



# ARPAT

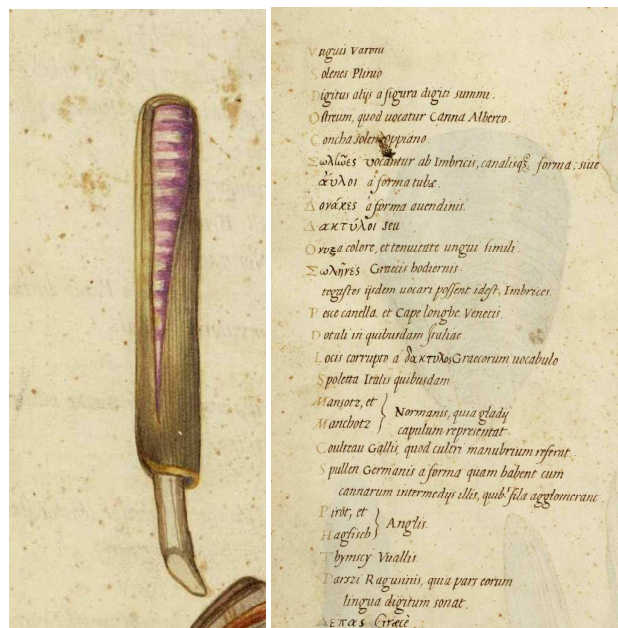
*Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana*

## AREA MARE

Area per la tutela dell'ambiente marino, lagunare, lacustre, costiero e dell'ittiofauna

## R.I.B.M. - Risorse Ittiche e Biodiversità Marina

### LA PESCA DEL CANNOLICCHIO (*Solen marginatus*) NEL COMPARTIMENTO MARITTIMO DI LIVORNO



Livorno – febbraio 2008

*A cura di:*

## **ARPAT- Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana**

**AREA MARE – Area per la tutela dell’ambiente marino, lagunare, lacustre, costiero e dell’ittiofauna**  
**RIBM – Risorse ittiche e Biodiversità marina**

**Via Marradi 114, 57126 LIVORNO**

**tel. +39-0586-263495, fax +39-0586-263477, e-mail [r.baino@arpat.toscana.it](mailto:r.baino@arpat.toscana.it)**

*Responsabile Area Mare:* **Fabrizio Serena**

*Redazione:* **Romano T. Baino**

*Gruppo di lavoro:*

**Alvaro J. Abella**  
**Cecilia Mancusi**  
**Michela Ria**  
**Roberto Silvestri**  
**Alessandro Voliani**

*In copertina il canalicchio di Ulisse Aldrovandi (1570)*

## INDICE

1.	Abstract .....	4
2.	Premessa .....	5
3.	Introduzione .....	5
4.	Inquadramento legislativo .....	6
5.	Biologia della specie .....	7
5.1.	Sistematica, distribuzione e morfologia .....	7
5.2.	Correlazioni morfometriche .....	9
5.3.	Struttura di taglia della popolazione .....	11
5.4.	Distribuzione statistica .....	13
5.5.	Riproduzione e accrescimento .....	15
6.	Analisi nel 2003 .....	17
7.	Analisi nel 2006 e 2007 .....	23
8.	Catture annuali .....	23
9.	Giorni di attività .....	26
10.	Catch Per Unit Effort .....	29
11.	Alterazioni ambientali .....	33
12.	Analisi batimetrica .....	35
13.	Analisi granulometrica .....	41
14.	Analisi termica .....	46
15.	Analisi chimico-fisiche .....	55
16.	Precedenti collassi popolazionistici .....	61
17.	Ipotesi del collasso in Toscana .....	63
18.	Conclusioni .....	66
19.	Bibliografia ARPAT .....	68
20.	Letteratura scientifica .....	69
21.	Siti web .....	73

## 1. Abstract

*La pesca del cannolicchio è iniziata nella metà degli anni '90 da parte di una quindicina di pescatori subacquei professionisti di Livorno, che operano però lungo la costa della provincia di Pisa tra il Calambrone e Tirrenia.*

*L'ARPAT Area Mare ha monitorato l'attività dal 1997 al 2006 producendo vari studi e relazioni per la Capitaneria di Porto, pubblicazioni scientifiche e una tesi di laurea.*

*Nell'area sono state valutate la diffusione e la biomassa della risorsa, nonché la sostenibilità dell'attività di pesca.*

*Le stime dei campionamenti nel 2002 indicano una biomassa della risorsa presente nell'area di almeno 200 tonnellate, con catture che sono andate progressivamente crescendo negli anni da 10 fino a 50 tonnellate per anno nel periodo 2003-2005. Gli indicatori popolazionistici, fino al 2005, indicano che la popolazione non mostra effetti di riduzione a seguito dell'attività di pesca.*

*Nel corso del 2006 si è avuto un dimezzamento delle catture e nel 2007 un crollo che ha praticamente annullato l'attività di pesca.*

*L'ipotesi più realistica è che il mancato rinnovo della popolazione sia dovuto a condizioni sfavorevoli che hanno bloccato l'insediamento delle larve per almeno due anni.*

*Indagini accurate condotte dall'ARPAT sui livelli batimetrici, sulle componenti granulometriche e sulle caratteristiche chimiche e fisiche dell'acqua non hanno mostrato alterazioni significative dell'ambiente. Anche la serie storica 1997-2007 dei parametri fisici della zona non indica variazioni rilevanti, per cui, similmente ad altre situazioni di collasso rilevate lungo le coste italiane, e non solo, la causa puntuale del mancato reclutamento non può essere individuata con certezza.*

*Gli ultimi rilievi eseguiti nell'autunno 2007 indicano che la popolazione di cannolicchi, seppur estremamente ridotta, è comunque ancora presente: come già successo in altri casi di collasso si può ipotizzare che in alcuni anni possa nuovamente raggiungere le abbondanze precedentemente osservate.*

## 2. Premessa

Questo documento rappresenta la sintesi, al momento attuale, delle conoscenze relative alla popolazione di cannolicchi nel tratto di mare tra Livorno e Pisa, nonché del loro sfruttamento da parte della pesca professionale.

Viene presa in esame l'evoluzione dell'attività di pesca del cannolicchio negli ultimi 10 anni con una produzione che è cresciuta dalle iniziali 10 ton/anno fino a 50 ton/anno nel 2003-2005. La criticità emerge dal fatto che nel primo semestre del 2007 le catture si sono praticamente azzerate in quanto i pescatori non hanno più trovato individui in quantità sufficienti a sostenere l'attività di pesca.

Vengono quindi illustrate le azioni intraprese per analizzare le possibili cause che possano spiegare il crollo della popolazione.

## 3. Introduzione

Nel Compartimento Marittimo di Livorno la pesca professionale del cannolicchio *Solen marginatus* (Pulteney, 1799) è iniziata nel 1997, nella zona tra Tirrenia e la Foce del Calambrone, per un tratto di costa lungo circa 6 km. E' questa l'unica zona in Toscana dove esiste un'attività di pesca professionale rivolta a tale specie, in quanto altrove, dove la specie è presente, le abbondanze sono troppo basse.

La pesca avviene solitamente a profondità comprese tra i 2 ed i 4 metri; il pescatore, in immersione con ARA, usa un'asta metallica inserendola nei fori che l'animale mantiene aperti sulla superficie della sabbia: quando l'animale è toccato da questo strumento, reagisce chiudendosi intorno all'asta e può così essere estratto.

Attualmente sono dotati di licenza per questo tipo di prelievo quindici pescatori subacquei professionisti, che operano con l'appoggio di piccole imbarcazioni su un'estensione di circa 3 km<sup>2</sup>. L'attività di pesca ha fornito un discreto contributo all'economia di pesca della zona con un ricavato che ha raggiunto i 300 mila € annui (valore alla produzione di 5 €/kg, al dettaglio 10-12 €/kg).

#### **4. Inquadramento legislativo**

Tra la normativa nazionale, il decreto 5 agosto 2002 “Consorzi di gestione e tutela dei molluschi bivalvi” riporta, in declaratoria, tutte le fonti legislative sulla pesca dei lamellibranchi, ed è quindi valida anche per i cannolicchi.

In generale la pesca è regolamentata dalla Legge 14 luglio 1965 n.963 di disciplina della pesca marittima, dalla Legge 17 febbraio 1982, n.41, e successive modifiche, recante il piano per la razionalizzazione e lo sviluppo della pesca marittima. Un altro decreto al riguardo è il Decreto ministeriale 25 maggio 2000, per l'adozione del VI Piano nazionale della pesca e dell'acquacoltura 2000-2002.

Le direttive dell'Unione Europea in tema sono la n.492 del 15/7/1991 “Norme sanitarie applicabili alla produzione e alla commercializzazione dei molluschi bivalvi vivi” e la n.923 del 30/10/1979 “Requisiti di qualità delle acque destinate alla molluschicoltura”.

In ambito nazionale, i decreti ministeriali, Ministero delle Politiche Agricole e Forestali più recenti che possono interessare sono:

- Decreto 1 giugno 1987 n.249 “Norme per la pesca subacquea professionale e per la salvaguardia e la sicurezza dei pescatori subacquei”
- Decreto 12 gennaio 1995, n.44, concernente l'affidamento della gestione sperimentale della pesca dei molluschi bivalvi ai consorzi di gestione, al fine di un razionale prelievo della risorsa e di un incremento della stessa
- Decreto 21 luglio 1998 di “Disciplina della pesca dei molluschi bivalvi”
- Decreto 1 dicembre 1998, n.515, concernente il regolamento recante disciplina dell'attività dei consorzi di gestione dei molluschi bivalvi
- Decreto 19 dicembre 2000, concernente l'affidamento, in via definitiva, della gestione della pesca dei molluschi bivalvi ai consorzi
- Decreto 22 dicembre 2000, recante la disciplina della pesca dei molluschi bivalvi.

Infine in ambito locale, la Regione Toscana ha provveduto alla classificazione delle acque con Decreto della Regione Toscana n.2310 del 18/04/2000 “Classificazione delle zone di produzione dei molluschi bivalvi vivi” ai sensi del D.Lgs. n.530 del 30/12/92.

Sempre in ambito locale è stata emanata dal Compartimento Marittimo di Livorno una Ordinanza (n.61/2004) inerente l'esercizio della pesca subacquea professionale dei cannolicchi.

Per quanto riguarda la taglia minima commerciale del pescato, questa era precedentemente stabilita dalla Legge 963/65 in soli 6 cm, ed è stata poi portata a 8 cm dal D.M. n.250/87 e dalla Direttiva U.E. n.1626/94, sebbene sempre con una tolleranza del 10%.

## **5. Biologia della specie**

### **5.1. Sistematica, distribuzione e morfologia**

Il cannolicchio (*Solen marginatus*) appartiene al phylum *Mollusca*, classe *Bivalvia*, sottoclasse *Heterodonta*, ordine *Chamidia*, famiglia *Solenidae*, genere *Solen*, specie *marginatus*. L'autore attualmente riconosciuto per la sua classificazione risulta essere Richard Pulteney (1730-1801), naturalista inglese che nel 1799 pubblicò un catalogo di uccelli, conchiglie, ecc. del Dorsetshire, essenziale soprattutto per la nomenclatura di alcuni molluschi tra cui il *Solen marginatus*.

Il cannolicchio è molto comune lungo le coste sabbiose di tutto il Mediterraneo e nell'Atlantico orientale dalla Norvegia e Mar Baltico fino al Senegal (Fisher et al., 1987); risulta essere presente nel nord Europa, in Svezia (Christensen, 1979), in Scozia, Irlanda, Galles, in Normandia, nella Francia atlantica, in Galizia e altre zone della Spagna. In Mediterraneo la specie è diffusa, con concentrazioni più consistenti, in Adriatico da Venezia a Cesenatico e in Croazia.

Per quanto riguarda la morfologia, *Solen marginatus* ha una conchiglia molto caratteristica: equivalve, lunga al massimo 17 cm ma comune a 9-12 cm, larga non più di 2 cm, con valve sottili formanti un tubo perfettamente diritto ed aperto alle due estremità

tronche; il colore è bruno-giallo chiaro con fasce trasversali più scure. La cerniera delle due valve è formata da un dentello cardinale per ogni valva. Dall'estremità inferiore della conchiglia, dove si ha una depressione dorsoventrale, sporge un lungo e robusto piede atto a scavare nella sabbia mentre nell'estremità opposta fuoriescono i due sifoni, esalante ed inalante, uniti alla base.



*S. marginatus* ha una conchiglia composta da due valve convesse, articolate lateralmente che racchiudono completamente il corpo. Ciascuna valva ha una protuberanza dorsale detta umbo, che si erge sopra la linea di articolazione e che rappresenta la parte più vecchia della conchiglia. Le due valve sono unite da una fascia proteica elastica non calcificata, detta legamento della cerniera. Il legamento è costruito in modo che, quando le valve sono chiuse, la sua parte dorsale o esterna è stirata e la parte ventrale o interna è compressa. Perciò quando i muscoli adduttori si rilassano, l'elasticità naturale del legamento fa aprire le valve: queste sono tirate una contro l'altra da due grossi muscoli dorsali, detti adduttori, che agiscono in modo antagonistico rispetto al legamento della cerniera.

Come la conchiglia, anche il mantello sporge abbondantemente oltre il corpo, e forma un ampio strato di tessuto che giace sotto le valve. Il margine del mantello ha tre pliche: una interna, una mediana ed una esterna. La plica più esterna contiene muscoli radiali e circolari, la plica mediana ha funzioni sensoriali, e quella esterna secerne la conchiglia.

Il mantello aderisce alla conchiglia nei punti d'inserzione delle fibre muscolari del lobo interno tracciando una linea poco distante dal margine della conchiglia. La linea di



adesione del mantello è impressa sulla superficie interna della conchiglia come una cicatrice detta linea palliale.

Il piede è compresso lateralmente, a forma di lama, e diretto in avanti, come adattamento alla vita fossoria. Il movimento del piede è attuato dall'azione combinata della pressione del sangue e di muscoli protrattori e detrattori pedali, permettendo così di scavare nel substrato.

I canalicchi si trovano normalmente immersi nei fondi sabbiosi a bassa profondità; in particolari condizioni di difesa, questi molluschi possono effettuare un breve percorso "a reazione", ossia emettono acqua dal sifone esalante, ma più in generale, la loro difesa è basata sulla velocità con cui riescono a scavare e scendere in profondità nel sedimento.

Questa specie risiede fondamentalmente in fondi mobili, sabbiosi o fangosi, e rimane a contatto con l'acqua sovrastante mediante i due sifoni, in modo da prelevare da essa gli alimenti e l'ossigeno necessario alla respirazione.

Si tratta di un mollusco per lo più sedentario che non cerca attivamente il suo nutrimento grazie al tipo di alimentazione microfaga dovuto alla presenza di branchie a lamella che costituiscono un organo non soltanto respiratorio ma utile anche per la filtrazione. L'adozione dell'alimentazione filtrante ha infatti emancipato la specie dalla dipendenza da materiali depositati, tipica di altri molluschi, e si compie mediante una selezione delle particelle alimentari sulle branchie e sui palpi boccali, operata mediante i movimenti ciliari.

## **5.2. Correlazioni morfometriche**

Uno strumento semplice, ma importante al fine di analizzare la condizione degli individui, ma anche per il confronto tra le stime in numero e quelle in peso, è la relazione tra la taglia e il peso individuale. Lo studio di questa correlazione permette anche di specificare le modalità di crescita degli individui durante il periodo esaminato. I dati a nostra disposizione, sono stati analizzati ed elaborati con il classico modello esponenziale di Huxley (1932):

$$W = a \times L^b$$

dove:

W = peso dell'individuo in grammi

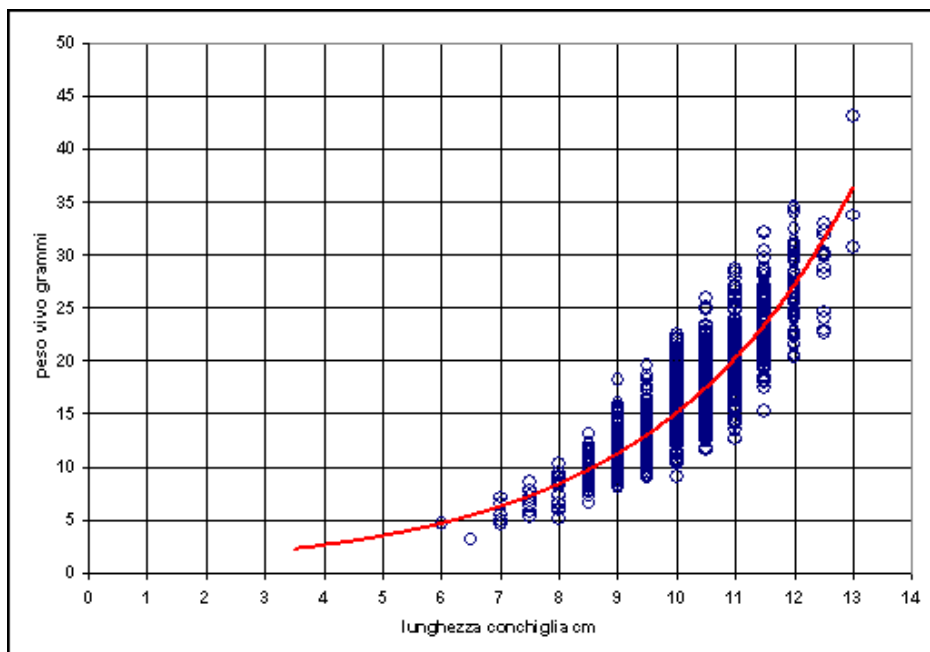
L= lunghezza della conchiglia in cm

a e b = costanti della funzione

Tale modello fornisce un'equazione di potenza passante per l'origine del piano cartesiano di riferimento in quanto, come osserva Ricker (1975), indipendentemente dal periodo di vita, in un individuo il peso varia approssimativamente con la potenza cubica della lunghezza. Quando l'esponente  $b=3$  (ovvero la stima di  $b$  non è statisticamente diversa dal valore 3) la funzione descrive una "crescita isometrica", cioè caratterizzata da costanza di forma corporea e costanza di peso specifico. Inversamente, quanto più  $b$  si discosta da 3, tanto più è proprio parlare di "crescita allometrica", in quanto alcune porzioni dell'individuo possono mostrare diversi tassi di accrescimento durante le fasi della vita.

Su oltre 1500 individui sono state rilevate le principali misure morfometriche: gli esemplari esaminati sono compresi tra 6 e 13 cm di lunghezza, poiché col tipo di pesca adottato non è stato possibile catturare individui di taglia inferiore.

La figura seguente mostra la correlazione, tra la lunghezza della conchiglia (centimetri) e il peso complessivo dell'animale vivo (grammi), che risulta molto dispersa se confrontata con quella di altre specie ad esempio di pesci o crostacei.



La funzione ottenuta interpolando i dati a nostra disposizione tramite il programma statistico SPSS è la seguente:

$$P=0,0243 \cdot L^{2,7740}$$

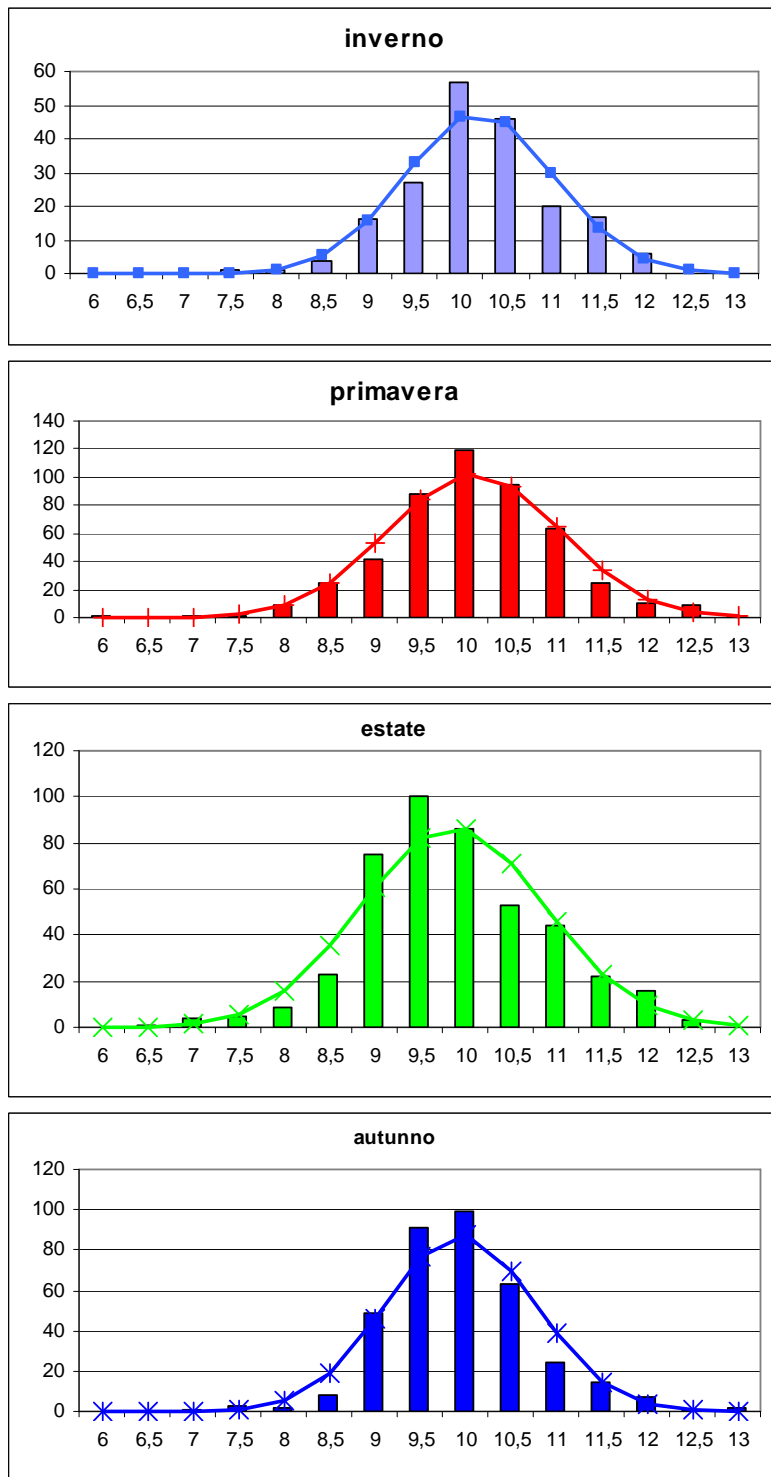
$$r^2=0,72 \quad n=1321$$

Inoltre è stato possibile calcolare l'intervallo di confidenza con livello di probabilità al 95% per il parametro b il quale risulta essere compreso tra 2.6813 e 2.8666; essendo quindi il parametro b significativamente diverso da 3 la specie è caratterizzata da una crescita allometrica, cioè durante l'accrescimento non mantiene le proporzioni iniziali.

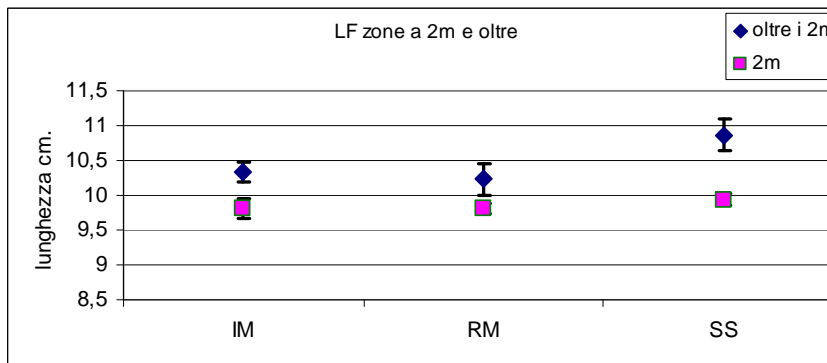
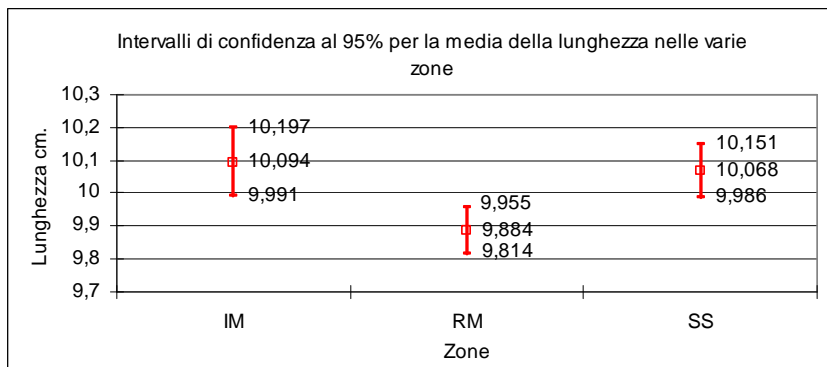
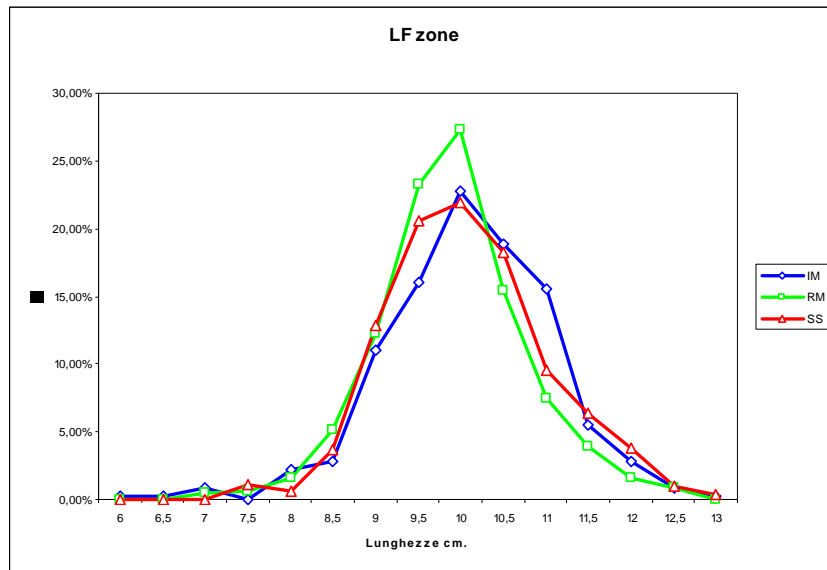
### **5.3. Struttura di taglia della popolazione**

I dati di distribuzione di frequenza della lunghezza sono stati raccolti durante un periodo di 17 mesi, e l'analisi di questi ha fornito una definizione della struttura di taglia della popolazione, nonché della sua variazione sia nelle stagioni sia nello spazio in funzione delle zone e della profondità.

Come mostrato nella figura seguente le distribuzioni hanno sempre mostrato una struttura pressoché gaussiana e per questo sono state calcolate le taglie medie con i rispettivi intervalli di confidenza al 95% per tutti i casi considerati, realizzando in forma grafica il test t di Student.



Per quanto riguarda la distribuzione spaziale, nell'area esaminata, gli individui di taglia minore (media di 9,88 cm) si trovano nella zona di Regina Mundi, ma le differenze medie sono comunque limitate a pochi decimi di millimetro.

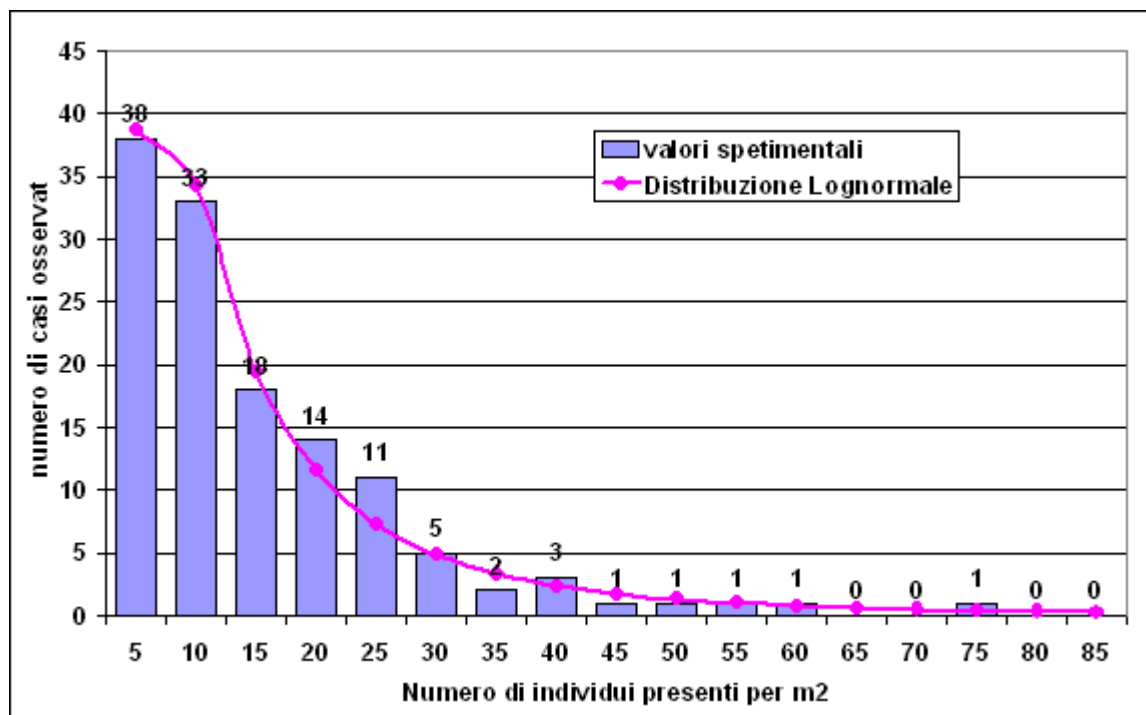


## 5.4. Distribuzione statistica

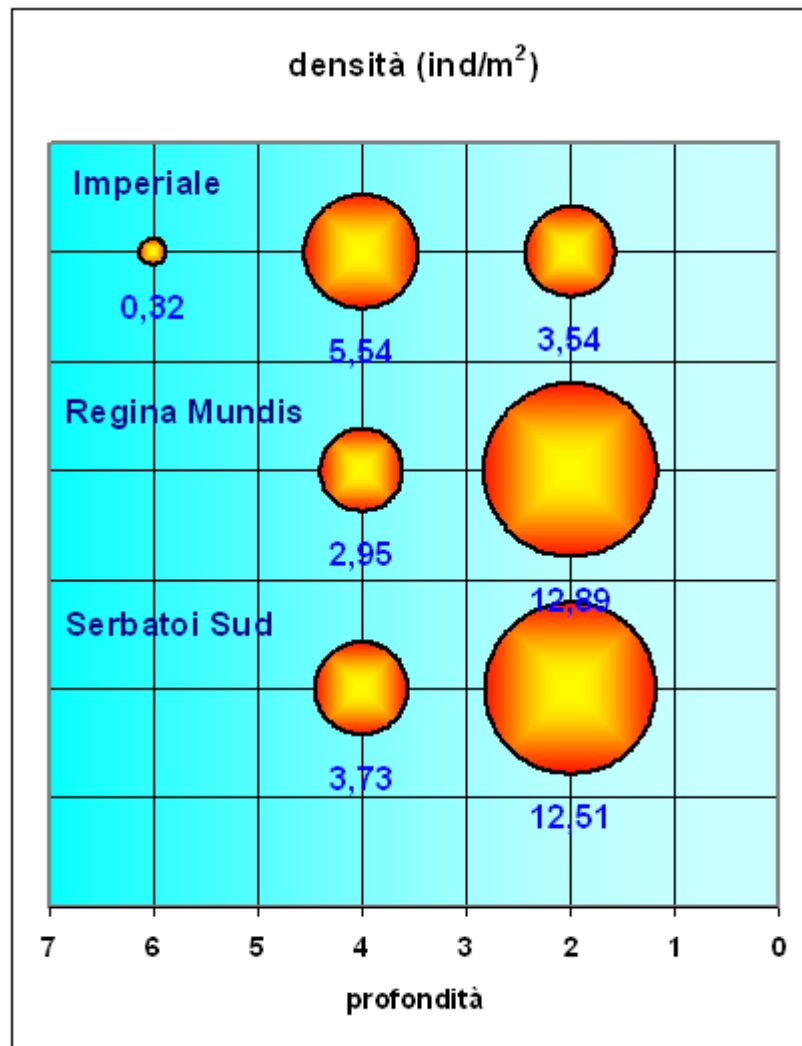
Valutazioni quantitative dell'abbondanza o della struttura di una popolazione, attraverso stimatori statistici parametrici quali sono la media e la varianza, richiedono di formulare ipotesi sul modello di distribuzione degli individui che compongono la popolazione, distribuzione che deve essere normale o normalizzabile.

Per l'abbondanza di individui al metro quadro (in numero o peso) si è ipotizzato una distribuzione di tipo log-normale. La verifica di tale ipotesi è stata realizzata confrontando la distribuzione di frequenza degli individui in ogni campione sperimentale con la distribuzione log-normale attesa come mostrato nella figura seguente.

Su queste due distribuzioni è stato applicato il test del Chi-quadro ottenendo una differenza non significativa.



L'abbondanza della specie può essere rappresentata per le tre zone, Imperiale, Regina Mundi e Serbatoio Sud e negli strati di profondità corrispondenti a 2, 4 e 6 m, come nella figura seguente. Le due zone più a sud (Regina Mundi e Serbatoio Sud) non presentano differenze significative per quanto riguarda la densità di individui, mentre nella zona dell'Imperiale si ha una situazione differente con abbondanze minori a profondità di 2 m e presenza di un numero scarso di individui anche a 6 m, cosa che non si verifica nelle altre due zone.



### 5.5. Riproduzione e accrescimento

Per quanto riguarda l'aspetto riproduttivo, i bivalvi sono in prevalenza a sessi separati, sebbene si abbiano anche casi di ermafroditismo simultaneo come per le capesante, o asincrono come per le ostriche. Valli e Giglio (1980) hanno rilevato la presenza di individui ermafroditi anche in individui di *Ensis minor* nel Golfo di Trieste. Le due gonadi avvolgono le anse intestinali e di solito sono molto vicine l'una all'altra, così da rendere difficile l'individuazione della loro duplicità. I gonodotti sono sempre semplici poiché non avviene la copulazione. Nei lamellibranchi più primitivi il breve gonodotto s'apre nel nefridio, e spermatozoi e uova escono attraverso i nefridiopori, ma nella maggior parte i gonodotti sboccano nella cavità del mantello, vicino al nefridioporo. I gameti cadono

nella cavità soprabranchiale e poi sono trasportati all'esterno dalla corrente esalante, e quindi la fecondazione avviene nelle acque circostanti.

Lo sviluppo di una trocofora natante, seguita da una larva veliger, è tipico dei bivalvi marini. Alcuni hanno veliger planctotrofici (che assumono cibo) che durano a lungo, altri hanno veliger lecitotrofici (che non assumono cibo) con ciclo di breve durata raggiungendo velocemente la forma definitiva.

Purtroppo, per *Solen marginatus*, nel Mediterraneo gli studi scientifici sono molto scarsi (Rodríguez-MoscOSO et al. 1996; Bruzón et al. 2000) e non si dispone tuttora di modelli matematici affidabili riferiti ai mari italiani.

Per similitudine con specie tassonomicamente vicine o per *Solen marginatus* in altre zone (es. Portogallo) si può comunque ipotizzare che la riproduzione avvenga in primavera o all'inizio dell'estate e che le larve abbiano vita pelagica per alcuni mesi.

In un ampio studio di Maia et al. (2004), su *Solen marginatus* lungo le coste portoghesi, il periodo riproduttivo viene identificato in estate, tra marzo e settembre: la taglia di prima maturità (Lm50%) è stimata in 47,7 mm per le femmine e 44,7 mm per i maschi: praticamente a 50 mm tutti gli individui hanno raggiunto la maturità sessuale e sono riproduttori potenziali.

Nei bivalvi il tasso di accrescimento e la durata della vita possono essere molto vari ma, come di consueto, la crescita è più rapida durante i primi 1-2 anni, per poi rallentare in seguito. In genere non si può escludere, tuttavia, che variazioni annuali nell'andamento climatico e della temperatura in prossimità del fondo, possano indurre differenze nel processo di maturazione delle gonadi e di conseguenza determinare un anticipo o un ritardo nella fase di rilascio dei gameti.

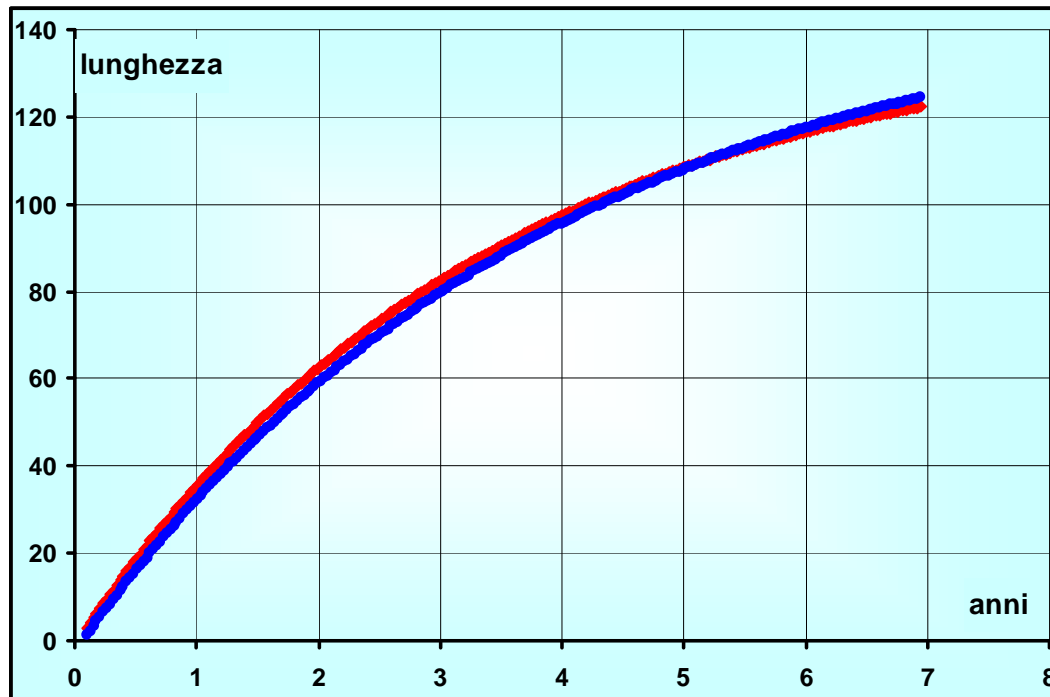
Gli stessi autori prima citati (Maia et al., 2005) definiscono l'accrescimento di *Solen marginatus* secondo il modello di Von Bertalanffy identificando nelle acque portoghesi i seguenti parametri con due diverse procedure:

$$L_t = 139,9 [1 - e^{-0,30(t+0,03)}]$$

$$L_t = 149,3 [1 - e^{-0,26(t+0,07)}]$$



Il grafico seguente rappresenta i due modelli, che in pratica sono coincidenti: nell'Atlantico portoghese i cannolicchi raggiungono 8 cm in tre anni, 10 cm in quattro anni e 11 cm in cinque.



Anche ipotizzando una crescita in Mediterraneo più veloce rispetto alla costa Atlantica, come avviene per altre specie, si può concludere che gli individui catturati dalla pesca professionale in Toscana (90-120 mm) abbiano tra 3 e 5 anni, e siano ormai tutti in fase riproduttiva.

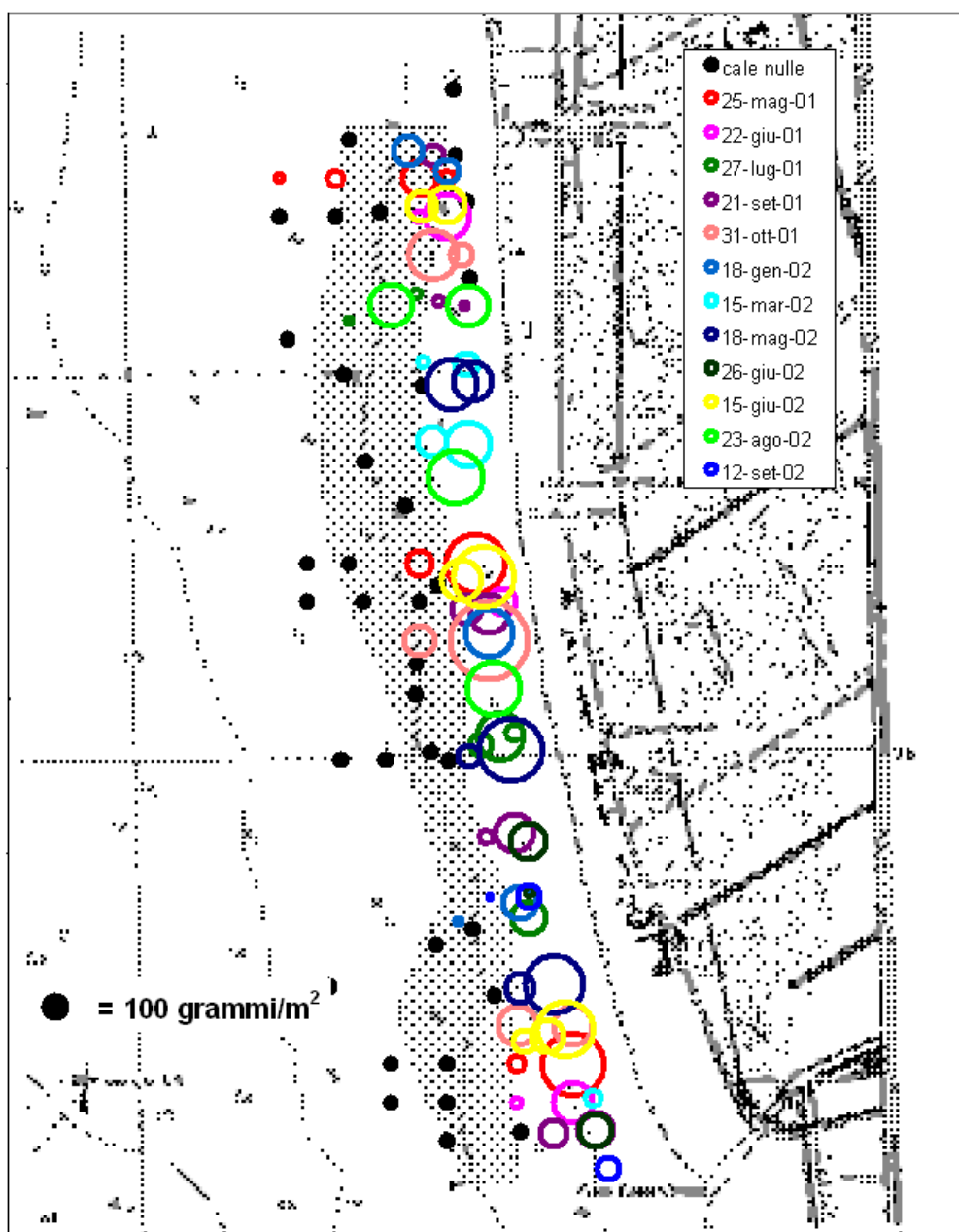
## 6. Analisi nel 2003

Un'ampia trattazione sulle caratteristiche della popolazione e delle attività di pesca è contenuta nella Relazione prodotta dall'ARPAT nel 2003. I dati utilizzati in tale studio provengono dalle serie storiche delle catture commerciali, dalle stime d'abbondanza realizzate tramite campionamenti in mare, dalle analisi di laboratorio sulle strutture di taglia e sulle caratteristiche biologiche e, infine, da fonti bibliografiche.

Per i campionamenti in mare, dal maggio 2001 al settembre 2002, sono state effettuate 12 campagne per un totale di 176 unità di campionamento: il design statistico è stato definito secondo un modello sistematico su tre transetti ortogonali alla costa (in località Tirrenia, Regina Mundi e Calambrone) includendo quattro livelli batimetrici, a profondità di 2m, 4m, 6m e 8m.

Successivamente, dato che in una prima analisi delle abbondanze e delle distribuzioni di taglia non si è rilevata una significativa differenza tra le varie zone, e al fine di migliorare la copertura geografica, anche in funzione delle elaborazioni da realizzarsi con strumenti GIS (Geographical Information System, arcview), i transetti sono stati randomizzati collocandoli lungo tutta l'estensione dell'area di pesca, come deriva dagli indici di abbondanza rappresentati nella figura seguente.

Seguendo le indicazioni metodologiche suggerite da Hoffman et. al. (1966), per questi successivi campionamenti l'area è stata stratificata in tre zone, di equivalente estensione, definite, rispettivamente da Nord a Sud come Imperiale, Regina Mundi e Serbatoio Sud: in ogni campagna è stato effettuato almeno un transetto per ognuna delle tre zone.



Sotto il profilo operativo, raggiunta la stazione di campionamento e rilevata la posizione tramite GPS, una cornice quadrata di metallo veniva calata casualmente sul fondo: tale unità di campionamento (quadrato di 1m X 1m) rappresenta l'area campione dentro la quale raccogliere gli individui.

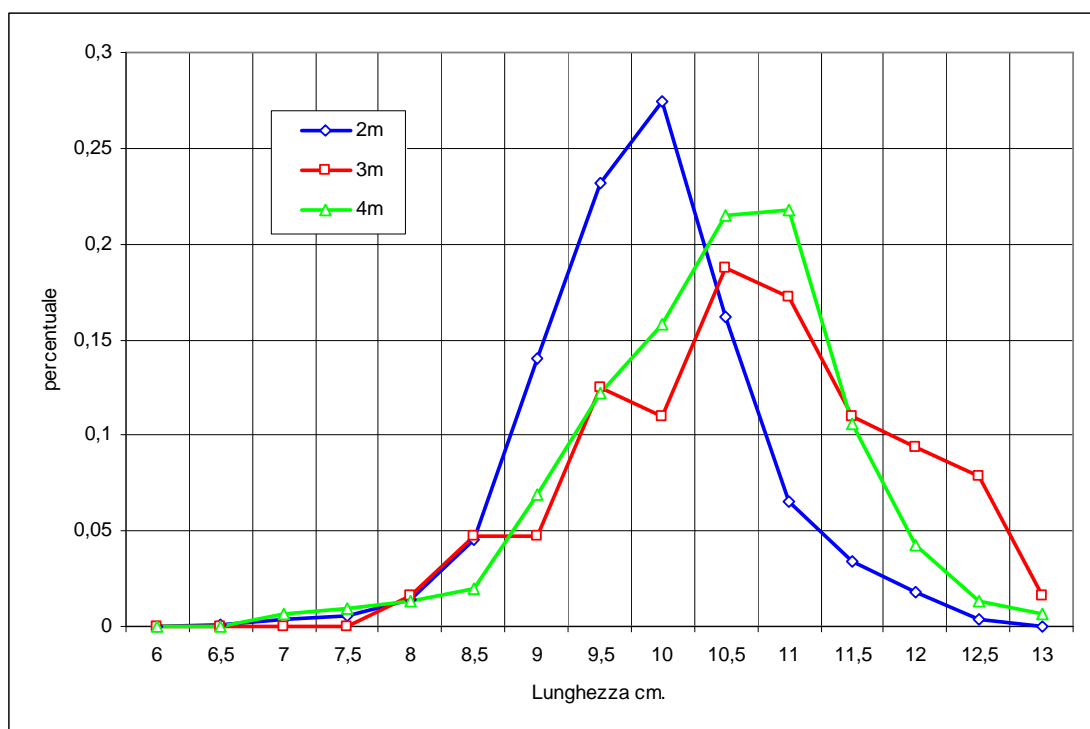
Gli individui di cannolicchio presenti nel quadrato sono stati raccolti per mezzo dell'asta con ogiva che viene usata dai pescatori professionisti per questo tipo di pesca (in fibra di carbonio lunga 40 cm con diametro di 3 mm; l'ogiva all'estremità inferiore ha diametro di 8,5 mm).

Una volta effettuato il campionamento in mare gli individui prelevati sono stati portati in laboratorio per le rilevazioni morfometriche utilizzando un calibro e una bilancia elettronica: le lunghezze sono state rilevate al mezzo centimetro inferiore e i pesi al decimo di grammo; seppure tecnicamente disponibili valori più precisi, questi non sono stati presi in considerazione, in quanto irrilevanti per il livello di variabilità individuale della specie.

Complessivamente sono stati analizzati 1675 esemplari di *Solen marginatus*: su cui sono state effettuate le misurazioni di lunghezza e peso vivo dell'intero individuo (al decimo di grammo) e ulteriori 217 su cui sono state rilevate anche le misure di spessore, larghezza, lunghezza e peso della sola conchiglia. Per lunghezza si è inteso la distanza fra i due piani tangenziali rispettivamente all' estremità anteriore e posteriore della conchiglia misurate al mezzo centimetro inferiore; similmente per la larghezza e lo spessore, ma misurate al millimetro inferiore.

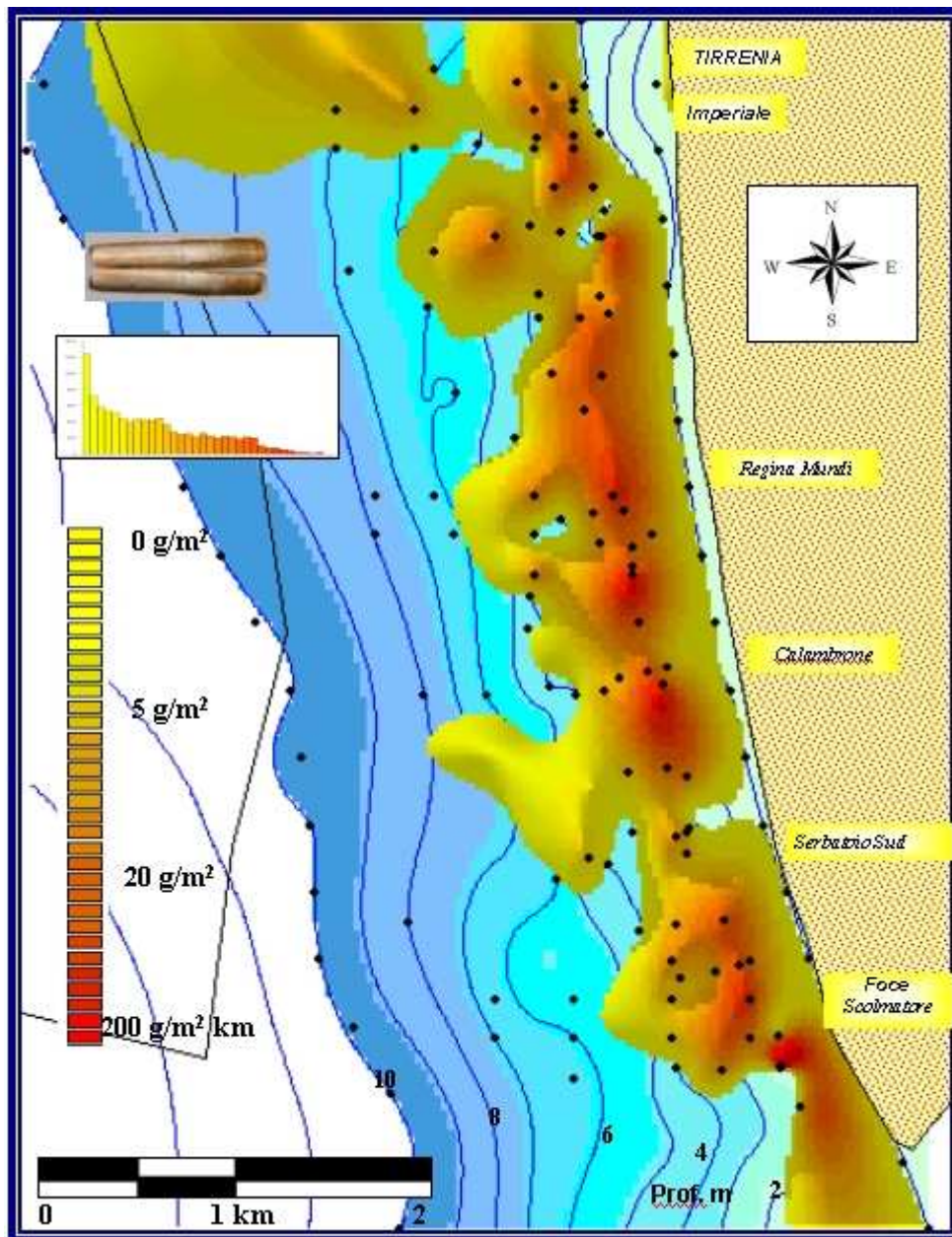
Nel corso dello studio oltre alla rilevazione della morfometria si è anche cercato di individuare sesso e maturità gonadica, sia tramite osservazione macroscopica, sia con preparati a fresco in microscopia ottica. Per fare ciò si è fatto riferimento alla posizione e al periodo di sviluppo delle gonadi della specie più affine, *Ensis minor*, ma, nonostante l'ausilio dei massimi esperti italiani del settore presso l'IRPEM-CNR di Ancona, non è stato possibile rilevare la presenza di gonadi mature.

Da tale studio si rileva che le taglie pescate sono fondamentalmente comprese tra 9 e 12 cm di lunghezza. I dati di distribuzione di frequenza della lunghezza evidenziano anche un leggero aumento della taglia con l'aumentare della profondità, passando da 9,8 cm in media a profondità di 2 m, a 10,5 cm in corrispondenza dei 3-4 m di profondità.



Le stime della biomassa assoluta, espresse in tonnellate, sono state calcolate seguendo varie metodologie statistiche: anche utilizzando gli approcci più precauzionali, lo stock di *Solen marginatus* presente nella zona risultava di almeno 200 tonnellate e probabilmente anche superiore alle 300 tonnellate.

La densità della risorsa (in numero o peso) è risultata di tipo log-normale e mostra, quale caratteristica più significativa, un gradiente batimetrico, con una netta riduzione all'aumentare della profondità, passando da 9,6 individui/m<sup>2</sup> (circa 150 g/m<sup>2</sup>) nella fascia batimetrica dei 2 metri, a soli 3,1 individui/m<sup>2</sup> (50 g/m<sup>2</sup>) a 3 metri e anche meno di 0,1 individui/m<sup>2</sup> alle profondità maggiori (6-8 metri).



I rendimenti orari della pesca professionale sono abbastanza costanti, intorno ai 13,5 kg/ora, ma le catture globali giornaliere possono essere molto variabili poiché fortemente condizionate dalla situazione ambientale (es. trasparenza dell'acqua) e vanno da poche decine di kilogrammi a oltre 200 kg/giorno con punte fino a 450 kg/giorno, quando la totalità dei pescatori è attiva e le condizioni meteomarine sono ottimali. Le catture comunque non interessano né i giovani, né gli individui presenti a profondità superiori ai 4 metri.

Nel citato studio del 2003 si giunge quindi a stabilire che il quantitativo di prelievo precauzionale massimo per la popolazione di *Solen marginatus* esaminata può ammontare globalmente anche a 70-100 tonnellate/anno: quindi, rispetto alla situazione di prelievo osservata (circa 40-50 tonnellate/anno), l'intensità di pesca e le quantità catturate sono decisamente sostenibili e inferiori rispetto alla soglia di rischio definita.

## **7. Analisi nel 2006 e 2007**

Nel 2006 è stata realizzata una nuova analisi della serie storica delle catture realizzate dalla pesca professionale nel periodo 1997-2005, aggiornata poi nel 2007 con i dati relativi all'anno precedente. Nel 2007 la pesca del cannolicchio si è interrotta in quanto i pescatori riuscivano a trovare solo rarissimi individui e si sono quindi orientati alla pesca del riccio o del corallo.

Sono stati utilizzati i dati di cattura giornaliera dei diversi operatori, verificati con i dati raccolti dalla Capitaneria di Porto e dalle due cooperative (S. Maria Assunta e Mare 90) a cui i pescatori sono associati.

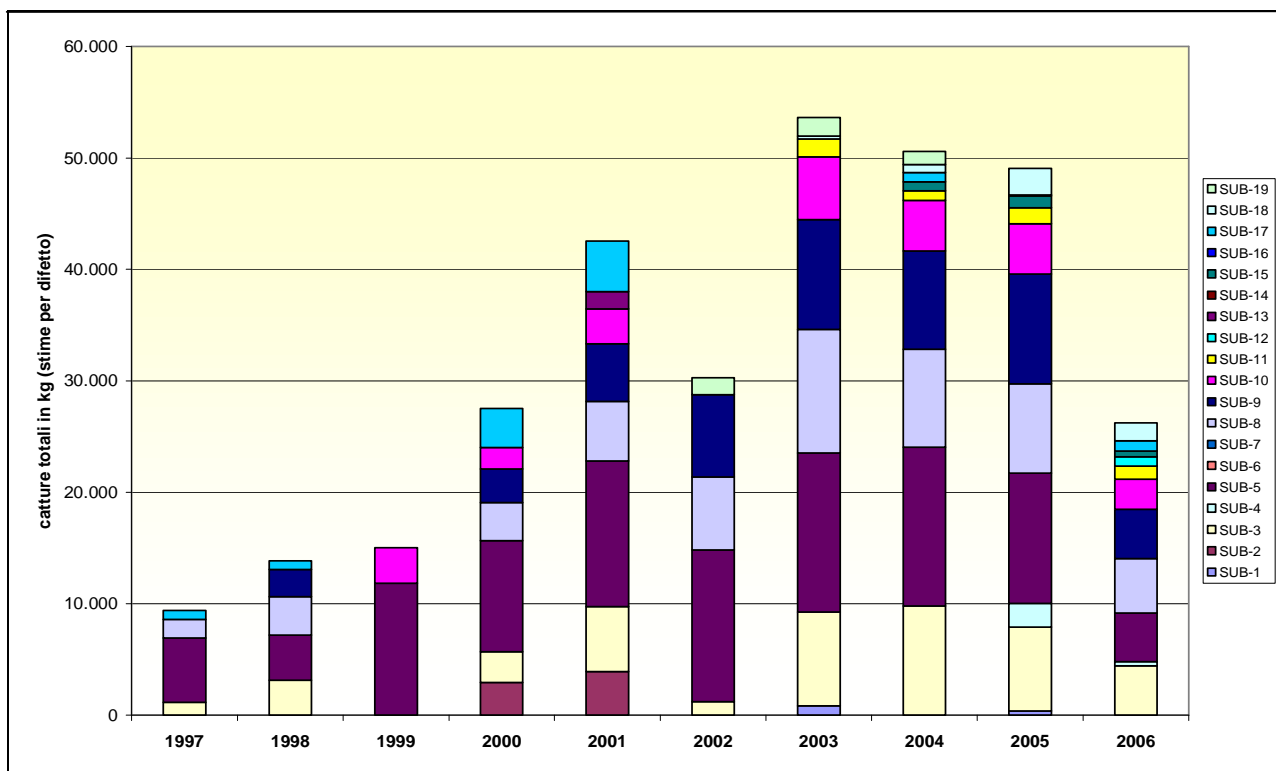
Fondamentalmente la valutazione si è orientata a stimare le quantità catturate durante tale periodo, anche in relazione ai rendimenti di pesca: i valori possono considerarsi come sottostime del 10-30% in quanto esiste una limitata vendita diretta e un prelievo ad opera di pescatori non professionisti.

## **8. Catture annuali**

Nella tabella e nel grafico seguenti sono riportate le stime di cattura di tutti gli operatori che hanno licenza di attività subacquea e i relativi quantitativi dichiarati di catture di cannolicchi (0=catture nulle, ?=quantitativo sconosciuto). In alcuni casi (es. SUB-7 e SUB-14) la licenza è stata usata solamente per la pesca dei ricci o del corallo, per cui le catture di cannolicchio risultano nulle.

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
SUB-1							858	?	397	
SUB-2	0	0	?	2.946	3.926	?				
SUB-3	1.147	3.135	?	2.745	5.801	1.225	8.392	9.800	7.532	4.436
SUB-4							0	0	2.107	360
SUB-5	5.776	4.062	11.822	9.970	13.095	13.611	14.274	14.256	11.677	4.358
SUB-6	?	?	?	0	0	0				
SUB-7							0	0	0	
SUB-8	1.658	3.461	?	3.425	5.339	6.550	11.090	8.789	8.004	4.900
SUB-9	?	2.430	?	2.994	5.183	7.366	9.855	8.803	9.855	4.414
SUB-10	0	0	3.190	1.935	3.130	?	5.639	4.565	4.529	2.704
SUB-11							1.615	848	1.440	1.181
SUB-12							0	0	0	810
SUB-13	0	0	0	0	1.532	?				
SUB-14							0	0	0	
SUB-15							0	807	1.058	541
SUB-16	?	?	?	0	0	0				
SUB-17	823	774	?	3.501	4.561	?	0	816	88	939
SUB-18							245	721	2.396	1.587
SUB-19						1.534	1.667	1.199	0	10
<b>totale kg</b>	<b>9.404</b>	<b>13.862</b>	<b>15.012</b>	<b>27.516</b>	<b>42.567</b>	<b>30.286</b>	<b>53.635</b>	<b>50.604</b>	<b>49.083</b>	<b>26.240</b>

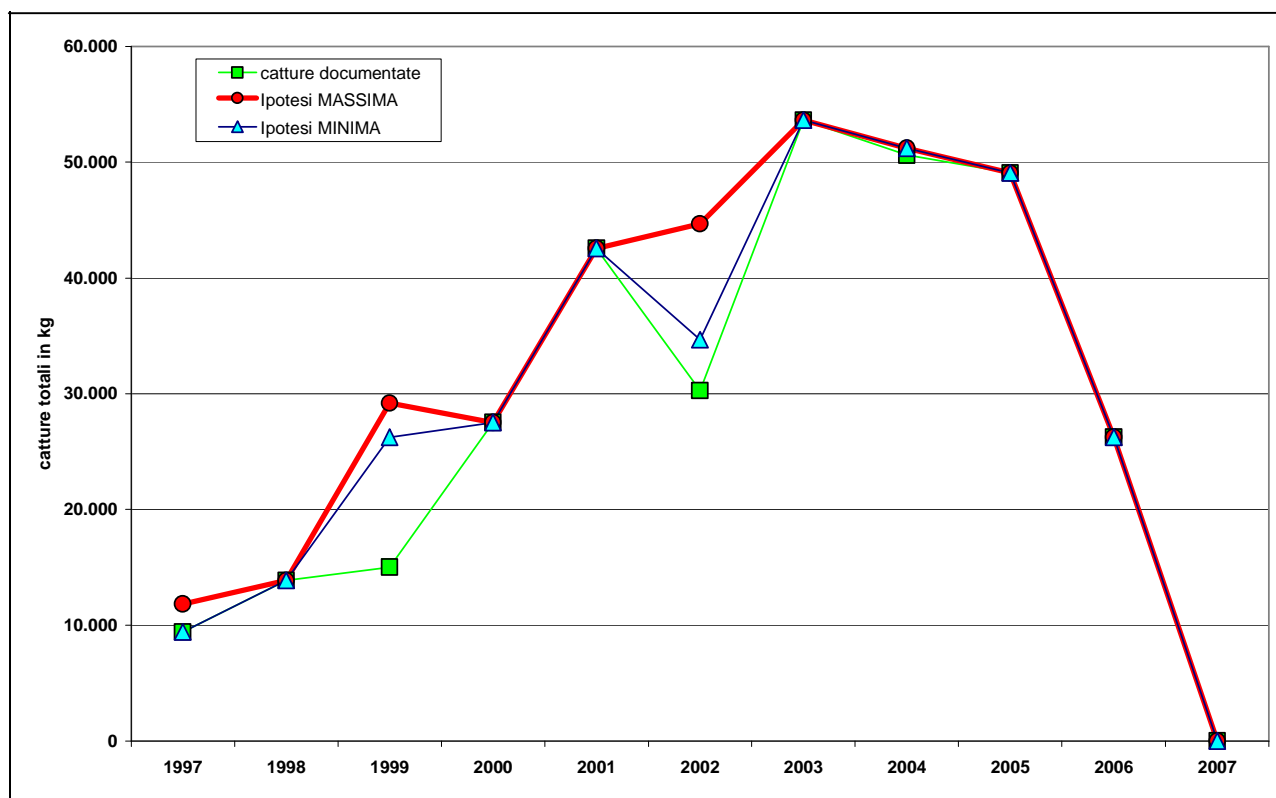
Si tratta comunque di sottostime in quanto, soprattutto per i primi anni, alcuni valori non sono più disponibili; ad esempio il valore complessivo del 2002 deve essere aumentato di almeno 10-15 tonnellate.



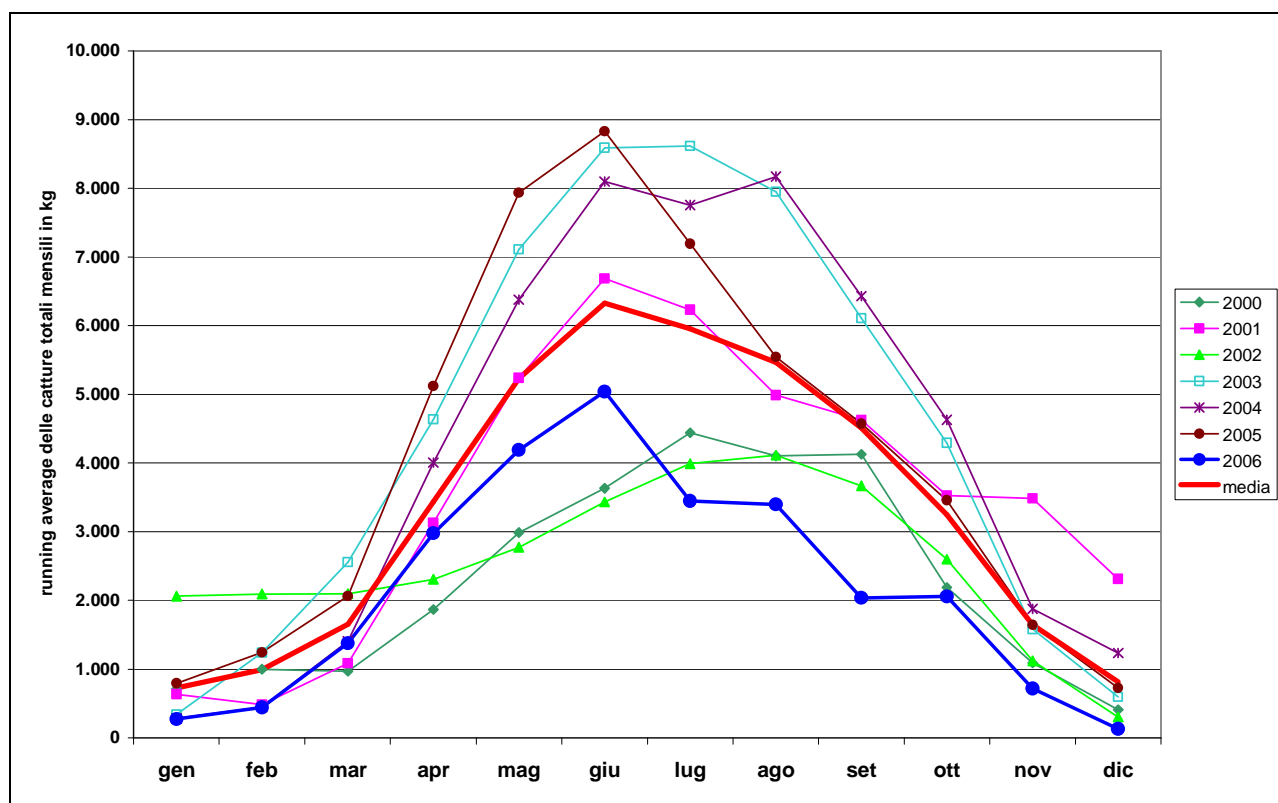


Anche tenendo conto di tali sottostime, si rileva un incremento quasi lineare del catturato da 10-15 tonnellate/anno nel 1997-98 fino a circa 50 tonnellate/anno nel periodo 2003-2005, mentre nel 2006 le catture totali si sono dimezzate, scendendo a circa 25 tonnellate. Nel 2007 infine le catture commerciali possono considerarsi nulle.

Nel grafico seguente si è ipotizzato che i dati mancanti nel 1999 e 2002 fossero pari alla media degli anni contigui.



La stagionalità delle catture è comunque sempre stata molto marcata: il 91% del pescato è realizzato da maggio a ottobre e l'82% in soli 5 mesi, da maggio a settembre; in pratica durante la stagione invernale l'attività è praticamente sospesa.



## 9. Giorni di attività

Sebbene il numero di licenze (10 fino al 2001) sia stato portato a 15 unità nel 2002, il numero di operatori attivi, e ancor più la loro frequenza di attività, è sempre stata assai inferiore alla potenzialità totale.

Fino al 2002 solo un subacqueo era operativo per più di 100 giorni all'anno, mentre gli altri pescavano meno di 50-70 giorni/anno. Nell'ultimo triennio i giorni d'attività sono notevolmente aumentati: un pescatore opera per circa 200 giorni/anno, quattro per 100-150 giorni/anno ed i rimanenti in maniera molto più occasionale, per meno di 50 giorni/anno.

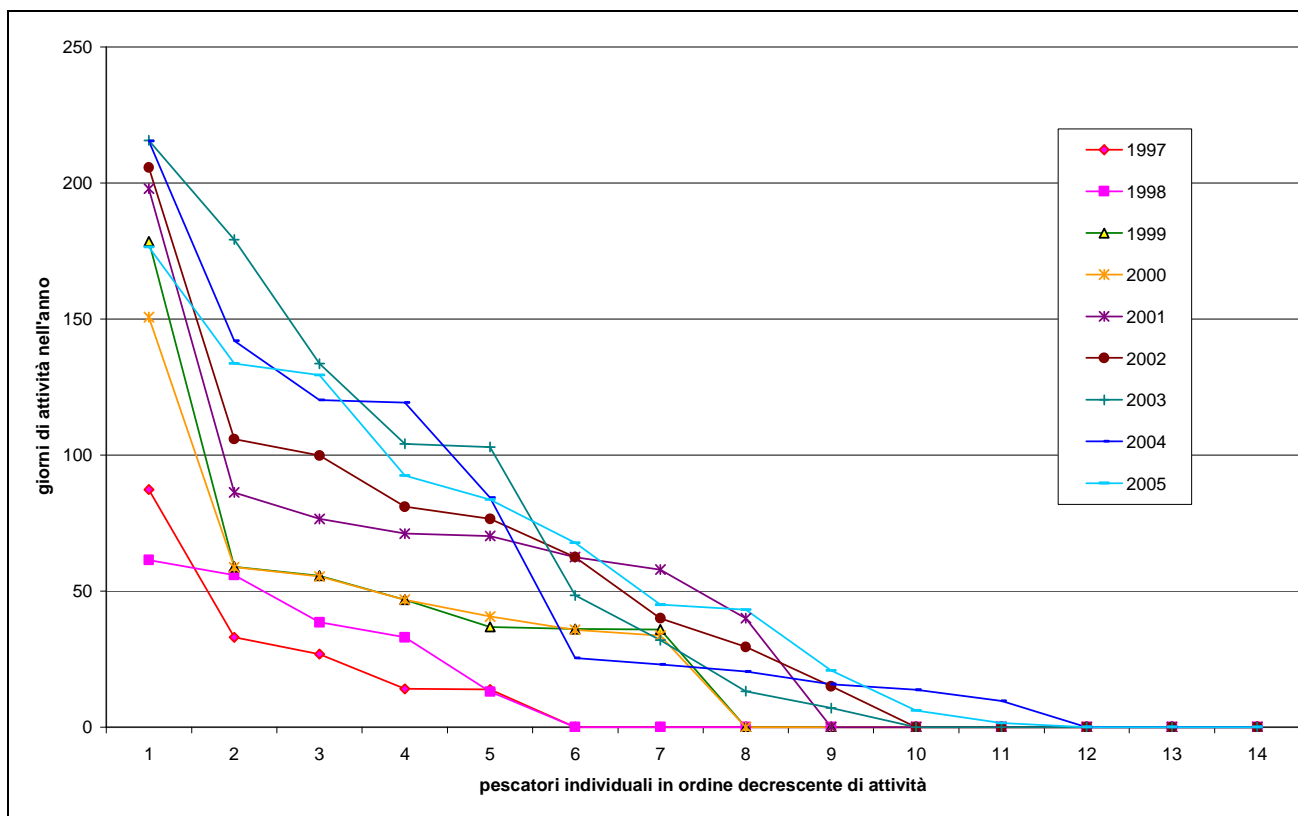
Dal confronto delle statistiche relative al 2001 e 2006 riportate nelle tabelle seguenti deriva che le catture medie giornaliere sono equivalenti (58 e 55 kg/giorno) mentre si è dimezzato il numero di giornate di attività passando da una media di 92 giorni per pescatore a soli 40 giorni nel 2006. Ciò potrebbe essere imputabile al fatto che la minor risorsa disponibile richiedeva un maggior numero di ore d'immersione, e quindi una riduzione dei giorni d'attività nel 2006.

anno 2001	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	totale kg	giorni di pesca	kg/giorno
operatore 1				42	205	749	792	914	451	711	62		3926	68	58
operatore 2		80		540	1205	710	905	790	203	578	446	345	5801	87	67
operatore 3	373	596	141	698	1806	1503	1556	1937	1098	1618	825	947	13095	218	60
operatore 4	87			342	565	865	1010	700	165	920	245	440	5339	94	57
operatore 5	79	80		483	1095	810	1020		203	578	446	390	5183	87	60
operatore 6					947	319	140	364	218	441	214	487	3130	63	50
operatore 7				55	715	557	205						1532	40	38
operatore 8				197	360	948	1074	821	399	762			4561	79	58
<b>totale catture kg</b>	<b>539</b>	<b>756</b>	<b>141</b>	<b>2357</b>	<b>6898</b>	<b>6461</b>	<b>6702</b>	<b>5526</b>	<b>2736</b>	<b>5607</b>	<b>2238</b>	<b>2609</b>	<b>42567</b>		
<b>giorni</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>4</b>	<b>48</b>	<b>115</b>	<b>113</b>	<b>96</b>	<b>82</b>	<b>52</b>	<b>98</b>	<b>51</b>	<b>48</b>		<b>733</b>	
<b>kg/giorno</b>	<b>34</b>	<b>46</b>	<b>35</b>	<b>49</b>	<b>60</b>	<b>57</b>	<b>70</b>	<b>68</b>	<b>53</b>	<b>57</b>	<b>44</b>	<b>54</b>			<b>58</b>
<b>kg/oper.</b>	<b>180</b>	<b>252</b>	<b>141</b>	<b>337</b>	<b>862</b>	<b>808</b>	<b>838</b>	<b>921</b>	<b>391</b>	<b>801</b>	<b>373</b>	<b>522</b>	<b>5321</b>	<b>92</b>	

anno 2006	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	totale kg	giorni di pesca	kg/giorno
operatore 1	67	25	205	483	494	1192	894	71	676	329			4436	59	75
operatore 2					188	103	30			39			360	12	30
operatore 3	182	97	189	664	990	240	836	54	795	311			4358	78	56
operatore 4	123			575	816	496	1532		882	476			4900	64	77
operatore 5	215	47	125	479	577	737	966		695	405	168		4414	52	85
operatore 6	25		25	208	617	616	578		381	230	24		2704	58	47
operatore 7				33	199	264	409	49	227				1181	40	30
operatore 8				74	63	223	364	22	64				810	33	25
operatore 9				278	239						24		541	15	36
operatore 10				474	433						32		939	20	47
operatore 11				152	355	305	357		300	109	9		1587	47	34
operatore 12							10						10	1	10
<b>totale catture kg</b>	<b>612</b>	<b>169</b>	<b>544</b>	<b>3420</b>	<b>4971</b>	<b>4176</b>	<b>5976</b>	<b>196</b>	<b>4020</b>	<b>1899</b>	<b>257</b>	<b>0</b>	<b>26240</b>		
<b>giorni</b>	<b>11</b>	<b>4</b>	<b>9</b>	<b>54</b>	<b>93</b>	<b>87</b>	<b>106</b>	<b>7</b>	<b>66</b>	<b>31</b>	<b>11</b>			<b>479</b>	
<b>kg/giorno</b>	<b>56</b>	<b>42</b>	<b>60</b>	<b>63</b>	<b>53</b>	<b>48</b>	<b>56</b>	<b>28</b>	<b>61</b>	<b>61</b>	<b>23</b>				<b>55</b>
<b>kg/oper.</b>	<b>122</b>	<b>56</b>	<b>136</b>	<b>342</b>	<b>452</b>	<b>464</b>	<b>598</b>	<b>49</b>	<b>503</b>	<b>271</b>	<b>51</b>		<b>2187</b>	<b>40</b>	

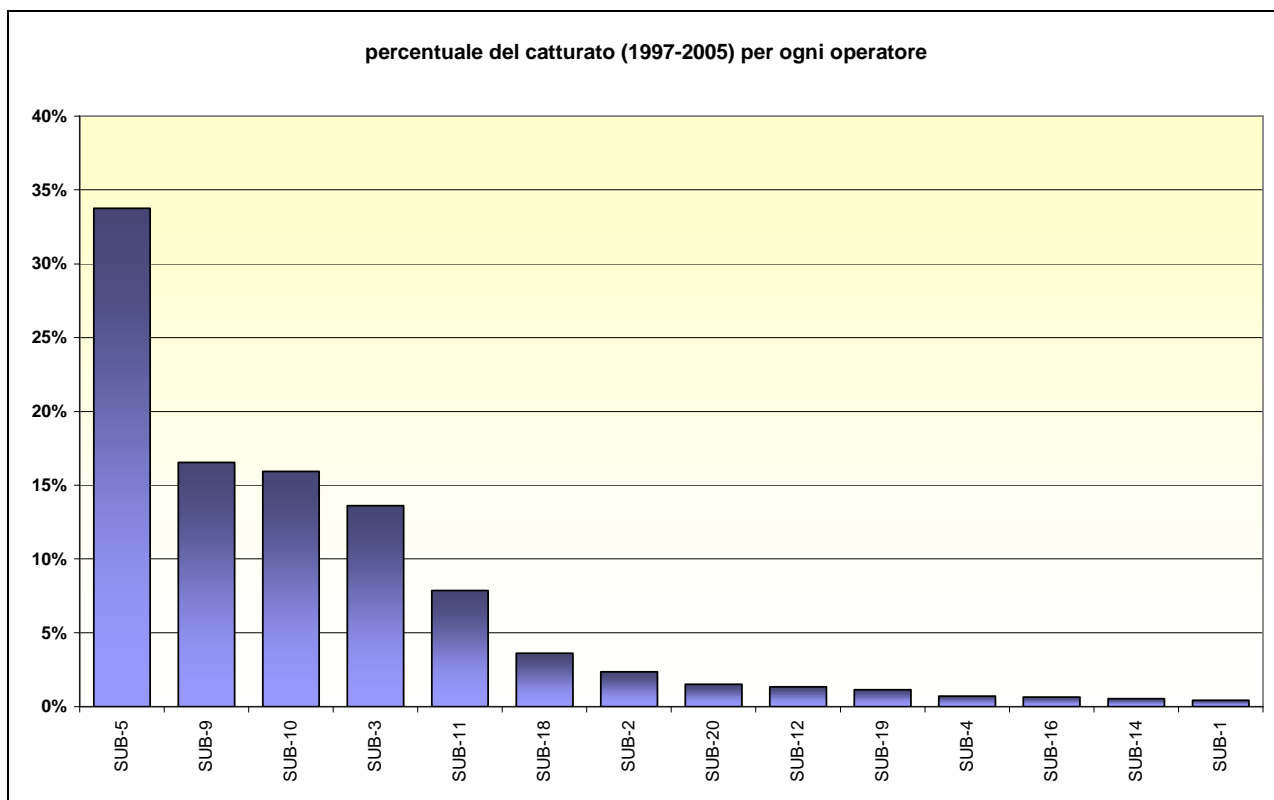
Analizzando il ranking dei giorni di attività per ogni pescatore ed ogni anno si possono rilevare tre tipologie che si sono sviluppate nel periodo 1997-2005:

- Negli anni 1997-98 l'attività era limitata sia per numero di operatori attivi (non più di 5) sia per giorni di attività (meno di 100 all'anno ognuno).
- Negli anni successivi, 1999-2002, il numero di pescatori attivi è cresciuto fino a 9-10 unità, ma molti di questi pescavano in maniera occasionale.
- Solo negli ultimi anni, 2003-2005, il ranking ha raggiunto un aspetto lineare con un numero di giorni attivi progressivamente decrescente da 200 giorni/anno fino a poche decine di giorni di attività all'anno.



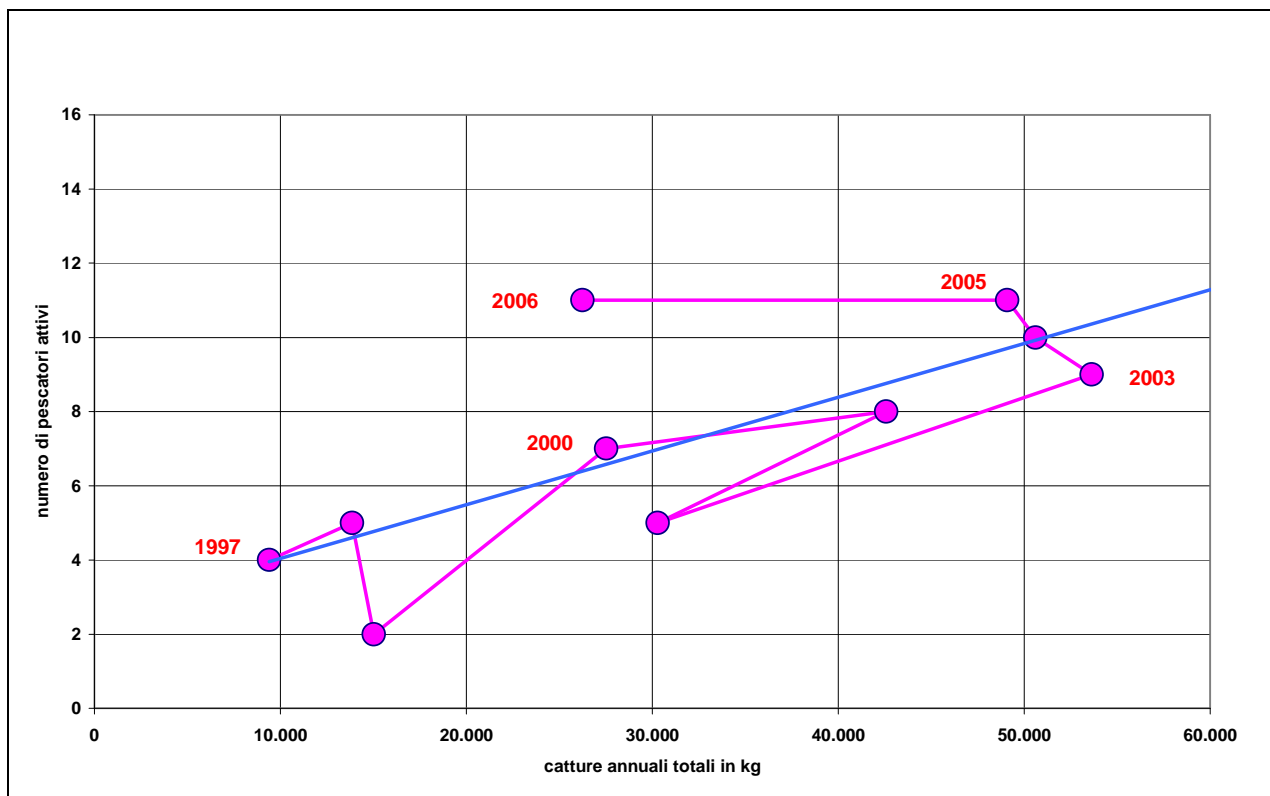
Questa distribuzione dei giorni di attività si rispecchia anche nelle percentuali del catturato attribuibili ad ogni operatore: uno di questi rappresenta da solo oltre il 30% dello sforzo di pesca (e del catturato), altri quattro si collocano tra l'8% e il 17%, mentre i rimanenti 9 subacquei costituiscono tutti insieme non più del 12% del totale.

In pratica è come se l'attività di pesca fosse esercitata da soli 6 operatori con una ripartizione media di circa il 15% del catturato per ciascuno.



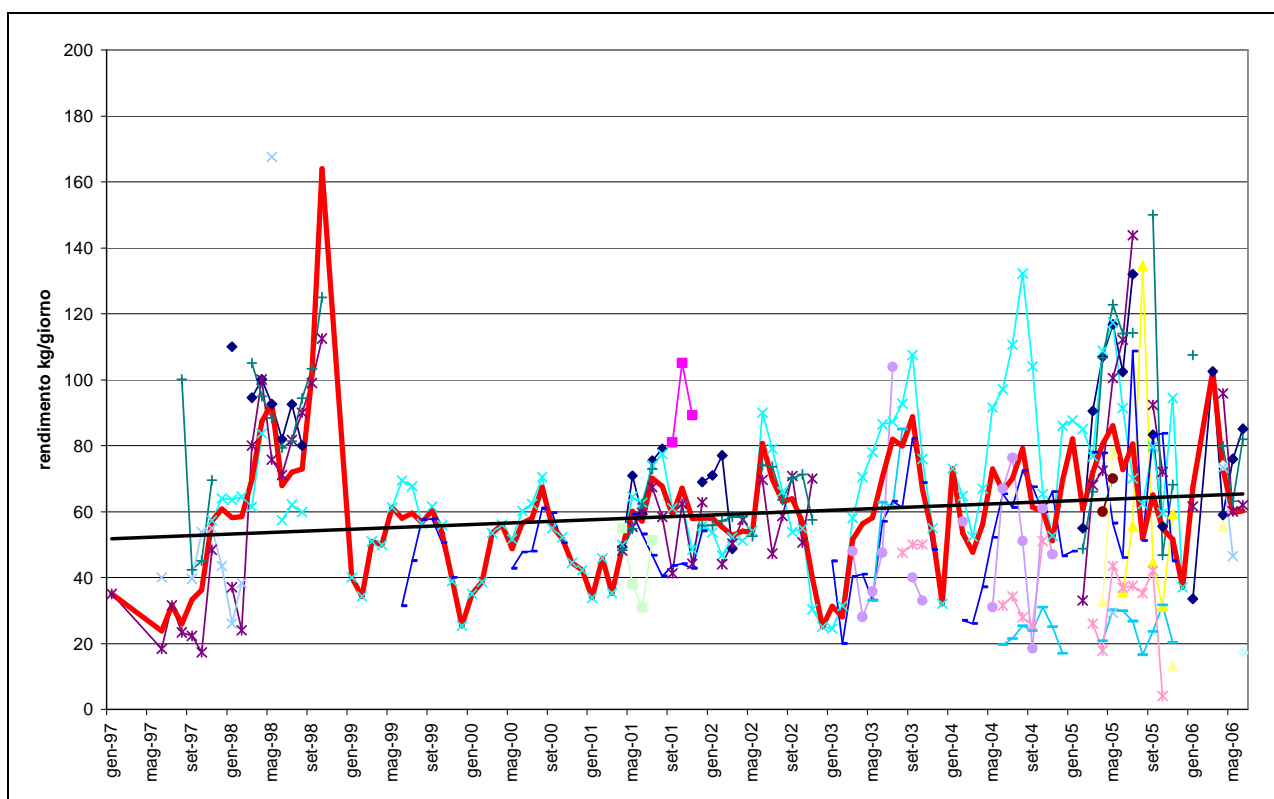
## 10. Catch Per Unit Effort

L'attività svolta (effort) e le catture (catch) sono fra gli indici più frequentemente utilizzati nella scienza della pesca. Nel grafico seguente viene illustrata l'evoluzione del fenomeno pesca esaminato: nel periodo 1997-2003 il numero di pescatori e le catture sono coerentemente aumentati raggiungendo le 50 tonnellate ad opera di 10 pescatori attivi. Negli anni 2003-2005 la situazione è rimasta praticamente invariata su tali valori, mentre nel 2006 la cattura si è dimezzata.



Le catture per unità di sforzo (CPUE) vengono anche utilizzate come indice della consistenza di una risorsa ittica: per la pesca del cannolicchio è stato utilizzato come indice la cattura giornaliera per pescatore, anche se sarebbe preferibile, e più preciso, utilizzare le catture per ora d'immersione (purtroppo tale informazione è disponibile solo in pochi casi).

Nell'analisi sono state quindi utilizzate le CPUE (kg/giorno) relative a 15 pescatori monitorati per il periodo 1997-2006. Come è evidente dal grafico seguente le fluttuazioni possono essere molto ampie, per cui è preferibile utilizzare le medie annuali.

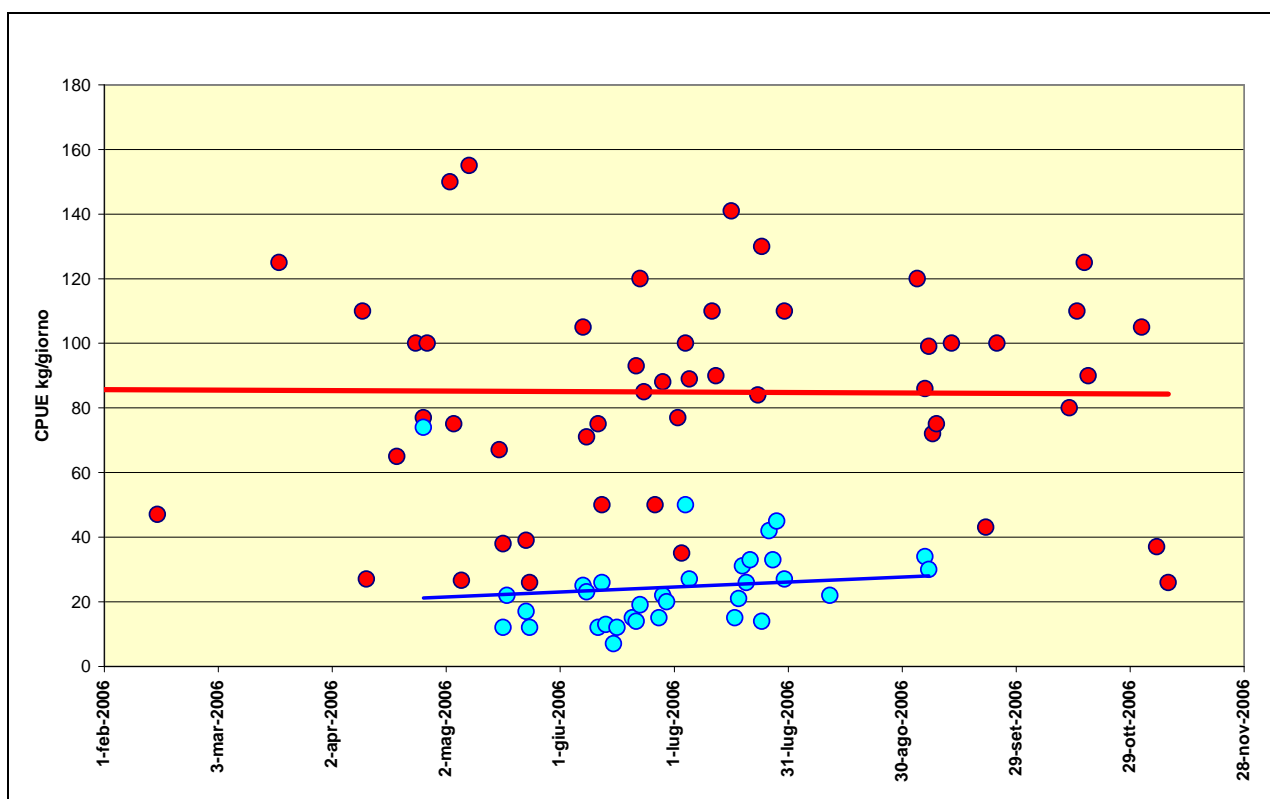


Il rendimento giornaliero (media annuale) può variare tra 20 e 100 kg/giorno, con media complessiva di tutti i pescatori intorno a 50-60 kg/giorno ed è stato relativamente costante per tutto il periodo, 2006 compreso, come illustra il grafico seguente.



Anche nel corso del 2006, per tutti i pescatori (nel successivo grafico si riportano due di essi) i rendimenti (kg/giorno) non hanno mostrato variazioni significative, né una riduzione o un crollo in un qualche momento particolare. Ciò indica che non è avvenuta alcuna improvvisa moria degli individui presenti, in accordo con l'assenza di spiaggiamenti massivi delle valve vuote.





## 11. Alterazioni ambientali

Al fine di verificare possibili alterazioni ambientali che potessero essere avvenute nella zona sono stati esaminati i risultati delle analisi effettuate nell'ultimo decennio ad opera di vari Enti:

- 1999: Analisi chimiche e batteriologiche su campioni di cannolicchi prelevati nel tratto di mare del litorale pisano. (*ARPAT - Dipartimento di Pisa*)
- 1997-2000: Elaborazione dei dati del monitoraggio delle acque marino-costiere nella zona di Tirrenia. (*ARPAT - Area Mare*)
- 2001-2002: Indagine popolazionistica sulla popolazione di cannolicchio e sulla pesca professionale in Toscana. (*ARPAT – Area Mare*)
- 2003: Programma di interventi di recupero e riequilibrio del litorale e della linea di riva in località Gombo. (*Provincia di Pisa*)

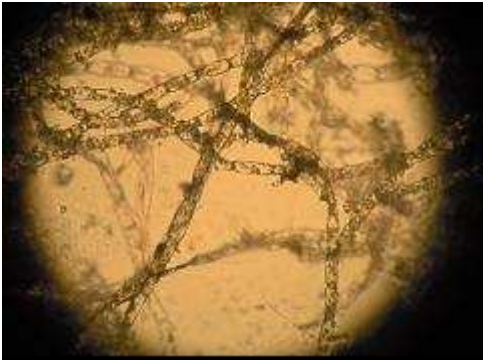
- 2003: Modello fisico tridimensionale delle opere per la sistemazione del litorale di Marina di Pisa. (Politecnico di Bari)
- 2004: Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche della foce del Canale Scolmatore. (CIBM)
- 2005: Caratterizzazione di materiali di dragaggio provenienti dalla foce dell'Arno e dalla foce dello Scolmatore. (ARPAT - Dipartimento di Pisa)
- 1997-2006: Monitoraggio dei parametri chimici e fisici delle acque marine davanti alla Foce dell'Arno (ARPAT - Area Mare)
- 2007: Verifica e confronto delle analisi batimetriche e granulometriche nella zona di pesca dei cannolicchi. (ARPAT - Area Mare)

Come sviluppato più in dettaglio nei successivi capitoli, in nessun caso sono stati individuati elementi inquinanti o alterazioni ambientali di livello tale da giustificare una moria dei cannolicchi.

Un elemento che però va preso in considerazione è che nel mese di luglio, sia del 2005 sia del 2006, sono state rilevate quantità eccezionali di meduse, soprattutto *Rhizostoma pulmo* e *Pelagia noctiluca*, che quantomeno sono indicatrici di un'anomalia ambientale, seppur periodicamente ricorrente. Tali fatti, che ovviamente sono ininfluenti sugli individui adulti di cannolicchio, potrebbero però essere in un qualche rapporto con la fase planctonica delle larve di cannolicchio, attraverso un'aumento nella mortalità dovuta a predazione, sebbene non se ne possano avere riscontri diretti.

Nel 2006, tra metà giugno e metà luglio, si è avuto inoltre un consistente bloom algale proprio nella zona tra Tirrenia e lo Scolmatore con massicci spiaggiamenti di alghe come documentato dalle foto seguenti. Alcuni campioni di queste sono stati analizzati dall'ARPAT (Dipartimento di Pisa e Area Mare) e dall'Università di Firenze (Prof. Sartoni): le macroalghe dominanti sono risultate essere alghe brune filamentose (*Ectocarpales*) tipiche delle mucillagini, tra cui *Acinetospora crinita* e alghe rosse (*Polysiphonia* sp.).

Dalla letteratura scientifica è documentato che la presenza di tali alghe può agire da filtro per le larve pelagiche di varie specie demersali, tra cui in particolare anche lamellibranchi, e quindi danneggiare il reclutamento (ovvero l'insediamento degli individui sul fondo).



(foto ARPAT – Dipartimento di Pisa)

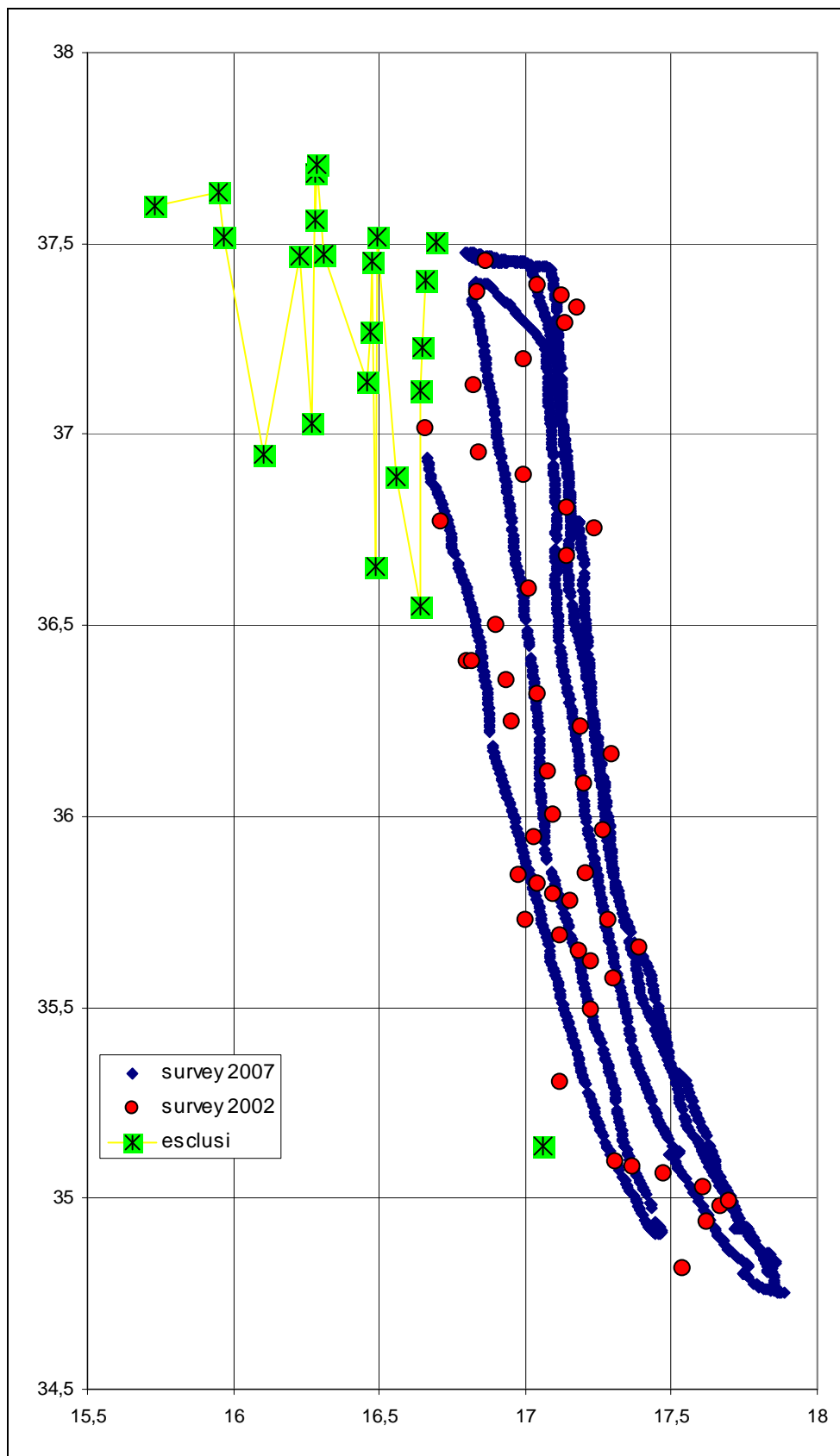


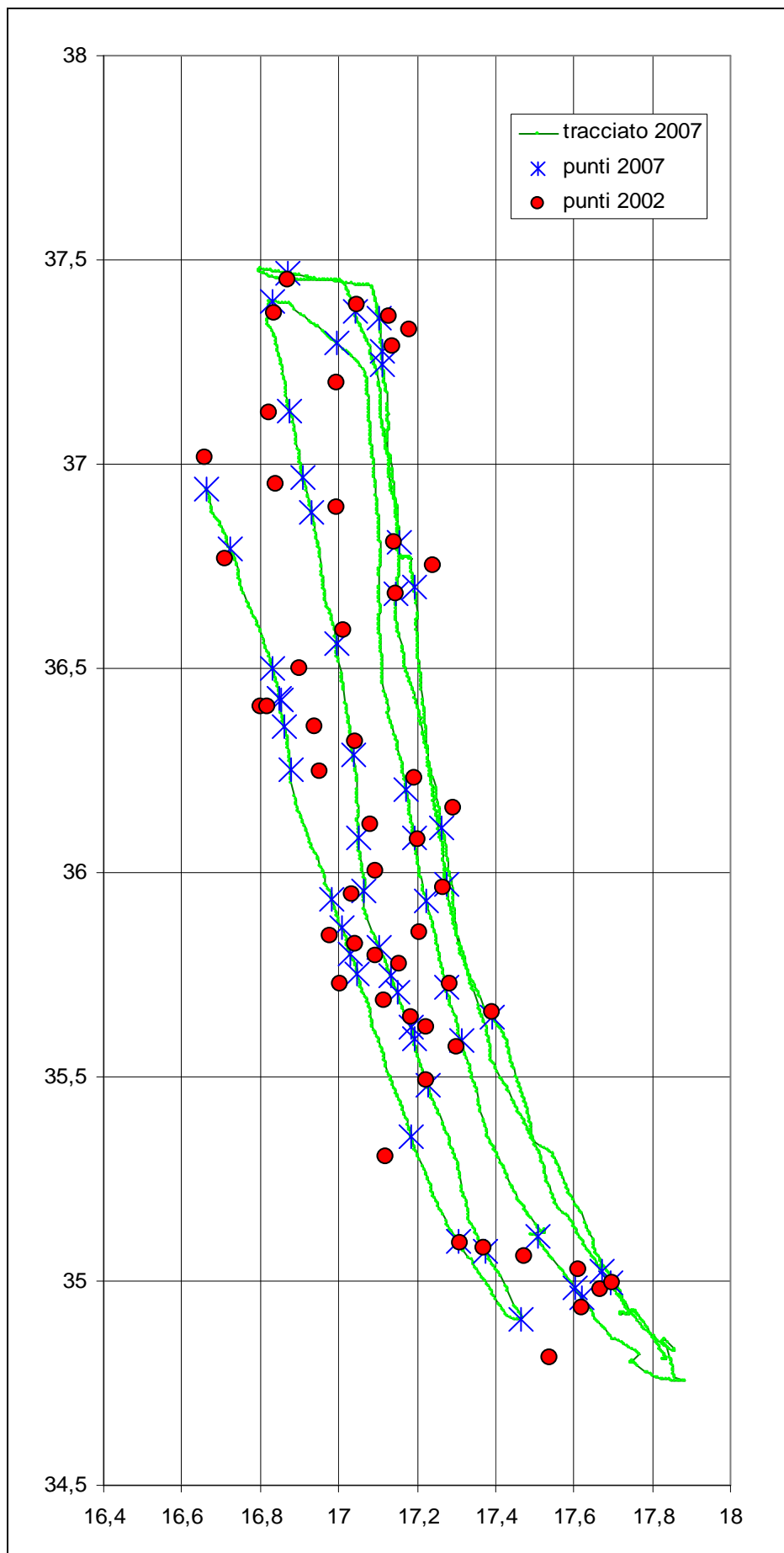
## 12. Analisi batimetrica

L'ipotesi, formulata da alcuni pescatori, di un'alterazione delle profondità del fondale è stata verificata confrontando la prospezione batimetrica eseguita dall'ARPAT nel 2002 con una nuova valutazione eseguita il 14.08.2007.

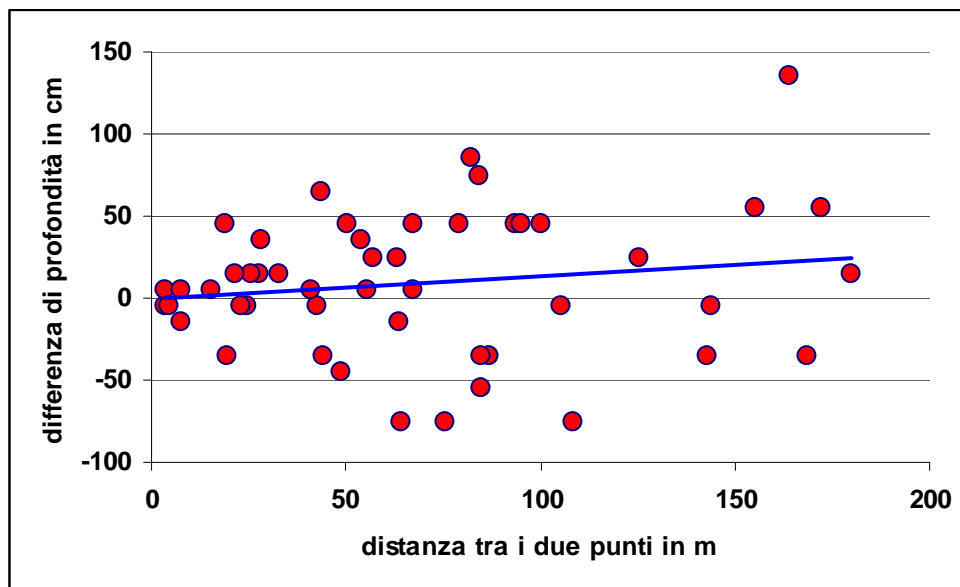
Per tale indagine è stata utilizzata un'imbarcazione ARPAT, equipaggiata di ecoscandaglio e GPS differenziale, che ha percorso il tracciato rappresentato nelle figure seguenti (sugli assi, per la latitudine e la longitudine sono indicati solamente i primi di grado in quanto tutta la zona è compresa in 43°N e 10°E).

Sono stati rilevati complessivamente 2050 records, da cui sono stati estratti i 51 valori più prossimi alle corrispondenti posizioni rilevate nel 2002.

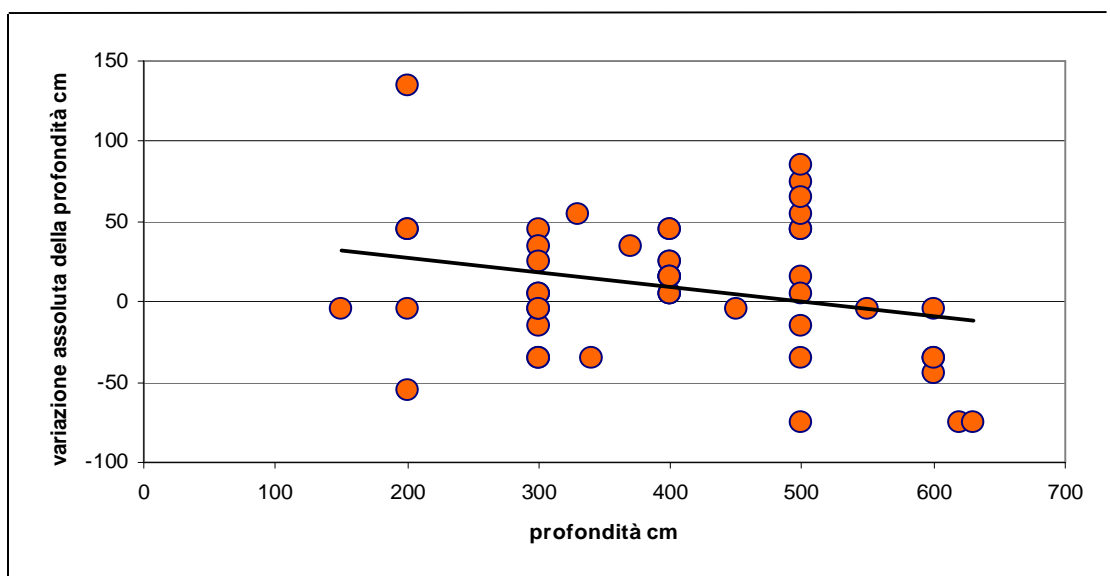




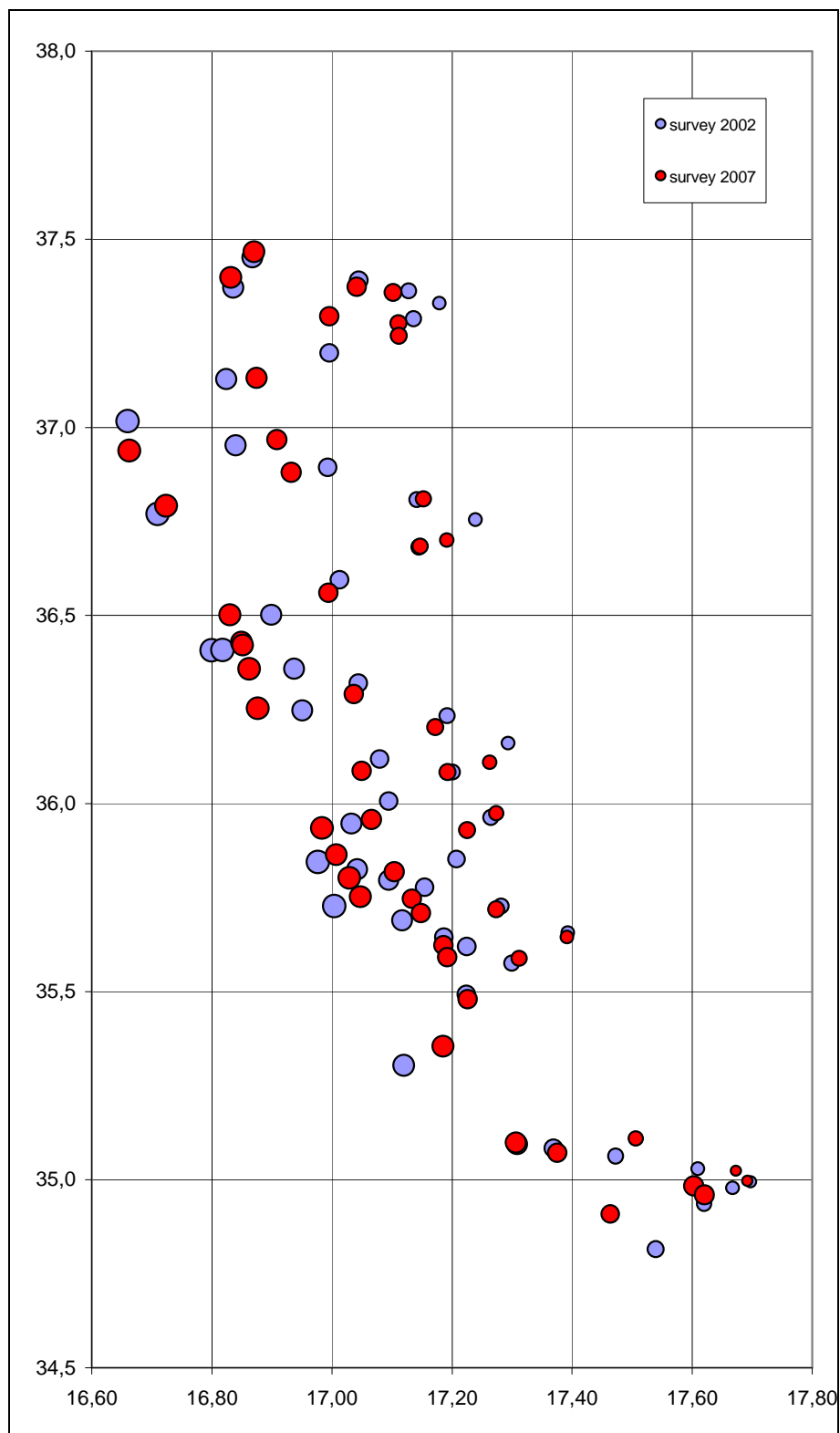
Dal momento che le coppie di punti rilevate nel 2002 e nel 2007 sono a distanze variabili tra 4 e 180 m, le variazioni di profondità sono state correlate con tali distanze. Come evidenziato dal grafico seguente, all'aumentare della distanza tra i punti cresce proporzionalmente anche la variabilità (10 cm con distanza di 4 m, oltre 1 m a distanze di 150 m), ma non esiste un trend significativo.



Anche l'analisi della variazione in funzione della profondità non mostra un gradiente: nella figura seguente infatti la regressione è prossima al valore 0, variando nel range esaminato, tra +30 e -10 cm.

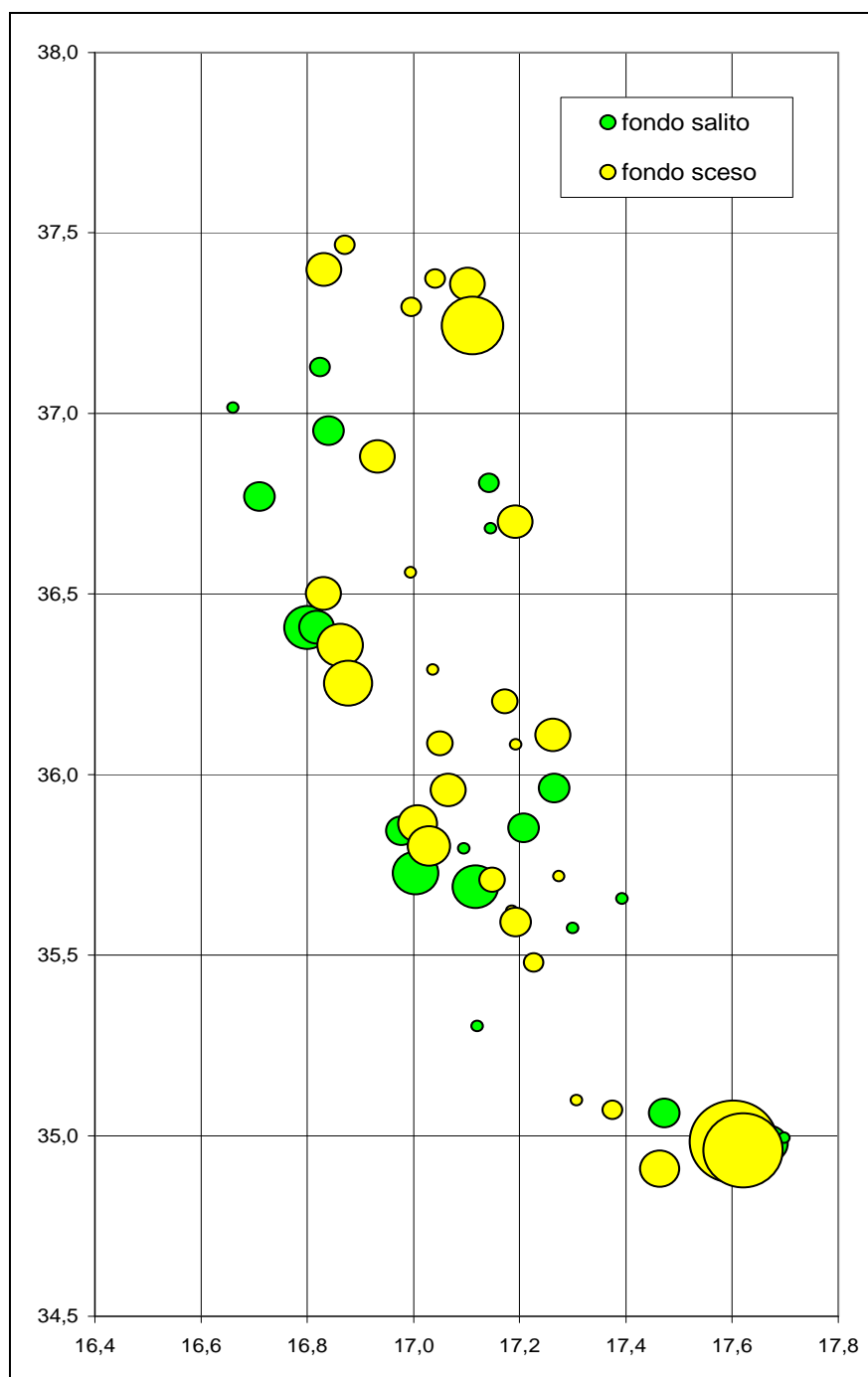


Su base geografica le profondità rilevate in ogni coppia di punti sono rappresentate nella figura seguente con dimensione proporzionale alla profondità stessa.



Come ancor meglio evidenziato dalla figura seguente, le differenze rilevate risultano trascurabili, qualche decina di cm, e soprattutto mostrano un pattern casuale di aumenti e diminuzioni, assolutamente fisiologico ad un fondo mobile a pochi metri di profondità.

L'unico elemento degno di nota è la variazione di circa 2,5 m di fronte alla bocca del canale Scolmatore dell'Arno (43°35' N, 10°17,6' E), assolutamente compatibile con i fenomeni di piena che possono essersi verificati nel corso del quinquennio.

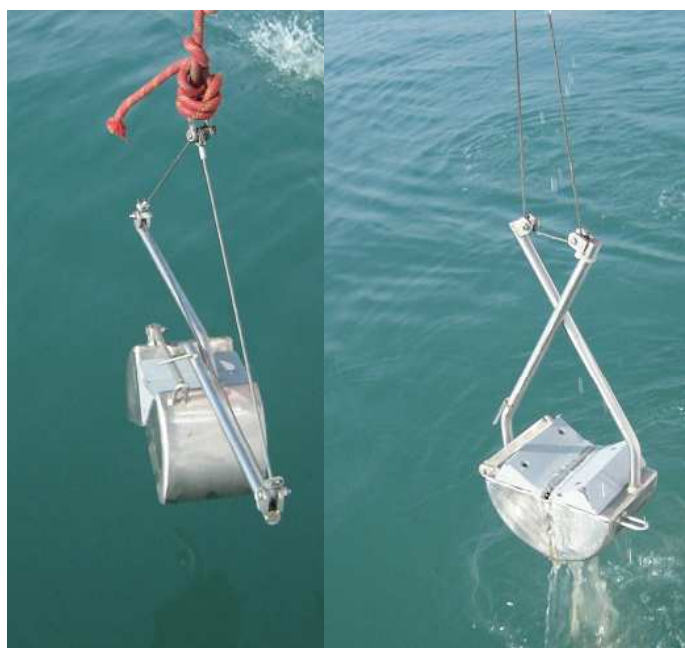




### 13. Analisi granulometrica

I prelievi sono stati eseguiti il 14.08.2007 e sono stati analizzati dal Dipartimento di Livorno dell'ARPAT: i rapporti di prova n°3551-3562 documentano che l'analisi granulometrica è iniziata il 19.09.2007 ed è terminata il 27.09.2007.

I prelievi di sedimento sono stati eseguiti con la benna Van Venn azionata manualmente in conseguenza della limitata profondità di prelievo. Nelle figure seguenti sono illustrate la struttura della draga e il suo posizionamento nelle fasi di rilascio e recupero durante i campionamenti.



Nella tabella e nelle cartine seguenti sono riportate le date, posizioni e profondità dei 12 campionamenti, in pratica coincidenti, eseguiti nel 2002 e nel 2007. Le coordinate, rilevate con GPS differenziale, indicano che le repliche sono state eseguite mediamente a non più di 10 metri di distanza dal precedente punto di prelievo; la profondità varia tra 1,5 e 4 metri.

codice punto	data	transetto	profondità m	coordinate	
				10° E	43° N
1	12-set-02	foce Calambrone	2,5	17,678	34,927
2	27-giu-02	foce Calambrone	2	17,619	35,025
3	26-giu-02	serbatoio Sud	2	17,376	35,627
4	12-set-02	serbatoio Sud	3,7	17,253	35,635
5	12-set-02	serbatoio Sud	2,4	17,391	35,635
6	27-giu-02	serbatoio Sud	1,5	17,398	35,788
7	23-ago-02	foce Calambrone	4	16,988	36,159
8	23-ago-02	foce Calambrone	2	17,265	36,175
9	23-ago-02	Regina Mundi	4	16,95	36,65
10	23-ago-02	Regina Mundi	2	17,129	36,724
11	23-ago-02	Tirrenia	2	17,175	37,17
12	23-ago-02	Tirrenia	4	16,9	37,17
1	14-ago-07	foce Calambrone	2	17,684	34,944
2	14-ago-07	foce Calambrone	2,1	17,604	35,026
3	14-ago-07	serbatoio Sud	2,3	17,377	35,626
4	14-ago-07	serbatoio Sud	3,1	17,254	35,632
5	14-ago-07	serbatoio Sud	2,2	17,394	35,641
6	14-ago-07	serbatoio Sud	1,7	17,399	35,784
7	14-ago-07	foce Calambrone	4,6	16,998	36,156
8	14-ago-07	foce Calambrone	2,5	17,262	36,176
9	14-ago-07	Regina Mundi	4,3	16,953	36,647
10	14-ago-07	Regina Mundi	3,3	17,128	36,722
11	14-ago-07	Tirrenia	1,8	17,172	37,169
12	14-ago-07	Tirrenia	4,7	16,919	37,169



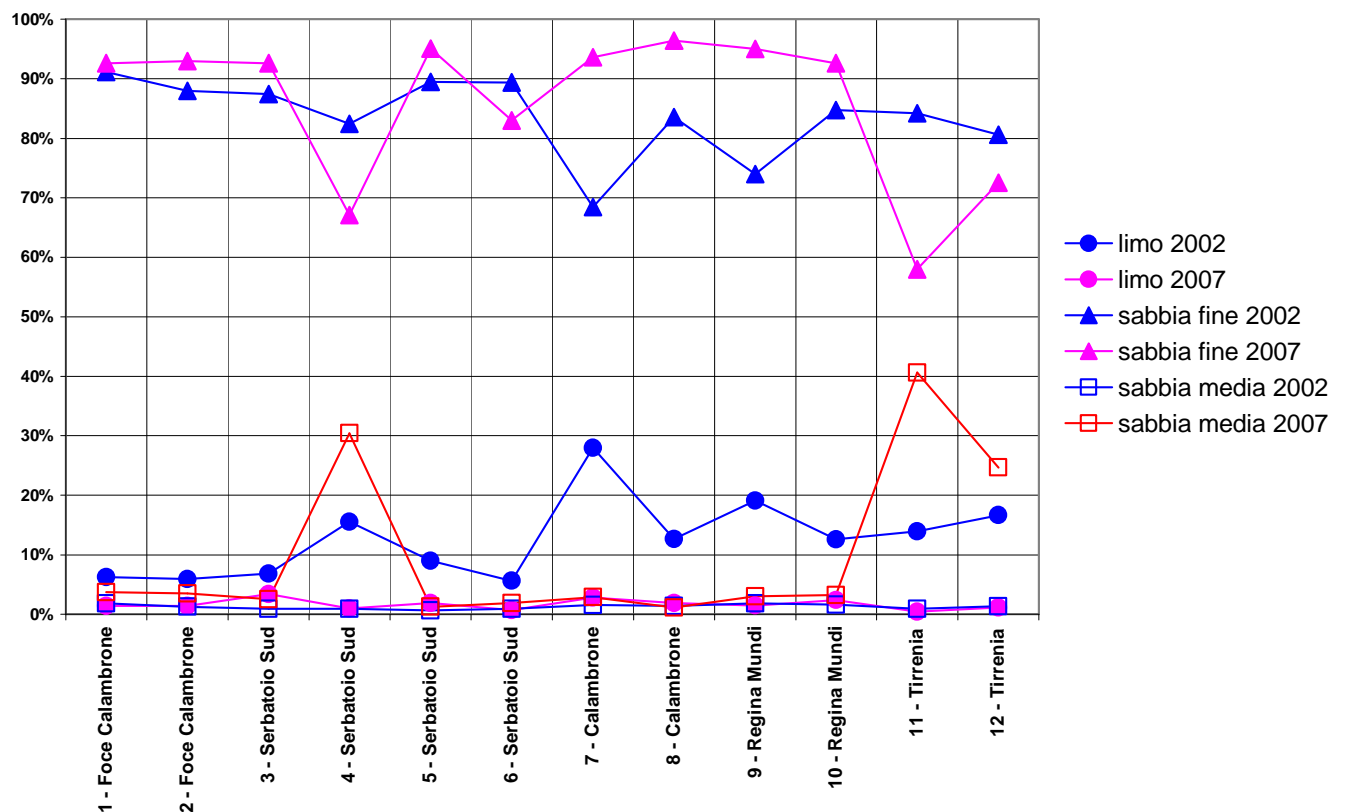
	Weber 1973	ENEA 1993
<b>ghiaia fine</b>	2-8 mm	> 2mm
<b>sabbia grossa</b>	0,5-2 mm	1-2 mm
<b>sabbia media</b>	0,25-0,5 mm	0,3-1 mm
<b>sabbia fine</b>	0,125-0,25 mm	0,075-0,3 mm
<b>sabbia molto fine</b>	0,0625-0,125 mm	
<b>limo</b>	0,0039-0,0625 mm	< 0,075mm

<b>codice</b>	<b>limo</b>	<b>sabbia fine</b>	<b>sabbia media</b>	<b>sabbia grossa</b>	<b>ghiaia fine</b>
<b>2002-1</b>	6,28%	91,16%	1,82%	1,70%	0,00%
<b>2002-2</b>	5,90%	88,00%	1,28%	1,72%	3,10%
<b>2002-3</b>	6,80%	87,40%	0,90%	2,00%	2,90%
<b>2002-4</b>	15,55%	82,42%	0,91%	1,30%	0,00%
<b>2002-5</b>	9,02%	89,48%	0,60%	0,90%	0,00%
<b>2002-6</b>	5,60%	89,42%	0,88%	1,10%	3,00%
<b>2002-7</b>	27,98%	68,42%	1,54%	2,06%	0,00%
<b>2002-8</b>	12,63%	83,58%	1,43%	2,20%	0,00%
<b>2002-9</b>	19,08%	74,01%	1,81%	5,10%	0,00%
<b>2002-10</b>	12,56%	84,78%	1,60%	1,06%	0,00%
<b>2002-11</b>	13,89%	84,20%	0,90%	1,01%	0,00%
<b>2002-12</b>	16,63%	80,60%	1,37%	1,40%	0,00%
<b>2007-1</b>	1,40%	92,60%	3,70%	0,70%	1,50%
<b>2007-2</b>	1,40%	93,00%	3,50%	0,90%	1,20%
<b>2007-3</b>	3,40%	92,60%	2,50%	0,60%	0,80%
<b>2007-4</b>	1,00%	67,10%	30,40%	0,60%	1,00%
<b>2007-5</b>	1,90%	95,10%	1,30%	0,20%	1,60%
<b>2007-6</b>	0,70%	83,00%	1,90%	13,60%	0,90%
<b>2007-7</b>	2,80%	93,60%	2,90%	0,30%	0,40%
<b>2007-8</b>	1,90%	96,40%	1,10%	0,10%	0,50%
<b>2007-9</b>	1,50%	95,00%	3,00%	0,20%	0,40%
<b>2007-10</b>	2,40%	92,60%	3,20%	0,90%	0,90%
<b>2007-11</b>	0,40%	58,00%	40,60%	0,70%	0,40%
<b>2007-12</b>	1,10%	72,50%	24,70%	0,50%	1,20%

Dal confronto complessivo tra la situazione nel 2002 e quella nel 2007 risulta che la componente dominante è sempre la sabbia fine (da 83,6% a 86,0%), mentre la

componente più grossolana è comunque marginale (sabbia grossa da 1,8% a 1,6%, ghiaia fine da 0,8% a 0,9%). Limitate variazioni si osservano solo nel limo (da 12,7% a 1,7%) e nella sabbia media (da 1,3% a 9,9%).

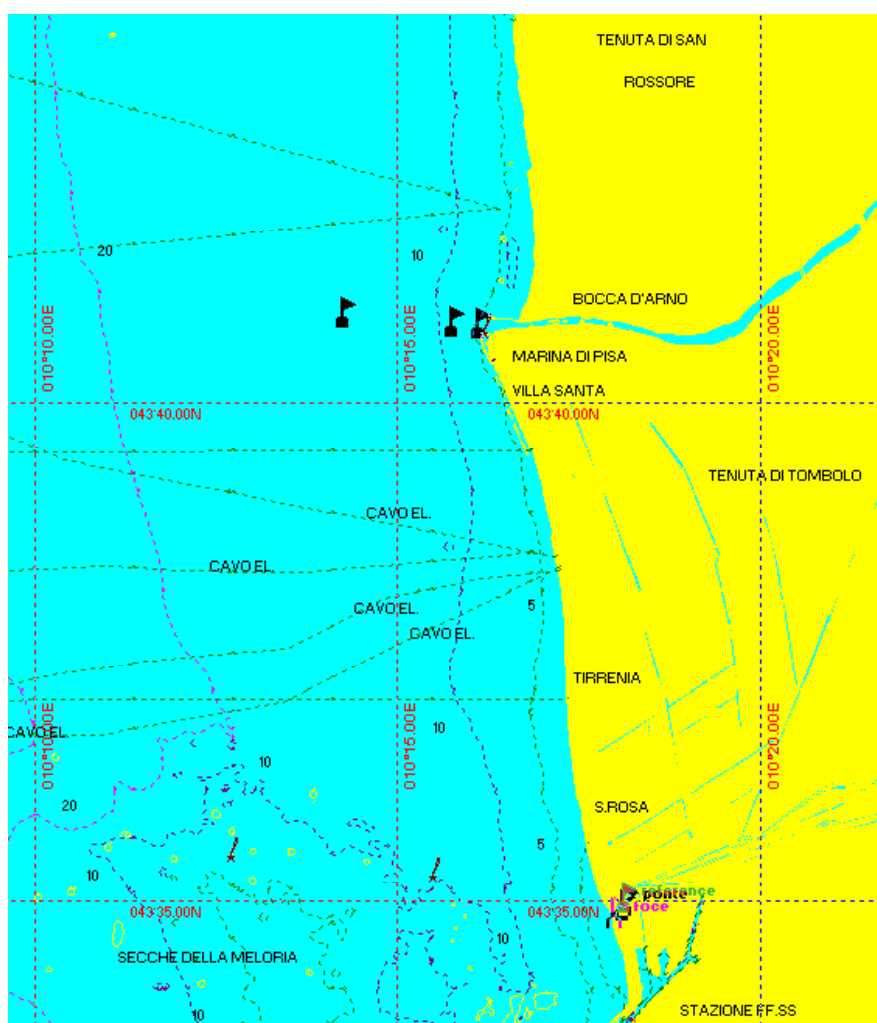
In generale, tra il 2002 e il 2007, nel complesso dei punti campionati è diminuito del 10% il limo e aumentata del 10% la sabbia media: una variazione di tale entità non può quindi determinare un mutamento sensibile delle condizioni granulometriche per i canalicchi, né possono essere significative le variazioni locali riscontrate a Tirrenia e serbatoio Sud. Nella figura seguente sono rappresentate le percentuali di ogni componente nelle 12 stazioni ordinate in senso da sud a nord.



## 14. Analisi termica

Per quanto riguarda la verifica dei parametri chimico-fisici è stato preso in considerazione il transetto Foce Arno, relativo al monitoraggio marino-costiero ai sensi della normativa vigente (L.n°979/1982). Il transetto prevede tre stazioni di campionamento posti in direzione occidentale fino ad una distanza di 1,35 miglia dalla costa, circa 2,5 km, come illustrato nella cartina seguente. Le coordinate dei punti sono 43°40,80'N e 10°16,07'E quella più costiera, 43°40,82'N e 10°15, 71'E quella intermedia, 43°40,92'E e 10°14,21'E quella più al largo.

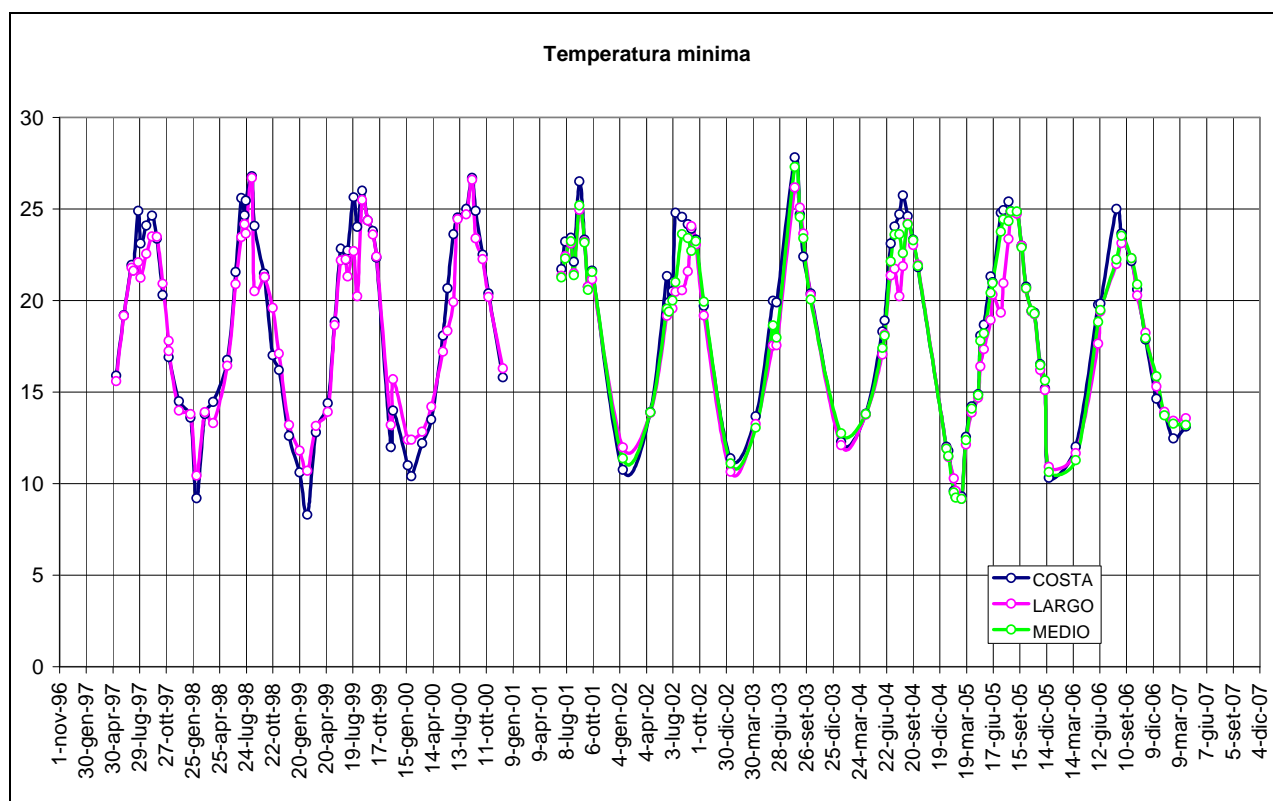
Tramite sonda multiparametrica in ogni punto è stato rilevato il profilo termico da 50 cm sotto la superficie fino al fondo. La profondità della stazione più costiera ha media di 2,5 m e valore massimo di 4,5 metri; la stazione intermedia ha profondità media pari a 5 metri e massima di 9,5 metri mentre la stazione più al largo ha valori medi di 6,5 metri e massimo di 12,5 metri.

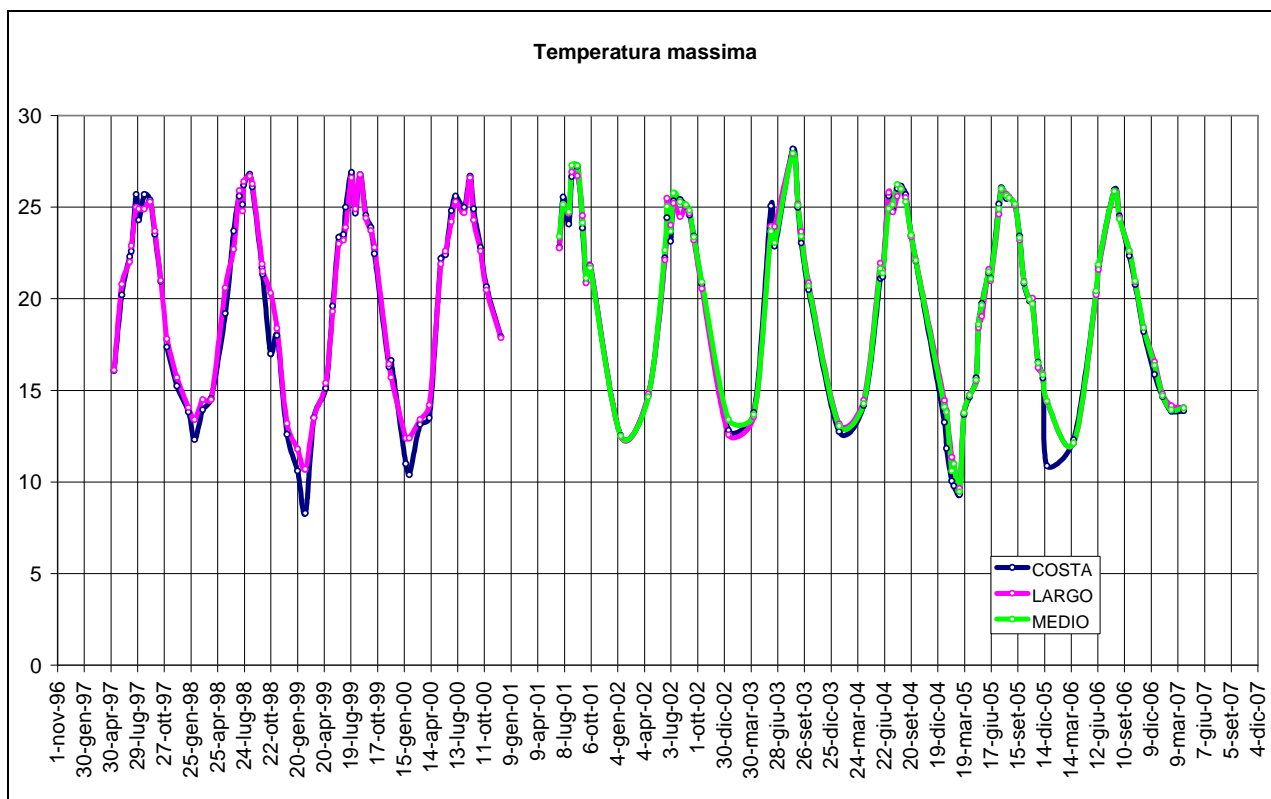
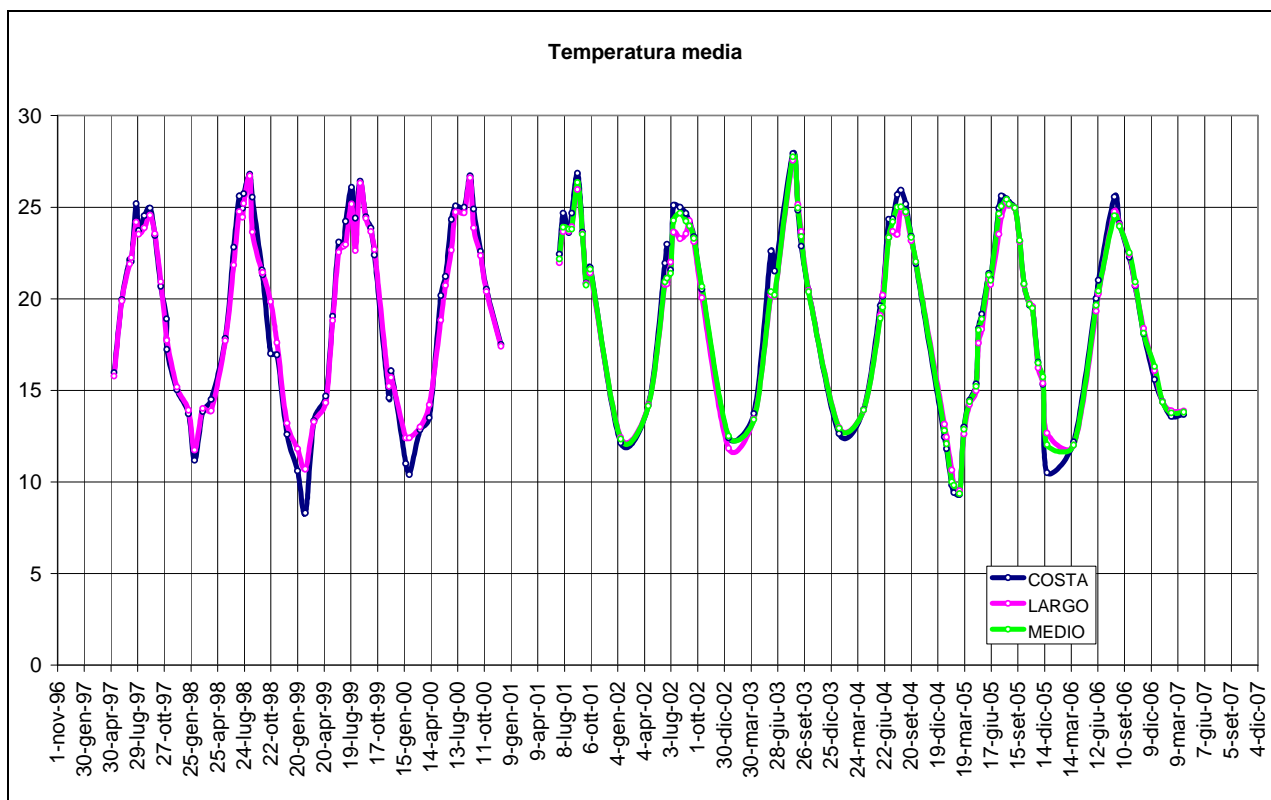


Le stazioni si trovano quindi a circa 3,5 miglia a nord della zona di pesca, ed essendo dominanti in zona le correnti in direzione settentrionali, la zona può essere considerata indicativa anche dell'area di pesca del cannolicchio.

In primo luogo è stato analizzato l'andamento della temperatura minima, media e massima per ogni campionamento in ciascuna delle 3 stazioni come è possibile vedere dai grafici seguenti.

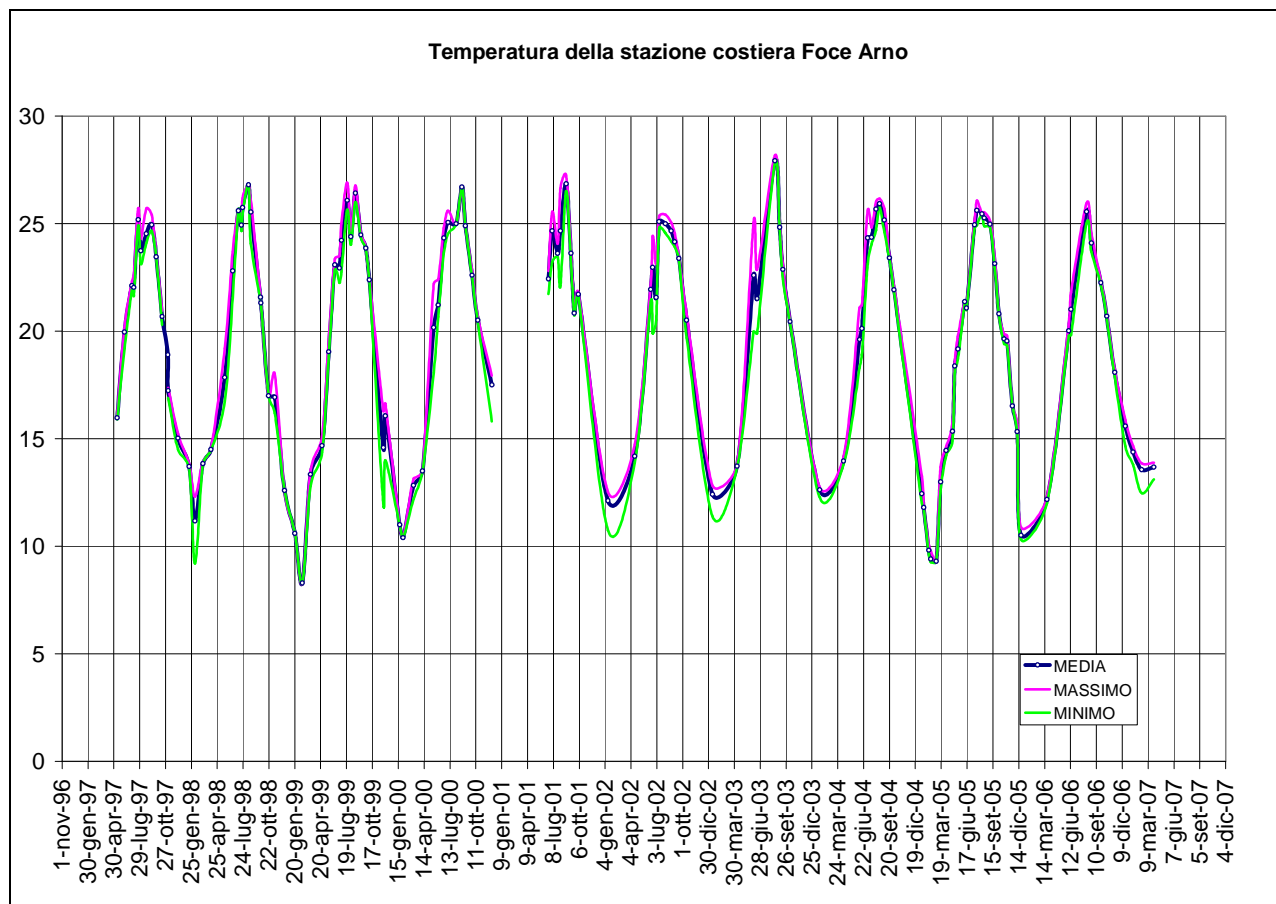
La temperatura minima, media e massima per ciascuna delle 3 stazioni non mostra sostanziali differenze salvo temperature occasionali più basse nella stazione costiera durante i mesi invernali, ad esempio nel febbraio 1999, febbraio 2000 e dicembre 2005.



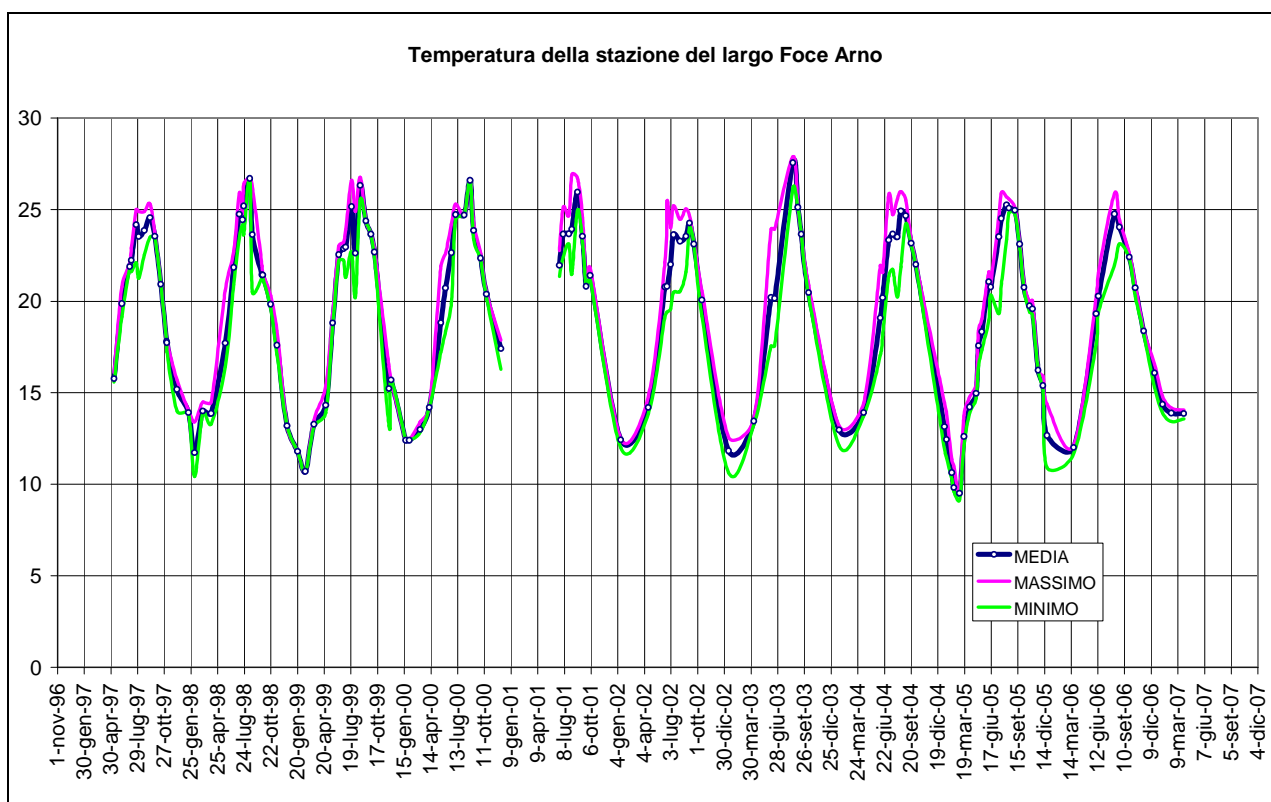
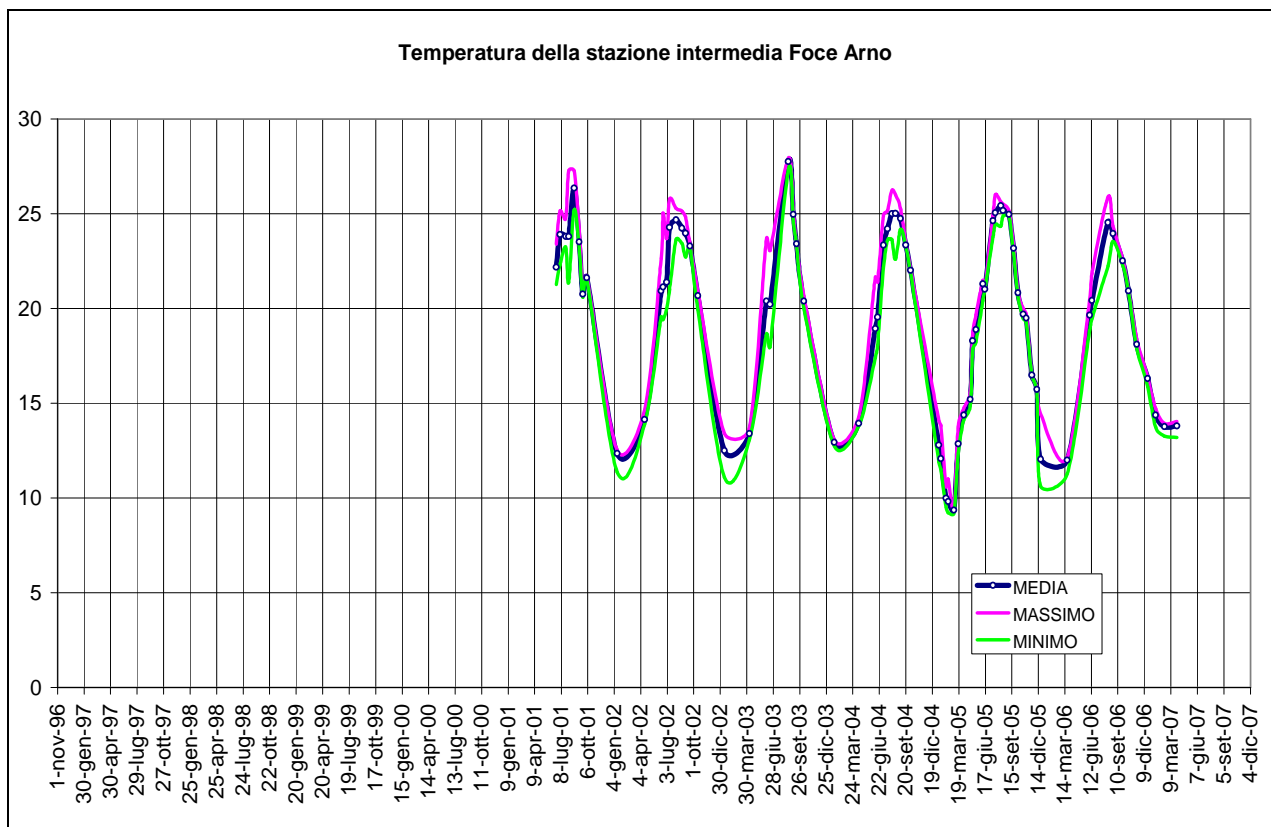




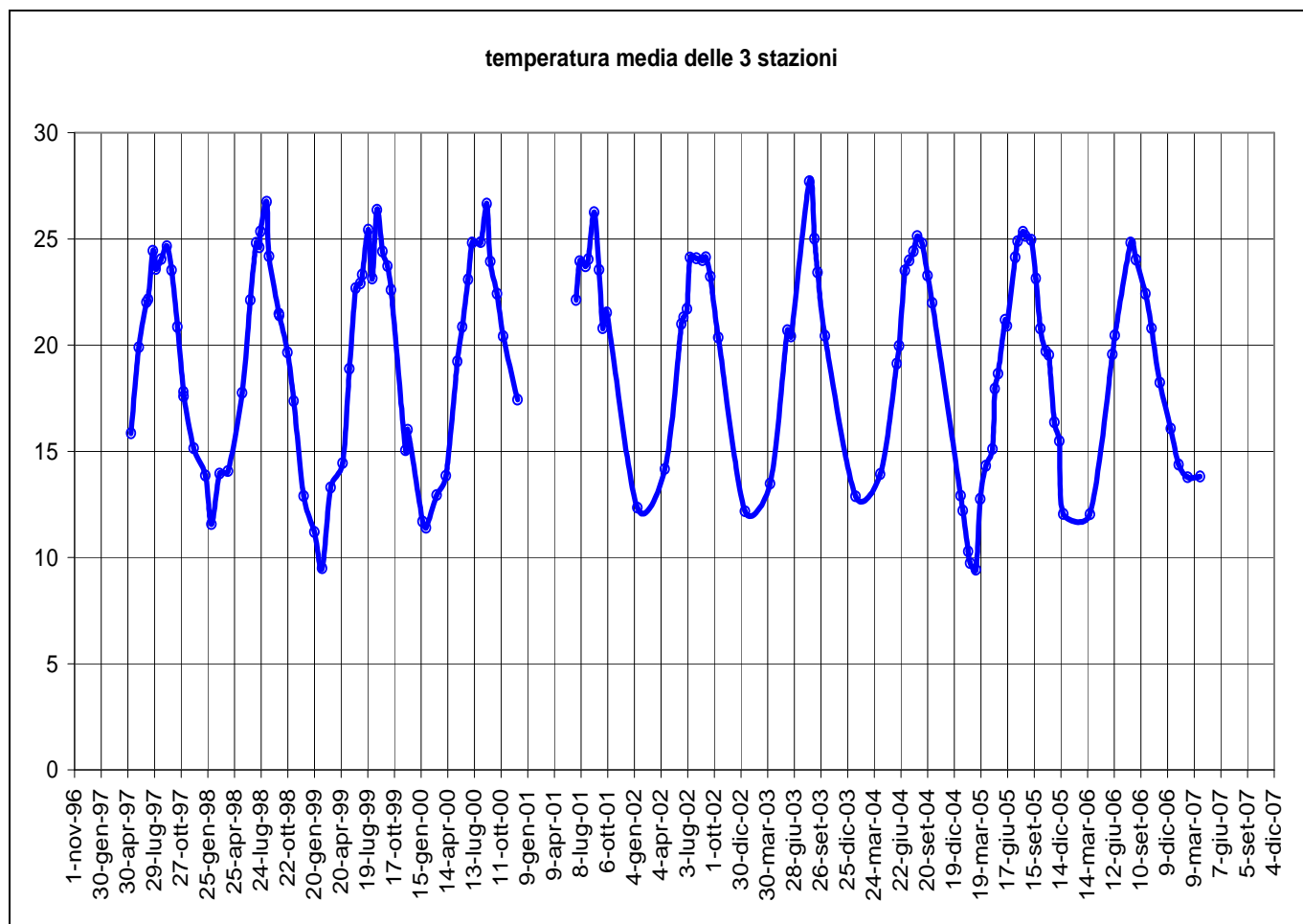
Sono quindi stati estratti i profili termici delle 3 stazioni di campionamento prese singolarmente: nei grafici seguenti è possibile osservare che i valori di temperatura registrati nel 2005 e nel 2006, anni importanti ai fini della nostra indagine, sono equivalenti ai valori degli anni precedenti.



Importante segnalare il picco estivo osservato nel 2003 per il quale si registrano dei valori medi annuali superiori di circa 3 °C per tutte e tre le stazioni di campionamento.

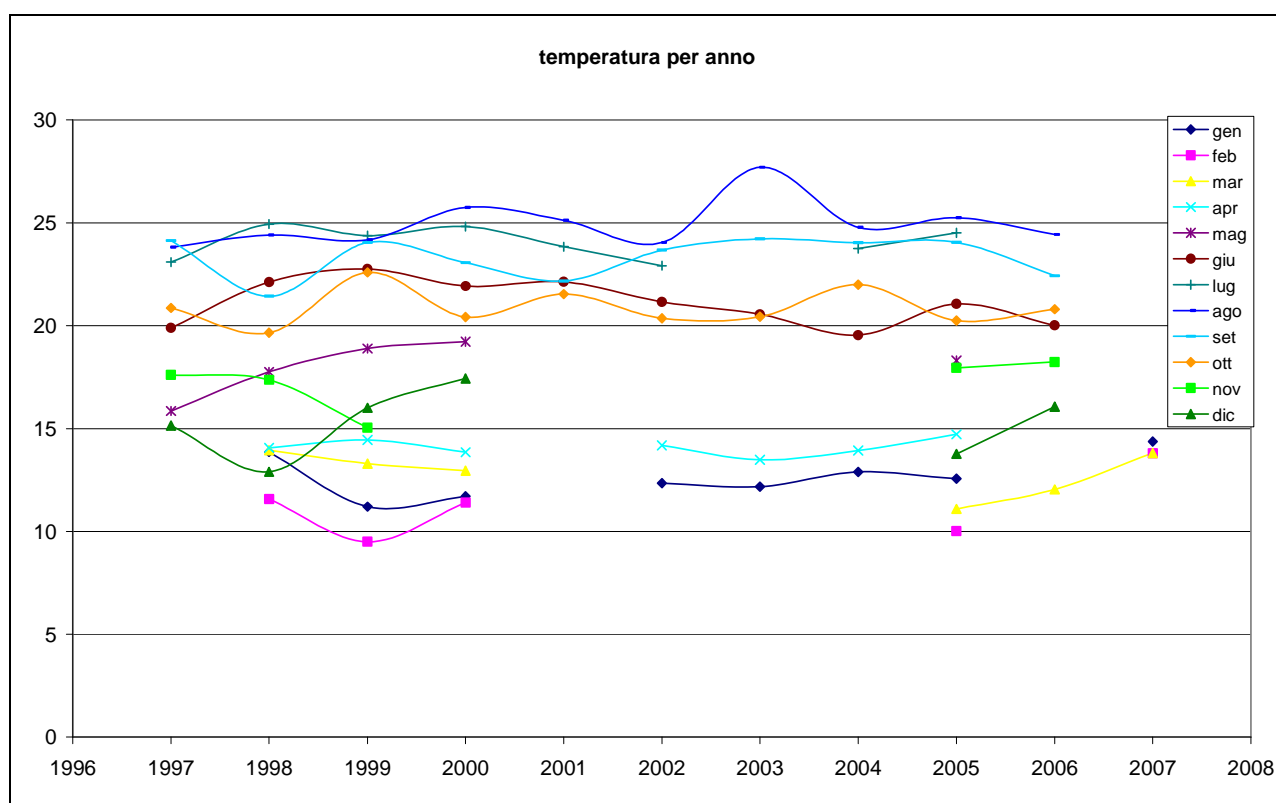


Analizzando separatamente i profili termici delle tre stazioni negli anni è possibile osservare che non si ha una sostanziale differenza tra i loro andamenti ed è quindi possibile far riferimento alla media generale delle tre stazioni che viene rappresentata nel grafico seguente.

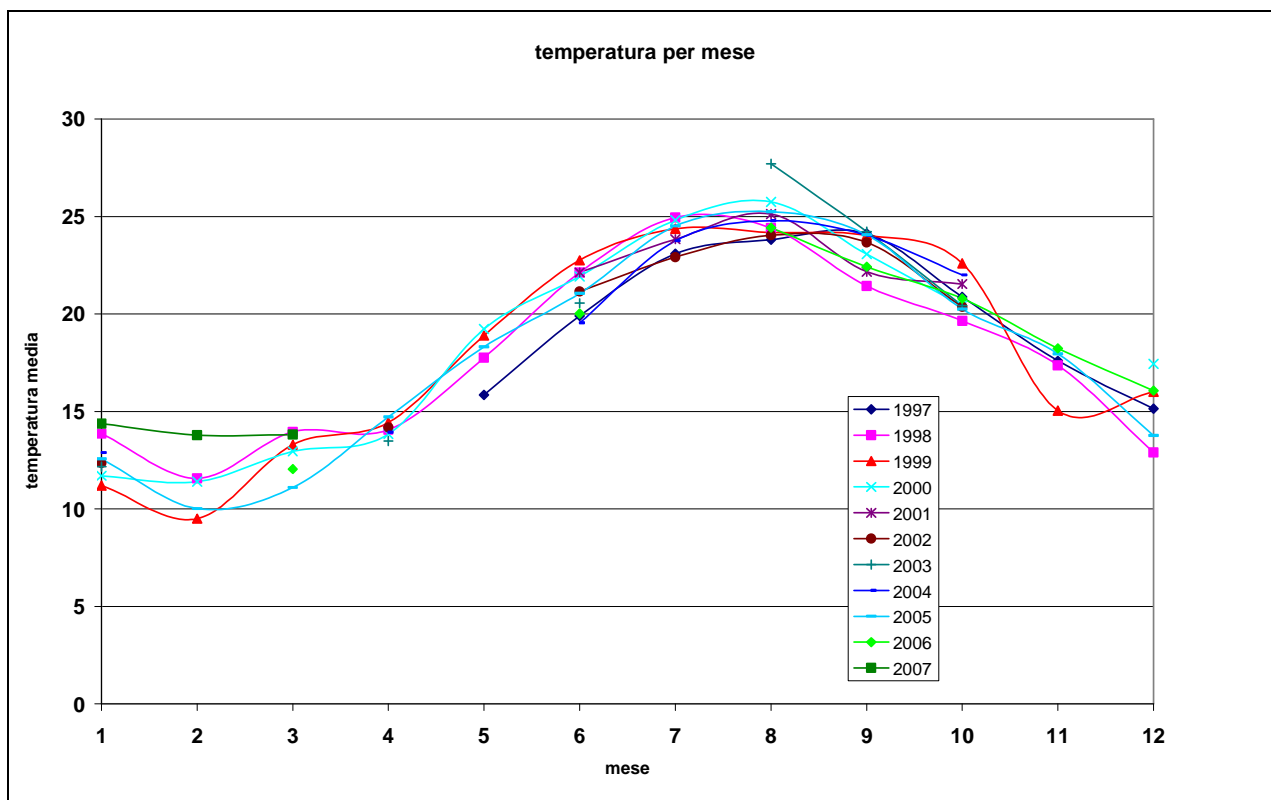


Il valore delle temperature medie mensili (raggruppando tutte le stazioni e profondità) durante gli anni mostra la presenza di un valore massimo di temperatura nel mese di agosto 2003 pari a circa 27,7 °C, invece del valore medio di 24,8°C registrato per tutta la durata dell'indagine e cioè tra il 1997 e il 2007.

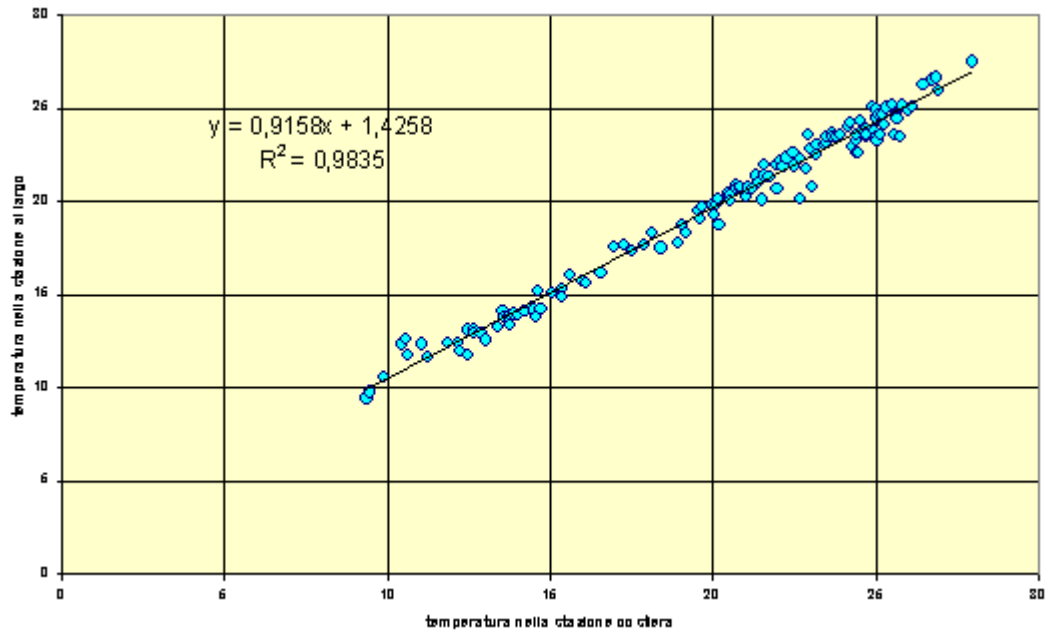
In generale è comunque possibile osservare un andamento pressoché uniforme delle medie mensili durante tutti gli anni del monitoraggio marino-costiero, con differenze casuali di 2-3 °C.



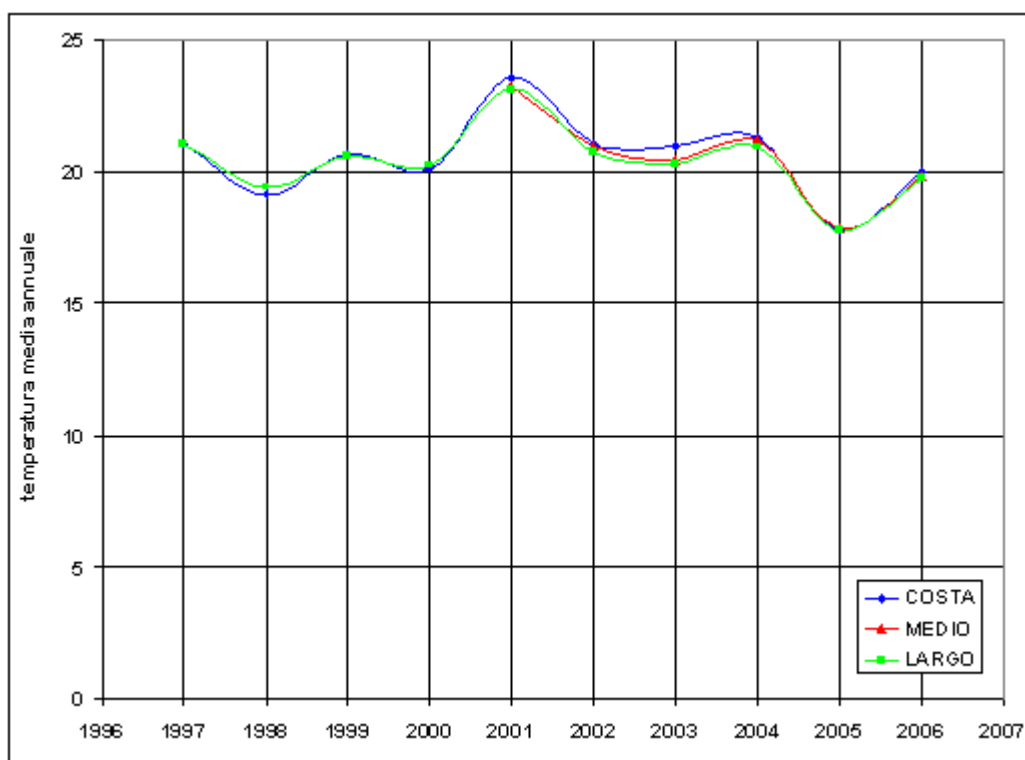
La figura seguente mostra l'andamento dei valori medi della temperatura registrata per ogni mese e anno dal 1997 al 2007. Si rilevano unicamente minime anomalie: è possibile osservare nel dicembre 1998 la presenza di un minimo invernale di 9,5 °C rispetto al valore medio di circa 12-13 °C normalmente osservato per tutta la durata temporale dell'indagine.



Le temperature medie per mese mostrano dei valori minimi compresi tra 9,5 e 13,8°C nel mese di febbraio e valori massimi tra 24,1 e 25,7 °C nel mese di agosto, ad esclusione dell'anomalia del 2003 a cui abbiamo già fatto riferimento. Le differenze tra gli anni sono comunque inferiori a 3-4°C e non risultano quindi significative, né lo sono le differenze tra le stazioni: infatti la correlazione tra i valori per mese e anno della stazione costiera e quella più al largo è maggiore del 98%.



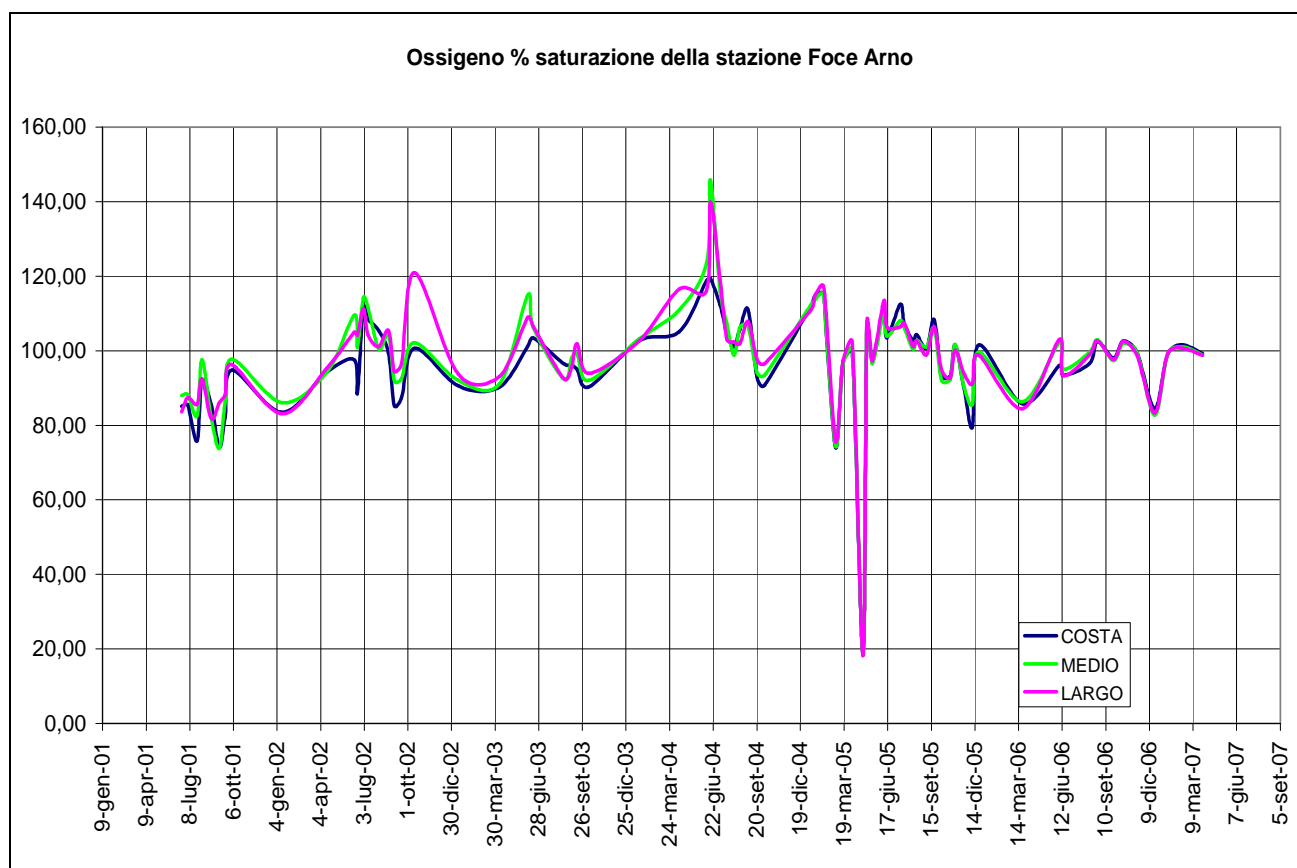
Complessivamente, quindi la temperatura dell'acqua può considerarsi invariata entro un paio di gradi, facilmente ricollegabile alle microcondizioni climatiche del giorno di campionamento. Nella sintesi della figura seguente i due casi che più si discostano, il 2001 e 2005 sono ricollegabili a modifiche della frequenza di campionamento: nel 2001 è possibile osservare un valore massimo di 25,5 °C che è da considerarsi anomalo visto che tale anno è stato campionato per soli 6 mesi, mentre nel 2005 la maggior frequenza dei campioni nel periodo invernale determina una media inferiore alle altre.



## 15. Analisi chimico-fisiche

Al fine di verificare eventuali alterazioni ambientali nella zona sono stati esaminati, per le stesse stazioni dei profili termici, anche i risultati del monitoraggio relativi all'ossigeno disciolto, alla clorofilla e ai nutrienti, azoto e fosforo totali.

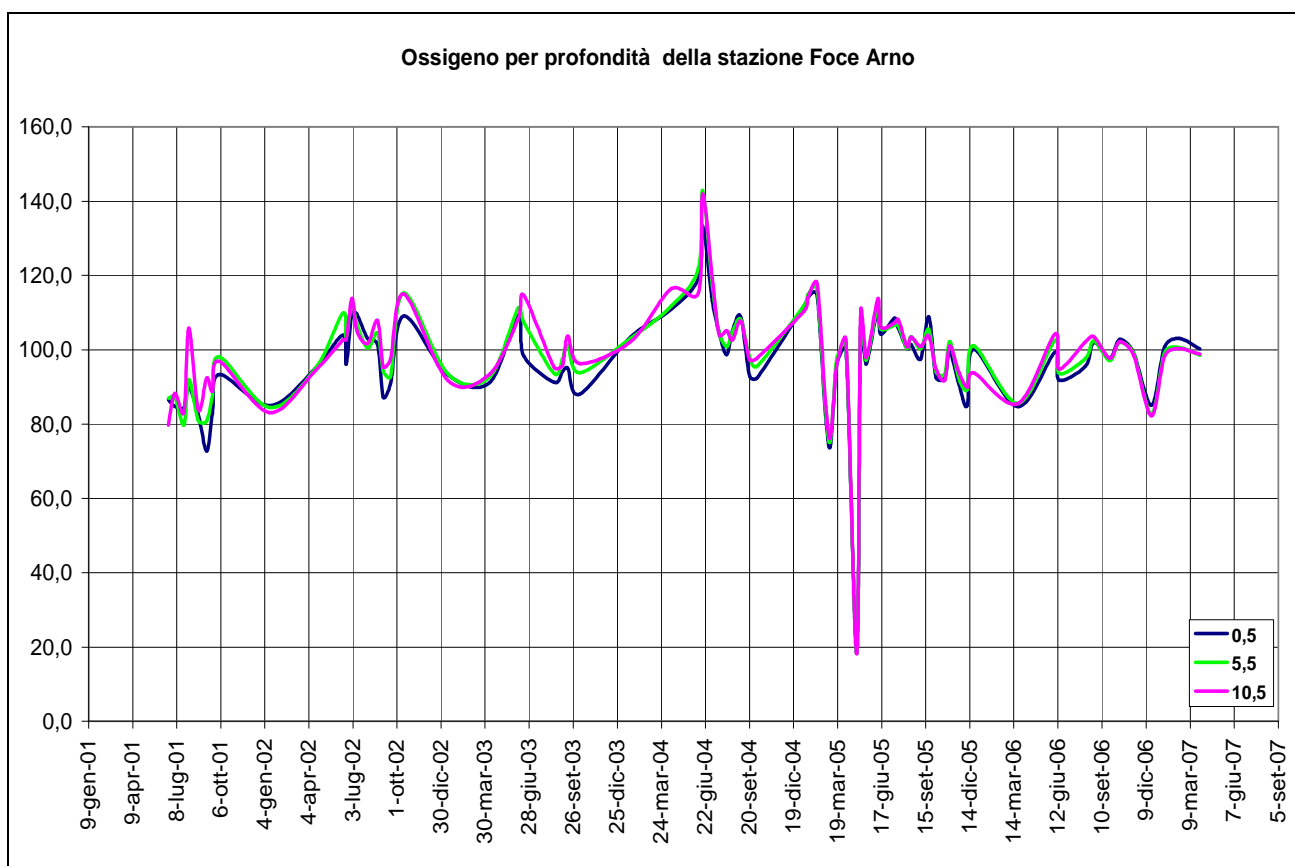
L'andamento nel tempo della saturazione percentuale dell'ossigeno disciolto risulta essere molto simile per le tre stazioni di campionamento alla Foce dell'Arno, quella costiera, quella intermedia e quella del largo.



Dalla figura precedente è possibile osservare come il valore registrato di saturazione dell'ossigeno (media pari al 98,6%), per la maggior parte dei dati, è compreso nel range di saturazione di 80-120%. Unica significativa eccezione è rappresentata dal dato corrispondente al campionamento effettuato nel mese di aprile 2005 per il quale si registra un valore di saturazione dell'ossigeno di circa il 18%. Tale valore è però un dato isolato e anomalo, che potrebbe essere dovuto a una situazione estremamente locale o anche ad un errore strumentale. L'andamento dei valori di ossigeno indica quindi che nella zona non si sono verificati fenomeni di anossia, né puntiformi, né prolungati nel tempo.

La saturazione dell'ossigeno disciolto è stata analizzata anche relativamente alla colonna d'acqua, per verificare eventuali stratificazioni. L'andamento dei valori rilevati nel tempo è rappresentata nella figura successiva, considerando le medie corrispondenti a 3 specifiche profondità, 0,5, 5,5 e 10,5 metri. E' evidente che, ad esclusione dell'anomalia di aprile 2005, l'andamento illustra una sostanziale coincidenza tra le profondità, analogamente a quello ottenuto considerando le tre stazioni di costa, medio e largo.

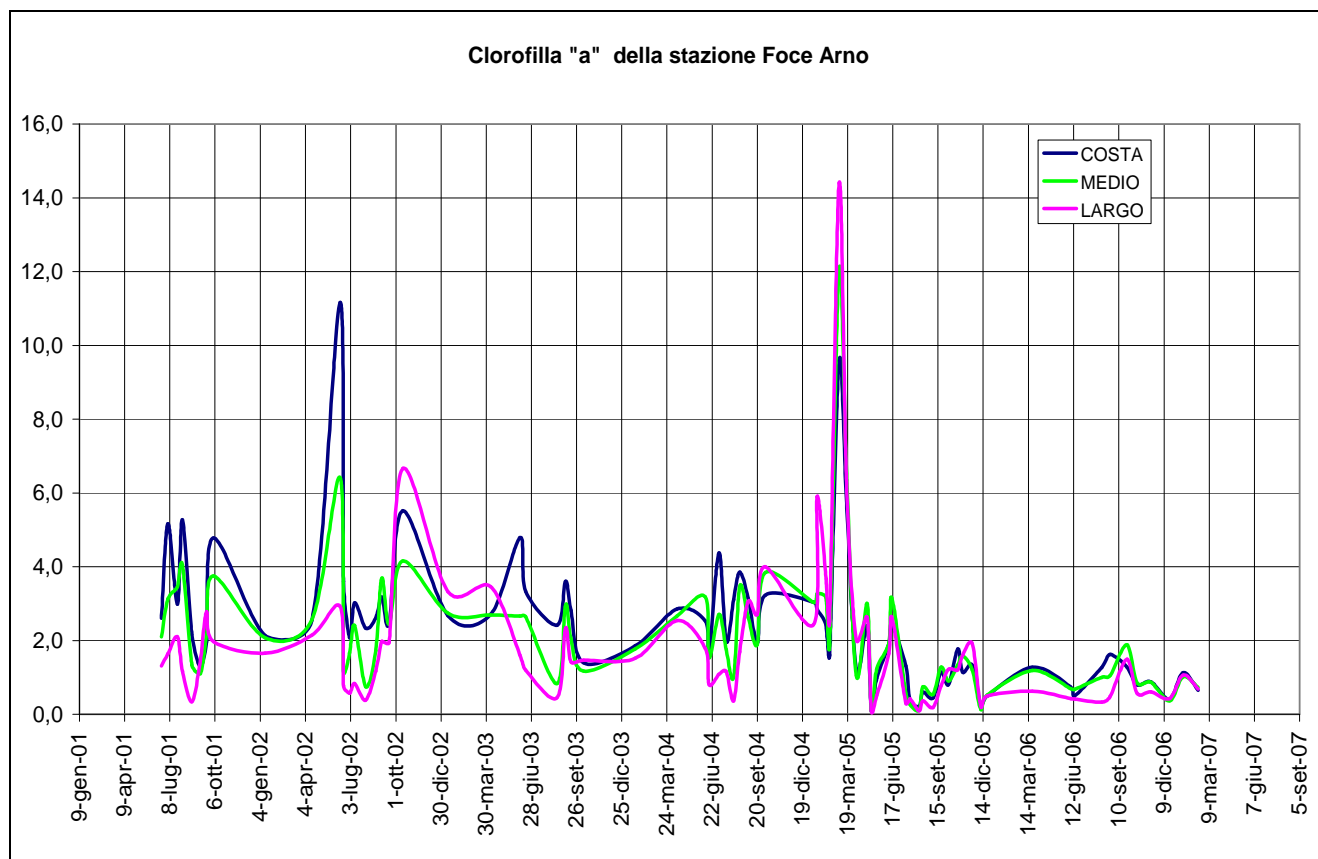




Anche i valori di clorofilla (clorofilla “a” espressa in  $\mu\text{g/litro}$ ) sono molto simili per tutte e tre le stazioni, costa, medio e largo. La serie storica di tali valori non mostra alcuna stagionalità evidente, bensì un andamento molto irregolare intorno alla media di  $2.1 \mu\text{g/litro}$ .

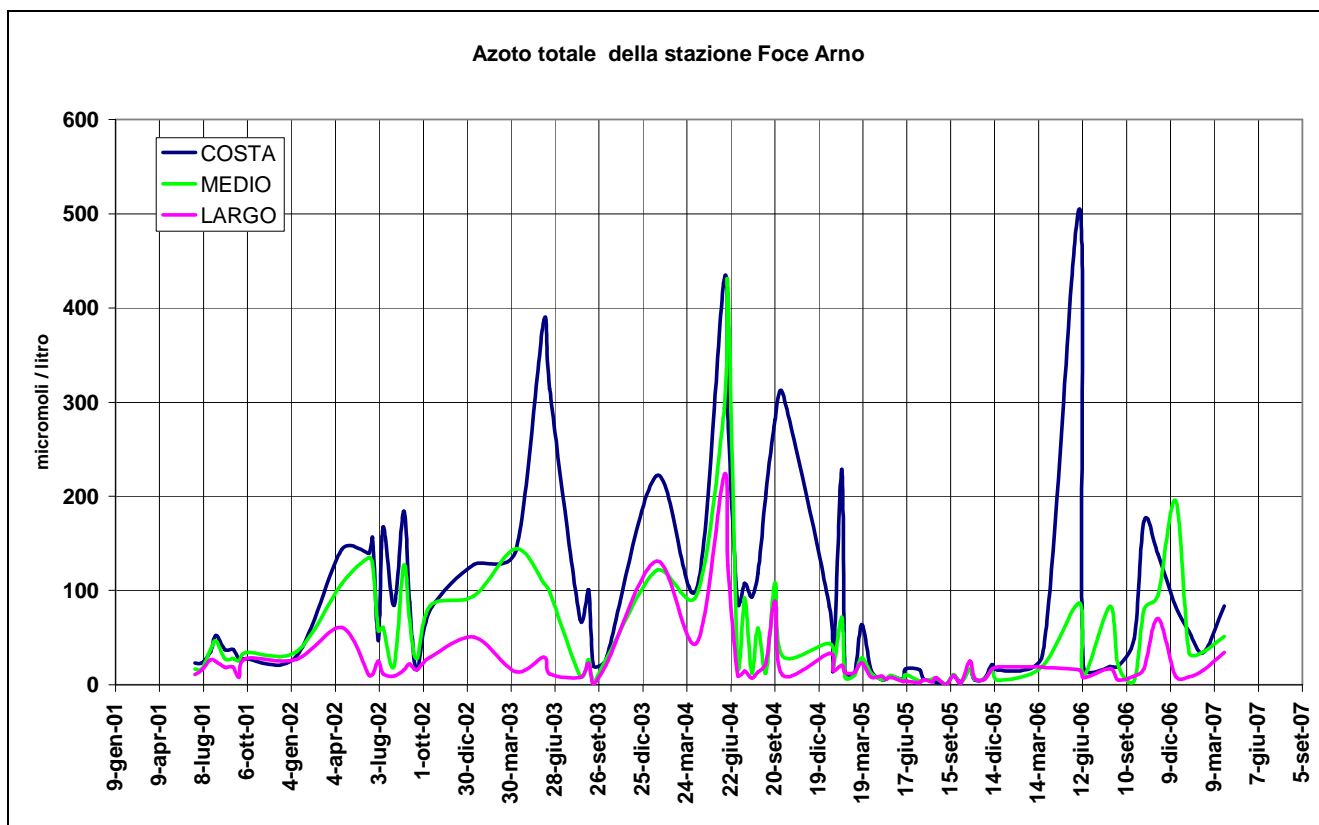
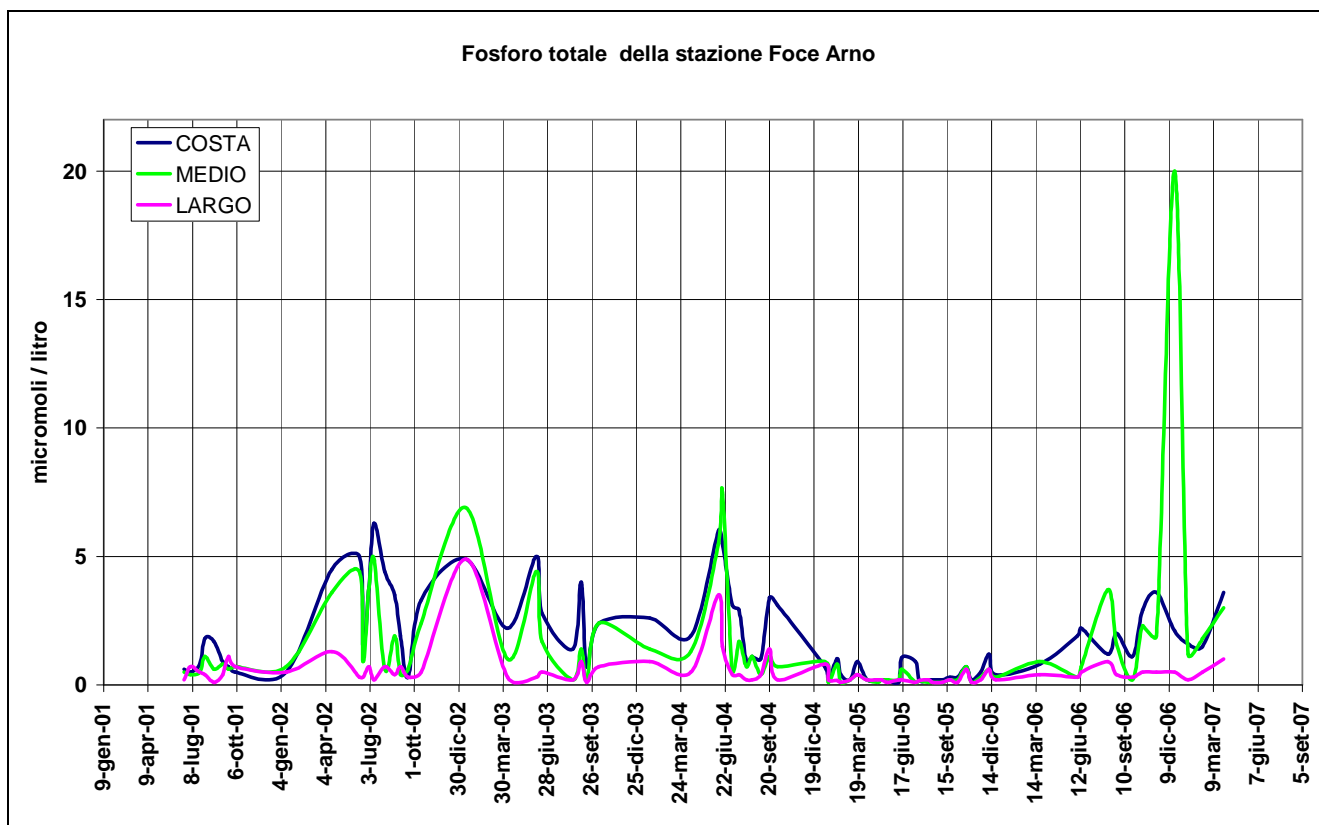
Nella figura seguente si evidenziano inoltre due picchi significativamente superiori agli altri valori: il primo si ha in corrispondenza della stazione più costiera di Foce Arno nel mese di giugno 2002. Durante tale campionamento il valore di clorofilla “a” registrato è risultato essere pari a  $11.2 \mu\text{g/litro}$ . L’altro valore superiore di molto alla media è quello del marzo 2005 in corrispondenza della stazione del largo con concentrazione pari a  $14.4 \mu\text{g/litro}$ . In questi due casi è possibile osservare un opposto gradiente del parametro: durante il campionamento di giugno 2002 si ha un gradiente decrescente spostandosi dalla costa verso il largo, mentre nel caso del campionamento di marzo 2005 si ha il gradiente opposto decrescente dal largo alla costa. Considerando la minima distanza tra le stazioni, i fenomeni osservati sembrano quindi avere un carattere estremamente locale

e quindi risultano essere scarsamente indicativi e certamente non generalizzabili a un'area vasta come quella occupata dalla popolazione di cannolicchi.



L'analisi dei nutrienti è stata realizzata prendendo in considerazione le concentrazioni di azoto totale e fosforo totale: il trend delle loro concentrazioni mostra forti fluttuazioni irregolari durante tutto il periodo esaminato e nessuna evidente stagionalità.

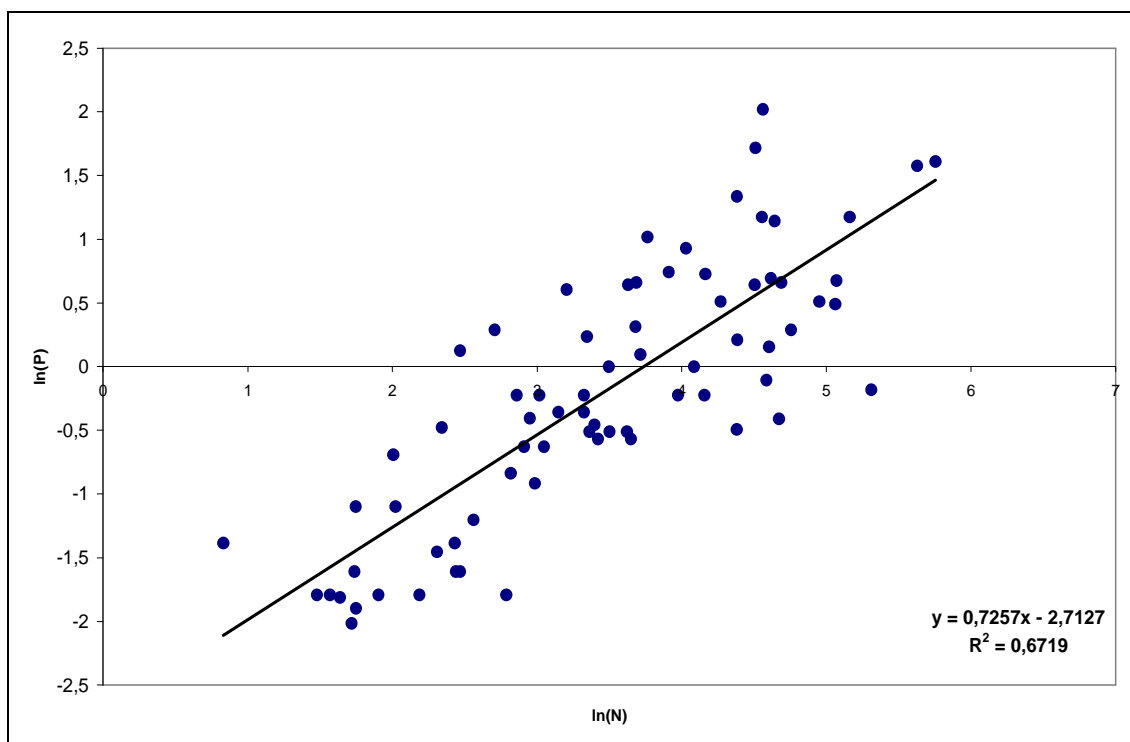
I picchi osservati, ad esempio quello del fosforo del 20 dicembre 2006, possono essere considerati non significativi in quanto hanno carattere locale: è infatti possibile verificare che il picco è limitato alla stazione intermedia mentre sia la stazione costiera, sia quella del largo, mostrano valori nella norma.



Unico aspetto degno di nota riguarda il 2005, anno durante il quale si registrano valori estremamente bassi sia per quanto riguarda l'azoto sia per il fosforo. Nel periodo complessivo dal 2001 al 2007, in cui è stato effettuato il monitoraggio, infatti l'azoto totale presenta un valore medio di 55  $\mu\text{mol/l}$  mentre nel 2005 si registrano valori medi di sole 16  $\mu\text{mol/l}$ . Similmente, per quanto riguarda il fosforo totale, nell'arco di tempo dell'intero periodo di campionamento il valore medio è pari a 1,3  $\mu\text{mol/l}$  mentre nel 2005 tale valore medio scende a 0,3  $\mu\text{mol/l}$ .

I valori osservati nel 2005, sia per l'azoto che per il fosforo, risultano quindi essere sino a 3-4 volte inferiori rispetto ai valori medi registrati negli altri anni. L'ipotesi più verosimile è che la carenza di precipitazioni abbia ridotto gli apporti da parte dell'Arno: gli effetti sono comunque trascurabili, tant'è che la concentrazione di clorofilla nel 2005 non sembra risentirne.

La conferma che le concentrazioni di azoto totale e fosforo totale risultano essere legate ad una stessa fonte (l'Arno) è data dal fatto che i due parametri sono correlati tra di loro con un indice di correlazione pari al 67% come mostrato nella figura seguente.

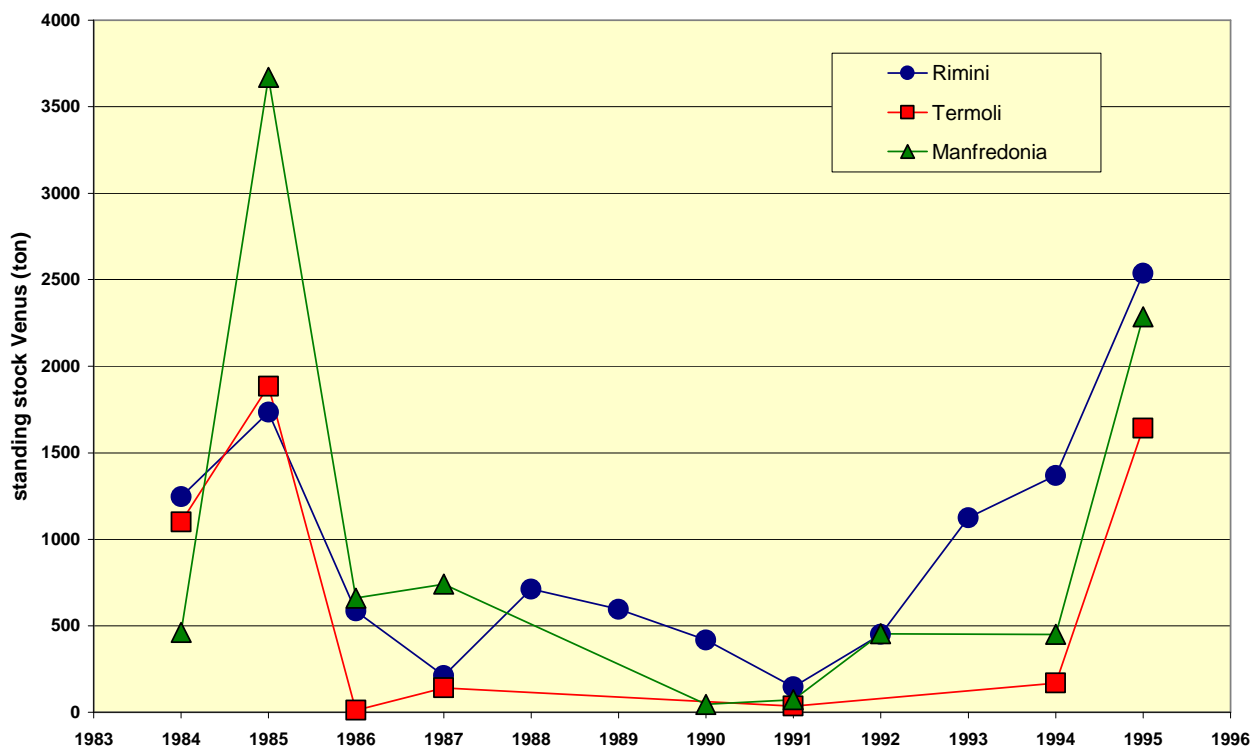


In conclusione, nel periodo dal 2001 al 2007, possono essere esclusi fenomeni di anossia diffusa o alterazioni del ciclo trofico planctonico di una qualche rilevanza, se non in pochissimi casi che risultano estremamente locali e quindi non sono generalizzabili all'areale dei canalicchi.

## 16. Precedenti collassi popolazionistici

Le popolazioni di lamellibranchi sono soggette a sensibili fluttuazioni naturali che sono state osservate in vari periodi e zone. Si riporta nella figura seguente, quale esempio, la stima di biomassa delle vongole di taglia commerciale ( $>2,5$  cm) in tre compartimenti marittimi dell'Adriatico, come riportato dal Piano vongole del MiPAF.

La popolazione stimata prima del 1986 mediamente in 1500-2000 tonnellate in ogni compartimento ha mostrato un crollo riducendosi a poche decine di tonnellate nel 1991, per poi raggiungere nuovamente i valori iniziali nel 1995.



Anche per le popolazioni di cannolicchi, lungo la costa italiana, sono stati registrati più volte in passato simili collassi: negli anni '80 in Campania, negli anni '90 nelle Marche, nel 2002 in Lazio, ecc.

I dati delle cooperative di pesca dell'alto Adriatico documentano il crollo avvenuto nelle catture di cannolicchi nel 2001 lungo le coste friulane e nel 2002 nella laguna di Grado.

anno	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Friuli (ton)	32,2	26,6	3,8	?	?	?	?
Grado (kg)	7880	11706	2173	144	0	0	3875

O. Giovanardi (2002) dell'Istituto di Biologia del Mare di Venezia riferisce che: “Un classico problema è quello delle morie, segnalate ormai quasi ogni anno. Una serie di ricerche, finanziate pochi anni fa dal MiPAF, ha cercato di individuarne le cause. Purtroppo però non si è ancora chiarito esattamente quale sia l'agente scatenante, anche se si è propensi a credere a più concause, come ad es. parassiti, virus, ipossie, inquinanti riconosciuti ma non ancora quantificati (es. tributilstagno), stress ambientali.”

Più recentemente Mazziotti et al. (2003) dell'ARPA Emilia-Romagna riferiscono che: “Un'estesa moria del mollusco bivalve *Solen marginatus* si registrava localmente nella zona antistante Cesenatico a fine settembre 2002; lungo la battigia erano visibili ammassi di valve vuote (...) a prova del fatto che lo stato di sofferenza si protraeva già da qualche giorno “.

Assodato quindi che le popolazioni di cannolicchi sono soggette a periodici collassi, non si hanno però spiegazioni univoche sulla loro causa anche se sono state osservate parassitosi da protisti e trematodi o infezioni branchiali da parte di cianobatteri, anche legati alle mucillagini (Ceschia et al. 2000, 2001) e altre patologie (Berthe et al., 2004).

Nel caso attuale del 2006-2007 in Toscana, deve essere riaffermato che per tutto il periodo non sono mai stati né rilevati, né segnalati accumuli di gusci vuoti, sia in acqua sia spiaggiati, e pertanto può essere esclusa una fenomenologia patologica che abbia causato la morte massiva degli individui presenti.

Purtroppo i pescatori professionisti o le loro associazioni non sono stati in grado di raccogliere un campione (qualche decina di individui) su cui condurre le analisi parassitologiche per cui erano già stati allertati sia l'Istituto Zooprofilattico di Pisa, sia l'Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Venezie, il cui laboratorio di ittiopatologia ha una vasta esperienza nella diagnosi di laboratorio anche dei lamellibranchi.

## **17. Ipotesi del collasso in Toscana**

Si elencano di seguito le azioni intraprese e gli elementi raccolti per la descrizione della popolazione di cannolicchi e del suo crollo nell'area di Tirrenia:

- Raccolta ed analisi dei dati di cattura giornaliera dal 1997 al 2006; in alcuni anni i rilevamenti possono considerarsi censitari.
- Analisi dell'intensità di pesca e degli indici di rendimento (CPUE) dell'attività dei subacquei professionisti.
- Comparazione degli indici rilevati nel 2006 con quelli degli anni precedenti.
- Valutazione della biomassa presente in mare nel 2002 e analisi dei parametri popolazionistici.
- Incontri con i pescatori professionisti per valutare eventuali anomalie riscontrate sui fondali
- Analisi dei dati storici del monitoraggio fisico-chimico delle acque condotto in zona dall'Area Mare.
- Confronti con le analisi realizzate dal Dipartimento ARPAT di Pisa.
- Verifica delle condizioni ambientali del fondale, in particolare confronti di batimetria e granulometria del fondale nel 2002 e 2007.
- Screening approfondito dei fenomeni analoghi riportati nella letteratura scientifica per il passato.
- Analisi bibliografica della letteratura scientifica disponibile sulla biologia dei cannolicchi e specie simili.

Allo stato attuale delle conoscenze e degli elementi raccolti, alcune delle ipotesi prese in considerazione nella prima fase dell'indagine, possono essere escluse:

- La presenza di un inquinante cui i canalicchi risultino particolarmente sensibili non è compatibile con le analisi di monitoraggio condotte dall'ARPAT; inoltre un fenomeno di questo tipo avrebbe causato un improvviso e massiccio spiaggiamento delle valve vuote, che non è mai stato osservato.
- Anche una patologia epidemica che abbia progressivamente causato la riduzione della popolazione agli attuali valori residuali è altrettanto improbabile: lo spiaggiamento, seppur esteso nel tempo, avrebbe dovuto interessare tonnellate di valve vuote, che non sarebbero passate inosservate in una zona interessata fortemente dal turismo.
- Un eccessivo prelievo dei pescatori professionisti sullo stock è irrealistico sia perché un prelievo di 50 t/anno su una popolazione superiore a 200 t è estremamente precauzionale, sia perché in tal caso si sarebbe osservata una progressiva rarefazione dello stock che si sarebbe protratta per diversi anni.
- Un'anossia della zona legata alla presenza eccezionale di alghe brune nel 2006 è da escludere in quanto le catture sono proseguite pressoché invariate anche nei mesi successivi, fino al 2007.
- Dalle indagini condotte sul sito viene anche esclusa ogni variazione significativa nella granulometria e nella batimetria del fondale che possano aver alterato l'habitat della specie.
- Le serie storiche dei parametri ambientali (temperatura, ossigeno, nutrienti, ecc.) nella zona, dal 1997 al 2006 non hanno mostrato variazioni rilevanti, tali da giustificare il fenomeno.

Il crollo popolazionistico deve quindi imputarsi non alla morte degli individui adulti, bensì al mancato insediamento (reclutamento) delle larve per almeno due anni



consecutivi. In tal caso la pesca avrebbe agito, almeno nel 2005 e 2006, rimuovendo gli individui già presenti senza che se ne insediassero di nuovi.

Il mancato reclutamento riproduttivo però può essere legato a vari elementi, di cui al momento non sono chiare le interazioni o il peso reciproco nell'aver ostacolato l'insediamento delle larve: la presenza di mucillagini o meduse, alterazione del "microbial loop" sono aspetti che richiedono ulteriori approfondimenti.

Anche la conoscenza del ciclo biologico della specie è ancora carente: qual è ad esempio la dimensione popolazionistica, o i limiti spaziale dello stock della specie? 10, 100, 200 km? Quando e quanto possono disperdersi le larve di cannolicchio non è ancora stato identificato, ed è quindi impossibile, con le attuali conoscenze sulla specie, formulare un modello completo della dinamica di popolazione.

Nella zona si continuano ad osservare occasionali spiaggiamenti di valve vuote con un'integrità caratteristica di individui che sono morti solo da pochi giorni e si può quindi stabilire che, seppur estremamente ridotta, è tuttora presente un'esigua popolazione di cannolicchi.

Quando l'abbondanza dei cannolicchi avrà nuovamente raggiunto livelli campionabili, sarà fattibile e auspicabile una prosecuzione delle indagini attraverso campionamenti periodici, estesi anche agli individui di minori dimensioni, il confronto con esemplari provenienti da altre zone, e l'analisi di eventuali agenti patogeni in collaborazione con gli Istituti Zooprofilattici.

Se l'attività di pesca professionale potrà riprendere è comunque necessario proseguire con il rilevamento statistico dell'attività e delle catture: si riporta in appendice il modello della scheda di rilevamento mensile, da utilizzarsi per il monitoraggio.

## 18. Conclusioni

Per spiegare il crollo della popolazione di cannolicchi è da escludere che sia avvenuta una moria diffusa per cause esogene, così come è da escludere una situazione di sovrasfruttamento legato all'attività di pesca.

Le catture di cannolicchi nell'area di pesca sono aumentate dagli anni '90 fino a raggiungere le 50 tonnellate all'anno nel 2003-2005. Ciononostante i rendimenti di pesca non si sono ridotti, ma anzi sono leggermente cresciuti, anche per l'accresciuta esperienza dei pescatori: il rendimento giornaliero, intorno a 50-60 kg/giorno, è stato infatti relativamente costante per tutto il periodo, 2006 compreso.

Il fatto che i rendimenti non abbiano mostrato né una riduzione, né un crollo in un qualche momento particolare è coerente con un livello di prelievo della pesca professionale sostenibile dalla popolazione di cannolicchi, come è stato fino al 2006.

Fino agli inizi del 2008 si è atteso che i pescatori professionisti fossero in grado di procurarsi in zona qualche decina d'individui, per realizzare indagini patologiche specifiche: purtroppo tale attesa è finora risultata infruttuosa, sebbene gli Istituti Zooprofilattici specialistici fossero già stati allertati e si siano dimostrati disponibili ad intervenire non appena vi fosse disponibilità dei campioni.

L'assenza di spiaggiamenti massivi delle valve vuote indica d'altra parte che non è avvenuta alcuna moria degli individui presenti, né improvvisa per qualche fenomeno di inquinamento, né prolungata nel tempo come potrebbe svilupparsi per l'insorgere di specifiche patologie epidemiche.

Le analisi ambientali realizzate sulle serie storiche dei parametri chimici e fisici nella zona non hanno mostrato particolari anomalie nel periodo 2005-2006, né si sono riscontrati mutamenti significativi nella natura e costituzione del fondale.

Per esclusione, quindi, il crollo popolazionistico non può che essere stato determinato dal mancato insediamento in zona delle larve pelagiche, per una

concomitanza di fattori locali: questi però non possono ancora essere identificati in quanto sono tuttora carenti le conoscenze scientifiche sul ciclo vitale di questa specie.

In conclusione, le ragioni del mancato reclutamento che ha portato al collasso della popolazione non possono al momento essere spiegate, ma per analogia con altri casi simili, osservati sui banchi di cannolicchi in particolare e di lamellibranchi in generale, è probabile che in alcuni anni lo stock possa ricostituirsi ai livelli precedenti il 2006 e nuovamente sostenere l'attività di pesca.

## 19. Bibliografia ARPAT

- 2002 – La pesca del cannolicchio (*Solen marginatus*) in Toscana. Relazione preliminare. Livorno, 11 giugno 2002, (R. Auteri, R. Bains A. Abella) – ARPAT, 35 p.
- 2003 – Dinamica di popolazione e sfruttamento di *Solen marginatus* (Pulteney, 1799) nell'area litoranea a nord di Livorno. Livorno, 21 gennaio 2003, (L. Dentone, rel: R. Bains, S. De Ranieri) – Tesi di Laurea, 79 p.
- 2003 – La pesca del cannolicchio (*Solen marginatus*) in Toscana. Relazione finale. Livorno, 18 febbraio 2003, (R. Bains, R. Auteri, A. Abella, R. Silvestri, L. Dentone) – ARPAT, 105 p.
- 2006 - Monitoraggio dell'attività di pesca sulla popolazione di cannolicchi (*Solen marginatus*) nel compartimento marittimo di Livorno. Livorno, 6 settembre 2006 (R.T. Bains) – ARPAT, 14 p.
- 2007 - Situazione critica dell'attività di pesca sulla popolazione di cannolicchi (*Solen marginatus*) nel compartimento marittimo di Livorno. Nota tecnico-scientifica preliminare. Livorno, 12 giugno 2007, (R.T. Bains) – ARPAT, 13 p.
- 2007 - Stato del popolamento di molluschi lamellibranchi alla foce del canale scolmatore dell'Arno. Nota tecnica. Livorno, 11 ottobre 2007, (R.T. Bains) – ARPAT, 6 p.

## 20. Letteratura scientifica

- ALDROVANDI U. – 1570. Animali. Vol.4. Fondo Ulisse Aldrovandi. Biblioteca Universitaria di Bologna.
- BAINO R., VOLIANI A., SILVESTRI R. – 1988. Fishing recruitment and exploitation onto a *Donax trunculus* stock off Tuscany Coast. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, **31** (2): 22.
- BAINO R., VOLIANI A., SILVESTRI R., GIANNARDI G. – 1986. Cinque condizioni per la gestione dei lamellibranchi nel Tirreno. *Pesca Notizie*, **27**: 42-43.
- BALDACCINI G., BIANUCCI P., SIMONI F. - 1984. Sullo stato di inquinamento dei molluschi bivalvi eduli del litorale Versiliense. (Seconda fase). *Acqua e Aria*, 4: 383-389.
- BAZIGOS G.P., 1974. The design of fisheries statistical surveys. *FAO Fisheries Tech.Pap.* 133:122 pp.
- BEDDINGTON J.R. AND COOKE J.G. – 1983. The potential yield of fish stocks . *FAO Fisheries Tech.Pap.* 242:47 pp.
- BERTHE FRANCK C.J.,A, FREDERIQUE LE ROUX, ROBERT D. ADLARD AND ANTONIO FIGUERAS - 2004. Marteiliosis in molluscs: A review. *Aquat. Living Resour.* 17, 433–448 (2004)
- BILIOTTI S., ZIANTONI S., LANERA P., PLASTINA N., VALIANTE L.M., VINCI D., CASOLA E., SCARDI M., FRESI E., 1998. Effetti della pesca con attrezzi a traino sui popolamenti macrozoobentonici. *Biol. Mar. Medit.*, 5 (3): 691-697.
- BRUZÓN, M., RODRÍGUEZ DE LA RÚA, A., ROMERO, Z., PRADO, M. - 2000. Estudio de la población de muergos *Solen marginatus* (L.,1758) (Mollusca, Bivalvia) en el Bajo de la Cabezuela (Bahía de Cádiz, España). 3º Simpósio sobre a Margem Ibérica Atlântica, 25-27 de Setembro de 2000, Faro, Portugal.
- CABRERA J.L., DEFEO O. - 2001. Daily bioeconomic analysis in a multispecific artisanal fishery in Yucatan, Mexico. *Aquat. Living Resour.* 14:19-28
- CADDY J.F. MAHON R. –1995. Reference points for fisheries management. *FAO Fisheries Tech.Pap.* 347:83 pp.
- CASAVOLA N., RIZZI E., MARANO G., SARACINO C. 1985 Ciclo riproduttivo e biometria di *Ensis minor* (CHENU) (Bivalvia: Solenidae) nel Golfo di Manfredonia. *Oebalia*, Vol. XI-1, N.S., pp. 439-450.
- CASTILLE J.C., DEFEO O. – 2001. Latin American benthic shellfisheries: emphasis on comanagement and experimental practices. Review in Fish Biology and Fisheries. Kluwer Academic Pub. 1-26.
- CESCHIA G., ZANCHETTA S., SELLO M., MONTESI F., ANTONETTI P., FIGUERAS A. - 2001. Presenza di parassiti in cannolicchi (*Ensis minor* e *Ensis siliqua*) pescati nell'area costiera del Mar Tirreno meridionale e del Mar Adriatico. Bollettino Società italiana di Patologia ittica.
- CESCHIA, G., ZANCHETTA, S., SELLO, M., MONTESI, F., ANTONETTI, P., FIGUERAS, A., - 2000. Presenza di parassiti in cannolicchi (*Ensis minor* e *Ensis siliqua*) pescati nell'area costiera del Tirreno Meridionale e nel mar Adriatico. *Hydrores Information* 2000(20):103-107.
- CHIARELLI S., 1998. Nuovo catalogo delle conchiglie del Mediterraneo della Società Italiana di Malacologia.
- CHRISTENSEN J.M. – 1979. Musslori havet. Wahlstroem & Widstrand. Stockholm. 120 pp.

- COSTA C., BIANCHINI M. L., CECCARELLI P., ORECCHIA P., RAMBALDI E., VOLTERRA L. 1987 Indagine sui molluschi bivalvi di interesse commerciale (telline, cannicci e vongole) delle coste della Toscana, del Lazio e della Campania: 1985-1987. *Quaderni Ist. Idrobiol. Acquacolt. Brunelli*, Vol. 7, numero doppio, pp. 3-58.
- COSTA C., CECCARELLI P., LETARDI A., MORRESI L., ORECCHIA P., RAMBALDI E., VOLTERRA L. 1988 Indagine sui molluschi bivalvi di interesse commerciale (telline, vongole e cannicci) delle coste della Toscana, del Lazio e della Campania. Atti "Seminari delle unità operative responsabili dei progetti di ricerca promossi nell'ambito dello schema preliminare di piano per la pesca e l'acquacoltura" Vol. I, pp. 423-478.
- COSTELLO D.P., HENLEY C. (1971). Methods for obtaining and handling marine eggs and embryos. Marine Biological Laboratory, Woods Hole, MA.
- DANSEY P. – 2000. *Ensis minor* (Chenu, 1843) in Cardigan Bay. *Journ. of Chonchology*. 37(1):83
- DEL PIERO D., OREL G., VALLI G., VIO E., FROGLIA C. 1980 Aspetti e problemi della biologia e della pesca di *Ensis minor* (Chenu) nel Golfo di Trieste. *Nova Thalassia* 4, pp. 173-191.
- DEL PIERO D., OREL G., VIO E., BRIZZI G., ZENTILIN A. 1989 Considerazioni sulla biologia e sulla pesca di *Ensis siliqua minor* (CHENU 1843) nel golfo di Trieste. *Nova Thalassia*, 10, suppl.1, pp. 485-492.
- DELPHERO D., DACAPRILE R. 1998 The alternative recruitment pattern in *Ensis minor*, an exploited bivalve in the Gulf of Trieste, Italy. *Hydrobiologia*. 376:67-72
- DIAS M.D., GAUDENCIO M.J., GUERRA M.T. –1994. Molluscos bivalves com importancia economica nas areas costeiras adjacentes aos estuarios dos rios Tejo e Sado (Portugal). Seminarios Recursos Halieuticos. 1:47-58.
- ELEFTHERIOU A., ROBERTSON M.R. - 1992. The effects of experimental scallop dredging on the fauna and physical environment of a shallow sandy community. *Netherl. Jour. Of Fish. Res.* 30 289-299.
- FERNS P.N., ROSTRON D.M., SIMAN H.Y. – 2000. Effects of mechanical cockle harvesting on intertidal communities. *Journal of Applied Ecology*. 37(3):464.
- FISCHER W., M.-L. BAUCHOT AND M. SCHENEIDER. 1987 – Fishes FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche (rev.1) Méditerranée et Mer Noire. Rome, FAO. 1530 pp.
- FROGLIA C., 1975. Osservazioni sull'accrescimento di *Chamelea gallina* L. ed *Ensis minor* (Chenu) nel Medio Adriatico. *Quad. Lab. Tecnol. Pesca*, 2 (1): 37-48.
- FROGLIA C., 1989. Clam fisheries with hydraulic dredges in the Adriatic Sea. In J.F. Caddy (ed.) *Marine Invertebrates Fisheries: Their assessment and management*. Wiley Interscience Publication (FAO). 752:507-524.
- GASPAR MB., MONTEIRO CC., 1998 Reproductive cycles of the razor clam *Ensis siliqua* and the clam *Venus striatula* off Vilamoura, Southern Portugal. *Journal of the Marine Biological Association of the united kingdom*; 78(4): 1247-1258.
- GIOVANARDI O., - 2002. La ricerca in funzione della gestione della pesca. Istituto di Biologia del Mare, Venezia, *Archo Oceanogr. Limnol.* 23 (2002), 67-76
- HOFFMANN A., TAGART J.V., AYRES, D – 1966 – Patterns in razor clam abundance estimates in coastal Washington. *Journal of Shellfish Res.* 15(3):786-787
- HUXLEY, J.S., Problem of relative growth. I-XIX, 1-276 (Methuen, London)  
*Journal of the Marine Biological Association of the united Kingdom*; 78(4):
- KAISER M.J., RAMSAY C.A., RICHARDSON C.A., SPENCE F.E., BRAND A.R. – 2000. Chronic fishing disturbance has changed shelf sea benthic community structure. *Journ. Animal. Ecology*. 69(3):494.

- LEES D. - 2000. Viruses and bivalve shellfish. *International Journal of Food Microbiology*, vol. 59, no. 1-2, pp. 81-116
- LIMA M., BRAZEIRO A., DEFEO O., 2000. Population dynamic of the yellow clam *Mesodesma macroides*: recruitment variability, density-dependence and stochastic processes. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 207:97-108.
- LOMBARDI F., RAMBALDI E., BRINATI C. 1996. Catture accessorie e rigetti nella pesca di *Ensis siliqua minor* (L.) con turbosoffiante. *Quaderni Ist. Idrobiol. Acquacolt. Brunelli*, 15:41-157.
- LUNARDINI M., BALDACCINI G., BIANUCCI P., 1982. Considerazioni ed esperienze sull'applicazione della legge 192/1977 con particolare riguardo alla raccolta di molluschi nei banchi naturali della Versilia. *Mondo domani*: 15-19.
- MAIA F., J. PIMENTA, C.M. BARROSO, M.P. SOBRAL, M.B. GASPAR – 2004. Ciclo riproduttivo e primeira maturação de *Solen marginatus* e *Venerupis pullastra* na Ria de Aveiro. IPIMAR (Instituto de Investigação das Pesca e do Mar) 13 p.
- MAIA F., J. PIMENTA, C.M. BARROSO, M.P. SOBRAL, M.B. GASPAR. – 2005. Estudo do crescimento de *Solen marginatus* e de *Venerupis pullastra* na Ria de Aveiro. IPIMAR (Instituto de Investigação das Pesca e do Mar) 19 p.
- MARIANI A., MACCARONI A., MAMONE R., DELL'AQUILA M., FEZZARDI D., CERASI A., 1998. Studio sulla biologia e distribuzione del cannolicchio (*Ensis siliqua minor*) nei compartimenti marittimi di Roma, Gaeta, Napoli e Salerno. *Biol. Mar. Medit.*, 5 (3): 457-462.
- MAZZIOTTI C., RINALDI A., GHETTI A., MONTANARI G., BENZI - 2003. Conseguenze di stadi anossici su *Solen marginatus* Pulteney, 1799 (Bivalvia, Solenidae). XXXIV Congr. SIBM p.143
- MCLACHLAN A., ERASMUS T. – 1974. Temperature tolerances and osmoregulation in some estuarine bivalves. *Zool. Afr.* 9(1):1-13.
- OLIVERIO M. 2000 Status of research of marine Italian malaco fauna. *Bollettino Malacologico*, no.36, pp 43-48
- PARENZAN P. 1976 Identity card of the Mediterranean shells. Volume 2 Bivalvi. Seconda parte. *Bios Taras*, Taranto (2):564
- PETERSEN C.H. 2002 – Recruitment overfishing in a bivalve mollusc fishery: hard clams (*Mercenaria mercenaria*) in North Carolina. *Can.J.Fish.Aquat.Sci.* 59:96-104.
- PRIOLI G., FIORI F., MIETTI N. 1998. Sperimentazione della gestione dei molluschi bivalvi nel compartimento di Chioggia. Novembre 1997-Aprile 1998. *Biol. Mar. Medit.*, 5 (3): 418-427.
- RAMSAY K., R RICHARDSON C.A., - 2000 Techniques for assessing repaired shell damage in dog cockles *Glycymeris glycymeris* L. *Journal of Shellfish Research*. 19(2):927-931
- RAMSAY K., R RICHARDSON C.A., KAISER M.J. – 2001 Causes of shell scaring in dog cockles *Glycymeris glycymeris* L. *Journal of Sea Research*. 45:131-139.
- RELINI G., BERTRAND J. AND ZAMBONI A. (eds.) – 1999. Synthesis of the Knowledge on Bottom Fishery Resources in Central Mediterranean (Italy and Corsica), *Biol. Mar. Médit.*, 6 (suppl.1): 868 pp.
- RICHARDSON C.A. 2001 – Molluscs as archives of environmental change. In *Oceanography and Marine Biology: an annual Review*. Taylor & Francis Ed. 39:103-164.
- RINELLI P., SPANO N., RAGONESE S. 2001 On the presence of *Ensis siliqua minor* (Bivalvia: Solenidae) along the southern coasts of Sicily (Mediterranean). *Rapp. Comm. Int. Mer. Medit.*, 36:317

- ROBINSON R.F., RICHARDSON C.A., 1998. The direct and indirect effects of suction dredging on a razor clam (*Ensis arcuatus*) population. *ICES Journal of Marine Science*, 55:970-977.
- RODRÍGUEZ-MOSCOSO, E., ARNAIZ, R., MOSQUERA, G., CERVIÑO, A., RUA, N., - 1996. Gametogénesis, reservas energéticas y desarrollo larvario en el longueirón, *Solen marginatus* (Pennánt, 1777). IX S. Ibérico Est. Bentos Marino, 164-165.
- SANSONI G., RISPOLI S., CRISCIONE A., MASULLO P., MAGLIONE T. – 2001. Riproduzione dei molluschi bivalvi e alimentazione di specie ittiche in fase larvale. *Campania Agricoltura*. Num. spec. IV: 32 pp.
- SCHLECHTE W. - 1995. Investigations into the dynamics of the Pacific razor clam along the Washington coast. *Fish. Cent. Res. Rep.* 3(2): 24p.
- SHIQIANG Z., FENG G., CAIHUAN K., MING W. – 2001. The reproductive season and growth of *Solen canaliculatus*. *Marine Science/Haiyang Kexue*. 25(5):5-7.
- SIMONI F., BERNACCHI G., BIANUCCI P., BALDACCINI G., 1983. Sullo stato di inquinamento dei molluschi bivalvi eduli del litorale Versiliese. *Acqua e Aria*, 1: 57-63.
- SPEDICATO M.T., CANNAS A. 2000 – La pesca responsabile. In *Un mare di risorse*. Consorzio Uniprom. Roma. 67-140
- SWENNEN C., LEOPOLD M.F., STOCK M., 1985. Notes on growth and behaviour of the American razor clam *Ensis directus* in the Wadden Sea and the predation on it by birds. *Helgolander Meeresunters.* 39,255-261.
- URBAN HJ. 1996 Population Dynamics of the bivalves *Venus antiqua*, *Tagelus dombeii*, and *Ensis macha* from Chile at 36 degrees S. *Journal of Shellfish Research*.15(3):719-727
- VACCARELLA R., PASTORELLI A.M., MARANO G., 1998. Studio sulla efficienza delle draghe turbosoffianti e loro effetto sulle comunità bentoniche. *Biol. Mar. Medit.*, 5 (3): 676-683.
- VALLI G., BRAIDA R., GASPARI T. 1983 Considérations sur la reproduction chez *Ensis minor* (Chenu) (Mollusca, Bivalvia). *Rapp. Comm. int. Mer Médit.* 28(3), pp. 239-240.
- VALLI G., DEL PIERO D., OREL G., VIO E. 1980 Osservazioni preliminari sulla pesca di *Ensis minor* (Chenu) del Golfo di Trieste. *Mem. Biol. Mar. Ocean.*, Suppl., Vol. X , pp. 451-452.
- VALLI G., GIGLIO I. 1980 Periodo riproduttivo ed alcuni aspetti della biometria di *Ensis minor* (Chenu) nel Golfo di Trieste. *Quad. Lab. Tecnol. Pesca* 2(5), pp. 285-306.
- VALLI G., MANSOTTI L., CERESI R., NODARI P. 1985 Considerazioni sul ciclo riproduttivo e sulla biometria di *Ensis minor* (Chenu) (Mollusca, Bivalvia) del Golfo di Trieste (Alto Adriatico) dopo un triennio di studio. *Nova Thalassia* 7, pp. 5-38.
- VALLI G., NODARI P., ZECCHINI PINESICH G. 1982 Osservazioni statistiche sulla pesca di *Chamelea gallina* (L.) e di altri Mollusca Bivalvia e Gastropoda nel Golfo di Trieste. *Nova Thalassia* 5, pp. 75-96.
- VOLIANI A. - 1986. Determinazione delle capacità produttive dei banchi di telline (*Donax trunculus*) del litorale toscano: risultati preliminari. Provincia di Livorno: 90 pp.
- VOLIANI A., AUTERI R., BAINO R., GIANNARDI G. - 1990. Changes in size and abundance of *Donax trunculus* related to depth and bottom characteristics. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, **32** (1): 29.
- VOLIANI A., AUTERI R., BAINO R., SILVESTRI R. – 1997. Insediamento nel substrato ed accrescimento di *Donax trunculus* sul litorale toscano. *Biol. Mar. Medit.*, **4** (1): 458-460.



## 21. Siti web

- 1) <http://digilander.libero.it/conchiglienevanezieane/bivalvi/specie/EnsisMinor.htm>  
= foto dei particolari della cerniera di Solen e Ensis
- 2) <http://hermes.mbl.edu/BiologicalBulletin/EGGCOMP/pages/51.html>  
= Woods Hole Marine Biology Laboratory
- 3) <http://lanecc.edu/science/Estuary/RAZORCLA.htm>  
= Siliqua in Alaska, Washington, Oregon, California
- 4) <http://membres.lycos.fr/argiope/fncouteaux.htm>  
= foto di Solen e Ensis
- 5) <http://www.alaskanrazorclams.homestead.com/razorclams.html>  
= Siliqua in Alaska con ricette
- 6) <http://www.benessere.com/alimentazione/pesce/index.html>  
= foto, caratteristiche e ricette di Solen e Ensis
- 7) <http://www.cabuzel.com/oleron/coque.html>  
Solen marginatus nella Francia atlantica
- 8) <http://www.cervia.com/conchigliedelmediterraneo/>  
= Solen in Adriatico (Cesenatico)
- 9) <http://www.csa.com/>  
= Cambridge Scientific Abstracts
- 10) <http://www.dawnii.com/clams.htm>  
= clams in Maryland
- 11) <http://www.erms.biol.soton.ac.uk/>  
= European Register of Marine Species
- 12) <http://www.fao.org>  
= FAO statistiche e fiches
- 13) <http://www.filosofia.unibo.it/aldrovandi/>  
= immagini e testi di Ulisse Aldrovandi
- 14) <http://www.geocities.com/CapeCanaveral/1259/ria.htm>  
= Solen in Galizia
- 15) <http://www.gol.grosseto.it/acquario/index.htm>  
= acquario di Grosseto
- 16) <http://www.gol.grosseto.it/acquario/solenidae.htm>  
= foto e descrizioni di Solen e Ensis
- 17) <http://www.i-2000net.it/gazzetta/1998/98-ago-04/18098021.htm>  
= decreto 21 luglio 98 di "Disciplina della pesca dei molluschi bivalvi"
- 18) <http://www.ideal.es/waste/conchas.html>  
= Solen in Spagna
- 19) <http://www.imbc.gr/>  
= Institute of Marine Biology of Crete
- 20) <http://www.marlin.ac.uk/demo/Ensens.htm>  
= The Marine Life Information Network for Britain and Ireland
- 21) [http://www.mdc.hr/pmr/stranice/zbirke\\_malakoloska/slika19.htm](http://www.mdc.hr/pmr/stranice/zbirke_malakoloska/slika19.htm)  
= Solen in Adriatico (Croazia)
- 22) <http://www.mediterraneo.org/attivita3.html>  
= Indagine sperimentale su Ensis minor
- 23) <http://www.mimir.it/>  
= motore di ricerca scientifico
- 24) <http://www.motoridiricerca.it>  
= motori di ricerca
- 25) <http://www.parker-river.org/plumisla/pisclams.htm>  
= Massachusetts Division of Marine Fisheries
- 26) [http://www.politicheagricole.it/norme/PESCA/20020805\\_DM\\_1.htm](http://www.politicheagricole.it/norme/PESCA/20020805_DM_1.htm)  
= decreto MIPAF 5/8/2002
- 27) <http://www.rams.it/totani.htm>  
= aste per cannolicchi
- 28) <http://www.regionlink.com/>

- = Solen in Scozia
- 29) <http://www.ristoreggio.it/i05.htm>  
= ricette cannolicchi
- 30) <http://www.robefood.it/scripts/frumfre.asp>  
= prezzi cannolicchi
- 31) <http://www.sb-roscoff.fr/>  
= Solen in Normandia
- 32) <http://www.scirus.com/>  
= motore di ricerca letteratura scientifica
- 33) <http://www.shellfish.org/>  
= motore di ricerca malacologico
- 34) <http://www.shellfish.org/res-web.htm>  
= molti link malacologici
- 35) <http://www.somali.asso.fr/clemam/index.clemam.html>  
= CLEMAM - Check List of European MARine Mollusca
- 36) <http://www.soton.ac.uk/~indexes/>  
= Solen in Galles (Portland)
- 37) <http://www.state.ak.us/local/akpages/FISH.GAME/notebook/shellfish/razorclam.htm>  
= Siliqua nel Pacifico, Artico, Siberia, Alaska, Bering Sea
- 38) <http://www.tanfresco.com/ingles.htm>  
= vendita di Ensis e Solen congelati (Galizia)
- 39) [http://www.thais.com/conchiglie/mediterraneo/schede/sc\\_00440.htm](http://www.thais.com/conchiglie/mediterraneo/schede/sc_00440.htm)  
= foto Solen
- 40) <http://www.tmbi.gu.se/libdb/taxon/personetymol/index.htm>  
= Tjarno Marine Biology Laboratory in Svezia
- 41) [http://www.ts.camcom.it/listino/pesca\\_SET00.htm](http://www.ts.camcom.it/listino/pesca_SET00.htm)  
= prezzi cannolicchi
- 42) <http://www.vattenkikaren.gu.se/fakta/arter/mollusca/bivalvia/ensiamer/ensiamer.html>  
= figure e chiavi d'identificazione tutte le specie (Danimarca)
- 43) <http://www.venicemedia.com/conchiglie/>  
= Solen in Adriatico (Venezia)
- 44) <http://www.wa.gov/wdfw/fish/shelfish/razorclm/razorclm.htm>  
= Siliqua nel Pacifico
- 45) <http://www.waddenzee.nl/dutch/navigatie/zoeken/zoekframes.htm>  
= Ensis in Olanda
- 46) <http://www.wanadoo.fr>  
= motore di ricerca
- 47) <http://www.wrightsofhowth.com/>  
= Solen in Irlanda



Capitaneria  
di porto di Livorno

## STATISTICHE SULLA PESCA DEL CANNOLICCHIO CON SUBACQUEO PROFESSIONALE

Compartimento Marittimo di Livorno



Subacqueo professionista (nome) \_\_\_\_\_

Imbarcazione (nome e matricola) \_\_\_\_\_

Ditta armatrice (denominazione - sede) \_\_\_\_\_

Mese e anno di pesca \_\_\_\_\_

giorno del mese	ore di immersione	profondità metri	catture in kg di CANNOLICCHIO	zona di pesca
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				

modulo mensile da restituire a:

ARPAT – Area Mare, Via Marradi 114, 57126 Livorno  
Fax. 0586 263477 – Tel. 0586 263495