



Laboratorio di Oceanologia Sperimentale ed Ecologia Marina
Dipartimento di Scienze Ecologiche e Biologiche (DEB)

**CARATTERIZZAZIONE DELLE BIOCENOSI BENTONICHE DI FONDO
MOBILE DEL LITORALE DI CIVITAVECCHIA
Campagna 2017**

INDICE

1. PREMESSA	3
2. OGGETTO E SCOPO	4
3. PIANO DI CAMPIONAMENTO	5
4. METODI	7
4.1 <i>Metodi di campionamento</i>	7
4.2 <i>Imbarcazione di appoggio e cronoprogramma delle attività</i>	8
4.3 <i>Analisi di laboratorio</i>	9
5. ANALISI DEI DATI E RISULTATI	11
5.1 <i>Analisi descrittiva</i>	11
5.2 <i>Analisi delle categorie trofiche</i>	19
5.3 <i>Valutazione dell'Elemento di Qualità Biologica: AMBI e M-AMBI</i>	23
5.4 <i>Caratterizzazione bionomica</i>	30
6. CONCLUSIONI	34
7. BIBLIOGRAFIA	36

1. Premessa

I fondi mobili costituiscono un sistema di estremo interesse sia per la loro ampia distribuzione sia per l'importanza e la varietà dei popolamenti bentonici che li colonizzano (Gray, 1997; Snelgrove, 1997).

I popolamenti macrozoobentonici dei substrati sabbiosi e fangosi costieri, grazie alla loro capacità di rispondere rapidamente alle variazioni ambientali di origine naturale ed antropica, sono particolarmente utili nelle analisi di qualità biologica delle acque marine (Castelli, 2003).

La struttura delle comunità bentoniche è infatti regolata dalla variazione di fattori sia biotici che abiotici (idrocinamismo, concentrazioni di sostanza organica, inquinamento, natura del substrato ecc.) e l'estrema eterogeneità trofico-funzionale delle specie che compongono tali comunità, fa dello studio della fauna macrozoobentonica di fondo mobile e duro un prezioso strumento di valutazione dell'integrità ecosistemica, sia da un punto quantitativo che qualitativo. Inoltre tali organismi sono essenziali per la salute degli ecosistemi costieri in quanto godono di cicli vitali complessi e rappresentano una delle vie principali nel ciclo dei nutrienti, partecipando anche allo scambio di sostanze tra sedimenti e colonna d'acqua.

L'analisi del macrobenthos di fondo mobile è uno strumento essenziale nel monitoraggio dell'ambiente marino, l'approccio biologico infatti consente di ottenere risposte integrate nel tempo e di rilevare anche le minime modificazioni della qualità delle acque grazie all'utilizzo di descrittori diretti (es. bioindicatori).

Per questi motivi le comunità bentoniche sono tra i descrittori maggiormente utilizzati nel rilevamento di alterazioni ambientali derivate dall'attività antropica (Bilyard 1987; Thomson, 2003) e il loro studio è quindi essenziale per la gestione e il risanamento di aree che hanno subito modificazioni ed impatto antropico, come nel caso delle aree limitrofe il Porto di Civitavecchia (Lazio, Italia).

L'intenso traffico navale, la presenza di infrastrutture portuali e delle attività connesse come il vaso di espansione, la manipolazione e il trasporto di merci, la produzione di una grande quantità di rifiuti e sostanze inquinanti, possono generare impatti significativi sugli ecosistemi costieri. Inoltre nel periodo compreso tra il 2013 e il 2017 il bacino portuale è stato interessato da dragaggi periodici utili alla costruzione delle nuove banchine e all'ampliamento dell'antemurale e risulta quindi essenziale un confronto tra le comunità bentoniche osservate e descritte nella

campagna 2013 e quelle analizzate nel 2017 al fine di sottolineare se tali attività hanno influenzato la struttura e la composizione specifica delle comunità macrozoobentoniche e se ci sono state variazioni significative nella qualità ambientale (attraverso l'uso degli indici AMBI e M-AMBI) e nella distribuzione delle biocenosi bentoniche nell'area di studio

2. Oggetto e scopo

L'obiettivo principale del nostro campionamento è quello di caratterizzare e descrivere la struttura del popolamento bentonico di fondo mobile nell'area compresa tra Marina di Tarquinia e Santa Severa, allo scopo di sottolineare variazioni significative nella struttura delle comunità macrozoobentoniche e nella distribuzione delle biocenosi costiere con particolare riferimento alle attività di ampliamento e riassetto logistico del porto di Civitavecchia che hanno interessato il periodo compreso tra il 2013 e il 2017.

Inoltre questo lavoro ha il fine, attraverso un confronto diretto tra i dati raccolti nel 2013 e nel 2017, di evidenziare le variazioni potenzialmente avvenute nella composizione specifica delle comunità macrozoobentoniche costiere e nella qualità ambientale dell'area di studio analizzata tramite indici AMBI e M-AMBI.

3. Piano di campionamento

Lungo il tratto costiero compresa tra Marina di Tarquinia e Santa Severa, sono state eseguite 30 stazioni di campionamento distribuite tra la batimetria dei -10 metri e quella dei -50 metri (Fig. 1).

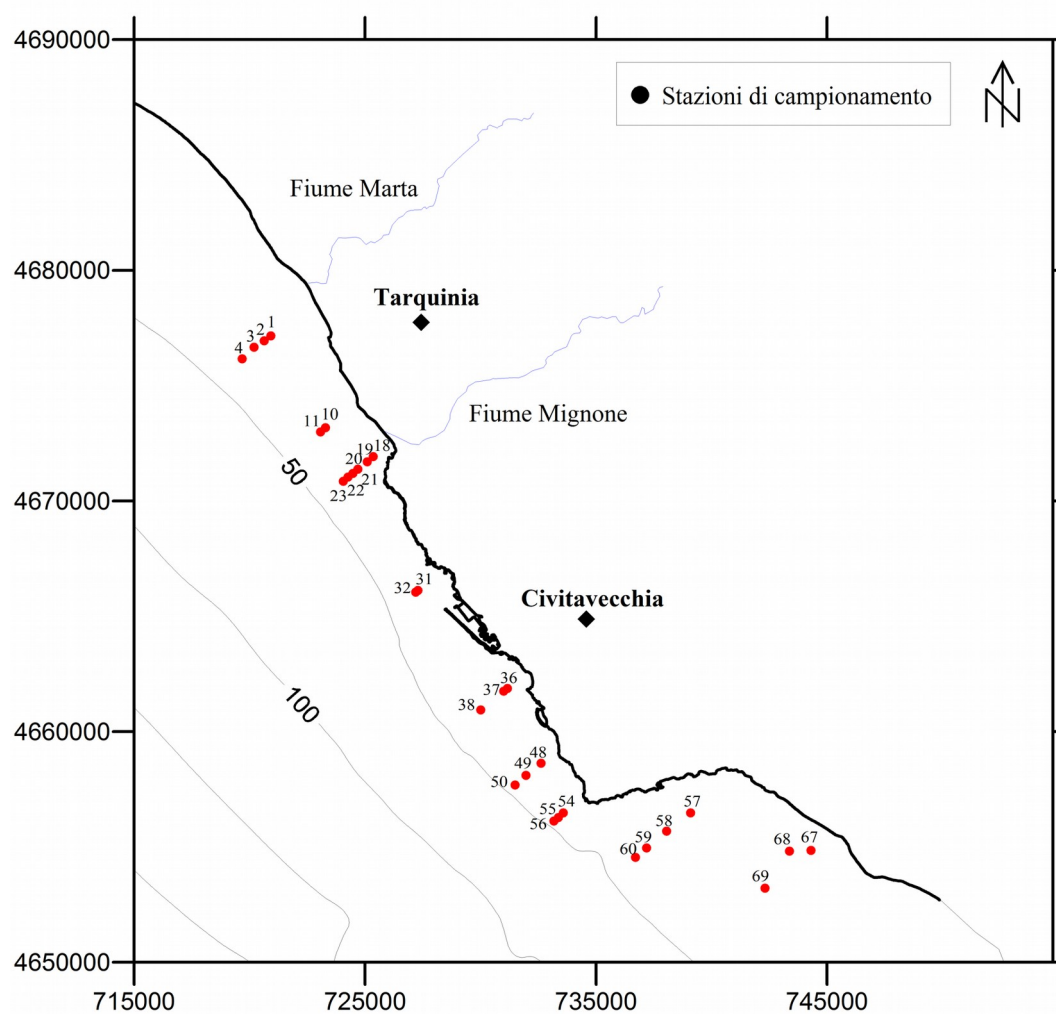


Fig. 1 piano di campionamento

Nella tabella 1 sono riportate le coordinate geografiche delle 30 stazioni di campionamento.

Stazione	Coordinate geografiche WGS84 in gg° mm.mm'		Profondità (m)
	Latitudine	Longitudine	
B01	42° 12.926'	11° 40.585'	24.8
B02	42° 12.817'	11° 40.371'	28.2
B03	42° 12.673'	11° 40.042'	33.2
B04	42° 12.408'	11° 39.665'	37.9
B10	42° 10.731'	11° 42.208'	20.7
B11	42° 10.635'	11° 42.051'	28.8
B18	42° 10.017'	11° 43.686'	10.0
B19	42° 09.904'	11° 43.495'	14.1
B20	42° 09.735'	11° 43.187'	19.5
B21	42° 09.642'	11° 43.029'	24.1
B22	42° 09.561'	11° 42.867'	27.7
B23	42° 09.468'	11° 42.717'	35.7
B31	42° 06.859'	11° 44.952'	39.5
B32	42° 06.817'	11° 44.881'	41.3
B36	42° 04.493'	11° 47.657'	30.2
B37	42° 04.436'	11° 47.545'	34.1
B38	42° 04.015'	11° 46.806'	37.7
B48	42° 02.720'	11° 48.634'	29.6
B49	42° 02.450'	11° 48.152'	32.9
B50	42° 02.233'	11° 47.801'	38.8
B54	42° 01.539'	11° 49.287'	31.6
B55	42° 01.433'	11° 49.120'	34.0
B56	42° 01.355'	11° 48.981'	38.7
B57	42° 01.440'	11° 53.272'	24.0
B58	42° 01.034'	11° 52.504'	28
B59	42° 00.655'	11° 51.858'	33.7
B60	42° 00.444'	11° 51.500'	37.5
B67	42° 00.466'	11° 57.008'	13.5

B68	42° 00.073'	11° 56.334'	28.0
B69	41° 59.620'	11° 55.526'	23.1

Tab.1: Stazioni di campionamento selezionate per il monitoraggio delle biocenosi di fondo mobile

4. Metodi

4.1 Metodo di campionamento.

Il campionamento del macrobenthos di fondo mobile è stato effettuato tramite l'utilizzo una benna di tipo Van Veen con un volume di circa 18 litri con apertura di 0.1 m². La scelta della benna è motivata dall'esigenza di effettuare prelievi puntiformi di volumi paragonabili di sedimento su superfici eguali; le caratteristiche tecniche dello strumento lo rendono altamente affidabile su substrati mobili a granulometria fine.

Per ogni stazione di campionamento sono state eseguite 3 repliche, verificando per ogni replica che lo strumento avesse lavorato in condizioni ottimali e che non ci fosse stata fuoriuscita di sedimento.

Il campione è stato rimosso dal campionatore (quest'ultimo è stato accuratamente risciacquato da eventuali residui di campione con acqua di mare precedentemente filtrata con un filtro di maglia inferiore ad 1 mm, per evitare eventuali contaminazioni) e posto in un contenitore di dimensioni adeguate. Per separare gli organismi macrobentonici dal sedimento, il campione è stato vagliato attraverso un setaccio setaccio con apertura regolare di maglia 1 mm + pre-setaccio di 2mm.

Il materiale biologico e non biologico rimanente dopo la setacciatura è stato trasferito in appropriati contenitori plastici opportunamente contrassegnati con le informazioni del campionamento (nome della campagna, codice della stazione, numero della replica, ecc.) e fissato con una soluzione di Etanolo al 75% e acqua di mare filtrata. In caso di campioni con elevata presenza di materia organica (ad esempio resti di vegetali), la concentrazione di Etanolo è stato aumentato fino al 90%

Come previsto dal DLGS 3 aprile 2006 n° 152 e sue modifiche apportate con Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del territorio e del Mare 14 aprile 2009 n° 56, per i metodi di campionamento degli elementi di qualità biologica si fa riferimento al manuale APAT 46/2007, ai manuali ISPRA ed ICRAM per le acque marino-costiere e di transizione e alle "Metodologie Analitiche di Riferimento (Programma di Monitoraggio per il controllo dell'Ambiente marino

costiero (Triennio 2001- 2003)” Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, ICRAM (Roma 2001 e successivi aggiornamenti).

4.2 Imbarcazione di appoggio e cronoprogramma delle attività.

L'imbarcazione utilizzata per il prelievo dei campioni è la motonave M/B IL TURCHETTO. Di proprietà della COOP.TECNOMATE (servizi tecnici operativi anti inquinamento).

Le operazioni di campionamento si sono svolte nel arco di 4 giornate lavorative:

-28/08/17 Primo giorno di campionamento, organizzazione delle operazioni di bordo ed allestimento dell'imbarcazione.

-29/08/17 Secondo giorno di campionamento.

-30/08/17 Terzo giorno di campionamento

-22/09/17 Ultimo giorno di campionamento e pulizia imbarcazione.

Il ritardo nelle ultime fasi di campionamento è dovuto alle condizioni meteo-marine avverse che hanno caratterizzato il mese di Settembre 2017.

-

Il cronoprogramma delle attività è riportato nella tabella 2.

STAZIONE	DATA	ORA	LATITUDINE	LONGITUDINE	Prof (m)	OPERATORI	Tecnici poliservizi
B 04	28.08.17	7:30	42° 12.408'	11° 39.665'	37.9	Emanuele Mancini Riccardo Martellucci Lorenzo Costanza Francesco Paladini Daniele Piazzolla	Manuel Simoneschi
B 03	28.08.17	09:00	42° 12.673'	11° 40.042'	33.2	" "	" "
B 02	28.08.17	09:45	42° 12.817'	11° 40.371'	28.2	" "	" "
B 01	28.08.17	10:30	42° 12.926'	11° 40.585'	24.8	" "	" "
B 10	28.08.17	11:45	42° 10.731'	11° 42.208'	24.5	" "	" "
B 11	28.08.17	12:45	42° 10.635'	11° 42.051'	29.0	" "	" "
B 19	28.08.17	13:25	42° 09.904'	11° 43.495'	16.7	" "	" "
B 18	28.08.17	14:00	42° 10.017'	11° 43.686'	10.0	" "	" "
B 20	28.07.17	15:00	42° 09.735'	11° 43.187'	19.5	" "	" "

B 67	29.08.17	08:00	42° 00.466'	11° 57.008'	13.5	Emanuele Mancini Riccardo Martellucci Lorenzo Costanza Francesco Paladini	Manuel Simoneschi
B 68	29.08.17	09:05	42° 00.073'	11° 56.334'	18.1	" "	" "
B 69	29.08.17	10:00	41° 59.620'	11° 55.526'	23.0	" "	" "
B 60	29.08.17	11:20	42° 00.444'	11° 51.500'	37.5	" "	" "
B 59	29.08.17	12:45	42° 00.655'	11° 51.858'	33.7	" "	" "
B58	29.08.17	13:50	42° 01.034'	11° 52.504'	28.0	" "	" "
B 57	29.08.17	14:30	42° 01.440'	11° 53.272'	24.0	" "	" "
B 54	30.08.17	07:25	42° 01.539'	11° 49.287'	29.6	Emanuele Mancini Riccardo Martellucci Lorenzo Costanza Cristian Righetti	Manuel Simoneschi
B 55	30.08.17	08:15	42° 01.433'	11° 49.120'	34.0	" "	" "
B 56	30.08.17	09:20	42° 01.355'	11° 48.981'	40.0	" "	" "
B 48	30.08.17	10:30	42° 02.720'	11° 48.634'	29.4	" "	" "
B 49	30.08.17	11:20	42° 02.450'	11° 48.152'	32.9	" "	" "
B 50	30.08.17	12:30	42° 02.233'	11° 47.801'	38.8	" "	" "
B 38	30.08.17	13:54	42° 04.015'	11° 46.806'	37.7	" "	" "
B 37	30.08.17	14:34	42° 04.436'	11° 47.545'	34.1	" "	" "
B 36	30.08.17	15:10	42° 04.493'	11° 47.657'	30.2	" "	" "
B 21	22.09.17	07:25	42° 09.642'	11° 43.029'	24.1	Emanuele Mancini Francesco Paladini Riccardo Martellucci Lorenzo Costanza	Manuel Simoneschi
B 22	22.09.17	08:56	42° 09.561'	11° 42.867'	27.7	" "	" "
B 23	22.09.17	09:55	42° 09.468'	11° 42.717'	34.3	" "	" "
B32	22.09.17	11:25	42° 06.817'	11° 44.881'	41.3	" "	" "
B31	22.09.17	12:40	42° 06.859'	11° 44.952'	39.5	" "	" "

Tab. 2. Cronoprogramma delle attività di campionamento

4.3 Analisi di laboratorio.

In laboratorio sono state svolte le operazioni di smistamento e identificazione specifica degli organismi campionati. Nella prima fase sono stati separati gli organismi da identificare dal materiale residuo. Ogni campione poi è stato risciacquato con acqua dolce su di un setaccio

certificato di maglia uguale o superiore a quello usato durante il campionamento al fine di eliminare la soluzione fissativa.

Il materiale risciacquato è stato poi posto in una vaschetta di plastica bianca di dimensioni adeguate alla grandezza del campione ed è stato successivamente analizzato allo stereomicroscopio all'interno di capsule Petri così da smistarlo in maniera sistematica, separando gli organismi nei taxa prioritari (Policheti, Molluschi, Crostacei ed Echinodermi); Tali organismi sono stati poi identificati fino al raggiungimento del più basso livello tassonomico possibile.

Per l'identificazione al livello tassonomico più basso si è fatto riferimento ai fascicoli della "Checklist delle specie della fauna italiana" relativi alla fauna bentonica marina (fascicoli nn. 2, 3, 4, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 108, 109) (Minelli et al. 1995). Inoltre per ogni specie è stata indicata l'appartenenza alle biocenosi-tipo mediterranee in base alla standardizzazione di Pérès & Picard (1964).

Si è passato poi alla conta degli organismi ed loro successiva conservazione in contenitori recanti un'etichetta all'interno (carta da lucido con la scritta a matita) e all'esterno, in cui sono state indicate la sigla o nome del progetto, la data di campionamento, la sigla della stazione, la replica, il gruppo sistematico di appartenenza. Sono state inoltre compilate "schede laboratorio" in cui abbiamo riportato, oltre alle caratteristiche relative al campione (data campionamento, sigla stazione, replica), anche la data in cui si è effettuato lo smistamento, il tempo impiegato, il nome dell'operatore e qualunque nota relativa al campione ritenuta utile.

Per l'analisi tassonomica e l'ecologia delle specie sono stati utilizzati i seguenti testi: Campoy (1982), Chevreux & Fage (1925), Costa & Krapp & Ruffo (2009), Day (1967), Fauchald (1977), Fauvel (1923, 1927), P.J. Hayward & J.S. Ryland (1996), Riedl (1991), Ruffo (1982, 1989, 1993), Tortonese (1965), Zariquiey Alvarez (1968); per la nomenclatura ci si è attenuti a quella proposta dal sito World Register of Marine Species (WoRMS- www.marinespecies.org).

5. Analisi dei dati e risultati

5.1 Analisi descrittiva.

Nei 30 campioni di benthos sono stati rinvenuti 3100 individui appartenenti a 183 taxa; solo per il 12% degli individui non è stato possibile estendere l' identificazione a livello di specie.

Le variazioni rispetto al campionamento del 2013 sono minime e si osserva un incremento di circa 100 individui e una variazione nel numero di specie di circa lo 0,3%.

I campioni così identificati sono stati divisi nei seguenti gruppi tassonomici:

- Policheti : 38%
- Isopodi: 0.06%
- Anfipodi: 3.6%
- Tanaidacei: 10,8%
- Decapodi: 3.8%
- Gasteropodi: 8.7%
- Bivalvi: 18%
- Echinodermi: 12,4%
- Sipunculidi: 2,16%
- ALTRO 2,48%

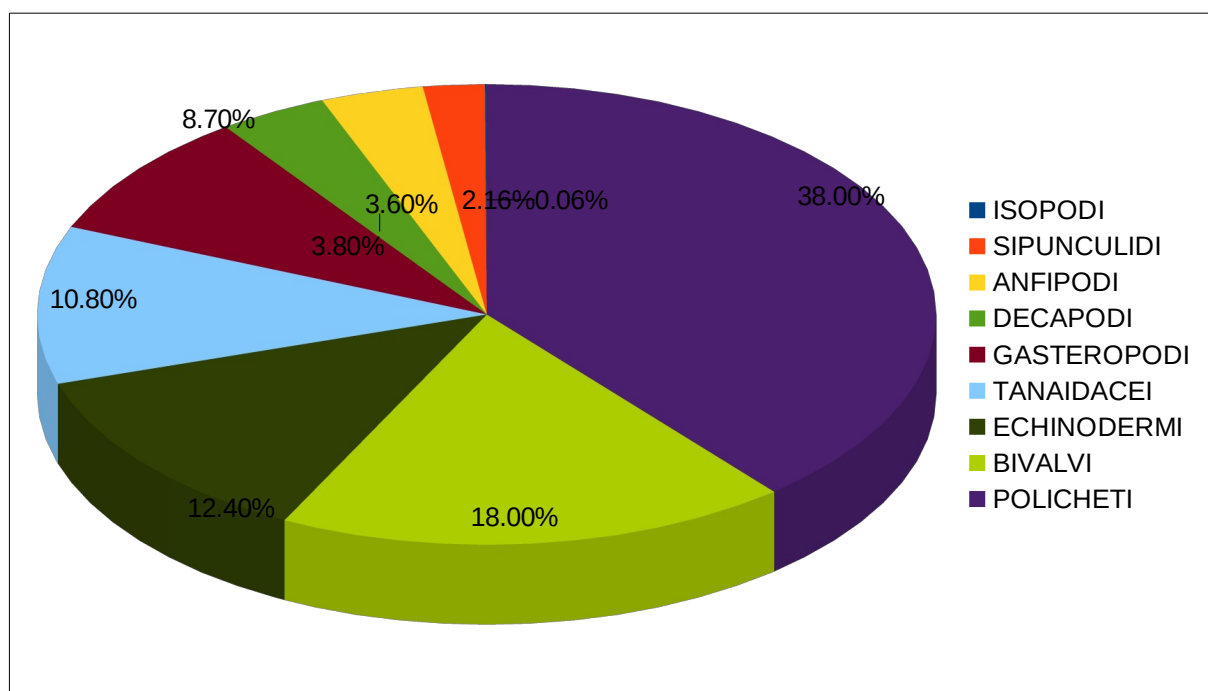
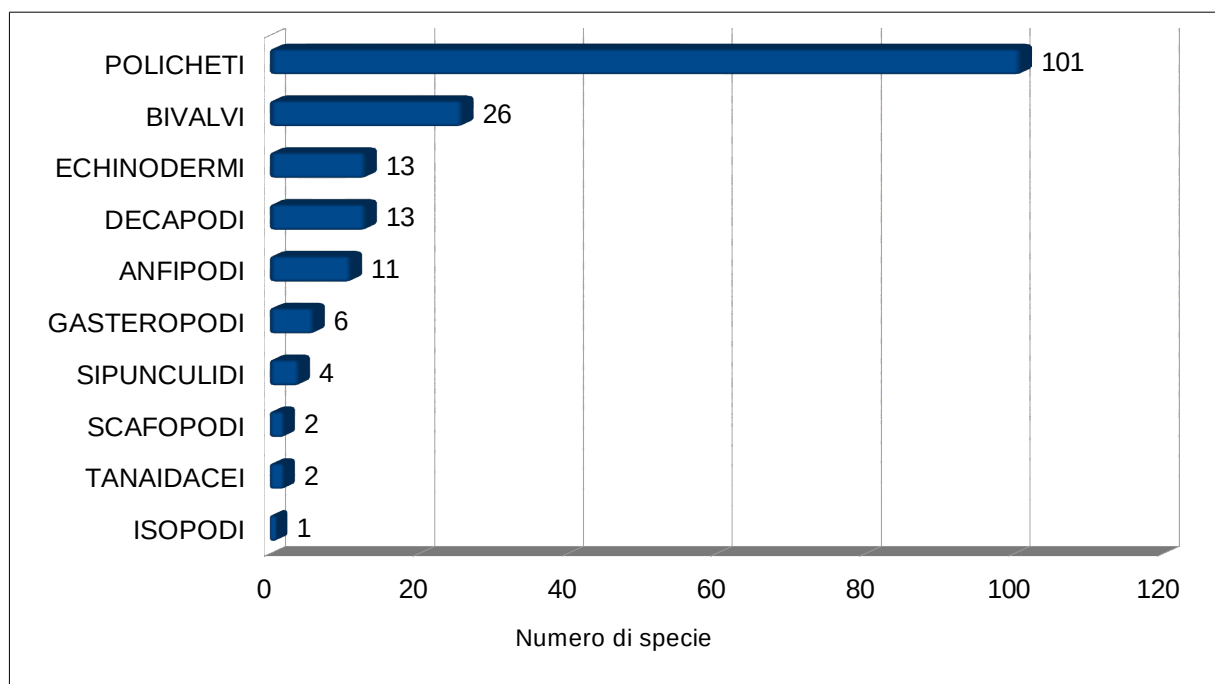
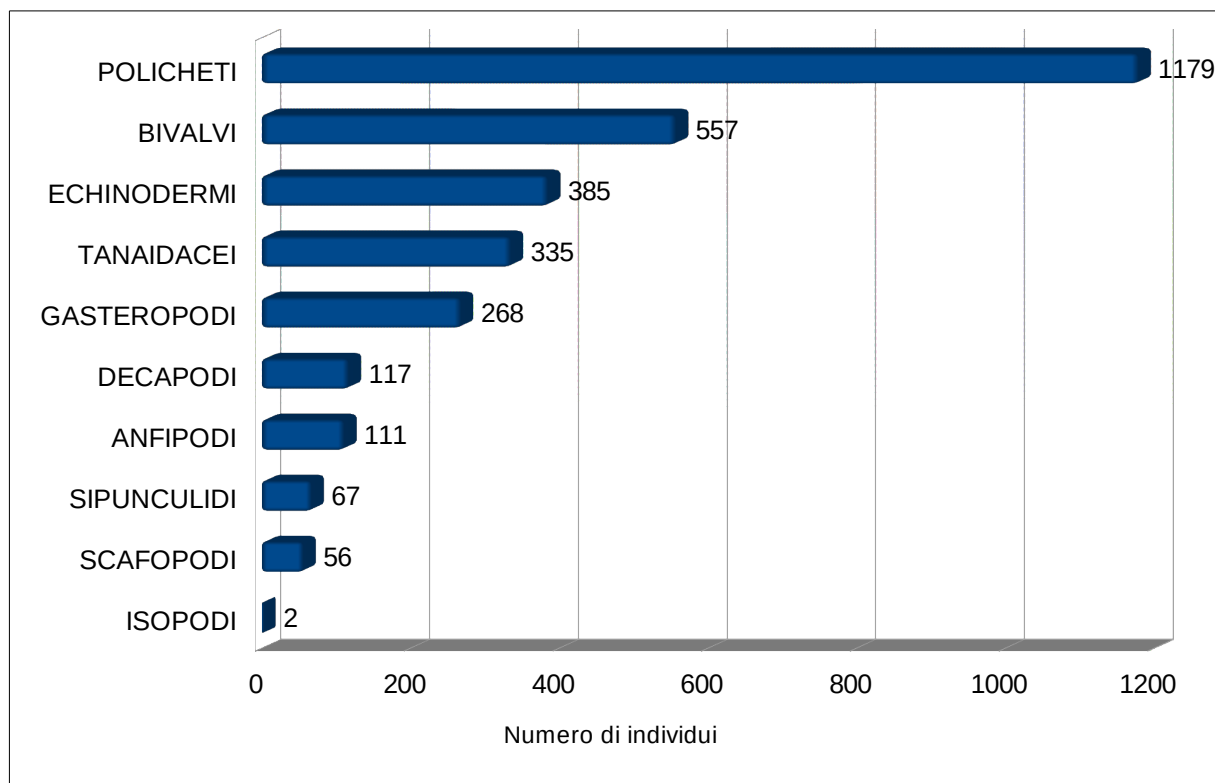


Fig. 2 percentuale di abbondanza dei principali taxa analizzati

Anche in questo campionamento I policheti costituiscono il taxon più rappresentativo sia in termini quantitativi (fig. 3A), sia nel numero di specie (fig. 3B).

A



B

Fig. 3 (A e B): Numero di individui (A) e numero di Taxa (B)

Si può osservare infatti che a questa classe appartengono 1179 individui ripartiti in 101 specie pari al 38%, questo taxa risulta principalmente rappresentato dalle famiglie Nephtyidae, Glyceridae e Capitellidae. Rispetto al 2013 i policheti risultano in diminuzione di circa il 12%

I bivalvi, rappresentativi di circa il 18%, sono risultati il secondo taxa più abbondante ed in aumento rispetto al 2013. Le specie più abbondanti sono la *Corbula gibba* (Olivi 1792) e le telline *Tellina nitida* Poli, 1792 e *Tellina pulchella* Lamarck 1818.

Gli Echinodermi con 385 individui sono rappresentativi del 12,4% della comunità grazie all particolare abbondanza delle anfiure *Amphiura chiajei* Forbe, 1483 e *Amphiura filiformis* (O.F. Müller, 1776) che sono risultate omogeneamente distribuite in tutta l'area ed in tutte le fasce batimetriche.

I Tanaidacei (Anisopodi) sono anche essi in aumento rispetto al 2013 e presenti con valori significativi di circa l'11%. Come nel precedente campionamento questo taxa è rappresentato da due sole specie *Apseudes latreillii* (Milne Edwards, 1828) e *Tuberapseudes echinatus* (Sars, 1882) che risulta essere il taxa più abbondante nel 2017.

Sono invece risultati meno rappresentativi in termini di abbondanza tutti i crostacei: gli Anfipodi (3,6%) sono rappresentati maggiormente dall'Ampeliscidae *Ampelisca ruffoi* Bellan-Santini & Kaim-Malka, 1977, I Decapodi (3,8%) risultano dominati dal paguro *Anapagurus bicorniger* A. Milne-Edwards & Bouvier, 1892 mentre gli Isopodi sono risultati non rappresentativi della comunità (0,06%)

E' da segnalare un incremento nelle abbondanze del Phylum Sipuncula (2,2%) probabilmente legato all'incremento di individui del genere *Aspidosiphon* che sono stati rinvenuti all'interno del detrito conchigliare (es. frammenti e conchiglie vuote di *Turritella communis*) particolarmente abbondante nelle stazioni più profonde.

In conclusione la comunità campionata nel 2017 appare, sia in termini di abbondanza sia di ricchezza specifica, paragonabile a quella del 2013 ed inoltre anche i taxa maggiormente rappresentativi delle comunità appaiono invariati o hanno subito minime variazioni inferiori al 10%.

L'analisi della distribuzione degli individui (Fig.4) mostra i massimi di abbondanza nelle stazioni più superficiali come B19 e B67 e i minimi nelle stazioni più profonde dei transetti come B4, B23, B59 ecc.; in generale il numero di individui oscilla tra i 44 e i 316 con un valore medio di 100 individui a stazione.

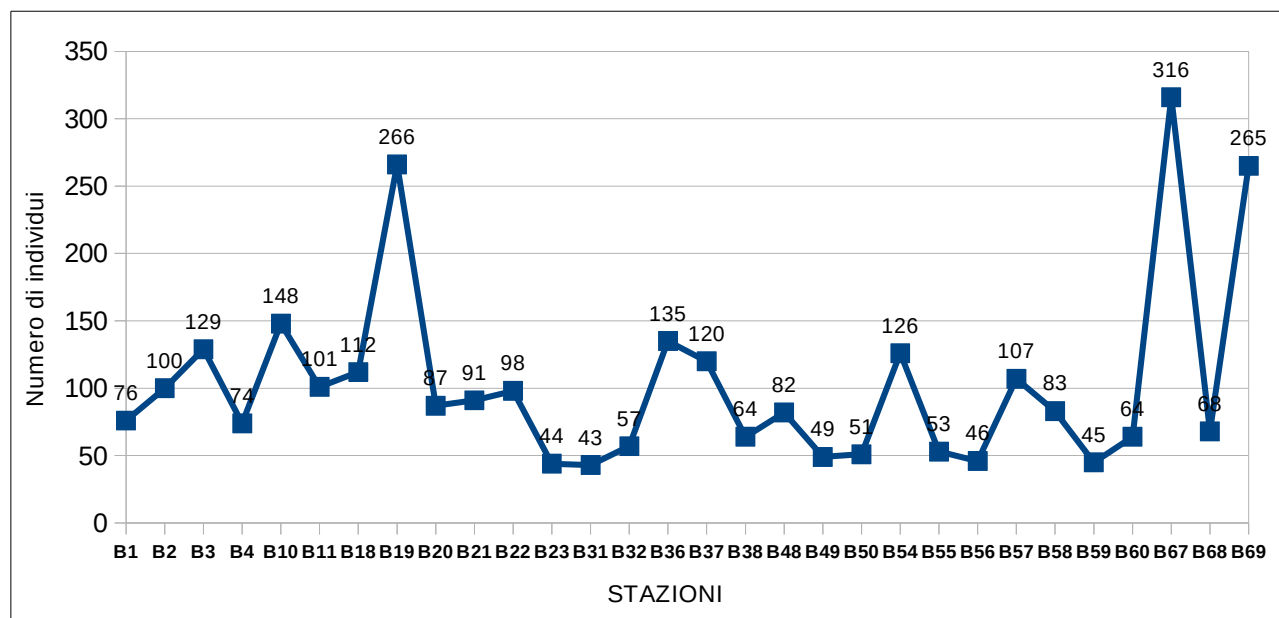


Fig. 4 variazione delle abbondanze nelle 30 stazioni analizzate

Dallo studio delle caratteristiche ecologiche delle specie macrozoobentoniche si osserva che la comunità è dominata dalle specie fangofile e mixticole come i policheti della famiglia Capitellidae e Nephtyidae, il tanaidaceo *Tuberapseudes echinatus* e il bivalve *Corbula gibba*. Le specie associate ai substrati fangosi e misti sono risultate equidistribuite nelle 30 stazioni e si osserva il loro incremento anche nelle stazioni meno profonde (es. B18, B19) dove nel 2013 dominavano le specie sabulicole come *Owenia fusiformis*, *Sigalion mathildae* e *Spisula subtruncata*.

E' importante segnalare, rispetto al 2013, anche l'incremento di alcune specie tolleranti e/o opportuniste indicatrici di impatto antropico (incremento concentrazioni di organico, idrocarburi e metalli pesanti, modificazione degli equilibri sedimentari ecc.) come i policheti della famiglia Cirratulidae e il bivalve *Corbula gibba* (entrambi i taxa sono raddoppiati dal 2013 al 2017). La variazione nelle abbondanza di queste specie può essere un segnale dell'aumento della pressione antropica nell'area di studio

Analizzando i 10 taxa con valori di abbondanza più elevati si osserva che essi rappresentano il 50.76% della comunità (Fig. 5).

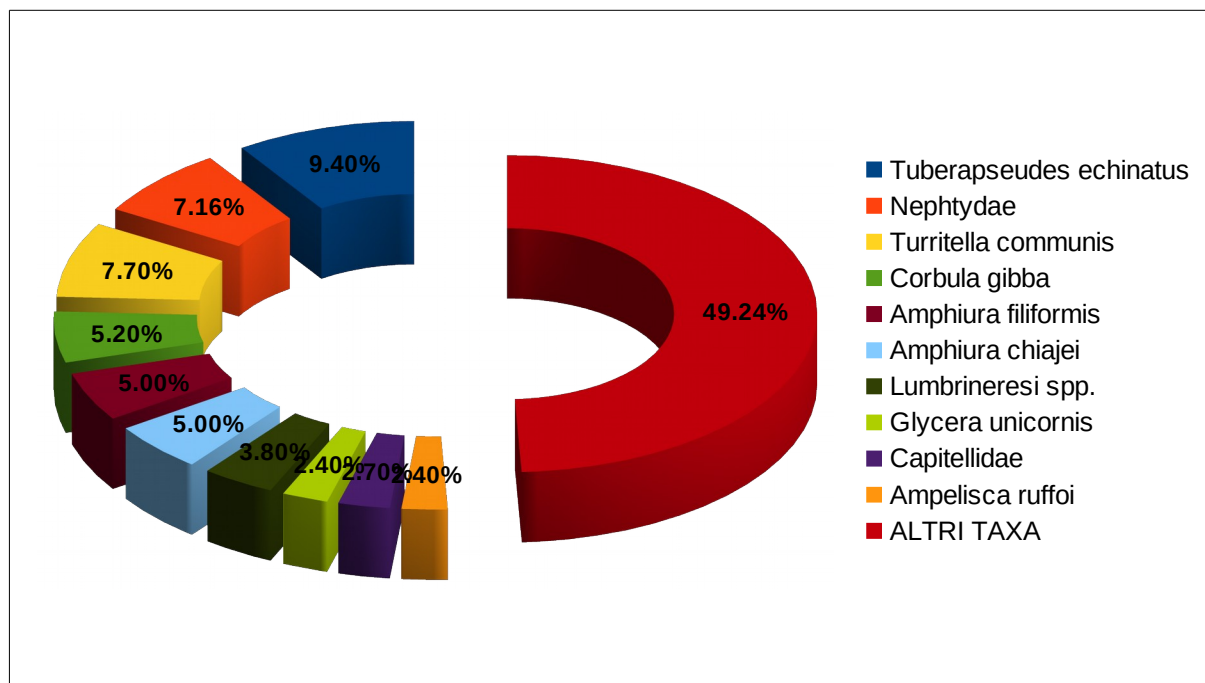


Fig. 5. Percentuale di distribuzione degli individui tra le 10 specie più numerose identificate

Il pool è composto da :

N° 1 Tanaidacea:

Tuberapseudes echinatus (Sars, 1882).

Anisopode di medie dimensioni (fino a 3 cm) appartenente alla famiglia Apseudidae, questa specie è caratterizzata dalla presenza di numerose spine sul perimetro dorsale dei metameri. Questo organismo detritivoro è tipico di fondali fangosi ricchi di detrito vegetale (es. *Posidonia oceanica*)

N° 4 Policheti.

Famiglia Nephtyidae.

Policheti erranti predatori tipici dei substrati mobili costieri, nel nostro campionamento le specie

più rappresentative sono risultate: *Nephtys kersivalensis* McIntosh, 1908, *Nephtys incisa* Malmgren, 1865 e *Nephtys hombergii* Savigny in Lamark, 1818.

Questa famiglia è caratterizzata dalla presenza di branchie localizzate tra neuropodio e notopodio e un capo caratteristico.

La specie più abbondante è la *N. kersivalensis*, una specie di piccole dimensioni (40mm) tipica di substrati fangosi ricchi di detrito.

Famiglia Lumbrineridae.

Policheti erranti con corpo vermiforme che generalmente si presenta molto lungo e sottile, vivono in gallerie scavate nel substrato sabbioso o fangoso, e sono generalmente limivori o detritivori.

Sono morfologicamente caratterizzati da un capo conico o allungato generalmente privo di appendici e da parapodi di piccole dimensioni. Sono risultati particolarmente abbondanti nel nostro campionamento i generi Lumbrinereis, Abyssoninoe e Drilonereis, taxa comuni e abbondanti su tutti i fondi fangosi e misti costieri.

Famiglia Capitellidae.

Questa famiglia è composta da molte specie tolleranti e/o opportuniste tipiche di substrati melmosi e fangosi marini e lagunari. Sono caratterizzati da un corpo subcilindrico suddiviso in 2 regioni, torace e addome, ed un capo ridotto privo di appendici. I parapodi si presentano ridotti e il carattere di identificazione principale è la combinazione di setole e uncini che caratterizza i primi metameri. Tre specie sono risultate particolarmente abbondanti: *Notomastus latericeus* Sars, 1851, *Notomastus aberans* Day, 1957 e *Notomastus lineatus* Claparède, 1869; questi organismi sono indicatori di impatto antropico ma il numero di individui è risultato stabile nel confronto con i dati pregressi.

Glycera unicornis Lamarck, 1818.

I Gliceridi sono policheti erranti predatori caratterizzati da un prostomio di forma piramidale annulato con 4 antenne apicali e una imponente faringe estroflessibile armata di denti chitinosi veleniferi.

La *G. unicornis* è una specie di grandi dimensioni che può arrivare ad una lunghezza di 35 cm ed oltre 400 segmenti; è una specie tipica di substrati misti e fangosi e comune tra i 20 e i 150 m di

profondità

N° 2 Molluschi

Corbula gibba Olivi, 1792.

Questo bivalve è caratterizzata da una piccola conchiglia marcatamente inequivalve in cui la valva destra si presenta più gibbosa e robusta della sinistra, le strie di accrescimento sono molto evidenti e la colorazione si presenta biancastra con aree color ruggine. È una specie opportunistica ubiquitaria comune sui fondali fangosi e misti ed è considerata indicatrice di inquinamento e impatto antropico; il numero di individui di *C.gibba* è raddoppiato rispetto al 2013.

Turritella communis Risso, 1826.

Gasteropode che presenta una conchiglia turritiforme e acuminate con molti giri generalmente convessi. L'opercolo è provvisto di una serie di setole sul bordo esterno e la colorazione della conchiglia è rosata. Questa specie è comune su tutti i fondi mobili costieri e nel nostro campionamento è risultata presente ed abbondante solo nel transetto B67 – B69.

N° 2 Echinodermi

Amphiura chiajei Forbes 1843

Ofiura di medie dimensioni comune su tutti i fondi fangosi e argillosi tra i 10 e i 200 m di profondità. Questa specie, che gode di ampia ripartizione ecologica, è caratterizzata da una rosetta centrale di 6 piastre ed aculei brachiali conici e lisci.

Amphiura filiformis (O.F. Müller, 1776)

Questa specie si riconosce dalla precedente per l'assenza di rosetta centrale e la forma caratteristica del secondo aculeo brachiale. E' comune sui substrati misti e fangosi infra e circolitorali.

N° 1 Anfipodi

Ampelisca ruffoi Bellan-Santini & Kaim-Malka, 1977.

Questa specie è caratterizzata da un capo allungato e obliquo ed antenna 1 più corta del peduncolo

dell'antenna 2 che si presenta maggiore della metà della lunghezza del corpo. E' un anfipode localmente comune sui substrati fangosi ricchi di detrito del circolitorale.

L'analisi delle specie descrive una comunità composta maggiormente da taxa fangofili e mioctofili rappresentativi della biocenosi dei Fanghi Terrigeni Costieri (VTC) come il polichete *Sternaspis scutata* e gli echinodermi *Leptopentacta elongata* e *Leptopentacta tergestina* che appaiono distribuiti in modo omogeneo nell'area di studio.

Nelle stazioni più superficiali come B18 e B19 si osserva una comunità mista con specie fangofile (es. *Corbula gibba*, *Amphiura filiformis* ecc.) e specie più strettamente sabulicole legate alla biocenosi delle Sabbie Fine e Ben Calibrate (SFBC) come *Tellina tenuis*, *Tellina nitida* e *Spisula subtruncata*. Queste comunità miste indicano una zona di confine tra le biocenosi SFBC e VTC con conseguente formazione di una facies mista VTC/S; questo limite nel campionamento del 2013 era localizzata a cavallo della stazione B20 mentre nel 2017 è stato osservato a minore profondità nelle stazioni B18 e B19. Tale dato potrebbe indicare un progressivo infangamento dei substrati sabbiosi costieri con conseguente aumento della componente fangosa nella fascia batimetrica comprese tra i 5 e i 15m.

5.2. Analisi delle categorie trofiche (*feeding types*)

L'analisi trofica è utile a comprendere i rapporti alimentari tra le specie che compongono la comunità ed è essenziale per ricostruire le modalità in cui l'energia si ridistribuisce nella catena trofica.

La categoria trofica (*feeding type*), associata alle diverse specie, è legata sia alla disponibilità di cibo, sia a parametri ambientali come la profondità, l'idrodinamismo e la natura del substrato.

La categoria trofica di una specie è rappresentata dalla fitta rete di interazioni che si hanno tra la natura e composizione delle particelle di cibo ed il meccanismo utilizzato nella raccolta di esse.

Per lo studio delle categorie trofiche è stato utilizzato il World Register of Marine Species (WoRMS- www.marinespecies.org); tale archivio, che raccoglie per ogni specie le caratteristiche tassonomiche ed ecologiche, viene aggiornato quotidianamente in relazione alle pubblicazioni più recenti.

In accordo con la modalità di assunzione del cibo e la natura di esso, gli organismi sono stati divisi in 6 categorie trofiche:

- Carnivori, Onnivori ed Erbivori, organismi Macrofagi che si nutrono di grandi particelle di sostanza organica.
- Sospensivori, Limivori o Deposit feeders e Detritivori, organismi Microfagi che utilizzano particelle di piccole dimensioni, spesso riunite in agglomerati.

Per ciascuna categoria trofica sono indicate in seguito le modalità di assunzione del cibo, la dieta e le interazioni con il substrato:

Predatori (onnivori e carnivori)

I predatori sono rappresentati dagli organismi che svolgono ricerca attiva della preda, i policheti predatori, come *Nephtys kersivalensis* ed i *Glycera unicornis* ne sono un esempio; si possono osservare, infatti, molteplici adattamenti strutturali utili alla cattura delle prede: hanno una elevata mobilità e sono provvisti di una proboscide estroflessibile armata, utile a catturare ed afferrare la preda.

Anche tra i molluschi gasteropodi si possono osservare specie carnivore come *Acteon tornatilis*, predatore attivo di microorganismi dei fondali sabbiosi ed altri Prosobranchi, capaci di perforare i bivalvi utilizzando la radula chitinoso.

Sono inclusi tra i carnivori necrofagi anche la maggior parte dei crostacei decapodi.

Questa categoria trofica è strettamente legata al reperimento di prede, caratteristica che la rende indipendente dalla profondità e dai parametri abiotici, quali idrodinamismo e natura del substrato.

Detritivori

I detritivori sono organismi generalmente mobili che ingeriscono selettivamente detrito di origine generalmente vegetale. La disponibilità di detrito è generalmente legata all'idrodinamismo e alla presenza di fonti come foci fluviali e comunità vegetali limitrofe (es. praterie di *Posidonia oceanica*)

I tanaidacei *Tuberaapseudes echinatus* e *Apseudes latreillii* e il sipunculide *Aspidosiphon sp.* sono risultati particolarmente numerosi in questo campionamento e probabilmente favoriti dalla grande abbondanza di detrito vegetale (*Posidonia oceanica*) osservata nei campioni raccolti

Sospensivori

Si nutrono di particolato organico in sospensione e vivono generalmente adesi o all'interno del substrato. I Sospensivori sono legati quasi esclusivamente ai fondali sabbiosi e misti di bassa profondità ed ai substrati duri superficiali; infatti in queste zone la risospensione del particolato organico è continuo .

L' eccesso di sedimentazione, tipica dei fondali più profondi, può interferire con gli apparati utili alla filtrazione occludendoli; inoltre l' opera di rimaneggiamento dei sedimenti, attuata dai Detritivori, modifica la compattezza del fondale rendendolo non idoneo ai Sospensivori e all' insediamento delle loro fasi larvali.

All'interno di questa categoria trofica si riconoscono due differenti modalità di filtrazione: passiva, che consiste nel realizzare una filtrazione non selettiva attraverso una superficie di raccolta ed una filtrazione attiva, associata alla generazione da parte degli organismi di forti correnti che spingono l' acqua su di un filtro branchiale altamente selettivo; questa è la modalità di filtrazione tipico dei bivalvi che popolano i fondi sabbiosi e rocciosi più superficiali.

I rappresentanti del genere *Tellina* ed altri bivalvi tipici dei fondi mobili come *Tellina nitida* e *Moerella donacina*, utilizzano i sifoni (inalante ed esalante per l'espulsione) per creare un flusso dalla colonna di acqua sovrastante, le particelle in sospensione sono poi spinte mediante un epitelio ciliato sulle lamelle branchiali, dove si attua la filtrazione vera e propria.

Deposit feeders

Questi organismi raccolgono e ingeriscono continuamente grandi quantità di sedimento, dal quale digeriscono i microorganismi interstiziali ed il film batterico e microalgale.

Tale categoria trofica è generalmente molto significativa in termini di abbondanza nei fondi mobili non superficiali, vista l' elevata presenza sedimento e materia organica in deposizione in queste zone. I Deposit feeders, infatti, sono abbondanti in tutti quegli ambienti in cui il ridotto idrodinamismo favorisce la deposizione delle peliti e del detrito organico. Pertanto essi sono meno presenti in ambienti superficiali e fondi duri, fatta eccezione per aree che godono di apporti fluviali (sedimenti di origine continentali) ed in corrispondenza di microambienti, la cui morfologia favorisce accumulo di detrito organico.

Essi sono favoriti ecologicamente da sedimento ricco in componenti fini che facilitano la mobilità e la penetrazione dell'organismo nel fondale ed la sua ingestione; possiamo quindi riscontrare un aumento dei Limivori direttamente proporzionale all'aumentare della profondità.

Appartengono a questa categoria trofica i policheti appartenenti alle famiglie Cirratulidae, Capitellidae e Terebellidae ed alcuni echinodermi come *Leptopentacta tergestinae* e *Leptopentacta elongata*.

Dall'analisi trofica della nostra comunità (Fig 6) appare evidente che la categoria più abbondante è quella dei Deposit feeders, con 1012 individui, seguono i Sospensivi con 817 individui, i Preadatori carnivori con 678 individui ed infine ritroviamo i detritivori con circa 478 individui.

Si può notare una diminuzione lungo il gradiente batimetrico dei Sospensivi a favore dei Deposit feeders.

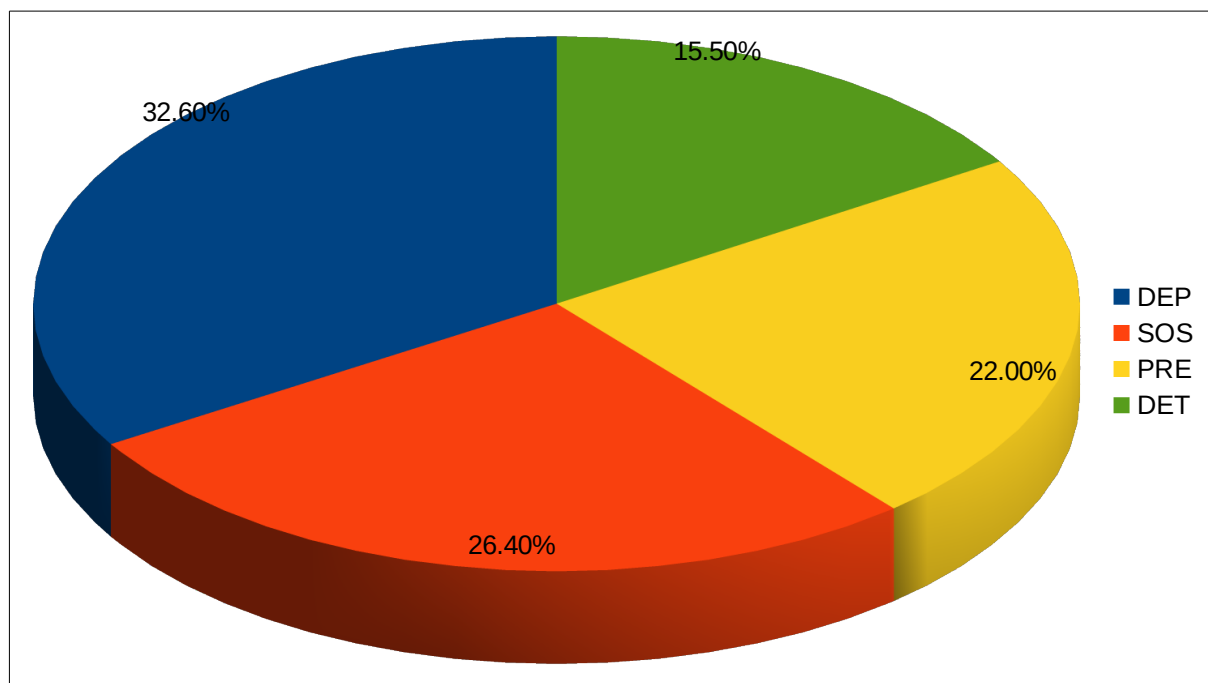


Fig. 6. Percentuale di distribuzione delle singole categorie trofiche

In generale si osserva un aumento dei Sospensivi rispetto al 2013 legato all'incremento nelle abbondanze di alcune specie di bivalvi come *Corbula gibba*, *Tellina tenuis*, *Tellina nitida*, *Tellina pulchella* e del gasteropode *Turritella communis*, molto abbondante nella stazione B69. In generale i Sospensivi risultano più numerosi e caratteristici delle stazioni più

superficiali localizzate nella fascia batimetrica compresa tra i 10 e i 20m.

I Detritivori e i Deposit feeders risultano invece maggiormente equidistribuiti nell'area di studio e la loro abbondanza aumenta nelle stazioni più profonde testimoniando un incremento della deposizione a sfavore della risospensione nei substrati misti e fangosi localizzati a partire da profondità di circa 20 m.

L'elevato numero di Detritivori, rappresentati soprattutto dalla specie più abbondante l'anisopode *Tuberapseudes echinatus*, è legata alla presenza di detrito vegetale prodotto dalle estese praterie di *Posidonia oceanica* che caratterizzano questo settore di costa.

Il flusso di energia che sostiene la comunità è alimentato e sostenuto soprattutto dal detrito vegetale e dalle particelle di materiale organico in sospensione/deposizione di origine continentale trasportate dai fiumi locali; si può ipotizzare che le sorgenti principali di questo flusso siano tre:

- le praterie di *Posidonia oceanica* presenti nell'area ed i cicli biologici legati ad essi;
- le biocenosi di substrato duro e soprattutto dalle biocenosi delle alghe fotofile;
- il sedimento (e materiale organico) di origine continentale trasportato dai fiumi Mignone e Marangone.

5.3 Valutazione dell'Elemento di Qualità Biologica: AMBI & M-AMBI

Attualmente il macrozoobenthos di fondo mobile è stato inserito nella Direttiva Europea sulle Acque (Water Framework Directive, WFD, 2000/60/EC) come uno degli elementi biologici da utilizzare per definire lo stato di qualità ecologica (EcoQS), degli ambienti acquatici. Questa direttiva obbliga gli stati membri a classificare tutte le tipologie di acque, interne e marine, in cinque categorie (classi ecologiche) comprese fra “alto” stato ecologico (condizioni prive di disturbo) e “pessimo” stato ecologico (condizioni di elevato disturbo).

Negli ultimi anni sono stati proposti ed esaminati numerosi indici biotici come strumento per valutare la qualità ecologica nell'ambiente marino (Occhipinti-Ambrogi e Forni, 2004; Salas et al., 2006). La maggior parte di tali indici si basano su pool di specie, suddivise sulla base delle caratteristiche ecologiche; tra questi l'indice AMBI (ATZI's Marine Biotic Index) sviluppato nell'ambito di studi condotti lungo la costa atlantica, e proposto come indice biotico per valutare lo stato ecologico dei fondi molli di acque costiere e salmastre.

Esso utilizza una lista di riferimento per la suddivisione delle specie in 5 gruppi ecologici in relazione a diversi gradi di tolleranza ad un progressivo incremento di stress dovuto principalmente

ad un aumento di sostanza organica, come descritto da Grall & Glemarec (1997).

I 5 gruppi ecologici sono:

- **Gruppo I:** specie molto sensibili ad arricchimento organico, presenti in aree non impattate o leggermente impattate.
- **Gruppo II:** specie non influenzate dall'arricchimento organico, sempre presenti in basse densità, con variazioni non significative nel numero di individui.
- **Gruppo III:** specie che tollerano l'eccesso di sostanza organica; possono essere presenti anche in condizioni normali, di ambiente non stressato, ma i loro popolamenti sono stimolati dall'arricchimento organico.
- **Gruppo IV:** specie opportuniste di secondo ordine.
- **Gruppo V:** specie opportunistiche di primo ordine; detritivori, che proliferano nei sedimenti anossici.

L'indice viene calcolato mediante un apposito software, AMBI© ver. 5.0, che si basa su una lista di specie e relativo gruppo ecologico di appartenenza continuamente aggiornata. In alcuni casi la specie non è presente nella lista di riferimento e ciò rende impossibile un'assegnazione precisa; tuttavia, se non sono presenti valori discordanti, le specie non riconosciute sono considerate come appartenenti alla stessa categoria ecologica delle congeneriche.

L'AMBI è calcolato con la seguente formula:

$$\text{AMBI} = [(0 \times \% \text{GI}) + (1.5 \times \% \text{GII}) + (3 \times \% \text{GIII}) + (4.5 \times \% \text{GIV}) + (6 \times \% \text{GV})] / 100$$

in base ai valori assunti, compresi tra 0 e 6, è possibile classificare le aree di studio seguendo lo schema proposto dagli autori (Borja et al., 2000; Muxika et al., 2005) nella Tabella 3.

Valore di AMBI	Classificazione dell'area
$0 < \text{AMBI} \leq 1.2$	Alto
$1.2 < \text{AMBI} \leq 3.3$	Buono
$3.3 < \text{AMBI} \leq 4.3$	Moderato
$4.3 < \text{AMBI} \leq 5.5$	Povero
$5.5 < \text{AMBI} \leq 6$	Pessimo

Tab. 3: intervallo dei valori dell'AMBI per la valutazione dello stato degli ecosistemi marini di fondi mobili

Nella tabella 4 sono riportati i valori di AMBI relativi alle 30 stazioni, in cui sono stati evidenziati:

- Le 2 stazioni con valore Ambi più alto in rosso.
- Le successive 3 stazioni con valore più alto in giallo.
- le 2 stazioni con valori più bassi in blu.

STAZIONE	VALORE AMBI	CATEGORIA	CLASSIFICAZIONE AREA
1	1,461	2	Slightly disturbed
2	1,717	2	Slightly disturbed
3	2,065	2	Slightly disturbed
4	1,656	2	Slightly disturbed
10	1,783	2	Slightly disturbed
11	2,224	2	Slightly disturbed
18	0,901	1	Undisturbed
19	1,224	2	Slightly disturbed
20	1,339	2	Slightly disturbed
21	1,618	2	Slightly disturbed
22	2,012	2	Slightly disturbed
23	1,430	2	Slightly disturbed
31	1,185	1	Undisturbed
32	1,529	2	Slightly disturbed
36	1,667	2	Slightly disturbed
37	1,555	2	Slightly disturbed
38	1,407	2	Slightly disturbed
48	1,712	2	Slightly disturbed
49	1,793	2	Slightly disturbed
50	1,588	2	Slightly disturbed
54	1,380	2	Slightly disturbed
55	1,468	2	Slightly disturbed
56	1,781	2	Slightly disturbed
57	2,067	2	Slightly disturbed
58	1,850	2	Slightly disturbed
59	1,751	2	Slightly disturbed

60	2,331	2	Slightly disturbed
67	1,994	2	Slightly disturbed
68	1,282	2	Slightly disturbed
69	1,546	2	Slightly disturbed

Tab. 4. Valori degli indici AMBI nelle stazioni di campionamento

Si può osservare che tutte e 30 le stazioni ricadono nelle categorie **1 (area non disturbata)** e **2 (area lievemente disturbata)**, questo evidenzia come l'intera area in esame esprima un buono stato ecologico. I valori AMBI sono rimasti costanti rispetto al 2013 ed inoltre si osserva un lieve miglioramento della qualità ambientale in tutte le stazioni.

Il transetto B18-B23, ed in particolare le stazioni B18-B19 e B20 hanno espresso un'ottima qualità ambientale ed hanno mostrato un incremento nella qualità biologica rispetto al 2013. Come nel precedente campionamento anche le stazioni B 54, B 55, appartenenti al transetto antistante Capo Linaro, hanno espresso i valori di AMBI significativi; infatti quest'area presenta biocenosi di roccia Mesolitorale e Infralitorale, biocenosi delle alghe fotofile e diverse patch di *Posidonia oceanica* che contribuiscono ad elevare la qualità ecologica e l'omeostasi delle biocenosi. Inoltre la struttura tipica del capo rende l'area meno soggetta a deposizione e fa sì che tale settore di mare goda di alta energia idrodinamica.

Anche la stazione B 31, situata in prossimità del Porto Commerciale di Civitavecchia, in un'area limitrofa ad una grande Prateria di *Posidonia oceanica* ha espresso ottimi valori di qualità ed è stata classificata undisturbed.

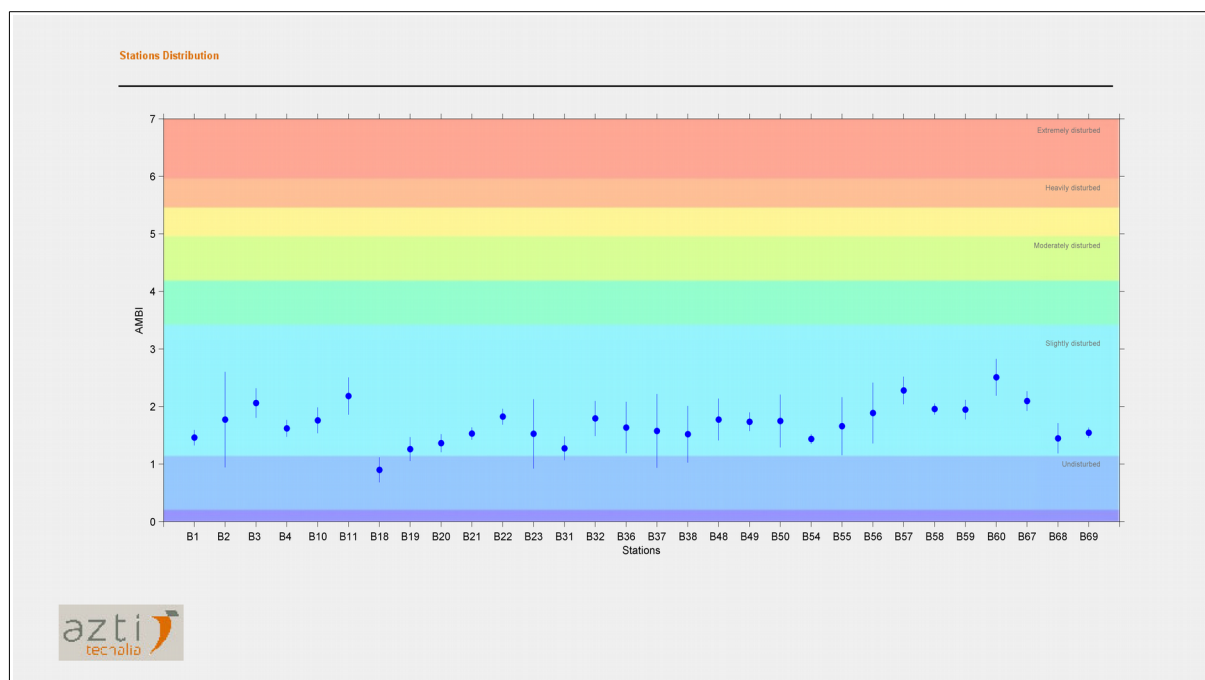


Fig. 7. Illustrazione della variazione dei valori dell'AMBI nelle 30 stazioni

I valori più bassi sono stati invece espressi nelle stazioni B11 e B60, localizzate rispettivamente a 27 e 37 m; tali stazioni, anche se superano valori AMBI di 2.2 sono ugualmente classificati come *slightly disturbed* e non si discostano sensibilmente dalla qualità delle altre stazioni.

Analizzando le Specie raccolte nel campionamento è evidente che la maggior parte di esse ricadano nei gruppi ecologici (Fig.8):

- **Gruppo I:** specie molto sensibili ad arricchimento organico, presenti in aree non impattate o leggermente impattate, sono presenti in tutte le stazioni ed abbondanti nelle B2 ,B18, B21, B22, B36 e 37, B55 e B56;
- **Gruppo II:** specie non influenzate dall'arricchimento organico, sempre presenti in basse densità, con variazioni non significative nel numero di individui, esse sono più rappresentate nelle stazioni B1, B18, B54 e B69;
- **Gruppo III:** specie che tollerano l'eccesso di sostanza organica; possono essere presenti anche in condizioni normali, di ambiente non stressato, ma i loro popolamenti sono stimolati dall'arricchimento organico; sono più abbondanti della media nelle stazioni B3, B29, B32 e B59.

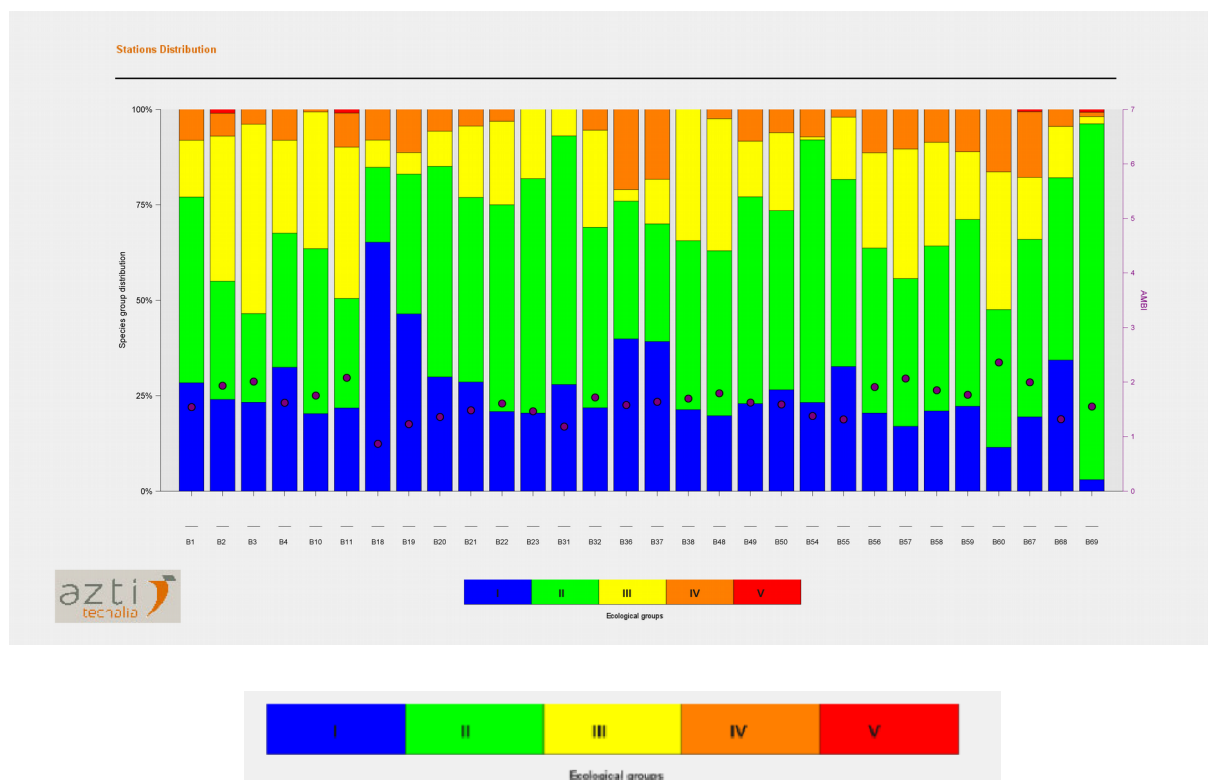


Fig. 8. Distribuzione dei 5 Gruppi di specie nelle 30 stazioni

Poco rappresentati sono invece i gruppi ecologici IV e V, tipici delle specie tolleranti e opportuniste spesso associate a fondali anossici con bassa qualità ecologica.

Questo conferma che l'intera area di studio esprime una buona qualità ecologica e che essa presenti popolamenti bentonici di fondi molli tipici di aree poco impattate che godono di comunità ben strutturate e qualitativamente eccellenti.

Negli ultimi anni è stato sviluppato un altro indice cumulativo, il M-AMBI, in cui vengono combinati l'indice di diversità di Shannon, l'indice AMBI e la ricchezza specifica, con lo scopo di integrare in un unico indice più variabili descrittive delle comunità bentoniche in esame. I valori che derivano dall'applicazione del M-AMBI sono suddivisi in cinque classi di stato ecologico (Tabella 6).

Valore di m-AMBI	Classificazione dell'area
$0.82 < m\text{-AMBI}$	Alto
$0.62 < m\text{-AMBI} \leq 0.82$	Buono
$0.41 < m\text{-AMBI} \leq 0.61$	Moderato
$0.20 < m\text{-AMBI} \leq 0.40$	Povero
$0 < m\text{-AMBI} \leq 0.20$	Pessimo

Tab. 5. Classi di stato ecologico (M-AMBI)

La modalità di calcolo dell'M-AMBI prevede l'elaborazione delle suddette metriche con tecniche di analisi statistica multivariata. Il valore dell'M-AMBI varia tra 0 ed 1 e corrisponde al Rapporto di Qualità Ecologica (RQE) richiesto dalla Direttiva 2000/60/CEE.

Tali indici verranno utilizzati per definire lo stato di qualità delle comunità bentoniche di fondo mobile campionate.

L'area analizzata presenta valori di M-AMBI che ricadono nelle classificazioni Alto e Buono (Tab) che confermano l'elevata qualità ecologica riscontrata nella zona.

Anche in questo caso si può osservare, in accordo con le altre analisi, che i valori più alti dello stato ecologico ricadano nelle stazioni B1, B 2, B18, B19, B20, B21, B37, B38, B54, B55, B67 e B68 e che i transetti antistanti il Mignone e Capo Linaro presentano, in media, alti valori di M-AMBI index; dato che conferma sia l'importanza ecologica dei popolamenti riscontrati nei due transetti sia l'elevata qualità ambientale delle due aree.

Nella figura qui di seguito vengono riportati i valori del MAMBI nelle 30 stazioni.

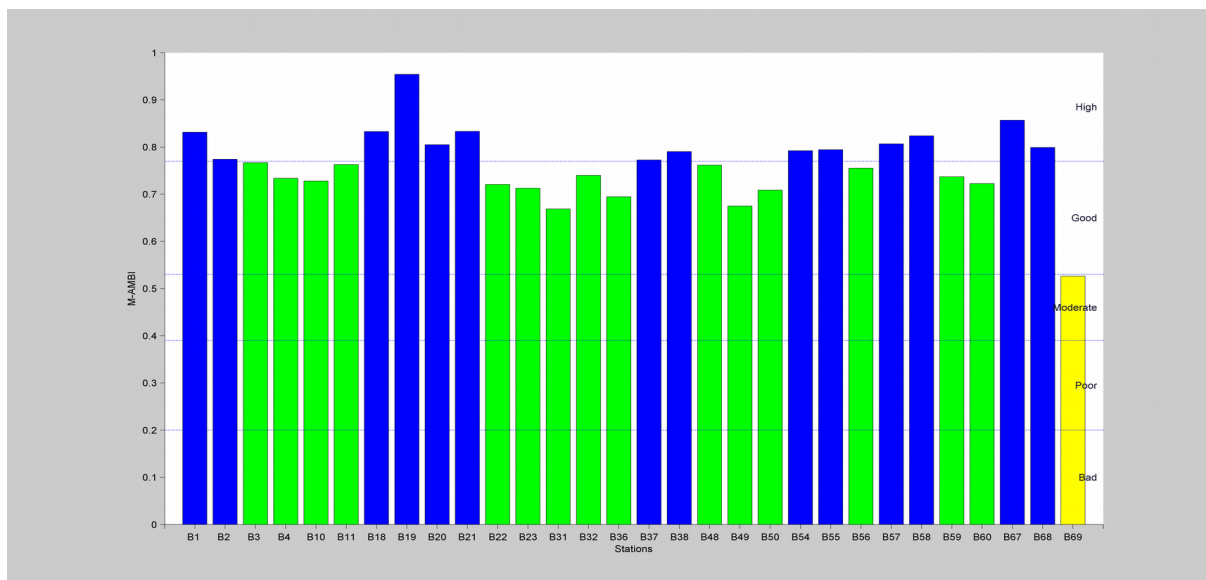


Fig. 9 Valori di MAMBI nelle 30 stazioni

Dal confronto con i dati analizzata e descritta nel 2013 si osserva un incremento della qualità biologica in tutta l'area di studio; infatti il numero di stazioni che mostrano una classificazione “alta” sono incrementate di oltre il 50% passando da 6 stazioni nel 2013 a 14 nel 2017.

5.4. Caratterizzazione bionomica.

Per la nomenclatura delle unità biocenotiche, il metodo di assegnazione ed il concetto di biocenosi si è fatto riferimento al manuale *Nouveau Manuel de Bionomie Benthique de la Mer Mediterranee* pubblicato da Peres & Picard (1969) ed aggiornato da Meinesz et al. (1983)(si fa riferimento ad esso anche per quanto riguarda il modello di zonazione mediterranea).

Ogni biocenosi è stata assegnata utilizzando i dati ricavati dall'analisi tassonomica delle comunità, evidenziando, in particolare , le specie considerate caratteristiche esclusive e preferenziali.

Nell'area esaminata sono state assegnate due biocenosi caratteristiche più una facies:

1. **Biocenosi SFBC** (sabbie fini ben calibrate).
2. **Biocenosi VTC** (fanghi terrigeni costieri).
3. **Facies VTC/s** (facies a limi sabbiosi della biocenosi VTC).

Nell'immagine che segue è riportata l'intera area di studio con le relative biocenosi:

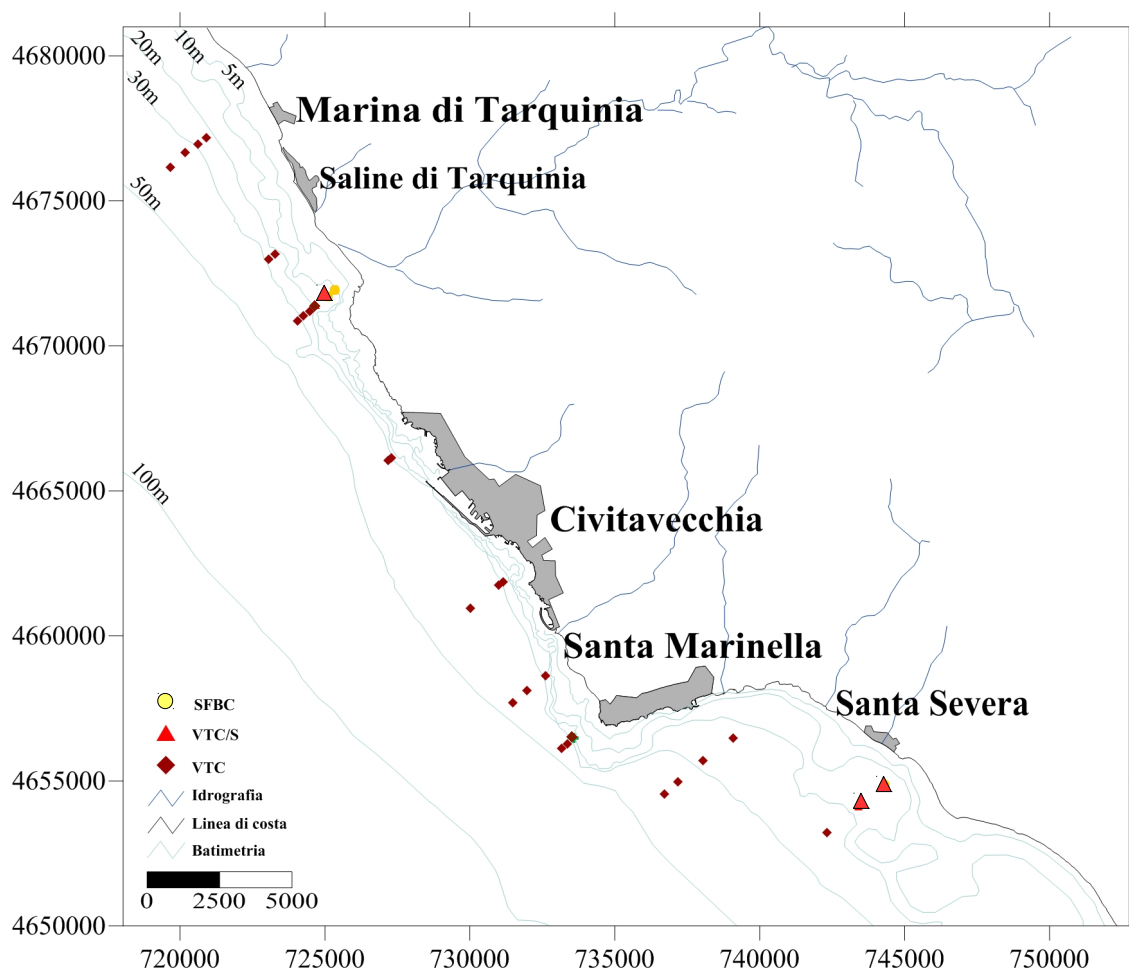


Fig. 10. Distribuzione delle biocenosi bentoniche all'interno dell'area di studio

Biocenosi SFBC (sabbie fini ben calibrate):

Questa biocenosi è inserita nel piano infralitorale (con limite inferiore dato dalla profondità di compensazione delle fanerogame marine); essa è associata a sabbie fini con granulometria omogenea generalmente di origine continentale (degradazione rocce litorali e apporti fluviali) ma può essere presente, in zone a ridotto idrodinamismo ed in prossimità di foci fluviali, una certa percentuale di componente fangosa.

Tale unità bionomica è stata localizzata solo nella stazione più superficiale localizzata nell'area antistante la foce del fiume Mignone, B 18 (10m).

Rispetto al campionamento precedente nelle stazioni B 19 e B 67, anche se presentano specie esclusive della biocenosi SFBC, si è osservato un incremento delle specie fangofile e mixtofile come *Sternaspis scutata*, *A. chiajei* e *A. filiformis* e per questo sono state classificate come facies

VTC/s.

In generale si osserva nell'area di studio una diminuzione delle stazioni associate alla biocenosi SFBC e un avanzamento della biocenosi VTC verso costa. È inoltre importante segnalare la scomparsa totale della facies ad *Owenia fusiformis* precedentemente localizzata nelle stazioni B18 e B19.

Specie caratteristiche campionate:

- *Sigalion mathildae* (Policheti);
- *Nephtys hombergii* (Policheti);
- *Spisula subtruncata* (Bivalvi);
- *Tellina pulchella* (Bivalvi);
- *Tellina nitida* (Bivalvi).

Biocenosi VTC (fanghi terrigeni costieri):

Questa biocenosi, inserita nel piano circalitorale, si riscontra in aree dove le condizioni idrodinamiche favoriscono la deposizione delle frazioni più fini di sedimento.

La VTC risultata l'unità bionomica più estesa dell'area, riscontrata in tutte le stazioni comprese nella fascia batometrica tra i 20m e i 40 m dove il fondale si presenta composto in massima parte da peliti.

Specie caratteristiche campionate:

- *Sternaspis scutata* (Policheti)
- *Paraprionospio pinnata* (Policheti)
- *Abra nitida* (Bivalvi)
- *Labiodoplax digitata* (Echinodermi)
- *Trachytione elongata* (Echinodermi)
- *Trachytione tergestina* (Echinodermi)
- Specie accompagnatrici:
- *Alpheus glaber* (Crostacei)
- *Goneplax rhomboides* (Crostacei)
- *Amphiura chiajei* (Echinodermi)

Facies VTC/s (facies a limi sabbiosi del VTC):

Questa facies si localizza generalmente ai limiti che separano le biocenosi VTC (Fanghi terrigeni costieri) e SFBC (sabbie fini ben calibrate), ed è caratterizzata da sedimenti di origine mista sabbia-fango.

In natura non è possibile definire il limite fisico tra le due biocenosi, e la Facies VTC/s (facies a limi sabbiosi della biocenosi VTC) esprime proprio questo continuum ecologico.

L'eterogeneità dei sedimenti crea una maggiore disponibilità di nicchie per cui il popolamento è composto da specie caratteristiche di entrambe le biocenosi, intercalate a specie accompagnatrici che presentano affinità per le sabbie ad alta e media componente fangosa.

Le stazioni in cui ritroviamo questa facies sono B67 (13m), B68 (18m) e B19 (14m); il continuum ecologico è evidente nel transetto che comprende quest'ultima (localizzato nell'area antistante la foce del fiume Mignone) infatti si possono osservare le stazioni B18 (SFBC, sabbie fini ben calibrate) B20 (VTC, fanghi terrigeni costieri) intercalate dalla B 19 (VTC's, facies a limi sabbiosi della biocenosi VTC).

Specie caratteristiche SFBC:

- *Tellina pulchella* (Bivalvi)
- *Tellina nitida* (Bivalvi)
- *Pharus legumen* (Bivalvi)

Specie caratteristiche VTC:

- *Paraprionospio pinnata* (Policheti)
- *Abra nitida* (Bivalvi)
- *Sternaspis scutata* (Policheti)
- *Leptopentacta elongata* e *Leptopentacta tergestina* (Echinodermi)

Specie mixticole e limicole che testimoniano la presenza di sedimenti sabbiosi infangati:

- *Glycera unicornis* (Policheti, mixticoli)
- *Amphiura chiajei* e *Amphiura filiformis* (Echinodermi, mixticoli)
- *Anapagurus bicorniger* (Crostacei, mixticoli)
- *Tuberapseudes echinatus* (Anisopodi, fangofili)
- *Nephtys incisa* e *Nephtys kersivalensis* (Policheti , limicoli)
- *Corbula gibba* (Bivalvi, limicoli)

Inoltre la comunità è rappresentata anche da specie esclusive e preferenziali della biocenosi dei fondi mobili instabili (MI), come i policheti *Hyalinoecia tubicola* e *Ditrupa arietina* e i sipunculidi dei generi *Phascolion* e *Aspidosiphon*, ed altre specie associabili alla biocenosi dei substrati mobili inquinati (P) come i bivalvi *Corbula gibba* e *Mytrea spinifera* ed i policheti del genere *Chaetozone*. Rispetto alla distribuzione delle biocenosi descritta nel 2013 si osserva un avanzamento verso costa della biocenosi VTC a discapito della biocenosi SFBC che rimane confinata nella stazione più superficiale (B18).

6. Conclusioni

Dal confronto effettuato con i dati raccolti nel 2013 appare evidente che la comunità macrozoobentonica non ha subito variazioni significative sia in termini di abbondanza sia in termini di ricchezza specifica; questo è anche evidente dall'analisi del pool dei 10 taxa più abbondanti che è rimasto quasi invariato, l'unico aumento significativo è da attribuire al bivalve opportunist *Corbula gibba*, una specie indicatrice di inquinamento antropico la cui abbondanza è incrementata di oltre il 50%. Inoltre è stata osservata la totale scomparsa della facies ad *Owenia fusiformis* precedentemente localizzata nelle stazioni B18 e B19.

L'analisi delle caratteristiche ecologiche degli organismi campionati ha mostrato che la comunità bentonica è rappresentata soprattutto da specie mixticole e limicole e che le specie sabulicole, poco abbondanti già nel 2013, hanno subito un ulteriore decremento.

I Deposit feeders sono risultati la categoria trofica più abbondante (circa 33%) mentre i predatori e i sospensivori rappresentano rispettivamente circa il 26% ed il 22% della comunità; i detritivori (15%) sono rappresentati soprattutto dal tanaidaceo *Tuberapseudes echinatus*, la specie più abbondante di raccolta nel nostro campionamento (circa 300 individui). Lo studio dei feeding mode e la presenza di abbondante detrito organico (*Posidonia oceanica*, frammenti di roccia organogena e detrito conchigliare), all'interno dei 90 campioni di sedimento raccolto, ci testimoniano che il flusso di energia, che alimenta e regola le comunità macrozoobentoniche costiere, è veicolato da:

- Praterie di *Posidonia oceanica* e biocenosi delle alghe fotofile;
- Detrito organogeno proveniente dalle biocenosi di fondo duro;
- Detrito e sedimento di origine continentale trasportato dai fiumi Marangone e Mignone.

I risultati dell'analisi dell'indice AMBI indicano che la qualità ambientale è rimasta invariata rispetto al 2013, tutte le 30 stazioni ricadono nelle categorie 1 (area non disturbata) e 2 (area lievemente disturbata) evidenziando come l'intera area in esame esprima un buono stato ecologico.

Anche l'indice cumulativo M-AMBI mostra valori di classificazione che ricadono tra Alto e Buono e dal confronto con i dati analizzati e descritti nel 2013 si osserva un incremento della qualità biologica in tutta l'area di studio; infatti il numero di stazioni che mostrano una classificazione “alta” sono incrementate di oltre il 50% passando da 6 stazioni nel 2013 a 14 nel 2017. ed inoltre è stato osservato un incremento della qualità ambientale in oltre il 50% delle stazioni.

Infine l'analisi bionomica mostra l'avanzamento della biocenosi VTC verso costa a discapito della biocenosi SFBC che rimane confinata in un'unica stazione superficiale, la B18 (10m), localizzata nell'area antistante la foce del fiume Mignone. Quest'ultimo dato potrebbe essere legato all'aumento della percentuale pelitica osservata rispetto al 2013: infatti ben 20 stazioni di campionamento su un totale di 30 stazioni mostrano nel 2017 un aumento di percentuale pelitica maggiore del 10% rispetto al 2013.

In conclusione la comunità esaminata non mostra variazioni significative rispetto al 2013 e la distribuzione delle specie è regolata principalmente da due fattori, il gradiente batimetrico e la distribuzione dei sedimenti legata ad esso, evidenziando che nell'area la comunità bentonica è influenzata soprattutto dalle caratteristiche fisiche ed edafiche del substrato; inoltre l'analisi della qualità ambientale mostra un leggero miglioramento in oltre il 50% delle stazioni sottolineando che le pressioni legate alle attività costiere e all'ampliamento del bacino portuale non hanno comportato un impatto significativo sulle comunità macrozoobentoniche di fondo mobile.

7. Bibliografia

- Bilyard, G.R., 1987. The value of benthic infauna in marine pollution monitoring studies. *Marine Pollution Bulletin*, 18: 582-585.
- Borja, A., Franco, J., Perez, V., 2000a. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin* 40 (12), 1100–1114.
- Campoy, A. 1982. Fauna de Espana. Fauna de Anelidos Poliquetos de la Peninsula Iberica. EUNSA (Ediciones de la Universidad de Navarra S. A.). 781 pp.
- Chevreux & Fage, L., 1925. *Amphipodes. Faune de France*, 9: 1-488.
- Castelli, A., Lardicci, C., Tagliapietra, D., 2003. Il macrobenthos di fondo mobile. *Biol. Mar. Medit* (2003), 10 (Suppl.): 109-144
- Costa F. & Krapp T. & Ruffo S. , 2009. *Atlante degli Anfipodi mediterranei*. MURSIA Italia. 134 pp.
- Costa, F., T. Krapp & S. Ruffo, 2009: *Atlante degli Anfipodi Mediterranei. Guida illustrata a colori. - Atlas for Mediterranean Amphipods. Guide with colour illustrations*. Edizione Mursia, Milano, 210 pp.
- Damiani v., Bianchi N.C., Ferretti O., Bedulli D., Morri C., Viel M., Zurlino G. Risultati di una ricerca ecologica sul sistema marino costiero pugliese. 1988. *Thalassia Salentina* **18**: 153-169.
- Day, J. h., 1967a, *Polychaeta of southern Africa. Part 1. Errantia*. london, british Mus. (nat. hist.), publ. n. 655, 458p.
- Day, J. h., 1967b, *Polychaeta of southern Africa. Part 2. Sedentaria*. london, british Mus. (nat. hist.), publ. n. 656, 420p.
- Fauchald, K. 1977. The polychaete worms: Definitions and keys to orders, families and genera. *Natural History Museum of Los Angeles County, Science Series* 28:1–190.
- Fauchald, K. AND P. A. JUMARS. 1979. The diet of worms. A study of polychaete feeding guilds. *Oceanography and Marine Biology Annual Review* 17:193–284.
- Fauvel, p., 1923, Polychètes errantes. *Faune Fr.*, 5: 1-488.
- Fauvel, p., 1927, Polychètes Sedentaires. addenda aux Errantes, Archiannélides, Mysostomaires. *Faune Fr.*, 16: 1-494.
- Grall, J., Glé marec, M., 1997. Using biotic indices to estimate macrobenthic community

perturbations in the Bay of Brest. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 44, 43–53.

- Gray, J.S.. 1997. Marine biodiversity: patterns, threats and conservation needs. *Biod. Conserv.*, 6:153-165.
- Hayward PJ and Ryland JS (1996) *Handbook of the marine fauna of north-west Europe*, Oxford University Press, Oxford: 1-800.
- Minelli A, Ruffo S, La Posta S (1995) Checklist delle specie della Fauna italiana. Calderini, Bologna. <http://www.comitato.faunaitalia.it/Pubblicazioni.html>.
- Muxika, I., Borja, Á., And Bonne, W. (2005). The suitability of the marine biotic index (AMBI) to new impact sources along European coasts. *Ecological Indicators*, Volume 5, Pages 19-31.
- Occhipinti Ambrogio A., Forni G., 2004. Biotic indices. In: Gambi M.C., Dappiano M. (Eds.), *Mediterranean marine benthos: a manual of methods for its sampling and study. Biologia Marina Mediterranea*, 11 (Suppl.1): 545-572.
- Pérès J. M., Picard J. (1964) - Nouveau manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée. *Rec. Trav. Sta. Mar. Endoume*, 31 (47): 5-137.
- Riedl R., 1991. Fauna e Flora del Mediterraneo. *Franco Muzzio Editore*: 777 pp.
- Ruffo, S. 1982. The Amphipoda of the Mediterranean, Part 1. Gammaridea (Achantonotozomatidae ti Gammaridea) *Mèmoires de l'institut océanographique*, Monaco 13: 1-364.
- Ruffo, S. 1989. The Amphipoda of the Mediterranean, Part 2. Gammaridea (Haustiriidae to Lysanassidae) *Mèmoires de l'institut océanographique*, Monaco 13: 365 – 576.
- Ruffo, S. 1993a. The Amphipoda of the Mediterranean, Part 3. Gammaridea (Melphidippidae to Talitridae), Ingilfiellidea, Caprellidae. *Mèmoires de l'institut océanographique*, Monaco 13:577-813.
- Ruffo, S. 1993b. Family Podoceidae. Pp 669-680 in S. Ruffo ed *The Amphipoda of the Mediterranean*, Part 3. Gammaridea (Melphidippidae to Talitridae), Ingilfiellidea, Caprellidae. *Mèmoires de l'institut océanographique*, Monaco 13.
- Salas, F., Patri'cio, J., Marques, J.C., 2006. *Ecological Indicators in Coastal and Estuarine Environmental Quality Assessment. A User Friendly Guide for Practitioners*. University of Coimbra Press, 131 pp.
- Snelgrove , P.V.R., 1997. The importance of marine sediment biodiversity in ecosystem processes. *Ambio*, 26:578-583.

- Thomson, B.W., Riddle, M.J., Stark, J.S., 2003. Cost-efficient methods for marine pollution monitoring. *Mar. Poll. Bull.*, 46:232-243.
- Tortonese E., 1965. Echinodermata - Fauna d'Italia, VI. Ed. Calderini, Bologna. XIII+422 pp., 186 figg.
- Zariquiey Álvarez, R., 1968. Crustáceas Decápodos ibéricos. *Investigacion Pesquera*, 32, 1-510.