S. coeruleoalba* nell'area di Taranto durante il 2014. Segue.

DATA	Codice TRANSETTO	ABBONDANZA (N)
13-ago	44	50
14-ago	45	59
15-ago	46	68
16-ago	47	63
17-ago	48	11
20-ago	49	67
21-ago	50	/
22-ago	51	10
24-ago	52	21
27-ago	53	68
28-ago	54	82
29-ago	55	7
31-ago	56	64
05-set	57	27
07-set	58	22
08-set	59	66
09-set	60	41
10-set	61	25
13-set	62	41
14-set	63	/
21-set	64	4
28-set	65	37
30-set	66	32
02-ott	67	21
11-ott	68	61
12-ott	69	62

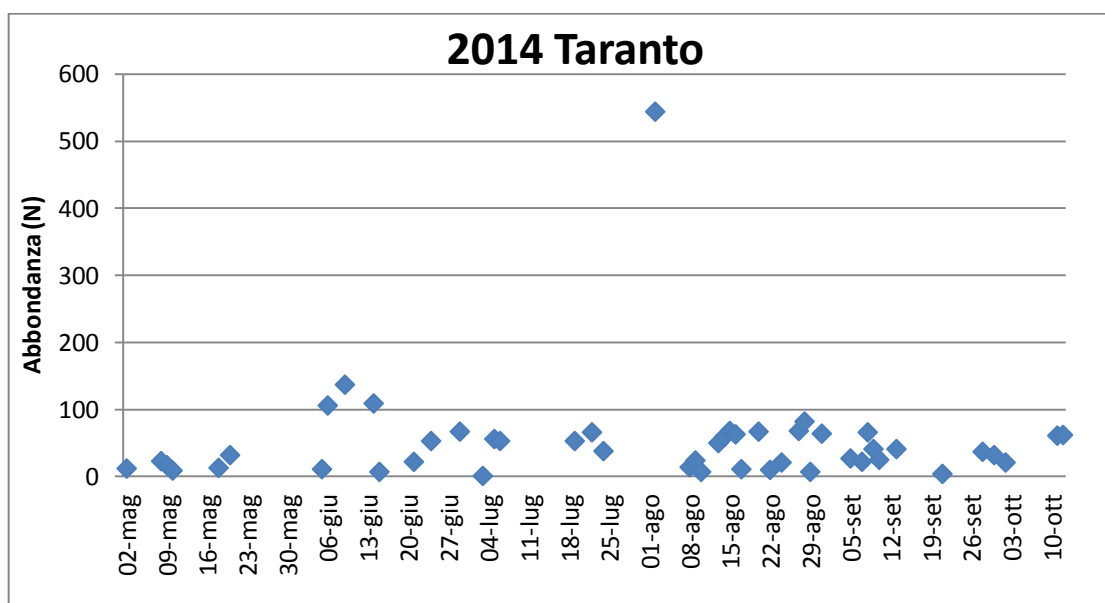


Fig. 3.N - Distribuzione dei valori di abbondanza stimati per *S. coeruleoalba* nell'area di Taranto durante il 2014.

Tab. 3.g - Valori di abbondanza giornalieri stimati per *T. truncatus* nell'area di Taranto durante il 2009.

DATA	TRANSETTI	ABBONDANZA (N)
9-lug	1	/
16-lug	2	/
17-lug	3	/
21-lug	4	/
24-lug	5	/
28-lug	6	27
30-lug	7	/
13-ago	8	/
20-ago	9	/
21-ago	10	/

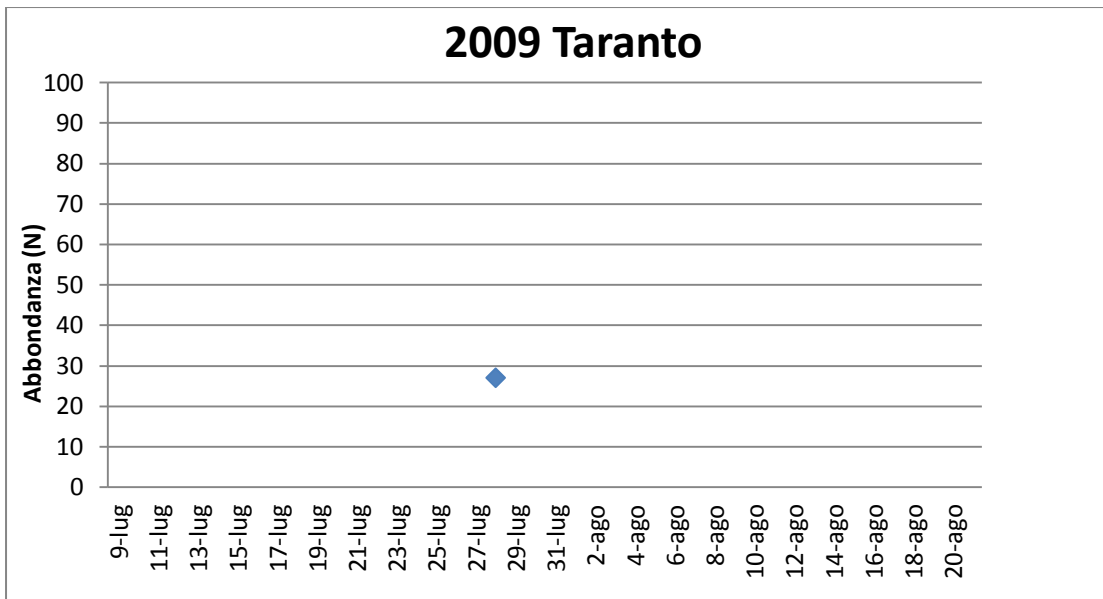


Fig. 3.O - Distribuzione dei valori di abbondanza stimati per *T. truncatus* nell'area di Taranto durante il 2009.

Tab. 3.h - Valori di abbondanza giornalieri stimati per *T. truncatus* nell'area di Taranto durante il 2010.

DATA	TRANSETTI	ABBONDANZA (N)
30-apr	1	/
11-giu	2	/
18-giu	3	5
25-giu	4	/
29-giu	5	26
30-giu	6	/
3-lug	7	/
6-lug	8	/
7-lug	9	/
9-lug	10	/
10-lug	11	/
13-lug	12	/
14-lug	13	/
16-lug	14	/
17-lug	15	/
20-lug	16	26
21-lug	17	/
22-lug	18	/
23-lug	19	/
24-lug	20	/
4-ago	21	/
6-ago	22	/
8-ago	23	/
13-ago	24	/
14-ago	25	/

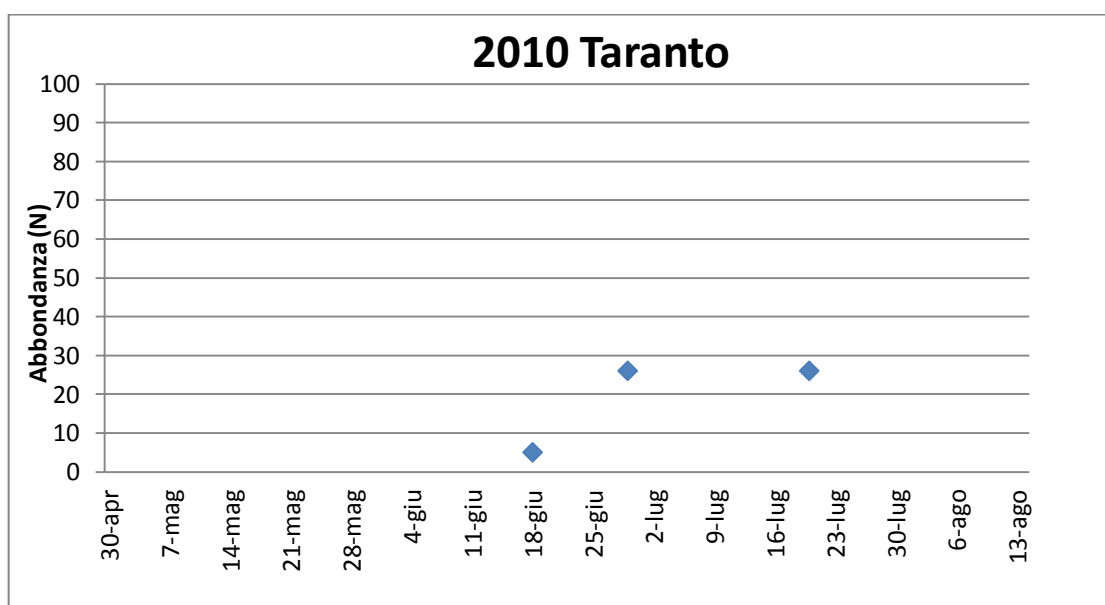


Fig. 3.P - Distribuzione dei valori di abbondanza stimati per *T. truncatus* nell'area di Taranto durante il 2010.

Tab. 3.i - Valori di abbondanza giornalieri stimati per *T. truncatus* nell'area di Taranto durante il 2011.

DATA	TRANSETTI	ABBONDANZA
15-gen	1	/
15-feb	2	/
5-apr	3	/
21-apr	4	/
13-mag	5	/
19-mag	6	/
26-mag	7	/
3-giu	8	/
10-giu	9	/
14-giu	10	/
16-giu	11	/
17-giu	12	46
18-giu	13	/
19-giu	14	/
21-giu	15	/
22-giu	16	/
24-giu	17	/
28-giu	18	/
1-lug	19	/
2-lug	20	7
5-lug	21	18
6-lug	22	/
7-lug	23	/
8-lug	24	/
12-lug	25	/
13-lug	26	/
14-lug	27	2
15-lug	28	/
22-lug	29	/
23-lug	30	/
26-lug	31	/
27-lug	32	/
28-lug	33	/
29-lug	34	/

Tab. 3.i - Valori di abbondanza giornalieri stimati per *T. truncatus* nell'area di Taranto durante il 2011. Segue

DATA	TRANSETTI	ABBONDANZA
1-ago	35	/
2-ago	36	/
3-ago	37	/
4-ago	38	/
5-ago	39	/
6-ago	40	/
7-ago	41	20
9-ago	42	/
12-ago	43	/
13-ago	44	/
17-ago	45	60
18-ago	46	/
19-ago	47	/
20-ago	48	/
23-ago	49	/
24-ago	50	/
25-ago	51	73
26-ago	52	73
27-ago	53	/
30-ago	54	/
31-ago	55	34
1-set	56	/
2-set	57	/
14-set	58	/
3-nov	59	/
17-nov	60	/
18-nov	61	/

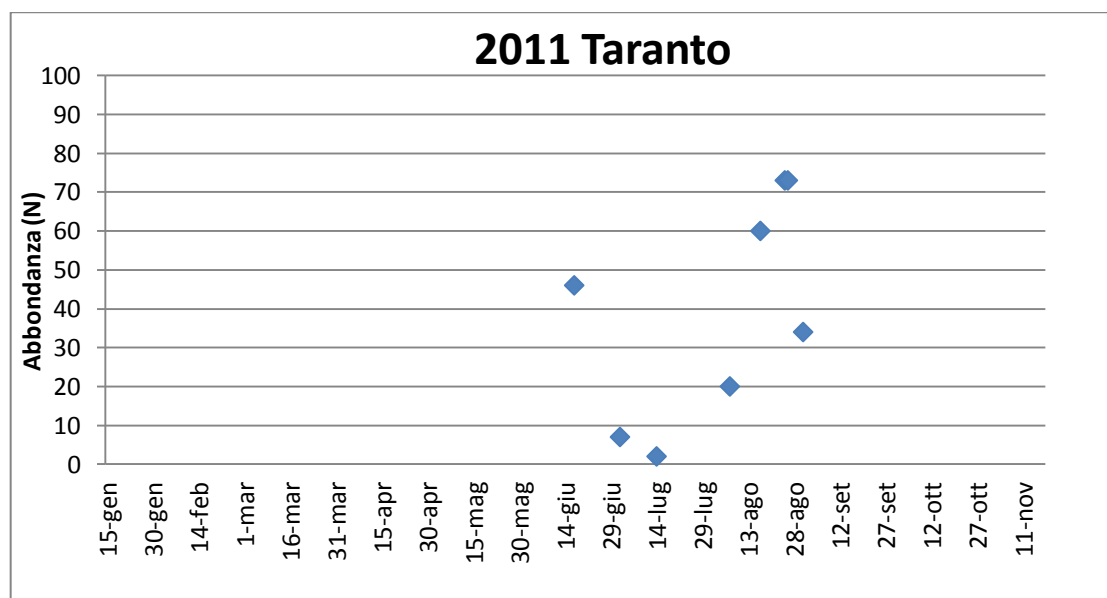


Fig. 3.Q - Distribuzione dei valori di abbondanza stimati per *T. truncatus* nell'area di Taranto durante il 2011.

Tab. 3.I - Valori di abbondanza giornalieri stimati per *T. truncatus* nell'area di Taranto durante il 2012.

DATA	TRANSETTI	ABBONDANZA
19-gen	1	/
2-mar	2	/
3-mar	3	/
22-mar	4	/
19-apr	5	/
2-giu	6	/
3-giu	7	/
5-giu	8	/
10-giu	9	33
15-giu	10	/
16-giu	11	/
21-giu	12	/
22-giu	13	/
23-giu	14	/
24-giu	15	/
27-giu	16	2
28-giu	17	47
29-giu	18	/
30-giu	19	54
7-lug	20	/
8-lug	21	/
9-lug	22	/
10-lug	23	/
11-lug	24	/
13-lug	25	/
14-lug	26	/
15-lug	27	/
16-lug	28	/
19-lug	29	/
20-lug	30	/
21-lug	31	/
26-lug	32	/
28-lug	33	58
29-lug	34	72
1-ago	35	/
2-ago	36	/
3-ago	37	/
4-ago	38	/
5-ago	39	/
6-ago	40	/

Tab. 3.I - Valori di abbondanza giornalieri stimati per *T. truncatus* nell'area di Taranto durante il 2012. Segue

DATA	TRANSETTI	ABBONDANZA
7-ago	41	/
8-ago	42	/
9-ago	43	/
10-ago	44	/
18-ago	45	/
19-ago	46	/
25-ago	47	/
26-ago	48	/
28-ago	49	/
29-ago	50	/

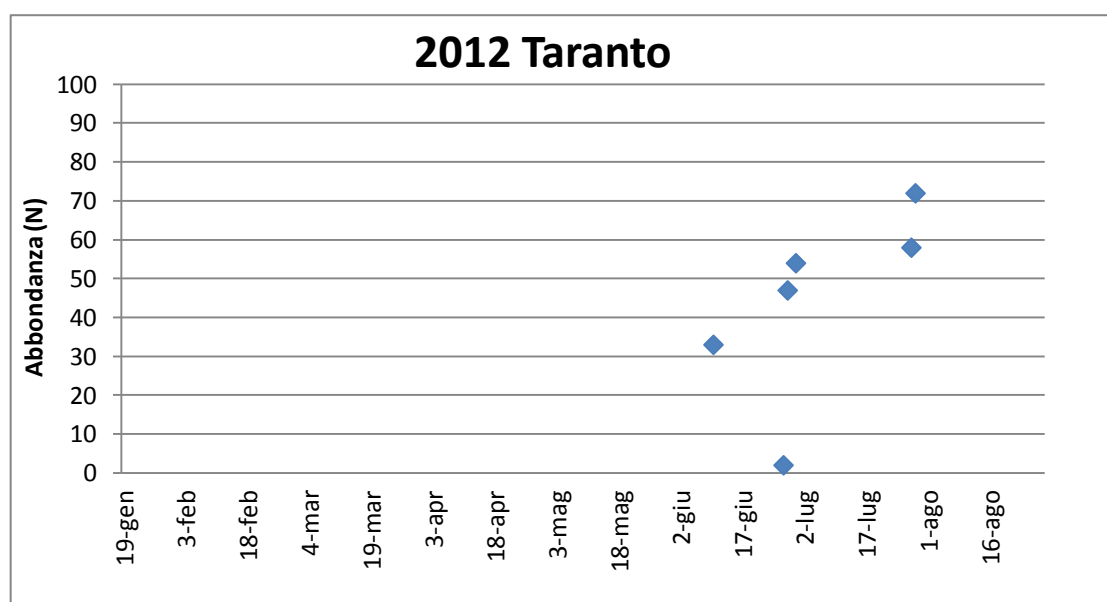


Fig. 3.R - Distribuzione dei valori di abbondanza stimati per *T. truncatus* nell'area di Taranto durante il 2012.

Tab. 3.m - Valori di abbondanza giornalieri stimati per *T. truncatus* nell'area di Taranto durante il 2013.

DATA	TRANSETTI	ABBONDANZA
2-giu	1	/
5-giu	2	/
6-giu	3	/
7-giu	4	/
8-giu	5	/
9-giu	6	/
10-giu	7	/
16-giu	8	/
22-giu	9	/
23-giu	10	/
26-giu	11	/
27-giu	12	/
28-giu	13	/
1-lug	14	/
4-lug	15	/
5-lug	16	8
9-lug	17	13
10-lug	18	/
14-lug	19	37
18-lug	20	/
23-lug	21	/
30-lug	22	/
1-ago	23	/
2-ago	24	/
5-ago	25	/
6-ago	26	/
7-ago	27	/
9-ago	28	5
11-ago	29	/
12-ago	30	/

Tab. 3.m - Valori di abbondanza giornalieri stimati per *T. truncatus* nell'area di Taranto durante il 2013. Segue

DATA	TRANSETTI	ABBONDANZA
13-ago	31	/
16-ago	32	/
17-ago	33	/
18-ago	34	/
20-ago	35	/
24-ago	36	/
25-ago	37	/
29-ago	38	/
30-ago	39	/
1-set	40	/
4-set	41	/
5-set	42	/
6-set	43	/
7-set	44	/
8-set	45	/
12-set	46	/
14-set	47	/
15-set	48	/
29-set	49	/
6-ott	50	/
20-ott	51	/
26-ott	52	/
1-nov	53	/
7-nov	54	/
8-nov	55	/
5-dic	56	/
10-dic	57	/
15-dic	58	/
22-dic	59	/
23-dic	60	/

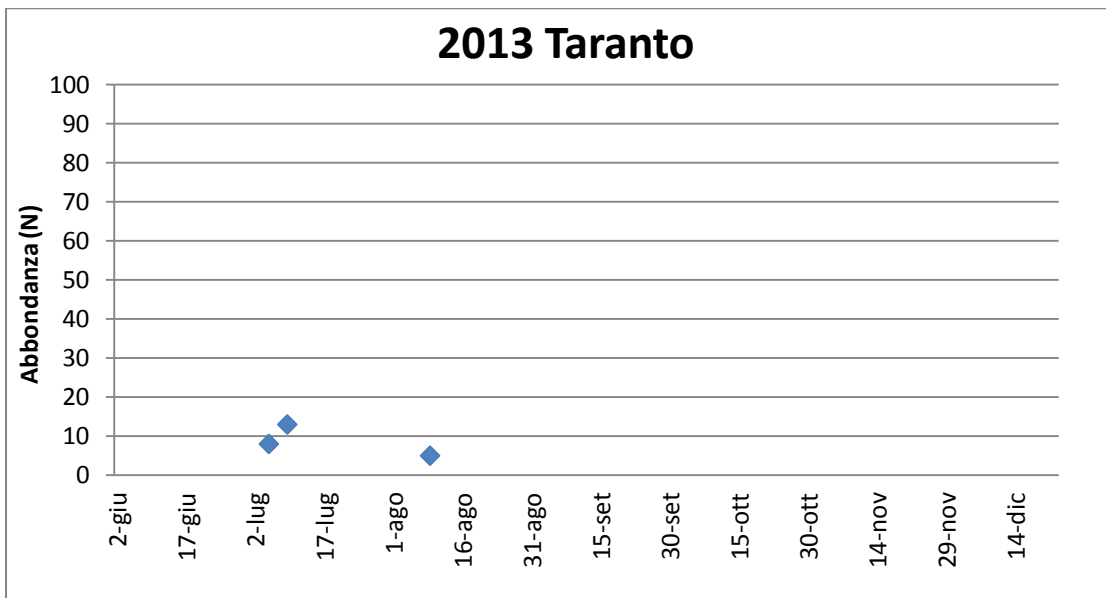


Fig. 3.S - Distribuzione dei valori di abbondanza stimati per *T. truncatus* nell'area di Taranto durante il 2013.

Tab. 3.n - Valori di abbondanza giornalieri stimati per *T. truncatus* nell'area di Taranto durante il 2014.

DATA	TRANSETTI	ABBONDANZA
02-mag	1	/
08-mag	2	/
09-mag	3	/
10-mag	4	/
12-mag	5	53
18-mag	6	/
19-mag	7	/
20-mag	8	/
21-mag	9	92
27-mag	10	/
28-mag	11	/
29-mag	12	/
30-mag	13	/
31-mag	14	17
01-giu	15	/
05-giu	16	/
06-giu	17	/
07-giu	18	/
09-giu	19	/
14-giu	20	/
15-giu	21	/
20-giu	22	/
21-giu	23	/
24-giu	24	/
28-giu	25	/
29-giu	26	/
03-lug	27	/

Tab. 3.n - Valori di abbondanza giornalieri stimati per *T. truncatus* nell'area di Taranto durante il 2014. Segue

DATA	TRANSETTI	ABBONDANZA
05-lug	28	/
06-lug	29	/
12-lug	30	/
13-lug	31	/
17-lug	32	/
18-lug	33	/
19-lug	34	/
20-lug	35	/
21-lug	36	/
22-lug	37	/
24-lug	38	/
31-lug	39	/
02-ago	40	/
08-ago	41	/
09-ago	42	/
10-ago	43	/
13-ago	44	/
14-ago	45	/
15-ago	46	/
16-ago	47	/
17-ago	48	/
20-ago	49	/
21-ago	50	/
22-ago	51	/
24-ago	52	/
27-ago	53	/
28-ago	54	/
29-ago	55	/
31-ago	56	/
05-set	57	/
07-set	58	/
08-set	59	/
09-set	60	/
10-set	61	/
13-set	62	/
14-set	63	67

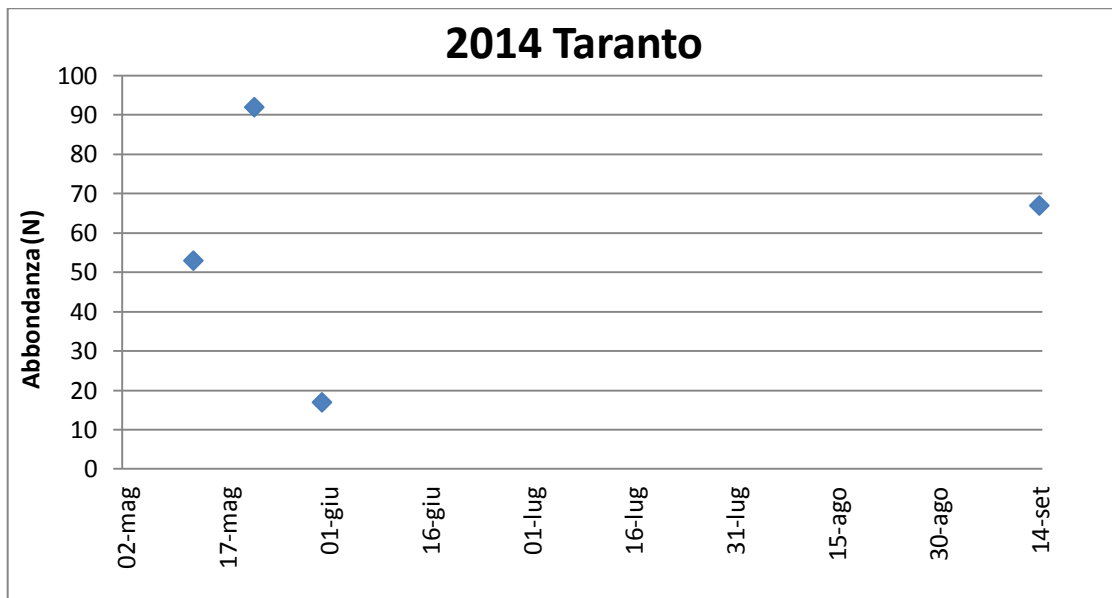


Fig. 3.T - Distribuzione dei valori di abbondanza stimati per *T. truncatus* nell'area di Taranto durante il 2014.

Tab. 3.o - Valori di *S. coeruleoalba* dell'anno 2013 nell'area di Policoro.

DATA	TRANSETTI	ABBONDANZA (N)
21-giu	1	191
01-lug	2	179
06-lug	3	36
07-lug	4	152
19-lug	5	185
24-lug	6	186
08-ago	7	/
24-ago	8	74
26-ago	9	55
10-set	10	37
21-set	11	164
04-ott	12	/

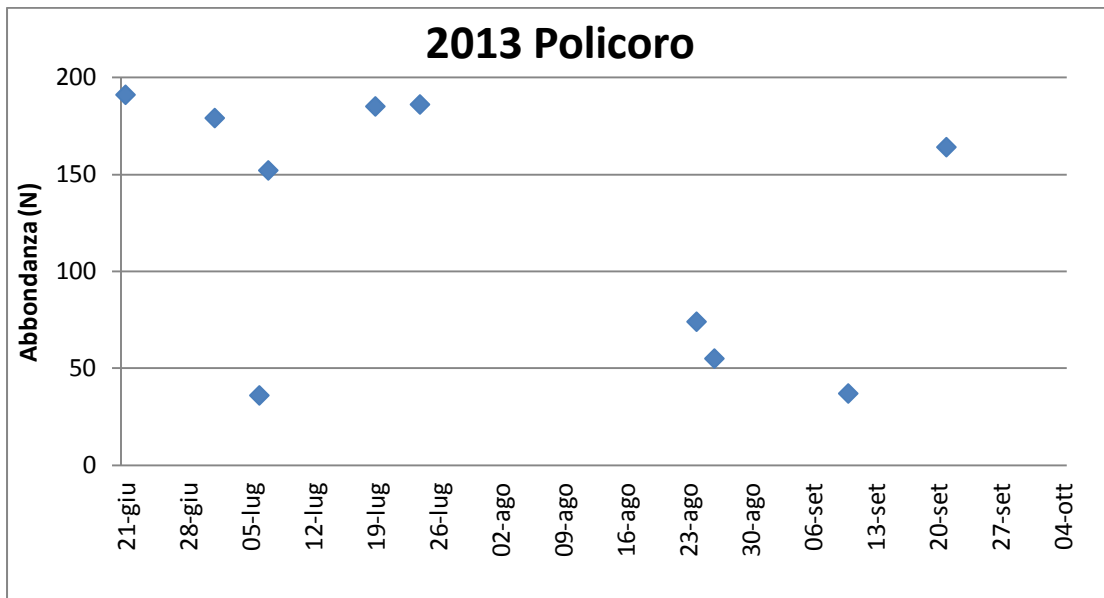


Fig. 3.U - Distribuzione dei valori di abbondanza stimati per *S. coeruleoalba* nell'area di Policoro durante il 2013.

Tab. 3.p - Valori di *S. coeruleoalba* dell'anno 2014 nell'area di Policoro.

DATA	TRANSETTI	ABBONDANZA(N)
03-giu	1	88
08-giu	2	21
27-giu	3	2
01-lug	4	50
02-lug	5	51
04-lug	6	53
07-lug	7	52
08-lug	8	32
09-lug	9	/
14-lug	10	/
15-lug	11	/
16-lug	12	53
28-lug	13	/
29-lug	14	10
04-ago	15	/
05-ago	16	52
06-ago	17	57
11-ago	18	49
12-ago	19	45
18-ago	20	41
19-ago	21	21
25-ago	22	/
26-ago	23	40

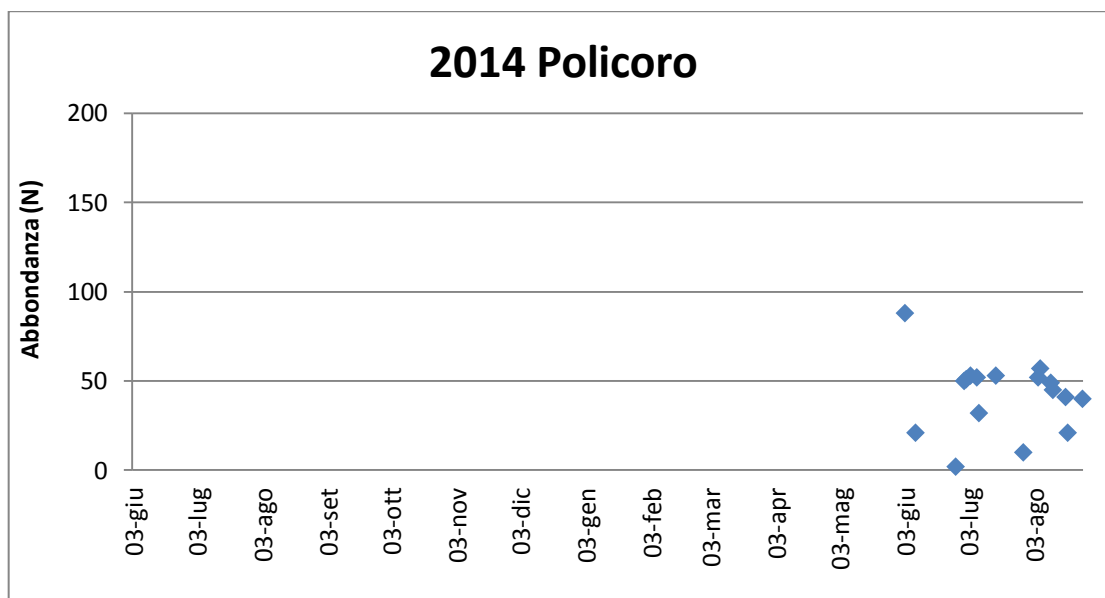


Fig. 3.V - Distribuzione dei valori di abbondanza stimati per *S. coeruleoalba* nell'area di Policoro durante il 2014.

Tab. 3.q - Valori di *T. truncatus* dell'anno 2013 nell'area di Policoro.

DATA	TRANSETTI	ABBONDANZA
21-giu	1	/
01-lug	2	/
06-lug	3	/
07-lug	4	/
19-lug	5	/
24-lug	6	/
08-ago	7	63
24-ago	8	/
26-ago	9	/
10-set	10	/
21-set	11	/
04-ott	12	/

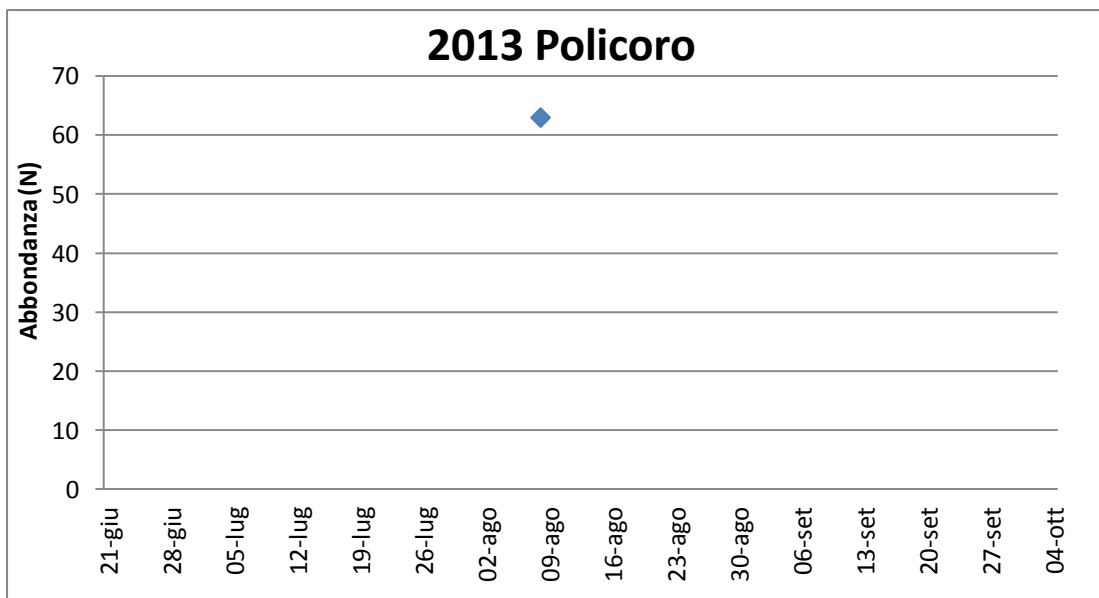


Fig. 3.Z - Distribuzione dei valori di abbondanza stimati per *T. truncatus* nell'area di Policoro durante il 2013.

Tab. 3.r - Valori di *T. truncatus* dell'anno 2014 nell'area di Policoro.

DATA	TRANSETTI	ABBONDANZA
03-giu	1	/
08-giu	2	/
27-giu	3	/
01-lug	4	/
02-lug	5	/
04-lug	6	/
07-lug	7	/
08-lug	8	/
09-lug	9	/
14-lug	10	10
15-lug	11	2
16-lug	12	/
28-lug	13	10
29-lug	14	/
04-ago	15	9
05-ago	16	/
06-ago	17	/
11-ago	18	13
12-ago	19	/
18-ago	20	/
19-ago	21	/
25-ago	22	6
26-ago	23	/

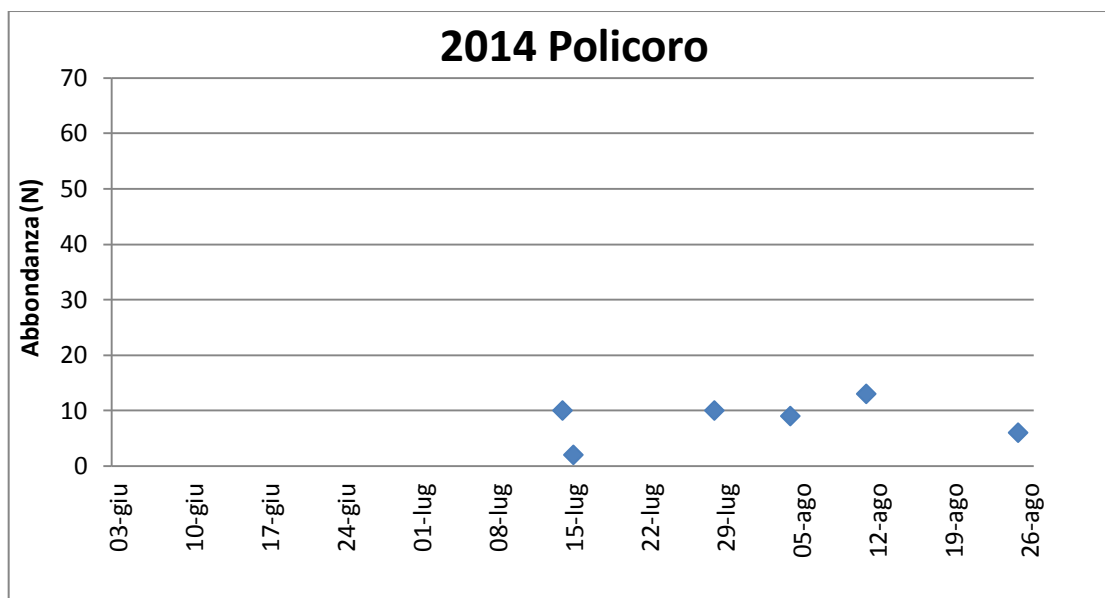


Fig. 3.AA - Distribuzione dei valori di abbondanza stimati per *T. truncatus* nell'area di Policoro durante il 2014.

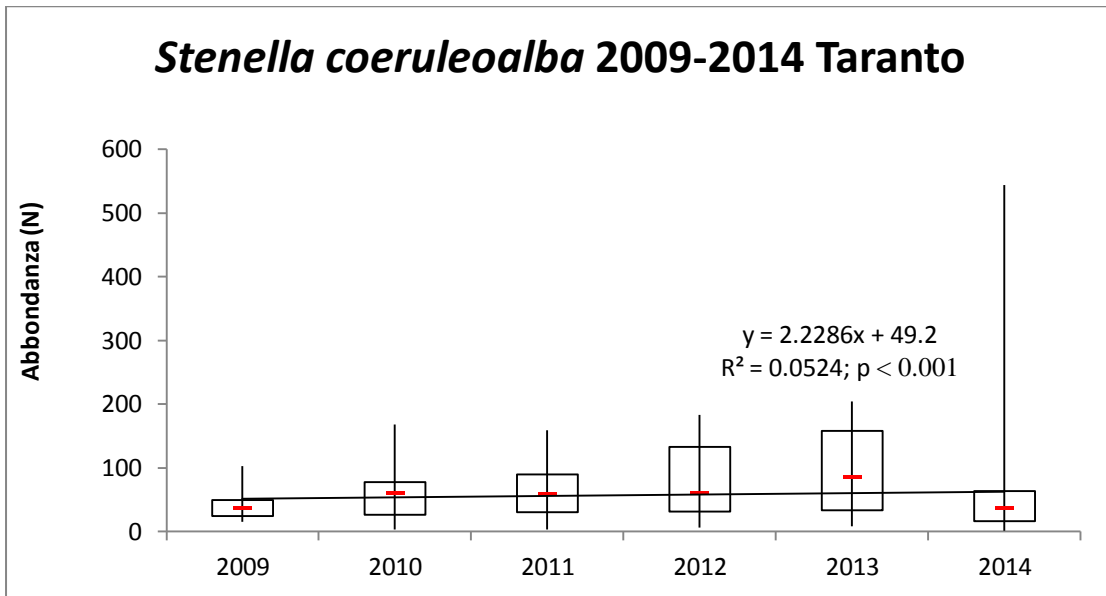


Fig. 3.AB - Box-plot dei valori di abbondanza stimati per *S. coeruleoalba* nell'area di Taranto lungo la serie storica 2009-2014.

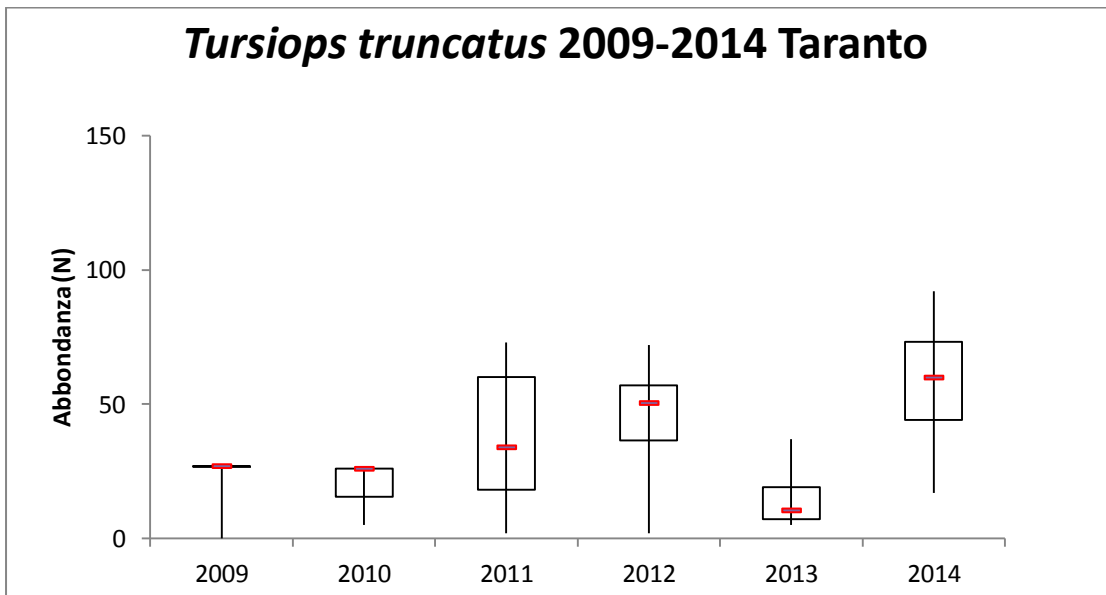


Fig. 3.AC - Box-plot dei valori di abbondanza stimati per *T. truncatus* nell'area di Taranto lungo la serie storica 2009-2014.

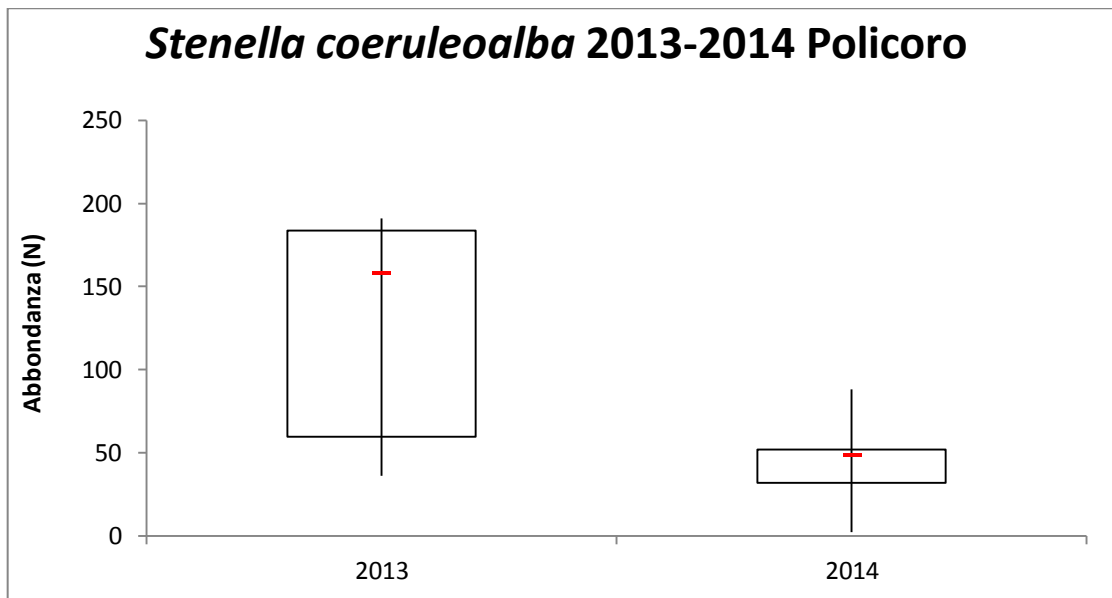


Fig. 3.AD - Box-plot dei valori di abbondanza stimati per *S. coeruleoalba* nell'area di Policoro lungo la serie storica 2009-2014.

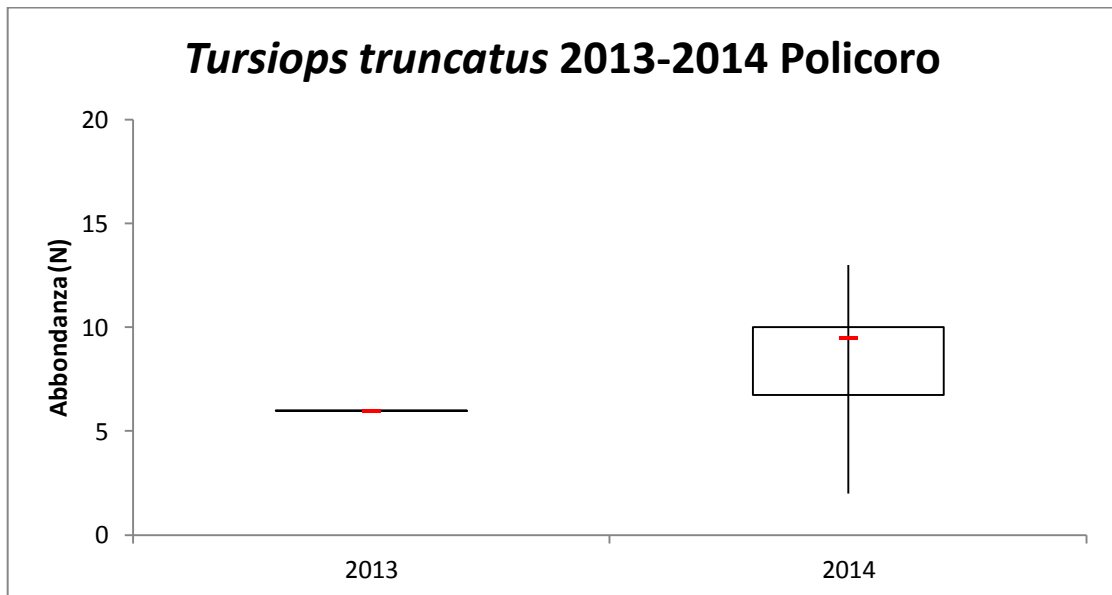


Fig. 3.AE - Box-plot dei valori di abbondanza stimati per *T. truncatus* nell'area di Taranto lungo la serie storica 2009-2014.

Tab. 3s – Confronti annuali dei valori di abbondanza stimati per *S. coeruleoalba* nell'area di Taranto (/= incrocio reciproco).

	<i>Stenella coeruleoalba</i> 2009-2014 Taranto					
	2009	2010	2011	2012	2013	2014
2009		n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
2010	n.s		n.s	n.s	n.s	n.s
2011	n.s	n.s		n.s	* (P<0.05)	n.s
2012	n.s	n.s	n.s		n.s	* (P<0.05)
2013	n.s	n.s	/	n.s		*** (P<0.001)
2014	n.s	n.s	n.s	/	/	

4 Discussione e Conclusioni

Le attività di campionamento in mare, le metodologie di analisi applicate sui dati raccolti ed i risultati conseguiti testimoniano la partecipazione attiva ad un percorso di ricerca scientifica complesso ed articolato in differenti fasi. Infatti, durante il tirocinio pre-laurea sono state acquisite competenze utili alla formulazione di ipotesi sperimentali, alla pianificazione di una campagna di ricerca in mare, nella gestione di dataset e sono stati applicati metodi di analisi dai dati orientati ad esaltare evidenze scientifiche.

Il Golfo di Taranto è stato investigato con survey giornalieri realizzati da maggio a ottobre 2014 consentendo la stima delle abbondanze di *Stenella coeruleoalba* e *Tursiops truncatus* nell'area di Taranto e in quella di Policoro. Non è stato ritenuto opportuno procedere al confronto delle stime di abbondanza relative alle due specie nelle due aree poiché i dati raccolti nell'area di Policoro si riferiscono esclusivamente al biennio 2013-2014. Questa opportunità sarà esplorata successivamente non appena la consistenza delle informazioni nell'area di Policoro lo consentirà. Tuttavia, le informazioni derivanti dalla foto-identificazione, indicano che alcuni individui di entrambe le specie sono stati ritrovati in entrambe le aree. Quindi, l'obiettivo più prossimo che questo lavoro di ricerca auspica, è l'implementazione della ricerca nell'area di Policoro, in modo da rendere possibile un confronto sia a livello temporale che spaziale.

L'utilizzo del metodo del Distance Sampling, applicato per la prima volta in questo bacino Mediterraneo, è stato fondamentale perché ha permesso di colmare la lacuna conoscitiva sulla consistenza numerica associata alla nota presenza dei Cetacei nel Mar Ionio Settentrionale (Dimatteo *et al.*, 2010; Fanizza *et al.*, in press). Le difficoltà di studio e di applicazione del Distance Sampling non sono state poche soprattutto a causa della scarsa bibliografia inerente questo argomento di ricerca. I risultati ottenuti hanno reso possibile il confronto delle stime di abbondanza ottenute nel Golfo di Taranto con quelle evidenziate nel bacino ligure-corso-provenzale del Mediterraneo (Santuario Pelagos). Infatti, è stato possibile rilevare che *S. coeruleoalba* presenta abbondanze generalmente inferiori ed un trend in diminuzione nel Santuario Pelagos (Forcada *et al.*, 1995; Lauriano, 2008; Lauriano *et al.*, 2010), in netto contrasto con le maggiori abbondanze ed il trend in incremento evidenziato nel Golfo di Taranto e sintetizzato in questa tesi.

L'utilità del confronto appena descritto, trova il suo fondamento nel considerare il Golfo di Taranto nel Mar Ionio Settentrionale, una baia storica che presenta dei pregi unici dal punto di vista bio-geografico e storico-sociale e che quindi, come il Santuario Pelagos nel Mar Mediterraneo occidentale, merita di essere presa in considerazione per l'applicazione di un regime di conservazione ed eventualmente l'istituzione di un'Area Specialmente Protetta di Importanza Mediterranea (ASPIM). Ad avvalorare questa importante affermazione, è importante sottolineare che in questa tesi non sono riportati i dati relativi a 2 ulteriori specie di Cetacei avvistate nel Golfo di Taranto, la cui presenza è di estrema rilevanza conservazionistica per il Mediterraneo, ovvero il delfino comune *Delphinus delphis* ed il grampo *Grampus griseus* (Fanizza *et al.*, in press). In particolare, il Delfino comune è stato lungamente ed erroneamente considerato estinto nel Golfo di Taranto. Mentre per il grampo, generalmente molto difficile da avvistare perché tipico di acque pelagiche molto profonde (Notarbartolo di Sciara e Demma, 2004), si ipotizza una certa qual familiarità con l'area di Taranto dovuta ad una serie di specifiche e favorevoli condizioni oceanografiche (Tursi *et al.*, 2011).

Dalle conclusioni appena tratte, si evince quanto lo studio della bio-ecologia nelle popolazioni di Cetacei in Mediterraneo rappresenti un aspetto conoscitivo ancora poco approfondito seppure di fondamentale importanza. In particolare, risulta di massima urgenza implementare lo studio nel Golfo di Taranto, laddove la presenza di differenti specie di Cetacei e le stime di abbondanza di *S. coeruleoalba* e *T. truncatus* evidenziano la necessità di interventi di gestione finalizzati alla conservazione del patrimonio di diversità biologica in Mediterraneo.

BIBLIOGRAFIA:

Accordo sulla conservazione dei Cetacei del Mediterraneo e del Mar Nero, (ACCOBAMS) 2006. Articoli I e II, Annessi I e II.

Buckland S., Anderson D., Kenneth P., Lake J. 2001. "Introduction to distance sampling estimating abundance of biological population". Oxford University Press. Capitolo 1 pp. 4-7, Capitolo 4 pp 104-105, Capitolo 7 pp. 295: 297-299.

Bearzi G. 2002. Cetaceans of the Mediterranean and Black Seas: state of knowledge and conservation strategies In: "Interactions between cetacean and fisheries in the Mediterranean Sea". A report to the ACCOBAMS Secretariat. Section 9, 20 p.

Bompar J.M., Baril D., Dhermain F., Ripoll T. 1994. Estimation of the Corsican population of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*): Is there a real conflict with fishermen? European Research on Cetaceans 8:92-94.

Bradford A.L., Forney K. A., Oleson E. M., Barlow J. 2012. "Line transect Abundance estimates of False Killer Whales (*Pseudorca crassidens*) in the Pelagic Region of the Hawaiian Exclusive Economic Zone and in the insular waters of the Northwestern Hawaiian Island". Pacific Island Fish. Sci. Cent. Admin. Rep. H-12-02, p 23.

Bollinger E., Gavin T and Mc Intyre D. 1988. "Comparison of transects and circular-plots for estimating bobolink densities." In: *Journal of Wildlife Management*, (52), pp 777-86.

Cagnolaro L., Di Natale A., Notarbartolo di Sciara G. (1983). Guide per il riconoscimento delle specie animale delle acque lagunari e costiere italiane. Consiglio Nazionale delle ricerche.

Carlucci R., Battista D., Capezzuto F., Serena F. and Sion L. 2014. "Occurrence of the basking shark *Cetorhinus maximus* (Gunnerus, 1975) (Lamniformes: Cetorhinidae) in the central-eastern Mediterranean Sea". In: *Italian Journal of Zoology*, Vol. 81, N. 2, pp 280-286.

Cerioni S, Forni L, Lo Tenero A, Nannarelli S, Pulcini M. 1995. "A cetacean survey in Taranto Gulf: Work in progress." *European Research on Cetaceans* 9:102–104.

Centro Studi Cetacei. 1998. Cetacei spiaggiati lungo le coste italiane. XVI. Rendiconto 2001. Atti Soc. ital. Sci. Nat. Museo civ. Stor. Nat. Milano 144 (I): 151-166.

Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES). 1975. Appendix I.

Convention of Barcelona: The Convention for the Protection of the Mediterranean Sea Against Pollution (the Barcelona Convention). 1976. Appendix I: action plan for the protection of marine environment and the sustainable development of the coastal areas of the Mediterranean (Map Phase II).

Convenzione relativa alla conservazione della vita selvatica e dell'ambiente naturale in Europa (Convenzione di Berna) 1981. Capitolo 3, Allegato II.

Convention on the Conservation of Depositary's Original Migratory Species of Wild Animals (CMS). 1983.

Coll M, Piroddi C, Steenbeek J, Kaschner K, Ben Rais Lasram F, et al., 2010. "The Biodiversity of the Mediterranean Sea: Estimates, Patterns, and Threats". *Plos One*, 5(8).

Cuttelod, A., García, N., Abdul Malak, D., Temple, H. and Katariya, V. 2008. "The Mediterranean: a biodiversity hotspot under threat". In: *Review of The IUCN Red List of Threatened Species*.

Dick C., Hines E. 2011. "Using distance sampling technique to estimate bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) abundance at Turneffe atoll, Belize". *Marine Mammal Sciences*, Volume 27, capitolo 3, pp. 606–621.

Diaz R.J and Rosenberg R. 2008. "Spreading dead zones and consequences for marine ecosystem. *Science* 321: 926-929.

Dimatteo S., Siniscalchi M., Esposito L., Prunella V., Bondanese P., Bearzi G., Quaranta A. 2011. "Encounters with pelagic and continental slope cetacean species near the northern shore of the Gulf of Taranto", Italy. *Italian Journal of Zoology*, 78 (1):130-132.

Fanizza C., Dimatteo S., Pollazzon V., Prunella V., Carlucci R. (*in press*). "An update of the occurrence of Cetaceans in the Gulf of Taranto (Northern Ionian Sea, Central Mediterranean Sea)". *Biologia Marina Mediterranea*.

Gilbert D., Anderson D., Ringelman J and Szymczak M. 1996. "Response of nesting ducks to habitat and management on the Monte Vista Wildlife Refuge, Colorado." In: *Wildlife Monographs*, 131, pp 1-44.

International fund for animal welfare (IFAW). 2006. Saving Life Annual Report.

IUCN Standards and Petitions Subcommittee. 2014. Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria. Version 11.

Fewster R., Buckland S., Burnham K., Borchers D., Jupp P., Laake J., Thomas L. 2009. "Estimating the Encounter Rate Variance in Distance Sampling". In *Biometrics: Journal of the International Biometric Society*. Vol. 65, Issue 1, pp 225–236.

Forcada J., Notarbartolo Di Sciara G., Fabbri F. 1995. "Abundance of fin whales and striped dolphins summering in the Corso-Ligurian Basin" In: *Mammalia*. Vol. 59, Issue 1, pp 127–140.

Lauriano G. 2008. "Censimento cetacei nel santuario Pelagos Greepeace Italia e Ispra (ex Icram)". Istituto Superiore per la protezione e la ricerca ambientale.

Lauriano G., Panigada S., Canneri R., Zeichen M., Notarbartolo di Sciara G. 2010, "Abundance estimate of striped dolphins (*Stenella coeruleoalba*) in the Pelagos Sanctuary (NW Mediterranean Sea) by means of line transect survey". *J. Cetacean Res. Manage*. Volume 11 capitolo 3: 279–283.

Miller L.J., Mackey A. D., Solangi M., Kuczaj S. A. 2012. "Population abundance and

habitat utilization of bottlenose dolphins in the Mississippi Sound.” *Aquatic conservation: Marine and Freshwater ecosystems*. Volume 23, Issue 1, pp. 145-151.

Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., da Fonseca, G.A.B. and Kent, J. 2000. “Biodiversity hotspots for conservation priorities”. *Nature* 403: 853-858.

Mo G., 2010. Mammalia in “Checklist della flora e della fauna dei mari italiani”. Parte 2 Volume 17 (suppl. 1), pp 677-680.

Notarbartolo di Sciara G., Demma M., 1997. “Guida dei mammiferi marini nel Mediterraneo”. pp. 227.

Notarbartolo di Sciara G., Demma M. (2004). Guida ai mammiferi marini del Mediterraneo. 3^a edizione.

Perrin W. F., Wilson C. E., Archer F. I., 1994. “Striped dolphin *Stenella coeruleoalba* (Meyen, 1833)”. In “Handbook of Marine Mammals”. Ridgway S.H., Harrison R. (eds). Academic Press, San Diego. Vol. 5, pp. 129 – 160.

Protocollo ASPIM. 1999. Relativo alle zone particolarmente protette e alla diversità biologica del Mediterraneo. Appendice II e III.

Randall S.W., Scott M.D., 2002. “Bottlenose dolphins *Tursiops truncatus*”. In “Encyclopedia of Marine Mammals”. Perrin W. F., Würsig B., Thewissen J. G. M. (eds). Academic press, pp. 122 – 128.

Reeves, Randall R., Smith, Brian D., Crespo, Enrique A. and Notarbartolo di Sciara, Giuseppe. 2003. “Dolphins, Whales and Porpoises” *Conservation Action Plan for the World’s Cetaceans 2002–2010*. IUCN/SSC Cetacean Specialist Group. pp. 139.

Senatore M.R., Mirabile L., Pescatore T., Tramutoli M. 1980. “La piattaforma continentale del settore nord-orientale del Golfo di Taranto (piattaforma pugliese) ”. pp: 33-50.

Strindberg S. Buckland S.T., 2004. "Zig-zag Survey Designs in Line Transect Sampling", *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*, Volume 9, Chapter 4, pp 443-461.

Thomas L., Buckland S., Burnham K., Anderson D., Laake J., Borchers D., Strindberg S. 2013. "Distance Sampling". *Encyclopedia of Environmetrics*, Volume 1, pp 544–552.

Tursi A, D'Onghia G., Sion L., Carlucci R., Capezzuto F., Maiorano P., 2011. Aspetti ecologici. Caratterizzazione ambientale delle aree di pesca. 2.1.7 GSA 19 – Mar Ionio occidentale. In: "Lo stato della pesca e dell'acquacoltura nei mari italiani". Capitolo 2, p. 88-94, Roma: Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali.

William H. Kruskal and Allen W. 1952. "Use of ranks in one-criterion variance analysis." *Journal of the American Statistical Association*, 47 (260): 583-621.

White G. C., Anderson D. R., Burnham K. P., Otis D. I. 1982. "Capture-recapture and removal methods for sampling closed populations" chapter 1 p. 8.

Würtz, M. (2010). "*Mediterranean Pelagic Habitat: Oceanographic and Biological Processes, an Overview*". IUCN.

Users Guide Distance 6.0 Release 2. "Research unit for wildlife population assessment" Capitolo 3 pp.23-28, Capitolo 6 pp. 66-68.

Ringraziamenti:

Desidero ringraziare il Prof. Abbiati per la paziente disponibilità, la cortesia dimostratemi, e l'aiuto fornitomi durante la stesura di questo elaborato.

Ringrazio cordialmente il Dott. Roberto Carlucci per la fiducia riposta nei miei confronti, per i suoi consigli ed insegnamenti, ma soprattutto per la sua amicizia e sincerità. Egli è stato per me un punto di riferimento fondamentale per la stesura di questo elaborato, mi ha aiutata a perseguire il mio obiettivo spingendomi al massimo delle mie capacità.

Vivi ringraziamenti vanno al Dott. Carmelo Fanizza e al personale della Jonian Dolphin Conservation per avermi accolto nel loro staff e avermi permesso di realizzare il mio più grande sogno.

Un particolare ringraziamento, a cui aggiungo un affettuoso saluto, lo voglio dedicare al Personale del Dipartimento di Biologia dell'Università degli Studi di Bari "Aldo Moro" afferente al gruppo del Dott. Carlucci, che è stato sempre disponibile a dirimere i miei dubbi durante il periodo di stesura di questo lavoro.

Un amoroso ringraziamento ai miei genitori. Il loro sostegno morale ed economico incrollabile non mi abbandona mai. Grazie della fiducia che mi infondete ogni giorno, grazie di avermi dato tutto ciò che chiedevo senza pretendere nulla in cambio, grazie per aver esaudito ogni mio desiderio mettendo al primo posto la mia felicità. Non vi ringrazierò mai abbastanza per la pazienza e l'incoraggiamento datomi durante i numerosi momenti di sconforto e i dubbi vissuti durante i mesi trascorsi a Taranto.

Grazie ai miei amici di sempre per non avermi mai abbandonata nel momento del bisogno. In particolare grazie a Paolo per la sua amicizia ed affetto incondizionato nei miei confronti, senza il tuo supporto morale e la tua infinita pazienza non sarei riuscita a raggiungere i miei obiettivi.

Grazie infine a mio nonno Giuseppe per le sue parole sempre piene di tenerezza, e ai miei angeli, Teresa ed Maria Antonia, che vegliano sempre su di me e mi infondono coraggio ogni giorno della mia vita.