

Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali

VI Piano Triennale della Pesca e dell'Acquacoltura

Area tematica Risorse Biologiche (A)
Sottotematica: Approccio ecosistemico alla pesca

Unità Operativa 1:



CNR - Istituto per l'Ambiente Marino Costiero
Sede di Castellammare del Golfo

PROG. N. 6A84

PREDE E PREDATORI DELLA TRIGLIA DI FANGO *MULLUS BARBATUS* L.: UN APPROCCIO CON GLI ISOTOPI STABILI DI CARBONIO E AZOTO

Sottoprogetto della ricerca coordinata:

VALUTAZIONE DELL'EFFICACIA DI AREE INTERDETTE ALLA PESCA A STRASCICO ATTRAVERSO LO STUDIO DI PREDE E PREDATORI DELLA TRIGLIA DI FANGO, *MULLUS BARBATUS* L.

Relazione finale

Responsabili scientifici:

Dr. Giovanni D'Anna Dr. Carlo Pipitone

Dicembre 2007



Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali
VI Piano Triennale della Pesca e dell'Acquacoltura
Area tematica Risorse Biologiche (A)
Sottotematica: Approccio ecosistemico alla pesca

Unità Operativa 1:



CNR - Istituto per l'Ambiente Marino Costiero
Sede di Castellammare del Golfo

PROG. N. 6A84

PREDE E PREDATORI DELLA TRIGLIA DI FANGO *MULLUS BARBATUS L.*:
UN APPROCCIO CON GLI ISOTOPI STABILI DI CARBONIO E AZOTO

Sottoprogetto della ricerca coordinata:

VALUTAZIONE DELL'EFFICACIA DI AREE INTERDETTE ALLA PESCA A STRASCICO ATTRAVERSO LO STUDIO DI PREDE E PREDATORI DELLA TRIGLIA DI FANGO, *MULLUS BARBATUS L.*

Responsabili scientifici:

Dr. Giovanni D'Anna Dr. Carlo Pipitone

Relazione finale

Questo studio è stato condotto con il contributo del Ministero per le politiche agricole e forestali, Direzione Generale della Pesca e dell'Acquacoltura, esso non riflette necessariamente il punto di vista dell'Amministrazione e non anticipa in alcun modo le future decisioni gestionali. Il presente volume non è una pubblicazione e pertanto l'utilizzazione dei dati in esso contenuti è sottoposta all'autorizzazione scritta del responsabile dell'unità operativa o dell'Amministrazione.

Dicembre 2007

INDICE

ELENCO FIGURE	ii
ELENCO TABELLE	iii
ELENCO DEI COLLABORATORI	v
1 - ABSTRACT	vi
2 - ESTRATTO	viii
3 - SINTESI	x
4 - SUMMARY	xxv
5 - INTRODUZIONE	1
5.1 - Inquadramento generale del problema.....	1
5.2 - Intendimenti del progetto.....	2
5.3 - Breve riassunto del progetto (con indicazione delle fasi e dei tempi previsti).....	3
5.4 - Modifiche apportate al progetto in corso d'opera.....	4
6 - MATERIALI E METODI	5
6.1 - Descrizione delle aree di studio.....	5
6.2 - Campionamento: disegno sperimentale.....	6
6.3 - Campionamento del benthos.....	7
6.3.1 <i>Assegnazione della categoria trofica</i>	8
6.3.2 <i>Stima di abbondanza, biomassa e produzione</i>	8
6.3.3 <i>Preparazione per le analisi isotopiche</i>	8
6.4 - Campionamento dei predatori potenziali della triglia di fango	9
6.5 - Analisi degli isotopi stabili di azoto e carbonio.....	10
6.6 - Analisi dei dati.....	11
6.6.1 <i>Analisi multivariata</i>	11
6.6.2 <i>Analisi univariata</i>	12
7 - RISULTATI.....	13
7.1 - Composizione e abbondanza del benthos	13
7.1.1 <i>Rapporto produzione/biomassa (P/B)</i>	18
7.1.2 <i>Confronto del numero di individui fra le aree Protette e Non Protette e fra le Località</i> .	19
7.1.3 <i>Confronto della biomassa del benthos fra le aree Protette e Non Protette e fra le Località</i>	21
7.1.4 <i>Numero di individui e biomassa totale del benthos</i>	24
7.1.5 <i>Numero di individui e biomassa del benthos per categoria trofica</i>	28
7.2 - Valori di $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ nei taxa e nelle categorie trofiche del benthos.....	33
7.2.1 <i>$\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ dei taxa bentonici</i>	33
7.2.2 <i>$\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ nelle categorie trofiche del benthos</i>	37
7.3 - Valori di $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ nei predatori	40
8 - DISCUSSIONE E CONCLUSIONI.....	47
8.1 - Composizione ed abbondanza del benthos	47
8.2 - Valori di $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ nei taxa e nelle categorie trofiche del benthos	49
8.3 - Valori di $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ nei predatori	50
8.4 - Conclusioni.....	51
9 - BIBLIOGRAFIA	52

ELENCO FIGURE

- Figura 6.1 - Cartina della Sicilia con le quattro aree di studio
- Figura 6.2 - Golfi di Castellammare e di Patti.
- Figura 6.3 - Golfi di Termini Imerese e di Sant'Agata di Militello
- Figura. 6.4 - Disegno sperimentale generale dei campionamenti
- Figura 7.1 - Ordinamento (nMDS) dei campioni di benthos relativo al numero di individui nell'area protetta e non protetta
- Figura 7.2 - Ordinamento (CAP) dei campioni di benthos relativo al numero di individui nell'area protetta e non protetta
- Figura 7.3 - Ordinamento (nMDS) dei campioni di benthos relativo al numero di individui dei taxa per località
- Figura 7.4 - Ordinamento (CAP) dei campioni di benthos relativo al numero di individui dei taxa per località
- Figura 7.5 - Ordinamento (nMDS) dei campioni di benthos relativo alla biomassa dei taxa rinvenuti nell'area protetta e non protetta.
- Figura 7.6 - Ordinamento (CAP) dei campioni di benthos relativo alla biomassa dei taxa nell'area protetta e non protetta
- Figura 7.7 - Ordinamento (nMDS) dei campioni di benthos relativo alla biomassa dei taxa nelle località
- Figura 7.8 - Ordinamento (CAP) della biomassa di benthos relativo ai taxa nelle località
- Figura 7.9 - Media ed errore standard del numero totale di individui e della biomassa totale del benthos nell'area protetta e non protetta
- Figura 7.10 - Media ed errore standard del numero totale di individui e della biomassa totale del benthos nelle località
- Figura 7.11 - Media ed errore standard del numero totale di individui e della biomassa totale del benthos nei tre settori di ciascuna località
- Figura 7.12 - Media ed errore standard del numero di individui e della biomassa dei Carnivori nelle località
- Figura 7.13 - Media ed errore standard del numero di individui e della biomassa dei Carnivori nei tre settori di ciascuna località
- Figura 7.14 - Media ed errore standard del numero di individui e della biomassa dei Detritivori nelle località
- Figura 7.15 - Media ed errore standard del numero di individui e della biomassa dei Detritivori nelle località
- Figura 7.16 - Media e deviazione standard dei valori degli isotopi dell'azoto e del Carbonio dei taxa bentonici nelle località
- Figura 7.17 - Media e deviazione standard dei valori degli isotopi dell'azoto e del carbonio delle categorie trofiche del benthos nelle località
- Figura 7.18 - Potenziali predatori della triglia di fango con valori medi e deviazione standard dell'azoto, del carbonio e della taglia nel Golfo di Patti
- Figura 7.19 - Potenziali predatori della triglia di fango con valori medi e deviazione standard dell'azoto, del carbonio e della taglia nel Golfo di Castellammare
- Figura 7.20 - Potenziali predatori della triglia di fango con valori medi e deviazione standard dell'azoto, del carbonio e della taglia nel Golfo di Sant'Agata
- Figura 7.21 - Potenziali predatori della triglia di fango con valori medi e deviazione standard dell'azoto, del carbonio e della taglia nel Golfo di Termini Imprese
- Figura 7.22 - Media e deviazione standard dell'azoto e carbonio nelle località

ELENCO TABELLE

- Tabella 6.1 - Elenco dei trentadue predatori potenziali della triglia di fango selezionati inizialmente
- Tabella 6.2 - Elenco dei predatori potenziali della triglia di fango, taglia massima per il Mediterraneo
- Tabella 7.1 - Media ed errore standard del numero di individui dei taxa bentonici nelle località
- Tabella 7.2 - Media ed errore standard della biomassa nelle località
- Tabella 7.3 - Media e deviazione standard di biomassa, peso individuale e numero di individui, e rapporto produzione/biomassa (P/B) del benthos
- Tabella 7.4. Analisi degli effetti della Protezione sul numero di individui dei taxa bentonici.
- Tabella 7.5 - Analisi degli effetti del fattore Località sul numero di individui dei taxa bentonici
- Tabella 7.6 - Analisi degli effetti della Protezione sulla biomassa dei taxa bentonici
- Tabella 7.7 - Analisi degli effetti del fattore Località sulla biomassa dei taxa bentonici
- Tabella 7.8 - Analisi degli effetti della Protezione sul numero totale di individui del benthos nell'area protetta e non protetta
- Tabella 7.9 - Analisi degli effetti della Protezione sulla biomassa totale del benthos nell'area protetta e non protetta
- Tabella 7.10 - Analisi degli effetti del fattore Località sul numero totale di individui del benthos bentonici nei golfi.
- Tabella 7.11 - Analisi degli effetti del fattore Località sulla biomassa totale del benthos nei golfi
- Tabella 7.12 - Analisi degli effetti della Protezione sul numero di individui dei Carnivori nell'area protetta e non protetta.
- Tabella 7.13 - Analisi degli effetti della Protezione sulla biomassa dei Carnivori nell'area protetta e non protetta.
- Tabella 7.14 - Analisi degli effetti del fattore Località sul numero di individui dei Carnivori nei golfi
- Tabella 7.15 - Analisi degli effetti del fattore Località sulla biomassa dei Carnivori nei golfi
- Tabella 7.16 - Analisi degli effetti della Protezione sul numero di individui dei Detritivori nell'area protetta e non protetta.
- Tabella 7.17 - Analisi degli effetti della Protezione sulla biomassa dei Detritivori nell'area protetta e non protetta.
- Tabella 7.18 - Analisi degli effetti del fattore Località sul numero di individui dei Detritivori nei golfi
- Tabella 7.19 - Analisi degli effetti del fattore Località sulla biomassa dei Detritivori golfi
- Tabella 7.20 – Media e deviazione standard dei taxa del benthos per l'analisi degli isotopi dell'azoto e del Carbonio
- Tabella 7.21 - Analisi degli effetti della Protezione sui valori di azoto dei taxa bentonici nell'area protetta e non protetta.
- Tabella 7.22 - Analisi degli effetti della Località sui valori di azoto dei taxa bentonici nell'area protetta e non protetta.
- Tabella 7.23 - Analisi degli effetti della Protezione sui valori di carbonio dei taxa bentonici nell'area protetta e non protetta.
- Tabella 7.24 - Analisi degli effetti della Località sui valori di carbonio dei taxa bentonici nell'area protetta e non protetta.
- Tabella 7.25 - Analisi degli effetti della Protezione sull'azoto delle categorie trofiche del benthos nell'area protetta e non protetta.
- Tabella 7.26 - Analisi degli effetti della Località sull'azoto delle categorie trofiche del benthos nei golfi.
- Tabella 7.27 - Analisi degli effetti della Protezione sul carbonio delle categorie trofiche del benthos nell'area protetta e non protetta.

Tabella 7.28 - Analisi degli effetti delle Località sul carbonio e delle categorie trofiche del benthos nei golfi

Tabella 7.29 - Analisi degli effetti della Protezione sull'azoto dei predatori nell'area protetta e non protetta.

Tabella 7.30 - Analisi degli effetti delle Località sull'azoto dei predatori catturati nei quattro golfi.

Tabella 7.31 - Analisi degli effetti della Protezione sul carbonio dei predatori nell'area protetta e non protetta.

Tabella 7.32 - Analisi degli effetti delle Località sul carbonio dei predatori catturati nei golfi.

ELENCO DEI COLLABORATORI

Hanno collaborato a questo progetto:

Dr.ssa Chiara Romano
Dr. Chris Sweeting

Si ringraziano inoltre per avere in vario modo collaborato al progetto, contribuendo nelle varie fasi della raccolta e analisi dei campioni e nella elaborazione dei dati:

Dr. Adriana Alagna
Dr. Dario Badalamenti
Dr.ssa Irene Carnevale
Sig.ra Marilena Coppola
Sig. Giuseppe Di Stefano
Dr. Emanuela Fanelli
Dr. Massimiliano Giacalone
Dr.ssa Greta Giunta
Dr. Emilio Riginella
Dr. Daniele Rizzo
Dr. Mauro Sinopoli
Dr. Tomas Vega Fernandez
L'equipaggio del M/P "Giaguaro"

1 - ABSTRACT

Prey and predators of the red mullet, *Mullus barbatus* L.: an approach using carbon and nitrogen stable isotopes

This study was aimed at contributing to the ecosystem approach to fisheries management with a study on the effect of fishing on bottom food webs. The main objective was to reconstruct and describe the food web of *Mullus barbatus* (red mullet) and to relate it to the level of fishing pressure. The adopted approach was based on the following steps:

- estimate of the production to biomass ratio (P/B) of soft bottom benthos;
- analysis of the trophic level of soft bottom benthic taxa (potential food source for red mullet);
- analysis of the trophic level of potential predators of red mullet.

The study was carried out in May 2005 in four areas off the northern Sicily coast, two excluded to trawl fishing since 1990 (Gulf of Castellammare, GCAST and Gulf of Patti, GPATT), and two trawled (Gulf of Termini Imerese, GTERM and Gulf of Sant'Agata di Militello, GSANT). The experimental design included three factors: Protection (fixed with two levels: protected PR and unprotected NPR), Gulf (random and nested in the Protection factor with two levels: GCAST and GPATT for PR and GSANT and GTERM for NPR), and Sector (fixed with three levels: W, C and E). Fish (=predators) and benthos (=prey) samples were collected in the coastal terrigenous mud assemblage (VTC), which hosts the preferential habitat of red mullet. The red mullet food web was reconstructed by means of the values of isotopic ratios $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$, used for tracing the origin of the organic matter in the food and for assessing the trophic levels respectively.

These were the main results:

- i. the P/B ratio was higher in the two protected gulfs. The abundance of benthos was higher in GCAST, whereas its biomass did not differ significantly among locations;
- ii. the composition of the benthic assemblage was different among locations;
- iii. considering the prey of red mullet, carnivores and deposit feeders were less abundant in GTERM than in the other gulfs; their biomass did not differ among locations;
- iv. the $\delta^{15}\text{N}$ value of benthic taxa was higher in GCAST, whereas the value of $\delta^{13}\text{C}$ was higher in the unprotected gulfs. $\delta^{15}\text{N}$ of trophic guilds was higher in GCAST and GTERM, showing the following trend: carnivores > non selective deposit feeders > selective deposit feeders. $\delta^{13}\text{C}$ of trophic guilds was higher in the unprotected locations;
- v. the value of $\delta^{15}\text{N}$ of potential predators was higher in the protected gulfs, whereas $\delta^{13}\text{C}$ did not differ among locations. According to isotopic compatibility - that is comparing the

values of $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ of red mullet to its potential predators - only *Epinephelus aeneus* (white grouper) could prey upon the red mullet at all locations. Other fish species could be predators but not everywhere, due to the different values of carbon and nitrogen isotopes in their tissues at each location.

The outcomes of this study have allowed to reconstruct the food web of a demersal species of major importance for Italian fisheries. The knowledge on the composition and trophic structure of the terrigenous mud assemblage has been enhanced, and an effect of trawl fishing on that assemblage has been shown. The identified patterns did not show any effect at the protection level, yet rather a clear effect at the location level, with the Gulf of Castellammare clearly separated from the other protected and unprotected gulfs.

2 - ESTRATTO

Questo studio intende fornire un contributo all'approccio ecosistemico alla gestione delle risorse pescabili, tramite una indagine sugli effetti della pesca sulle reti trofiche demersali. L'obiettivo generale della ricerca è stato quello di ricostruire e descrivere la rete trofica di *Mullus barbatus* (triglia di fango) e metterla in relazione allo stato di sfruttamento da pesca. L'approccio adottato ha previsto il raggiungimento dei seguenti obiettivi specifici:

- stima del rapporto produzione/biomassa (P/B) del benthos di fondo mobile;
- analisi del livello trofico del benthos di fondo mobile (potenziali prede della triglia);
- analisi del livello trofico dei potenziali predatori della triglia.

Lo studio è stato condotto nel maggio 2005 in quattro aree della Sicilia settentrionale, due protette dal 1990 tramite divieto di pesca a strascico (Golfo di Castellammare, GCAST e Golfo di Patti, GPATT), e due non protette (Golfo di Termini Imerese, GTERM e Golfo di Sant'Agata di Militello, GSANT). Il disegno sperimentale ha previsto 3 fattori: Protezione (fisso con 2 livelli: Protetto, PR e Non Protetto, NPR), Golfo (random e nested nel fattore Protezione con 2 livelli: GCAST e GPATT per PR e GSANT e GTERM per NPR) e Settore (fisso con 3 livelli W, C ed E). I campioni di pesci (=predatori) e di benthos (=prede) sono stati raccolti nella biocenosi che ospita l'habitat preferenziale della triglia, cioè i fanghi terrigeni costieri (VTC). La rete trofica della triglia è stata ricostruita utilizzando il valore assunto dai rapporti isotopici $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$, rispettivamente per tracciare l'origine della sostanza organica nell'alimento, e per calcolare i livelli trofici.

Questi i principali risultati:

- i. il rapporto P/B è risultato più elevato nelle due località protette. L'abbondanza numerica del benthos totale è stata maggiore in GCAST, mentre la biomassa tra le quattro località non è risultata significativamente differente;
- ii. la composizione del popolamento bentonico è risultata diversa fra le quattro località;
- iii. fra le prede della triglia, sia carnivori che detritivori sono risultati meno abbondanti numericamente in GTERM rispetto agli altri golfi; la loro biomassa non è risultata differente fra le località;
- iv. il valore di $\delta^{15}\text{N}$ dei taxa bentonici è risultato superiore in GCAST, mentre $\delta^{13}\text{C}$ al contrario è risultato superiore nelle località non protette. Il valore di $\delta^{15}\text{N}$ delle categorie trofiche è risultato maggiore in GCAST e GTERM, con carnivori > detritivori non selettivi > detritivori selettivi. $\delta^{13}\text{C}$ delle categorie trofiche è risultato maggiore nei due golfi non protetti rispetto a quelli protetti;
- v. il valore di $\delta^{15}\text{N}$ dei potenziali predatori è risultato maggiore nei due golfi protetti, mentre il $\delta^{13}\text{C}$ non ha mostrato differenze significative. In base alla compatibilità

isotopica - cioè al valore di $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ nella triglia e nei suoi potenziali predatori - soltanto una specie, *Epinephelus aeneus* (cernia bianca) sarebbe un predatore potenziale in tutte le località. Altre specie potrebbero esserlo ma non in tutte le località, a causa dei diversi valori degli isotopi di carbonio e azoto.

Questo studio ha fornito gli elementi per ricostruire la rete trofica di una delle specie demersali più importanti dei mari italiani. Sono state arricchite le conoscenze sulla composizione e caratterizzazione trofica delle comunità bentoniche dei fanghi terrigeni costieri, ed è stato mostrato l'effetto della pesca a strascico sulle medesime. I pattern riscontrati non evidenziano tuttavia un effetto-protezione con differenze nette fra i golfi protetti dallo strascico e quelli non protetti, quanto piuttosto una distinzione abbastanza netta tra il Golfo di Castellammare e le altre località.

3 - SINTESI

Prede e predatori della triglia di fango *Mullus barbatus* L.: un approccio con gli isotopi stabili di carbonio e azoto.

Citazione del presente rapporto:

Giovanni D'Anna e Carlo Pipitone (2007). Prede e predatori della triglia di fango *Mullus barbatus* L.: un approccio con gli isotopi stabili di carbonio e azoto. Rapporto finale per il Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali, Roma: xxix + 58pp.

U.O. 1 - e-mail: giovanni.danna@iamc.cnr.it, carlo.pipitone@iamc.cnr.it

Parole chiave: *Mullus barbatus*, reti trofiche, livelli trofici, analisi degli isotopi stabili, produzione bentonica, Sicilia, Mar Mediterraneo.

3.1 - INTRODUZIONE

L'approccio scientifico e metodologico alla gestione delle risorse di pesca da alcuni anni ha cominciato a basarsi su modelli complessi che tengono in considerazione l'ecosistema e non la semplice biologia delle singole specie. Inoltre le Aree Marine Protette (AMP) sono sempre più spesso utilizzate come strumenti di gestione delle risorse e non solo di conservazione della biodiversità di aree sensibili (Roberts, 1997). Tra gli aspetti da tenere in considerazione quando si valutano gli effetti della pesca sulle comunità e le potenzialità di recupero di risorse sottoposte a misure di protezione, ci sono quelli legati alla struttura trofica dell'ecosistema (Jennings et al., 2002).

In seguito alla creazione nel 1990 di una vasta area (200 kmq) vietata alla pesca a strascico - configurabile come AMP - nel Golfo di Castellammare (Sicilia N-O), si è avuto un netto recupero degli stock ittici demersali (in particolare della triglia di fango, *Mullus barbatus*) (Pipitone et al., 2000).

Il presente sottoprogetto, nell'ambito dell'**obiettivo generale** del progetto di studiare la rete trofica della triglia e di metterla in relazione allo stato di sfruttamento da pesca, ha avuto i seguenti **obiettivi specifici** finalizzati a ricostruire la rete trofica della triglia indagando i livelli trofici della triglia stessa, dei suoi potenziali predatori e degli organismi bentonici potenziali prede:

- stima del rapporto produzione/biomassa (P/B) del benthos di fondo mobile;
- analisi del livello trofico del benthos di fondo mobile (potenziali prede);
- analisi del livello trofico dei potenziali predatori della triglia.

Per raggiungere tali obiettivi è stato campionato il benthos nell'habitat preferenziale della triglia, ovvero la biocenosi dei fanghi terrigeni costieri (VTC), ed è stata condotta l'analisi degli isotopi stabili di C e N negli organismi bentonici possibili prede della triglia e nei suoi potenziali predatori. Lo studio è stato effettuato all'interno di due aree con divieto di strascico e di due aree senza divieto, allo scopo di verificare statisticamente se i risultati ottenuti fossero da addebitarsi alla protezione e non piuttosto a cause diverse.

3.2 - MATERIALI E METODI

Lo studio è stato condotto in quattro aree della Sicilia settentrionale: due con divieto di strascico (Golfo di Castellammare, GCAST e Golfo di Patti, GPATT), e due senza divieto (Golfo di Termini Imerese, GTERM e Golfo di S. Agata di Militello, GSANT) (Figg. 3.1, 3.2).

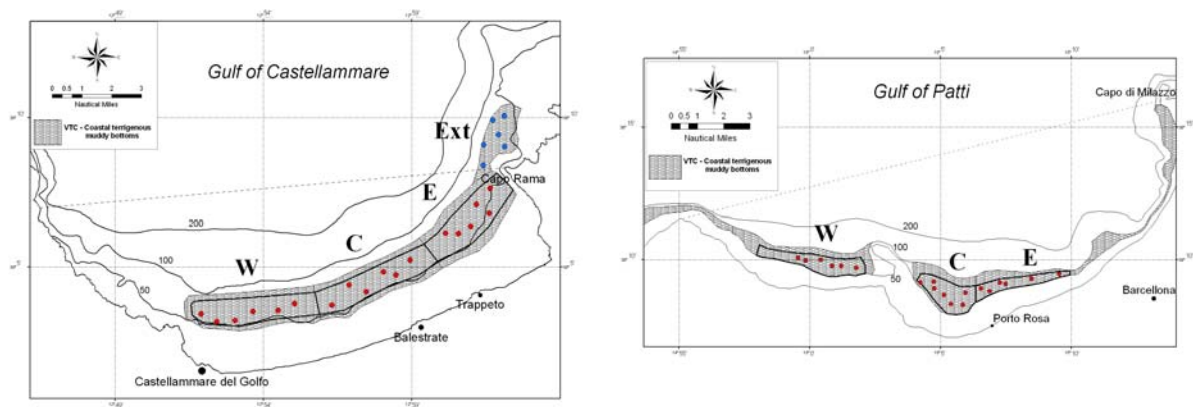


Figura 3.1 - Golfi di Castellammare e di Patti. Sono indicati i siti delle bennate. W, C, E: settori ovest, centro, est.

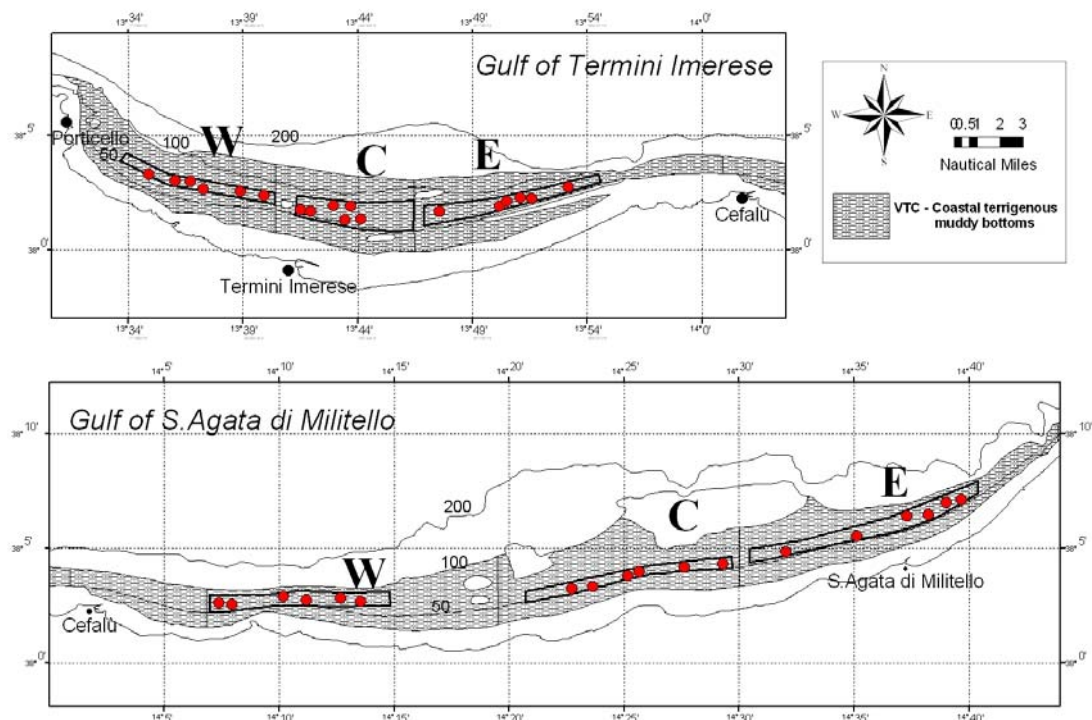


Figura 3.2 - Golfi di Termini Imerese e di Sant'Agata di Militello. Sono indicati i siti delle bennate. W, C, E: settori ovest, centro, est.

1.2.1 - Disegno sperimentale comune

Il disegno sperimentale comune a tutte le analisi statistiche ha preso in considerazione la presenza di Zone Protette e Non Protette e il fatto che in ciascuna di queste zone fossero possibili due repliche spaziali (=due golfi). Ciascun golfo è stato suddiviso in tre settori: Ovest (W), Centro (C) ed Est (E). Tale disegno ha previsto dunque 3 fattori: Protezione (fisso con 2 livelli: protetto PR e non protetto NPR), Località (random e nested nel fattore Protezione con 2 livelli GCAST e GPATT per PR e GSANT e GTERM per NPR) e Settore (fisso con 3 livelli W, C ed E).

1.2.2 - Campionamento e processamento del benthos

Nel maggio 2005 sono stati prelevati in ogni settore dei quattro golfi 6 campioni di sedimento (18 repliche per golfo), per un totale di 72 campioni di circa 15 lt. ciascuno utilizzando una benna Van Veen. Gli organismi nei campioni sono stati classificati secondo grandi categorie tassonomiche (classe, ordine, famiglia, genere e solo in alcuni casi specie), in maniera da facilitare la loro assegnazione ad una categoria trofica. Per assegnare tale categoria trofica è stato adattato il metodo di classificazione sviluppato da Fauchald e Jumars (1979) per i policheti, e sono stati individuate a

priori sei categorie: erbivori (ER), carnivori (CA), detritivori superficiali selettivi (DSsel) e non selettivi (DSnsel), detritivori subsuperficiali (DSS), detritivori scavatori (SCA), sospensivori (SO), onnivori (ON) e altro (AL).

Numero e peso degli organismi ritrovati sono stati standardizzati al mq, e con tali valori, calcolato il peso medio per ciascuna delle categorie tassonomiche classificate, è stato stimato il rapporto produzione/biomassa (P/B) di ciascun taxon (Morin & Bourassa 1992).

Una volta pesati, i campioni sono stati ridotti in polvere con l'ausilio di mortaio e pestello. Dalla polvere ottenuta sono stati estratti tre campioni indipendenti del peso di circa 1 mg per ciascuna delle principali categorie tassonomiche e trofiche da destinare all'analisi degli isotopi stabili di azoto e carbonio.

1.2.3 - Campionamento e processamento dei predatori potenziali della triglia

Dopo una prima selezione e uno studio preliminare, sono state individuate 19 specie di potenziali predatori della triglia (Tab. 3.1) su tre esemplari di ognuna delle quali da ogni golfo è stata prelevata una porzione di muscolo dorsale (circa 2 g) che è stata trattata allo stesso modo dei campioni di benthos per le successive analisi isotopiche.

Tabella 3.1 - Elenco dei predatori potenziali della triglia di fango.

<i>Centrophorus granulosus</i>	<i>Pagellus erythrinus</i>
<i>Dalatias licha</i>	<i>Raja radula</i>
<i>Dicentrarchus labrax</i>	<i>Scyliorhinus canicula</i>
<i>Epinephelus aeneus</i>	<i>Seriola dumerili</i>
<i>Etmopterus spinax</i>	<i>Serranus cabrilla</i>
<i>Galeus melastomus</i>	<i>Sparus aurata</i>
<i>Heptranchias perlo</i>	<i>Torpedo marmorata</i>
<i>Hexanchus griseus</i>	<i>Torpedo torpedo</i>
<i>Lophius budegassa</i>	<i>Uranoscopus scaber</i>
<i>Merluccius merluccius</i>	

3.2.4 - Analisi degli isotopi stabili di azoto e carbonio

L'abbondanza degli isotopi stabili del carbonio (^{13}C , ^{12}C) e dell'azoto (^{15}N , ^{14}N) nei campioni di organismi bentonici e di predatori della triglia è stata misurata mediante spettrometro di massa a flusso continuo. I rapporti isotopici ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ e $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) sono stati riportati convenzionalmente come deviazione ‰ (δ) del rapporto isotopico di ciascun campione (A) da un materiale standard di riferimento (r) secondo l'equazione:

$$\delta X = [(RA - Rr) / Rr] \times 10^3$$

dove X = ^{15}N o ^{13}C , R = rapporto isotopico $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ o $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$.

Il materiale di riferimento standard usato per il carbonio è Vienna Pee Dee Belemnite (vPDB), mentre per l'azoto è stato usato l'azoto atmosferico. Il valore di $\delta^{13}\text{C}$ serve a tracciare l'origine della sostanza organica assimilata con l'alimentazione. Il valore di $\delta^{15}\text{N}$ serve invece a stimare il livello trofico di una specie mediante la seguente equazione:

$$TL_i = TL_{rif} + (\delta^{15}\text{N}_i - \delta^{15}\text{N}_{rif}) / f$$

dove TL_i = livello trofico della specie i , TL_{rif} = livello trofico di un organismo di riferimento della rete trofica, $\delta^{15}\text{N}_i$ = $\delta^{15}\text{N}$ della specie i , $\delta^{15}\text{N}_{rif}$ = $\delta^{15}\text{N}$ dell'organismo di riferimento, f = frazionamento per livello trofico compreso tra 3,0 e 3,4 (Michener & Schell, 1994; Vander Zanden et al. 1997).

Questa equazione è stata utilizzata per stimare il livello trofico delle prede e dei predatori della triglia. Come organismo di riferimento è stato scelto *a priori* di utilizzare i valori medi di $\delta^{15}\text{N}$ del mesozooplankton per ciascun Golfo. Una volta ottenuti i dati relativi ai valori di $\delta^{15}\text{N}$ per gli organismi bentonici, come ulteriore livello di base è stato anche selezionato un gruppo di detritivori caratterizzati da valori minimi di $\delta^{15}\text{N}$.

3.2.5 - Analisi dei dati

Analisi multivariata

I numeri di individui (N) e la biomassa (B, mg di peso secco) di tutti i taxa bentonici campionati sono stati organizzati in due matrici rettangolari a doppio ingresso (taxa per campione) e **sottoposti a trasformazione logaritmica ($\ln(x+1)$)**. Successivamente sono state calcolate le **matrici** triangolari di similarità utilizzando l'indice di Bray-Curtis come misura di distanza fra i campioni.

Sulle matrici di similarità sono stati effettuati degli ordinamenti “non costretti” attraverso nMDS. Successivamente è stata utilizzata la routine CAP (Canonical Analysis of Principal coordinates) implementata in PRIMER v.6 al fine di ottenere un ordinamento “costretto” sulle stesse matrici di similarità per visualizzare le differenze fra i gruppi sperimentali. Con questo metodo sono state visualizzate anche le eventuali differenze anche fra le località studiate.

Le differenze fra i gruppi nel fattore Protezione e in quello Località per le variabili N e B sono stati testati con un'analisi multivariata della varianza basata su permutazioni (PERMANOVA).

Analisi univariata

Il numero totale di individui (Nt) e la biomassa totale (Bt) di tutto il benthos e delle categorie trofiche (Nct e Bct), e i valori di $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ dei taxa bentonici sono stati confrontati con l'analisi della varianza (ANOVA). Le differenze significative sono state comparate utilizzando i test *post hoc* SN4.

I valori di $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ delle categorie trofiche del benthos e dei predatori e la lunghezza totale (LT) dei predatori sono stati confrontati per mezzo di una ANOVA basata su permutazioni (PERANOVA) eseguita su matrici di dissimilarità con distanza euclidea. Le differenze significative sono state comparate utilizzando i test *a posteriori*.

3.3 - RISULTATI

3.3.1 - Composizione e abbondanza del benthos

Complessivamente nelle quattro località sono stati rinvenuti 47427 individui con una biomassa totale di 73913 mg (peso secco). Sono stati identificati 116 taxa appartenenti principalmente a policheti (36), anfipodi (27), decapodi (18) e cumacei (12).

Rapporto produzione/biomassa

Il rapporto P/B riferito al benthos totale risulta maggiore nelle località protette, con un andamento GCAST>GPATT>GSANT>GTERM. I taxa con rapporto P/B minore sono stati i decapodi e le oloturie, mentre quelli con il valore maggiore sono stati sipunculidi ed echiuridi. Bivalvi e scafopodi hanno mostrato valori ancora più alti, ma probabilmente falsati da problemi legati alla decalcificazione.

Confronto delle abbondanze fra le aree Protette e Non Protette e fra le Località

L'nMDS non ha evidenziato una netta separazione dei campioni dell'area protetta da quelli dell'area non protetta. I risultati della PERMANOVA non hanno evidenziato *a priori* una differenza significativa delle comunità bentoniche fra le aree protette e non protette.

Considerando le località, l'nMDS non ha mostrato una loro separazione. La CAP ha invece evidenziato una separazione dei campioni con GCAST che si differenzia nettamente dalle altre tre. I risultati della PERMANOVA hanno mostrato *a priori* differenze fra le località, fra i settori e nell'interazione Loc*Set. Il confronto a coppie, relativo all'interazione significativa, ha confermato le differenze fra le località in tutti i settori (Tab. 3.2).

Tabella 3.2 - Analisi degli effetti del fattore Località sul numero di individui dei taxa bentonici rinvenuti nei quattro golfi (GCAST, GPATT, GSANT, GTERM). Risultati dell'analisi multivariata della varianza su permutazioni (PERMANOVA) e dei confronti a coppia. In grassetto i fattori e le interazioni significative.

Comunità bentonica: numero individui					
Sorgente di variazione	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Località (Loc)	3	16644	5548.1	9.5459	0.0001
Settore (Set)	2	2691.1	1345.6	2.3152	0.0001
Loc*Set	6	8377	1396.2	2.4022	0.0001
Residuali	60	34872	581.2		
Totale	71	62584			

Confronto a coppie

Interazione Loc*Set

Località tutti i settori

GCAST ≠ GPATT ≠ GSANT ≠ GTERM

Confronto della biomassa del benthos fra le aree Protette e Non Protette e fra le Località

L'nMDS basato sulle biomasse ha evidenziato una debole separazione dei campioni dell'area protetta da quella non protetta. Più chiara appare la separazione, risultata significativa, degli stessi campioni con l'ordinamento ottenuto dalla CAP. I risultati della PERMANOVA non hanno evidenziato *a priori* una diversità significativa delle comunità bentoniche fra le aree protette e non protette. Il confronto a coppie ha mostrato che le comunità bentoniche dei golfi protetti e di quelli non protetti differiscono fra di loro all'interno di ciascun livello di protezione.

Considerando le località, l'nMDS relativo alle biomasse non le ha separate in modo netto. La CAP ha mostrato invece una separazione di GCAST dal resto. I risultati della PERMANOVA hanno mostrato *a priori* differenze fra le località, fra i settori e nell'interazione Loc*Set. Il confronto a coppie, relativo all'interazione significativa, ha confermato le differenze fra le località in tutti i settori (Tab. 3.3).

Tabella 3.3 - Analisi degli effetti del fattore Località sulla biomassa dei taxa bentonici rinvenuti nei quattro golfi (GCAST, GPATT, GSANT, GTERM). Risultati dell'analisi multivariata della varianza su permutazioni (PERMANOVA) e dei confronti a coppia. In grassetto i fattori e le interazioni significative.

Comunità bentonica: biomassa					
Sorgente di variazione	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Località (Loc)	3	20337	6778.9	6.5364	0.0001
Settore (Set)	2	4105.3	2052.6	1.9792	0.0005
Loc*Set	6	12236	2039.3	1.9663	0.0001
Residuali	60	62226	1037.1		
Totale	71	98903			

Confronto a coppie

Interazione Loc*Set

Località tutti i settori

GCAST ≠ GPAT ≠ GSANT ≠ GTERM

Numero di individui e biomassa totale del benthos

Nt ha mostrato valori più elevati nell'area protetta mentre Bt è risultato più elevato nell'area non protetta, ma in modo non significativo. Per quanto riguarda Nt, l'ANOVA ha evidenziato una differenza fra le località all'interno di ciascun livello di protezione con GCAST>GPATT e GSANT>GTERM (Tab. 3.4). e anche tra le singole località (GCAST>GPATT=GSANT>GTERM) e tra i settori (Tab. 3.5). L'ANOVA sulla variabile Bt non ha evidenziato differenze significative fra

aree protette e non protette e fra le località; comunque GCAST ha mostrato valori di biomassa più bassi delle altre aree.

Tabella 3.4 - Analisi degli effetti della Protezione sul numero totale di individui del benthos nell'area protetta e non protetta. Risultati dell'analisi della varianza (ANOVA) e del confronto a coppia. In grassetto i fattori e le interazioni significative.

Sorgente di variazione	df	Numero di individui totale del benthos			
		SS	MS	F	P
Protezione (Pro)	1	2.3261	2.3261	2.99	0.226
Località(Protezione) (Loc(Pro))	2	1.5565	0.7782	8	0.0008
Settore (Set)	2	0.7514	0.3757	1.79	0.279
Pro*Set	2	0.2139	0.1069	0.51	0.6357
Loc(Pro)*Set	4	0.8412	0.2103	2.16	0.0843
Residuali	60	5.8399	0.0973		
Totale	71	11.529			

Test di Cochran non significativo dopo trasformazione (Ln(x+1)) dei dati

Confronto a coppie

Effetti principali

Loc(Pro)	Protetto	Non Protetto
	GCAST > GPATT	GSANT > GTERM

Tabella 3.5 - Analisi degli effetti del fattore Località sul numero totale di individui del benthos bentonici nei quattro golfi (GCAST, GPATT, GSANT, GTERM). Risultati dell'analisi della varianza (ANOVA) e del confronto a coppia. In grassetto i fattori e le interazioni significative

Sorgente di variazione	df	Numero di individui totale del benthos			
		SS	MS	F	P
Località (Loc)	3	3.8825	1.2942	13.3	0.00001
Settore (Set)	2	0.7514	0.3757	3.86	0.0265
Località*Settore	6	1.0551	0.1759	1.81	0.113
Residuali	60	5.8399	0.0973		
Totale	71	11.529			

Test di Cochran non significativo dopo trasformazione (Ln(x+1)) dei dati

Confronto a coppie

Effetti principali

Località	GCAST > GPATT = GSANT > GTERM
Settore	Ovest = Centrale = Est

Numero di individui e biomassa del benthos per categoria trofica

L'analisi statistica è stata condotta solo su Carnivori e Detritivori, che hanno registrato valori di Nct e Bct sufficienti.

I risultati dell'ANOVA hanno mostrato l'assenza di effetti della protezione e delle località su Bct per entrambe le categorie trofiche.

Nell'analisi del fattore Protezione, Nct per carnivori e detritivori è risultato maggiore - ma non significativamente - in GCAST che in GPATT, e significativamente maggiore in GSANT rispetto a GTERM.

Per quanto riguarda Nct dei Carnivori l'ANOVA ha evidenziato differenze significative fra le località ed i settori. Il confronto a coppia mostra che i valori di Nct in GTERM sono

significativamente inferiori a quelli ottenuti negli altri tre golfi che non differiscono fra di loro. Una differenza significativa è emersa anche fra i settori (Tab. 3.6).

Tabella 3.6 - Analisi degli effetti del fattore Località sul numero di individui dei Carnivori nei quattro golfi (GCAST, GPATT, GSANT, GTERM). Risultati dell'analisi della varianza (ANOVA) e del confronto a coppia. In grassetto i fattori e le interazioni significative.

Sorgente di variazione	Numero di individui totale dei Carnivori				
	df	SS	MS	F	P
Località (Loc)	3	114821	38273.6	15.25	0.00001
Settore (Set)	2	16321.5	8160.74	3.25	0.0456
Località*Settore	6	11090.4	1848.39	0.74	0.6223
Residuali	60	150594	2509.89		
Totale	71	292826			
Test di Cochran non significativo					
Confronto a coppie					
Effetti principali					
Località	GCAST = GPATT = GSANT > GTERM				
Settore	Ovest = Centrale = Est				

I risultati dell'ANOVA non hanno evidenziato differenze significative di Nct dei Detritivori fra aree protette e non protette ma hanno rilevato differenze fra GCAST e GPATT e fra GSANT e GTERM (Tab. 3.7).

Tabella 3.7 - Analisi degli effetti della Protezione sul numero di individui dei Detritivori nell'area protetta e non protetta. Risultati dell'analisi della varianza (ANOVA) e del confronto a coppia. In grassetto i fattori e le interazioni significative.

Sorgente di variazione	Numero di individui totale dei Detritivori				
	df	SS	MS	F	P
Protezione (Pro)	1	2.123	2.123	1.67	0.3249
Località(Protezione) (Loc(Pro))	2	2.5351	1.2676	10.96	0.0001
Settore (Set)	2	0.901	0.4505	1.66	0.2989
Pro*Set	2	0.3018	0.1509	0.56	0.6126
Loc(Pro)*Set	4	1.0868	0.2717	2.35	0.0643
Residuali	60	6.9379	0.1156		
Totale	71	13.8857			
Test di Cochran non significativo dopo trasformazione (Ln(x+1)) dei dati					
Confronto a coppie					
Effetti principali					
Loc(Pro)	Protetto		Non Protetto		
	GCAST > GPATT		GSANT > GTERM		

Nct dei Detritivori ha mostrato differenze nelle quattro località con valori significativamente inferiori in GTERM rispetto agli altri golfi. Nessuna differenza è emersa dal confronto a coppie dei settori (Tab. 3.8).

Tabella 3.8 - Analisi degli effetti del fattore Località sul numero di individui dei Detritivori nei quattro golfi (GCAST, GPATT, GSANT, GTERM). Risultati dell'analisi della varianza (ANOVA) e del confronto a coppia. In grassetto i fattori e le interazioni significative.

Sorgente di variazione	df	Numero di individui totale dei Detritivori			
		SS	MS	F	P
Località (Loc)	3	4.6581	1.5527	13.43	0.0001
Settore (Set)	2	0.901	0.4505	3.9	0.0257
Località*Settore	6	1.3886	0.2314	2	0.0795
Residuali	60	6.9379	0.1156		
Totale	71	13.8857			
Test di Cochran non significativo dopo trasformazione (Ln(x+1)) dei dati					
Confronto a coppie					
Effetti principali					
Località	GCAST = GPATT = GSANT > GTERM				
Settore	Ovest = Centrale = Est				

3.3.2. - Valori di $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ nei taxa e nelle categorie trofiche del benthos

$\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ dei taxa bentonici

I valori di $\delta^{15}\text{N}$ oscillano da un minimo di 4.11 del crostaceo *Apseudes spinosus* in GPATT ad un massimo di 10.52 dei policheti gliceridi in GCAST. I policheti e le oloturie hanno fatto registrare valori medi generalmente elevati (>9) rispetto ai sipunculidi ed ai taxa appartenenti ai crostacei. I valori più elevati di $\delta^{13}\text{C}$ sono stati misurati nelle oloturie e nei policheti sternaspidi (>-18) in GTERM e GSANT mentre i valori più bassi (<-22) sono stati registrati nei crostacei *Goneplax rhomboides* e *Harpinia* e nei policheti spionidi in GCAST e GTERM.

I risultati dell'ANOVA hanno mostrato l'assenza di un effetto della protezione sul $\delta^{15}\text{N}$ dei taxa bentonici ma differenze significative fra le località con GCAST>GPATT e con GSANT<GTERM all'interno del fattore Protezione (Tab. 3.9). L'ANOVA effettuata sulle località ha confermato le differenze fra i golfi con valori di $\delta^{15}\text{N}$ significativamente maggiori a GCAST rispetto alle altre località ma nessuna interazione significativa è stata rilevata (Tab. 3.10).

Tabella 3.9 - Analisi degli effetti della Protezione sui valori di azoto ($\delta^{15}\text{N}$) nei taxa bentonici nell'area protetta e non protetta. Risultati dell'analisi della varianza (ANOVA) e del confronto a coppia. In grassetto i fattori e le interazioni significative.

Sorgente di variazione	df	$\delta^{15}\text{N}$ nei taxa bentonici			
		SS	MS	F	P
Protezione (Pro)	1	2.02	2.02	0.08	0.8061
Località(Protezione) (Loc(Pro))	2	51.70	25.85	43.73	0.00001
Taxa (Ta)	15	384.46	25.63	27.98	0.00001
Pro*Ta	15	11.24	0.75	0.82	0.651
Loc(Pro)*Ta	30	27.48	0.92	1.55	0.0497
Residuali	128	75.67	0.59		
Totale	191	552.58			
Test di Cochran non significativo					
Confronto a coppie					
Effetti principali					
Loc(Pro)	Protetto		Non Protetto		
	GCAST > GPATT		GSANT < GTERM		

Tabella 3.10 - Analisi degli effetti della Località sui valori di azoto ($\delta^{15}\text{N}$) nei taxa bentonici nell'area protetta e non protetta. Risultati dell'analisi della varianza (ANOVA) e del confronto a coppia. In grassetto i fattori e le interazioni significative.

Sorgente di variazione	$\delta^{15}\text{N}$ nei taxa bentonici				
	df	SS	MS	F	P
Località (Loc)	3	53.72	17.91	30.29	0.00001
Taxa (Ta)	15	384.46	25.63	43.35	0.00001
Loc*Ta	45	38.73	0.86	1.46	0.0537
Residuali	128	75.67	0.59		
Totale	191	552.58			
Test di Cochran non significativo					
Confronto a coppie					
Effetti principali					
Località	GCAST > GTERM > GPATT = GSANT				

L'ANOVA sul $\delta^{13}\text{C}$ dei taxa bentonici ha invece evidenziato un effetto protezione con valori significativamente inferiori nei golfi protetti (GCAST e GPATT) rispetto a quelli non protetti (Tab. 3.11).

Tabella 3.11 - Analisi degli effetti della Protezione sui valori di carbonio ($\delta^{13}\text{C}$) nei taxa bentonici nell'area protetta e non protetta. Risultati dell'analisi della varianza (ANOVA) e del confronto a coppia. In grassetto i fattori e le interazioni significative.

Sorgente di variazione	$\delta^{13}\text{C}$ nei taxa bentonici				
	df	SS	MS	F	P
Protezione (Pro)	1	29.45	29.45	40.64	0.0237
Località(Protezione) (Loc(Pro))	2	1.45	0.72	1.3	0.2749
Taxa (Ta)	15	144.99	9.67	6.14	0.00001
Pro*Ta	15	23.27	1.55	0.99	0.4926
Loc(Pro)*Ta	30	47.21	1.57	2.83	0.00001
Residuali	128	71.11	0.56		
Totale	191	317.48			
Test di Cochran non significativo					
Confronto a coppie					
Effetti principali					
Protezione	Protetto < Non Protetto				

L'effetto delle località sul $\delta^{13}\text{C}$ è risultato significativo per i fattori Località, Taxa e per l'interazione Località*Taxa (Tab. 3.12). Il confronto a coppie delle località ha evidenziato valori di $\delta^{13}\text{C}$ superiori nei golfi non protetti rispetto a quelli protetti. Il confronto delle località in relazione a ciascun taxa ha mostrato in GCAST valori di $\delta^{13}\text{C}$ di *G. rhomboides* e dei policheti sternaspidi sempre inferiori rispetto a GSANT e GTERM. L'altro golfo protetto (GPATT) ha registrato valori di $\delta^{13}\text{C}$ sempre inferiori alle altre località per tutti i taxa tranne per *G. rhomboides* e per i policheti sternaspidi (Tab. 3.12).

Tabella 3.12 - Analisi degli effetti della Località sui valori di carbonio ($\delta^{13}\text{C}$) nei taxa bentonici nell'area protetta e non protetta. Risultati dell'analisi della varianza (ANOVA) e del confronto a coppia. In grassetto i fattori e le interazioni significative.

Sorgente di variazione	$\delta^{13}\text{C}$ nei taxa bentonici				
	df	SS	MS	F	P
Località (Loc)	3	30.90	10.30	18.54	0.00001
Taxa (Ta)	15	144.99	9.67	17.4	0.00001
Loc*Ta	45	70.48	1.57	2.82	0.00001
Residuali	128	71.11	0.56		
Totale	191	317.48			
Test di Cochran non significativo					
	Confronto a coppie				
Effetti principali					
Località	GCAST = GPATT < GSANT = GTERM				
Interazione Loc*Ta					
Taxa	Località				
Goneplax rhomboides	GCAST < GPATT = GSANT = GTERM				
Glyceridae	GPATT < GCAST = GSANT = GTERM				
Lumbrineridae	GPATT < GCAST = GSANT = GTERM				
Spionidae	GPATT < GCAST = GSANT = GTERM				
Sternaspidae	GPATT = GCAST < GSANT = GTERM				

$\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ nelle categorie trofiche del benthos

I risultati della PERANOVA hanno mostrato l'assenza di un effetto della protezione su $\delta^{15}\text{N}$ delle categorie trofiche, mentre differenze significative esistono fra le località con valori di $\delta^{15}\text{N}$ superiori a GCAST rispetto a GPATT e a GTERM rispetto a GSANT (Tab. 3.13). La PERANOVA effettuata sulle località ha mostrato differenze fra i golfi (Tab. 3.14). Il confronto a coppie fra le località evidenzia valori di $\delta^{15}\text{N}$ superiori a GCAST e GTERM rispetto a GPATT e GSANT, mentre fra le categorie trofiche i CA sono risultati più arricchiti in $\delta^{15}\text{N}$ rispetto ai DSsel ed ai DSsel che differiscono fra loro.

Tabella 3.13 - Analisi degli effetti della Protezione su $\delta^{15}\text{N}$ nelle categorie trofiche del benthos nell'area protetta e non protetta. Risultati dell'analisi della PERANOVA e del confronto a coppia. In grassetto i fattori e le interazioni significative

Sorgente di variazione	$\delta^{15}\text{N}$ nelle categorie trofiche del benthos				
	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Protezione (Pro)	1	0.02	0.02	0.05	0.84
Località(Protezione) (Loc(Pro))	2	0.82	0.41	20.40	0.0001
Categoria trofica (Ct)	15	4.24	2.12	197.60	0.0001
Pro*Ct	15	0.02	0.01	0.90	0.46
Loc(Pro)*Ct	30	0.04	0.01	0.53	0.72
Residuali	128	3.61	0.02		
Totale	191	8.78			
	Confronto a coppie				
Effetti principali					
Loc(Pro)	Protetto		Non Protetto		
	GCAST > GPATT		GSANT < GTERM		

Tabella 3.14 - Analisi degli effetti delle Località su $\delta^{15}\text{N}$ nelle categorie trofiche del benthos nelle quattro località. Risultati dell'analisi della PERANOVA e del confronto a coppia. In grassetto i fattori e le interazioni significative

$\delta^{15}\text{N}$ nelle categorie trofiche del benthos					
Sorgente di variazione	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Località (Loc)	3	0.84	0.28	13.96	0.0001
Categoria trofica (Ct)	2	4.24	2.12	105.68	0.0001
Loc*Ct	6	0.06	0.01	0.52	0.79
Residuali	180	3.61	0.02		
Totale	191	8.78			
Confronto a coppie					
Effetti principali					
Località	GCAST = GTERM > GPATT = GSANT				
Categoria trofica (Ct)	CA > DSnsel > DSsel				

La PERANOVA su $\delta^{13}\text{C}$ nelle categorie trofiche del benthos ha invece evidenziato un effetto protezione con valori significativamente inferiori nei golfi protetti rispetto a quelli non protetti (Tab. 3.15).

Tabella 3.15 - Analisi degli effetti della Protezione su $\delta^{13}\text{C}$ nelle categorie trofiche del benthos nell'area protetta e non protetta. Risultati dell'analisi della PERANOVA e del confronto a coppia. In grassetto i fattori e le interazioni significative

$\delta^{13}\text{C}$ nelle categorie trofiche del benthos					
Sorgente di variazione	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Protezione (Pro)	1	29.81	29.81	36.54	0.03
Località(Protezione) (Loc(Pro))	2	18.46	9.23	3.90	0.12
Categoria trofica (Ct)	2	1.63	0.82	0.57	0.56
Pro*Ct	2	1.23	0.62	0.26	0.78
Loc(Pro)*Ct	4	9.46	2.37	1.65	0.16
Residuali	180	257.43	1.43		
Totale	191	317.48			
Confronto a coppie					
Effetti principali					
Protezione	Protetto < Non Protetto				

L'effetto delle località sul carbonio è risultato significativo per i fattori Località e Categoria trofica ma non per l'interazione Loc*Ct (Tab. 3.16). Il confronto a coppie delle località ha evidenziato valori di $\delta^{13}\text{C}$ significativamente superiori nei golfi non protetti rispetto alle località protette. Il confronto fra le categorie trofiche ha evidenziato valori di $\delta^{13}\text{C}$ significativamente maggiori in CA e DSnsel rispetto ai DSsel.

Tabella 3.16 - Analisi degli effetti delle Località su $\delta^{13}\text{C}$ nelle categorie trofiche del benthos nei quattro golfi. Risultati dell'analisi della PERANOVA e del confronto a coppia. In grassetto i fattori e le interazioni significative

Sorgente di variazione	$\delta^{13}\text{C}$ nelle categorie trofiche del benthos				
	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Località (Loc)	3	31.44	10.48	7.33	0.0001
Categoria trofica (Ct)	2	18.46	9.23	6.45	0.0028
Loc*Ct	6	10.70	1.78	1.25	0.2778
Residuali	180	257.43	1.43		
Totale	191	317.48			
Confronto a coppie					
Effetti principali					
Località	GCAST = GPATT < GTERM = GSANT				
Categoria trofica (Ct)	CA = DSnsel > DSsel				

3.3.3 - Valori di $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ nei predatori

L'analisi statistica per il confronto della taglia dei predatori non ha evidenziato differenze significative fra le aree protette e non protette ($F=2.46$, $P=0.25$) e fra le località ($F=2.42$, $P=0.09$).

I risultati della PERANOVA non hanno evidenziato alcun effetto della protezione su $\delta^{15}\text{N}$ ma differenze significative nell'interazione Località*Predatore. Il confronto a coppie fra le località all'interno di ciascun livello di protezione ha mostrato valori di $\delta^{15}\text{N}$ significativamente più alti a GCAST rispetto a GPATT ma nessuna differenza fra GSANT e GTERM (Tab. 3.17).

I risultati dell'effetto delle località confermano le differenze fra GCAST e GPATT, mentre il confronto a coppie dei golfi in relazione a ciascun predatore ha evidenziato valori di azoto generalmente (ma non sempre) superiori a GCAST e GPATT rispetto ai golfi di controllo (Tab. 3.18).

Tabella 3.17 - Analisi degli effetti della Protezione su $\delta^{15}\text{N}$ nei predatori catturati nell'area protetta e non protetta. Risultati dell'analisi della PERANOVA e del confronto a coppia. In grassetto i fattori e le interazioni significative.

Sorgente di variazione	df	SS	$\delta^{15}\text{N}$ nei Predatori		
			MS	Pseudo-F	P(perm)
Protezione (Pro)	1	0.60217	0.60217	4.1864	0.1692
Località(Protezione) (Loc(Pro))	2	0.28988	0.14494	23.125	0.0001
Predatori(Pre)	18	2.6771	0.14873	6.3291	0.0001
Pro*Pre	18	0.46139	0.02563	1.0908	0.3957
Loc(Pro)*Pre	36	0.8653	0.02404	3.8349	0.0001
Residuali	232	1.4541	0.00627		
Totale	307	6.7501			
Confronto a coppie					
Effetti principali					
Loc(Pro)	Protetto		Non Protetto		
	GCAST > GPATT		GSANT = GTERM		

Tabella 3.18 - Analisi degli effetti delle Località su $\delta^{15}\text{N}$ nei predatori catturati nei quattro golfi. Risultati dell'analisi della PERANOVA e del confronto a coppia. In grassetto i fattori e le interazioni significative.

$\delta^{15}\text{N}$ nei Predatori					
Sorgente di variazione	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Località (Loc)	3	1.0346	0.34488	55.025	0.001
Predatori (Pre)	18	2.6771	0.14873	23.729	0.001
Loc*Pre	54	1.3206	0.02446	3.9018	0.001
Residuali	232	1.4541	0.00627		
Totale	307	6.7501			
Confronto a coppie					
Effetti principali					
Loc	GCAST > GPATT > GSANT = GTERM				
Interazione Loc*Pre					
Loc (Pre)					
Predatori (Pre)	Località				
<i>Centrophorus granulosus</i>	GCAST = GPATT = GSANT > GTERM				
<i>Epinephelus aeneus</i>	GCAST = GPATT > GSANT = GTERM				
<i>Etmopterus spinax</i>	GCAST > GPATT = GSANT = GTERM				
<i>Galeus melastomus</i>	GCAST = GPATT > GSANT = GTERM				
<i>Lophius budegassa</i>	GPATT > GCAST = GSANT = GTERM				
<i>Merluccius merluccius</i>	GCAST = GPATT = GSANT > GTERM				
<i>Pagellus erythrinus</i>	GCAST > GPATT = GSANT = GTERM				
<i>Scyliorhinus canicula</i>	GCAST = GPATT > GSANT = GTERM				
<i>Seriola dumerili</i>	GCAST = GPATT > GSANT = GTERM				
<i>Serranus cabrilla</i>	GCAST = GPATT > GSANT = GTERM				
<i>Torpedo torpedo</i>	GCAST > GPATT = GSANT = GTERM				
<i>Uranoscopus scaber</i>	GCAST = GPATT > GSANT = GTERM				

I risultati della PERANOVA non hanno evidenziato alcun effetto della protezione su $\delta^{13}\text{C}$ dei predatori ma differenze significative nell'interazione Località*Predatore.

I risultati dell'effetto delle località sul carbonio non hanno mostrato differenze fra le località, ma fra i predatori e nell'interazione Località*Predatori (Tab. 3.19). Il confronto a coppie dei golfi in relazione a ciascun predatore ha evidenziato valori di $\delta^{13}\text{C}$ quasi sempre superiori in GPATT e GCAST rispetto ai golfi di controllo (Tab. 3.19).

Tabella 3.19 - Analisi degli effetti delle Località su $\delta^{13}\text{C}$ nei predatori catturati nei quattro golfi. Risultati dell'analisi della PERANOVA e del confronto a coppia. In grassetto i fattori e le interazioni significative.

$\delta^{13}\text{C}$ nei Predatori					
Sorgente di variazione	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Località (Loc)	3	1.4187	0.47289	1.7224	0.1536
Predatori (Pre)	18	95.926	5.3292	19.41	0.0001
Loc*Pre	54	53.243	0.98598	3.5912	0.0001
Residuali	232	63.697	0.27456		
Totale	307	226.08			

Confronto a coppie

Interazione Loc*Pre	
Loc (Pre)	Località
Predatori (Pre)	
<i>Epinephelus aeneus</i>	GCAST = GPATT < GSANT = GTERM
<i>Galeus melastomus</i>	GCAST = GPATT = GTERM < GSANT
<i>Lophius budegassa</i>	GPATT > GCAST = GSANT = GTERM
<i>Merluccius merluccius</i>	GPATT = GCAST > GSANT = GTERM
<i>Pagellus erythrinus</i>	GCAST = GPATT > GSANT = GTERM
<i>Scyliorhinus canicula</i>	GPATT > GCAST = GTERM > GSANT
<i>Serranus cabrilla</i>	GCAST = GPATT = GSANT > GTERM
<i>Torpedo torpedo</i>	GCAST > GPATT = GSANT = GTERM
<i>Uranoscopus scaber</i>	GPATT > GCAST = GSANT = GTERM

3.4 - CONCLUSIONI

Lo studio delle comunità bentoniche di quattro golfi soggetti ad un diverso regime di pesca (protetti e non protetti dalla pesca a strascico) e l'applicazione della metodica degli isotopi stabili del carbonio e dell'azoto alle potenziali prede e predatori della triglia di fango, hanno fornito gli elementi per ricostruire la rete trofica di una delle specie demersali più importanti dei mari italiani.

In sintesi i risultati di questo studio hanno contribuito ad arricchire le conoscenze sulla composizione e caratterizzazione trofica delle comunità bentoniche dei fanghi terrigeni costieri. Si tratta di invertebrati bentonici che, in qualità di potenziali prede, svolgono un ruolo trofico nel sostenere una risorsa importante come la triglia di fango. Inoltre i risultati di questa ricerca mostrano l'effetto della pesca a strascico sulle comunità bentoniche. Tuttavia i pattern riscontrati non evidenziano un effetto-protezione con differenze nette fra le comunità bentoniche dei golfi protetti dallo strascico e quelli non protetti, quanto piuttosto una distinzione abbastanza netta tra il Golfo di Castellammare e le altre località. Il rapporto produzione/biomassa del benthos, la sua abbondanza in numero, il suo livello trofico e quello dei potenziali predatori della triglia sono risultati significativamente maggiori nel Golfo di Castellammare anche in confronto al Golfo di Patti, protetto anch'esso dalla pesca a strascico. Quest'ultimo risultato mette in luce da un lato la complessità di questi studi in relazione al controllo della variabilità naturale, e dall'altro ne conferma l'importanza nella comprensione dei processi ecologici che stanno alla base della sostenibilità delle risorse pescabili.

3.5 - BIBLIOGRAFIA

- Fauchald K., Jumars P.A. (1979). *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 17: 193-284.
- Jennings S, Pinnegar J.A., Polunin N.V.C., Warr 4.J. (2001). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 226: 77-85.
- Michener R.H., Schell D.M. (1994). *In* Lajtha K., Michener R.H. (eds) *Stable isotopes in ecology and environmental sciences*. Blackwell Scientific Publications, Oxford: 138-157.
- Morin A., Bourassa N. (1992). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 49: 532-539.

- Pipitone C., Badalamenti F., D'Anna G., Patti B. (2000). *Fish. Res.*, 48: 23-30.
- Roberts C.M. (1997). *Trends Ecol. Evol.*, 12 (1): 35-38.
- Vander Zanden M. J., Cabana G., Rasmussen J.B. (1997). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 54: 1142-1158.

4 - SUMMARY

Prey and predators of the red mullet, *Mullus barbatus* L.: an approach using carbon and nitrogen stable isotopes

This report should be cited as:

Giovanni D'Anna and Carlo Pipitone (2007). Prey and predators of the red mullet, *Mullus barbatus* L.: an approach using carbon and nitrogen stable isotopes. Final report to Ministry of Agriculture, Food and Forests, Rome: xxix + 58 pp.

U.O. 1 - e-mail: giovanni.danna@iamc.cnr.it, carlo.pipitone@iamc.cnr.it

Keywords: *Mullus barbatus*, trophic web, trophic levels, stable isotope analysis, benthic production, Sicily, Mediterranean Sea.

4.1 - INTRODUCTION

The scientific and methodological approach to fisheries management in recent years has been based often on complex models that take into account the whole ecosystem instead of the plain biology of single species. Furthermore Marine Protected Areas (MPAs) have been increasingly used as a tool for fisheries management and not only for biodiversity protection (Roberts, 1997). Among the issues to be considered when assessing the effects of fishing on communities and their capacity to recover when subjected to protection, the trophic structure of ecosystems is of paramount importance (Jennings et al., 2002).

As a consequence of the implementation of a 200 sqkm no-trawl MPA in the Gulf of Castellammare (NW Sicily), groundfish stocks - the red mullet, *Mullus barbatus* in particular - have recovered (Pipitone et al., 2000).

This project is part of a wider program having as its **main objective** the study of the red mullet food web and its relationships with fishing intensity. The **specific objectives** of this project aim at reconstructing the red mullet food web through the following research tasks:

- abundance and biomass estimate of soft bottom benthic taxa;
- estimate of the trophic level of soft bottom benthic taxa (i.e., potential prey of red mullet);
- estimate of the trophic level of potential predators of the red mullet.

To fulfil the above objectives two topics were addressed: (a) production to biomass ratio in the preferential habitat of red mullet, that is the coastal terrigenous mud assemblage, and (b) analysis of the stable isotopes of carbon and nitrogen in the potential prey and predators of red mullet. The study was carried out in two no-trawl areas and in two trawled areas in order to assess if the results obtained were due to the “reserve effect” or rather to other causes.

4.2 - MATERIALS AND METHODS

This study was carried out in four locations off the northern Sicily coast: two no-trawl areas (Gulf of Castellammare, GCAST and Gulf of Patti, GPATT), and two trawled areas (Gulf of Termini Imerese, GTERM and Gulf of S. Agata di Militello, GSANT) (Figures 3.1, 3.2).

4.2.1 - Experimental design

An experimental design based on protected and unprotected areas, each with two replicate locations (i.e., the gulfs), was adopted. Each location was divided in three sectors: West (W), Centre (C) and East (E). The design included three factors: Protection (fixed with two levels: protected PR and unprotected NPR), Location (random and nested in the Protection factor with two levels: GCAST and GPATT for PR and GSANT and GTERM for NPR), and Sector (fixed with three levels: W, C and E).

4.2.2 - Sampling and processing of benthos

Six replicate samples were collected with a Van Veen grab in each sector (=18 samples in each gulf), giving 72 samples in total. The individuals found in each sample were included in taxonomic categories (class, order, family, and only in a few cases species) to be assigned *a priori* a trophic guild according to the modified Fauchald e Jumars (1979) method: herbivores (ER), carnivores (CA), selective surface deposit feeder (DSsel), non-selective surface deposit feeder (DSnsel), subsurface deposit feeder (DSS), burrowing deposit feeder (SCA), suspension feeder (SO), omnivores (ON) and Other (AL).

Number*m⁻² and biomass(DW g)*m⁻² were used to estimate the production to biomass ratio (P/B) of each taxon (Morin & Bourassa 1992).

After weighing and counting, individuals were ground to fine powder with pestle and mortar. Three 1 mg independent samples of powder from each taxon and each trophic guild underwent to stable isotope analysis.

4.2.3 - Sampling and processing of potential predators of red mullet

After a pre-survey, nineteen species of potential predators of red mullet were selected (Table 3.1). A 2 g block of white muscle was sampled from each of three specimens of all the above species, and processed for stable isotope analysis (see section 4.2.2).

4.2.4 - Carbon and nitrogen stable isotope analysis

Natural abundances of stable isotopes of carbon (¹³C, ¹²C) and nitrogen (¹⁵N, ¹⁴N) in the benthic and predator materials were determined using continuous-flow mass spectrometry. Isotope ratios were expressed in the conventional form, as ‰ differences from international standard reference materials using the equation:

$$\delta X = [(RA - Rr) / Rr] \times 10^3$$

where X = ¹⁵N or ¹³C, R = isotopic ratio ¹⁵N/¹⁴N or ¹³C/¹²C, A = sample, r = reference material. The standard reference material for C was Vienna Pee Dee Belemnite (vPDB) and for N, atmospheric N₂.

δ¹³C was used to discern between primary food sources (e.g. macroalgae, seagrasses, phytoplankton, terrestrial leaf litter), whereas δ¹⁵N values have allowed for the accurate determination of trophic level with the equation:

$$TL_i = TL_{rif} + (\delta^{15}N_i - \delta^{15}N_{rif}) / f$$

where TL_i = trophic level of species *i*, TL_{rif} = trophic level of a reference organism in the trophic chain, δ¹⁵N_i = δ¹⁵N of species *i*, δ¹⁵N_{rif} = δ¹⁵N of a reference species, f = fractionation for trophic level, which is between 3.0 and 3.4 (Michener & Schell, 1994; Vander Zanden et al. 1997).

The above equation was used to estimate the trophic level of prey and predators of red mullet. δ¹⁵N mean values of mesozooplankton collected in each gulf were chosen *a priori* as reference values. Once calculated the δ¹⁵N values for benthic species, a group of deposit feeders with the lowest value of δ¹⁵N was chosen *a posteriori* as a second reference.

4.2.5 - Data analysis

Multivariate analysis

Number of individuals (N) and biomass (B, dry weight mg) of all benthic taxa collected were arranged in two rectangular double-entry matrixes (taxon by sample) and log-transformed (ln(x+1)). Then triangular similarity matrixes were calculated using the Bray-Curtis index.

The similarity matrixes underwent an unconstrained arrangement through nMDS. Afterwards the CAP (Canonical Analysis of Principal coordinates) routine as implemented in PRIMER v.6 was used to obtain a constrained arrangement of the same matrixes to highlight the differences between experimental groups. This method allowed also to highlight the differences between locations.

Differences between groups in factors Protection and Gulf for N and B were tested with a multivariate analysis of variance based on permutations (PERMANOVA).

Univariate analysis

Total number of individuals (Nt) and total biomass (Bt) of all benthos and of trophic guilds (Nct, Bct), as well as $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ values of benthic taxa were tested with analysis of variance (ANOVA). Significant differences were compared with the SNK *post hoc* test.

$\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ values of benthic trophic guilds and of predators and predator size were tested with an ANOVA based on permutations (PERANOVA) performed on dissimilarity matrixes. Significant differences were compared with *a posteriori* tests.

4.3 - RESULTS

4.3.1 - Composition and abundance of benthos

47427 individuals with a total biomass of 73913 mg (dry weight) were found in the benthic samples. 16 taxa were identified belonging mainly to polychaetes (36), amphipods (27), decapods (18) and cumaceans (12).

Production to biomass ratio (P/B)

The benthic P/B ratio was higher in the protected locations, and displayed a GCAST>GPATT>GSANT>GTERM trend. The taxa with the lowest P/B were decapods and holothurians, while sipunculids and echiurids had the highest P/B. Bivalves and scaphopods had a higher P/B, but their value was probably affected by technical problems encountered in the decalcification process.

Comparison of abundances between protected and unprotected areas and between locations

The nMDS and the PERMANOVA did not show any difference between the protected and unprotected areas.

The nMDS did not show any difference between the four locations; on the other side such a difference was found by the CAP, with GCAST clearly separated from the other locations. The PERMANOVA showed *a priori* differences between locations, sectors and in the Loc*Sec interaction. The *post hoc* test performed on the significant interaction showed a significant difference between locations in all sectors (Tab. 3.2).

Comparison of biomass between protected and unprotected areas and between locations

The nMDS highlighted a weak separation between protected and unprotected areas. A significant separation was detected by the CAP. The PERMANOVA did not find any *a priori* difference between protected and unprotected areas. The *post hoc* test showed a difference between locations inside each level of protection.

The locations were not clearly discriminated by the nMDS. The CAP clearly differentiated GCAST from the other locations instead. The PERMANOVA showed *a priori* significant differences between locations, sectors and in the Loc*Set interaction. The *post hoc* test performed on the significant interaction showed a significant difference between locations in all sectors (Tab. 3.3).

Total benthic abundance and biomass

Nt was higher in the protected area while Bt was higher in the unprotected area, but these differences were not significant. The ANOVA performed on Nt highlighted a difference between locations inside each protection level (GCAST>GPATT e GSANT>GTERM) (Tab. 3.4) and among all locations (GCAST>GPATT=GSANT>GTERM) and among sectors (Tab. 3.5). Bt was not significantly different between locations inside each protection level and among all locations and sectors; the lowest value was found in GCAST.

Benthic abundance and biomass by trophic guild

Statistical tests were performed only on carnivores and deposit feeders since all other guilds had insufficiently high Nct and Bct values.

The ANOVA did not show any significant effect of protection or location on Bct.

In the ANOVA performed on the Protection factor, Nct was higher (not significantly) in GCAST than in GPATT, and significantly higher in GSANT than in GTERM.

Considering locations, carnivores Nct was lower in GTERM than in all other gulfs (Tab. 3.6).

Detritivorous Nct was not different between protected and unprotected areas, but the ANOVA showed that GCAST>GPATT and GSANT>GTERM (Tab. 3.7). Considering the four locations, GTERM had lower Nct than all other gulfs (Tab. 3.8).

3.3.2. - $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ values in benthic taxa and trophic guilds

$\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ of benthic taxa

$\delta^{15}\text{N}$ ranged between 4.11 in amphipod *Apseudes spinosus* in GPATT and 10.52 of glycerid polychaetes in GCAST. Polychaetes and holothurians had higher mean values (>9) than sipunculids and crustaceans. The highest $\delta^{13}\text{C}$ values were found in holothurians and sternaspid polychaetes (>18) in GTERM and GSANT while the lowest (>-22) were found in crustaceans *Goneplax rhomboides* and *Harpinia* and in spionid polychaetes in GCAST and GTERM.

The ANOVA showed significant differences between locations inside the factor Protection (GCAST>GPATT and GSANT<GTERM) (Tab. 3.9). A significant difference was also found among locations, with the highest value in GCAST (Tab. 3.10).

Protection had an effect on $\delta^{13}\text{C}$, with the value in the protected area lower than the unprotected (Tab. 3.11).

Significant differences were found in the $\delta^{13}\text{C}$ value between locations, taxa and the interaction location*taxa (Tab. 3.12). The two unprotected locations had higher $\delta^{13}\text{C}$ than the protected. The comparison among locations for each taxon showed that $\delta^{13}\text{C}$ values for *G. rhomboides* and sternaspid polychaetes in GCAST were always lower than the unprotected gulfs. GPATT had always $\delta^{13}\text{C}$ values lower than all other gulfs except for *G. rhomboides* and sternaspid polychaetes (Tab. 3.12).

$\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ of benthic trophic guilds

No effect of factor Protection was found by the PERANOVA performed on $\delta^{15}\text{N}$ of trophic guilds, yet the analysis showed a significantly higher mean in GCAST than GPATT and in GTERM than GSANT (Tab. 3.13). The PERANOVA done on localities showed differences between gulfs (Tab. 3.14). The *post hoc* test showed that $\delta^{15}\text{N}$ was higher in GCAST and GTERM than GPATT and GSANT. Among trophic guilds, $\delta^{15}\text{N}$ of CA was higher than DSnsel and DSSel.

The analysis done on $\delta^{13}\text{C}$ of trophic guilds found that the protected area had a lower mean $\delta^{13}\text{C}$ than the unprotected area (Tab. 3.15). The PERANOVA on locations (Tab. 3.16) revealed that the protected gulfs had lower values than unprotected, and that selective deposit feeders had a higher value than non-selective deposit feeders and carnivores.

4.3.3 - $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ values in benthic in predators of red mullet

No significant difference was found in the size of predators collected with respect to the protection status ($F=2.46$, $P=0.25$) and to the locations ($F=2.42$, $P=0.09$).

A significant effect of protection on $\delta^{15}\text{N}$ was found by the PERANOVA in the interaction Location*Predator. The *post hoc* test showed that, inside protection levels, GCAST had a higher value than GPATT while GSANT and GTERM did not differ (Tab. 3.17).

The PERANOVA done on locations confirmed that GCAST had a higher mean $\delta^{15}\text{N}$ than GPATT. The *post hoc* tests revealed that $\delta^{15}\text{N}$ values were generally (not always) higher in GCAST and GPATT than in the unprotected gulfs (Tab. 3.18).

There was no significant difference in $\delta^{13}\text{C}$ between different levels of protection, unlike in the Location*Predator interaction.

The PERANOVA done on the Location factor showed significant differences in $\delta^{13}\text{C}$ values among locations, predators and the Location*Predator interaction (Tab. 3.19). GCAST values were higher than GPATT, while the unprotected gulfs did not differ. The *post hoc* tests highlighted values of $\delta^{13}\text{C}$ almost always higher in GPATT and GCAST than in the unprotected gulfs for all predators (Tab. 3.19).

4.4 - CONCLUSIONS

This study on the benthic communities of four Sicilian gulfs characterized by different fishing regimes (i.e., two no-trawl and two trawled areas), as well as the application of the stable isotope

analysis to potential prey and predators of the red mullet, have allowed to reconstruct the food web of the red mullet, which is one of the most important fish of Italian fisheries.

The results obtained have spread light on the composition and trophic structure of the terrigenous mud assemblage, which hosts invertebrates that play a major role in the diet of the red mullet. This study has also shown the effect of trawl fishing on this benthic assemblage.

The observed patterns do not show any significant difference at the protection level, yet a clear-cut difference between the Gulf of Castellammare and the other locations is demonstrated. The P/B ratio of benthos, its abundance, its trophic level and the trophic level of potential predators of red mullet were higher in the Gulf of Castellammare, even higher than the other protected location (GPATT). This outcome highlights the complexity of such type of studies due to natural variability, while at the same time confirms their fundamental role in the understanding of ecological processes underlying the sustainable use of fishery resources.

4.5 - REFERENCES

- Fauchald K., Jumars P.A. (1979). *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 17: 193-284.
- Jennings S, Pinnegar J.4., Polunin N.V.C., Warr K.J. (2001). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 226: 77-85.
- Michener R.H., Schell D.M. (1994). *In* Lajtha K., Michener R.H. (eds) *Stable isotopes in ecology and environmental sciences*. Blackwell Scientific Publications, Oxford: 138-157.
- Morin A., Bourassa N. (1992). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 49: 532-539.
- Pipitone C., Badalamenti F., D'Anna G., Patti B. (2000). *Fish. Res.*, 48: 23-30.
- Roberts C.M. (1997). *Trends Ecol. Evol.*, 12 (1): 35-38.
- Vander Zanden M. J., Cabana G., Rasmussen J.B. (1997). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 54: 1142-1158.

5 - INTRODUZIONE

5.1 - Inquadramento generale del problema

L'approccio scientifico e metodologico alla gestione delle risorse di pesca è notevolmente mutato negli ultimi anni, con l'abbandono progressivo degli studi basati sulla dinamica di popolazione di singole specie in favore di una visione olistica dei sistemi acquatici che tenga conto del contesto multispecifico nel quale si opera, specialmente nei bacini caratterizzati da elevata biodiversità (Roberts, 1997). E' proprio seguendo questo filone che da una parte sono stati sviluppati modelli predittivi sempre più complessi, spesso basati sull'interazione trofica tra le specie e sui principi della termodinamica, nonché sulle variazioni spaziali e temporali della struttura trofica dei popolamenti, e dall'altra si va affermando il concetto di gestione delle risorse attraverso la creazione di Aree Marine Protette (AMP).

Le zone di esclusione alla pesca sono AMP all'interno delle quali alcune o tutte le attività di pesca sono proibite. Il loro utilizzo come strumento di gestione della pesca sta rapidamente crescendo in tutto il mondo (Polunin, 1990; Dugan and Davis, 1993; Bohnsack, 1996; Holland and Brazee, 1996; Auster and Shackell, 1997; Roberts et al., 2001; Apostolaki et al., 2002). Il principale effetto della protezione riportato in letteratura consiste nell'aumento della biomassa all'interno dell'area protetta (Johnson et al., 1999; Pipitone et al., 2000a) e - meno frequentemente e in maniera non sempre incontrovertibile - nella sua esportazione all'esterno (Chapman & Kramer, 1999; McClanahan & Mangi, 2000); sono ancora poco noti invece gli effetti sulla struttura trofica, i fenomeni densità-dipendenti, e i fattori ecologici che li guidano. Una maniera di approfondire la conoscenza di queste interazioni, in modo empirico e su una scala appropriata, è quella di studiare le conseguenze di specifiche perturbazioni dell'intero ecosistema, come ad esempio avviene nel caso della creazione di una AMP (Polunin and Pinnegar 2002).

I golfi di Castellammare e Patti, in virtù del divieto dell'uso di reti a strascico (L.R. n. 25/1990), sono configurabili come una particolare fattispecie di AMP, e costituiscono un'opportunità unica per l'Italia e per il Mediterraneo di condurre una ricerca approfondita che consenta di studiare le complesse interazioni sopra descritte. Questo studio parte dai risultati delle ricerche condotte soprattutto nel Golfo di Castellammare negli anni '90 (D'Anna et al., 1995; Pipitone et al., 2000b) e da altri dati disponibili per il Golfo di Patti, che hanno mostrato un forte aumento di biomassa della triglia di fango, *Mullus barbatus* come risultato del divieto di pesca a strascico (Potoschi et al., 1995; Pipitone et al., 2000a). Tale specie, che da adulta ha una dieta esclusivamente bentonica (Lipari et al., 1998) dominata da policheti, molluschi e crostacei, costituisce circa il 25% della biomassa pescabile all'interno della piattaforma continentale dei due golfi. Questa ingente nuova biomassa ricostituitasi in seguito al divieto ha certamente un impatto

sulla rete trofica bentonica - e, per lo stadio giovanile, anche su quella pelagica - che tuttavia è poco conosciuto. Altri studi condotti nel Golfo di Castellammare avevano evidenziato che la triglia di fango ha un livello trofico molto elevato (pari a 4 per individui di circa 14 cm. di lunghezza totale: Badalamenti et al., 2000, 2002). Questo risultato suggerisce che probabilmente le reti trofiche nelle comunità di fondo mobile sono più lunghe di quanto supposto finora, perché molte specie di invertebrati - che costituiscono gran parte della dieta dei pesci - potrebbero essere carnivori secondari. Il dato potrebbe essere legato alle mutate condizioni dell'ecosistema "Golfo" determinate dal divieto di pesca a strascico: l'analisi degli isotopi dell'azoto ha dimostrato infatti che alcune specie delle comunità di fondo mobile del Golfo di Castellammare hanno un livello trofico assai elevato (Pinnegar et al., 2003). Il trasferimento di energia dai livelli inferiori a quelli superiori, nel caso della triglia, avverrebbe dunque con una efficienza inferiore rispetto a quanto ipotizzato finora.

5.2 - Intendimenti del progetto

Questo studio, inserito nel progetto coordinato "**Valutazione dell'efficacia di aree interdette alla pesca a strascico attraverso lo studio di prede e predatori della triglia di fango, *Mullus barbatus* L.**" il cui **obiettivo generale** consiste nello studiare la rete trofica della triglia e metterla in relazione allo stato di sfruttamento da pesca, ha avuto i seguenti **obiettivi specifici** finalizzati a ricostruire la rete trofica della triglia:

- **stima del rapporto produzione/biomassa (P/B) del benthos di fondo mobile;**
- **analisi del livello trofico del benthos di fondo mobile (potenziali prede della triglia);**
- **analisi del livello trofico dei potenziali predatori della triglia.**

Per calcolare il livello trofico - ossia la posizione nella piramide alimentare - di prede e predatori della triglia si è fatto ricorso all'analisi degli isotopi stabili di C e N presenti nel loro tessuto muscolare. Tale analisi si è dimostrata un valido mezzo per tracciare cambiamenti spaziali e temporali nella struttura delle reti trofiche acquatiche (Jennings et al., 1997; Persson and Hansson, 1999; Vander Zanden et al., 1999). Tipicamente ad ogni trasferimento di energia lungo la catena alimentare il rapporto tra gli isotopi stabili del carbonio (espresso come $\delta^{13}\text{C}$) si arricchisce di circa 1-1.5‰ (DeNiro and Epstein, 1978), mentre il rapporto per l'azoto ($\delta^{15}\text{N}$) si arricchisce di circa 3-5‰ (Post, 2002). In ecologia acquatica $\delta^{13}\text{C}$ viene usato per tracciare l'origine della sostanza organica assimilata con l'alimentazione (macroalghe, fitoplancton, fanerogame o detrito vegetale terrestre), mentre $\delta^{15}\text{N}$ consente di determinare il livello trofico (Post, 2002 *inter alia*).

I dati sul benthos sono stati raccolti nella porzione di fondale che ospita l'habitat tipico della triglia, ovvero la biocenosi dei fanghi terrigeni costieri (VTC). Lo studio è stato condotto all'interno di due aree con divieto di strascico e di due aree senza divieto, allo scopo di verificare

statisticamente se i risultati ottenuti fossero da addebitarsi alla protezione e non piuttosto a cause diverse.

5.3 - Breve riassunto del progetto (con indicazione delle fasi e dei tempi previsti)

Il progetto ha previsto di ricostruire la rete trofica della triglia di fango utilizzando un approccio innovativo basato sull'analisi degli isotopi stabili del carbonio e dell'azoto. Per raggiungere questo obiettivo sono stati calcolati i rapporti isotopici $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ negli organismi bentonici potenziali prede della triglia, e in alcune specie ittiche individuate come suoi potenziali predatori. Sono state quindi testate le differenze tra quattro golfi situati in Sicilia settentrionale (due protetti dal 1990 con divieto di pesca a strascico: GCAST e GPATT, e due non protetti: GTERM e GSANT). I campioni di pesci e benthos sono stati raccolti nella biocenosi dei fanghi terrigeni costieri nel maggio 2005. Questi i principali risultati:

- i. il rapporto P/B è risultato più elevato nelle due località protette. L'abbondanza numerica del benthos totale è stata maggiore in GCAST, mentre la biomassa tra le quattro località non è risultata significativamente differente;
- ii. la composizione del popolamento bentonico è risultata diversa fra le quattro località;
- iii. fra le prede della triglia, sia carnivori che detritivori sono risultati meno abbondanti numericamente in GTERM; la loro biomassa non è risultata differente fra le località;
- iv. Il valore di $\delta^{15}\text{N}$ dei taxa bentonici è risultato superiore in GCAST, mentre $\delta^{13}\text{C}$ al contrario è risultato superiore nelle località non protette. Il valore di $\delta^{15}\text{N}$ delle categorie trofiche è risultato maggiore in GCAST e GTERM, con carnivori > detritivori non selettivi > detritivori selettivi. $\delta^{13}\text{C}$ delle categorie trofiche è risultato maggiore nei due golfi non protetti rispetto a quelli protetti;
- v. Il valore di $\delta^{15}\text{N}$ dei potenziali predatori è risultato maggiore nei due golfi protetti, mentre il $\delta^{13}\text{C}$ non ha mostrato differenze significative. In base alla compatibilità isotopica - cioè al valore di $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ nella triglia e nei suoi potenziali predatori - soltanto una specie, *Epinephelus aeneus* sarebbe un predatore potenziale in tutte le località. Altre specie potrebbero esserlo ma non in tutte le località.

Il progetto è stato articolato in **tre fasi** principali.

Durante la **prima fase** (6 mesi) sono state selezionate le aree da campionare all'interno delle quattro località. La scelta è ricaduta sui fondali fangosi corrispondenti alla biocenosi dei fanghi terrigeni costieri (VTC), dove la triglia si trova con maggiore frequenza e abbondanza (Pipitone et al., 2000b). E' stato quindi preparato il disegno sperimentale per il campionamento e sono stati scelti i metodi ed i tempi per effettuare le campagne di raccolta dati in mare.

Durante la **seconda fase** (12 mesi) sono stati effettuati i prelievi di benthos, il campionamento dei potenziali predatori della triglia, e le analisi dei campioni e degli isotopi in laboratorio.

La **terza fase** (6 mesi) è servita per archiviare i dati raccolti, effettuare le analisi statistiche, e redarre il presente rapporto finale.

5.4 - Modifiche apportate al progetto in corso d'opera

Il 29/09/2006 è stata avanzata dal coordinatore una richiesta di proroga del progetto di 11 mesi, a causa del tempo molto superiore a quello preventivato richiesto dallo smistamento dei campioni di benthos prelevati nelle aree con divieto di strascico. Questo per due ragioni principali: a) la grande quantità di detrito di origine vegetale presente nei campioni, b) la presenza di numerosissimi organismi di piccolissime dimensioni, in particolare policheti, c) il fatto che, a causa delle previste analisi isotopiche sul benthos, i campioni sono stati congelati senza aggiungere alcun fissativo: questo ha reso le operazioni di smistamento e scongelamento estremamente lunghe e i campioni stessi molto difficili da maneggiare. Simili difficoltà sono state riscontrate durante l'analisi dei contenuti stomacali.

La richiesta di proroga è stata accettata dall'amministrazione, pertanto la chiusura del progetto è stata spostata al 31/12/2007.

6 - MATERIALI E METODI

6.1 - Descrizione delle aree di studio

Le aree di studio corrispondono a 4 golfi situati sul versante settentrionale del litorale siciliano (Fig. 6.1): Castellammare (GCAST), Patti (GPATT), Termini Imerese (GTERM) e S. Agata di Militello (GSANT). Di questi, i primi (GCAST e GPATT) sono AMP in quanto zone di esclusione alla pesca a strascico dal 1990, gli altri due (GTERM e GSANT) rappresentano aree di controllo in cui non esiste il divieto e pertanto sottoposte ad intensa attività di pesca (Figg. 6.2, 6.3).



Figura 6.1 - Cartina della Sicilia con le quattro aree di studio. In giallo le aree di esclusione alla pesca a strascico, in rosso le aree di controllo.

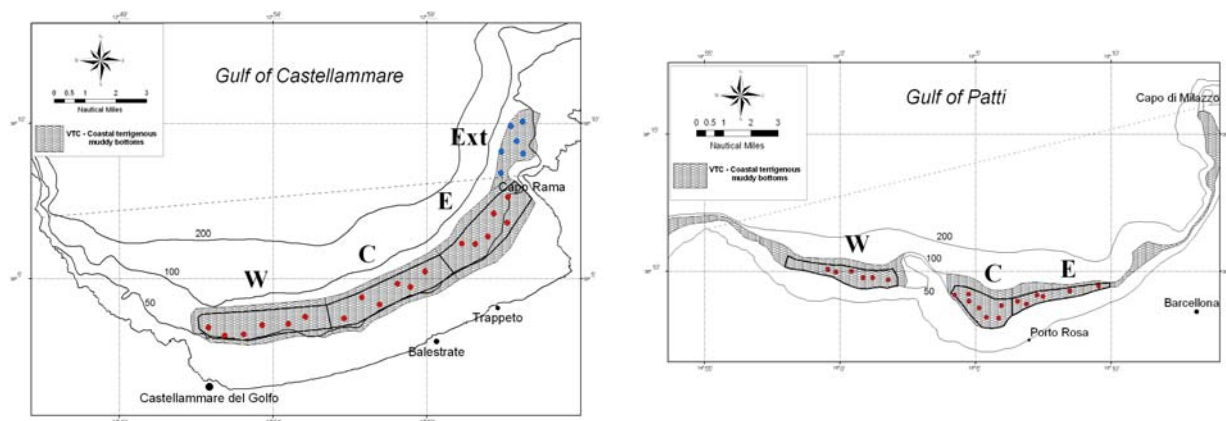


Figura 6.2 - Golfi di Castellammare e di Patti. Sono indicati i siti delle bennate. W, C, E: settori ovest, centro, est.

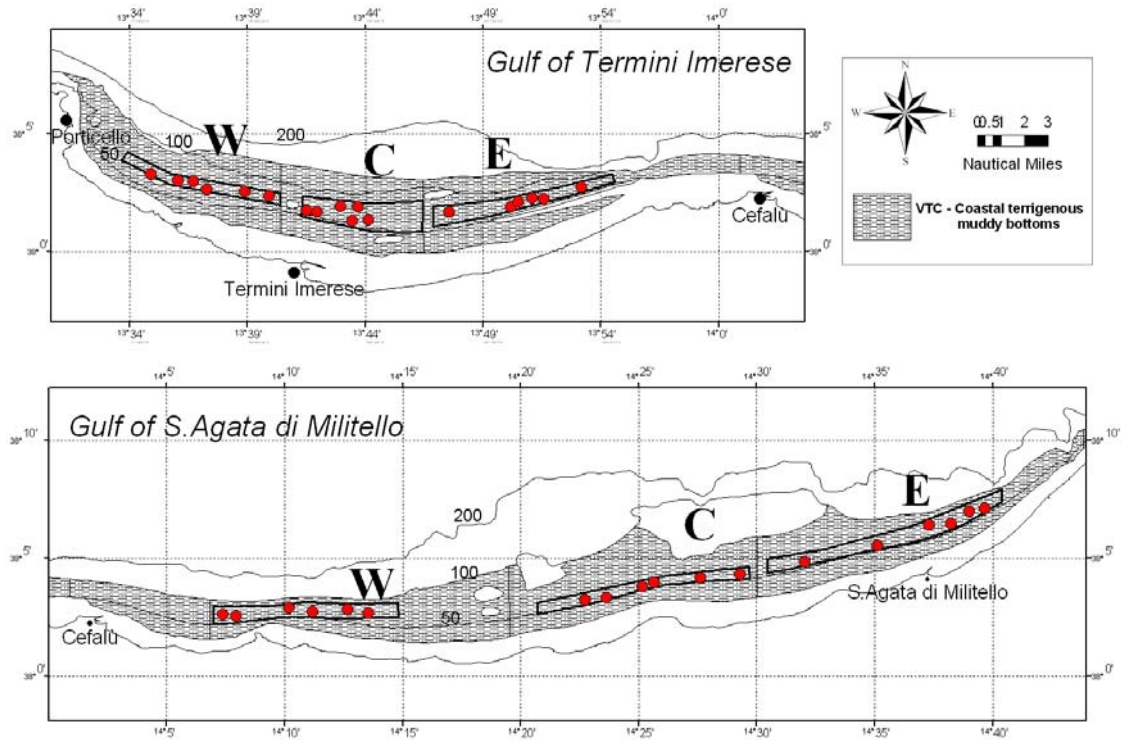


Figura 6.3 - Golfi di Termini Imerese e di Sant'Agata di Militello. Sono indicati i siti delle bennate. W, C, E: settori ovest, centro, est.

Le quattro aree hanno uno sviluppo costiero paragonabile (da 42 km per GPATT a 80 per GSANT), e una morfologia dei fondali simile, caratterizzata da porzioni rocciose alle estremità e da ampie estensioni di substrati mobili (fangosi o detritici) in tutta la parte centrale, che diventano sabbiosi a profondità inferiori a ca. 10 m. In GCAST e GPATT è attiva soltanto la pesca artigianale, mentre in GTERM e GSANT la pesca artigianale è limitata entro l'isobata dei -50 m, perché all'esterno di questa operano i pescherecci a strascico, la cui attività è incompatibile con la presenza di attrezzi da posta.

6.2 - Campionamento: disegno sperimentale

Il disegno sperimentale (Fig. 6.4) ha preso in considerazione la presenza di Zone Protette e Non Protette e il fatto che in ciascuna di queste zone fossero possibili due repliche spaziali (= due golfi). Ciascun golfo è stato suddiviso in tre settori: Ovest (W), Centro (C) ed Est (E). Il disegno sperimentale ha previsto dunque 3 fattori: Protezione (fisso con 2 livelli PR e NPR), Località (random e nested nel fattore Protezione con 2 livelli GCAST e GPATT per Protetto e GSANT e GTERM per Non Protetto) e Settore (fisso con 3 livelli W, C e E).

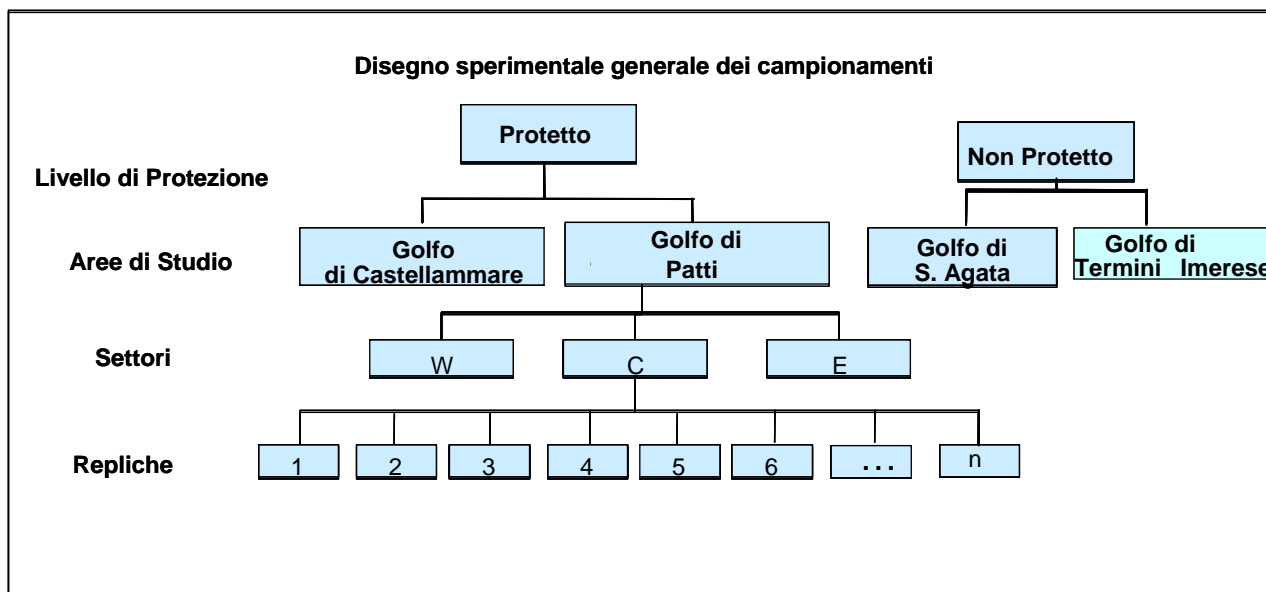


Figura. 6.4 - Disegno sperimentale generale dei campionamenti

Per individuare le aree di campionamento in ogni golfo, si è proceduto all’acquisizione digitale delle carte nautiche dei quattro golfi su un software GIS (ESRI Arcview 8). Per ogni golfo sono state individuate in letteratura alcune carte biocenotiche del fondale (Arena e Bombace, 1970; Bombace, 1970; Giacobbe et al., 1994; Greco, 2003), che sono state successivamente digitalizzate, georeferenziate e sovrapposte alla cartografia di base. Le aree di campionamento, individuate graficamente, ricadono tutte all’interno della biocenosi dei fanghi terrigeni costieri (VTC, Pérès, 1982) con limiti batimetrici compresi fra 40 e 80 metri di profondità. Tali aree corrispondono alle zone in cui la triglia si trova con maggiore frequenza ed abbondanza (Pipitone et al., 2000a, 2000b). Tutti i campionamenti sono stati effettuati nel maggio 2005, ad esclusione di quelli riguardanti i predatori, che si sono protratti fino all’inizio di agosto e di quelli per il predatore *Seriola dumerili*, terminati in autunno. Per la campagna in mare è stato noleggiato un peschereccio commerciale (M/P “Giaguaro”) appositamente attrezzato.

6.3 - Campionamento del benthos

In ognuno dei tre settori di ogni golfo sono state scelte casualmente le coordinate geografiche di sei repliche distanti almeno 100 m l’una dall’altra (Figg. 6.2, 6.3). Nel complesso sono dunque stati prelevati 72 campioni per studiare la composizione del benthos e sedimenti nei 4 golfi (18 repliche per golfo). I prelievi sono stati effettuati nel maggio 2005 mediante l’uso di una benna Van Veen in acciaio inox da circa 15 lt, dotata di bocca quadrangolare da 60 x 30 cm con una superficie di 0.4 m². Per ogni prelievo sono state effettuate 2 o 3 bennate consecutive allo scopo di ottenere 40 lt di sedimento, considerato un volume rappresentativo per il campionamento nella biocenosi VTC.

I campioni sono stati setacciati a bordo con maglia da 0,5 mm subito dopo il campionamento, e una volta sbarcati sono stati conservati a -20°C fino al momento delle successive analisi.

In laboratorio i campioni, non fissati in formaldeide per non compromettere o alterare i risultati delle successive analisi isotopiche, sono stati smistati utilizzando uno stereomicroscopio. Gli organismi sono stati classificati secondo grandi categorie tassonomiche (classe, ordine, famiglia, genere e solo in alcuni casi specie), in maniera da facilitare la loro assegnazione ad una determinata categoria trofica.

6.3.1 Assegnazione della categoria trofica

Per assegnare la categoria trofica ai diversi taxa è stato adattato il metodo di classificazione sviluppato da Fauchald e Jumars (1979) per i policheti, in modo da individuare a priori sei modalità: erbivori (ER), carnivori (CA), detritivori superficiali selettivi (DSsel) e non-selettivi (DSnsel), detritivori subsuperficiali (DSS), detritivori scavatori (SCA), sospensivori (SO), onnivori (ON) e altro (AL). Per attribuire una modalità trofica a ciascun taxon si è fatto riferimento alla letteratura specifica per i seguenti gruppi: echinodermi (Buchanan, 1964; Powell, 1977), policheti (Fauchald & Jumars, 1979), crostacei decapodi (Schembri, 1982; Posey, 1986; Kiomo, 1999; Coelho et al., 2000; Cartes et al., 2002a; De Juan et al., 2007), cumacei (Dennell, 1934; Cartes, 2002a), isopodi (Jones, 1972; Wong & Moore, 1996), anfipodi (Connes, 1967; Caine, 1977; Beviss-Challinor & Field, 1982; Comitto & Ambrose, 1985; Sainte-Marie et al., 1989; De Witt et al., 1992; Beare & Moore, 1998; Moore & Cameron, 1999; Hwan Yu et al., 2003; Wongkamhaeng, 2004), tanaidacei (Dennell, 1934; Blazewicz-Paszkowycz & Ligowski, 2002).

6.3.2 Stima di abbondanza, biomassa e produzione

Tutti gli organismi smistati, una volta classificati sia troficamente che tassonomicamente sono stati contati e pesati. La pesatura è avvenuta mantenendo i campioni in stufa a 60°C fino al raggiungimento di un peso costante (=peso secco) ed utilizzando una bilancia analitica (modello E50S Gibertini, precisione 0,01 mg). I molluschi sono stati sottoposti ad un processo di idrolisi (soluzione di acido cloridrico 1 molare) per ottenere il peso secco privo del guscio calcareo. Sia i numeri che i pesi degli organismi ritrovati sono stati riportati a valori di densità in peso secco (mg) e in numero per m^2 . Utilizzando i valori di biomassa e numero è stato calcolato il peso medio per ciascuna delle categorie tassonomiche classificate. Peso totale e peso medio delle categorie tassonomiche identificate sono serviti a calcolare una stima di produzione e dunque il rapporto produzione biomassa (P/B) di ciascun taxon (Morin & Bourassa, 1992).

6.3.3 Preparazione per le analisi isotopiche

Sedici taxa bentonici (riportati in Tab. 7.20) hanno raggiunto un peso tale per il numero di repliche previste da poter essere sottoposti ad analisi isotopica. Una volta pesati, i campioni sono

stati ridotti in polvere con l'ausilio di mortaio e pestello. Dalla polvere ottenuta sono stati estratti tre campioni indipendenti del peso di circa 1 mg per ciascuna delle principali categorie tassonomiche/trofiche da destinare all'analisi degli isotopi stabili di azoto e carbonio.

6.4 - Campionamento dei predatori potenziali della triglia di fango

Sono state selezionate trentadue specie di predatori potenziali della triglia di fango, da raccogliere inizialmente soltanto in GCAST (Tab. 6.1).

Tabella 6.1 - Elenco dei trentadue predatori potenziali della triglia di fango selezionati inizialmente.

<i>Centrophorus granulosus</i>	<i>Lophius budegassa</i>	<i>Seriola dumerili</i>
<i>Conger conger</i>	<i>Lophius piscatorius</i>	<i>Serranus cabrilla</i>
<i>Dalatias licha</i>	<i>Merluccius merluccius</i>	<i>Sparus aurata</i>
<i>Dicentrarchus labrax</i>	<i>Pagellus erythrinus</i>	<i>Squatina aculeata</i>
<i>Epinephelus aeneus</i>	<i>Pagrus pagrus</i>	<i>Todarodes saggittatus</i>
<i>Etmopterus spinax</i>	<i>Pomatomus saltatrix</i>	<i>Torpedo marmorata</i>
<i>Galeus melastomus</i>	<i>Raja radula</i>	<i>Torpedo torpedo</i>
<i>Helicolenus dactylopterus</i>	<i>Sarda sarda</i>	<i>Trachinotus ovatus</i>
<i>Heptranchias perlo</i>	<i>Scophthalmus rombus</i>	<i>Uranoscopus scaber</i>
<i>Hexanchus griseus</i>	<i>Scorpaena scrofa</i>	<i>Zeus faber</i>
<i>Lepidopus caudatus</i>	<i>Scyliorhinus canicula</i>	

Questa selezione è avvenuta in base alla consultazione di diverse fonti: interviste ai pescatori, dati di presenza/assenza tratti dal database IAMC, osservazioni ai punti di sbarco del pescato commerciale, consultazione del sito web www.fishbase.org, letteratura (si veda Stergiou & Karpouzi, 2002 per una revisione sull'argomento). Inoltre, quando disponibili, si è fatto riferimento ai valori di $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ delle specie ittiche già studiate nel golfo (Badalamenti et al., 2002; Pinnegar et al., 2003) e a quelli della triglia stessa per escludere quelle specie i cui valori isotopici non fossero compatibili con il ruolo di predatore perché simili o meno arricchiti rispetto a quelli della loro preda. In particolare, partendo dalle relazioni tra $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ e lunghezza totale (LT in cm) per la triglia riportate da Badalamenti et al. (2002) ($\delta^{15}\text{N}=0,1345*LT+8,4191$, $n=74$ $R=0,46$ e $\delta^{13}\text{C}= -0,1753*LT-14,6$, $n=74$; $R=0,41$) è stato calcolato l'intervallo dei valori isotopici per triglie di taglia compresa tra 9 e 23,5 cm di LT. L'intervallo è risultato compreso tra 9,63 e 11,58 per $\delta^{15}\text{N}$ e tra -16,16 e -18,72 per $\delta^{13}\text{C}$. Sono pertanto stati considerati potenziali predatori della triglia di fango le specie con valore medio di $\delta^{15}\text{N}$ maggiore di 11,00 e di $\delta^{13}\text{C}$ maggiore di -18,00, e ne sono state selezionate diciannove (Tab. 6.2). Si è proceduto quindi al campionamento anche negli altri Golfi. Volutamente, sono state incluse nella lista dei possibili predatori, a prescindere dai valori isotopici ritrovati, alcune specie di grandi dimensioni (selaci, nasello e rana pescatrice) e inoltre *Pagrus pagrus*, *Sarda sarda*, *Seriola dumerili* e *Serranus cabrilla* perché riportati come predatori della

triglia in letteratura (Yoshida, 1980; Kyratos, 1982; Badalamenti et al., 1995; Andaloro e Pipitone, 1997; Labropoulou et al., 1999).

Per ciascun predatore sono stati scelti almeno tre individui di grandi dimensioni (tra il 40% e l'80% della taglia massima nota per il Mediterraneo, rilevata dal database ICTIMED¹), ottenuti da pescate a strascico o acquistati presso le marinerie dei quattro Golfi (Tab. 6.2). Per quattro specie (*H. griseus*, *S. dumerili*, *S. aurata* e *T. marmorata*) non è stato possibile reperire esemplari compresi nel suddetto range di taglia, quindi sono stati utilizzati individui di dimensioni inferiori al 40% della taglia massima. Gli esemplari sono stati misurati e pesati e ne è stata prelevata una porzione di muscolo dorsale (circa 2 g) che è stata trattata allo stesso modo dei campioni di benthos per le successive analisi isotopiche.

Tabella 6.2 - Elenco dei predatori potenziali della triglia di fango, taglia massima per il Mediterraneo (fonte: database ICTIMED) e taglia media degli individui utilizzati per l'analisi degli isotopi (in % rispetto alla taglia massima).

SPECIE	TAGLIA MAX (LT, mm)	% TAGLIA MAX
<i>Centrophorus granulosus</i>	1500	55%
<i>Dalatias licha</i>	1800	56%
<i>Dicentrarchus labrax</i>	1000	60%
<i>Epinephelus aeneus</i>	1200	71%
<i>Etmopterus spinax</i>	450	79%
<i>Galeus melastomus</i>	900	44%
<i>Heptranchias perlo</i>	1400	69%
<i>Hexanchus griseus</i>	5000	32%
<i>Lophius budegassa</i>	1000	42%
<i>Merluccius merluccius</i>	780	61%
<i>Pagellus erythrinus</i>	600	49%
<i>Raja radula</i>	700	50%
<i>Scyliorhinus canicula</i>	1000	42%
<i>Seriola dumerili</i>	1880	24%
<i>Serranus cabrilla</i>	400	51%
<i>Sparus aurata</i>	700	36%
<i>Torpedo marmorata</i>	1000	31%
<i>Torpedo torpedo</i>	600	64%
<i>Uranoscopus scaber</i>	360	64%

6.5 - Analisi degli isotopi stabili di azoto e carbonio

L'abbondanza degli isotopi stabili del carbonio (¹³C, ¹²C) e dell'azoto (¹⁵N, ¹⁴N) nei campioni di organismi bentonici e di predatori della triglia è stata misurata mediante spettrometro di massa a flusso continuo. I rapporti isotopici (¹³C/¹²C e ¹⁵N/¹⁴N) sono stati riportati convenzionalmente come deviazione ‰ (δ) del rapporto isotopico di ciascun campione (A) da un materiale standard di riferimento (r) secondo l'equazione:

$$\delta X = [(R_A - R_r) / R_r] \times 10^3$$

dove X = ¹⁵N o ¹³C, R = rapporto isotopico ¹⁵N/¹⁴N o ¹³C/¹²C.

¹ <http://www.cmima.csic.es/ictimed/index2.html>

Il materiale di riferimento standard usato per il carbonio è Vienna Pee Dee Belemnite (vPDB), mentre per l'azoto è stato usato l'azoto atmosferico. Valori di δ negativi indicano abbondanze minori dell'isotopo pesante nei campioni rispetto al materiale di riferimento, mentre valori di δ positivi corrispondono ad abbondanze maggiori.

Il valore di $\delta^{13}\text{C}$ serve a tracciare l'origine della sostanza organica assimilata con l'alimentazione. Il valore di $\delta^{15}\text{N}$ serve invece a stimare il livello trofico di una specie mediante la seguente equazione:

$$\text{TL}_i = \text{TL}_{\text{rif}} + (\delta^{15}\text{N}_i - \delta^{15}\text{N}_{\text{rif}})/f$$

dove TL_i = livello trofico della specie i , TL_{rif} = livello trofico di un organismo di riferimento della rete trofica, $\delta^{15}\text{N}_i$ = $\delta^{15}\text{N}$ della specie i , $\delta^{15}\text{N}_{\text{rif}}$ = $\delta^{15}\text{N}$ dell'organismo di riferimento, f = frazionamento per livello trofico, che è compreso tra 3,0 e 3,4 (Michener & Schell, 1994; Vander Zanden and Rasmussen, 2001).

Questa equazione è stata utilizzata per assegnare un livello trofico alle prede ed ai predatori della triglia. Come riferimento di base è stato scelto *a priori* di utilizzare i valori medi di $\delta^{15}\text{N}$ del mesozooplankton per ciascun Golfo. Una volta ottenuti i dati relativi ai valori di $\delta^{15}\text{N}$ per gli organismi bentonici, come ulteriore livello di base è stato anche selezionato un gruppo di specie di detritivori caratterizzate da valori minimi di $\delta^{15}\text{N}$.

6.6 - Analisi dei dati

6.6.1 Analisi multivariata

Il numero di individui (N) e la biomassa (B in mg, peso secco) di tutti i taxa bentonici provenienti dalle bennate sono stati organizzati in due matrici rettangolari a doppio ingresso (taxon x campione). Le matrici dei dati sono state sottoposte a trasformazione logaritmica ($\ln(x+1)$), allo scopo di ottenere una scala di valori tale da evitare che taxa molto abbondanti “mascherassero” i potenziali pattern. Successivamente sono state calcolate le matrici triangolari di similarità di N e B utilizzando l'indice di Bray-Curtis come misura di distanza fra i campioni.

Sulle matrici di similarità sono stati effettuati degli ordinamenti “non costretti” (*unconstrained*) attraverso nMDS (non-metric MultiDimensional Scaling: Clarke, 1993) per individuare possibili pattern nei dati raccolti. L'ordinamento consiste nell'assegnare ad ogni campione o replica una posizione, in modo tale che i campioni più simili si trovino più vicini e quelli più diversi vengano situati più lontani fra di loro. La posizione si determina in uno spazio non-euclideo di n dimensioni, dove ogni dimensione rappresenta il contributo di una data specie alla similarità o alla differenza fra i campioni. Il risultato viene poi proiettato su una superficie bidimensionale per renderne possibile

la visualizzazione. L'inevitabile distorsione causata dalla riduzione del numero di dimensioni viene misurata dal parametro di *stress*, che indica il grado di fedeltà della figura bidimensionale rispetto a quella originale.

Successivamente è stata utilizzata la routine CAP (Canonical Analysis of Principal coordinates) (Anderson & Willis, 2003) al fine di ottenere un ordinamento "costretto" (*constrained*) sulle stesse matrici di similarità per visualizzare le differenze fra i gruppi sperimentali. In questo caso l'ordinamento avviene fra i campioni in uno spazio canonico in modo tale da massimizzare le differenze fra gruppi determinati *a priori*. Un test statistico è stato effettuato con 10000 permutazioni al fine di verificare se l'ordinamento ottenuto è determinato dai fattori sperimentali. In concordanza con le ipotesi sperimentali e con i risultati del primo ordinamento ottenuto (nMDS), si è scelto di visualizzare con questo metodo le eventuali differenze anche fra le località studiate.

In accordo con il disegno sperimentale generale adottato in questo studio (vedasi sezione 6.2), le differenze fra i gruppi (Protetto vs Non protetto) e fra le quattro località per le variabili N e B sono state testate con un'analisi multivariata della varianza basata su permutazioni (PERMANOVA) (Anderson, 2001) attraverso il programma PRIMER 6 con PERMANOVA (Clarke and Gorley, 2006).

6.6.2 Analisi univariata

Per l'analisi univariata sono stati adottati gli stessi disegni sperimentali utilizzati per l'analisi multivariata. Il numero di individui totale (Nt), la biomassa totale (Bt) di tutto il benthos e delle categorie trofiche (Nct e Bct) e gli isotopi $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ dei taxa bentonici sono stati confrontati con l'analisi della varianza (ANOVA) utilizzando il programma GMAV 5; l'omogeneità della varianza è stata calcolata attraverso il test di Cochran. Il livello di significatività è stato fissato a $\alpha = 5\%$. Le differenze significative sono state comparate utilizzando il test *post hoc* SN4.

Gli isotopi $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ delle categorie trofiche del benthos e dei predatori sono stati confrontati per mezzo dell'analisi univariata della varianza basate su permutazioni (PERANOVA) (Anderson, 2001) eseguite su matrici di dissimilarità con distanza Euclidea. I valori di P sono stati ottenuti utilizzando 9999 permutazioni dei residui sotto un modello di varianza ridotto (*reduced model variance*: Anderson, 2001). La significatività è stata fissata a $P = 0.05$. Le differenze significative sono state comparate utilizzando il test *a posteriori*. Anche per questo test è stato utilizzato il programma PRIMER 6 con PERMANOVA. Lo stesso test è stato condotto sulla lunghezza totale (LT) dei predatori, per assicurare che non ci fosse una differenza significativa tra le taglie dei campioni raccolti nei quattro golfi che potesse causare differenze nei risultati dell'analisi isotopica.

7 - RISULTATI

7.1 - Composizione e abbondanza del benthos

Complessivamente nelle quattro località sono stati rinvenuti 47427 individui con una biomassa totale di 73913 mg (peso secco). Sono stati identificati 116 taxa appartenenti principalmente a Policheti (36), Antipodi (27) Crostacei Decapodi (18) e Cumacei (12). I valori medi del numero di individui (N) e della biomassa (B) dei taxa per località sono riportati nelle tabelle 7.1 e 7.2.

Tabella 7.1 - Media ed errore standard (e.s.) del numero di individui dei singoli taxa rinvenuti nelle quattro località.

Cat. Sistematica	Protezione Località Taxa	Numero di individui/mq							
		Protetto				Non-protetto			
		GCAST		GPATT		GSANT		GTERM	
		media ± e.s.		media ± e.s.		media ± e.s.		media ± e.s.	
Decapoda	<i>Alpheus glaber</i>	1.28	0.50	2.44	0.49	0.89	0.36	1.33	0.38
Amphipoda	<i>Ampelisca sp_</i>	9.17	0.99	17.01	2.97	3.89	1.03	2.98	0.92
Amphipoda	<i>Ampelisca tipica</i>	0.11	0.11	0.00	0.00	0.61	0.38	0.00	0.00
Polychaeta	<i>Ampharetidae</i>	11.61	1.97	7.68	1.80	2.00	0.58	2.04	0.43
Amphipoda	<i>Amphipoda ind_</i>	1.06	0.53	1.00	0.58	1.80	0.86	0.00	0.00
Amphiuridae	<i>Amphiura chieyei</i>	3.56	1.45	4.11	1.23	0.28	0.19	0.00	0.00
Amphiuridae	<i>Amphiura phyliformis</i>	0.00	0.00	1.61	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00
Decapoda	<i>Anapagurus</i>	0.50	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tanaidacea	<i>Apseudes latreillei</i>	1.33	1.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.20
Tanaidacea	<i>Apseudes spinosus</i>	6.17	1.08	7.70	1.50	4.86	1.81	3.39	0.74
Decapoda	<i>Athanas nitescens</i>	0.22	0.22	0.22	0.15	0.00	0.00	0.28	0.28
Mollusca	<i>Bivalvia</i>	92.89	21.90	66.44	12.41	29.33	4.26	52.70	11.06
Decapoda	<i>Callianassa sp_</i>	0.33	0.28	0.44	0.25	1.01	0.38	0.28	0.16
Decapoda	<i>Calocaris macandreae</i>	0.28	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Polychaeta	<i>Capitellidae</i>	14.11	2.88	9.46	2.03	18.20	4.05	4.57	1.29
Mollusca	<i>Caudofoveata</i>	5.67	1.62	1.95	0.65	4.49	1.26	5.10	1.99
Polychaeta	<i>Cirratulidae</i>	58.67	9.25	121.67	27.73	105.80	16.02	84.33	10.46
Amphipoda	<i>Corophium sp_</i>	1.56	0.69	9.11	1.86	4.83	1.27	1.64	0.42
Polychaeta	<i>Cossuridae</i>	22.61	3.30	2.45	1.12	11.58	2.08	26.39	3.79
Cumacea	<i>Cumacea ind_</i>	9.94	3.64	0.17	0.17	1.77	0.87	0.00	0.00
Decapoda	<i>Decapoda ind_</i>	0.11	0.11	1.83	0.54	0.89	0.35	0.33	0.24
Isopoda	<i>Desmosomidae</i>	0.33	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.11
Cumacea	<i>Diastilis doriphora</i>	0.61	0.61	0.17	0.17	0.50	0.35	0.67	0.46
Cumacea	<i>Diastilis neapolitana</i>	0.06	0.06	1.22	0.49	0.00	0.00	0.00	0.00
Cumacea	<i>Diastylodes serratus</i>	1.50	0.67	1.22	0.61	0.87	0.40	0.11	0.11
Decapoda	<i>Ebalia granulosa</i>	0.22	0.17	0.61	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00
Echiurida	<i>Echiurida</i>	1.06	1.06	1.92	1.06	2.83	0.68	1.17	0.22
Amphipoda	<i>Eriopisa elongata</i>	4.39	0.94	0.83	0.31	6.53	1.40	2.01	0.55
Cumacea	<i>Eudorella nana</i>	0.00	0.00	3.39	2.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Cumacea	<i>Eudorella truncatula</i>	0.17	0.17	0.17	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00
Polychaeta	<i>Eunicidae</i>	1.11	0.35	1.11	0.35	1.77	0.67	0.44	0.32
Polychaeta	<i>Fauvelopsidae</i>	1.89	0.85	2.70	0.99	5.82	1.49	3.14	1.27
Polychaeta	<i>Flabelligeridae</i>	5.72	1.30	0.72	0.29	3.08	0.73	0.56	0.27
Decapoda	<i>Galatea intermedia</i>	0.00	0.00	0.17	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00
Amphipoda	<i>Gammaridea</i>	5.06	1.32	0.28	0.19	1.67	1.01	8.39	2.60
Mollusca	<i>Gasteropoda</i>	54.61	7.35	38.07	6.00	34.70	7.06	40.40	5.31
Polychaeta	<i>Glyceridae</i>	16.44	1.93	17.52	1.83	14.40	1.78	10.60	2.00

Isopoda	<i>Gnathia</i>	0.67	0.28	13.01	2.35	5.36	1.37	1.28	0.46
Decapoda	<i>Goneplax rhomboides</i>	3.61	0.65	1.83	0.56	2.37	0.57	1.39	0.42
Polychaeta	<i>Goniadidae</i>	0.00	0.00	0.83	0.44	0.48	0.31	0.17	0.17
Decapoda	<i>Gourretia</i>	0.17	0.17	0.00	0.00	0.13	0.11	0.00	0.00
Amphipoda	<i>Harpinia</i>	50.56	7.82	49.33	6.85	31.92	4.81	20.27	2.56
Polychaeta	<i>Hesionidae</i>	0.33	0.23	0.17	0.17	0.17	0.17	0.00	0.00
Amphipoda	<i>Hippomedon bidentatus</i>	1.11	0.73	0.28	0.28	0.17	0.12	0.11	0.11
Amphipoda	<i>Hippomedon oculatus</i>	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	0.49
Isopoda	<i>Idoteidae</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.17	0.28	0.16
Cumacea	<i>Iphinoe serrata</i>	0.00	0.00	1.72	0.69	0.00	0.00	0.61	0.32
Cumacea	<i>Iphinoe tenella</i>	0.00	0.00	0.17	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00
Isopoda	<i>Isopoda ind_</i>	1.39	0.68	0.22	0.15	0.84	0.45	0.61	0.29
Isopoda	<i>Janiridae</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.11
Decapoda	<i>Jaxea nocturna</i>	0.83	0.46	0.56	0.33	0.73	0.35	0.56	0.26
Holothuroidea	<i>Labidoplax digitata</i>	5.83	1.41	12.51	5.06	5.84	1.59	0.00	0.00
Polychaeta	<i>Lacydoniidae</i>	0.00	0.00	0.17	0.17	0.17	0.17	0.00	0.00
Amphipoda	<i>Lepidepcreum longicorne</i>	0.56	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Amphipoda	<i>Leptocheirus mariae</i>	0.94	0.48	2.22	1.08	4.12	1.37	2.70	0.56
Tanaidacea	<i>Leptochelia savignyi</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.35
Tanaidacea	<i>Leptognathia</i>	4.22	2.03	4.82	1.69	0.53	0.35	0.28	0.19
Holothuroidea	<i>Leptosynapta inhaerens</i>	0.28	0.19	0.72	0.56	0.00	0.00	0.78	0.78
Holothuroidea	<i>Leptosynapta minuta</i>	0.39	0.39	0.72	0.50	0.00	0.00	3.24	1.20
Cumacea	<i>Leucon affinis</i>	0.17	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.11
Cumacea	<i>Leucon mediterraneus</i>	9.44	3.03	20.40	3.13	10.81	2.68	3.00	0.79
Cumacea	<i>Leucon siphonatus</i>	0.44	0.32	1.42	0.55	0.52	0.23	2.89	0.92
Amphipoda	<i>Leucothoe lilljeborgi</i>	0.56	0.22	0.39	0.29	0.39	0.22	0.28	0.28
Amphipoda	<i>Liljeborgia dellavallei</i>	0.00	0.00	0.44	0.32	0.69	0.30	0.11	0.08
Polychaeta	<i>Lumbrineridae</i>	54.78	7.22	38.00	4.71	50.67	9.01	14.97	2.49
Amphipoda	<i>Lysianassidae</i>	1.56	1.08	0.11	0.11	0.00	0.00	0.22	0.15
Amphipoda	<i>Maera grossimana</i>	0.44	0.26	0.00	0.00	0.27	0.16	0.00	0.00
Amphipoda	<i>Maera schmidtii</i>	2.33	1.38	0.00	0.00	1.61	0.53	0.96	0.37
Amphipoda	<i>Maera sodalis</i>	0.00	0.00	0.28	0.28	1.44	0.46	0.39	0.22
Polychaeta	<i>Maldanidae</i>	6.50	2.06	4.79	1.38	6.30	1.44	2.03	0.55
Amphipoda	<i>Monoculodes griseus</i>	0.33	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Decapoda	<i>Monodaeus couchii</i>	0.00	0.00	0.44	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00
Cumacea	<i>Nannastacus longirostris</i>	0.89	0.32	4.11	1.10	3.03	1.09	3.17	1.63
Isopoda	<i>Natatolana borealis</i>	0.00	0.00	0.56	0.26	0.47	0.26	0.22	0.22
Polychaeta	<i>Nephtyidae</i>	5.06	0.78	3.76	0.86	3.86	0.77	2.53	0.42
Polychaeta	<i>Nereididae</i>	1.50	0.51	0.95	0.33	1.17	0.44	1.06	0.36
Polychaeta	<i>Oeonidae</i>	20.94	3.27	16.83	2.14	13.53	2.02	10.17	2.44
Polychaeta	<i>Onuphidae</i>	1.33	0.74	6.49	1.77	0.50	0.28	0.00	0.00
Polychaeta	<i>Opheliidae</i>	8.67	3.05	0.28	0.19	0.78	0.27	6.61	1.22
Polychaeta	<i>Orbiniidae</i>	10.72	4.98	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.73
Amphipoda	<i>Orchomenella nana</i>	0.28	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Polychaeta	<i>Oweniidae</i>	1.83	0.84	0.17	0.17	0.00	0.00	1.94	1.27
Decapoda	<i>Paguridae sp</i>	0.06	0.06	0.67	0.30	1.59	0.90	0.28	0.28
Polychaeta	<i>Paraonidae</i>	168.17	22.87	5.70	1.41	87.64	11.96	57.04	8.12
Amphipoda	<i>Paraphoxus oculatus</i>	9.06	2.38	6.51	1.50	12.79	3.28	6.50	1.83
Decapoda	<i>Patysquilla eusebia</i>	0.39	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Polychaeta	<i>Pectinariidae</i>	0.00	0.00	0.56	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00
Amphipoda	<i>Perioculodes longimanus</i>	1.06	0.39	0.56	0.33	1.99	0.93	0.28	0.28
Amphipoda	<i>Photis longicaudata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	0.64
Amphipoda	<i>Phtisica marina</i>	0.00	0.00	0.28	0.19	0.33	0.19	0.06	0.06
Polychaeta	<i>Phyllodocidae</i>	0.78	0.34	2.48	0.53	3.78	3.26	0.17	0.17
Polychaeta	<i>Pilargidae</i>	3.33	1.26	2.64	0.59	4.62	1.33	0.64	0.34
Decapoda	<i>Pilumnus spp</i>	0.11	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Polychaeta	<i>Poecilochaetus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.46
Polychaeta	<i>Polynoidae</i>	1.89	0.58	4.09	0.91	2.14	0.56	2.02	0.68
Decapoda	<i>Processa acutirostris</i>	0.33	0.24	0.00	0.00	0.17	0.12	0.11	0.11
Tanaidacea	<i>Pseudoparatanaeis</i>	1.78	0.61	0.33	0.24	0.30	0.19	2.22	0.95
Pycnogonida	<i>Pycnogonida</i>	0.61	0.41	2.67	0.88	1.22	0.48	0.46	0.22
Polychaeta	<i>Sabellidae</i>	4.50	0.98	0.89	0.44	0.78	0.33	1.67	0.78
Polychaeta	<i>Scalibregmatidae</i>	0.83	0.41	3.28	0.59	2.51	0.78	2.31	0.72
Mollusca	<i>Scaphopoda</i>	12.33	2.18	1.44	0.83	0.78	0.30	5.82	2.05
Polychaeta	<i>Sigalionidae</i>	0.61	0.35	0.78	0.39	0.89	0.43	0.00	0.00
Sipunculida	<i>Sipunculida</i>	65.67	10.81	100.72	8.48	34.16	5.96	8.93	1.88
Decapoda	<i>Solenocera membranacea</i>	0.33	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Polychaeta	<i>Sphaerodoridae</i>	0.00	0.00	0.33	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00
Polychaeta	<i>Spionidae</i>	51.11	5.56	24.90	4.62	53.38	8.69	10.84	1.77
Polychaeta	<i>Sternaspidae</i>	3.83	0.99	5.03	2.00	4.80	1.08	1.34	0.49
Polychaeta	<i>Syllidae</i>	0.61	0.61	0.72	0.57	0.00	0.00	0.11	0.11
Amphipoda	<i>Synchelidium maculatus</i>	0.28	0.28	0.28	0.19	0.33	0.28	0.00	0.00
Tanaidacea	<i>Tanaidacea ind_</i>	0.78	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Polychaeta	<i>Terebellidae</i>	9.83	1.94	2.84	0.75	4.67	1.48	2.79	0.78
Holothuroidea	<i>Trachythyone elongata</i>	0.17	0.17	0.17	0.17	0.61	0.32	0.28	0.19
Amphipoda	<i>Triphosites longipes</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.11
Amphipoda	<i>Tryphosella caecula</i>	0.22	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Decapoda	<i>Upogebia tipica</i>	0.00	0.00	0.11	0.11	0.20	0.17	0.00	0.00
Amphipoda	<i>Westwodilla rectirostris</i>	0.56	0.26	0.11	0.11	0.11	0.11	1.61	1.03

Tabella 7.2 - Media ed errore standard (e.s.) della biomassa dei singoli taxa rinvenuti nelle quattro località.

Cat. Sistemática	Protezione Località Taxa	Biomassa (peso secco mg/mq)							
		Protetto				Non-protetto			
		GCAST		GPATT		GSANT		GTERM	
		media ± e.s.		media ± e.s.		media ± e.s.		media ± e.s.	
Decapoda	<i>Alpheus glaber</i>	30.65	19.60	104.01	37.45	50.11	26.48	80.28	30.40
Amphipoda	<i>Ampelisca sp_</i>	3.20	1.40	3.16	0.80	0.27	0.08	0.35	0.14
Amphipoda	<i>Ampelisca tipica</i>	0.07	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Polychaeta	<i>Ampharetidae</i>	3.27	0.58	4.50	1.11	3.94	3.42	1.03	0.61
Amphipoda	<i>Amphipoda ind_</i>	0.25	0.13	1.90	1.81	0.16	0.07	0.00	0.00
Amphiuridae	<i>Amphiura chieyei</i>	0.92	0.48	7.60	2.55	0.90	0.76	0.00	0.00
Amphiuridae	<i>Amphiura phyliformis</i>	0.00	0.00	1.78	0.69	0.17	0.17	0.00	0.00
Decapoda	<i>Anapagurus</i>	0.56	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tanaidacea	<i>Apseudes latreillei</i>	0.19	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.08
Tanaidacea	<i>Apseudes spinosus</i>	4.59	2.78	9.46	1.77	4.78	2.26	2.15	0.58
Decapoda	<i>Athanas nitescens</i>	0.02	0.02	3.05	2.93	0.00	0.00	0.17	0.17
Mollusca	<i>Bivalvia</i>	22.20	7.00	20.75	3.70	7.74	3.06	10.48	1.79
Decapoda	<i>Callianassa sp_</i>	13.45	12.74	0.59	0.43	1.66	0.63	1.78	1.30
Decapoda	<i>Calocaris macandreae</i>	0.07	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Polychaeta	<i>Capitellidae</i>	52.13	16.70	55.57	16.31	36.13	10.60	19.16	8.23
Mollusca	<i>Caudofoveata</i>	0.07	0.01	0.04	0.01	0.05	0.01	0.06	0.02
Polychaeta	<i>Cirratulidae</i>	8.76	1.41	31.67	12.12	8.65	1.27	8.47	1.44
Amphipoda	<i>Corophium sp_</i>	0.29	0.13	1.46	0.36	0.55	0.17	0.24	0.08
Polychaeta	<i>Cossuridae</i>	15.77	12.02	0.37	0.20	2.35	0.89	3.06	0.54
Cumacea	<i>Cumacea ind_</i>	1.86	0.63	0.01	0.01	0.45	0.25	0.00	0.00
Decapoda	<i>Decapoda ind_</i>	0.12	0.12	25.58	12.86	0.16	0.07	0.27	0.26
Isopoda	<i>Desmosomidae</i>	0.19	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03
Cumacea	<i>Diastilis doriphora</i>	1.77	1.77	0.03	0.03	1.34	1.13	0.04	0.03
Cumacea	<i>Diastilis neapolitana</i>	0.04	0.04	0.27	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00
Cumacea	<i>Diastylodes serratus</i>	0.31	0.12	0.09	0.05	0.18	0.08	0.04	0.04
Decapoda	<i>Ebalia granulosa</i>	0.17	0.15	4.88	4.20	0.00	0.00	0.00	0.00
Echiurida	<i>Echiurida</i>	0.14	0.14	3.00	2.62	1.73	0.32	1.95	0.24
Amphipoda	<i>Eriopisa elongata</i>	0.98	0.32	0.66	0.38	2.05	0.67	0.72	0.34
Cumacea	<i>Eudorella nana</i>	0.00	0.00	0.68	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00
Cumacea	<i>Eudorella truncatula</i>	0.01	0.01	0.12	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00
Polychaeta	<i>Eunicidae</i>	7.93	4.96	3.52	2.24	3.77	2.00	0.19	0.14
Polychaeta	<i>Fauvelopsidae</i>	0.82	0.39	2.08	0.69	15.34	4.82	5.65	2.56
Polychaeta	<i>Flabelligeridae</i>	4.70	2.69	0.21	0.11	2.28	1.11	0.16	0.08
Polychaeta	<i>Frammenti detritivori</i>	39.48	9.02	26.71	9.22	9.75	2.92	31.51	10.58
Polychaeta	<i>Frammenti Policheti vari</i>	48.33	14.58	26.21	7.13	18.15	3.66	20.94	3.24
Decapoda	<i>Galatea intermedia</i>	0.00	0.00	0.08	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00
Amphipoda	<i>Gammaridea</i>	1.64	0.66	0.01	0.01	0.39	0.17	1.08	0.41
Mollusca	<i>Gasteropoda</i>	6.79	3.29	9.11	6.07	2.03	0.65	1.82	0.19
Polychaeta	<i>Glyceridae</i>	26.93	12.63	39.64	9.11	109.88	71.25	11.26	2.77
Isopoda	<i>Gnathia</i>	0.69	0.49	3.57	2.55	0.50	0.12	1.92	1.61
Decapoda	<i>Goneplax rhomboides</i>	173.09	113.2	66.73	26.70	97.29	24.94	297.74	192.35
Polychaeta	<i>Goniadidae</i>	0.00	0.00	8.84	8.04	0.76	0.55	0.57	0.57
Decapoda	<i>Gourettia</i>	0.26	0.26	0.00	0.00	2.00	1.68	0.00	0.00
Amphipoda	<i>Harpinia</i>	4.17	0.96	4.71	0.99	2.48	0.36	3.05	0.70
Polychaeta	<i>Hesionidae</i>	0.05	0.04	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
Amphipoda	<i>Hippomedon bidentatus</i>	0.28	0.15	0.01	0.01	0.07	0.06	0.09	0.09
Amphipoda	<i>Hippomedon oculatus</i>	0.09	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.08
Isopoda	<i>Idoteidae</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.08	0.06
Cumacea	<i>Iphinoe serrata</i>	0.00	0.00	0.31	0.15	0.00	0.00	0.08	0.04
Cumacea	<i>Iphinoe tenella</i>	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00

Isopoda	<i>Isopoda ind_</i>	0.16	0.09	0.06	0.03	0.91	0.57	0.17	0.10
Isopoda	<i>Janiridae</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.18
Decapoda	<i>Jaxea nocturna</i>	7.55	4.95	7.82	4.64	9.25	5.43	2.64	1.31
Holothuroidea	<i>Labidoplax digitata</i>	108.06	60.52	250.23	50.92	464.62	146.37	0.00	0.00
Polychaeta	<i>Lacydoniidae</i>	0.00	0.00	0.03	0.03	0.02	0.02	0.00	0.00
Amphipoda	<i>Lepidepcreum longicorne</i>	0.15	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Amphipoda	<i>Leptocheirus mariae</i>	0.10	0.05	0.41	0.24	0.86	0.37	0.41	0.21
Tanaidacea	<i>Leptochelia savignyi</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.14
Tanaidacea	<i>Leptognathia</i>	0.33	0.11	0.46	0.14	0.07	0.04	0.00	0.00
Holothuroidea	<i>Leptosynapta inhaerens</i>	3.56	2.62	8.40	5.04	0.00	0.00	0.00	0.00
Holothuroidea	<i>Leptosynapta minuta</i>	5.07	5.07	64.80	64.21	0.00	0.00	222.65	63.85
Cumacea	<i>Leucon affinis</i>	0.04	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02
Cumacea	<i>Leucon mediterraneus</i>	1.21	0.29	1.96	0.37	0.96	0.21	0.28	0.08
Cumacea	<i>Leucon siphonatus</i>	0.05	0.04	0.38	0.21	0.02	0.01	0.36	0.15
Amphipoda	<i>Leucothoe lilljeborgi</i>	0.18	0.08	0.11	0.08	0.05	0.05	0.03	0.03
Amphipoda	<i>Liljeborgia dellavallei</i>	0.00	0.00	0.04	0.03	0.10	0.05	0.01	0.01
Polychaeta	<i>Lumbrineridae</i>	14.19	3.51	14.24	3.83	20.46	5.88	6.08	1.17
Amphipoda	<i>Lysianassidae</i>	0.14	0.10	0.02	0.02	0.00	0.00	0.04	0.03
Amphipoda	<i>Maera grossimana</i>	0.13	0.08	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00
Amphipoda	<i>Maera schmidtii</i>	10.60	8.45	0.00	0.00	1.00	0.46	1.24	0.77
Amphipoda	<i>Maera sodalis</i>	0.00	0.00	0.19	0.19	1.40	0.45	0.40	0.31
Polychaeta	<i>Maldanidae</i>	5.42	2.70	4.78	1.51	4.82	1.49	1.96	0.81
Amphipoda	<i>Monoculodes griseus</i>	0.08	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Decapoda	<i>Monodaeus couchii</i>	0.00	0.00	4.41	4.41	0.00	0.00	0.00	0.00
Cumacea	<i>Nannastacus longirostris</i>	0.90	0.49	16.11	7.04	6.98	4.39	9.61	7.48
Isopoda	<i>Natatolana borealis</i>	0.00	0.00	12.55	6.88	5.68	4.42	7.41	7.41
Polychaeta	<i>Nephtyidae</i>	7.25	3.48	18.86	8.48	16.91	5.55	39.37	18.70
Polychaeta	<i>Nereididae</i>	0.66	0.30	0.26	0.12	9.40	9.06	9.96	8.30
Polychaeta	<i>Oeononidae</i>	8.04	1.61	8.23	1.64	6.11	1.01	2.57	0.94
Polychaeta	<i>Onuphidae</i>	1.09	0.66	4.89	2.57	0.07	0.04	0.00	0.00
Polychaeta	<i>Opheliidae</i>	1.46	0.44	0.04	0.03	0.08	0.04	0.65	0.16
Polychaeta	<i>Orbiniidae</i>	4.86	2.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.05
Amphipoda	<i>Orchomenella nana</i>	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Polychaeta	<i>Oweniidae</i>	0.41	0.18	0.04	0.04	0.00	0.00	0.38	0.20
Decapoda	<i>Paguridae sp</i>	0.01	0.01	1.29	0.63	0.12	0.09	0.07	0.07
Polychaeta	<i>Paraonidae</i>	22.29	3.51	1.49	0.42	9.83	1.15	3.74	0.61
Amphipoda	<i>Paraphoxus oculatus</i>	1.17	0.34	2.15	0.93	0.79	0.12	1.60	1.04
Decapoda	<i>Patysquilla eusebia</i>	0.77	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Polychaeta	<i>Pectinariidae</i>	0.00	0.00	9.47	6.53	0.00	0.00	0.00	0.00
Amphipoda	<i>Perioculodes longimanus</i>	0.27	0.10	0.04	0.03	0.21	0.10	0.01	0.01
Amphipoda	<i>Photis longicaudata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.05
Amphipoda	<i>Phtisica marina</i>	0.00	0.00	0.02	0.01	0.10	0.05	0.03	0.03
Polychaeta	<i>Phyllodocidae</i>	4.55	3.43	2.59	1.46	1.10	0.65	0.02	0.02
Polychaeta	<i>Pilargidae</i>	0.30	0.14	0.64	0.16	0.76	0.27	0.08	0.05
Decapoda	<i>Pilumnus spp</i>	0.14	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Polychaeta	<i>Poecilochaetus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.51	0.34
Polychaeta	<i>Polynoidae</i>	3.54	2.01	14.94	11.16	13.15	11.17	41.01	21.40
Decapoda	<i>Processa acutirostris</i>	4.47	3.47	0.00	0.00	0.10	0.08	0.12	0.12
Tanaidacea	<i>Pseudoparatanais</i>	0.13	0.04	0.11	0.10	0.04	0.03	0.69	0.31
Pycnogonida	<i>Pycnogonida</i>	0.11	0.08	0.42	0.19	0.14	0.06	0.06	0.03
Polychaeta	<i>Sabellidae</i>	3.86	1.63	0.34	0.18	0.12	0.06	1.22	0.82
Polychaeta	<i>Scalibregmatidae</i>	0.14	0.08	1.48	0.50	0.77	0.33	0.64	0.34
Mollusca	<i>Scaphopoda</i>	0.46	0.18	2.80	2.67	0.29	0.18	0.58	0.22
Polychaeta	<i>Sigalionidae</i>	3.42	3.05	2.53	1.81	0.74	0.38	0.00	0.00
Sipunculida	<i>Sipunculida</i>	12.29	3.04	27.40	2.98	17.89	5.09	13.58	3.85
Decapoda	<i>Solenocera membranacea</i>	53.30	53.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Polychaeta	<i>Sphaerodoridae</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Polychaeta	<i>Spionidae</i>	13.22	3.78	5.45	1.55	4.10	0.60	2.57	0.72
Polychaeta	<i>Sternaspidae</i>	62.21	27.79	56.47	21.67	31.27	15.13	34.49	14.23
Polychaeta	<i>Syllidae</i>	0.01	0.01	0.07	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
Amphipoda	<i>Synchelidium maculatus</i>	0.05	0.05	0.03	0.02	0.06	0.05	0.00	0.00
Tanaidacea	<i>Tanaidacea ind_</i>	0.42	0.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Polychaeta	<i>Terebellidae</i>	14.83	5.31	4.58	2.16	4.03	1.27	2.83	1.55
Holothuroidea	<i>Trachythyone elongata</i>	11.11	11.11	9.17	9.17	93.21	61.52	150.30	110.68
Amphipoda	<i>Triphosites longipes</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.24
Amphipoda	<i>Tryphosella caecula</i>	0.08	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Decapoda	<i>Upogebia tipica</i>	0.00	0.00	5.36	5.36	4.84	4.78	0.00	0.00
Amphipoda	<i>Westwodilla rectirostris</i>	0.06	0.03	0.00	0.00	0.04	0.04	3.60	3.02

7.1.1 Rapporto produzione/biomassa (P/B)

In Tab. 7.3 sono riportati i valori di biomassa e numero medi, e il rapporto P/B per i singoli taxa rinvenuti nei campioni di benthos. Il rapporto P/B riferito al benthos totale risulta maggiore nelle località protette, con un andamento GCAST>GPATT>GSANT>GTERM. I taxa con rapporto P/B minore sono risultati i decapodi e le oloturie, mentre quelli con il valore maggiore sono stati sipunculidi ed echiuridi. Bivalvi e scafopodi hanno mostrato valori ancora più alti, ma probabilmente falsati da problemi legati alla decalcificazione della conchiglia.

Tabella 7.3 - Media e deviazione standard (d.s.) di biomassa, peso individuale e numero di individui, e rapporto produzione/biomassa (P/B) dei taxa bentonici raccolti nelle quattro località e del benthos totale.

Taxon	Biomassa media		N. medio individui		Peso medio individuale		Biomassa media		N. medio individui		Peso medio individuale	
	g DW/ mq	d.s.	mq	d.s.	g DW	P/B	g DW/ mq	d.s.	mq	d.s.	g DW	P/B
Polychaeta	0.3768	0.1763	489.3	194.3	0.00077	6.64	0.35075	0.17101	290.0	165.6	0.00121	5.69
Sipunculida	0.0123	0.0129	65.7	45.9	0.00019	10.38	0.02740	0.01264	100.7	36.0	0.00027	9.21
Decapoda	0.2846	0.5578	8.8	6.3	0.03243	1.86	0.22380	0.21046	9.3	5.5	0.02398	2.05
Cumacea	0.0062	0.0094	23.2	24.8	0.00027	9.14	0.01998	0.03013	34.2	22.0	0.00059	7.08
Isopoda	0.0010	0.0020	2.4	2.7	0.00044	7.58	0.01618	0.02981	13.8	10.1	0.00117	5.58
Amphipoda	0.0240	0.0374	91.7	53.4	0.00026	9.33	0.01490	0.01551	89.0	49.6	0.00017	10.8
Tanaidacea	0.0057	0.0121	14.3	10.8	0.00040	7.98	0.01003	0.00763	12.9	9.5	0.00078	6.38
Pycnogonida	0.0001	0.0003	0.6	1.8	0.00018	10.01	0.00042	0.00079	2.7	3.7	0.00016	10.61
Scaphopoda	0.0001	0.0001	5.7	6.9	0.00001	25.00	0.00004	0.00005	2.0	2.7	0.00002	21.7
Bivalvia	0.0005	0.0008	12.3	9.3	0.00004	17.30	0.00280	0.01135	1.4	3.5	0.00194	4.62
Gastropoda	0.0222	0.0297	92.9	92.9	0.00024	9.60	0.02075	0.01571	66.4	52.7	0.00031	8.77
Echiurida	0.0068	0.0140	54.6	31.2	0.00012	11.86	0.00911	0.02576	38.1	25.4	0.00024	9.52
Holothuroidea	0.1278	0.2596	6.7	6.5	0.01917	2.21	0.33261	0.29577	14.1	22.9	0.02355	2.07
Ophiuroidea	0.0009	0.0020	3.6	6.1	0.00026	9.07	0.00938	0.01101	5.7	5.5	0.00164	4.95
Biomassa Totale	0.8690	0.6577	871.7	340.9	0.00100	6.13	1.03816	0.53639	680.3	248.8	0.00153	5.32
e) GSANT						d) GTERM						
Polychaeta	0.33470	0.35034	405.5	143.7	0.00083	6.48	0.25015	0.19281	252.2	114.3	0.00099	6.07
Sipunculida	0.01789	0.02159	34.2	25.3	0.00052	7.34	0.01358	0.01631	8.9	8.0	0.00152	5.10
Decapoda	0.16551	0.13742	8.0	5.4	0.02075	2.15	0.38306	0.81201	4.6	3.7	0.08409	1.35
Cumacea	0.00993	0.01860	17.5	14.4	0.00057	7.10	0.01043	0.03184	10.6	11.0	0.00099	5.89
Isopoda	0.00712	0.01860	6.9	6.3	0.00103	5.78	0.00978	0.03171	2.6	3.2	0.00374	3.74
Amphipoda	0.01059	0.00708	75.5	37.7	0.00014	11.43	0.01336	0.01881	51.3	22.3	0.00026	9.29
Tanaidacea	0.00490	0.00953	5.7	7.4	0.00086	6.12	0.00311	0.00287	6.6	6.1	0.00047	7.49
Pycnogonida	0.00014	0.00026	1.2	2.0	0.00011	11.82	0.00006	0.00013	0.5	0.9	0.00012	11.29
Scaphopoda	0.00005	0.00006	4.5	5.3	0.00001	25.81	0.00006	0.00008	5.1	8.4	0.00001	24.63
Bivalvia	0.00029	0.00078	0.8	1.3	0.00037	7.92	0.00058	0.00093	5.8	8.7	0.00010	12.46
Gastropoda	0.00774	0.01300	29.3	18.1	0.00026	9.20	0.01048	0.00761	52.7	46.9	0.00020	10.16
Echiurida	0.00203	0.00276	34.7	30.0	0.00006	15.14	0.00182	0.00079	40.4	22.5	0.00005	16.54
Holothuroidea	0.55783	0.60656	6.5	7.3	0.08641	1.34	0.37295	0.51272	4.3	5.9	0.08673	1.33
Ophiuroidea	0.00107	0.00339	0.3	0.8	0.00384	3.63	0.00000	0.00000	0.0	0.0	0.00000	nd
Biomassa Totale	1.11978	0.70525	630.4	209.9	0.00178	5.05	1.06942	0.83284	445.5	141.6	0.00240	4.56

7.1.2 Confronto del numero di individui fra le aree Protette e Non Protette e fra le Località

L'nMDS non ha evidenziato una netta separazione (*stress* = 0.24) dei campioni dell'area protetta da quelli dell'area non protetta (Fig. 7.1). Più evidente e significativa ($\delta^2 = 0.9168$, $p = 0.0001$) è risultata invece la separazione degli stessi campioni ottenuta dalla CAP (Fig. 7.2).

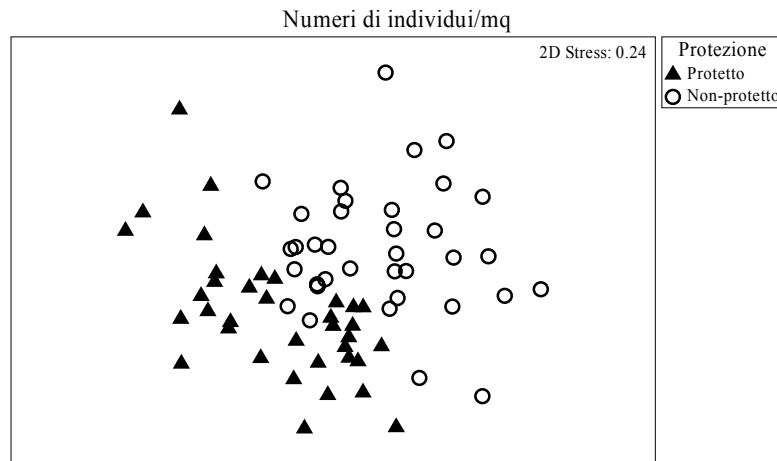


Figura 7.1 - Ordinamento (nMDS) dei campioni di benthos relativo al numero di individui dei taxa rinvenuti nell'area protetta e non protetta.

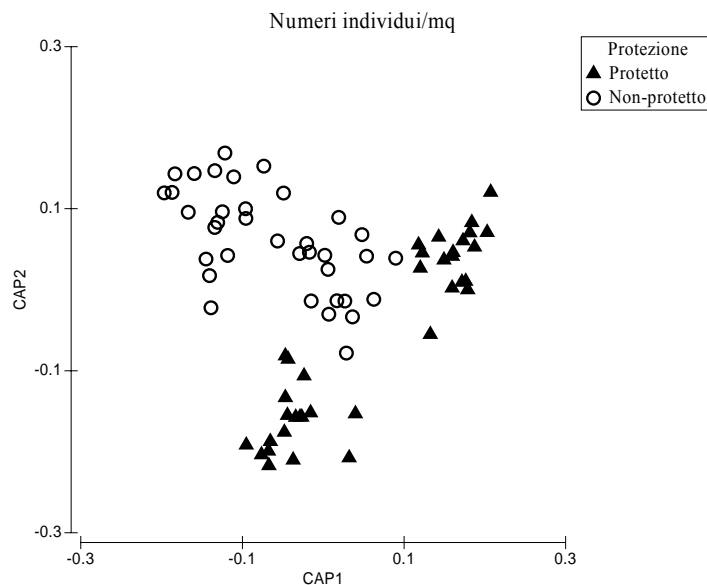


Figura 7.2 - Ordinamento (CAP) dei campioni di benthos relativo al numero di individui dei taxa rinvenuti nell'area protetta e non protetta . CAP1 e CAP2 = primo e secondo asse dell'analisi canonica delle componenti principali.

I risultati della PERMANOVA (Tab. 7.4) non hanno evidenziato *a priori* una diversità significativa delle comunità bentoniche fra le aree protette e non protette. Il confronto a coppie ha mostrato differenze significative fra i golfi all'interno di ciascun livello di protezione (Tab. 7.4).

Tabella 7.4. Analisi degli effetti della Protezione sul numero di individui dei taxa bentonici rinvenuti nell'area protetta e non protetta. Risultati dell'analisi multivariata della varianza su permutazioni (PERMANOVA) e dei confronti a coppia. In grassetto i fattori e le interazioni significative.

Sorgente di variazione	df	Comunità bentonica: numero individui			
		SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Protezione (Pro)	1	5646	5646	1.0267	0.6733
Località(Protezione) (Loc(Pro))	2	10998	5499.1	9.4616	0.0001
Settore (Set)	2	2691.1	1345.6	1.009	0.479
Pro*Set	2	3042.6	1521.3	1.1408	0.3764
Loc(Pro)*Set	4	5334.3	1333.6	2.2945	0.0001
Residuali	60	34872	581.2		
Totale	71	62584			

Confronto a coppia		
Interazione Loc(Pro)*Set	Protetto	Non Protetto
Loc(Pro)	tutti i settori	tutti i settori
	GCAST ≠ GPATT	GSANT ≠ GTERM

L'nMDS non ha mostrato una separazione evidente ($stress = 0.24$) dei campioni relativi alle quattro località (Fig. 7.3). La CAP ha invece evidenziato una separazione dei campioni relativi alle quattro località con GCAST che si differenzia nettamente dalle altre tre. L'ordinamento ottenuto non è casuale ($\delta^2 = 0.9168$, $p = 0.0001$) ma determinato da uno dei fattori sperimentali (Fig. 7.4).

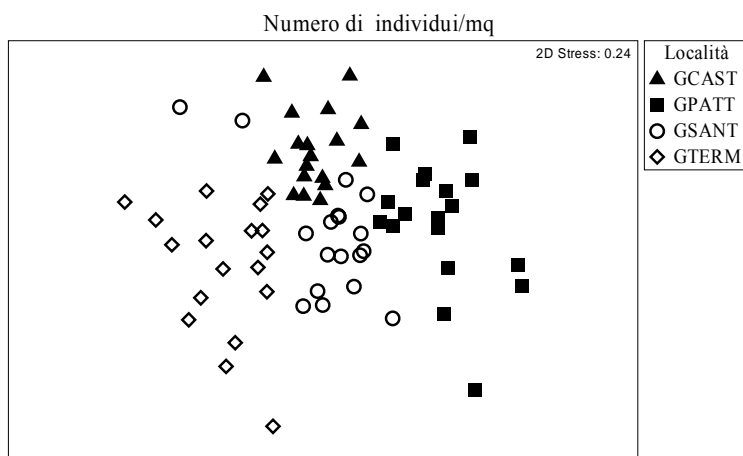


Figura 7.3 - Ordinamento (nMDS) dei campioni di benthos relativo al numero di individui dei taxa rinvenuti nelle quattro località (GCAST, GPATT, GSANT, GTERM).

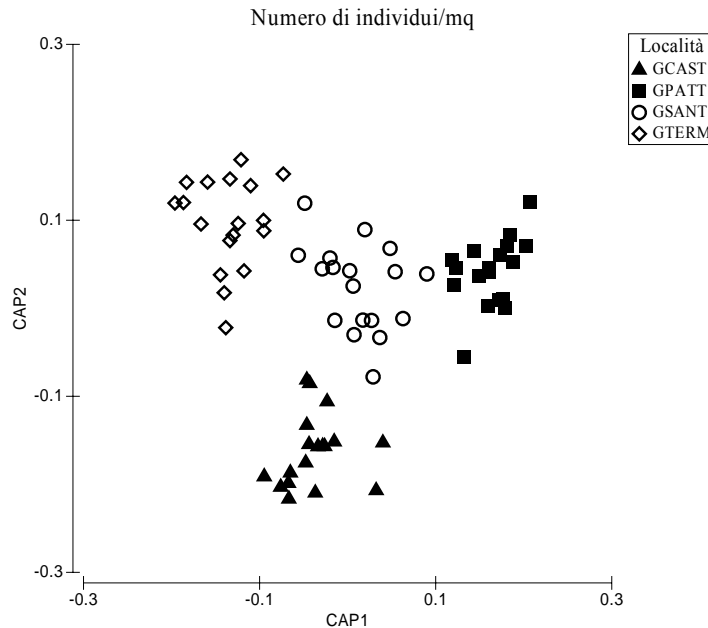


Figura 7.4 - Ordinamento (CAP) dei campioni di benthos relativo al numero di individui dei taxa rinvenuti nelle quattro località (GCAST, GPATT, GSANT, GTERM). CAP1 e CAP2 = primo e secondo asse dell'analisi canonica delle componenti principali.

I risultati della PERMANOVA hanno mostrato *a priori* differenze fra le località, fra i settori e nell'interazione Loc*Set. Il confronto a coppie, relativo all'interazione significativa, ha confermato le differenze fra le località in tutti i settori (Tab. 7.5).

Tabella 7.5 - Analisi degli effetti del fattore Località sul numero di individui dei taxa bentonici rinvenuti nei quattro golfi (GCAST, GPATT, GSANT, GTERM). Risultati dell'analisi multivariata della varianza su permutazioni (PERMANOVA) e dei confronti a coppia. In grassetto i fattori e le interazioni significative.

Comunità bentonica: numero individui					
Sorgente di variazione	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Località (Loc)	3	16644	5548.1	9.5459	0.0001
Settore (Set)	2	2691.1	1345.6	2.3152	0.0001
Loc*Set	6	8377	1396.2	2.4022	0.0001
Residuali	60	34872	581.2		
Totale	71	62584			
Confronto a coppie					
Interazione Loc*Set					
Località	tutti i settori				
GCAST ≠ GPATT ≠ GSANT ≠ GTERM					

7.1.3 Confronto della biomassa del benthos fra le aree Protette e Non Protette e fra le Località

L'nMDS basato sulle biomasse ha evidenziato una debole separazione (*stress* = 0.24) dei campioni dell'area protetta da quella non protetta (Fig. 7.5). Più chiara appare la separazione degli stessi campioni con l'ordinamento ottenuto dalla CAP (Fig. 7.6). Il test statistico, risultato

significativo, ha indicato che la separazione dei gruppi non è casuale ($\delta^2 = 0.85727$, $p = 0.0001$) ma determinato da uno dei fattori sperimentali.

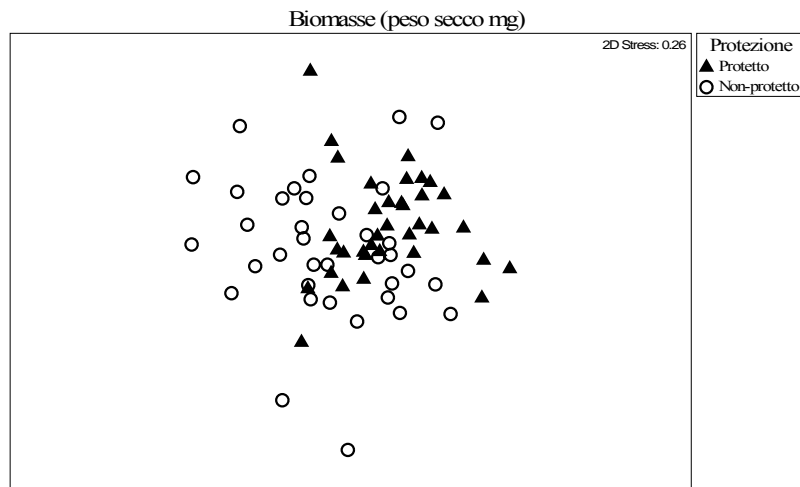


Figura 7.5 - Ordinamento (nMDS) dei campioni di benthos relativo alla biomassa dei taxa rinvenuti nell'area protetta e non protetta.

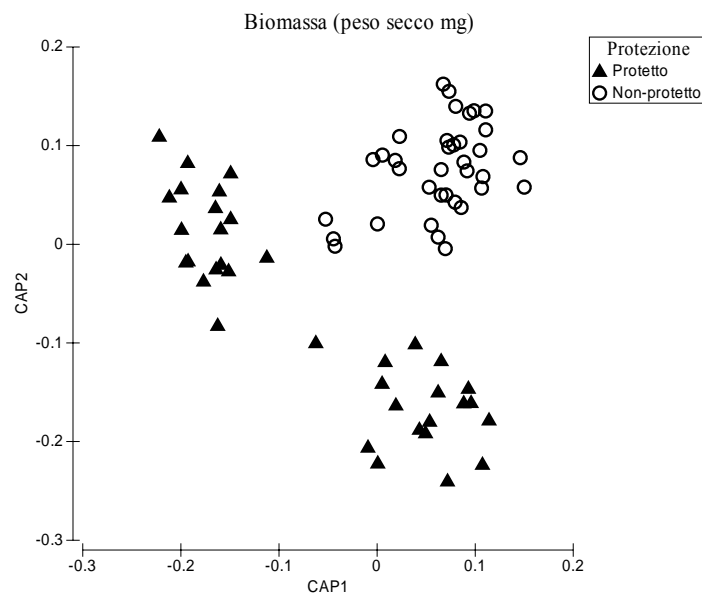


Figura 7.6 - Ordinamento (CAP) dei campioni di benthos relativo alla biomassa dei taxa rinvenuti nell'area protetta e non protetta . CAP1 e CAP2 = primo e secondo asse dell'analisi canonica delle componenti principali.

I risultati della PERMANOVA non hanno evidenziato *a priori* una diversità significativa delle comunità bentoniche fra le aree protette e non protette. Il confronto a coppie ha mostrato che le comunità bentoniche dei golfi protetti e di quelli non protetti differiscono fra di loro all'interno di ciascun livello di protezione (Tab. 7.6).

Tabella 7.6 - Analisi degli effetti della Protezione sulla biomassa dei taxa bentonici rinvenuti nell'area protetta e non protetta. Risultati dell'analisi multivariata della varianza su permutazioni (PERMANOVA) e dei confronti a coppia. In grassetto i fattori e le interazioni significative.

Comunità bentonica: biomassa					
Sorgente di variazione	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Protezione (Pro)		6546.2	6546.2	0.94939	0.5298
Località(Protezione) (Loc(Pro))	2	13790	6895.2	6.6486	0.0001
Settore (Set)	2	4105.3	2052.6	0.98273	0.5189
Pro*Set	2	3880.8	1940.4	0.92899	0.5915
Loc(Pro)*Set	4	8354.9	2088.7	2.014	0.0001
Residuali	60	62226	1037.1		
Totale	71	98903			

Confronto a coppie

Interazione Loc(Pro)*Set		
Loc(Pro)	Protetto	Non Protetto
	tutti i settori	tutti i settori
	GCAST ≠ GPATT	GSANT ≠ GTERM

L'nMDS relativo alle biomasse dei taxa bentonici non ha separato in modo netto ($stress = 0.26$) i campioni relativi alle quattro località (Fig. 7.7). La CAP ha mostrato una separazione dei campioni di GCAST dalle altre località. L'ordinamento dei gruppi considerati non è casuale ($\delta^2 = 0.9168$, $p = 0.0001$) ma determinato da uno dei fattori sperimentali (Fig. 7.8).

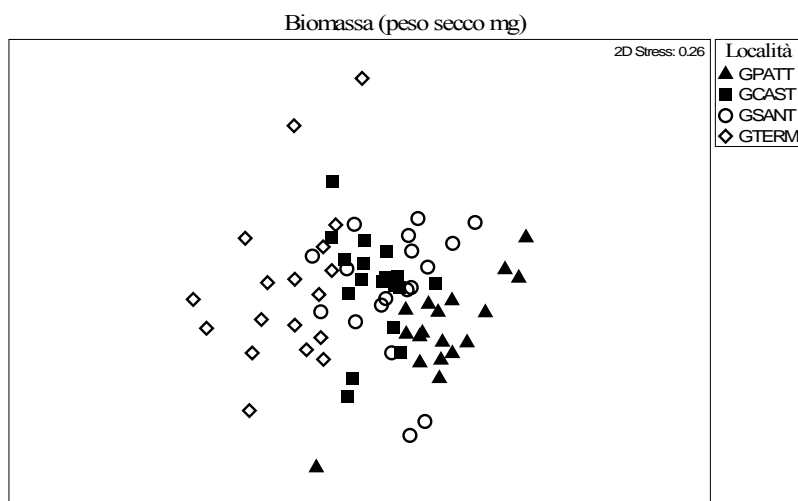


Figura 7.7 - Ordinamento (nMDS) dei campioni di benthos relativo alla biomassa dei taxa rinvenuti nelle quattro località (GCAST, GPATT, GSANT, GTERM).

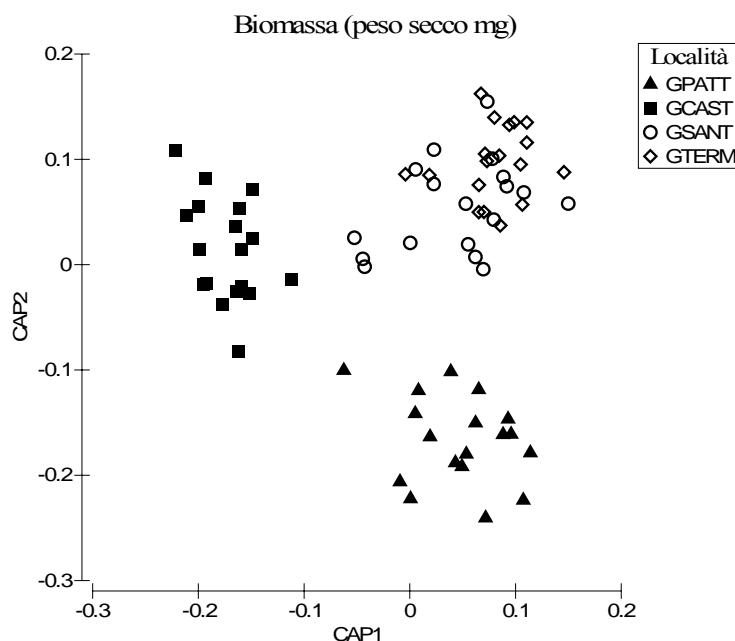


Figura 7.8 - Ordinamento (CAP) della biomassa di benthos relativo ai taxa rinvenuti nelle quattro località (GCAST, GPATT, GSANT, GTERM). CAP1 e CAP2 = primo e secondo asse dell'analisi canonica delle componenti principali.

I risultati della PERMANOVA hanno mostrato *a priori* differenze fra le località, fra i settori e nell'interazione Loc*Set. Il confronto a coppie, relativo all'interazione significativa, ha confermato le differenze fra le località in tutti i settori (Tab. 7.7).

Tabella 7.7 - Analisi degli effetti del fattore Località sulla biomassa dei taxa bentonici rinvenuti nei quattro golfi (GCAST, GPATT, GSANT, GTERM). Risultati dell'analisi multivariata della varianza su permutazioni (PERMANOVA) e dei confronti a coppia. In grassetto i fattori e le interazioni significative.

Comunità bentonica: biomassa					
Sorgente di variazione	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Località (Loc)	3	20337	6778.9	6.5364	0.0001
Settore (Set)	2	4105.3	2052.6	1.9792	0.0005
Loc*Set	6	12236	2039.3	1.9663	0.0001
Residuali	60	62226	1037.1		
Totale	71	98903			
Confronto a coppie					
Interazione Loc*Set					
Località	tutti i settori				
GCAST ≠ GPAT ≠ GSANT ≠ GTERM					

7.1.4 Numero di individui e biomassa totale del benthos

I valori medi di Nt e Bt calcolati nelle aree protette e non protette, nelle località e nei settori sono mostrati nelle Figg. 7.9, 7.10 e 7.11.

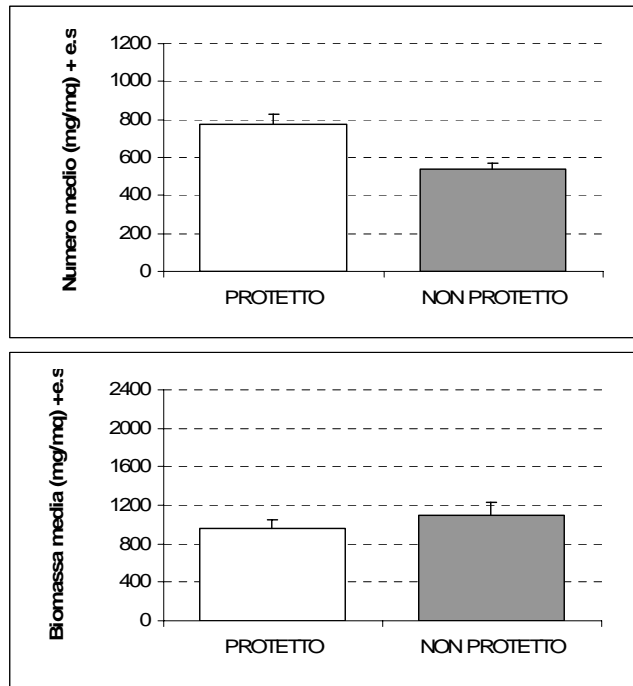


Figura 7.9 - Media ed errore standard (e.s.) del numero totale di individui e della biomassa totale del benthos nell'area protetta e non protetta.

Nt medio ha mostrato valori più elevati del benthos nell'area protetta mentre Bt è risultata più elevata nell'area non protetta (Fig. 7.9). I valori medi di Nt e Bt calcolato per le singole località hanno mostrato un'abbondanza in numero del benthos più elevata a GCAST che ha fatto registrare però valori di Bt inferiori a quelli calcolati negli altri golfi (Fig. 7.10).

L'effetto della protezione su Nt non è significativo ma i risultati dell'ANOVA hanno evidenziato però una differenza fra le località all'interno di ciascun livello di protezione con GCAST>GPATT e GSANT>GTERM (Tab. 7.8). L'ANOVA sulle località e sui settori ha confermato differenze significative fra i golfi (GCAST>GPATT=GSANT >GTERM) ma nessuna differenza fra i settori (Tab. 7.10, Fig. 7.11).

I risultati dell'ANOVA non hanno però evidenziato differenze significative di Bt fra aree protette e non protette e fra le località (Tab. 7.9 e 7.11).

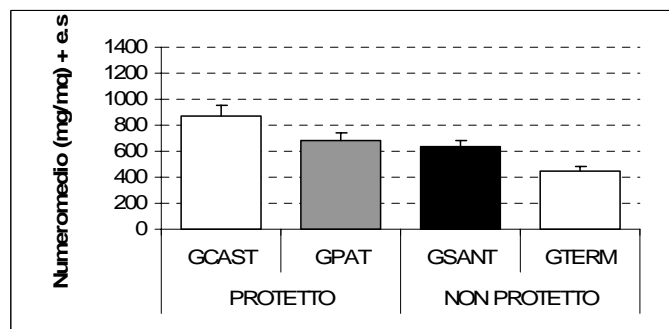
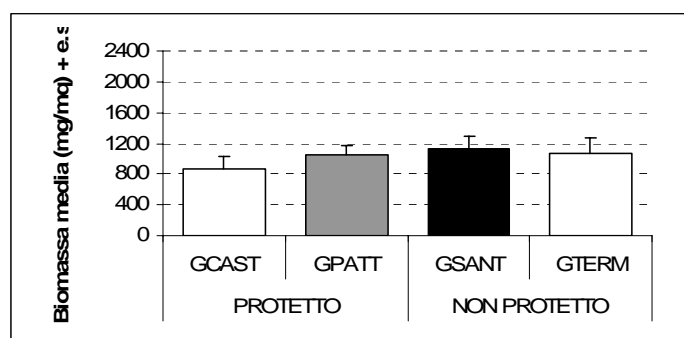


Figura 7.10 - Media ed errore standard (e.s.) del numero totale di individui e della biomassa totale del benthos nelle quattro località (GCAST, GPATT, GSANT, GTERM).



Segue Figura 7.10 - Media ed errore standard (e.s.) del numero totale di individui e della biomassa totale del benthos nelle quattro località (GCAST, GPATT, GSANT, GTERM).

Tabella 7.8 - Analisi degli effetti della Protezione sul numero totale di individui del benthos nell'area protetta e non protetta. Risultati dell'analisi della varianza (ANOVA) e del confronto a coppia. In grassetto i fattori e le interazioni significative.

Sorgente di variazione	df	Numero di individui totale del benthos			
		SS	MS	F	P
Protezione (Pro)	1	2.3261	2.3261	2.99	0.226
Località(Protezione) (Loc(Pro))	2	1.5565	0.7782	8	0.0008
Settore (Set)	2	0.7514	0.3757	1.79	0.279
Pro*Set	2	0.2139	0.1069	0.51	0.6357
Loc(Pro)*Set	4	0.8412	0.2103	2.16	0.0843
Residuali	60	5.8399	0.0973		
Totale	71	11.529			

Test di Cochran non significativo dopo trasformazione ($\ln(x+1)$) dei dati

Confronto a coppie

Effetti principali

Loc(Pro)	Protetto	Non Protetto
	GCAST > GPATT	GSANT > GTERM

Tabella 7.9 - Analisi degli effetti della Protezione sulla biomassa totale del benthos nell'area protetta e non protetta. Risultati dell'analisi della varianza (ANOVA).

Sorgente di variazione	df	Biomassa totale del benthos			
		SS	MS	F	P
Protezione (Pro)	1	351541.027	351541	2.52	0.2536
Località(Protezione) (Loc(Pro))	2	279490.611	139745	0.29	0.7497
Settore (Set)	2	452620.664	226310	0.65	0.5693
Pro*Set	2	1833591.62	916796	2.64	0.1861
Loc(Pro)*Set	4	1391337.13	347834	0.72	0.5812
Residuali	60	28960771.8	482680		
Totale	71	33269352.9			

Test di Cochran non significativo

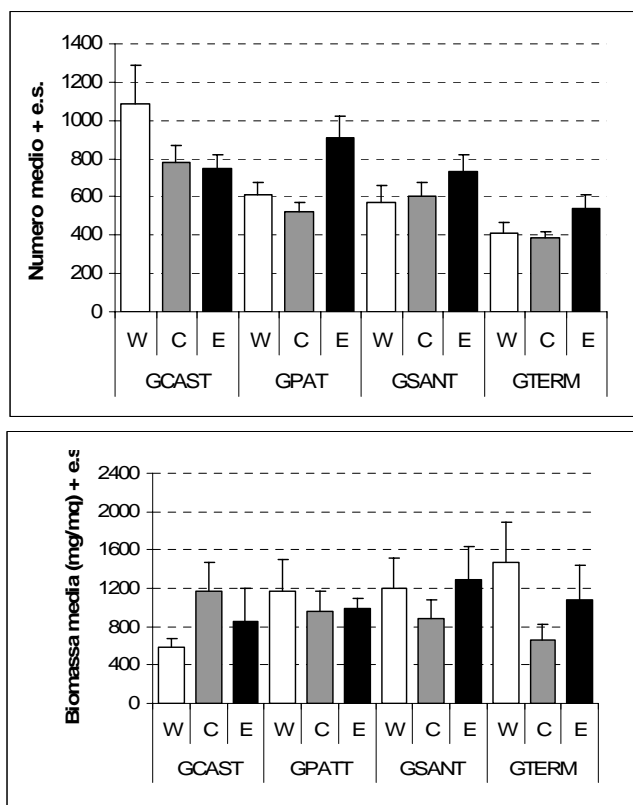


Figura 7.11 - Media ed errore standard (e.s.) del numero totale di individui e della biomassa totale del benthos nei tre settori di ciascuna località (GCAST, GPATT, GSANT, GTERM).

Tabella 7.10 - Analisi degli effetti del fattore Località sul numero totale di individui del benthos bentonici nei quattro golfi (GCAST, GPATT, GSANT, GTERM). Risultati dell'analisi della varianza (ANOVA) e del confronto a coppia. In grassetto i fattori e le interazioni significative

Sorgente di variazione	df	Numero di individui totale del benthos			
		SS	MS	F	P
Località (Loc)	3	3.8825	1.2942	13.3	0.00001
Settore (Set)	2	0.7514	0.3757	3.86	0.0265
Località*Settore	6	1.0551	0.1759	1.81	0.113
Residuali	60	5.8399	0.0973		
Totale	71	11.529			

Test di Cochran non significativo dopo trasformazione (Ln(x+1)) dei dati

Confronto a coppie

Effetti principali

Località GCAST > GPATT = GSANT > GTERM

Settore Ovest = Centrale = Est

Tabella 7.11 - Analisi degli effetti del fattore Località sulla biomassa totale del benthos nei quattro golfi (GCAST, GPATT, GSANT, GTERM).

Sorgente di variazione	df	Biomassa totale del benthos			
		SS	MS	F	P
Località (Loc)	3	631031.638	210344	0.44	0.7282
Settore (Set)	2	452620.664	226310	0.47	0.628
Loc*Set	6	3224928.76	537488	1.11	0.3653
Residuali	60	28960771.83	482680		
Totale	71	33269352.89			
Test di Cochran non significativo					

7.1.5 Numero di individui e biomassa del benthos per categoria trofica

Carnivori e Detritivori sono le due categorie trofiche del benthos che hanno registrato valori di Nct e Bct sufficienti per le analisi statistiche. I valori medi di Nct e Bct calcolati per aree protette e non protette, per località e per settore sono mostrate nelle Figg. 7.12, 7.13, 7.14 e 7.15.

I valori medi di Nct dei Carnivori e dei Detritivori sono risultati più elevati a GCAST rispetto agli altri golfi. I risultati dell'ANOVA non hanno però evidenziato differenze significative di Nct fra aree protette e non protette ma hanno rilevato differenze fra le località non protette (GSANT > GTERM). All'interno dell'area protetta i valori di Nct sono risultate simili (GCAST=GPATT) (Tab. 7.12).

I risultati dell'ANOVA hanno anche mostrato l'assenza di effetti della protezione e delle località sulla Bct dei Carnivori e dei Detritivori (Tabb. 7.13, 7.15, 7.17 e 7.19).

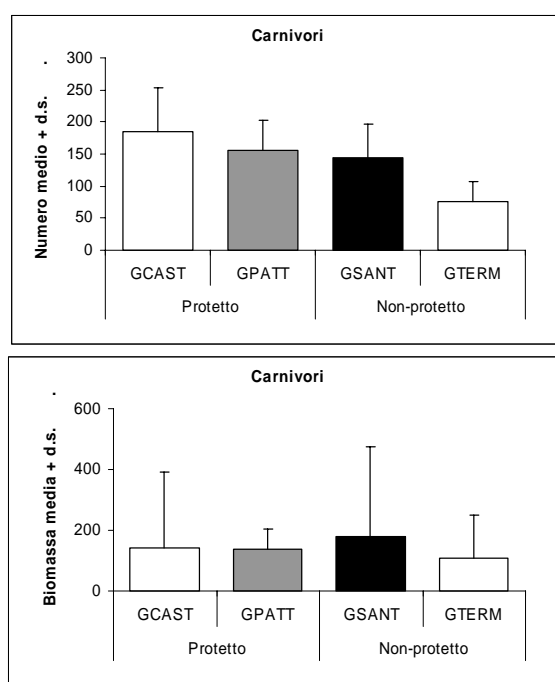


Figura 7.12 - Media ed errore standard (e.s.) del numero di individui e della biomassa dei Carnivori nelle quattro località (GCAST, GPATT, GSANT, GTERM).

Tabella 7.12 - Analisi degli effetti della Protezione sul numero di individui dei Carnivori nell'area protetta e non protetta. Risultati dell'analisi della varianza (ANOVA) e del confronto a coppia. In grassetto i fattori e le interazioni significative.

Sorgente di variazione	df	Numero di individui totale dei Carnivori			
		SS	MS	F	P
Protezione (Pro)	1	65792.6	65792.6	2.68	0.243
Località(Protezione) (Loc(Pro))	2	49028.3	24514.1	9.77	0.0002
Settore (Set)	2	16321.5	8160.74	5.57	0.0698
Pro*Set	2	5229.79	2614.89	1.78	0.2792
Loc(Pro)*Set	4	5860.57	1465.14	0.58	0.6756
Residuali	60	150594	2509.89		
Totale	71	292826			

Test di Cochran non significativo

Confronto a coppie

Effetti principali

Loc(Pro)	Protetto	Non Protetto
	GCAST = GPATT	GSANT > GTERM

Tabella 7.13 - Analisi degli effetti della Protezione sulla biomassa dei Carnivori nell'area protetta e non protetta. Risultati dell'analisi della varianza (ANOVA.)

Sorgente di variazione	df	Biomassa totale dei Carnivori			
		SS	MS	F	P
Protezione (Pro)	1	1.6923	1.6923	0.58	0.5244
Località(Protezione) (Loc(Pro))	2	5.7891	2.8945	2.91	0.0621
Settore (Set)	2	0.8744	0.4372	0.46	0.6617
Pro*Set	2	1.9361	0.9681	1.02	0.4398
Loc(Pro)*Set	4	3.8125	0.9531	0.96	0.4367
Residuali	60	59.6349	0.9939		
Totale	71	73.7393			

Test di Cochran non significativo dopo trasformazione (Ln(x+1)) dei dati

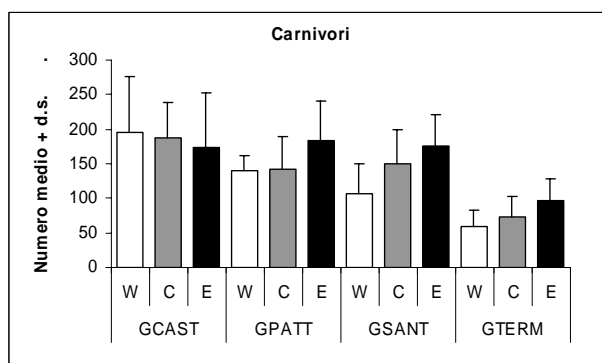
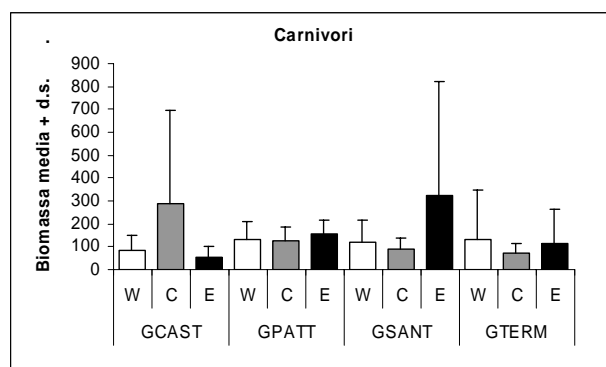


Figura 7.13 - Media ed errore standard (e.s.) del numero di individui e della biomassa dei Carnivori nei tre settori di ciascuna località (GCAST, GPATT, GSANT, GTERM).



Segue Figura 7.13 - Media ed errore standard (e.s.) del numero di individui e della biomassa dei Carnivori nei tre settori di ciascuna località (GCAST, GPATT, GSANT, GTERM).

Per quanto riguarda Nct dei Carnivori l'ANOVA ha evidenziato differenze significative fra le località ed i settori. Il confronto a coppia mostra che i valori di Nct sono significativamente inferiori a quelli ottenuti negli altri tre golfi che non differiscono fra di loro. Nessuna differenza è emersa fra i settori (Tab. 7.14).

Tabella 7.14 - Analisi degli effetti del fattore Località sul numero di individui dei Carnivori nei quattro golfi (GCAST, GPATT, GSANT, GTERM). Risultati dell'analisi della varianza (ANOVA) e del confronto a coppia. In grassetto i fattori e le interazioni significative.

Sorgente di variazione	Numero di individui totale dei Carnivori				
	df	SS	MS	F	P
Località (Loc)	3	114821	38273.6	15.25	0.00001
Settore (Set)	2	16321.5	8160.74	3.25	0.0456
Località*Settore	6	11090.4	1848.39	0.74	0.6223
Residuali	60	150594	2509.89		
Totale	71	292826			

Test di Cochran non significativo

Confronto a coppie

Effetti principali

Località GCAST = GPATT = GSANT > GTERM

Settore W = C = E

Tabella 7.15 - Analisi degli effetti del fattore Località sulla biomassa dei Carnivori nei quattro golfi (GCAST, GPATT, GSANT, GTERM).

Sorgente di variazione	Biomassa totale dei Carnivori				
	df	SS	MS	F	P
Località (Loc)	3	7.4814	2.4938	2.6	0.1471
Settore (Set)	2	0.8744	0.4372	0.44	0.6462
Loc*Set	6	5.7487	0.9581	0.96	0.4573
Residuali	60	59.6349	0.9939		
Totale	71	73.7393			

Test di Cochran non significativo dopo trasformazione $(\ln(x+1))$ dei dati

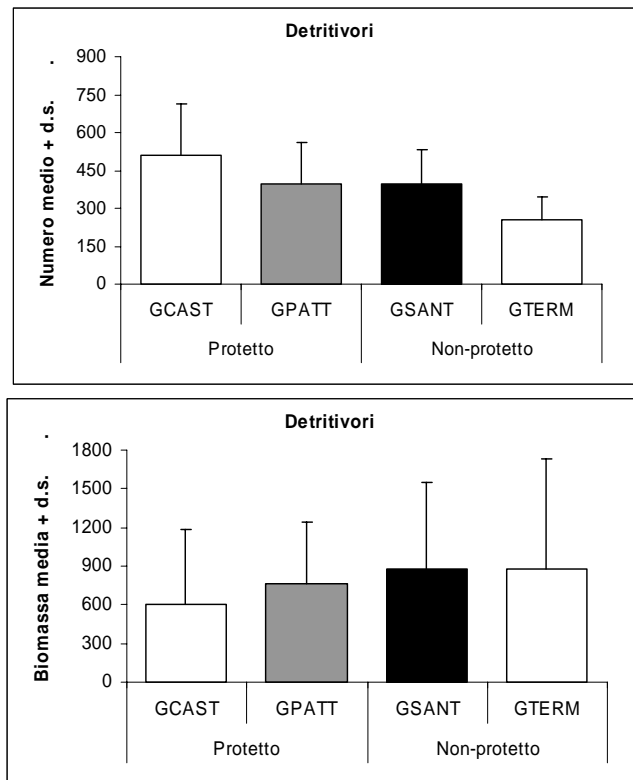


Figura 7.14 - Media ed errore standard (e.s.) del numero di individui e della biomassa dei Detritivori nelle quattro località (GCAST, GPATT, GSANT, GTERM).

I risultati dell'ANOVA non hanno evidenziato differenze significative di Nct dei Detritivori fra aree protette e non protette ma hanno rilevato differenze fra GCAST e GPATT e fra GSANT e GTERM) (Tab. 7.16).

Tabella 7.16 - Analisi degli effetti della Protezione sul numero di individui dei Detritivori nell'area protetta e non protetta. Risultati dell'analisi della varianza (ANOVA) e del confronto a coppia. In grassetto i fattori e le interazioni significative.

Sorgente di variazione	df	Numero di individui totale dei Detritivori			
		SS	MS	F	P
Protezione (Pro)	1	2.123	2.123	1.67	0.3249
Località(Protezione) (Loc(Pro))	2	2.5351	1.2676	10.96	0.0001
Settore (Set)	2	0.901	0.4505	1.66	0.2989
Pro*Set	2	0.3018	0.1509	0.56	0.6126
Loc(Pro)*Set	4	1.0868	0.2717	2.35	0.0643
Residuali	60	6.9379	0.1156		
Totale	71	13.8857			

Test di Cochran non significativo dopo trasformazione ($\ln(x+1)$) dei dati

Confronto a coppie

Effetti principali

Loc(Pro)	Protetto	Non Protetto
	GCAST > GPATT	GSANT > GTERM

Tabella 7.17 - Analisi degli effetti della Protezione sulla biomassa dei Detritivori nell'area protetta e non protetta. Risultati dell'analisi della varianza (ANOVA.)

Sorgente di variazione	df	Biomassa totale dei Detritivori			
		SS	MS	F	P
Protezione (Pro)	1	678009.2	678009	5.6	0.1416
Località(Protezione) (Loc(Pro))	2	242176.1	121088	0.27	0.7664
Settore (Set)	2	572051.3	286026	1.91	0.2619
Pro*Set	2	1385937.1	692969	4.62	0.0912
Loc(Pro)*Set	4	599549.3	149887	0.33	0.8562
Residuali	60	27183335.3	453056		
Totale	71	30661058.3			

Test di Cochran non significativo

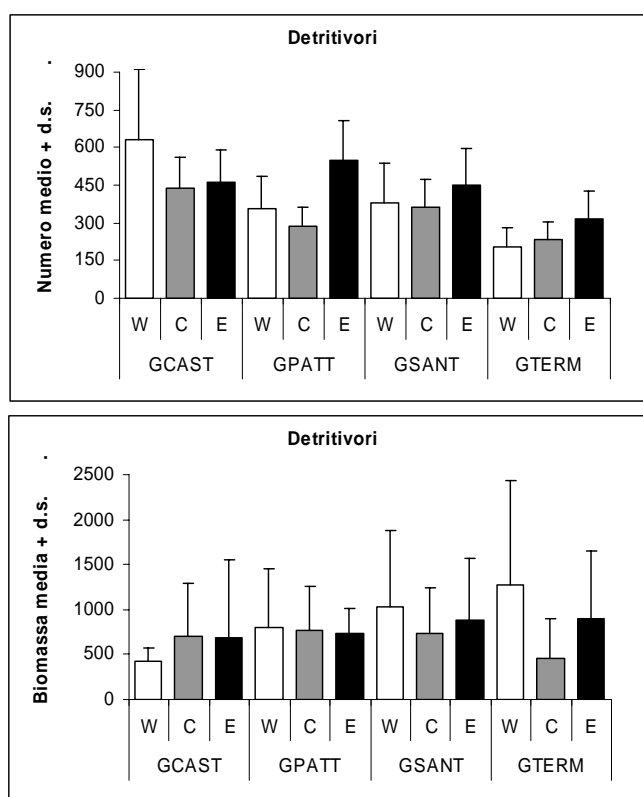


Figura 7.15 - Media ed errore standard (e.s.) del numero di individui e della biomassa dei Detritivori nei tre settori di ciascuna località (GCAST, GPATT, GSANT, GTERM).

Nct dei Detritivori ha mostrato differenze nelle quattro località con valori significativamente inferiori registrati a GTERM rispetto agli altri golfi risultati simili fra loro. Nessuna differenza è emersa dal confronto a coppie dei settori. (Tab. 7.18)

Tabella 7.20 – Media e deviazione standard (d.s) dei taxa del benthos utilizzati per l’analisi degli isotopi dell’azoto ($\delta^{15}\text{N}$) e del Carbonio ($\delta^{13}\text{C}$)

Isotopo Protezione Località	Azoto $\delta^{15}\text{N}$								Carbonio $\delta^{13}\text{C}$							
	Protetto				Non Protetto				Protetto				Non Protetto			
	GCAST	d.s.	GPATT	d.s.	GSANT	d.s.	GTERM	d.s.	GCAST	d.s.	GPATT	d.s.	GSANT	d.s.	GTERM	d.s.
Taxa bentonici	media	d.s.	media	d.s.	media	d.s.	media	d.s.	media	d.s.	media	d.s.	media	d.s.	media	d.s.
<i>Alpheus glaber</i>	6.42	0.98	5.64	1.08	5.47	0.89	6.02	0.57	-21.11	1.07	-19.80	1.17	-20.27	0.18	-20.59	0.65
<i>Apseudes spinosus</i>	5.86	0.84	4.11	0.30	4.36	0.31	5.61	0.31	-21.58	0.48	-20.07	1.05	-20.72	0.48	-19.87	0.09
Capitellidae	8.81	0.14	7.85	0.17	7.53	0.81	8.63	1.06	-19.93	0.85	-20.95	1.48	-19.50	0.80	-19.73	0.06
Cirratulidae	7.47	0.19	5.46	0.14	6.00	0.62	7.08	0.18	-21.32	0.51	-21.69	1.21	-20.44	0.51	-20.27	0.03
Glyceridae	10.52	0.55	9.71	0.30	9.47	0.53	9.87	0.41	-19.29	0.73	-21.53	1.94	-18.89	0.08	-19.09	0.67
Goneplax rhomboides	5.98	1.21	4.76	0.45	5.59	0.42	5.27	1.28	-22.31	0.23	-19.68	0.50	-19.08	0.72	-19.23	0.17
<i>Harpinia</i> sp.	8.34	0.52	7.01	0.60	7.03	0.70	8.20	0.10	-21.20	0.33	-20.71	1.15	-22.19	0.24	-20.51	0.30
Lumbrineridae	9.13	0.37	7.98	0.39	7.44	0.62	8.54	1.09	-19.85	0.12	-21.55	0.58	-19.67	0.20	-19.46	0.36
Nephtyidae	8.48	0.39	8.06	0.68	7.73	0.80	7.79	0.37	-19.69	0.16	-19.57	0.39	-18.70	0.39	-19.56	0.81
Oeonidae	10.24	0.26	9.05	0.32	8.30	0.15	9.49	0.32	-19.63	0.21	-20.39	1.10	-19.44	0.21	-19.42	0.05
Olothuroidea	8.73	0.88	6.08	1.57	6.62	1.60	9.28	0.72	-18.63	1.35	-17.90	1.45	-17.74	1.31	-17.19	0.39
Paraonidae	6.91	0.60	7.39	0.00	5.30	0.60	6.56	0.32	-20.96	0.16	-21.00	0.00	-21.25	0.20	-21.17	0.38
Sigalionidae	8.85	1.39	7.80	0.46	8.26	0.98	9.66	1.53	-19.83	0.15	-19.25	0.12	-20.16	1.05	-18.44	0.66
Sipunculida	6.80	0.82	5.50	0.54	6.62	1.56	5.39	1.17	-20.01	0.15	-19.64	0.91	-19.24	0.18	-19.45	0.45
Spionidae	6.74	0.58	5.70	1.04	6.04	1.08	7.14	1.24	-20.81	0.08	-22.35	1.44	-20.41	0.26	-19.90	0.86
Sternaspidae	6.77	0.34	5.22	0.41	4.54	0.48	5.95	0.60	-19.70	0.80	-19.82	1.50	-17.63	1.03	-17.50	0.09

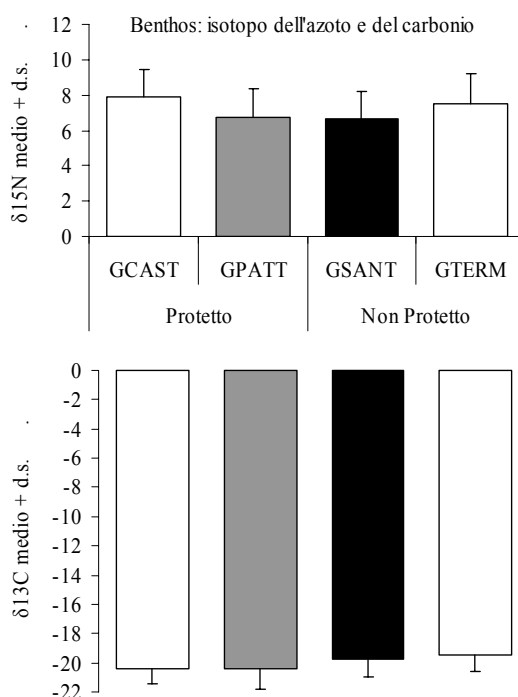


Figura 7.16 - Media e deviazione standard (d.s) dei valori degli isotopi dell’azoto ($\delta^{15}\text{N}$) e del Carbonio ($\delta^{13}\text{C}$) dei taxa bentonoci nelle quattro località (GCAST, GPATT, GSANT, GTERM).

I risultati dell’ANOVA hanno mostrato l’assenza di un’ effetto della protezione sull’azoto dei taxa bentonici ma differenze significative fra le località con valori di $\delta^{15}\text{N}$ superiori a GCAST rispetto a GPATT nel livello protetto e con $\delta^{15}\text{N}$ inferiore a GSANT rispetto a GTERM (Tab. 7.21). L’ANOVA effettuata sulle località ha confermato le differenze fra i golfi con valori di $\delta^{15}\text{N}$

significativamente maggiori a GCAST rispetto alle altre località ma nessuna interazione significativa è stata rilevata (Tab. 7.22).

Tabella 7.21 - Analisi degli effetti della Protezione sui valori di $\delta^{15}\text{N}$ dei taxa bentonici nell'area protetta e non protetta. Risultati dell'analisi della varianza (ANOVA) e del confronto a coppia. In grassetto i fattori e le interazioni significative.

Sorgente di variazione	$\delta^{15}\text{N}$ dei taxa bentonici				
	df	SS	MS	F	P
Protezione (Pro)	1	2.02	2.02	0.08	0.8061
Località(Protezione) (Loc(Pro))	2	51.70	25.85	43.73	0.00001
Taxa (Ta)	15	384.46	25.63	27.98	0.00001
Pro*Ta	15	11.24	0.75	0.82	0.651
Loc(Pro)*Ta	30	27.48	0.92	1.55	0.0497
Residuali	128	75.67	0.59		
Totale	191	552.58			
Test di Cochran non significativo					
Confronto a coppie					
Effetti principali					
Loc(Pro)	Protetto			Non Protetto	
	GCAST > GPATT			GSANT < GTERM	

Tabella 7.22 - Analisi degli effetti della Località sui valori di $\delta^{15}\text{N}$ dei taxa bentonici nell'area protetta e non protetta. Risultati dell'analisi della varianza (ANOVA) e del confronto a coppia. In grassetto i fattori e le interazioni significative.

Sorgente di variazione	$\delta^{15}\text{N}$ dei taxa bentonici				
	df	SS	MS	F	P
Località (Loc)	3	53.72	17.91	30.29	0.00001
Taxa (Ta)	15	384.46	25.63	43.35	0.00001
Loc*Ta	45	38.73	0.86	1.46	0.0537
Residuali	128	75.67	0.59		
Totale	191	552.58			
Test di Cochran non significativo					
Confronto a coppie					
Effetti principali					
Località	GCAST > GTERM > GPATT = GSANT				

L'ANOVA sull'isotopo stabile del carbonio dei taxa bentonici ha invece evidenziato un effetto protezione con valori di $\delta^{13}\text{C}$ significativamente inferiori nei golfi protetti (GCAST e GPATT) rispetto a quelli non protetti (Tab. 7.23).

Tabella 7.23 - Analisi degli effetti della Protezione sui valori di $\delta^{13}\text{C}$ dei taxa bentonici nell'area protetta e non protetta. Risultati dell'analisi della varianza (ANOVA) e del confronto a coppia. In grassetto i fattori e le interazioni significative.

Sorgente di variazione	$\delta^{13}\text{C}$ dei taxa bentonici				
	df	SS	MS	F	P
Protezione (Pro)	1	29.45	29.45	40.64	0.0237
Località(Protezione) (Loc(Pro))	2	1.45	0.72	1.3	0.2749
Taxa (Ta)	15	144.99	9.67	6.14	0.00001
Pro*Ta	15	23.27	1.55	0.99	0.4926
Loc(Pro)*Ta	30	47.21	1.57	2.83	0.00001
Residuali	128	71.11	0.56		
Totale	191	317.48			
Test di Cochran non significativo					
	Confronto a coppie				
Effetti principali					
Protezione	Protetto < Non Protetto				

L'effetto delle località sul carbonio è risultato significativo per i fattori Località, Taxa e per l'interazione Località*Taxa (Tab. 7.24). Il confronto a coppie delle località ha evidenziato valori di $\delta^{13}\text{C}$ significativamente superiori nei golfi non protetti rispetto alle località protette. Il confronto delle località in relazione a ciascun taxa ha mostrato a GCAST valori di $\delta^{13}\text{C}$ di *G. rhomboides* e dei policheti sternaspidi sempre inferiori rispetto ai golfi di controllo (GSANT e GTERM). L'altro golfo protetto (GPATT) ha registrato valori di $\delta^{13}\text{C}$ sempre inferiori alle altre località per tutti i taxa tranne per *G. rhomboides* e per i policheti sternaspidi (Tab. 7.24).

Tabella 7.24 - Analisi degli effetti della Località sui valori di $\delta^{13}\text{C}$ dei taxa bentonici nell'area protetta e non protetta. Risultati dell'analisi della varianza (ANOVA) e del confronto a coppia. In grassetto i fattori e le interazioni significative.

Sorgente di variazione	$\delta^{13}\text{C}$ dei taxa bentonici				
	df	SS	MS	F	P
Località (Loc)	3	30.90	10.30	18.54	0.00001
Taxa (Ta)	15	144.99	9.67	17.4	0.00001
Loc*Ta	45	70.48	1.57	2.82	0.00001
Residuali	128	71.11	0.56		
Totale	191	317.48			
Test di Cochran non significativo					
	Confronto a coppie				
Effetti principali					
Località	GCAST = GPATT < GSANT = GTERM				
Interazione Loc*Ta					
Taxa	Località				
Goneplax rhomboides	GCAST < GPATT = GSANT = GTERM				
Glyceridae	GPATT < GCAST = GSANT = GTERM				

Lumbrineridae	GPATT < GCAST = GSANT = GTERM
Spionidae	GPATT < GCAST = GSANT = GTERM
Sternaspidae	GPATT = GCAST < GSANT = GTERM

7.2.2 $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$ nelle categorie trofiche del benthos

I valori medi per località delle categorie trofiche dei benthos scelti per l'analisi degli isotopi stabili dell'azoto e del carbonio sono mostrate in Fig. 7.17.

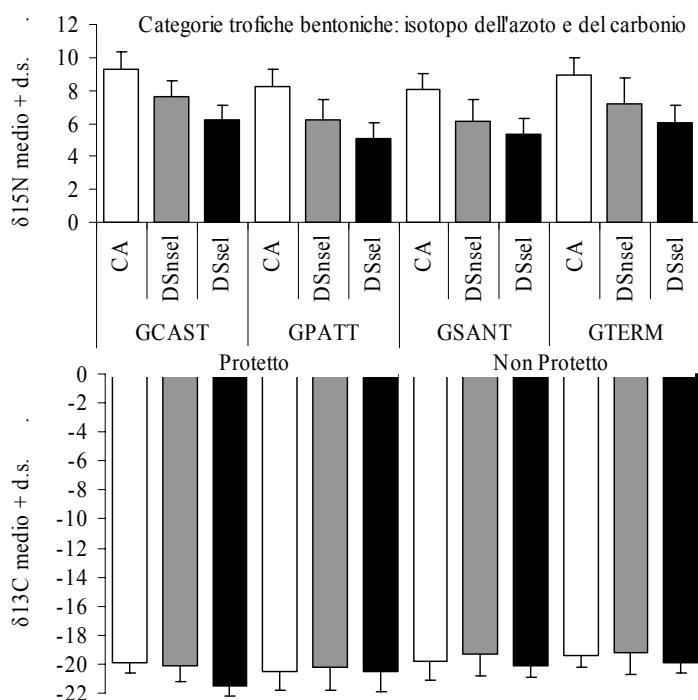


Figura 7.17 - Media e deviazione standard (d.s) dei valori degli isotopi dell'azoto ($\delta^{15}N$) e del Carbonio ($\delta^{13}C$) delle categorie trofiche del benthos nelle quattro località (GCAST, GPATT, GSANT, GTERM).

I risultati della PERANOVA hanno mostrato l'assenza di un effetto della protezione sull'azoto delle categorie trofiche ma differenze significative fra le località con valori di $\delta^{15}N$ superiori a GCAST rispetto a GPATT nel livello protetto e con $\delta^{15}N$ inferiore a GSANT rispetto a GTERM (Tab. 7.25). La PERANOVA effettuata sulle località ha mostrato differenze fra i golfi (Tab. 7.26). Il confronto a coppie fra le località evidenzia valori di $\delta^{15}N$ superiori a GCAST e GTERM rispetto a GPATT e GSANT, mentre fra le categorie trofiche i CA sono risultati più arricchiti in $\delta^{15}N$ rispetto ai DSnsel ed ai DSsel che differiscono fra loro.

Tabella 7.25 - Analisi degli effetti della Protezione su $\delta^{15}\text{N}$ delle categorie trofiche del benthos nell'area protetta e non protetta. Risultati dell'analisi della PERANOVA e del confronto a coppia. In grassetto i fattori e le interazioni significative

Sorgente di variazione	$\delta^{15}\text{N}$ delle categorie trofiche del benthos				
	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Protezione (Pro)	1	0.02	0.02	0.05	0.84
Località(Protezione) (Loc(Pro))	2	0.82	0.41	20.40	0.0001
Categoria trofica (Ct)	15	4.24	2.12	197.60	0.0001
Pro*Ct	15	0.02	0.01	0.90	0.46
Loc(Pro)*Ct	30	0.04	0.01	0.53	0.72
Residuali	128	3.61	0.02		
Totale	191	8.78			
Confronto a coppie					
Effetti principali					
Loc(Pro)	Protetto		Non Protetto		
	GCAST > GPATT		GSANT < GTERM		

Tabella 7.26 - Analisi degli effetti delle Località su $\delta^{15}\text{N}$ delle categorie trofiche del benthos nei quattro golfi. Risultati dell'analisi della PERANOVA e del confronto a coppia. In grassetto i fattori e le interazioni significative

Sorgente di variazione	$\delta^{15}\text{N}$ delle categorie trofiche del benthos				
	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Località (Loc)	3	0.84	0.28	13.96	0.0001
Categoria trofica (Ct)	2	4.24	2.12	105.68	0.0001
Loc*Ct	6	0.06	0.01	0.52	0.79
Residuali	180	3.61	0.02		
Totale	191	8.78			
Confronto a coppie					
Effetti principali					
Località	GCAST = GTERM > GPATT = GSANT				
Categoria trofica (Ct)	CA > DSnsel > DSsel				

La PERANOVA sull'isotopo stabile del carbonio delle categorie trofiche del benthos ha invece evidenziato un effetto protezione con valori di $\delta^{13}\text{C}$ significativamente inferiori nei golfi protetti rispetto a quelli non protetti (Tab. 7.27).

Tabella 7.27 - Analisi degli effetti della Protezione su $\delta^{13}\text{C}$ delle categorie trofiche del benthos nell'area protetta e non protetta. Risultati dell'analisi della PERANOVA e del confronto a coppia. In grassetto i fattori e le interazioni significative

Sorgente di variazione	$\delta^{13}\text{C}$ delle categorie trofiche del benthos				
	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Protezione (Pro)	1	29.81	29.81	36.54	0.03
Località(Protezione) (Loc(Pro))	2	18.46	9.23	3.90	0.12
Categoria trofica (Ct)	2	1.63	0.82	0.57	0.56
Pro*Ct	2	1.23	0.62	0.26	0.78
Loc(Pro)*Ct	4	9.46	2.37	1.65	0.16
Residuali	180	257.43	1.43		
Totale	191	317.48			
	Confronto a coppie				
Effetti principali					
Protezione	Protetto < Non Protetto				

L'effetto delle località sul carbonio è risultato significativo per i fattori Località, Taxa ma non per l'interazione Località*Taxa (Tab. 7.28). Il confronto a coppie delle località ha evidenziato valori di $\delta^{13}\text{C}$ significativamente superiori nei golfi non protetti rispetto alle località protette. Il confronto fra le categorie trofiche ha evidenziato valori di $\delta^{13}\text{C}$ significativamente maggiori CA e nei DSnsel rispetto ai DSsel.

Tabella 7.28 - Analisi degli effetti delle Località su $\delta^{13}\text{C}$ e delle categorie trofiche del benthos nei quattro golfi. Risultati dell'analisi della PERANOVA e del confronto a coppia. In grassetto i fattori e le interazioni significative

Sorgente di variazione	$\delta^{13}\text{C}$ delle categorie trofiche del benthos				
	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Località (Loc)	3	31.44	10.48	7.33	0.0001
Categoria trofica (Ct)	2	18.46	9.23	6.45	0.0028
Loc*Ct	6	10.70	1.78	1.25	0.2778
Residuali	180	257.43	1.43		
Totale	191	317.48			
	Confronto a coppie				
Effetti principali					
Località	GCAST = GPATT < GTERM = GSANT				
Categoria trofica (Ct)	CA = DSnsel > DSsel				

7.3 - Valori di $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ nei predatori

I valori medi con deviazione standard di taglia (LT), $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ per golfo dei potenziali predatori della triglia di fango con sono mostrati nelle Figg. 7.18, 7.19, 7.20 e 7.21.

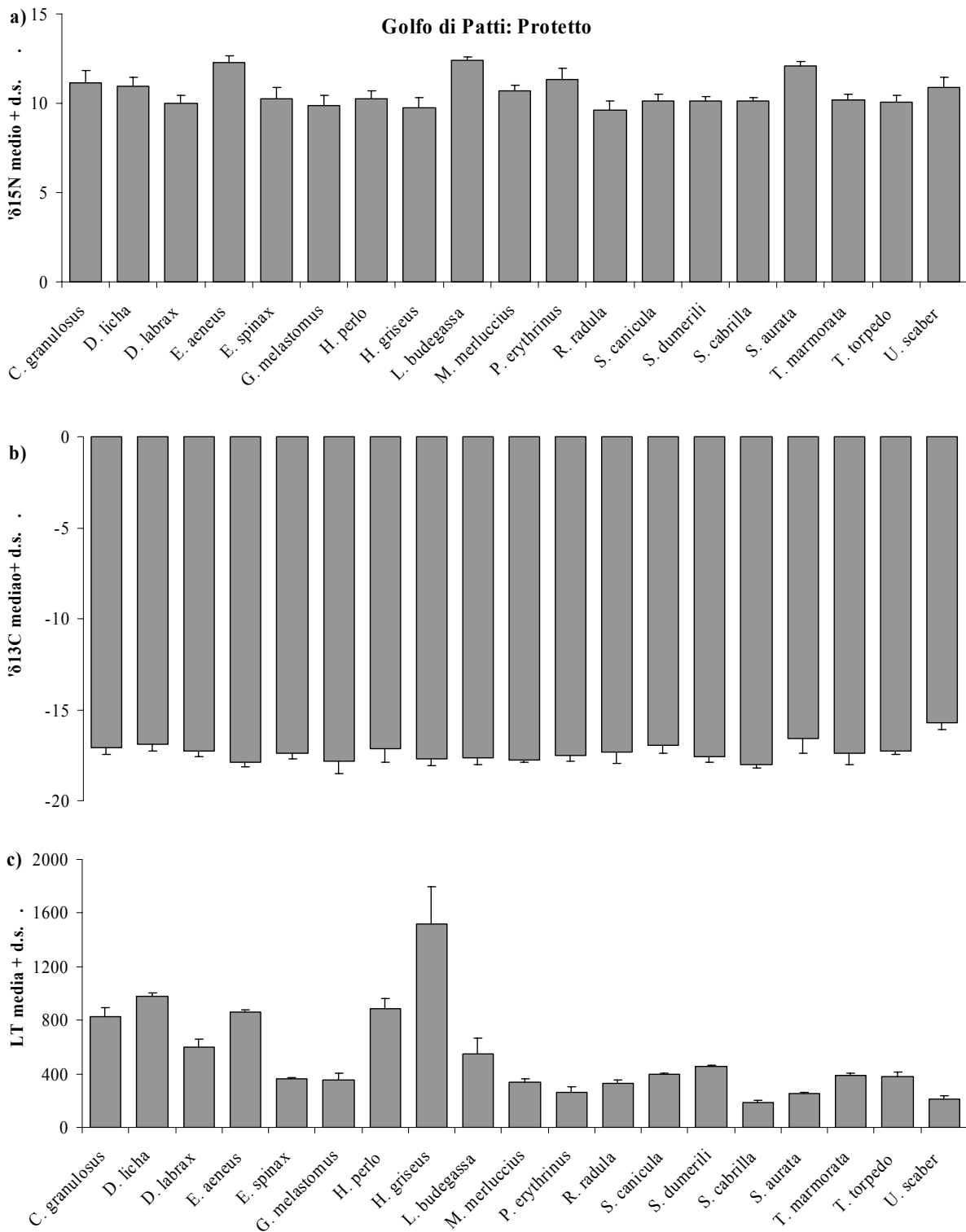


Figura 7.18 - Potenziali predatori della triglia di fango con i relativi valori medi e deviazione standard (d.s.) di $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{13}\text{C}$ e taglia (LT, mm) nel Golfo di Patti

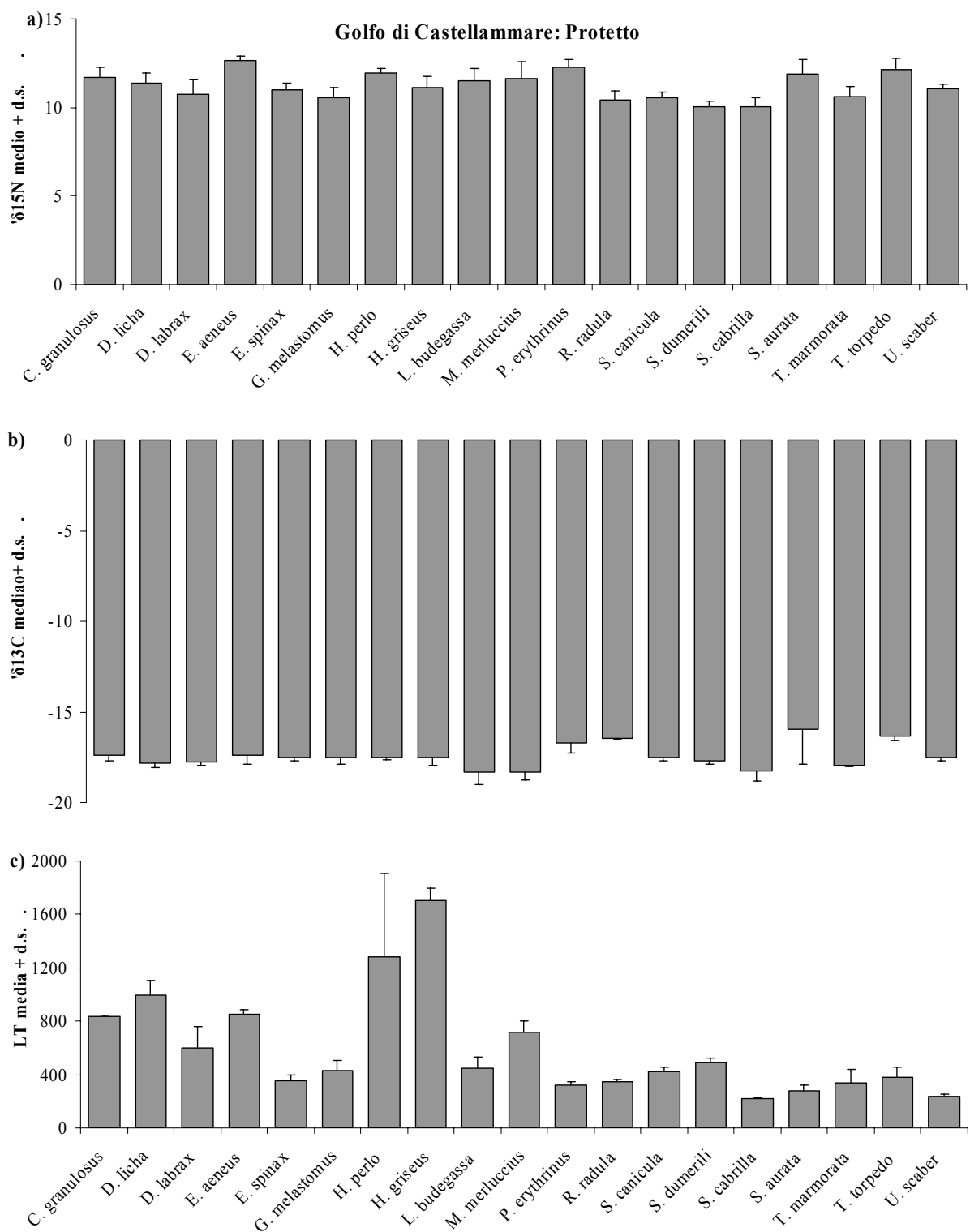


Figura 7.19 - Potenziali predatori della triglia di fango con i relativi valori medi e deviazione standard (d.s.) di $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{13}\text{C}$ e taglia (LT, mm) nel Golfo di Castellammare

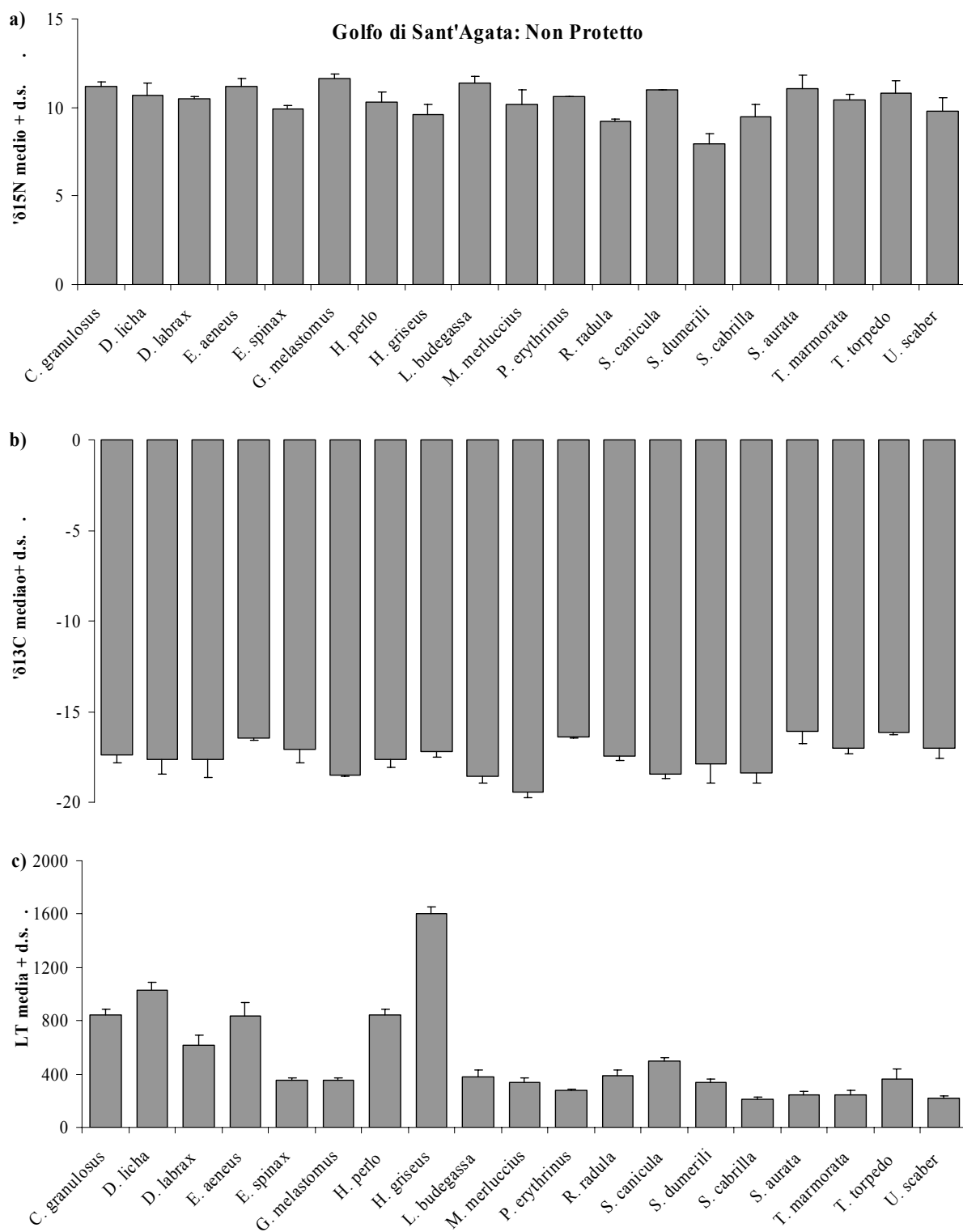


Figura 7.20 - Potenziali predatori della triglia di fango con i relativi valori medi e deviazione standard (d.s.) di $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{13}\text{C}$ e taglia (LT, mm) nel Golfo di Sant'Agata

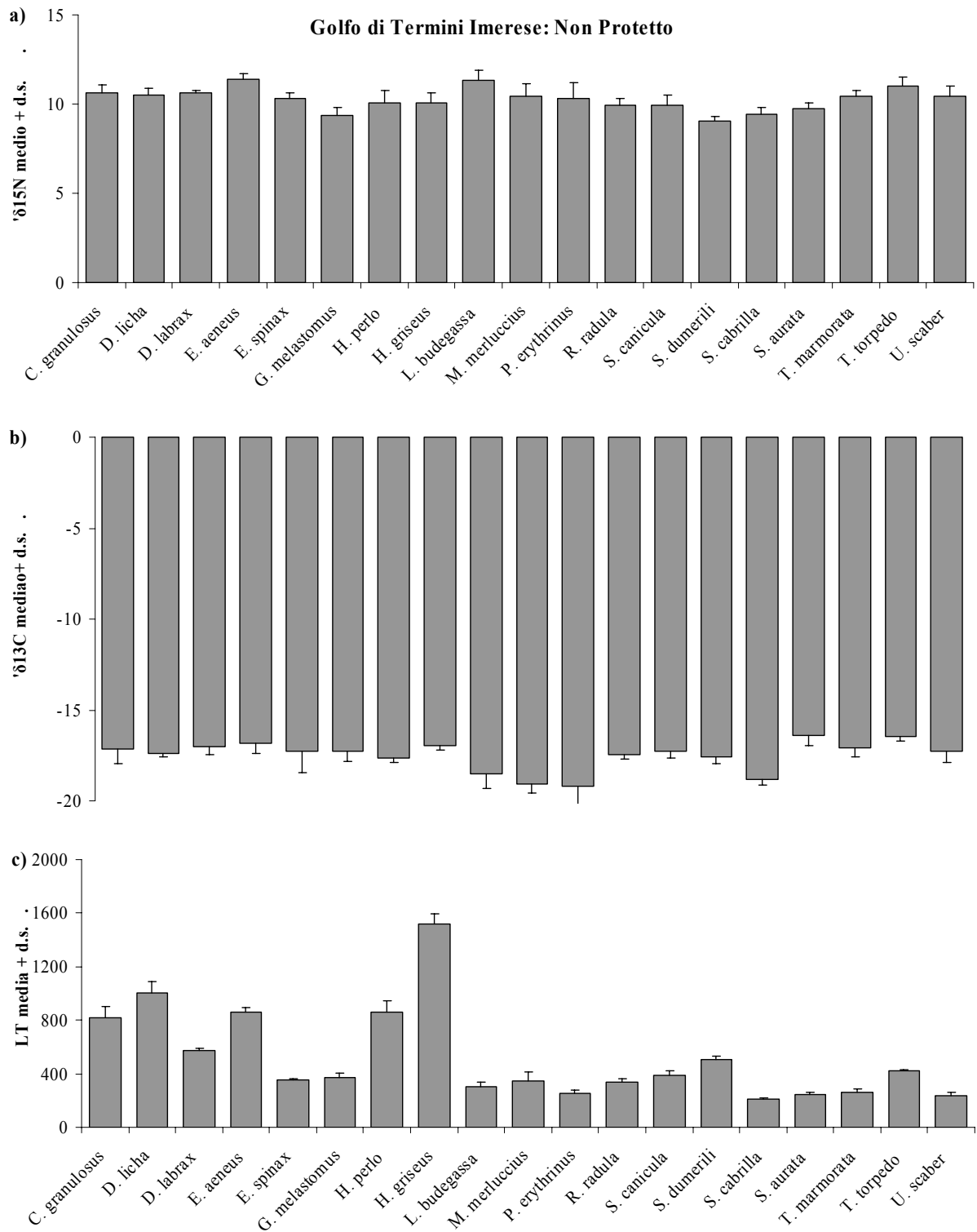


Figura 7.21 - Potenziali predatori della triglia di fango con i relativi valori medi e deviazione standard (d.s.) di $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{13}\text{C}$ e taglia (LT, mm) nel Golfo di Termini Imerese

I valori medi di $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ per golfo sono mostrati in Fig. 7.22. L'analisi statistica per il confronto della taglia dei predatori non ha evidenziato differenze significative fra le aree protette e non protette ($F=2.46$, $P=0.25$) e fra le località ($F=2.42$, $P=0.09$).

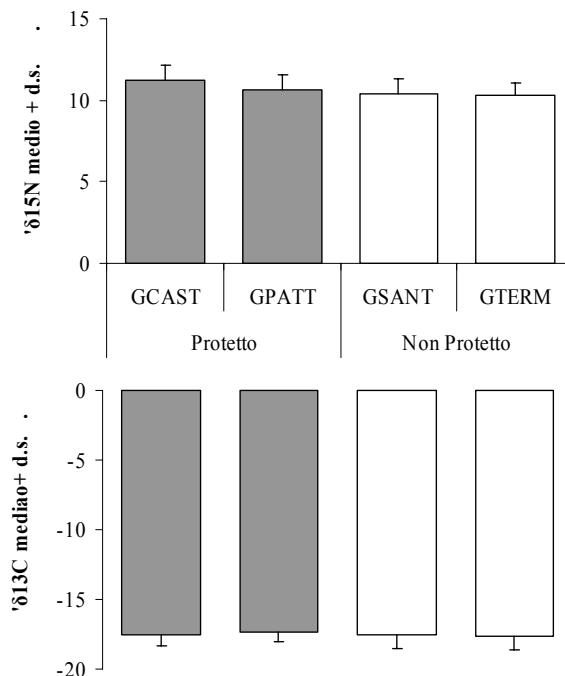


Figura 7.22 – Media e deviazione standard (d.s.) di $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ nelle quattro località (GCAST, GPATT, GSANT, GTERM).

I risultati della PERANOVA non ha evidenziato alcun effetto della protezione su $\delta^{15}\text{N}$ ma differenze significative nell'interazione Località*Predatore. Il confronto a coppia fra le località all'interno di ciascun livello di protezione ha mostrato valore di $\delta^{15}\text{N}$ significativamente più alti a GCAST rispetto a GPATT ma nessuna differenza fra GSANT e GTERM (Tab. 7.29).

I risultati dell'effetto delle località conferma le differenze fra GCAST e GPATT mentre il confronto a coppie dei golfi in relazione a ciascun predatore ha evidenziato valori di azoto generalmente superiori a GCAST e GPATT rispetto ai golfi di controllo (Tab. 7.30). In particolare i valori dell'azoto di *Etmopterus spinax*, *Lophius budegassa*, *Pagellus erythrinus*, *Torpedo torpedo* sono risultati più elevati a GCAST rispetto alle altre località.

Tabella 7.29 - Analisi degli effetti della Protezione su $\delta^{15}\text{N}$ dei predatori catturati nell'area protetta e non protetta. Risultati dell'analisi della PERANOVA e del confronto a coppia. In grassetto i fattori e le interazioni significative.

Sorgente di variazione	$\delta^{15}\text{N}$ dei Predatori				
	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Protezione (Pro)	1	0.60217	0.60217	4.1864	0.1692
Località(Protezione) (Loc(Pro))	2	0.28988	0.14494	23.125	0.0001
Predatori(Pre)	18	2.6771	0.14873	6.3291	0.0001
Pro*Pre	18	0.46139	0.02563	1.0908	0.3957
Loc(Pro)*Pre	36	0.8653	0.02404	3.8349	0.0001
Residuali	232	1.4541	0.00627		
Totale	307	6.7501			

Confronto a coppie

Effetti principali

Loc(Pro)	Protetto	Non Protetto
	GCAST > GPATT	GSANT = GTERM

Tabella 7.30 - Analisi degli effetti delle Località su $\delta^{15}\text{N}$ dei predatori catturati nei quattro golfi. Risultati dell'analisi della PERANOVA e del confronto a coppia. In grassetto i fattori e le interazioni significative.

Sorgente di variazione	$\delta^{15}\text{N}$ dei Predatori				
	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Località (Loc)	3	1.0346	0.34488	55.025	0.001
Predatori (Pre)	18	2.6771	0.14873	23.729	0.001
Loc*Pre	54	1.3206	0.02446	3.9018	0.001
Residuali	232	1.4541	0.00627		
Totale	307	6.7501			

Confronto a coppie

Effetti principali

Loc GCAST > GPATT > GSANT = GTERM

Interazione Loc*Pre

Loc (Pre)

Predatori (Pre)

Località

Centrophorus granulosus GCAST = GPATT = GSANT > GTERM

Epinephelus aeneus GCAST = GPATT > GSANT = GTERM

Etmopterus spinax GCAST > GPATT = GSANT = GTERM

Galeus melastomus GCAST = GPATT > GSANT = GTERM

Lophius budegassa GPATT > GCAST = GSANT = GTERM

Merluccius merluccius GCAST = GPATT = GSANT > GTERM

Pagellus erythrinus GCAST > GPATT = GSANT = GTERM

Scyliorhinus canicula GCAST = GPATT > GSANT = GTERM

Seriola dumerili GCAST = GPATT > GSANT = GTERM

Serranus cabrilla GCAST = GPATT > GSANT = GTERM

Torpedo torpedo GCAST > GPATT = GSANT = GTERM

Uranoscopus scaber GCAST = GPATT > GSANT = GTERM

I risultati della PERANOVA non hanno evidenziato alcun effetto della protezione su $\delta^{13}\text{C}$ dei predatori ma differenze significative nell'interazione Località*Predatore (Tab. 7.31).

I risultati dell'effetto delle località sul carbonio non hanno mostrato differenze fra le località, ma fra i predatori e nell'interazione Località*Predatori (Tab. 7.32). Il confronto a coppie dei golfi in relazione a ciascun predatore ha evidenziato valori di $\delta^{13}\text{C}$ generalmente superiori a GPATT e GCAST rispetto ai golfi di controllo (Tab. 7.32). In particolare *T. torpedo* è risultato più ricco in carbonio a GCAST mentre *L. budegassa*, *Scyliorhinus canicola* ed *Uranoscopus scaber* hanno mostrato valori più elevati di $\delta^{13}\text{C}$ in GPATT rispetto agli altri golfi (Tab. 7.32).

Tabella 7.31 - Analisi degli effetti della Protezione su $\delta^{13}\text{C}$ dei predatori catturati nell'area protetta e non protetta. Risultati dell'analisi della PERANOVA e del confronto a coppia. In grassetto le interazioni significative.

Sorgente di variazione	$\delta^{13}\text{C}$ dei Predatori				
	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Protezione (Pro)	1	1.0047	1.0047	3.3175	0.2044
Località(Protezione) (Loc(Pro))	2	0.60617	0.30309	1.1039	0.3353
Predatori(Pre)	18	95.926	5.3292	5.5096	0.0001
Pro*Pre	18	19.516	1.0842	1.1209	0.3719
Loc(Pro)*Pre	36	35.599	0.98887	3.6017	0.0001
Residuali	232	63.697	0.27456		
Totale	307	226.08			

Tabella 7.32 - Analisi degli effetti delle Località su $\delta^{13}\text{C}$ dei predatori catturati nei quattro golfi. Risultati dell'analisi della PERANOVA e del confronto a coppia. In grassetto i fattori e le interazioni significative.

Sorgente di variazione	$\delta^{13}\text{C}$ dei Predatori				
	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Località (Loc)	3	1.4187	0.47289	1.7224	0.1536
Predatori (Pre)	18	95.926	5.3292	19.41	0.0001
Loc*Pre	54	53.243	0.98598	3.5912	0.0001
Residuali	232	63.697	0.27456		
Totale	307	226.08			

Confronto a coppie

Interazione Loc*Pre

Loc (Pre)

Predatori (Pre)

Località

Epinephelus aeneus

GCAST = GPATT < GSANT = GTERM

Galeus melastomus

GCAST = GPATT = GTERM < GSANT

Lophius budegassa

GPATT > GCAST = GSANT = GTERM

Merluccius merluccius

GPATT = GCAST > GSANT = GTERM

Pagellus erythrinus

GCAST = GPATT > GSANT = GTERM

Scyliorhinus canicola

GPATT > GCAST = GTERM > GSANT

Serranus cabrilla

GCAST = GPATT = GSANT > GTERM

Torpedo torpedo

GCAST > GPATT = GSANT = GTERM

Uranoscopus scaber

GPATT > GCAST = GSANT = GTERM

8 - DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

8.1 - Composizione ed abbondanza del benthos

Gli invertebrati bentonici contribuiscono al riciclo dell'energia accumulata sotto forma di sostanza organica nei sedimenti (Choi et al., 2004) e alla strutturazione degli habitat (Auster and Langton, 1999), e costituiscono un'importante fonte di cibo soprattutto per le specie ittiche demersali (Greenstreet et al., 1997). Inoltre il benthos è il principale anello della produzione secondaria nelle catene trofiche da detrito, e rappresenta una componente fondamentale per lo sviluppo del potenziale trofico e per il funzionamento e la sostenibilità degli ecosistemi marini.

Alcuni sistemi di pesca come lo strascico possono determinare cambiamenti nella produzione, composizione e abbondanza degli organismi bentonici (Hall, 1999; Kaiser and De Groot, 2000) con ripercussioni sui pesci demersali che, come la triglia di fango (Lipari et al., 1998), trovano nel benthos la principale fonte di alimento. Tuttavia la grande variabilità temporale e spaziale delle comunità bentoniche, la loro dipendenza da una molteplicità di fattori edafici, le diverse risposte dei taxa bentonici alle diverse intensità del disturbo (Hiddink et al., 2006) fanno del benthos una componente complessa e difficile da comprendere (Gray et al., 2006). Se a tutto questo si aggiungono le difficoltà per mettere a punto metodologie e disegni di campionamento adeguati e in grado di fornire conclusioni chiare sugli effetti della pesca sul benthos, si comprende da un lato la cautela nel discutere i risultati di questo studio, e dall'altro lato l'importanza che essi comunque hanno nella comprensione dei processi ecologici che stanno alla base della sostenibilità delle risorse demersali ed in particolare della triglia di fango. I risultati di questa ricerca, confermano che la pesca a strascico ha un effetto sulle comunità bentoniche. Tuttavia il pattern riscontrato non evidenzia un effetto protezione con differenze nette fra il benthos dei golfi protetti e quelli non protetti ma mostra una distinzione abbastanza netta tra il Golfo di Castellammare e le altre tre località.

Il dato quantitativo sul benthos più evidente è la maggiore abbondanza numerica e la minore biomassa del benthos nei due golfi protetti, in particolare GCAST. La produzione relativa - o rapporto produzione/biomassa, P/B - in questi due golfi è più elevata rispetto alle due località non protette (GCAST>GPATT>GSANT>GTERM), compensando così la minore biomassa. Questo dato è in apparente contrasto con quanto riportato da Kaiser et al. (2002), che hanno riportato valori di P/B nel Mare del Nord direttamente proporzionali all'intensità della pesca a strascico e quindi minori in aree protette. Nei calcoli di P/B effettuati dai suddetti Autori si è tenuto conto di due componenti dell'infauna: la megafauna (ricci irregolari e grandi bivalvi) e la macrofauna (principalmente policheti). La benna utilizzata nei campionamenti effettuati nel presente studio non ha consentito la cattura di megafauna, che pertanto resta esclusa dai nostri calcoli di P/B.

L'esclusione della megafauna - caratterizzata da grandi biomasse e produzioni basse - potrebbe almeno in parte giustificare le differenze osservate tra i nostri dati e quelli di Kaiser et al. (2002).

In sintesi GCAST, con grandi abbondanze e ridotte biomasse di benthos, sembrerebbe caratterizzato da un turnover del benthos più elevato rispetto alle altre località. Questo risultato potrebbe in parte spiegare la capacità di questo golfo protetto di sostenere una elevata biomassa ittica demersale, rappresentata in buona parte (25%) dalla triglia di fango (Pipitone et al., 2000a; Badalamenti et al., 2007).

I risultati ottenuti in questo studio hanno evidenziato anche l'assenza di un effetto protezione sulla composizione e abbondanza dei taxa bentonici (N e B) e del benthos totale (Nt e Bt). Il confronto fra i golfi in termini sia di ordinamento spaziale che di confronto statistico ha tuttavia consentito di intravedere delle differenze nel benthos fra le due località protette. La differenza fra le località appartenenti allo stesso livello di protezione è la principale causa dell'assenza di un'evidente effetto *protezione* sul benthos. Per questo motivo si è proceduto alla valutazione dell'effetto *località*. L'analisi multivariata sulle località ha infatti confermato l'esistenza di una diversità fra le comunità bentoniche dei quattro golfi, mentre i risultati dei confronti hanno indicato valori di Nt significativamente più elevati a GCAST ma nessuna differenza in Bt. Risultati simili sono stati ottenuti nel confronto dei taxa bentonici riuniti in categorie trofiche. Carnivori e detritivori non hanno subito alcun effetto protezione ma sono risultati differenti tra le località, e sono risultati significativamente meno abbondanti in GTERM rispetto ai rimanenti tre golfi. Nessuna differenza è stata rilevata per le loro biomasse.

Per quanto riguarda il numero di individui, i nostri risultati concordano con quelli riscontrati in altri studi mirati a valutare l'impatto della pesca a strascico sulla fauna bentonica (McConnaughey et al., 2000; Piet et al., 2000). Questi Autori hanno infatti riscontrato valori di Nt generalmente più elevati in aree protette rispetto a quelli registrati in aree aperte alla pesca. Tuttavia in questi studi si evidenzia come le differenze in numero totale di individui bentonici possano accentuarsi o attenuarsi in relazione alla mobilità degli organismi, alla variabilità nella struttura dei sedimenti e all'intensità di pesca.

Contrastante appare il risultato da noi ottenuto relativamente alla biomassa dei taxa bentonici che nelle aree protette è risultata simile a quella registrata nelle aree strascicate. Il diverso pattern dei numeri e delle biomasse del benthos osservato potrebbe essere attribuito ad un effetto indiretto della protezione che, in particolare a GCAST, ha causato un forte incremento dell'abbondanza delle specie ittiche demersali e quindi dei potenziali predatori del benthos. Una predazione intensa sui taxa bentonici di taglia maggiore da parte dei pesci bentonofagi potrebbe contribuire a spiegare i valori di biomassa delle prede più bassi in GCAST rispetto alle altre località. Questa spiegazione è

in parte confortata anche dal peso medio dei predatori che in GCAST è risultato circa il doppio rispetto a quello osservato nelle aree strascicate. Al contrario, nei golfi aperti allo strascico le piccole taglie dei predatori e la loro bassissima densità potrebbero giustificare valori medi di biomassa delle prede simili, o in alcuni casi superiori, a quelli rinvenuti a GCAST.

8.2 - Valori di $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ nei taxa e nelle categorie trofiche del benthos

Un altro effetto che ci si aspetta dall'impatto della pesca a strascico è il cambiamento della struttura trofica delle comunità bentoniche. Come per le altre variabili discusse, anche per $\delta^{15}\text{N}$ dei taxa bentonici è stata rilevata l'assenza di un effetto della protezione e la presenza di differenze fra i golfi con valori significativamente maggiori a GCAST rispetto alle altre località. Anche $\delta^{15}\text{N}$ delle categorie trofiche non ha risentito dell'effetto protezione ma delle differenze fra le località con valori più alti in GCAST e GTERM rispetto agli altri due golfi, mentre fra le categorie trofiche i carnivori sono risultati più arricchiti in $\delta^{15}\text{N}$ rispetto ai detritivori non selettivi e selettivi. Kaiser et al. (2002) riportano che un forte e continuo impatto della pesca a strascico sulle comunità bentoniche di fondo mobile determina una drastica riduzione in biomassa della mega- e macrofauna bentonica ma non cambiamenti nella struttura trofica delle comunità. Tuttavia quando il confronto viene fatto fra una comunità bentonica dominata dalla megafauna (bivalvi e spatangoidi) e una dominata da policheti, è stata trovata una differenza di circa un livello trofico fra le due comunità bentoniche indipendentemente dall'intensità delle pesca (Jennings et al., 2001). Tenuto conto che i campioni di benthos prelevati nelle nostre quattro località sono caratterizzati da una macrofauna costituita principalmente da policheti, crostacei e sipunculidi (la megafauna è assente), i risultati di questo studio costituiscono una novità in quanto evidenziano valori di $\delta^{15}\text{N}$ significativamente più elevati a GCAST rispetto alle altre località. L'assenza di differenze significative fra GCAST e GTERM nel $\delta^{15}\text{N}$ per categorie trofiche è una contraddizione difficilmente spiegabile. Un'ipotesi che tenta di spiegare l'assenza di differenza fra un'area protetta (come GCAST) e una altamente impattata dalla pesca a strascico (come GTERM) è stata avanzata da Jennings et al. (2001), che ipotizzano che le specie meno vulnerabili al disturbo da pesca potrebbero assumere i ruoli trofici dei taxa più grandi (megafauna) e più vulnerabili alla pesca. Tuttavia per avvalorare questa ipotesi occorrerebbe dimostrare che le specie di piccola taglia, con ciclo vitale più rapido, siano in grado di ricoprire funzioni trofiche lasciate vacanti dalle specie più grandi e a ciclo vitale più lento.

Diverso è il modello riscontrato per il carbonio, che ha invece evidenziato un effetto protezione con valori di $\delta^{13}\text{C}$ dei taxa bentonici e delle categorie trofiche significativamente inferiori nei golfi protetti rispetto a quelli non protetti. Per quanto concerne le categorie trofiche i CA ed i DSnsel sono risultati più arricchiti in carbonio rispetto ai DSsel.

La scarsità di lavori pubblicati che tengano conto delle differenze in $\delta^{13}\text{C}$ fra il benthos di aree protette e quello di aree impattate dallo strascico non consente una discussione approfondita dei risultati di questo studio. Tuttavia il maggiore arricchimento in carbonio da noi misurato nel benthos delle aree non protette potrebbe essere legato ad altri fattori (ad es. variabilità ambientale).

8.3 - Valori di $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ nei predatori

Gli isotopi stabili dell'azoto e del carbonio rappresentano uno strumento sempre più utilizzato per la ricostruzione delle reti trofiche marine, perché consentono di sapere "chi mangia cosa" studiando i percorsi dell'energia e non la reale composizione della dieta. Nel caso del presente studio uno degli obiettivi è quello di individuare i potenziali predatori della triglia di fango e verificare se una misura di protezione delle risorse demersali, come il divieto di pesca a strascico, possa avere qualche effetto sulla struttura isotopica ($\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$) dei predatori. Su una lista iniziale di trentadue specie, i pesci compatibili con il ruolo di predatore della triglia sia perché riportati in letteratura (Yoshida, 1980; Kyrtatos, 1982; Badalamenti et al., 1995; Andaloro e Pipitone, 1997; Labropoulou et al., 1999; Badalamenti et al., 2002; Stergiou & Karpouzi, 2002), sia perché isotopicamente compatibili con questo ruolo, sono risultati diciannove. In particolare, partendo dalle relazioni tra $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ e lunghezza totale della triglia riportate da Badalamenti et al. (2002), la selezione sui valori di $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ è stata fatta considerando potenziali predatori della triglia di fango quelle specie con valore medio di $\delta^{15}\text{N} > 11,00$ e di $\delta^{13}\text{C} > -18,00$. Tenendo conto di questi criteri, solo la cernia (*E. aeneus*) può essere considerata un predatore della triglia di fango comune ai quattro golfi. L'analisi dei risultati di $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ fatta per ciascun golfo evidenzia un numero di potenziali predatori della triglia nettamente superiore in GCAST (10) rispetto a GPATT (4), GSANT (3) e GTERM (2). La differenza riscontrata nel numero di predatori della triglia anche fra i due golfi protetti spiega l'assenza di un effetto della protezione su $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ dei predatori. Le differenze sono state invece osservate fra le località, con valori di $\delta^{15}\text{N}$ superiori in GCAST e GPATT rispetto alle località di controllo mentre i valori di $\delta^{13}\text{C}$ non hanno mostrato differenze significative. *E. aeneus*, *S. dumerili*, *S. cabrilla*, *U. scaber* ed i selaci *G. melastomus* e *S. canicula* hanno mostrato valori di $\delta^{15}\text{N}$ più elevati nei due golfi protetti. Per quanto riguarda *E. spinax*, *L. budegassa*, *P. erythrinus* e *T. torpedo*, questi hanno avuto valori di $\delta^{15}\text{N}$ maggiori in GCAST, mentre *T. torpedo* ha avuto $\delta^{13}\text{C}$ più elevato in GCAST e *L. budegassa*, *S. canicula* e *U. scaber* $\delta^{13}\text{C}$ più elevato in GPATT. Tuttavia tra tutti i pesci ossei solo *E. aeneus*, *U. scaber* e *P. erythrinus* hanno mostrato in GCAST valori di $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ compatibili con il ruolo di predatori della triglia. Si tratta di tre specie che rappresentano una componente importante della biomassa demersale di GCAST e che sono aumentate considerevolmente dopo il divieto di strascico (D'Anna e

Badalamenti, 1995; D'Anna et al., 2001). Dall'analisi isotopica i due selaci *G. melastomus* e *S. canicula* non sono risultati in GCAST predatori potenziali della triglia. Questo risultato potrebbe essere spiegato dalla distribuzione spaziale di queste due specie, che occupano rispettivamente i fondi batiali e il margine più profondo della piattaforma continentale, dove le triglie sono scarse e costituite da adulti di grossa taglia. *T. torpedo* è invece compatibile con il ruolo trofico di predatore della triglia ed il suo rendimento di pesca è aumentato a partire dall'inizio del divieto di pesca strascico a GCAST (D'Anna et al., 2001).

8.4 - Conclusioni

Lo studio delle comunità bentoniche di quattro golfi soggetti ad un diverso regime di pesca (protetti e non protetti dalla pesca a strascico) e l'applicazione della metodica degli isotopi stabili del carbonio e dell'azoto alle potenziali prede e predatori della triglia di fango, hanno fornito gli elementi per ricostruire la rete trofica di una delle specie demersali più importanti dei mari italiani.

La bontà dei risultati di questa ricerca è supportata dal rigore del disegno sperimentale e di campionamento, che mettono a confronto le comunità bentoniche strettamente legate ai fanghi terrigeni costieri in due aree protette (GCAST e GPATT) e in altre due non protette dalla pesca a strascico (GSANT e GTERM). Questi accorgimenti metodologici hanno sicuramente limitato gli effetti della variabilità naturale e hanno offerto una buona opportunità per verificare gli effetti della protezione sugli invertebrati bentonici considerati, in questo studio, anche potenziali prede della triglia di fango.

In sintesi i risultati di questo studio hanno contribuito ad arricchire le conoscenze sulla composizione e caratterizzazione trofica delle comunità bentoniche dei fanghi terrigeni costieri. Si tratta di invertebrati bentonici che, in qualità di potenziali prede, svolgono un ruolo trofico nel sostenere una risorsa importante come la triglia. Inoltre i risultati di questa ricerca mostrano l'effetto della pesca a strascico sulle comunità bentoniche. Tuttavia i pattern riscontrati non evidenziano un effetto-protezione con differenze nette fra le comunità bentoniche dei golfi protetti dallo strascico e quelli non protetti; quanto piuttosto una distinzione abbastanza netta tra il Golfo di Castellammare e le altre località. Il rapporto produzione/biomassa del benthos, la sua abbondanza in numero, il suo livello trofico e quello dei potenziali predatori della triglia sono risultati significativamente maggiori nel Golfo di Castellammare anche in confronto al Golfo di Patti, protetto anch'esso dalla pesca a strascico. Questo ultimo risultato mette in luce da un lato la complessità di questi studi in relazione al controllo della variabilità naturale, e dall'altro ne conferma l'importanza nella comprensione dei processi ecologici che stanno alla base della sostenibilità delle risorse demersali.

9 - BIBLIOGRAFIA

- Andaloro F., Pipitone C. (1997) - Food and feeding habits of the amberjack, *Seriola dumerili* in the central Mediterranean Sea during the spawning season. *Cah. Biol. Mar.*, 38: 91-96.
- Anderson M.J. (2001) - A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral. J. Ecol.*, 26: 32-46.
- Anderson M.J., Willis T.J. (2003) - Canonical analysis of principal coordinates: a useful method of constrained ordination for ecology. *Ecology*, 84: 511-525
- Apostolaki P., Milner-Gulland E.J., McAllister M.4., Kirkwood G.P. (2002) - Modelling the effects of establishing a marine reserve for mobile fish species. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 59: 405-415.
- Arena P., Bombace G. (1970) - Bionomie benthique et faune ichthyologique des fonds de l' etage circalittoral et bathyal des golfes de Castellammare (Sicile N-O) et de Patti (Sicile N-E). *Journees ichthyol.*, C.I.E.S.M., Rome: 145-156.
- Auster P.J., Langton R.8. (1999) - The effects of fishing on fish habitat. In: Benaka I.r. (Ed.), *Fish Habitat: Essential Fish Habitat and Rehabilitation*. American Fisheries Society, Hartford, CT:150-187.
- Auster P.J., Shackell N.L. (1997) - Fishery reserves. In: *Boreman J.G., Nakashima B.S., Wilson J.A. & Kendall R.L. (eds.), Northwest Atlantic groundfish: perspectives on a fishery collapse*. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland: 159-166.
- Badalamenti F., D'Anna G., Lopiano L., Scilipoti D., Mazzola A. (1995) - Feeding habits of young-of-the-year greater amberjack *Seriola dumerili* (Risso, 1810) along the N/W Sicilian coast. *Sci. Mar.*, 59(2-3): 317-323.
- Badalamenti F., D'Anna G., Pinnegar J.4., Polunin N.V.C. (2002) - Size-related trophodynamic changes in three target fish species recovering from intensive trawling. *Mar. Biol.*, 141: 561-570.
- Badalamenti F., D'Anna G., Pipitone C. (2007) - Ricostituzione delle risorse di pesca in un'area precedentemente soggetta ad intenso sfruttamento: dinamiche a larga scala del popolamento ittico e della struttura trofica della comunità marina. Rapporto finale del Progetto MIUR n. 63/2004: 246 pp.
- Badalamenti F., Pinnegar J.4., Polunin N., D'Anna G. (2000) - Estimates of trophic level in the red mullet *Mullus barbatus*: a comparison between gut-contents and stable-isotope data. In: *Fishing down the Mediterranean food webs?*, CIESM Workshop Ser., 12: 19-22.
- Beare D.G., Moore P.G. (1998) - The life histories of the offshore Oedicerotids *Westwoodilla caecula* and *Monoculodes packardi* (Crustacea: Amphipoda) from Loch Fyne, Scotland. *J. Mar. Biol. Ass. UK*, 78: 835-852

- Bergman, M. J. N., and van Santbrink, J. 8. (2000) - Mortality in megafaunal benthic populations caused by trawl fisheries on the Dutch continental shelf in the North Sea in 1994. – *ICES Journal of Marine Science*, 57: 1321–1331.
- Beviss-Challinor M.H., Field J.G. (1982) - Analysis of a benthic community food web using isotopically labelled potential food. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 9: 223-232.
- Blazewicz-Paszkowycz M., Ligowski R. (2002) - Diatoms as food indicator for some Antarctic Cumacea and Tanaidacea (Crustacea). *Antarct. Sci.* 14 (1): 11-15.
- Bohnsack J.A. (1996) - Maintenance and recovery of reef fishery productivity. In: N. V. C. Polunin and C. M. Roberts (eds.), *Reef fisheries*, Chapman & Hall, London: 283-313.
- Bombace G. (1970) - Notizie sulla malacofauna e sull' ittiofauna del coralligeno di falesia. *Quad. Ric. Sperim. Sicilcamere*, 14: 77 p +15 tavv.
- Buchanan J.B. (1964) - A comparative study of some features the biology of *Amphiura filiformis* and *Amphiura chiajei* (Ophiuroidea) considered in relation to their distribution. *J. Mar. Biol. Ass. UK*, 44: 615-624.
- Caine E.A. (1977) - Feeding mechanisms and possible resource partitioning of the Caprellidae (Crustacea: Amphipoda) from Puget Sound, USA. *Mar. Biol.*, 42 (4): 331-336.
- Cartes J.E., Abelló P., Lloris D., Carbonell A., Torres P., Maynou F., Gil De Sola L. (2002a) - Feeding guilds of western Mediterranean demersal fish and crustaceans: an analysis based on a spring survey. *Sci. Mar.*, 66 (Suppl. 2): 209-220.
- Cartes J.E., Brey T., Sorbe J.C., Maynou F. (2002b) - Comparing production-biomass ratios of benthos and suprabenthos in macrofaunal marine crustaceans. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 59: 1616-1625.
- Chapman M.R., Kramer D.L. (1999) - Gradients in coral reef fish density and size across the Barbados Marine Reserve boundary: effects of reserve protection and habitat characteristics. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 181: 81-96.
- Choi J.S., Frank 4.T., Leggett 8.C., Drinkwater 4.(2004) - Transition to an alternate state in a continental shelf ecosystem. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 61: 505-510.
- Clarke 4.R. (1993) - Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Austral. J. Ecol.*, 18: 117-143.
- Clarke 4.R., Gorley, R.N. (2006) - PRIMER v6: User manual/tutorial. PRIMER-E, Plymouth Marine Laboratory, Plymouth: pp. 192.
- Coelho V.R., Cooper R.A., Rodrigues S.A. (2000) - Burrow morphology and behavior of the mud shrimp *Upogebia omissa* (Decapoda: Thalassinidea: Upogebiidae). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 200: 229–240.

- Commito J.A., Ambrose 8.J. (1985) - Multiple trophic levels in soft-bottom communities. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 26: 289-293.
- Connes R. (1967) - Reaction de defense de l'éponge *Tethya zyucurium* vis-a-vis des micro-organismes et de l'amphipode *Leucothoe spinicarpa*. *Vie Milieu* (ser A), 18: 281-289.
- D'Anna G., Badalamenti F., Pipitone C. (2001) - Rendimenti di pesca sperimentale con tramaglio nel Golfo di Castellammare dopo otto anni di divieto di pesca a strascico. *Biol. Mar. Medit.*, 8 (1): 704-707.
- D'Anna G., Badalamenti F., Pipitone C., Lipari R., Patti B., Cuttitta A. (1995) - Structure of the populations and assessment of the biomass of the coastal demersal resources in the Gulf of Castellammare. Final report to EC-DGXIV of Study MED92/011. 60 pp. + appendixes, figs. and tabs.
- De Juan S., Thrush F., Demestre M. (2007) - Functional changes as indicators of trawling disturbance on a benthic community located in a fishing ground (NW Mediterranean Sea). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 334: 117-129.
- De Witt T.H., Redmond M.S., Sewell J.E., Swartz R.C. (1992) - Development of a chronic sediment toxicity test for marine benthic amphipods. CBP/TRS 9/93. US Environmental Protection Agency, Newport, OR.
- DeNiro M.J., Epstein S. (1978) - Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 42: 495-506.
- Dennell R. (1934) - The feeding mechanism of the cumacean crustacean *Diastylis bradyi*. *Trans. Royal Soc. Edinb.*, 58: 125-142.
- Dugan J.E., Davis G.E. (1993) - Applications of marine refugia to coastal fisheries management. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 50: 2029-2042.
- FAO (2003) - Fisheries management. 2. The ecosystem approach to fisheries. *FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries*, 4(2), FAO Roma: 112pp.
- Fauchald 4., Jumars P.A. (1979) - The diet of worms: a study of polychaete feeding guilds. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 17: 193-284.
- Gell F.R., Roberts C.M. (2003) - Benefits beyond boundaries: the fishery effects of marine reserves. *Trends Ecol. Evol.*, 18 (9): 448-455.
- Giacobbe S., Leonardi M., Rinelli P., Spanò N. (1994) - Tanatocenosi wurmiane ed evoluzione del biotopo del Golfo di Castellammare (Trapani). *Biol. Mar. Medit.*, 1, 231-236.
- Gray J.S., Dayton P., Thrush S., Kaiser M.J. (2006) - On effects of trawling, benthos and sampling design. *Mar. Poll. Bull.*, 52: 840-843.

- Greco S. (2003) - Valutazione delle risorse demersali nei mari italiani (GRUND 3). Relazione finale. Ministero per le Politiche Agricole e Forestali, Direzione generale della pesca e dell'acquacoltura. 68 pp.
- Greenstreet S.P.R., Bryant A.D., Broekhuizen N., Hall S.J., Heath M.R. (1997) - Seasonal variation in the consumption of food by fish in the North Sea and implications for food web dynamics. *ICES J. Mar. Sci.*, 54: 243-266.
- Hall S.J. (1999) - The effect of fishing on marine ecosystems and communities. Blackwell, Oxford: 274 pp.
- Hiddink J.G., Hutton T., Jennings S., Kaiser M.J. (2006) - Predicting the effects of area closures and fishing effort restrictions on the production, biomass, and species richness of benthic invertebrate communities. *ICES J. Mar. Sci.*, 63: 822-830.
- Holland D.S., Brazee R.J. (1996) - Marine reserves for fisheries management. *Mar. Res. Econ.*, 11: 157-171.
- Hwan Yu O., Suh H.L., Shirayama S. (2003) - Feeding ecology of three amphipod species *Synchelidium lenorostralum*, *S. trioostegitum* and *Gitanopsis japonica* in the surf zone of a sandy shore. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 258: 189-199.
- Jennings S., Pinnegar J.4., Polunin N.V.C., Warr 4.J. (2001) - Impacts of trawling disturbance on the trophic structure of benthic invertebrate communities. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 213: 127-142.
- Jennings S., Reñones O., Morales-Nin B., Polunin N.V.C., Moranta J., Coll J. (1997) - Spatial variation in the ¹⁵N and ¹³C stable isotope composition of plants, invertebrates and fishes on Mediterranean reefs: implications for the study of trophic pathways. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 146: 109-116.
- Johnson D.R., Funicelli N.A., Bohnsack J.A. (1999) - Effectiveness of an existing estuarine no-take fish sanctuary within the Kennedy Space Center, Florida. *N. Am. J. Fish. Manag.*, 19 (2): 436-453.
- Jones M.B. (1972) - The mouthparts of the members of the *Jaera albifrons* group of species (Crustacea: Isopoda). *Mar. Biol.* 14(3): 264-270.
- Kaiser M.J., Collie J.S., Hall S.J., Jennings S., Poiner I.R. (2002) - Modification of marine habitats by trawling activities: prognosis and solutions. *Fish. Fish* 3:114-136
- Kaiser M.J., De Groot S.J. (2000) - The effects of fishing on non-target species and habitats: biological, conservation and socio-economic issues. Blackwell Science, Oxford: 399 pp.
- Kiomo J. (1999) - Feeding patterns, habits and food storage in *Pilumnus vespertilio* (Brachyura: Xanthidae). *Bull. Mar. Sci.*, 65(2): 381-389.

- Kyrtatos N.A. (1982) - Investigation on fishing and biology of the most important fishes of the region around the Aegean Sea. Island of Tinos. *Thalassographica*, 5 (spec. publ.): 88 pp.
- Labropoulou M., Machias A., Tsimenides N. (1999) - Habitat selection and diet of juvenile red porgy, *Pagrus pagrus* (Linnaeus, 1758). *Fish. Bull.*, 97: 495-507.
- Lipari R., Badalamenti F., D'Anna G. (1998) - Relazioni trofiche e selezione alimentare di *Mullus barbatus* L. (1758) nella comunità a sabbie fini del Golfo di Castellammare (Sicilia N/O). *Biol. Mar. Medit.*, 5 (1): 354-356.
- McClanahan T.R., Mangi S. (2000) - Spillover of exploitable fishes from a marine park and its effect on the adjacent fishery. *Ecol. Appl.*, 10 (6): 1792-1805.
- McConnaughey R.A., Mier 4.L., Dew C.B. (2000) - An examination of chronic trawling effects on soft-bottom benthos of the eastern Bering Sea. – *ICES J. Mar. Sci.*, 57: 1377–1388.
- Michener R.H., Schell D.M. (1994) - Stable isotope ratios as tracers in marine aquatic food webs. *In: Lajtha K, Michener RH (Eds.), Stable isotopes in ecology and environmental sciences.* Blackwell Scientific Publications, Oxford: 138-157
- Moore P.G., Cameron 4.S. (1999) - A note on a hitherto unreported association between *Photis longicaudata* (Crustacea: Amphipoda) and *Cerianthus lloydii* (Anthozoa: Hexacorallia). *J. Mar. Biol. Ass. UK*, 79: 369-370.
- Morin A., Bourassa N. (1992) - Modeles empiriques de la production annuelle et du rapport P/B d'invertebres benthiques d'eau courante *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 49: 532-539.
- Pérès J.M. (1982) – Major benthic assemblages. *In: Kinne O. (ed.), Marine ecology. Vol. V: ocean management.* John Wiley & sons, Chichester: 373-522.
- Persson A., Hansson L.A. (1999) - Diet shift in fish following competitive release. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 56: 70-78.
- Piet G.J., Rijnsdorp A.D., Bergman M.J.N., van Santbrink J.8., Craeymeersch J., Buijs J. (2000) - A quantitative evaluation of the impact of beam trawling on benthic fauna in the southern North Sea. – *ICES J. Mar. Sci.*, 57: 1332–1339.
- Pinnegar J.4., Polunin N.V.C., Badalamenti F. (2003) - Long-term changes in the trophic level of western Mediterranean fishery and aquaculture landings. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 60: 222-235.
- Pipitone C., Badalamenti F., D'Anna G., Patti B. (2000a) - Fish biomass increase after a four-year trawl ban in the Gulf of Castellammare (NW Sicily, Mediterranean Sea). *Fish. Res.*, 48 (1): 23-30.
- Pipitone C., Badalamenti F., D'Anna G., Whitmarsh D., James C., Pickering H. (2000b) - Trawling ban in the Gulf of Castellammare: effects on the small-scale fishery economics and on the

abundance of fish. Final report to EC-DGXIV of Study 97/063. 117 pp. + appendixes, figs. and tabs.

- Polunin N.V.C. (1990) - Marine regulated areas: an expanded approach for the tropics. *Resource Manage. Optim.*, 7 (1-4): 283-299.
- Polunin N.V.C., Pinnegar J.4. (2002) - Ecology of fishes in marine food webs. In: PJB Hart & JC Reynolds (eds.), *Handbook of Fish and Fisheries*, Vol. I, Blackwell, Oxford.
- Posey M.H. (1986) - Changes in a benthic community associated with dense beds of a burrowing deposit feeder, *Callianassa californiensis*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 31: 15-22.
- Post D.M. (2002) - Using stable isotopes to estimate trophic position: models, methods, and assumptions. *Ecology*, 83(3): 703-718.
- Potoschi A., Cavallaro G., Sturiale P., Lo Duca G. (1995) - Effetti del decreto regionale del 31/5/90 sui rendimenti di pesca di *Mullus barbatus* (L., 1758) catturato con rete a strascico nel Golfo di Patti (ME). *Biol. Mar. Medit.*, 2 (2): 505-507.
- Powell E.N. (1977) - Particle size selection and sediment reworking in a funnel feeder, *Leptosynapta tenuis* (Holothuroidea, Synaptidae). *Int. Revue ges. Hydrobiol.*, 62: 385-408.
- Relini G., Bertrand J., Zamboni A. (1999) - *Sintesi delle conoscenze sulle risorse da pesca dei fondi del Mediterraneo centrale (Italia e Corsica)*. *Biol. Mar. Medit.*, 6 (Suppl. 1), Genova: 868 pp.
- Roberts C.M. (1997) - Ecological advice for the global fisheries crisis. *Trends Ecol. Evol.*, 12 (1): 35-38.
- Roberts C.M., Bohnsack J.A., Gell F., Hawkins J.P., Goodridge R. (2001) - Effects of marine reserves on adjacent fisheries. *Science*, 294: 1920-1923.
- Sainte-Marie B., Percy J.A, Shea J.R. (1989) - A comparison of meal size and feeding rate of the lysianassid amphipods *Anonyx nugax*, *Onisimus (=Pseudalibrotus) litoralis* and *Orchomenella pinguis*. *Mar. Biol.*, 102(3): 361-368.
- Schembri P.J. (1982) - The biology of a population of *Ebalia tuberosa* (Crustacea: Decapoda: Leucosiidae) from the Clyde Sea area. *J. Mar. Biol. Ass. UK*, 62: 101-115.
- Stergiou 4.I., Karpouzi V.S. (2002) - Feeding habits and trophic levels of Mediterranean fish. *Rev. Fish Biol. Fish.*, 11: 217-254.
- Vander Zanden M.J., Casselman J.M., Rasmussen J.B. (1999) - Stable isotope evidence for the food web consequences of species invasions in lakes. *Nature*, 401: 464-467.
- Vander Zanden M.J., Rasmussen, J.B. (2001) - Variation in $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ trophic fractionation: implications for aquatic food web studies. *Limnol. Oceanogr.*, 46: 2061-2066.

- Wong S.M., Moore P.G. (1996) - Observations on the activity and life history of the scavenging isopod *Natanolana borealis* Lilljeborg (Isopoda: Cirolanidae) from Loch Fyne, Scotland. *East. Coast. Shelf Sci.*, 42: 247–262.
- Wongkamhaeng 4. (2004) - Morphology and feeding ecology of gammarid amphipods in coral reef and seagrass communities. M.Sc. Thesis Chulalongkorn University, 2004.
- Yoshida H.O. (1980) - Synopsis of biological data on bonitos of the genus *Sarda*.. NOAA Tech. Rep. NMFS Circ. 432. *FAO Fish. Synop.*, 118: 50 p