

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI URBINO

FACOLTA' DI SCIENZE AMBIENTALI

Corso di Laurea in Scienze Ambientali
Indirizzo Marino

CARATTERIZZAZIONE DI TRE AMBIENTI DI
SPIAGGIA MEDIANTE L'UTILIZZO DEI
PARAMETRI ABIOTICI DEL SEDIMENTO E
DEL MEIOBENTHOS

Relatore: Dott.ssa
Anabella Covazzi Harriague

Tesi Sperimentale di Laurea di:
Ilaria Valentini

Correlatore: Dott.
Antonio Pusceddu

ANNO ACCADEMICO 2000-2001

INDICE

Capitolo 1: Introduzione	p. 1
Capitolo 2: Materiali e Metodi	
2.1 Area di studio	» 15
2.1.1 Il mare Adriatico	» 15
2.1.1.1 Idrologia del mare Adriatico	» 17
2.1.1.2 Sedimentologia del mare Adriatico	» 19
2.1.1.3 Biologia del mare Adriatico	» 20
2.1.2 Siti di campionamento	» 21
2.1.2.1 Condizioni meteomarine.....	» 25
2.1.2.2 Affluenze turistiche	» 26
2.2 Campionamento.....	» 27
2.3 Procedure di laboratorio	» 32
2.3.1 Meiobenthos.....	» 32
2.3.2 Sostanza organica.....	» 33
2.3.3 Proteine.....	» 33
2.3.4 Clorofilla <i>a</i> e Feopigmenti	» 35
2.3.5 Carbonio Organico	» 36
2.3.6 Granulometria dei sedimenti	» 37
2.4 Analisi statistica	» 41
2.4.1 Analisi Univariata.....	» 41
2.4.2 Analisi Multivariata.....	» 42
Capitolo 3: Risultati	
3.1 Spiaggia di Fano	» 44
3.1.1 Meiobenthos.....	» 44
3.1.1.1 Densità	» 44
3.1.1.2 Rapporti di densità	» 52
3.1.1.3 Diversità.....	» 53
3.1.1.4 Biomassa dei Nematoda.....	» 54
3.1.1.5 Carbonio e Azoto dei Nematoda	» 56

3.1.2 Parametri chimici.....	» 58
3.1.2.1 Sostanza Organica	» 59
3.1.2.2 Proteine	» 60
3.1.2.3 Clorofilla <i>a</i> e Feopigmenti.....	» 61
3.1.2.4 Carbonio Organico.....	» 63
3.1.3 Analisi granulometrica.....	» 63
3.2 Spiaggia di Fosso Sejore.....	» 67
3.2.1 Meiobenthos.....	» 67
3.2.1.1 Densità	» 67
3.2.1.2 Rapporti di densità	» 75
3.2.1.3 Diversità.....	» 76
3.2.1.4 Biomassa dei Nematoda.....	» 77
3.2.1.5 Carbonio e Azoto dei Nematoda	» 79
3.2.2 Parametri chimici.....	» 82
3.2.2.1 Sostanza Organica	» 82
3.2.2.2 Proteine	» 83
3.2.2.3 Clorofilla <i>a</i> e Feopigmenti.....	» 84
3.2.2.4 Carbonio Organico.....	» 86
3.2.3 Analisi granulometrica.....	» 87
3.3 Spiaggia di Pesaro	» 90
3.3.1 Meiobenthos.....	» 90
3.3.1.1 Densità	» 90
3.3.1.2 Rapporti di densità	» 98
3.3.1.3 Diversità.....	» 99
3.3.1.4 Biomassa dei Nematoda.....	» 100
3.3.1.5 Carbonio e Azoto dei Nematoda	» 102
3.3.2 Parametri chimici.....	» 105
3.3.2.1 Sostanza Organica	» 105
3.3.2.2 Proteine	» 106
3.3.2.3 Clorofilla <i>a</i> e Feopigmenti.....	» 107
3.3.2.4 Carbonio Organico.....	» 109
3.3.3 Analisi granulometrica.....	» 110

Capitolo 4: Discussione

4.1 Spiaggia di Fano	» 113
4.1.1 Tessitura del sedimento	» 113
4.1.2 Disponibilità alimentare	» 113
4.1.3 Meiobenthos	» 117
4.1.3.1 Densità delle comunità	» 117
4.1.3.2 Composizione delle comunità	» 118
4.1.3.3 Biomasse dei Nematoda	» 120
4.2 Spiaggia di Fosso Sejore	» 121
4.2.1 Tessitura del sedimento	» 121
4.2.2 Disponibilità alimentare	» 121
4.2.3 Meiobenthos	» 123
4.2.3.1 Densità delle comunità	» 123
4.2.3.2 Composizione delle comunità	» 124
4.2.3.3 Biomasse dei Nematoda	» 126
4.3 Spiaggia di Pesaro	» 127
4.3.1 Tessitura del sedimento	» 127
4.3.2 Disponibilità alimentare	» 127
4.3.3 Meiobenthos	» 129
4.3.3.1 Densità delle comunità	» 129
4.3.3.2 Composizione delle comunità	» 130
4.3.3.3 Biomasse dei Nematoda	» 132
4.4 Fano, Fosso Sejore, Pesaro: confronto dei dati	» 133
4.4.1 Tessitura del sedimento	» 133
4.4.2 Disponibilità alimentare	» 135
4.4.3 Meiobenthos	» 141
4.4.3.1 Densità delle comunità	» 141
4.4.3.2 Composizione delle comunità	» 142
4.4.3.3 Biomasse dei Nematoda	» 144
Conclusioni	» 146
Bibliografia	» 148
Appendice: Analisi granulometriche	» 158

1. INTRODUZIONE

Il litorale riveste un ruolo molto importante per la vita umana. Esso è un ambiente di transizione che occupa una posizione intermedia tra terra e mare e per questo costituisce un bene raro e fragile, importante nel mantenimento degli equilibri naturali. Rappresenta una zona di scambio tra le economie nazionali e regionali ed assume un ruolo strategico nello sviluppo dell'economia mondiale, costituisce il supporto di attività economiche e sociali, fonti di impiego per le popolazioni residenti ed assume un ruolo fondamentale per la ricreazione fisica e psichica delle popolazioni soggette alla crescente pressione della vita urbana.

Negli ultimi decenni tuttavia, le zone litorali sono state sottoposte a problemi crescenti quali la variazione del livello del mare con conseguente modificazione della linea di costa, la costruzione di infrastrutture sempre più avanzate sul fronte marittimo, la moltiplicazione di incidenti gravi e di fonti permanenti di inquinanti, con speciale riguardo agli idrocarburi, l'amplificazione dell'inquinamento da terra, legato all'urbanizzazione, all'uso crescente di prodotti chimici in agricoltura, all'industrializzazione ed all'utilizzo mal controllato dei corsi d'acqua che, purtroppo spesso, assumono il ruolo di scarichi. Tutto questo, unito all'insufficienza di conoscenze in certi settori scientifici ed all'assenza di adeguate misure di prevenzione e regolamentazione, porta alla distruzione spesso irreversibile degli ecosistemi naturali (Carta Europea del litorale, Creta, ottobre 1981).

L'interesse attuale manifestato dai Paesi europei, tra cui l'Italia, per i problemi del litorale, differisce a seconda della più o meno forte tradizione marittima, dell'esperienza acquisita in materia e del rispetto del proprio patrimonio naturale, nonostante la direttiva comunitaria che ha dato inizio alla riduzione dell'inquinamento nelle acque risalga al 1976 (76/464 CEE). A questa direttiva ha fatto immediatamente seguito nel nostro Paese la legge Merli n.319 del 1976, che ha dato origine ad un corpus legislativo in continua evoluzione sul concetto di mare e di risorsa idrica, fino alla legge Galli, n.36 del 1994, con la quale è stata introdotta una visione globale di questa risorsa, da tutelare con criteri di solidarietà in ambiti territoriali ottimali, passando da un concetto limitativo di pura tutela ad una visione dinamica e globale di "tutela e risorsa".

Oggetto del presente studio è la caratterizzazione ambientale di tre spiagge del litorale marchigiano compreso tra le città di Fano e Pesaro, all'interno del quale sono stati scelti tre siti di campionamento sensibili: la foce del torrente Arzilla a Fano, la foce del fosso Sejore nell'omonima località e la foce del torrente Genica a Pesaro.

Le spiagge sono spesso viste solo come luoghi dove sole, mare, vento e sabbia permettono di svolgere varie attività socio-culturali, ma costituiscono in realtà degli ambienti con un alto valore ecologico. Esse sono state da sempre ignorate e considerate dei veri e propri deserti ecologici, soprattutto a causa del fatto che i loro abitanti sono soliti scavare delle gallerie in profondità e quindi sono spesso nascosti (Bally, 1994) tanto che, all'occhio umano, appaiono come un habitat abbastanza omogeneo, ma non è così per i minuscoli organismi interstiziali che ci vivono (Armonies e Reise, 2000). In particolare le ridottissime dimensioni di questi organismi rendono molto lungo il lavoro necessario a separarli dal sedimento e difficile la loro identificazione tassonomica (Lalli e Parsons, 1993).

Da un punto di vista geomorfologico, la spiaggia è un'area sabbiosa (elaborata essenzialmente dalle onde) immergente verso mare, compresa tra il limite superiore raggiunto dall' acqua marina verso terra durante le tempeste e le maree maggiori ed il limite inferiore di deposizione della sabbia. Quest' ultimo corrisponde alla profondità massima cui le onde riescono ad esercitare una trazione sul fondo superando la velocità critica di trascinamento che per la sabbia fine è di 10 cm/sec. e si trova ad una profondità di 5÷6 metri nel mare Adriatico, mentre può arrivare fino a 200 metri in condizioni estreme di tempesta nelle coste esposte degli oceani (Ricci Lucchi, 1980a).

Da un punto di vista dinamico invece le spiagge vengono classificate in funzione dell'energia delle onde e delle correnti in ambienti di alta e di bassa energia. Lungo le coste aperte possono essere suddivise in due tipi principali: *riflettenti* e *dissipative*. Una spiaggia riflettente presenta un ripido pendio intertidale ed una stretta surf-zone tale da determinare il frangimento delle onde direttamente sulla spiaggia, risultando in un sedimento molto grossolano. Una spiaggia dissipativa è invece caratterizzata da un piatto pendio intertidale, da un'ampia surf-zone, spesso con barre sabbiose, tale che l'energia delle onde viene dissipata prima del raggiungimento della zona intertidale risultando pertanto in sedimenti di granulometria più fine.

Ciascuna delle tre aree di studio, essendo caratterizzata dalla presenza di una foce, di un piatto pendio intertidale e di barriere foranee parallele alla costa e distanti 60÷70 metri da essa, può essere collocata nel secondo gruppo, dove prevale il trasporto di materiale fine in sospensione e dove la presenza di ghiaia o ciottoli sparsi è solo locale e dovuta, piuttosto che all'energia meccanica, alla vicinanza di una foce che funge da fonte.

Il tratto di costa marchigiana preso in esame, come gran parte delle coste italiane, è soggetto da anni ad una rapida evoluzione dovuta all'interazione di fattori naturali e di interventi antropici che hanno determinato il degrado del patrimonio ambientale e danneggiato l'attività economica. Tra le modificazioni in atto, l'erosione dei litorali è il fenomeno più significativo ed allarmante, poiché è proprio lungo la fascia costiera che la regione Marche concentra i maggiori insediamenti urbani, le principali infrastrutture di collegamento viarie e ferroviarie, nonché attività produttive ed economiche tra cui, particolarmente importante, quella turistica. Per questo motivo la regione Marche ha affidato, nel settembre 1980, alla società Aquater l'incarico di uno "Studio generale per la difesa della costa" che doveva portare ad un piano progettuale da realizzare con i finanziamenti F.I.O. nell'ambito del "Piano Interregionale di Difesa della Costa Adriatica", di concerto con le regioni Emilia-Romagna, Abruzzo e Molise. Il piano aveva lo scopo di intervenire nei tratti più critici del litorale con soluzioni tradizionali, quali le scogliere emerse foranee e con nuove tipologie di opere di difesa, quali i ripascimenti artificiali in generale abbinati ad opere fisse di contenimento.

Questo intervento si è concretizzato, a Fano, nello spazio di mare compreso tra la foce del torrente Arzilla ed il molo nord del porto. Lo scopo era di risanare lo specchio d'acqua antistante la spiaggia, notevolmente degradata sia per la presenza di tre scogliere foranee che impedivano il corretto ricambio idrico all'interno delle opere stesse, sia per effetto del deflusso torbido del torrente citato, che mettevano in pericolo la balneabilità della zona. L'intervento prevedeva l'allungamento del pennello esistente sulla sponda destra del torrente Arzilla con massi naturali, fino ad una lunghezza adeguata per proteggere il litorale e deviare verso il largo la corrente torbida. Contemporaneamente è avvenuto il salpamento delle tre scogliere emerse esistenti ma non più necessarie. Il risultato conseguito è stato il riallineamento della spiaggia, accompagnato da un contenuto ripascimento artificiale, che ha portato all'avanzamento della linea di battigia e all'aumento del pregio della spiaggia avendo resa sicura la balneabilità nello specchio d'acqua antistante. Dello stesso progetto ha fatto parte l'intervento di ripascimento della spiaggia di Ponente del litorale di Pesaro, con il versamento di una notevole quantità di sabbia. Anche in questo caso si sono ottenuti risultati in linea con le previsioni, con l'avanzamento generalizzato della linea di riva (Interventi di difesa della costa, Aquater, Regione Marche).

La costruzione di centinaia di scogliere più o meno parallele a costa, se da un lato ha permesso di proteggere il litorale adriatico

dall'avanzamento del mare, dall'altro ha indotto notevoli modificazioni ecologiche. Le scogliere si sono rivelate essere ampi substrati solidi disponibili in zone dove non ve ne erano, provocando lo sviluppo di un'intensa copertura algale sugli scogli (ad esempio *Ulva*) e l'insediamento di varie specie nella zona protetta tra costa e scogliera (ad esempio *Gracilaria*) dove si è determinata anche la modificazione della circolazione delle acque con diminuzione della dinamica ed incremento della sedimentazione di materiali fini. Altrettanto importante l'arricchimento in sali nutritivi e sostanze inquinanti causato dalla minore diluizione degli apporti terrestri che ha aumentato notevolmente il livello di trofia (Piccinetti, 1989).

Oltre che per difendere le coste dall'avanzata del mare, le scogliere sommerse sono state realizzate per incrementare lo sviluppo di biomassa e richiamare organismi predatori. In Italia sono state costruite con il sostegno scientifico a partire dal 1970 (primo esperimento a Varazze) ed attualmente sono 24 (figura 1.1). Esse differiscono per dimensioni e tipologia di disposizione e sono così distribuite: 12 in Alto e Medio Adriatico, 5 nel Mar Ligure, 2 nel Medio Tirreno, 1 in Sardegna (per l'allevamento del corallo), 4 in Sicilia e 1 nel Mar Ionio.

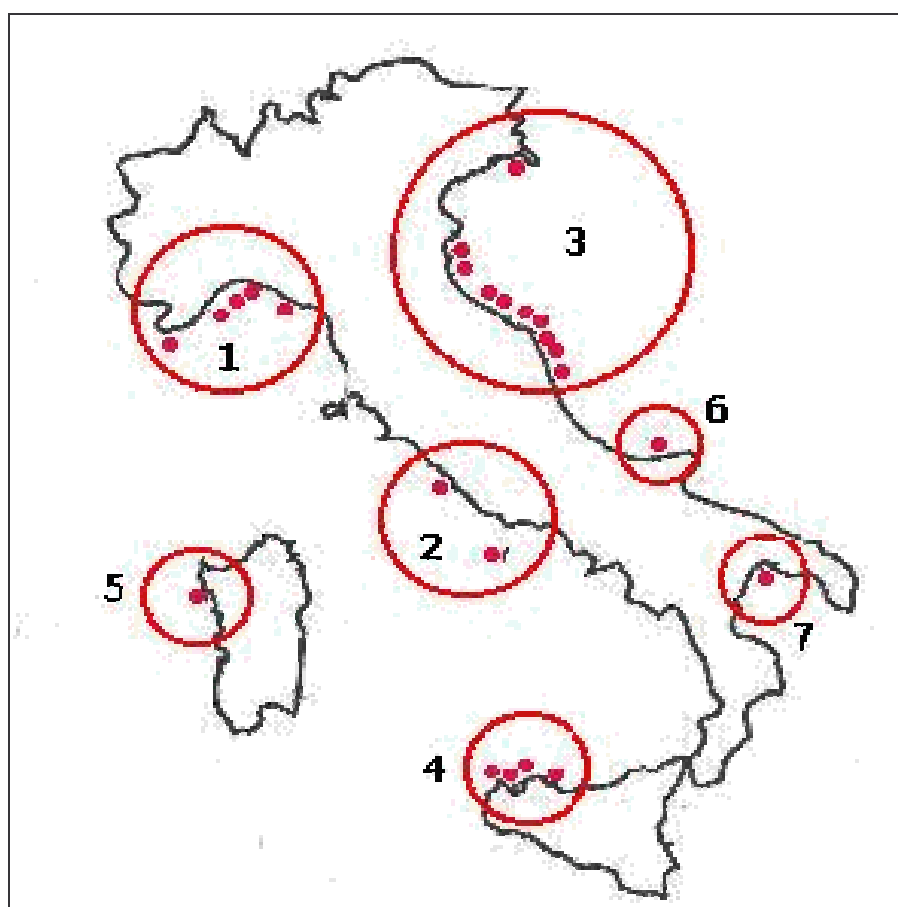


Fig. 1.1 - Disposizione delle scogliere sommerse in Italia.

Il sistema litorale è quello in cui si esplica la più ricca e complessa vita bentonica e nello stesso tempo, per la limitata profondità delle acque e la vicinanza della costa, è il più direttamente minacciato. Nel sistema litorale il benthos costituisce un ecosistema completo, in quanto è presente anche la componente dei produttori primari, rappresentati dalle alghe macrofite, dalle Fanerogame marine e dal microfitobenthos (Sarà, 1972). In particolare sulle spiagge sono presenti diatomee, dinoflagellati ed alghe blu-verdi (limitatamente agli strati più superficiali del sedimento perché la luce non riesce a penetrare molto in profondità nella sabbia). La produzione primaria di queste piante bentoniche è tuttavia piuttosto limitata ($<15\text{gCm}^{-2}\text{anno}^{-1}$) per cui la spiaggia dipende anche dalla produttività delle acque circostanti e dal detrito organico (Lalli e Parsons, 1993). In ogni caso, a differenza dei fondali oceanici in cui il benthos dipende strettamente dalla vita pelagica per l'apporto di materiale organico che dagli strati superficiali si accumula nei sedimenti, nel sistema litorale il materiale organico pelagico è trascurabile rispetto alla biomassa vegetale ed animale che si accumula nelle formazioni bentoniche stesse e che porta ad ecosistemi straordinariamente complessi (Sarà, 1972). A completare l'ecosistema litorale è la presenza dei batteri decompositori, che mineralizzano la sostanza organica rigenerando lo stock di nutrienti indispensabili ai vegetali, ed i consumatori; tutti insieme costituiscono quella che viene definita "piccola catena alimentare" (Giere, 1993).

Particolarmente interessante ai fini del presente studio è il ruolo dei consumatori. Essi si differenziano per abitudini di vita, esistono infatti forme sessili che vivono attaccate al substrato (spugne, gorgonie, briozoi), forme sedentarie che vivono in esso (molluschi e lamellibranchi), forme vagili (crostacei, policheti, gasteropodi, echinodermi), e per le abitudini alimentari (fitofaghi, saprofaghi, zoofaghi, filtratori e detritivori), (Sarà, 1972). Questo insieme di consumatori bentonici viene diviso in base alle dimensioni in macrofauna e meiofauna.

Il presente studio si propone di monitorare i popolamenti meio bentonici delle tre aree di spiaggia in esame, in relazione alla quantità di alcuni componenti organici fondamentali quali la sostanza organica totale, le proteine, la clorofilla *a* ed i feopigmenti.

Il meio benthos, è costituito dall'insieme di organismi di dimensione variabile tra 500 e 37 μm che vivono negli spazi microscopici tra le particelle o sulle particelle stesse senza muoverle, per questo vengono anche chiamati organismi interstiziali.

Moltissimi phyla animali sono rappresentati in questo gruppo ed alcuni, come i gastrotrichi, ne sono esclusivi (Lalli e Parsons, 1993). Per

vivere in un ambiente così particolare, il meiobenthos ha sviluppato caratteristici adattamenti morfologici quali:

- ridotte dimensioni del corpo; organismi come echinodermi e molluschi, che negli altri gruppi sono di grandi dimensioni, diventano inferiori al millimetro per poter vivere tra gli interstizi;

- forma del corpo; in genere questi organismi assumono forme allungate o vermiformi per aumentare la superficie a contatto con il sedimento;

- rinforzamento delle pareti del corpo; per resistere e non essere danneggiati dai movimenti del substrato, molto instabile in un ambiente dinamico, hanno sviluppato scheletri di spicole, cuticole resistenti ed armature di scaglie. Gli organismi a corpo molle come ciliati, vermi ed idroidi, hanno invece sviluppato la capacità di stendere e contrarre rapidamente il corpo per sottrarsi al possibile schiacciamento ad opera del sedimento;

- organi adesivi o uncini per attaccarsi al substrato;

- presenza di statocisti; alcuni organismi interstiziali si sono dotati di questi organi sensoriali sensibili alla gravità, che gli permettono di distinguere tra l'alto e il basso. Grazie ad essi, possono evitare di seguire il sedimento in sospensione raggiungendo il plancton da cui sarebbero predati.

I fattori fisici che principalmente influiscono sulla distribuzione e sull'abbondanza della meiofauna sono:

- granulometria e porosità del sedimento;

- natura minerale del sedimento;

- temperatura;

- salinità;

- idrodinamismo;

- luce.

I principali caratteri sedimentologici che influenzano la distribuzione spaziale della meiofauna sono:

- la granulometria che infatti determina direttamente condizioni spaziali e strutturali e indirettamente l'ambiente fisico e chimico del sedimento. Particelle scarsamente assortite si compattano riducendo il volume dei pori interstiziali al 20% del volume totale; particelle ben assortite contengono fino al 45% del volume dei pori.

- la dimensione della superficie delle particelle di sedimento che definisce l'area disponibile per l'insediamento dei biofilms (batteri, funghi, diatomee, secrezioni di muco) che costituiscono un parametro biotico sostanziale per la vita di animali microscopici.

- la rotondità dei grani che infatti influenza l' assortimento dei sedimenti: particelle spigolose si compattano meglio di quelle sferiche.

Williams nel 1972, ha verificato la correlazione diretta tra dimensione dei pori e taglia della meiofauna (Giere, 1993).

In genere il mesobenthos preferisce sabbia grossolana, mentre endo ed epibenthos sono maggiori in sedimenti fini. Secondo Coull, vari tipi di sedimento determinano la diversa distribuzione dei due maggiori gruppi della meiofauna: nematodi e copepodi harpacticoidi (Giere, 1993). Inoltre gli organismi “ strisciatori” (sliders) vivono negli ampi spazi della sabbia grossolana, mentre gli “ scavatori” (burrowers) dominano nella sabbia fine e nel fango, con granuli di diametro inferiore ai 200 μm , quando gli interstizi diventano troppo stretti.

La natura del sedimento è inoltre fondamentale nel determinare la circolazione di acqua attraverso i pori interstiziali. Tra i sedimenti grossolani si può sviluppare una buona circolazione d' acqua che permette un sufficiente ricircolo di ossigeno, mentre nei sedimenti fini, che trattengono più acqua per capillarità, la circolazione è quasi assente e può determinare la formazione di uno strato anossico (a seconda del contenuto organico del sedimento) che può influenzare la distribuzione verticale della meiofauna.

Temperatura e salinità sono particolarmente importanti nelle zone intertidali e negli strati superficiali che sono i più sensibili essendo influenzati dalla temperatura dell' aria e dell' acqua, dalle maree ecc.

Un importante fattore che influenza il rapido turn-over della meiofauna, è l'idrodinamismo. In genere, infatti, dopo eventi di grande energia (tempeste), la grande quantità di sedimento che è stata portata in sospensione, si rideposita determinando la scomparsa della vecchia fauna interstiziale e la comparsa di nuovi organismi.

Infine, di fondamentale importanza è la luce, capace di penetrare nel sedimento soltanto per 10÷15 mm, limitando a questo spessore lo sviluppo del microfitobenthos necessario per la sopravvivenza della meiofauna erbivora.

Gli studi ecologici sulla meiofauna hanno assunto interesse crescente negli ultimi decenni (Villora-Moreno et al., 1991), con ricerche negli Oceani Pacifico, Atlantico ed Indiano (Ito, 1978; Ansari et al., 1980; Ansari e Ingole, 1983; Bally, 1983; McLachlan, 1983).

Le spiagge sabbiose caratterizzano l' 80% delle coste del Mediterraneo (Dexter, 1989), ma le informazioni sui suoi popolamenti macro e meiobentonici nel mesolitorale (zona compresa tra i livelli medi di

alta e bassa marea) sono molto limitati, nonostante la loro importanza ecologica alla luce della stretta interazione con la vita umana (Covazzi et al., 2000). I primi studi al riguardo interessano la zona mesolitorale del Marocco ed il golfo della Tunisia (Hulings, 1971a; 1971b; 1974; Vitiello e Triki, 1978), la parte più superficiale dell' infralitorale nel nord Adriatico (Vriser, 1984) ed il golfo di Aigues Mortes (Fize, 1963).

La zona mesolitorale del Mediterraneo ha due caratteristiche ambientali principali che possono avere importanti implicazioni ecologiche:

- una decisa variazione stagionale della temperatura (da 8÷12°C in inverno a più di 30°C in estate);
- ridotte escursioni di marea, che permettono al livello dell' acqua di coprire da pochi cm a 1,5 m circa di spiaggia, in funzione della pendenza del fondale, conferendo a quest' ultimo stabilità, tanto che sia il meso che l' infralitorale hanno una propria caratteristica fauna interstiziale (Delamare-Deboutteville, 1960).

In ogni caso, informazioni sull' ecologia delle spiagge dei sistemi microtidali, come il mar Mediterraneo, sono praticamente inesistenti (Covazzi et al., 2000).

McLachlan (1980), basandosi su lavori precedenti di Delamare-Deboutteville (1960), Salvat (1964) e altri, ha suggerito un modello di distribuzione della meiofauna nelle spiagge intertidali (figura 1.2) in relazione all' essiccamento ed al tasso di saturazione che influenzano la percentuale d' acqua presente nel sedimento (maggiore nel fango rispetto alla sabbia):

- strato superiore di sabbia asciutta caratterizzata da basso tasso di saturazione dell' acqua ed elevate fluttuazioni di temperatura e salinità. La prevalenza di nematodi ed oligocheti contrasta con la povertà di copepodi harpacticoidi e turbellari.
- sottostrato di sabbia umida che offre un apporto d' acqua favorevole e presenta minori fluttuazioni di temperatura e salinità. Aumentano abbondanza, diversità e spesso gli harpacticoidi poiché questa zona è sempre ben ossigenata.
- “ water table stratum ” dove la sabbia è sempre saturata d' acqua ma la scarsa ossigenazione e l' elevata salinità determinano la riduzione della diversità e dell' abbondanza della meiofauna.
- strato povero di ossigeno dove la carenza di questo elemento può estendersi a profondità considerevoli e, nelle spiagge con un elevato tenore di sostanza organica, può determinare una zona in condizioni riducenti che ospita un *thiobios*.

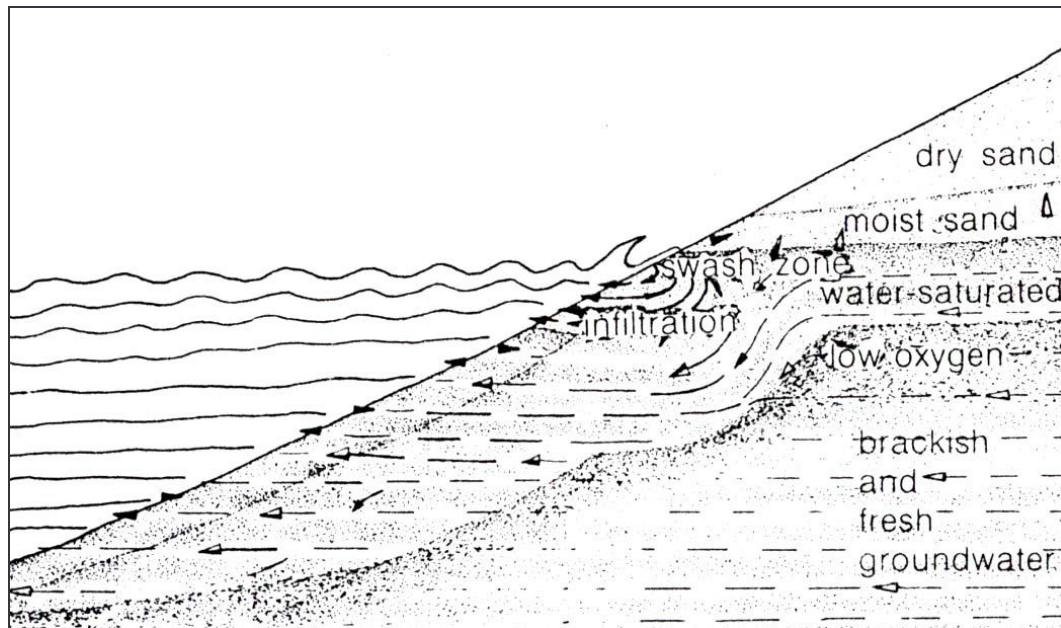


Fig. 1.2 – Stratificazione di un profilo di spiaggia in relazione al contenuto d' acqua.

Diversità ed abbondanza delle comunità meiobentoniche nei sedimenti intertidali e subtidali sono fortemente influenzate dalle caratteristiche dei sedimenti, tanto da trovare differenti habitats nel fango o nella sabbia. Sabbia media moderatamente ben assortita ospita la meiofauna più diversa mentre nella sabbia grossolana, pur rimanendo alto il numero di specie, può diminuire la densità della popolazione. I sedimenti fangosi sono spesso caratterizzati da popolazioni abbondanti appartenenti ad un numero ristretto di specie limitatamente allo strato superficiale. In generale si può affermare che la correlazione fra struttura del sedimento e distribuzione della meiofauna è abbastanza forte da dominare tutti gli altri fattori, in particolare nelle aree litorali. E' stato spesso stabilito che l'abbondanza della meiofauna interstiziale della spiaggia intertidale è regolata dal tipo di sedimento presente. Nella sabbia fine (più fine di 200 μm secondo Wieser, 1959; o più fine di 125 μm secondo McIntyre e Murison, 1973) la vera fauna interstiziale è sostituita da una numericamente più povera fauna "scavatrice". Al contrario, le spiagge intertidali possono essere troppo grossolane; in questo caso il drenaggio dell'acqua interstiziale è troppo rapido e diventa impossibile il movimento ciliato tipico di molte forme interstiziali quali turbellari, gastrotrichi ed archianellidi (Jansson, 1967). In ogni caso, all'interno di certi limiti, con particelle di diametro variabile tra 125 e 500 μm (come nei tre siti in esame), una fauna interstiziale è sempre presente nelle spiagge intertidali (Hulings e Gray, 1976). E' ovvio che la semplice determinazione del diametro medio delle particelle non sia sufficiente per rappresentare la complessità di un habitat. Come già detto precedentemente un altro fattore

rilevante è lo spazio dei pori (Jansson, 1967). Esso può essere dedotto indirettamente dal coefficiente di assortimento del sedimento. I sedimenti scarsamente assortiti sono costituiti da un insieme di granuli di varie dimensioni; al contrario, sedimenti ben assortiti hanno una ristretta gamma di dimensioni granulometriche. Per un dato diametro medio, il sedimento scarsamente assortito avrà pori di spazio ridotto e presumibilmente uno scarso popolamento meiobentonico, sedimento ben assortito avrà pori più grandi. Poichè però, lo spazio dei pori può essere uguale per un sedimento grossolano scarsamente assortito come per un sedimento medio e ben assortito, è necessario considerare entrambi i fattori (Hulings e Gray, 1976). In ultima analisi Jansson (1967) ha suggerito come la distribuzione della meiofauna sia più influenzata dal sorting che dal diametro medio del sedimento. Il sorting infatti, non solo è strettamente correlato alla dimensione dei pori, come detto, ma è anche indicativo del regime idrodinamico cui è sottoposto il sedimento. Sedimenti ben assortiti si trovano dove è forte l'azione di onde, maree e correnti, sedimenti scarsamente assortiti si trovano invece dove questi stessi fattori sono deboli (Hulings e Gray, 1976).

Al fine di caratterizzare in maniera approfondita la presenza dei popolamenti meiobentonici nei tre siti presi in esame ed alla luce di quanto detto finora in merito allo stretto legame tra meiofauna e parametri sedimentologici, lo studio faunistico è stato corredato da un'attenta analisi delle caratteristiche granulometriche dei sedimenti presenti nelle tre diverse aree di spiaggia.

Nell'ambiente intertidale i parametri ambientali come temperatura, salinità e movimento dei sedimenti, sono più variabili rispetto al subtidale e possono influenzare la composizione e la distribuzione della fauna al suo interno (Olafsson, 1991). La meiofauna comunque esiste con qualunque regime di salinità e temperatura.

Molto complesso è il rapporto tra meiofauna e macrofauna bentoniche che va oltre il semplice aspetto nutrizionale secondo cui la macrofauna si nutre della meio. Nel 1980 Tenore e Rice (vedi Giere, 1993) hanno scoperto che anche i detritivori macrobentonici aumentano in presenza di meiofauna. Questo avviene per l'azione di frammentazione meccanica degli organismi interstiziali sulle faecal pellets macrobentoniche che favorisce l'azione di decomposizione ad opera dei batteri che rigenerano il sedimento. D'altra parte, la bioturbazione e la costruzione di tubi da parte della macrofauna aumenta la complessità strutturale del sedimento ed i flussi chimici, in particolare di ossigeno, che favoriscono lo sviluppo della meiofauna. Resta comunque uno stretto rapporto di

competizione e predazione tra i due gruppi bentonici legati da una fase giovanile della macrofauna in cui gli organismi sono della stessa dimensione della meiofauna tanto da essere definiti *meiofauna temporanea*.

Quasi tutti gli organismi macrobentonici si sviluppano da larve planctoniche per diventare meiofauna temporanea. Durante questo periodo sono sottoposti alla pressione di predazione della meiofauna permanente, tanto che è stata ipotizzata la presenza di una “meiofauna bottleneck” per spiegare la riduzione dello sviluppo della macrofauna. Con la crescita, la situazione si inverte e le specie macrobentoniche iniziano a predare la meiofauna soprattutto negli strati superficiali dei fondi molli (Giere, 1993).

Dati su batteri, meiobenthos e macrobenthos raccolti contemporaneamente nel Mar Mediterraneo, sono praticamente inesistenti (Albertelli et al., 1999). Questa è una sfortuna perché è sempre più evidente che la risposta bentonica alle variazioni ambientali (dagli eventi climatici all'inquinamento) può essere perfettamente interpretata considerando l'intero spettro dimensionale del benthos (Schwinghamer, 1988).

Rispetto alla fauna macrobentonica si sa poco sulla diversità specifica della meiofauna nei sedimenti marini (Giere, 1993; Higgins and Thiel, 1988). In accordo con Snelgrove et al. (1997), gli habitats meiobentonici nei sedimenti marini ospitano circa 7000 specie conosciute, ma il numero atteso è dell'ordine di 10^8 , mentre, sebbene il numero di specie macrobentoniche conosciute sia più grande (circa 87000), quello atteso è di un ordine di grandezza inferiore (10^7) (Armonies e Reise, 2000).

In ambienti fisicamente stressati l'abbondanza della macrofauna bentonica è spesso fortemente ridotta, mentre la meiofauna può prosperare. Per questo motivo esistono tentativi di utilizzare il rapporto Nematoda/Copepoda come indicatore ambientale.

Il rapporto di densità Nematoda/Copepoda si basa sulle differenti reazioni di questi due taxa principali nei confronti di un ambiente inquinato, di cui, in questo modo, costituiscono un indice. Generalizzando per tutte le spiagge sabbiose, un valore del rapporto >100 indicherebbe uno stato di inquinamento. Questo concetto considera le diverse nicchie ecologiche occupate dai due taxa. I nematodi sono solitamente legati ad una catena alimentare basata su detriti e batteri per cui, in caso di arricchimento organico, il loro numero aumenta rapidamente. Al contrario i copepodi sono in generale legati alla presenza di microalghe e sensibili alla presenza di ossigeno, quindi reagiscono negativamente all'arrivo di un carico organico. Questa è una semplificazione di un processo in realtà più complesso, poiché la distribuzione dei due taxa è influenzato da molti altri

parametri tra cui la granulometria del sedimento, tanto che non sempre in aree notoriamente inquinate, si è avuto l' atteso aumento di questo rapporto (Giere, 1993).

Un altro importante fattore che influisce notevolmente nella distribuzione spaziale degli organismi bentonici è la presenza di cibo. La quantità e la qualità della sostanza organica nei sedimenti possono essere considerate come due dei maggiori fattori che influenzano il metabolismo del benthos e la struttura della comunità (Graaf et al. 1983; Mills, 1975). Si è deciso pertanto di studiare non soltanto la quantità di sostanza organica nelle tre spiagge prese in esame, ma soprattutto di verificarne la qualità. La sostanza organica è infatti composta da una porzione labile (frazione biopolimerica, BPF) costituita da zuccheri semplici, acidi grassi e proteine che vengono rapidamente consumati (Fabiano e Danovaro, 1994) e da una refrattaria (porzione geopolimerica, GPF) costituita da acidi umici e fulvici e da carboidrati complessi e caratterizzata da una lenta degradazione (Fichez, 1991). In ogni caso, il carbonio biopolimerico rappresenta solo una piccola frazione del carbonio organico totale nel sedimento (Mayer, 1989).

La sostanza organica nei sedimenti è considerata il registratore dei processi che avvengono negli strati d' acqua. La composizione biochimica della sostanza organica è il risultato dell' equilibrio dinamico fra inputs esterni, produzione autoctona ed utilizzazione eterotrofa (Fabiano e Danovaro, 1994).

Quantificare la disponibilità di cibo nei sedimenti è un' impresa ardua (Mayer, 1989) e non esiste ancora una metodologia riconosciuta universalmente per stimare la frazione labile (prontamente disponibile per gli organismi detritivori) della TOM (Tselepidis et al., 2000). Studi recenti hanno utilizzato come indicatori della frazione labile la quantità di proteine, carboidrati e lipidi (Danovaro, 1996; Fabiano e Danovaro, 1994; Fichez, 1991; Danovaro, Fabiano e Boyer, 1994; Danovaro e Fabiano, 1995; Mayer, 1989; Mayer et al., 1995; Gremare et al., 1997). Tuttavia nel presente studio si è ritenuto opportuno analizzare solo la quantità di proteine in quanto esse costituiscono la più appetibile fonte di nutrimento rispetto a lipidi e carboidrati che come risulta da studi più recenti sembrano essere di natura prevalentemente refrattaria.

La sostanza organica, cioè la disponibilità di cibo, rappresenta il fattore determinante dell' abbondanza della meiofauna nel mare profondo (Thiel, 1983). Variazioni temporali nella qualità e quantità della sostanza organica influenzano la struttura ed il metabolismo della fauna bentonica

che, a sua volta, influenza la struttura e la composizione dell' ambiente sedimentario (Manini et al., 1997).

Danovaro et al. (1995) e Danovaro et al. (2000b) hanno notato che nel Mediterraneo Orientale, in profondità, la distribuzione spaziale e verticale della meiofauna è controllata dalla qualità del sedimento (espressa in percentuale di sostanza organica labile rispetto alla TOM), piuttosto che dalla sua quantità (Tselepides et al., 2000).

La TOM determinata per combustione è generalmente una sovrastima della disponibilità di cibo per i consumatori, poiché vari composti inorganici possono essere ossidati a 500°C (Bretschko & Leichtfried, 1987). La determinazione di carboidrati, proteine e lipidi potrebbe essere utile per stimare la frazione potenzialmente disponibile per gli organismi depositivori (Fichez, 1991).

Ulteriori studi hanno dimostrato la relazione fra BPF e pigmenti fotosintetici, indicando che il microfitobenthos rappresenta, nei sedimenti subtidali, la principale fonte di composti labili e di cibo per gli invertebrati bentonici (Bianchi e Levinton, 1984). Il microfitobenthos può essere infatti l' alimento principale a partire dai piccoli protozoi fino alla meio ed alla macrofauna, per cui, la determinazione dei pigmenti fotosintetici (CHL_a e FEO) è fondamentale per valutare la disponibilità di cibo per i livelli trofici superiori ed il suo contributo al carbonio organico (Pusceddu et al., 1999).

In ogni caso, la sola misurazione di CHL_a, non quantifica la frazione di cibo disponibile per i consumatori bentonici e non discrimina fra detrito labile e refrattario (Pusceddu et al., 1999).

I feopigmenti infine costituiscono i prodotti della disintegrazione della CHL_a (feoforbidi e feofitina). La determinazione dei cloropigmenti non misura il tasso di sedimentazione attuale, ma rappresenta una misura relativa del tasso di sedimentazione della materia organica primaria. Un picco di CHL_a indica un bloom fitoplanctonico (Pfannkuche et al, 1987).

Con questo studio si è, pertanto, cercato di individuare le modificazioni eventualmente indotte sui popolamenti bentonici dai corsi d' acqua minori presenti nelle spiagge in esame. Gli organismi bentonici, infatti, essendo per lo più sessili, sedentari o comunque dotati di limitate capacità di spostamento, risentono particolarmente delle alterazioni ambientali e risultano per questo adatti ad essere utilizzati come indicatori biologici (Sarà, 1976).

Al fine di conferire allo studio una significativa valenza ambientale, si è deciso di ripetere il monitoraggio di ciascuno dei tre siti con cadenza stagionale lungo transetti perpendicolari a riva. La scelta di una tale scala temporale è stata data dall' impossibilità di impostare un disegno di

campionamento di tipo before-after impact. Inoltre i dati raccolti sono stati corredati con le informazioni relative al carico turistico nelle città di Fano e Pesaro, con particolare riferimento ai mesi estivi durante i quali le zone di spiaggia diventano estremamente vulnerabili.

2. MATERIALI E METODI

2.1 Area di studio

L'area in esame appartiene al litorale del Mare Adriatico dalla cui conoscenza non si può prescindere nello sviluppo di qualunque tipo di studio.

2.1.1 *Il mare Adriatico*

Il mare Adriatico fa parte del bacino del Mediterraneo. E' un mare interno di forma approssimativamente rettangolare, compreso tra le penisole italiana ad ovest e balcanica ad est. E' orientato da sud-est a nord-ovest e comunica col Mediterraneo Orientale attraverso il canale d'Otranto. Ha una lunghezza di circa 800 km, larghezza media di 200 Km, superficie di 130.000 Km² ed una profondità media di 239 metri.

Il bacino del mare Adriatico si è originato dallo sprofondamento di un'antica area continentale rigida e stabile. Forze compressionali convergenti hanno ammassato e corrugato i materiali di zone instabili ai suoi margini, fino a formare le due catene ad andamento quasi del tutto parallelo che lo bordano: gli Appennini e le Dinaridi (Colantoni, 1981). In base alle caratteristiche batimetriche e sedimentologiche, il mare Adriatico viene comunemente diviso in tre parti ben distinte (figura 2.1.1):

- Adriatico Settentrionale, caratterizzato dalla piattaforma continentale;
- Adriatico Centrale, caratterizzato da una depressione trasversale che supera i 200 metri di profondità;
- Adriatico Meridionale, caratterizzato dalla presenza di fosse, depressioni, vette sottomarine e canali, fino a profondità superiori ai 1000 metri (Pigorini, 1967).

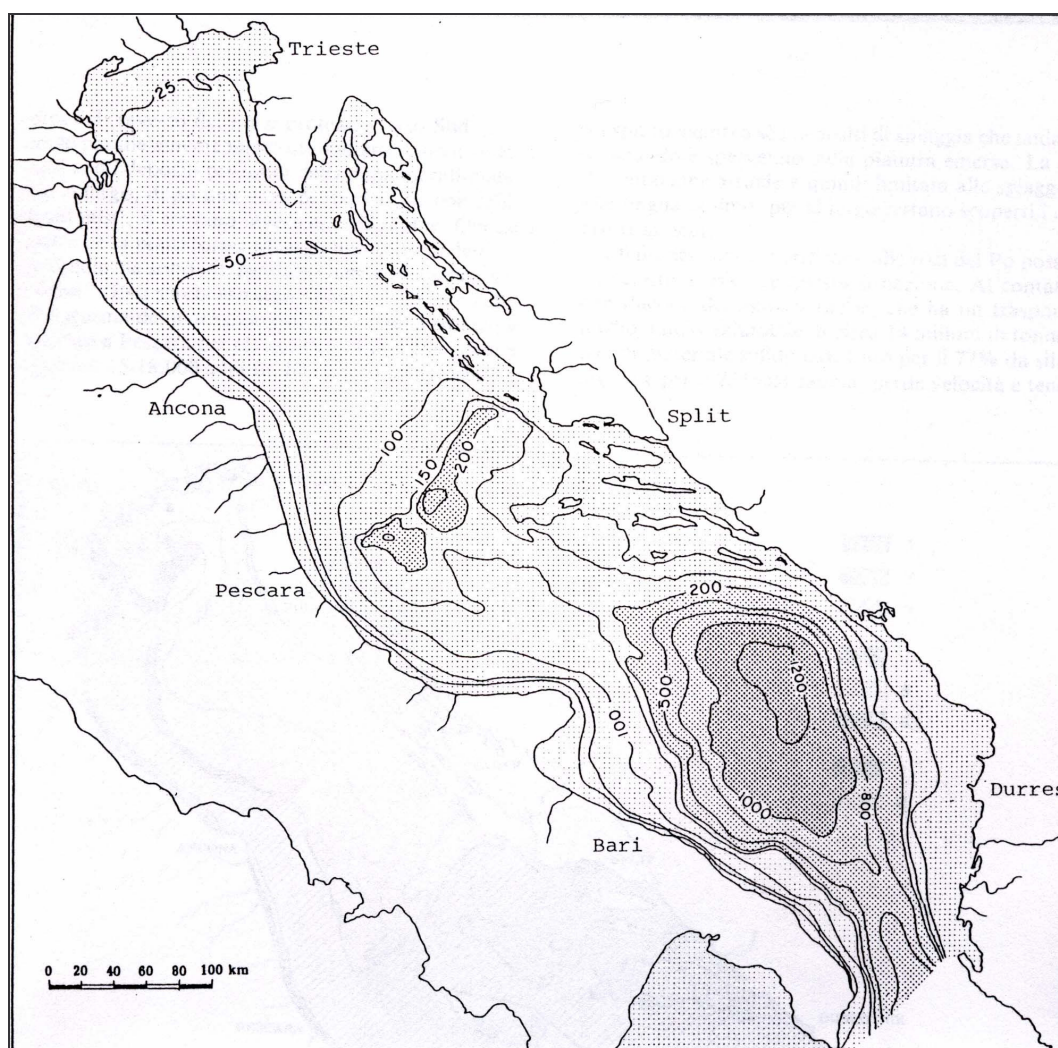


Fig. 2.1.1 - Carta batimetria del mare Adriatico. Profondità in metri.

Il tratto costiero marchigiano costituisce parte del litorale dell'Adriatico Settentrionale, caratterizzato da un'ampia piattaforma continentale che si estende dalle coste venete fino all'isobata dei 70 metri circa (situata lungo la congiungente Ancona-Zara, trasversalmente al bacino). I fondali hanno un andamento molto regolare interrotto solo da elevazioni dell'ordine di 1÷2 metri che rappresentano antiche strutture di spiaggia e da un'ampia terrazza visibile a sud di Rimini. La morfologia del bacino marino, dalla costa a qualche decina di metri di profondità, appare condizionata da processi sedimentari ed evolutivi recenti e, in particolare, dal diverso grado di stabilità della linea di costa (Favero, 1979). Sono, infatti, ancora presenti le tracce di un'antica idrografia superficiale lungo tutta la piattaforma. Erosioni, cordoni litorali sommersi e sistemi vallivi, stanno a testimoniare l'ultima regressione del mare avvenuta durante la glaciazione Würmiana circa 15÷18.000 anni fa. In quel periodo l'Adriatico Settentrionale era emerso e costituiva una valle alluvionale che si estendeva dalle Prealpi Venete fino all'Adriatico Centrale in continuazione

della pianura padana. La linea di riva era situata vicino al ciglio della depressione del Medio Adriatico, cioè vicino al traverso di Pescara, dove sono ancora visibili strutture deltizie dovute al paleo-Po (Colantoni, 1981).

L'Adriatico Centrale è compreso tra le congiungenti Ancona-Zara e Gargano-Kotor. E' caratterizzato dalla presenza della depressione meso-adriatica o fossa di Pomo che è orientata in direzione NE-SW, trasversalmente all'asse adriatico. Essa è costituita da due bacini, uno occidentale più piccolo (profondo 250 metri) ed uno orientale (profondo 272 metri), separati da un'ampia sella. Il fianco nord-occidentale della depressione è costituito dalla progressione verso sud-est della piattaforma continentale formata dagli apporti sedimentari successivi di origine padana ed appenninica che tendono a riempire una depressione un tempo più ampia (Colantoni e Gallignani, 1984).

L'Adriatico Meridionale è compreso tra la depressione meso-adriatica a nord e l'allineamento Gargano-Lagosta a sud, fino alla soglia situata al parallelo di Otranto e profonda oltre 700 metri. Più a sud si spinge fino alle isole Ionie e prende il nome di bacino di Corfù (Gallignani e Sartori, 1984). Le profondità maggiori (1200 metri) sono raggiunte nel Basso Adriatico in corrispondenza di una depressione batiale.

2.1.1.1 *Idrologia del mare Adriatico*

L'Adriatico Settentrionale è caratterizzato da una notevole instabilità idrologica causata dai bassi fondali e dall'apporto di acque dolci, a differenza del bacino meridionale che è invece molto stabile; le acque del Medio Adriatico hanno caratteristiche intermedie tra le due (Specchi, 1981).

L'idrologia del mare Adriatico è determinata da quattro fattori principali (figura 2.1.2):

- La circolazione fondamentale di gradiente costituita da una corrente ascendente (di origine mediterranea con salinità del 38,5 ‰ circa) lungo il versante orientale e da una discendente (poco salata, fredda d'inverno e calda d'estate) lungo quello occidentale.
- Gli apporti fluviali dalle coste nord-occidentali (di provenienza padana) in particolare in autunno che contribuiscono alla bassa salinità, inferiore al 35‰ e anche meno.

- I venti dominanti, con fetch a durata maggiore, cioè quelli di scirocco, che agiscono approssimativamente in senso longitudinale rispetto al mare; essi contribuiscono a formare intense correnti di deriva che possono invertire la situazione determinata dai fattori termoclinici e causare erosioni e modificazioni alle coste. Importanti anche i venti di bora che contribuiscono al ricambio delle acque (Mosetti 1983).
- La marea e le correnti di marea. La marea sale dallo Ionio lungo la costa orientale e, procedendo in senso antiorario, ridiscende lungo quella occidentale (Mosetti 1964). La presenza di un nodo anfidromico (punto in cui tutte le componenti di marea sono nulle) all'altezza di Ancona fa sì che l'ampiezza della marea nell'area di indagine non sia molto elevata. L'ampiezza media delle maree sizigiali è di circa 45 cm, delle maree in quadratura è di circa 15 cm (Scaccini e Piccinetti, 1967).

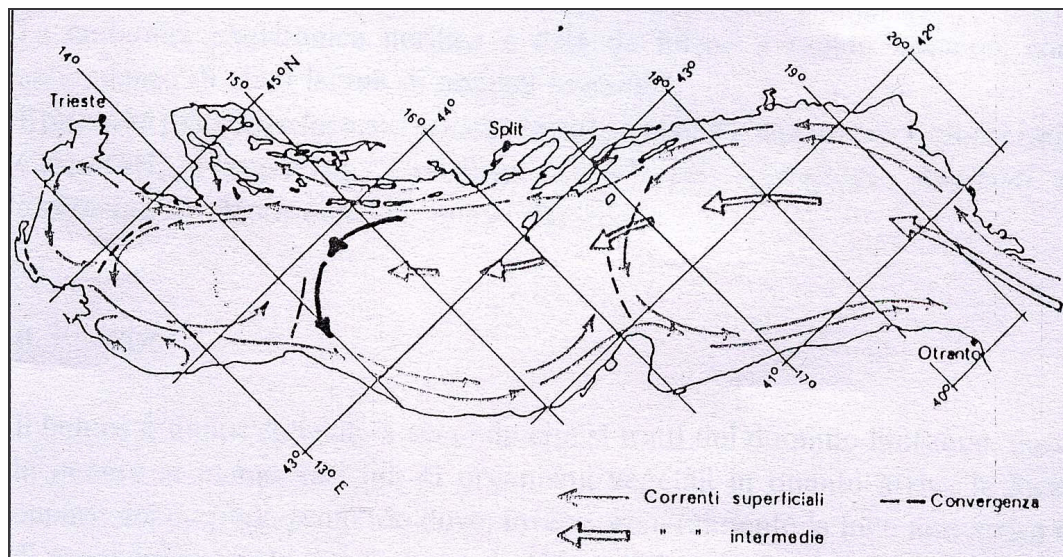


Fig. 2.1.2 - Schema della circolazione delle correnti superficiali ed intermedie nel bacino Adriatico (Mosetti, 1983). La lunghezza delle frecce è grossolanamente proporzionale alla velocità media.

2.1.1.2 Sedimentologia del mare Adriatico

L'attuale distribuzione dei sedimenti sui fondali adriatici (figura 2.1.3) è legata alla storia geologica recente (olocenica) del bacino, oltre che ai contributi terrigeni dei fiumi che vi sfociano ed ai processi dispersivi e deposizionali indotti dal moto ondoso e dalle correnti. La distribuzione dei sedimenti è piuttosto semplice nel bacino meridionale dove le zone profonde sono ricoperte da materiale fine e da scarse sabbie, mentre appare più complessa sulla piattaforma dell'Alto Adriatico.

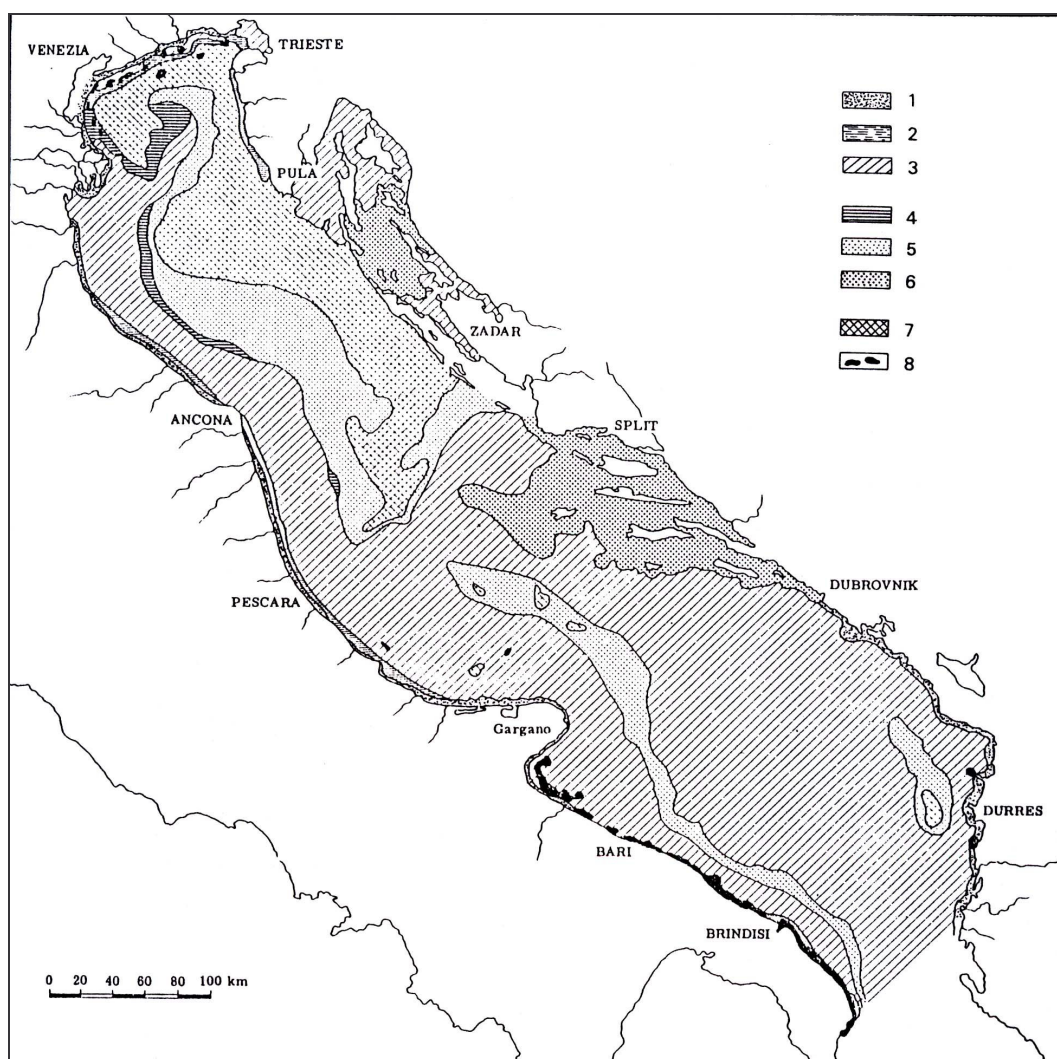


Fig. 2.1.3 - Distribuzione dei sedimenti superficiali nel mare Adriatico.

Sedimentazione attuale attiva: 1 = sabbia costiera; 2 = sabbia siltosa e silt sabbioso; 3 = silt argilloso e argilla siltosa (limi).

Zona di transizione: 4 = sabbia, silt e argilla (loam); 5 = sabbia argillosa; 6 = sabbie costiere e sabbie di piattaforma.

Sedimentazione attuale scarsa o nulla: 7 = sabbie di piattaforma ("relict"); 8 = calcareniti e concrezioni piogene (dai dati dell'I.G.M. di Bologna).

La sedimentazione attuale dell'Adriatico Settentrionale è legata in modo determinante al carico sedimentario fornito dal Po (circa 14 milioni di tonnellate di materiale solido l'anno, costituito per il 77% da silt e argilla e per il 23% da sabbia) ed al regime delle correnti marine (Colantoni e Gallignani, 1979). Allo sbocco dei fiumi in mare la lama d'acqua dolce che trasporta il materiale in sospensione tende a disperdersi verso N-E, ma poco al largo prende il sopravvento la corrente dominante ad andamento antiorario che dispone i sedimenti più fini verso sud, lungo una stretta fascia limosa.

Procedendo quindi da costa verso il largo, si incontra dapprima una fascia di sabbie (naturale continuazione delle spiagge emerse) che terminano a $5 \div 7$ metri di profondità, seguita da un'ampia fascia di materiali fini che, partendo dal traverso del Po, va a collegarsi con i depositi profondi del bacino meridionale, correndo parallelamente alla costa italiana. Più al largo, dopo una zona a sedimentazione mista, si trovano ancora sabbie, interpretate come antichi depositi "relitti" (Colantoni, 1981). Essi sono stati abbandonati dal mare quando ha ripreso ad avanzare durante la rapida trasgressione flandriana, dopo essersi ritirato a sud fino al bordo settentrionale della depressione meso-adriatica nel corso dell'ultima glaciazione avvenuta $15 \div 18.000$ anni fa. Avanzando, il mare ha ridistribuito la sabbia precedentemente depositata, dando luogo ad una copertura di sabbia relitta (Curzi e Tomadin, 1987). Essendo la sedimentazione attuale limitata alle spiagge ed alla lingua di limo, restano scoperti questi depositi antichi.

2.1.1.3 *Biologia del mare Adriatico*

La distribuzione dei popolamenti animali e vegetali è largamente influenzata dalle condizioni idrologiche presenti nel bacino di interesse. Un'area idrologicamente stabile come il Basso Adriatico, può ospitare un numero di specie relativamente alto e quindi popolamenti con alta diversità specifica. Al contrario, man mano che si sale verso l'Alto Adriatico in cui si trovano condizioni idrologiche molto variabili, il numero di specie si riduce progressivamente e con esso la diversità specifica dei popolamenti presenti. Tuttavia, col diminuire del numero delle specie aumentano gli individui presenti in quelle poche specie, tanto che, procedendo dal Basso verso l'Alto Adriatico, diminuisce il numero delle comunità zooplanctoniche, ma aumenta la produzione primaria (Specchi, 1981). Essa è molto bassa nelle acque d'altura dell'Adriatico Meridionale e di gran parte di quello Centrale, modesta nelle acque costiere dell'arcipelago della

Dalmazia. E' invece tra le più alte del Mediterraneo nell'Adriatico Settentrionale con un'elevata frequenza di fioriture algali di notevole entità (Fonda Umani et al., 1991). D'altra parte è proprio l'elevata variabilità ambientale, in accordo con Pérès, la ragione dell'elevata diversità biotica dell'Adriatico e di tutto il Mediterraneo (Ott, 1992).

La prima indagine sistematica degli aspetti quantitativi e qualitativi delle comunità bentoniche del Mare Adriatico è stata svolta da Vatova che, ormai più di 50 anni fa, ha compiuto accurate ricerche per le lagune dell'Alto Adriatico, in particolare per la zona di Venezia e per l'Adriatico Orientale. In aggiunta a questo importante studio sugli aspetti della fauna e flora bentonica del mare Adriatico, è doveroso menzionare gli studi di altri importanti autori: Scaccini et al. (1967), Gamulin-Brida (1962, 1969, 1974), Gamulin-Brida et al. (1971), Colantoni (1974), Piccinetti (1989), Šimunović (1997).

2.1.2 *Siti di campionamento*

Oggetto del presente studio sono tre aree di spiaggia marchigiane caratterizzate dalla presenza della foce di un corso d'acqua minore:

- Il torrente Arzilla nel sito di Fano
- Il fosso Sejore nel sito di Fosso Sejore
- Il torrente Genica nel sito di Pesaro

Le informazioni a disposizione su questi corsi d'acqua sono purtroppo molto scarse, in particolare per il torrente Genica e per il fosso Sejore a causa del loro limitato bacino idrografico.

Il torrente Arzilla nasce dalla confluenza dei Fossi Molinaccio e Calcinari sulle pendici orientali di monte Gaudio (m.443 s.l.m.), monte Abullo (m.513 s.l.m.), monte della Croce (m.552 s.l.m.) e monte S. Giovanni (m.430 s.l.m.). Il bacino idrografico ha un'estensione di 105 Km² e la foce è situata a N-W della città di Fano (figura 2.1.4). Il macrobenthos è solitamente resistente all'inquinamento e caratterizzato da una scarsa diversificazione biologica. Non è testimoniata la presenza di scarichi fognari lungo il corso del fiume, salvo ovviamente casi abusivi di terminazioni non allacciate alla pubblica fognatura. Le più importanti problematiche riscontrate sono quelle legate ai fenomeni di stagnazione delle acque durante il periodo estivo nella zona di foce e deposizione di

materiale limoso; in tali tratti si sviluppano problemi legati a cattivi odori, vegetazione ostruente e presenza di ratti e zanzare.

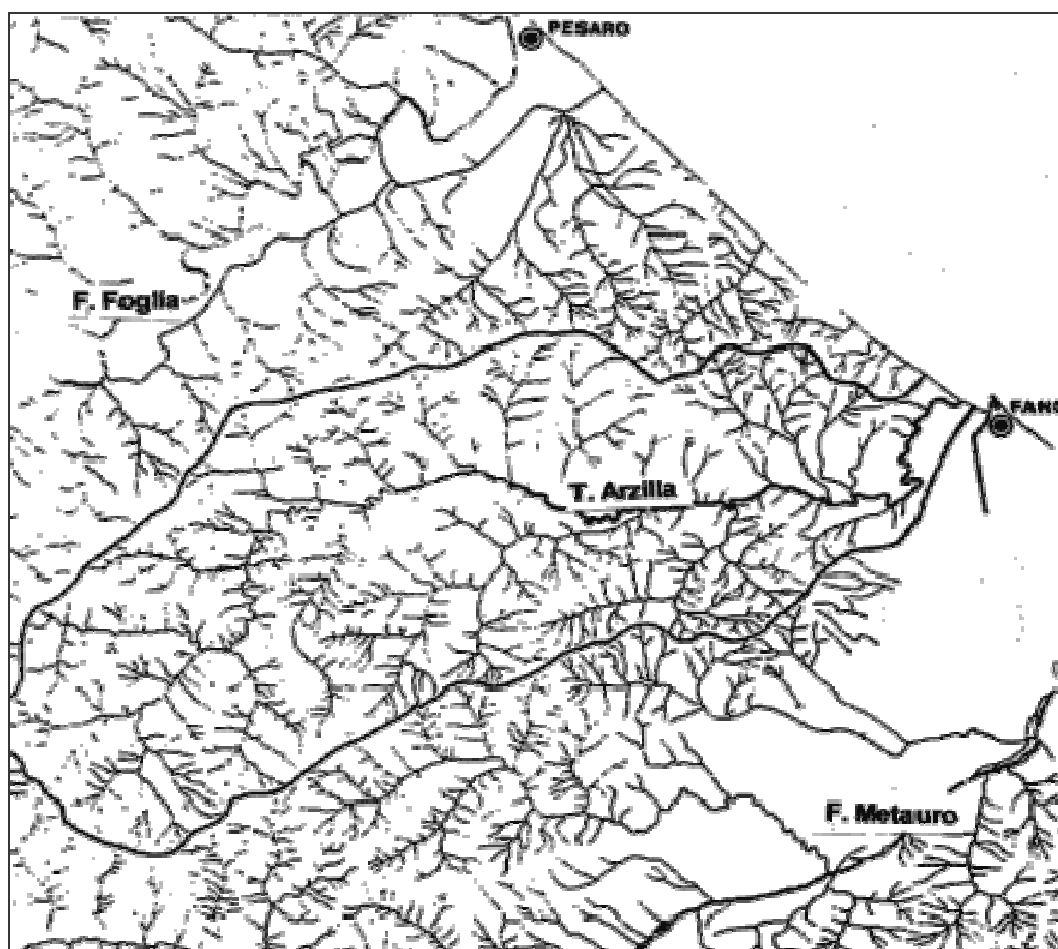


Fig. 2.1.4 - Bacino idrografico e localizzazione del punto di sfocio del torrente Arzilla.

La figura 2.1.5 si riferisce alla foce del torrente Arzilla nel mese di settembre 2001. Si notano le barriere foranee a circa 60÷70 metri dalla costa. Esse sono sistemate parallelamente alla linea di riva e distanziate qualche metro l'una dall'altra. Alla destra della foce del torrente Arzilla è visibile il molo, prolungato con l'intento di deviare il flusso delle acque dolci verso l'adiacente zona di spiaggia di rilevante importanza turistica. Ivi è infatti presente uno stabilimento balneare operativo dal 1° giugno al 1° settembre in base alla normativa vigente. In realtà, la presenza di alcune strutture sportive e ricreative fa sì che la stagione balneare inizi effettivamente verso la metà di maggio e si prolunghi fino a fine settembre (in funzione delle condizioni meteorologiche). La spiaggia a nord del sito in esame è una zona libera, priva di strutture turistiche, ma ugualmente molto frequentata durante la stagione estiva.



Fig. 2.1.5 – Foce del torrente Arzilla nel mese di settembre 2001.

Il fosso Sejore (figura 2.1.6) nasce nei pressi dell'omonimo colle Sejore dalla confluenza di due rami, uno proveniente da C. Barghetti, l'altro da C.se Il Vallone (m.119 s.l.m.).



Fig. 2.1.6 – Foce del fosso Sejore (settembre 2001).

Attraversa terreni agricoli e, dopo un breve percorso, sfocia al mare in un punto intermedio tra le città di Fano e Pesaro. Queste notizie, pur se molto limitate, sono le uniche disponibili ricavate consultando le carte 1:10.000 dell' Istituto Geografico Militare. L'area di spiaggia campionata è caratterizzata dalla presenza di un campeggio che richiama una moltitudine di turisti durante l'estate. Altrettanto frequentata è la zona a sud della foce del fosso Sejore che è interessata dalla presenza di una serie di stabilimenti balneari. Interessante è anche la presenza di barriere foranee parallele alla linea di riva ad una distanza di 60÷70 metri.

Il torrente Genica (figura 2.1.7) è costituito da due rami distinti, uno proveniente dal C. Valgelata, l'altro dal Passo di Trebbiantico, che si uniscono all'altezza del cimitero di Pesaro circa.



Fig. 2.1.7 – Foce del torrente Genica (settembre 2001).

Il primo ramo attraversa Ponte Valle e S. Veneranda incontrando molti terreni agricoli, scende in via Trometta ed arriva al cimitero di Pesaro dove incontra l'altro ramo, anch'esso giunto dopo l'attraversamento di altrettanti terreni agricoli; insieme passano in via Lamarca e vanno a sfociare in mare. Dalle scarsissime notizie a disposizione anche in questo caso, è possibile supporre che il ramo proveniente dal Passo di Trebbiantico non sia interessato dalla presenza di scarichi fognari abusivi, mentre l'altro ramo sembra essere ancora oggi vettore di numerosi scarichi non allacciati alla pubblica fognatura. Il tratto terminale del torrente Genica, all'interno della città di Pesaro, scorre su un

alveo artificiale in cemento, costruito per risolvere gli episodi di allagamento in occasione delle piogge più intense. Durante i mesi estivi il torrente Genica non sfocia in mare (non esistono riferimenti temporali ufficiali in proposito). L'area di campionamento è interessata dalla presenza a nord e a sud di alberghi e stabilimenti balneari. Nella figura 2.1.7 è possibile notare la presenza di barriere foranee parallele alla linea di riva ad una distanza di 60÷70 metri da essa.

Infine, per quanto riguarda la dispersione degli apporti dei tre corsi d'acqua in esame, è necessario dire che, essendo essi di limitata portata, non sono tanto soggetti alla circolazione generale dell'Adriatico in direzione NS, già citata, quanto alla corrente lungo costa che procede in direzione opposta.

2.1.2.1 Condizioni meteomarine

Nella tabella 2.1.1 sono riportati i dati inerenti a temperatura dell'acqua, stato del mare e direzione del vento, che sono stati gentilmente forniti dall'Agenzia Regionale per l'Ambiente (A.R.P.A.M.), subordinatamente ai dati già a disposizione che non sempre corrispondono alle date di campionamento del presente studio. I dati corrispondenti ai mesi di agosto 2000 e giugno 2001 sono stati rilevati ad una distanza variabile rispetto alle foci dei tre corsi d'acqua, a sud e a nord di essi, ad una profondità compresa tra 80 e 120 cm. I dati relativi ai mesi di dicembre 2000 e marzo 2001 provengono invece da 500 metri al largo, pertanto è necessario considerare che i valori reali della temperatura nella zona di spiaggia potrebbero essere 1 o 2°C superiori rispetto a quelli riportati nella tabella. Le misurazioni sono state fatte nei giorni: 18 agosto 2000, 14 dicembre 2000, 15 marzo 2001 e 7 giugno 2001 a Fano, 14 giugno 2001 a Fosso Sejore e a Pesaro.

	Fano			Fosso Sejore			Pesaro		
	T °C	Mare	Vento	T °C	Mare	Vento	T °C	Mare	Vento
Agosto	29	Calmo	E/1	27	Calmo	NW/5	27	Calmo	NW/5
Dicembre	11	Calmo	0/0	13	Calmo	SE/2	13	Calmo	SE/2
Marzo	11,5	Calmo	W/3,5	12	Calmo	W/3,5	11,5	Calmo	W/5
Giugno	22	Calmo	0/0	20	Calmo	NW/4	20	Calmo	W/5

Tab. 2.1.1 - Dati di temperatura dell'acqua, stato del mare, direzione di provenienza e velocità del vento (m/sec.) nelle aree di Fano, Fosso Sejore e Pesaro.

2.1.2.2 *Affluenze turistiche*

La tabella 2.1.2 riporta i dati inerenti al carico turistico nei comuni di Pesaro e Fano gentilmente forniti dall'Azienda di Promozione Turistica Regionale. E' facile notare come la maggiore affluenza turistica caratterizzi i mesi estivi, in particolare agosto, mentre il movimento sia complessivamente maggiore nel comune di Pesaro rispetto a quello di Fano.

Pesaro				Fano			
Mese	Anno	Arrivi	Presenze	Mese	Anno	Arrivi	Presenze
Agosto	2000	35041	295966	Agosto	2000	24314	283836
Settembre	2000	19470	100687	Settembre	2000	9853	70478
Ottobre	2000	10322	31615	Ottobre	2000	4264	14946
Novembre	2000	7473	21765	Novembre	2000	2734	8662
Dicembre	2000	7469	18506	Dicembre	2000	2915	9373
Gennaio	2001	7146	16878	Gennaio	2001	2744	9585
Febbraio	2001	7685	17551	Febbraio	2001	3276	9969
Marzo	2001	9628	22799	Marzo	2001	3309	8984
Aprile	2001	15441	41533	Aprile	2001	5880	19579
Maggio	2001	17182	51405	Maggio	2001	7299	27970
Giugno	2001	28399	143915	Giugno	2001	21320	117709

Tab. 2.1.2 - Movimento turistico nei comuni di Pesaro e Fano da agosto 2000 a giugno 2001.

2.2 Campionamento

Le aree interessate dagli studi specifici sono rappresentate dalle spiagge situate alle foci di tre corsi d'acqua minori compresi tra le città di Fano e Pesaro, più precisamente tra il fiume Metauro ed il fiume Foglia (Fig.2.2.1):

- Torrente Arzilla
- Fosso Sejore
- Torrente Genica

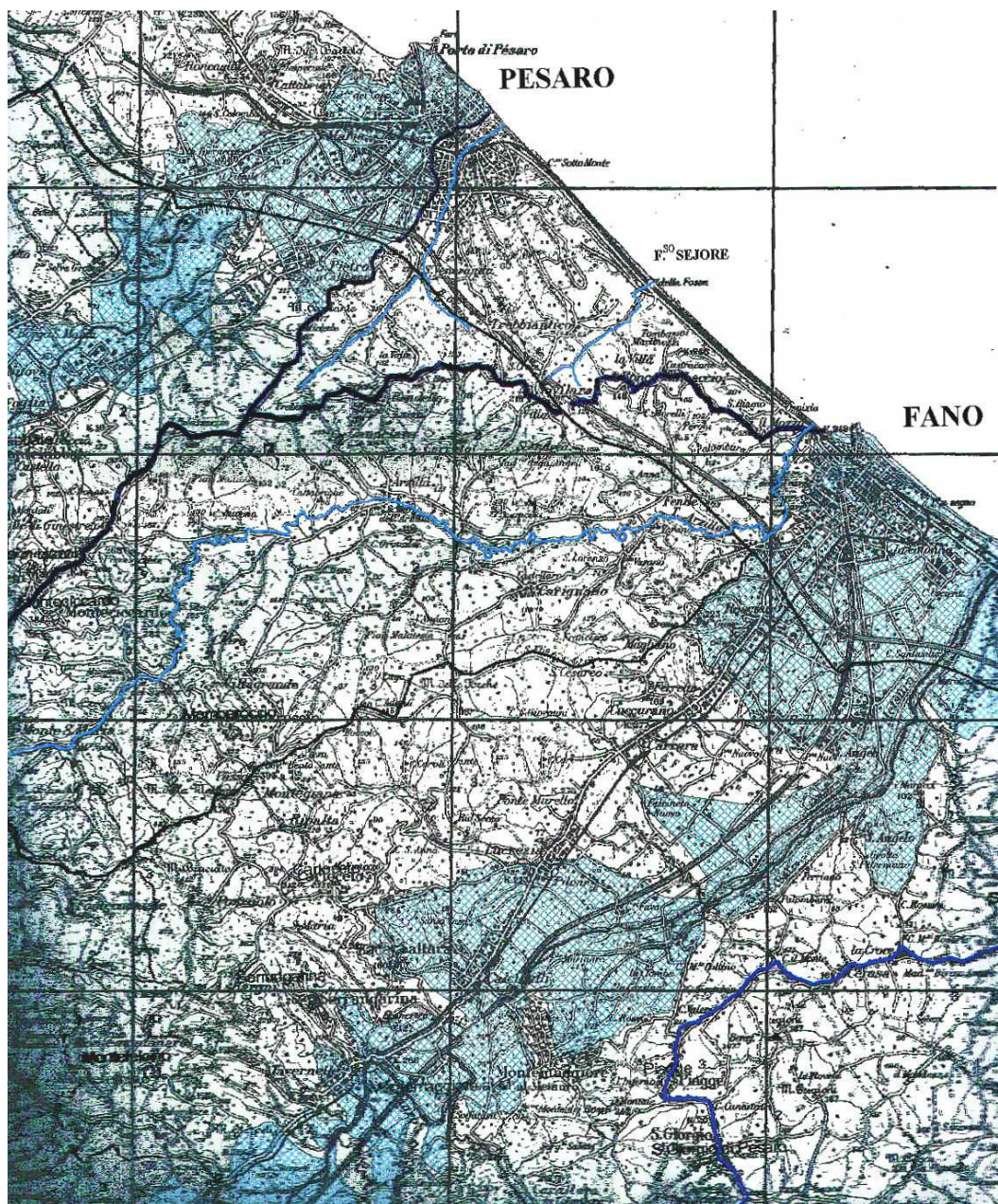


Fig.2.2.1 - Ubicazione geografica dei tre siti di campionamento (dalla Carta Generale del Territorio della Regione Marche, Tav.1, scala 1:100000).

Il prelievo dei campioni è stato fatto in ognuna delle zone suddette a sinistra delle foci, cioè a valle delle stesse considerando la corrente lungocosta con direzione prevalente sud-nord, secondo un transetto trasversale alla linea di riva.

Lungo ogni transetto si è scelto di campionare in tre diverse stazioni (Fig. 2.2.2):

- St.1 o sopralitorale (limite superiore di umettazione);
- St.2 o mesolitorale (linea di battigia);
- St.3 o infralitorale (1 m di profondità).

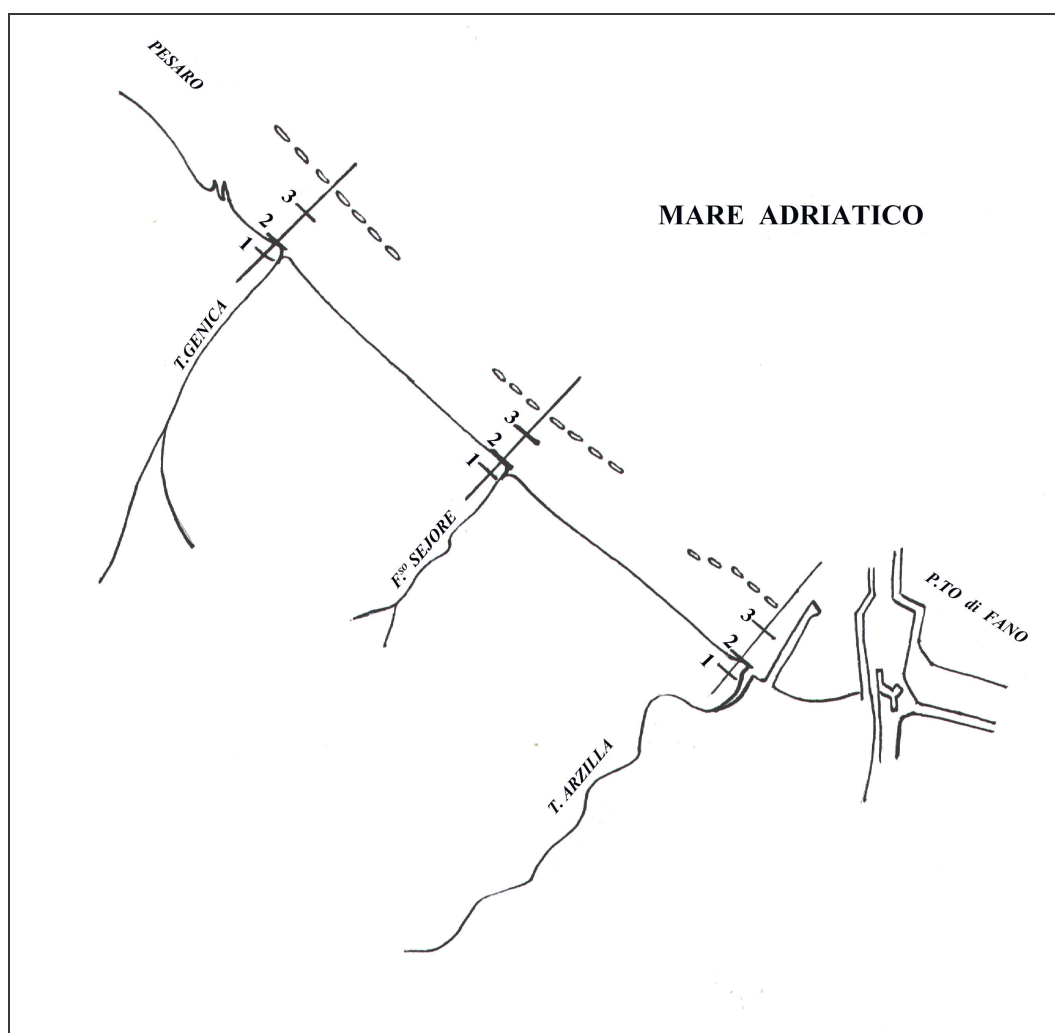


Fig.2.2.2 - Disegno di campionamento: in ogni sito si è campionato lungo un transetto ortogonale a costa su tre profondità (St.1, St.2, St.3).

La stazione 1 è posta nella zona che si estende al di sopra del Livello Medio dell'Alta Marea (LMAM) o spiaggia emersa, caratterizzata dall'essere quasi sempre asciutta eccetto durante le tempeste (forti mareggiate) o in caso di maree più accentuate quando viene sommersa ed è quindi soggetta al moto ondoso (Ricci Lucchi, 1980a). Questa zona, trovandosi al confine tra dominio terrestre e marino, ospita popolamenti costituiti sia da forme terrestri che marine. Essi hanno sviluppato particolari adattamenti per la sopravvivenza in condizioni subaree di umidità tanto che l'eccezionale sommersione ne determina la morte, e la cui composizione varia in funzione del tipo di substrato.

La stazione 2 si trova nella fascia costiera soggetta alle escursioni di marea, cioè tra il LMAM e il LMBM, ed è pertanto alternativamente inondata ed esposta all'atmosfera. L'orizzonte superiore, al confine col sopralitorale, risente maggiormente di questa escursione, è quindi più sensibile da un punto di vista ecologico rispetto al limite inferiore; è per questo che si tendono ad individuare nel mesolitorale diversi popolamenti in corrispondenza dei diversi orizzonti.

La stazione 3 si trova nella zona che si estende dal LMBM fino al limite compatibile con la vita delle Fanerogame e delle alghe fotofile, è quindi permanentemente sommersa. Tale limite raggiunge in media i 35 metri di profondità a seconda della torbidità dell'acqua, ma può trovarsi anche a profondità molto minori, 8÷10 m, in corrispondenza di sbocchi fluviali o molto maggiori, 45÷50 m, in acque molto trasparenti. Al suo interno si è deciso di campionare sempre ad 1 metro di profondità.

In ognuno dei tre siti il campionamento è stato effettuato con cadenza stagionale:

- Estate (21-22 agosto 2000)
- Autunno (16-17 dicembre 2000)
- Inverno (14-15 marzo 2001)
- Primavera (6-7 giugno 2001)

I campioni sono stati prelevati a random per le analisi di:

- Meiobenthos
- Sostanza organica

- Proteine
- Clorofilla *a* e Feopigmenti
- Granulometria dei sedimenti

Per l'indagine sulle popolazioni meiobentoniche sono state prelevate due repliche (*a* e *b*) di sedimento per ogni stazione in ogni sito, utilizzando dei carotatori cilindrici manuali in Plexiglas di 4,5 cm di diametro interno e 25 cm di lunghezza chiusi alle due estremità con tappi di sughero. Il campione prelevato è stato conservato in contenitori di plastica in una soluzione di acqua di mare e formalina al 4%. Su ogni barattolo è stata indicata la lunghezza della carota prelevata, la data, il luogo di campionamento (sito e stazione), la replica e l'eventuale presenza di livelli anossici (Tabelle. 2.2.1 e 2.2.2).

Campione	Lunghezza carota	Livelli anossici	Campione	Lunghezza carota	Livelli anossici
AGOSTO	cm	cm	DICEMBRE	cm	cm
FA1a	10		FA1a	12	
FA1b	8,5		FA1b	12	
FA2a	9,5	-1,5 ÷ -2,5	FA2a	8,5	
FA2b	8		FA2b	11,5	
FA3a	6,5		FA3a	9	
FA3b	5,5		FA3b	9	
FS1a	13,5		FS1a	14	
FS1b	11		FS1b	11,5	
FS2a	8,5		FS2a	12	
FS2b	11,5		FS2b	10	
FS3a	13,5		FS3a	11,5	
FS3b	11		FS3b	11	
PS1a	11		PS1a	13	
PS1b	16,5		PS1b	13,5	
PS2a	15		PS2a	12	
PS2b	15		PS2b	14	
PS3a	11		PS3a	10	
PS3b	13		PS3b	10	

Tab. 2.2.1 – Campionamento Estate-Autunno 2000

Campione	Lunghezza carota	Livelli anossici	Campione	Lunghezza carota	Livelli anossici
MARZO	cm	cm	GIUGNO	cm	cm
FA1a	15,5		FA1a	10,5	
FA1b	13,5		FA1b	10,5	
FA2a	15		FA2a	10,5	
FA2b	12,5		FA2b	10,5	
FA3a	10		FA3a	11	
FA3b	12		FA3b	10,5	
FS1a	11		FS1a	10	
FS1b	15		FS1b	12,5	
FS2a	16		FS2a	11,5	
FS2b	14,5		FS2b	11,5	
FS3a	10,5		FS3a	12,5	
FS3b	11		FS3b	11	
PS1a	12,5		PS1a	9,5	
PS1b	13,5		PS1b	11	
PS2a	14,5	-11,5 ÷ -14,5	PS2a	13,5	
PS2b	14,5		PS2b	14	-13 ÷ -14
PS3a	11,5		PS3a	11,5	
PS3b	13		PS3b	11,5	

Tab. 2.2.2 - Campionamento Inverno 2000/01-Primavera 2001

Per le analisi di sostanza organica, proteine, clorofilla *a* e feopigmenti sono stati presi i primi 2 cm del sedimento prelevato con lo stesso carotatore manuale e conservati in capsule Petri sterili in congelatore.

Infine, per le analisi granulometriche sono stati prelevati in una sola replica circa 150 g di sedimento con una sassola e conservati in sacchetti di plastica.

Su ogni campione sono stati indicati data e luogo di campionamento.

In totale sono stati analizzati 72 campioni per meiobenthos, sostanza organica, proteine, clorofilla *a* e feopigmenti pari a: 3 transetti x 3 profondità x 2 repliche x 4 campionamenti e 36 campioni per la granulometria pari a: 3 transetti x 3 profondità x 1 replica x 4 campionamenti.

A questa regola ha fatto eccezione il sito di Fano durante il campionamento di marzo. In quell'occasione, infatti, ci si è trovati di fronte ad una notevole variazione della morfologia della spiaggia. Durante i tre mesi intercorsi dall'ultimo campionamento si era formata alla foce del torrente Arzilla una lunga barra parallela a costa; questo corpo deltizio, costituito essenzialmente da materiale ghiaioso di grosse dimensioni, aveva deviato il normale deflusso delle acque dolci che andavano a sfociare in mare dopo aver percorso prima uno stretto canale tra la barra

stessa e la spiaggia e poi un grosso meandro. Per questo motivo si è deciso di effettuare il campionamento lungo un transetto posto alla sinistra del nuovo punto di sfocio del torrente e di prelevare delle repliche per le analisi di meiobenthos e granulometria anche dal vecchio transetto a monte (FANO 1 VECCHIO) e a valle (FANO 2 VECCHIO) della barra, per avere un'idea delle modificazione avute.

2.3 Procedure di laboratorio

2.3.1 *Meiobenthos*

Per effettuare il conteggio degli organismi meiobentonici ($37 \div 500 \mu\text{m}$) è stato necessario innanzitutto estrarli dal sedimento in cui erano contenuti.

Il barattolo contenente il campione in esame è stato agitato per circa 30 sec., rovesciato e sciacquato con acqua in un primo setaccio con maglia da $1000 \mu\text{m}$; il filtrato è stato raccolto in un becker da 1 l e setacciato 10 volte attraverso una seconda maglia da $37 \mu\text{m}$.

La frazione trattenuta dal setaccio è stata trasferita in provette (Falcon) con l'aggiunta di Ludox HS 40 (silice colloidale, densità da 1,10 a $1,40 \text{ g/cm}^3$) allo scopo di separare gli organismi dal sedimento mediante centrifugazione.

Ogni provetta è stata centrifugata al massimo dei giri per 10 minuti; al termine di ogni ciclo di centrifuga è stato raccolto il sopranatante sulla maglia da $37 \mu\text{m}$ ed è stata aggiunta nuovamente Ludox al sedimento rimasto sul fondo della provetta, in questo modo ogni provetta è stata centrifugata tre volte.

A questo punto gli organismi presenti nel sopranatante e trattenuti dal setaccio sono stati inseriti in boccettini di plastica con l'aggiunta di acqua, colorati con Rosa Bengala ($0,5 \text{ g/l}$) e conservati in formalina al 4% fino al momento del conteggio quando, ogni campione, è stato nuovamente sciacquato con acqua e sistemato in un'apposita cuvetta grigliata, dalla quale, utilizzando un binoculare ed un microscopio, si è proceduto al conteggio e alla divisione nei principali phylum (Whittaker e Margulis, 1978). Questa procedura, di conteggiare tutti gli individui, non è stata usata per i campioni delle St.3 a causa dell'elevato numero degli stessi; si è preferito conteggiare ed identificare soltanto gli individui presenti in un'aliquota di campione per poi riportare i dati ottenuti al volume totale del campione stesso.

Il calcolo delle densità per ciascun campione è stato fatto riportando con opportuna proporzione i conteggi ad *ind/10 cm²* e mediando poi i valori delle due repliche della stessa stazione.

E' stata inoltre calcolata la biomassa dei nematodi: per ogni campione è stato prelevato un numero standard di nematodi (130) sistemati su appositi filtri precedentemente calcinati in muffola a 450°C per 2 ore e tarati tramite peso con bilancia analitica a 4 cifre decimali; i filtri sono poi stati tenuti in termostato a 60°C per 24 ore, cioè fino al raggiungimento del peso costante o peso secco (Dry Weight) e nuovamente pesati. Noto il numero di nematodi presenti sul filtro, con una semplice proporzione è stato ottenuto il peso del singolo individuo e, nota anche la densità, è stata calcolata la biomassa di Nematoda di ogni campione.

Si è provveduto infine alla determinazione della biomassa intesa come contenuto di carbonio ed azoto organico tramite gas cromatografia. La determinazione di queste componenti è stata effettuata utilizzando lo strumento CHNS-O Elemental Analyzer EA 1110, Carlo Erba Instruments.

2.3.2 Sostanza Organica

La determinazione della sostanza organica presente in ogni campione è stata fatta per calcinazione.

Innanzitutto sono stati preparati dei crogiuoli in alluminio (resistente a 600°C), numerati, calcinati in muffola a 450°C per 2 ore, pesati e quindi tarati. All'interno di ognuno di essi sono stati trasferiti circa tre grammi di sedimento umido prelevati da ogni singola capsula Petri. I crogiuoli sono poi stati sistemati in termostato per 12 ore a 60°C al fine di eliminare l'acqua in eccesso dal sedimento ed ottenere il peso secco (DW) dalla differenza con la tara; infine sono stati tenuti nuovamente in muffola per 4 ore a 550°C per eliminare tutta la sostanza organica presente e sono state pesate le ceneri (AFDW). La differenza tra peso secco e peso delle ceneri è una misura della sostanza organica presente in ogni crogiuolo, mediando i dati delle due repliche è stata così calcolata la sostanza organica totale presente in ogni campione ed espressa, tramite opportuna proporzione, in mg/g di sedimento secco.

2.3.3 Proteine

Il dosaggio delle proteine nei sedimenti è stato fatto utilizzando un metodo spettrofotometrico. Per estrarre dal sedimento il campione da leggere allo spettrofotometro è stato usato il seguente metodo. Sono stati

messi 1÷2 grammi di sedimento umido in provette di vetro da 15 ml con l'aggiunta di 1 ml di acqua deionizzata ed il tutto è stato omogeneizzato in vortex per circa 1 minuto. Sono stati aggiunti 0,9 ml di SOLUZIONE A e, dopo miscelazione in vortex, è stato lasciato il tutto a bagnomaria a 50°C per 10 minuti. Trascorso questo tempo sono stati aggiunti 0,1 ml di SOLUZIONE B alle provette che sono state agitate in vortex 1 minuto e lasciate riposare 10 minuti a temperatura ambiente. Infine sono stati aggiunti 3 ml di SOLUZIONE C e, dopo rapida omogeneizzazione, il tutto è stato nuovamente sistemato a bagnomaria a 50°C per 10 minuti. Prima della lettura le provette sono state centrifugate a 2000 giri per 15 minuti. La lettura è stata fatta ad una lunghezza d'onda di 650 nm in cuvette di cammino ottico di 1 cm contro un bianco di acqua deionizzata. Per rendere la misura più precisa è stata fatta anche la lettura dei bianchi (ovvero dei reagenti mescolati tra loro senza il sedimento).

Terminate le letture, il surnatante è stato prelevato ed il sedimento lasciato in stufa a seccare a 60°C per 24÷36 ore per poi essere pesato.

Le concentrazioni sono state calcolate usando la seguente formula:

$$\text{PRT } (\mu\text{g g}^{-1}) = (\text{ABSc} * 332.02 + 1.795) / (\text{CO} * \text{P})$$

dove:

ABSc = assorbanza corretta dalla lettura dei bianchi

P = peso del sedimento in g

CO = cammino ottico della cuvetta in cm

Le soluzioni reagenti sono state preparate come segue:

SOLUZIONE A = 2g NaKtartrato + 100g NaCO₃ sciolti in 500ml di NaOH 1N (20 g portati a 500 ml con H₂O) portato tutto a 1000ml con H₂O

SOLUZIONE B = 2g NaKtartrato + 1g CuSO₄ pentaidrato sciolti in 90ml di H₂O + 10ml di NaOH 1N

SOLUZIONE C = 1ml di reattivo Folin-Ciocalteu + 15ml di H₂O (soluzione da preparare al momento)

2.3.4 Clorofilla *a* e Feopigmenti

Per il dosaggio di clorofilla *a* e feopigmenti nei sedimenti marini è stato usato un metodo spettrofotometrico in accordo con Lorenzen e Jeffrey (1980).

Sono stati messi 1÷2 grammi di sedimento umido in provette di vetro da 15 ml insieme ad una punta di spatola di carbonato di magnesio (MgCO_3); a questi sono stati aggiunti 4 ml di acetone al 90% e ciascuna provetta è stata agitata in vortex per 1 minuto. Il tutto è stato coperto e lasciato riposare al buio in frigo (4°C) per una notte (over-night). Trascorso questo tempo, le provette sono state centrifugate a 2000 giri per 15 minuti, il surnatante è stato prelevato con una pipetta Pasteur, iniettato in una cuvetta di cammino ottico di 1 cm e letto contro un bianco di acetone al 90% alle lunghezze d'onda di 750 e 665 nm. La lettura a 750 nm dà una misura della torbidità del campione analizzato, ci si aspetta perciò che sia il più possibile prossima allo zero, mentre quella a 665 nm misura il picco massimo di assorbimento della clorofilla *a*. Dopo queste due letture il campione è stato acidificato con 50 µl di HCl 1N e le stesse sono state ripetute dopo 45 sec. alle medesime lunghezze d'onda. La prima lettura è una misura della quantità di clorofilla *a* funzionale, quella che segue l'acidificazione dà una stima della quantità di feopigmenti. Al termine delle letture sono stati prelevati tutti i surnatanti dalle provette che sono state sistemate in stufa a 60°C per 24÷36 ore per permettere al sedimento di seccare ed essere pesato per normalizzare i valori di concentrazione ad un grammo di sedimento secco.

Per il calcolo delle concentrazioni è stata usata la *formula di Lorenzen* (1967) che si basa sull'assunto che clorofilla *a* e feofitina abbiano lo stesso coefficiente di assorbimento specifico:

per la clorofilla:

$$\text{CHL } (\mu\text{g g}^{-1}) = 26.7(A_{665p} - A_{665d}) * v / (\text{CO} * P)$$

per i feopigmenti:

$$\text{Feo } (\mu\text{g g}^{-1}) = 26.7[(1.7 * A_{665d}) - A_{665p}] * v / (\text{CO} * P)$$

dove:

$$A_{665p} = A_{665i} - A_{750i}$$

A665i = assorbanza a 665 nm prima dell'acidificazione

A750i = assorbanza a 750 nm prima dell'acidificazione

A665d = A665a – A750a

A665a = assorbanza a 665 nm dopo l'acidificazione

A750a = assorbanza a 750 nm dopo l'acidificazione

v = volume dell'estratto totale (ml di acetone usati per l'estrazione)

CO = cammino ottico della cuvetta in cm

P = peso del sedimento (in g)

2.3.5 Carbonio Organico

Il contenuto di Carbonio Organico fornito da proteine, clorofilla *a* e sostanza organica, è stato calcolato usando opportuni fattori di conversione.

Il contenuto di carbonio delle proteine è stato stimato usando il fattore di conversione totale di Fabiano et al., 1993:

$$\mu\text{g/g C} = \mu\text{g/g PRT} * 0,49$$

Il contenuto di carbonio della clorofilla *a* è stato stimato usando il fattore di conversione totale di De Jonge, 1980:

$$\mu\text{g/g C} = \mu\text{g/g CHL}a * 50$$

Il contenuto di carbonio della sostanza organica è stato stimato usando il fattore di conversione totale di Mistic, 1995:

$$\text{mg/g C} = \text{mg/g TOM} * 0,13$$

2.3.6 *Granulometria dei sedimenti*

Le analisi granulometriche sono state svolte nella seguente maniera: sono stati prelevati circa 100 grammi di sedimento umido da ogni campione e sono stati messi in stufa a 80°C per 12 ore per ottenerne il totale essiccamento. Successivamente è stata pesata una quantità di sedimento secco variabile tra 50 e 60 grammi che è stata precisamente annotata per ogni campione sulla rispettiva scheda di laboratorio. Al sedimento pesato sono poi stati aggiunti 100÷150 ml (necessari a ricoprirlo completamente) di perossido di idrogeno (H_2O_2) al 16% che permette di ottenere in circa 48 ore la completa disaggregazione dei flocculi di sedimento e sostanza organica. Trascorso questo tempo ogni campione è stato trasferito su un setaccio da 62,5 μm e sciacquato con acqua per separare la sabbia dalle peliti (62,5 μm è il limite dimensionale tra sabbia finissima e silt grossolano secondo Udden (1898) e Wentworth (1922)). La frazione inferiore a 62,5 μm è stata lasciata riposare qualche giorno nelle apposite caraffe insieme all'acqua del lavaggio per permettere la decantazione delle peliti presenti; avvenuta la deposizione, è stata filtrata l'acqua in eccesso e le peliti sono state messe in stufa ad essiccare. La frazione superiore a 62,5 μm rimasta sul setaccio è stata nuovamente sciacquata, questa volta con acqua deionizzata, e sistemata in stufa per 12÷24 ore, fino alla totale asciugatura. Una volta asciutte le sabbie sono state separate nelle diverse classi granulometriche attraverso una pila di setacci in acciaio inox con maglie da 16000, 8000, 4000, 2000, 1000, 500, 250, 125 e 63 μm ; i primi tre setacci sono stati agitati manualmente, mentre gli altri sono stati fatti vibrare, ordinatamente impilati, con un setacciatore meccanico con due cicli da 6 minuti ciascuno. Poiché in nessun campione è stata riscontrata una quantità di pelite superiore al 10% in peso dell'intero campione, non si è ritenuto necessario utilizzare il sedigrafo per specificare le esatte quantità in percentuale di silt ed argilla. Tutti i dati sono stati annotati in apposite schede di laboratorio (per la cui consultazione si rimanda all'Appendice), ed elaborati dall'Istituto di Geodinamica e Sedimentologia dell'Università di Urbino.

La suddivisione dei sedimenti nelle varie classi dimensionali ha permesso un'elaborazione statistica dei dati. La scala granulometrica più usata è quella proposta dall'ingegnere americano Udden (1898) e opportunamente modificata nella terminologia da Wentworth (1922). Udden propose una scala dimensionale in progressione geometrica di ragione 2, cioè, partendo dal valore di 1 mm e, da un lato moltiplicando e dall'altro dividendo per 2, individuò tutte le classi granulometriche in maniera tale

che fossero più ampie per i materiali grossolani e più ristrette per i materiali fini. In tabella 2.3.1 è riportata la scala in questione con l'aggiunta dei nomi delle varie classi ad opera di Wentworth (*scala Udden-Wentworth*):

mm	Classificazione
> 256	masso (boulder)
256÷128	ciottolo molto grossolano (coarse cobble)
128÷64	ciottolo grossolano
64÷32	ciottolo medio-grossolano
32÷16	ciottolo medio
16÷8	ciottolo medio-fine
8÷4	ciottolo fine
4÷2	granulo
2÷1	sabbia molto grossolana (granulo di)
1÷1/2	sabbia grossolana
1/2÷1/4	sabbia media
1/4÷1/8	sabbia fine
1/8÷1/16	sabbia finissima
1/16÷1/32	silt grossolano
1/32÷1/64	silt medio
1/64÷1/128	silt fine
1/128÷1/256	silt finissimo
< 1/256	argilla

Tab. 2.3.1 - Scala Udden-Wentworth

Questa scala presenta però delle difficoltà nell'individuazione dei punti medi delle varie classi necessari per una trattazione scientifica dei dati; per ovviare a questo inconveniente Krumbein (1934) propose l'uso della *scala ϕ* (Tab. 2.3.2), la quale non è altro che la trasposizione della progressione geometrica della scala precedente nella progressione lineare dei logaritmi in base 2 cambiati di segno affinché le classi di sabbia e silt, che sono le più studiate, non abbiano segno negativo:

$$\phi = -\log_2 \text{diam}(\text{mm})$$

mm	μm	ϕ
32÷16	32000÷16000	-5 ÷ -4
16÷8	16000÷8000	-4 ÷ -3
8÷4	8000÷4000	-3 ÷ -2
4÷2	4000÷2000	-2 ÷ -1
2÷1	2000÷1000	-1 ÷ 0
1÷1/2	1000÷500	0÷1
1/2÷1/4	500÷250	1÷2
1/4÷1/8	250÷125	2÷3
1/8÷1/16	125÷62,5	3÷4
< 1/16	< 62,5	> 4

Tab. 2.3.2 - Confronto tra i valori in Millimetri, Micron e Phi.

A partire dai risultati delle analisi fisiche svolte in laboratorio, sono state tracciate la distribuzione di frequenza e la curva cumulativa ed elaborati i parametri statistici. Nella *distribuzione di frequenza* di tipo discontinuo (istogramma) si riportano in ascissa i limiti di classe in unità ϕ (o in mm) ed in ordinata la percentuale di ciascuna di esse, in modo che le altezze dei rettangoli risultino direttamente proporzionali alle frequenze (peso o numero dei granuli contati) nelle rispettive classi. La *curva cumulativa* si costruisce direttamente dai dati tabulati ponendo in ordinata, in corrispondenza di ogni limite di classe e partendo da sinistra, la percentuale di quella classe sommata alla percentuale della classe precedente; unendo tutti i punti si ottiene così la caratteristica curva sigmoideale o ad ogiva. A qualsiasi valore intero in ordinata la curva fa corrispondere in ascissa la relativa dimensione detta *percentile*, cioè il diametro a cui la corrispondente percentuale dei granuli è superiore.

I caratteri della distribuzione granulometrica possono essere descritti quantitativamente mediante dati numerici, utilizzando parametri statistici che si possono ottenere sia graficamente dalle stesse curve, sia mediante calcoli matematici. I parametri che maggiormente approssimano i veri e propri momenti statistici sono stati definiti da Imman e Folk (Ricci Lucchi, 1980), espressi in unità ϕ e calcolati come somme, differenze e rapporti tra percentili, e sono:

- Media $Mz_{\phi} = \frac{\phi_{16} - \phi_{84}}{2}$
- Classazione $\sigma_{\phi} = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{2}$
- Asimmetria $Sk_{\phi} = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})}$
- Appuntamento $Kg_{\phi} = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2,44(\phi_{75} - \phi_{25})}$

I parametri che esprimono la tendenza centrale della distribuzione sono media, mediana e moda. La *mediana* è data dal valore corrispondente al 50% della curva cumulativa e separa la metà grossolana dalla metà fine della distribuzione esprimendone il centro geometrico; la *media* è il centro di gravità della distribuzione essendo influenzata dai granuli che pesano di più; la *moda* indica il diametro particellare più frequente nella distribuzione

e corrisponde al punto più ripido della curva cumulativa. Un campione può essere caratterizzato da una sola moda (sedimento unimodale), oppure può avere una o più mode secondarie oltre a quella principale (sedimento bimodale o plurimodale). Il *coefficiente di cernita* (*classazione o sorting*) misura la dispersione del campione attorno alla tendenza centrale; è calcolato come differenza tra il 16° e l'84° percentile ed individua attorno alla media un'area ($84-16=68\%$) analoga a quella individuata nella distribuzione gaussiana dal σ , di cui σ_ϕ vuole essere una buona approssimazione. Indica il grado di elaborazione a cui è stato sottoposto un sedimento ed è quindi in stretto rapporto con la modalità di trasporto: più basso è il valore del coefficiente, maggiore è la cernita e viceversa (i sedimenti di spiaggia sono tra i più selezionati in natura con valori che si aggirano tra $0.25\phi \div 0.35\phi$). Nella tabella 2.3.3 sono riportate le classi con la relativa nomenclatura tratta da Folk e Friedman (Ricci Lucchi, 1980) della cernita in termini di σ_ϕ cui si farà riferimento per una descrizione granulometrica accurata dei sedimenti.

σ_ϕ	CLASSAZIONE
<0,35	Sedimento estremamente classato (cernito)
0,35÷0,50	Sedimento ben classato
0,50÷0,80	Sedimento discretamente classato
0,80÷1,40	Sedimento mediocrementemente classato
1,40÷2,00	Sedimento poco classato
2,00÷2,60	Sedimento scarsissimamente classato (assortito)
>2,60	Sedimento non classato (estremamente assortito)

Tab. 2.3.3 - Coefficiente di cernita: classi e nomenclatura

Il *coefficiente di asimmetria* (*skewness*) esprime lo scostamento tra media e mediana indicando quanto i valori siano distribuiti equamente da una parte e dall'altra rispetto alla posizione centrale; esso sarà uguale a zero quando la curva è perfettamente simmetrica, negativo quando la curva ha una coda di materiali grossolani (verso sinistra) e positivo quando la coda è verso destra cioè verso materiali fini. Il *coefficiente di appuntimento* (*kurtosis*) confronta la cernita agli estremi della distribuzione e nella parte centrale, in una curva normale sarà uguale ad uno.

La classificazione dei campioni è stata fatta usando il *diagramma triangolare di Bosellini et al.* (1989) modificato; esso utilizza i termini

ghiaia, sabbia e pelite al posto dei corrispondenti litificati conglomerato, arenaria e pelite. Graficamente è rappresentato da un triangolo equilatero in cui i vertici corrispondono al 100% di ogni componente, un punto lungo un lato dà le proporzioni tra le componenti che si trovano alle sue estremità (essendo zero la percentuale della componente al vertice opposto), ed un punto all'interno del triangolo dà le percentuali relative di tutte tre le componenti (come nel diagramma di Shepard, 1954).

2.4 *Analisi statistica*

Allo scopo di individuare quali fossero i parametri ambientali tra loro correlati, è stata calcolata la *correlazione lineare (r) di Spearman-rank* fra i parametri biotici ed abiotici del sedimento. Dei diversi indici di correlazione è stato valutato il *grado di significatività (p)*.

2.4.1 *Analisi Univariata*

A partire dai dati ottenuti di densità specifica e per gruppo faunistico sono stati calcolati gli *indici di equitabilità* e di *diversità* per avere una stima della biodiversità delle zone in esame.

- **Indice di diversità** di Shannon-Weaver:

$$H' = -\sum_{i=1}^{i=S} p_i \log_2 p_i$$

Dove:

$p_i = n_i/N$

n_i =numero di individui della specie i

N= numero di individui totali

S= numero di specie

- **Indice di equitabilità** di Pielou:

$$J = \frac{H'}{\log_2 S}$$

Dove:

H' =indice di diversità di Shannon-Weaver

S=numero di specie

L'indice di Shannon-Weaver (1963) è un indice logaritmico di diversità delle specie ponderato dall'abbondanza relativa di ciascuna (Ricklefs, 1993) e fornisce indicazioni sulla struttura della comunità. Infatti, mettendo in relazione il numero di individui con il numero di specie, misura la ricchezza specifica e l'uniformità di una popolazione. L'indice di diversità varia da 0 nel caso di ambienti particolarmente inquinati, a 6 e oltre in ambienti naturali intatti. *L'indice di equitabilità di Pielou* (1966) è una misura della ripartizione delle specie all'interno di una comunità; se la comunità è costituita da un'unica specie con molti individui, $J=0$ (specie dominante), se tutte le specie che compongono la comunità hanno lo stesso numero di individui, $J=1$ (caso limite).

2.4.2 Analisi Multivariata

Infine è stata effettuata la *cluster analysis* realizzando dei dendrogrammi applicando *l'indice di similarità di Bray-Curtis* (1957) ai dati (precedentemente trasformati con doppia radice quadrata) di densità e biomassa di tutti i phyla e di tutto il periodo di indagine:

$$S_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^S |Y_{ij} - Y_{ik}|}{\sum_{i=1}^S (Y_{ij} + Y_{ik})}$$

Dove:

S_{jk} = similarità tra i campioni j e k sommata sulle S specie

Y_{ij} = numero di individui della specie i nel campione j

Y_{ik} = numero di individui della specie i nel campione k

La ripartizione in gruppi delle stazioni nel dendrogramma è stata analizzata individuando le specie discriminanti, cioè quelle che in percentuale contribuiscono maggiormente alla dissimilarità tra gruppi di stazioni.

E' stato inoltre utilizzato il metodo MDS (Multi Dimensional Scaling) che in alcuni casi facilita l'interpretazione del dendrogramma rappresentandolo su piano. Esso mette in relazione i dati della comunità con una variabile ambientale, costruendo una mappa di similarità del campione influenzato dalla variabile per esempio un inquinante. Questo metodo rappresenta un utile strumento per rilevare un impatto anche nei

casi in cui la semplice diversità non ha dato risposte significative (Giere, 1993). Le analisi statistiche sono state condotte utilizzando il programma PRIMER del Plymouth Marine Laboratory.

3. RISULTATI

3.1 Spiaggia di Fano

3.1.1 *Meiobenthos*

3.1.1.1 *Densità*

La tabella 3.1.1 riporta i valori di densità (ind/10 cm²) per taxa (copepodi e naupli sono stati conteggiati insieme), di densità totale (somma delle densità di ciascun phylum) ed il numero di taxa presenti nelle tre stazioni durante le quattro stagioni di campionamento; le figure da 3.1.2 a 3.1.13 permettono di fissare graficamente il contributo percentuale di ciascun taxon alla densità totale.

	Agosto			Dicembre			Marzo			Giugno		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Altri	0,9±1,3	0,9±1,3		1,3±1,8	0,3±0,4		4,7±1,3					
Bivalvia			7,9±2,3		0,3±0,4			0,9±1,3		0,6±0,9		2,8±2,2
Ciliophora	8,8±8,0	2,8±2,2	41,9±12,2	25,8±32,9	10,4±3,1	3,4±4,9	20,4±6,7	7,9±11,1	25,2±18,7		0,6±0,9	0,3±0,4
Copepoda	0,6±0,9	2,2±0,4	453,6±587,7	1,6±0,4	0,6±0,0	6,4±0,7	1,6±1,3	0,6±0,9	9,0±12,7			8,5±2,2
Crustacea								0,6±0,9		0,3±0,4		
Gasteropoda								0,3±0,4				
Gastrotrichi			11,1±15,6	30,5±39,6	31,4±4,4	15,3±11,9	110,7±17,8	6,3±3,6	35,7±50,5	11,0±12,9		
Nematoda	13,2±5,3	1,9±0,9	1004,7±1131,6	57,2±44,5	52,8±5,3	1541,3±217,4	243,4±31,1	120,4±52,0	1796,2±201,6	203,1±8,0	70,4±38,2	929,9±103,6
Nemertina							0,3±0,4		5,5±7,8			0,6±0,9
Oligochaeta				1,9±0,9				2,5±1,8		0,9±1,3	0,3±0,4	
Ostracoda			15,8±22,4		1,3±1,8	3,0±4,2				0,3±0,4	1,9±1,8	10,1±8,0
Polichaeta			3,2±4,5									0,3±0,4
Protozoa	0,6±0,9	0,9±0,4	16,6±10,1	4,1±4,9	6,0±4,0		5,7±3,6	5,3±3,1	17,0±7,1	5,3±2,2	4,1±4,0	11,0±10,2
Rotifera	0,9±1,3	0,9±1,3	6,3±8,9	65,1±92,1	162,3±18,7		52,8±9,8	24,8±8,4				
Sipunculida			2,4±3,4		0,3±0,4						0,3±0,4	3,5±4,0
Tardigrada	0,6±0,0						0,6±0,9					
Turbellaria	6,3±7,1	0,3±0,4	7,9±2,3	2,2±2,2	16,0±10,2	19,7±11,0	44,3±20,9	20,4±26,2	17,5±9,2	29,2±40,5	2,5±3,6	10,7±8,9
N.ro taxa	8	7	11	9	11	6	10	11	7	8	7	10
Densità totale	31,9±24,8	9,9±6,9	1571,4±1801,0	189,7±219,3	281,7±48,7	1589,1±250,1	484,5±93,8	190,0±109,7	1906,1±307,6	250,7±66,6	80,1±49,3	977,7±140,8

Tab. 3.1.1 – Densità medie e totali dell'area di Fano indicate in ind/10 cm² ± dev. stand.

In generale i dati registrati sono risultati estremamente variabili andando da un valore minimo di 0,3 ind/10 cm² nelle stazioni 2 di agosto e dicembre, 1 e 3 di marzo, 1, 2 e 3 di giugno, ad un massimo pari a 1796,2 ind/10 cm² nella stazione 3 di marzo.

La densità totale maggiore (data dalla somma delle tre stazioni) è stata riscontrata nel campionamento di marzo con un totale di 2580,6 ind/10 cm², seguita da quello di dicembre con 2060,5 ind/10 cm², agosto con 1613,2 ind/10 cm² e infine giugno con 1308,5 ind/10 cm² (Fig. 3.1.1).

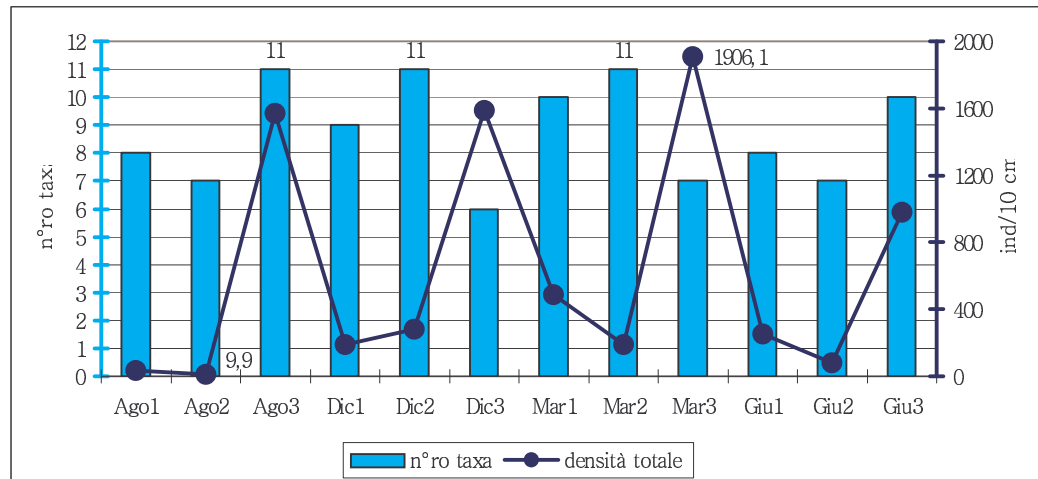


Fig.3.1.1- Confronto tra densità totale e numero di taxa presenti nelle tre stazioni e nei quattro periodi di campionamento.

Nella stazione 1 il phylum Nematoda ha mostrato un certo andamento stagionale, aumentando da agosto a marzo (da 13,2 ind/10 cm² a 243,4 ind/10 cm²) e diminuendo di nuovo a giugno (203,1 ind/10 cm²) ed è risultato dominante ad eccezione del mese di dicembre in cui si nota il picco dei rotiferi che sembrano mostrare ugualmente un andamento stagionale ma diverso dal precedente, aumentando da agosto a dicembre (da 0,9 a 65,1 ind/10 cm²) e diminuendo a marzo per scomparire a giugno. Il phylum Gastrotricha segue lo stesso andamento del phylum Nematoda, raggiungendo il picco a marzo (da 0 a 110,7 ind/10 cm²) e diminuendo di nuovo a giugno (11,0 ind/10 cm²). I turbellari, presentano un andamento oscillante: diminuiscono da agosto a dicembre per raggiungere il picco a marzo (44,3 ind/10 cm²) e diminuire di nuovo a giugno. Quello di Ciliophora (ciliati) è l'ultimo taxon quantitativamente degno di attenzione nella stazione 1; esso, come Rotifera, ha un picco a dicembre con 25,8 ind/10 cm² e scompare a giugno.

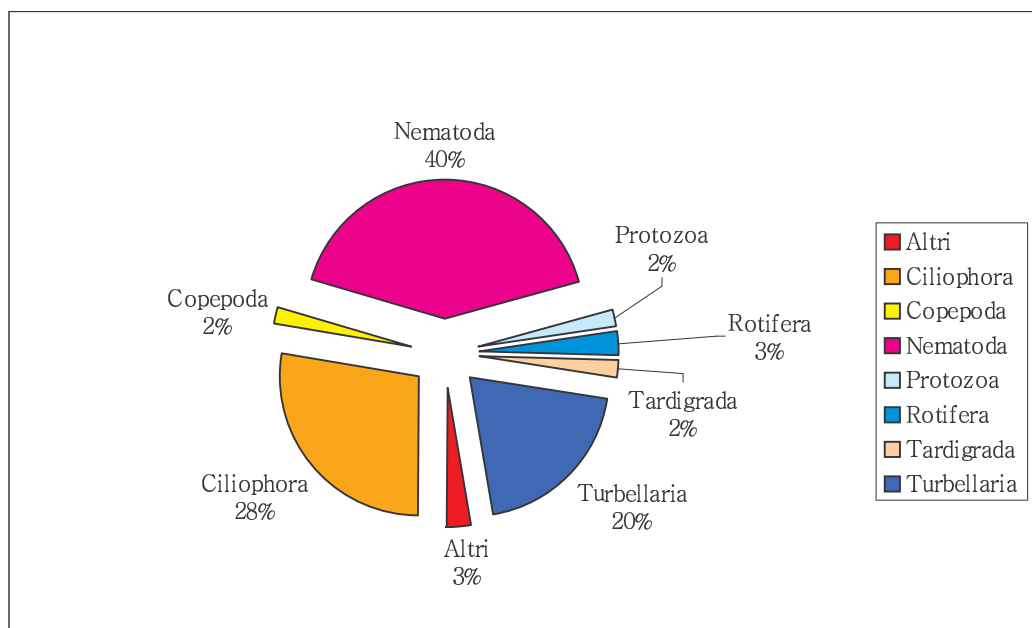


Fig. 3.1.2 – Densità medie dei taxa rilevati nella stazione 1 dell'area di Fano nel mese di agosto.

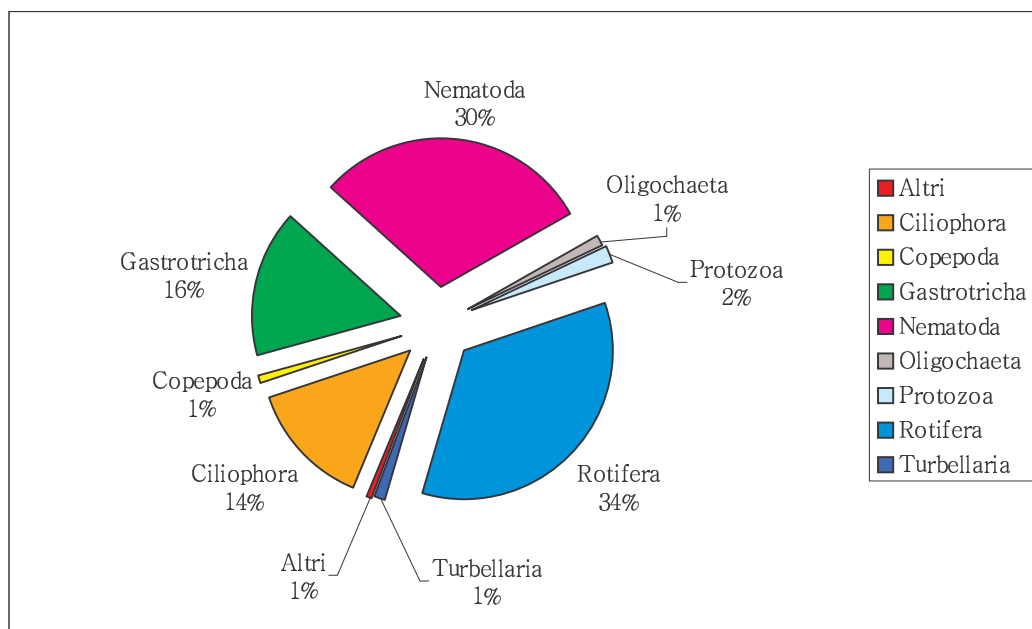


Fig. 3.1.3 – Densità medie dei taxa rilevati nella stazione 1 dell'area di Fano nel mese di dicembre.

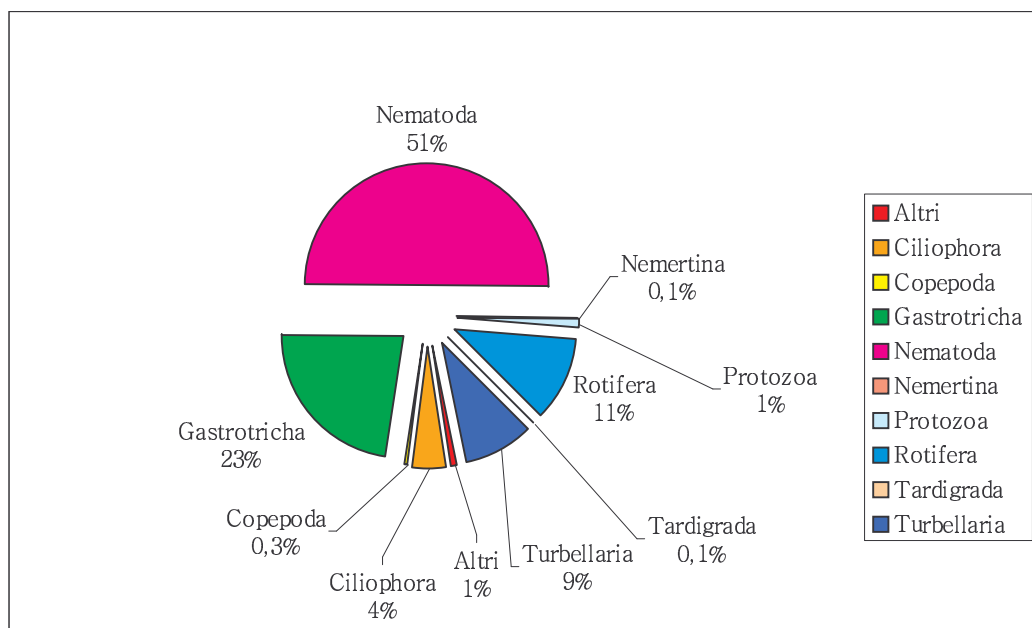


Fig. 3.1.4 – Densità medie dei taxa rilevati nella stazione 1 dell'area di Fano nel mese di marzo.

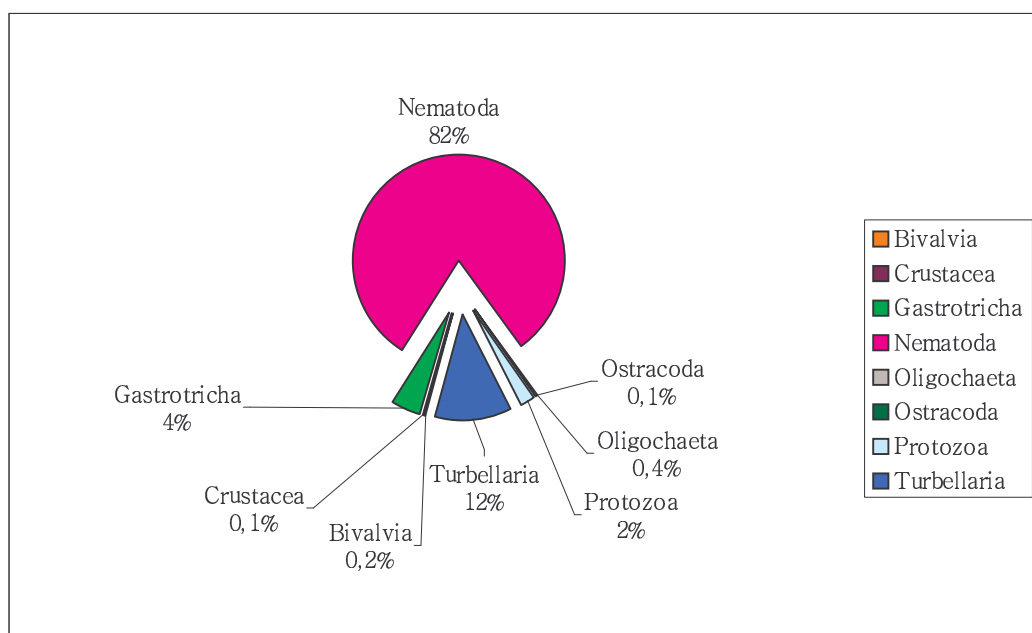


Fig. 3.1.5 – Densità medie dei taxa rilevati nella stazione 1 dell'area di Fano nel mese di giugno.

La stazione 2 è risultata essere la più povera in tutti i campionamenti, infatti si nota una tendenza da parte di tutti i taxa, quando presenti (ad esclusione di Copepoda ad agosto), alla diminuzione delle densità passando dalla stazione emersa alla battigia ed all'aumento nella stazione sommersa. Nematoda, Ciliophora e Rotifera seguono lo stesso andamento che avevano nella stazione 1, con picchi rispettivamente a marzo con 120,4 ind/10 cm² e dicembre con 10,4 ind/10 cm² e 162,3 ind/10 cm²; diversamente i gastrotrichi hanno un picco a dicembre (31,4 ind/10 cm²), diminuiscono a marzo e sono completamente assenti ad agosto e giugno.

Infine i turbellari (che nella stazione 1 erano oscillanti) mostrano lo stesso andamento dei nematodi aumentando fino a marzo (da 0,3 a 20,4 ind/10 cm²) per poi diminuire a giugno (2,5 ind/10 cm²). Quantitativamente appaiono dominanti nei diversi mesi rispettivamente: ad agosto i ciliati (2,8 ind/10 cm²), a dicembre i rotiferi (162,3 ind/10 cm²), a marzo e giugno i nematodi con 120,4 e 70,4 ind/10cm².

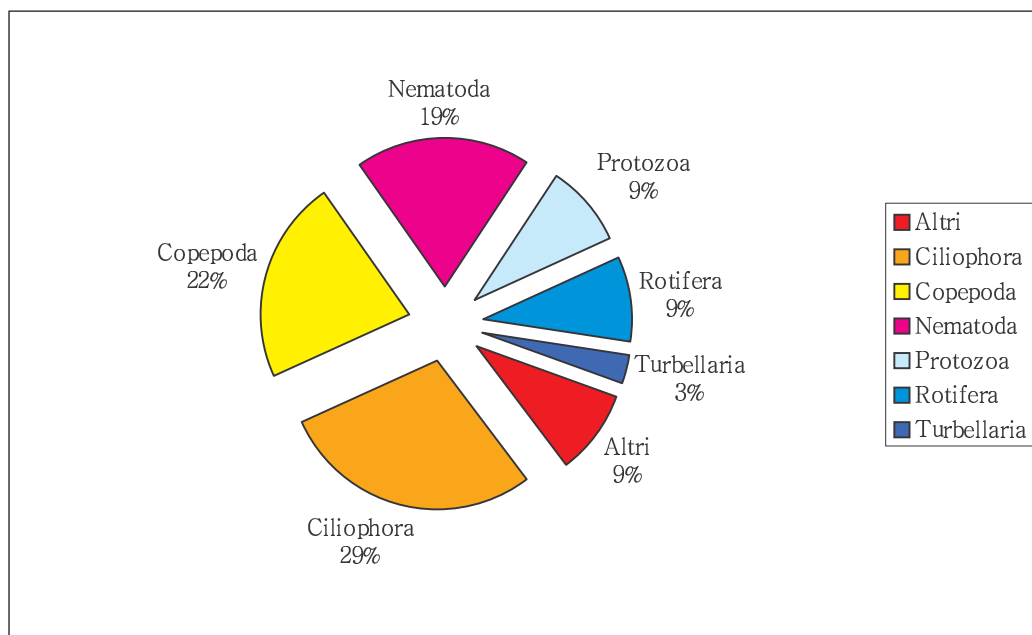


Fig. 3.1.6 – Densità medie dei taxa rilevati nella stazione 2 dell'area di Fano nel mese di agosto.

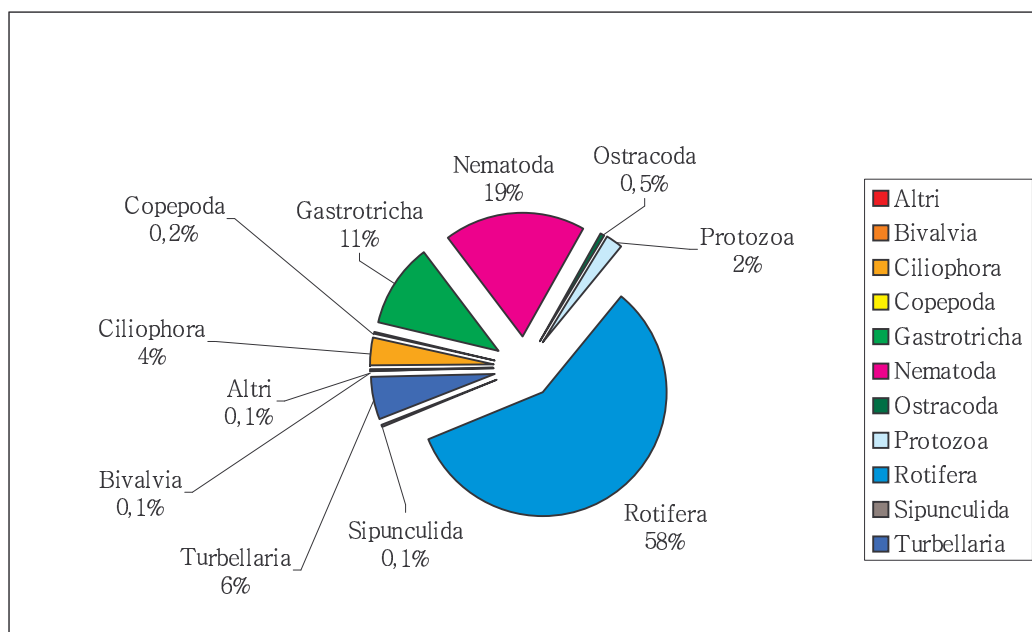


Fig. 3.1.7 – Densità medie dei taxa rilevati nella stazione 2 dell'area di Fano nel mese di dicembre.

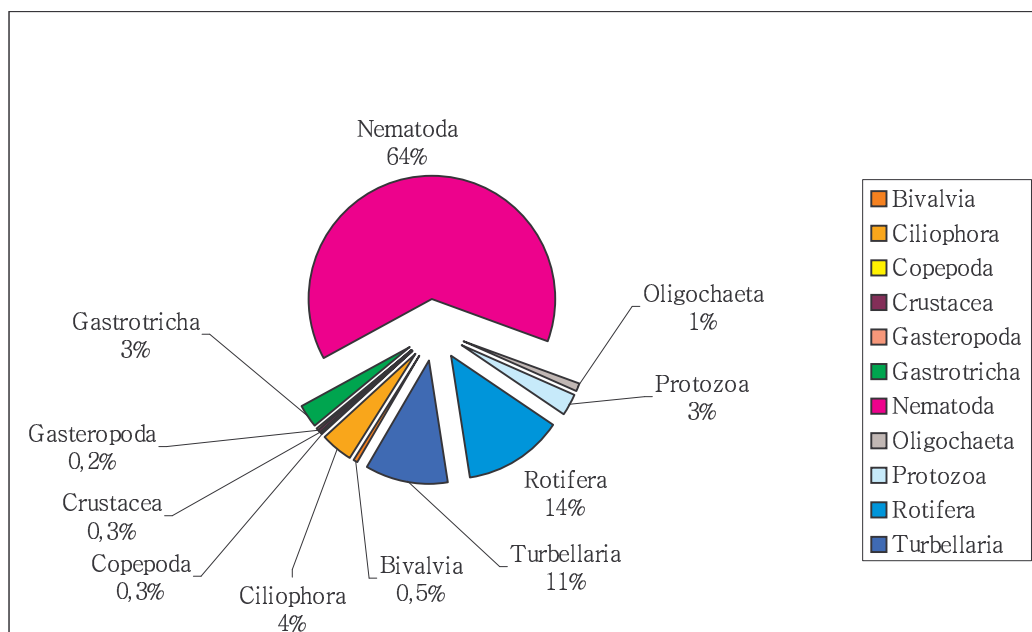


Fig. 3.1.8 – Densità medie dei taxa rilevati nella stazione 2 dell'area di Fano nel mese di marzo.

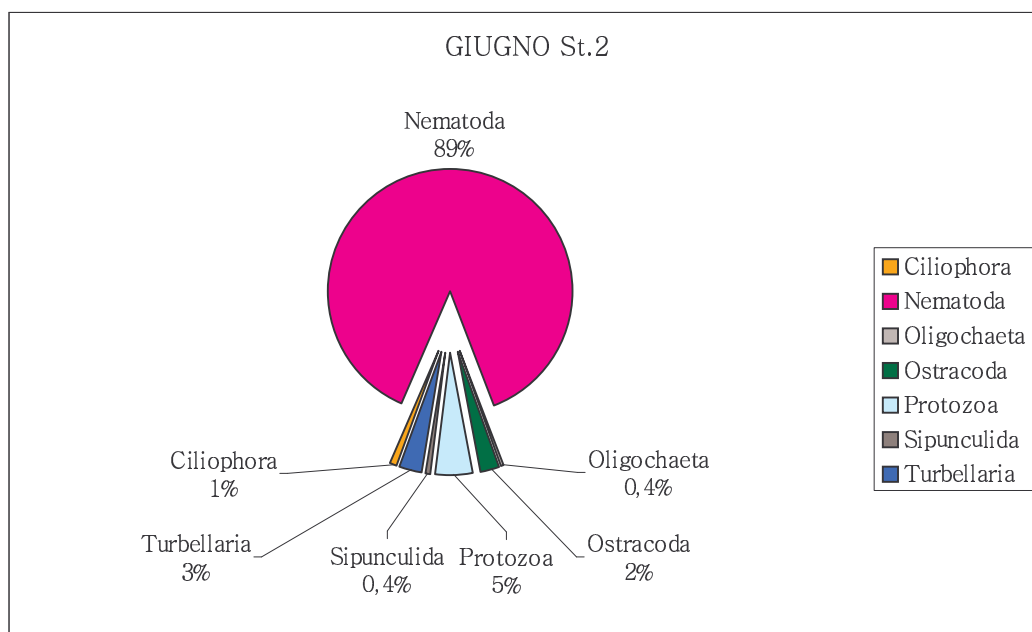


Fig. 3.1.9 – Densità medie dei taxa rilevati nella stazione 2 dell'area di Fano nel mese di giugno.

La stazione 3 è apparsa la più ricca di individui con densità totali variabili dai 977,7 ind/10 cm² di giugno ai 1906,1 ind/10 cm² di marzo. I nematodi mantengono l'andamento stagionale visto nelle precedenti stazioni con picco a marzo con 1796,2 ind/10 cm², lo stesso dicasi per gastrotrichi con 35,7 ind/10 cm² (come nella stazione 1) e nemertini (5,5 ind/10 cm²), mentre i turbellari aumentano fino a dicembre (19,7 ind/10 cm²) per poi tornare a giugno ai valori dell'estate precedente e gli ostracodi sono presenti con una densità di 15,8 ind/10 cm² ad agosto,

diminuiscono fino a scomparire a marzo, per poi tornare a giugno con 10,1 ind/10 cm². E' interessante notare inoltre la presenza massiccia di copepodi ad agosto con una densità di 453,6 ind/10 cm² che si mantiene poi nei mesi successivi inferiore ai 10 ind/10 cm² (a dicembre sono solo naupli), la presenza dei rotiferi esclusivamente ad agosto con 6,3 ind/10 cm² ed infine il picco di Ciliophora nello stesso mese con 41,9 ind/10cm² che perde la stagionalità osservata nelle due stazioni precedenti.

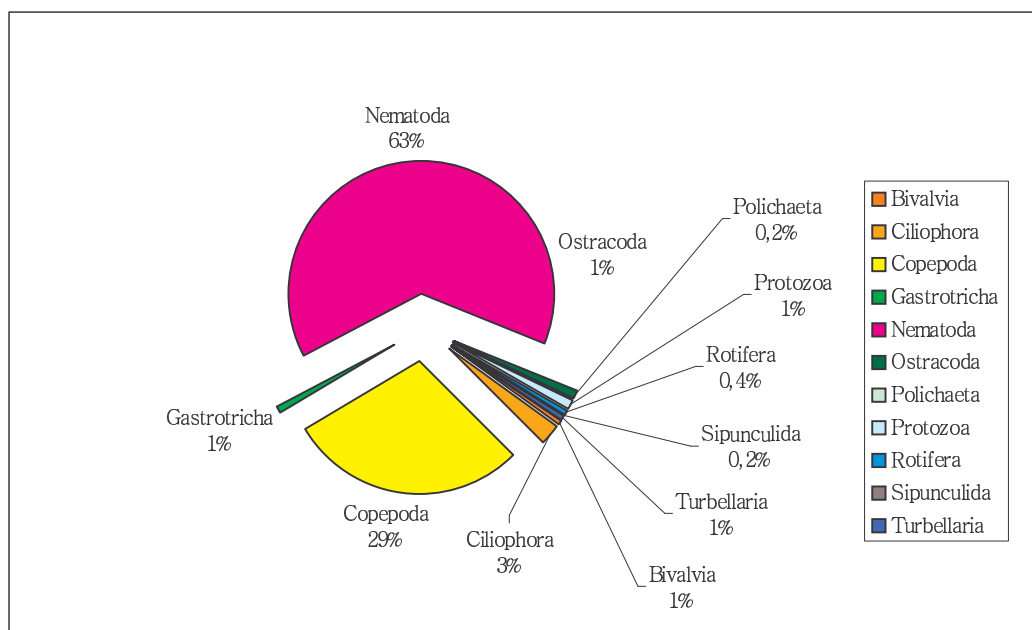


Fig. 3.1.10 - Densità medie dei taxa rilevati nella stazione 3 dell'area di Fano nel mese di agosto.

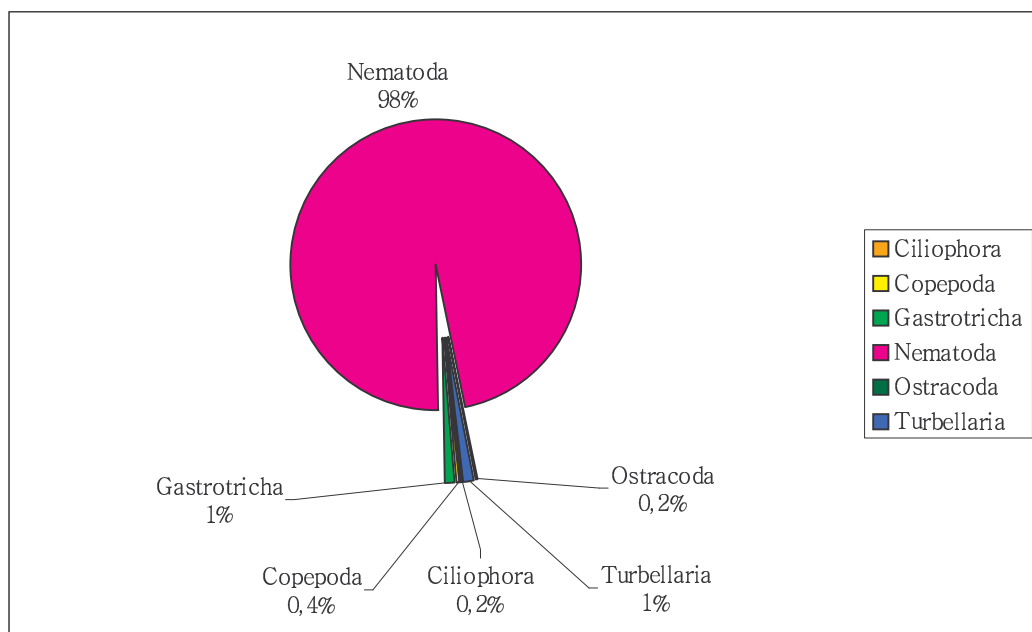


Fig. 3.1.11 - Densità medie dei taxa rilevati nella stazione 3 dell'area di Fano nel mese di dicembre.

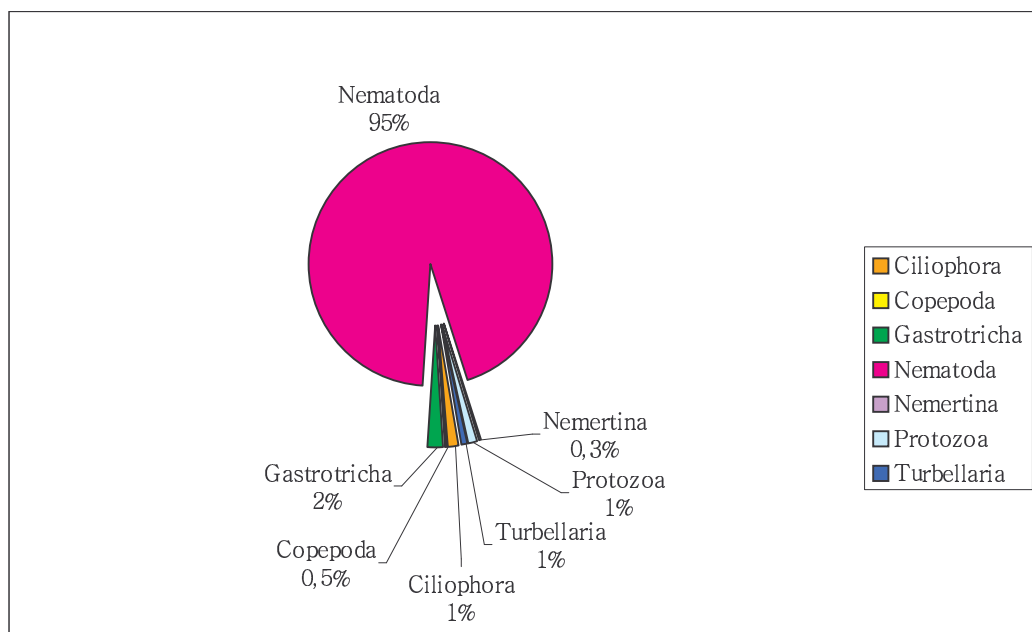


Fig. 3.1.12 – Densità medie dei taxa rilevati nella stazione 3 dell'area di Fano nel mese di marzo.

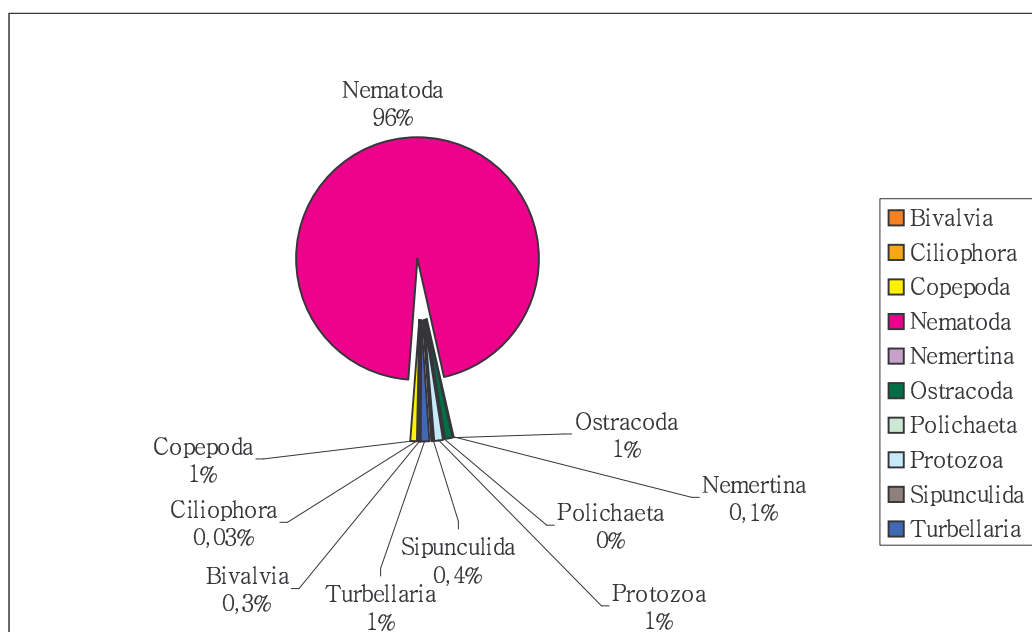


Fig. 3.1.13 – Densità medie dei taxa rilevati nella stazione 3 dell'area di Fano nel mese di giugno.

Per quanto riguarda le stazioni a monte (1 VECCHIO) e a valle (2 VECCHIO) della barra formatasi a marzo alla foce del torrente Arzilla, si nota una notevole differenza nella densità totale con 69,2 ind/10 cm² a monte e 24,5 ind/10 cm² a valle; nella stazione a monte dominano i nematodi con 47,8 ind/10 cm² seguiti dagli altri 11 taxa con densità inferiori a 4 ind/10 cm² (in particolare ciliati, oligocheti, tardigradi, protozoi, rotiferi e turbellari), mentre nella stazione a valle sono presenti

soltanto ciliati (13,2 ind/10 cm²), nematodi (8,2 ind/10 cm²), copepodi (2,5 ind/10 cm²) e rotiferi (0,6 ind/10 cm²).

3.1.1.2 Rapporti di densità

Nella tabella 3.1.1 i valori di densità dei naupli (stadi giovanili dei copepodi) non sono stati esplicitati, ma assimilati ai dati della corrispondente forma adulta; per questo motivo è stato ritenuto interessante calcolare il rapporto Nauplii/Copepoda (Na/Co) e, alla luce dei dati ottenuti, anche il rapporto tra i due taxa più rappresentati: Nematoda/Copepoda (Ne/Co). Questi valori sono espressi nella tabella 3.1.2.

Data	Stazione	Na/Co	Ne/Co
Agosto	1	0,00	22,00
Agosto	2	6,33	0,86
Agosto	3	1,06	2,21
Dicembre	1	1,50	35,75
Dicembre	2	1,00	88,00
Dicembre	3		240,83
Marzo	1	1,50	152,13
Marzo	2		200,67
Marzo	3	0,00	199,58
Giugno	1		
Giugno	2		
Giugno	3	0,12	109,40

Tab.3.1.2 - Rapporti Na/Co e Ne/Co nell'area di Fano nelle tre stazioni e nei quattro periodi di campionamento.

Il rapporto Na/Co non è stato calcolato nel mese di giugno nelle stazioni 1 e 2 per l'assenza di entrambi i taxa, e nei mesi di dicembre (stazione 3) e di marzo (stazione 2) per la presenza di soli Nauplii con densità rispettivamente di 6,4 ind/10 cm² e 0,6 ind/10 cm². Il rapporto si mantiene tra zero (assenza di Nauplii) e 1,50 in tutte le stazioni e stagioni ad esclusione di un picco nella stazione 2 di agosto (6,33) che corrisponde ad un valore di Nauplii pari a 1,9 ind/10 cm² e di Copepoda pari a 0,3 ind/10 cm². Soltanto nelle stazioni 1 di agosto, 3 di marzo e 3 di giugno i copepodi superano quantitativamente i Nauplii.

Il rapporto Ne/Co varia da un minimo di 2,21 nella stazione 3 di agosto ad un massimo di 204,83 nella stazione 3 di dicembre. In generale il rapporto aumenta procedendo dalla stazione emersa a quella sommersa, eccetto nel mese di agosto in cui l'andamento si inverte.

3.1.1.3 Diversità

La tabella 3.1.3 riporta il numero di taxa, l'indice di diversità H' e l'indice di equitabilità J delle tre stazioni nelle quattro stagioni di campionamento del sito in esame.

Data	Numero di taxa	H'	J
Ago1	8	2,12	0,71
Ago2	7	2,55	0,91
Ago3	11	1,40	0,40
Dic1	9	2,23	0,71
Dic2	11	1,88	0,54
Dic3	6	0,25	0,10
Mar1	10	2,03	0,61
Mar2	11	1,83	0,53
Mar3	7	0,45	0,16
Giu1	8	1,00	0,33
Giu2	7	0,78	0,28
Giu3	10	0,41	0,12

Tab.3.1.3 - Numero di taxa e valori di diversità ed equitabilità nell'area di Fano.

La spiaggia di Fano è caratterizzata da un numero massimo di 11 taxa individuati nelle stazioni 3 di agosto, 2 di dicembre e 2 di marzo e da un minimo di 6 nella stazione 3 di dicembre, ma non è possibile individuare un andamento generale.

Dalla figura 3.1.14 si possono osservare gli andamenti di H' e J :

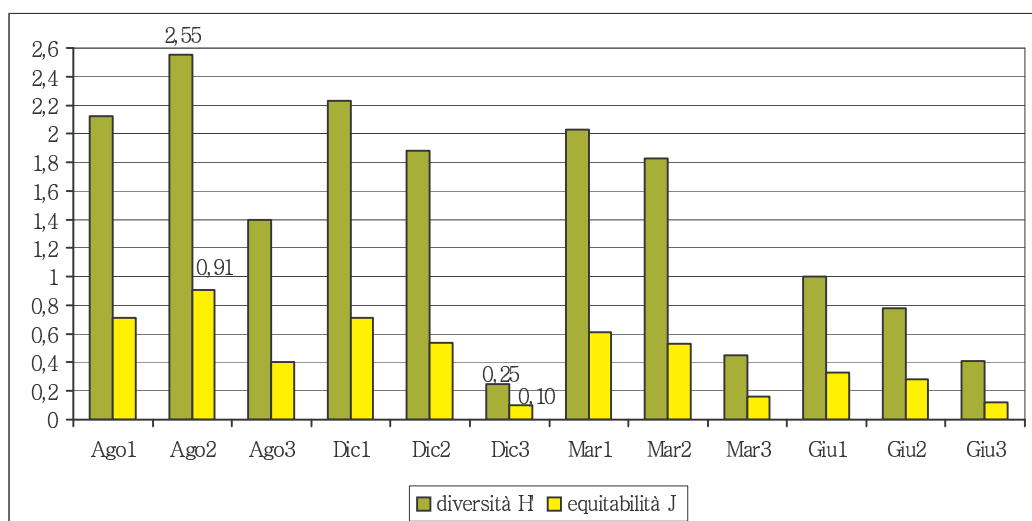


Fig. 3.1.14 - Andamento degli indici di diversità ed equitabilità nell'area di Fano.

Il valore maggiore di diversità (2,55) è stato riscontrato nella stazione 2 di agosto ed il minimo (0,25) nella 3 di dicembre cui corrisponde il minor numero di taxa. In generale H' tende a diminuire andando dalla stazione emersa a quella sommersa, ad eccezione del mese di agosto che ha il massimo valore nella stazione 2.

L'indice di equitabilità J ha il valore massimo (0,91) nella stazione 2 di agosto, il minimo (0,10) nella stazione 3 di dicembre e segue lo stesso andamento di H' . La tendenza generale di entrambi gli indici è di diminuire andando da agosto 2000 a giugno 2001.

3.1.1.4 *Biomassa dei Nematoda*

La tabella 3.1.4 riporta i valori di biomassa (espressa in μg di peso secco/ 10 cm^2) dei nematodi per ogni campione e le figure 3.1.15, 3.1.16, 3.1.17 ne rappresentano l'andamento stagionale per ogni stazione.

Data	St.	Biomassa $\mu\text{g}/10\text{cm}^2$
Agosto	1	80,10
Agosto	2	11,53
Agosto	3	6096,90
Dicembre	1	347,11
Dicembre	2	320,41
Dicembre	3	9353,19
Marzo	1	1477,04
Marzo	2	730,63
Marzo	3	10900,02
Giugno	1	1232,49
Giugno	2	427,21
Giugno	3	5642,98

Tab. 3.1.4 - Valori di biomassa di Nematoda presenti in ogni stazione nei quattro mesi di campionamento nell'area di Fano.

I valori vanno da un minimo di $11,53\text{ }\mu\text{g}/10\text{ cm}^2$ nella stazione 2 di agosto ad un massimo di $10900,02\text{ }\mu\text{g}/10\text{ cm}^2$ nella stazione 3 di marzo. In tutte e tre le stazioni appare evidente l'andamento stagionale con aumento dei valori andando da agosto a marzo (in cui si registrano i valori più alti) e successiva diminuzione a giugno. Si nota anche la diminuzione di biomassa passando dalla stazione 1 alla 2 e l'aumento passando dalla 2 alla 3 nei corrispondenti mesi di campionamento. La stazione 3 mostra quantità di biomassa molto maggiori rispetto alle altre due stazioni, soprattutto nel mese di agosto dove sono stati pesati $6096,90\text{ }\mu\text{g}/10\text{ cm}^2$ di nematodi contro $11,53\text{ }\mu\text{g}/10\text{ cm}^2$ nella stazione 2 e $80,10\text{ }\mu\text{g}/10\text{ cm}^2$ nella stazione

1. La stazione 3 è anche l'unica in cui ad agosto e dicembre si registrano valori più alti rispetto a giugno.

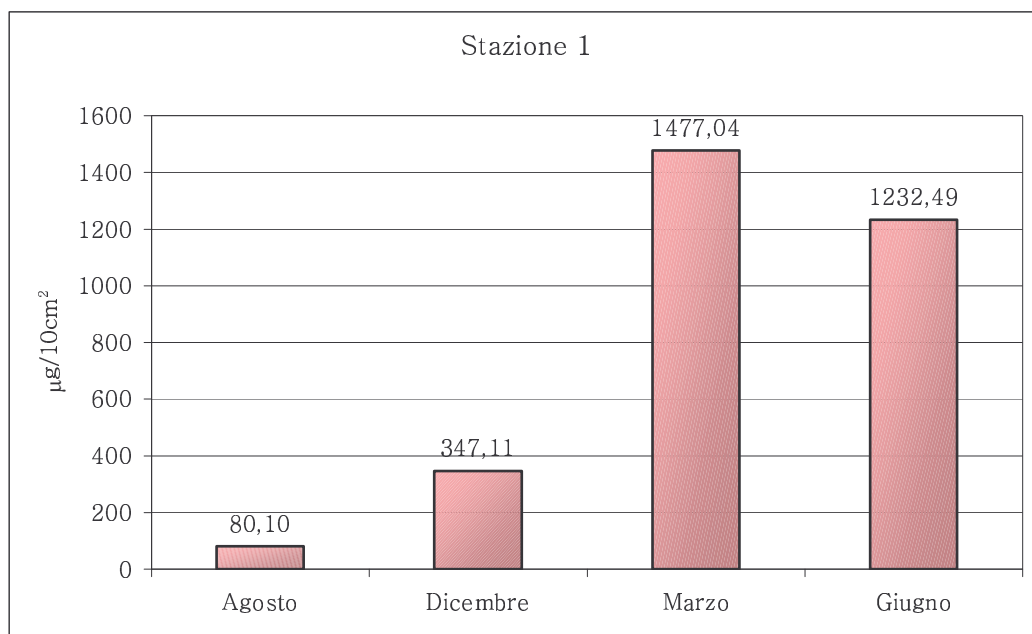


Fig. 3.1.15 - Andamento stagionale dei valori di biomassa di Nematoda nella stazione 1 nell'area di Fano.

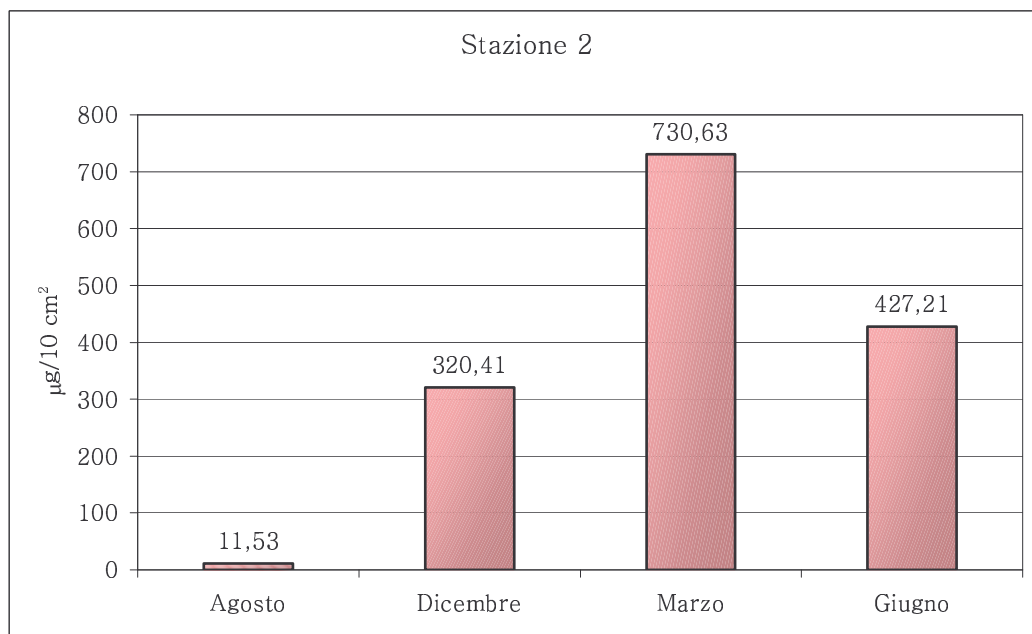


Fig. 3.1.16 - Andamento stagionale dei valori di biomassa di Nematoda nella stazione 2 nell'area di Fano.

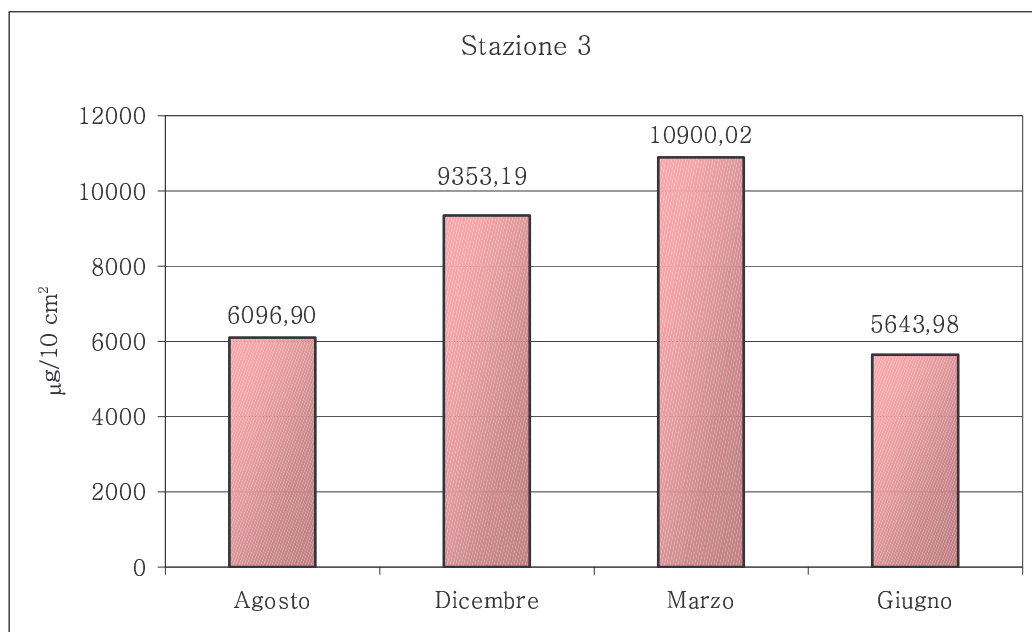


Fig. 3.1.17 - Andamento stagionale dei valori di biomassa di Nematoda nella stazione 3 nell'area di Fano.

3.1.1.5 Carbonio e Azoto dei Nematoda

Nella tabella 3.1.5 sono riportate le concentrazioni di carbonio e azoto rilevate dai Nematoda. Nelle figure 3.1.18, 3.1.19 e 3.1.20 sono rappresentati gli istogrammi relativi ad ogni stazione.

Data	Stazione	C µg/10cm ²	N µg/10cm ²
Agosto	1	0,625	0,360
Agosto	2	0,090	0,052
Agosto	3	47,559	27,425
Dicembre	1	2,708	1,561
Dicembre	2	2,499	1,441
Dicembre	3	72,960	42,072
Marzo	1	11,522	6,644
Marzo	2	5,699	3,286
Marzo	3	85,026	49,030
Giugno	1	9,614	5,544
Giugno	2	3,333	1,922
Giugno	3	44,018	25,383

Tab. 3.1.5 -Quantità di Carbonio e Azoto presenti nei Nematoda nelle tre stazioni nei quattro mesi di campionamento nell'area di Fano, calcolati in µg/10 cm².

Il carbonio presente nei nematodi varia da un minimo di 0,090 µg/10 cm² nella stazione 2 di agosto, ad un massimo di 85,026 µg/10 cm² nella stazione 3 di marzo. Le tre stazioni presentano lo stesso andamento stagionale, con aumento dei valori da agosto a marzo e successiva

diminuzione a giugno e spaziale, con i valori più bassi nella stazione di battigia e picchi molto elevati nella stazione 3, sommersa.

L'azoto calcolato nei nematodi varia da un minimo di $0,052 \mu\text{g}/10 \text{ cm}^2$ nella stazione 2 di agosto ad un massimo di $49,030 \mu\text{g}/10 \text{ cm}^2$ nella stazione 3 di marzo. Le tre stazioni seguono gli stessi andamenti temporali e spaziali visti per il carbonio, ossia la quantità di azoto presente aumenta da agosto a marzo per diminuire a giugno e diminuisce passando dalla stazione 1 alla battigia per aumentare notevolmente nella stazione 3.

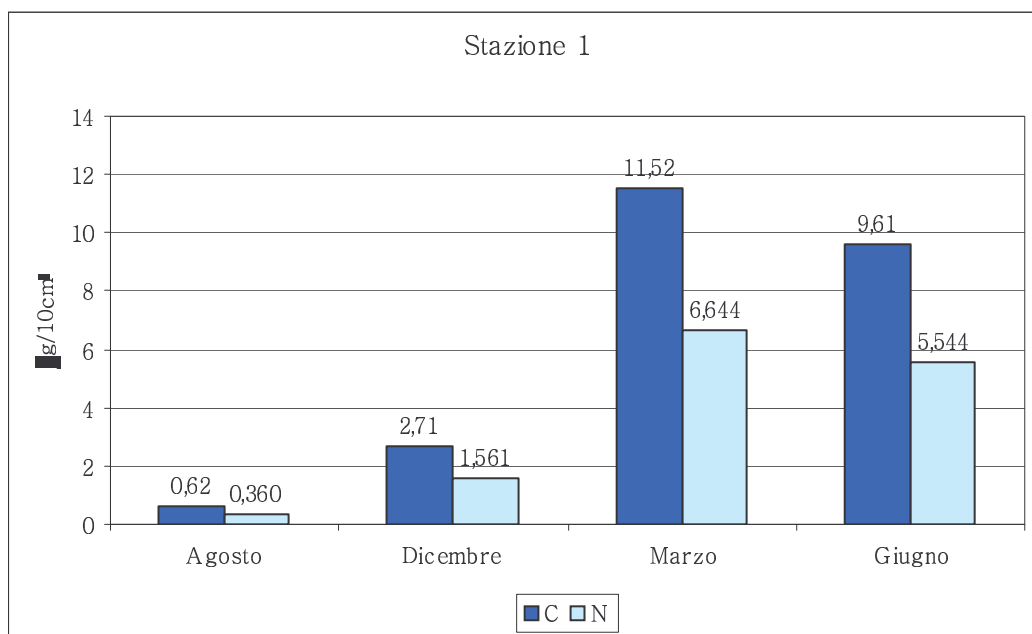


Fig. 3.1.18 - Andamento stagionale dei valori di Carbonio e Azoto nei Nematoda nella stazione 1 dell'area di Fano.

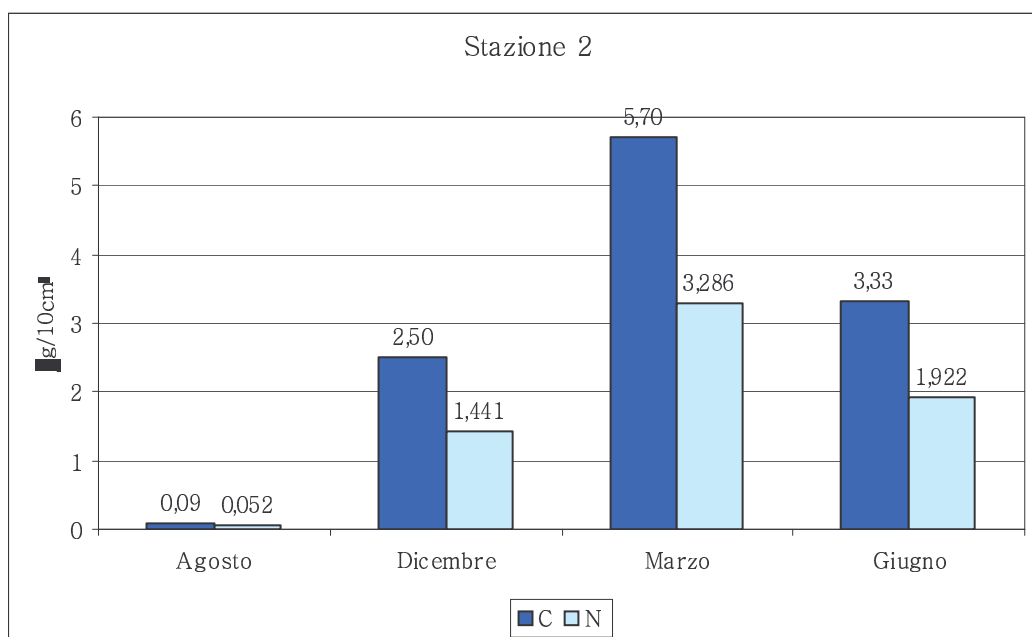


Fig. 3.1.19 - Andamento stagionale dei valori di Carbonio e Azoto nei Nematoda nella stazione 2 dell'area di Fano.

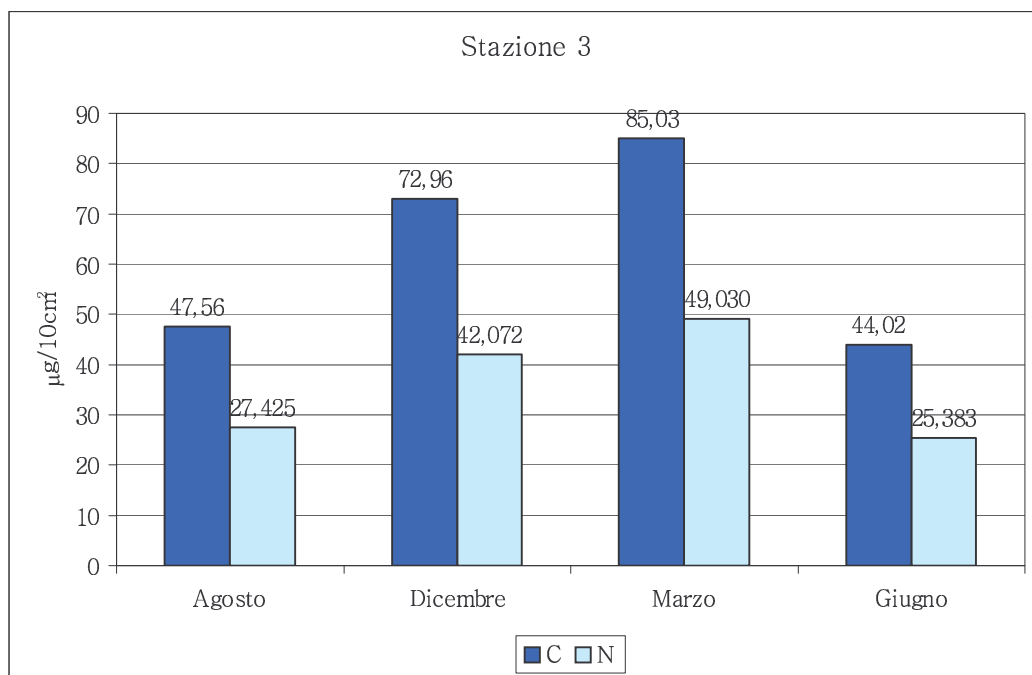


Fig. 3.1.20 - Andamento stagionale dei valori di Carbonio e Azoto nei Nematoda nella stazione 3 dell'area di Fano.

3.1.2 Parametri chimici: Sostanza Organica, Proteine, Clorofilla *a* e Feopigmenti

I dati di contenuto medio $\pm$ deviazione standard di Sostanza Organica Totale (TOM), Proteine (PRT), Clorofilla *a* (CHL*a*) e Feopigmenti (FEO) calcolati nei due centimetri superficiali di sedimento sono stati raggruppati nella tabella 3.1.6.

Data	St.	Sostanza Organica TOM	Proteine PRT	Clorofilla a CHL <i>a</i>	Feopigmenti FEO	PRT/TOM	CHL/FEO	CHL/PRT	CHL/TOM
		mg/g	µg/g	µg/g	µg/g	%		%	‰
Agosto	1	15,83±4,86	69,79±8,31	0,27±0,03	0,11±0,07	0,44	2,51	0,39	0,02
Agosto	2	14,66±2,32	62,51±9,22	0,72±0,60	0,01±0,02	0,43	79,62	1,14	0,05
Agosto	3	19,61±3,90	87,85±5,45	1,56±0,29	0,28±0,00	0,45	5,58	1,78	0,08
Dicembre	1	16,34±1,44	67,77±10,15	0,42±0,11	0,00±0,00	0,41		0,61	0,03
Dicembre	2	33,59±11,30	119,60±7,66	0,44±0,04	0,01±0,01	0,36	31,45	0,36	0,01
Dicembre	3	16,11±4,44	116,66±21,35	0,56±0,07	0,05±0,03	0,72	12,13	0,48	0,04
Marzo	1	12,85±4,36	61,80±10,41	0,16±0,02	0,04±0,04	0,48	3,91	0,26	0,01
Marzo	2	20,61±6,02	68,23±2,30	0,15±0,05	0,02±0,03	0,33	7,88	0,21	0,01
Marzo	3	15,59±4,05	75,85±29,06	0,17±0,05	0,14±0,03	0,49	1,16	0,22	0,01
Giugno	1	17,95±0,24	69,32±6,01	0,14±0,01	0,00±0,00	0,39		0,20	0,01
Giugno	2	14,44±0,35	73,02±15,33	0,09±0,02	0,00±0,00	0,51		0,12	0,01
Giugno	3	13,6±0,64	102,31±23,10	0,45±0,09	0,03±0,04	0,75	13,54	0,44	0,03

Tab. 3.1.6 - Valori medi $\pm$ deviazione standard delle concentrazioni di TOM, PRT, CHL*a*, FEO e rapporti PRT/TOM, CHL*a*/FEO, CHL*a*/PRT, CHL*a*/TOM nell'area di Fano.

I valori sono espressi in mg/g di sedimento secco per la sostanza organica e in $\mu\text{g/g}$ di sedimento secco per proteine, clorofilla *a* e feopigmenti. Nella stessa tabella sono riportati anche i valori dei rapporti PRT/TOM (Proteine/Sostanza Organica), CHLa/FEO (Clorofilla *a*/Feopigmenti), CHLa/PRT (Clorofilla *a*/Proteine) e CHLa/TOM (Clorofilla *a*/Sostanza Organica).

3.1.2.1 Sostanza Organica

La figura 3.1.21 illustra la quantità media di sostanza organica nelle tre stazioni per ciascun mese di campionamento.

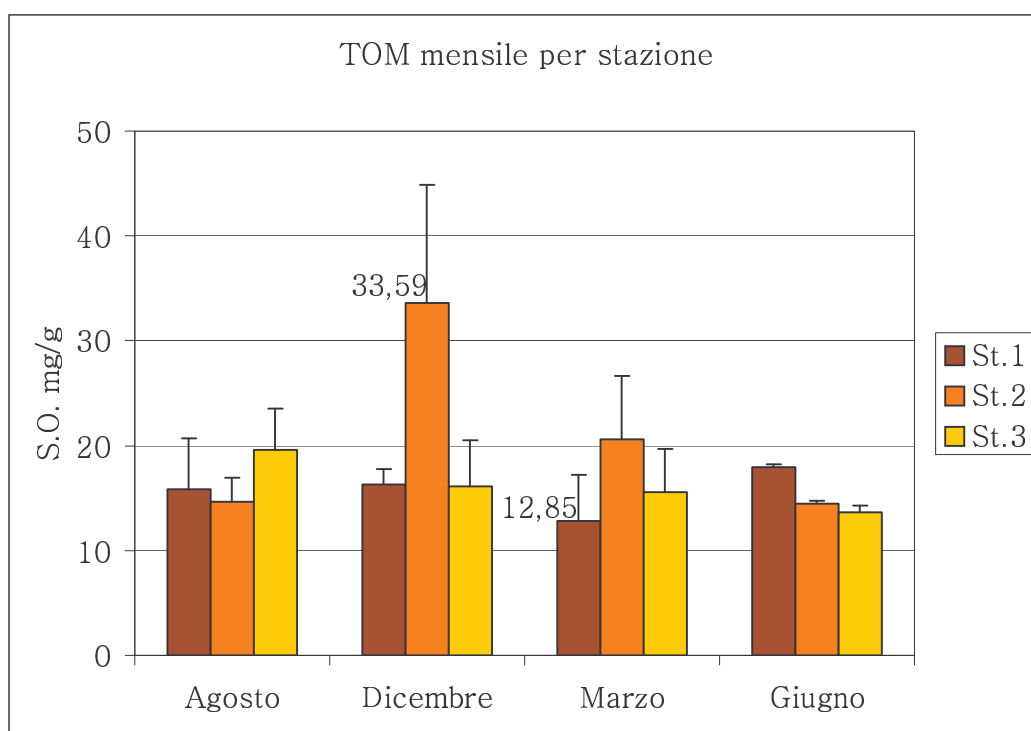


Fig. 3.1.21- Contenuto medio di Sostanza Organica Totale nell'area di Fano.

I valori variano da un minimo di 12,85 mg/g di sedimento secco osservato nella stazione 1 (emersa) di marzo, ad un massimo di 33,59 mg/g nella stazione 2 del mese di dicembre. Non si assiste ad un preciso andamento spaziale né temporale. La stazione 1 è caratterizzata da un tenore di TOM abbastanza costante nei mesi di agosto, dicembre e giugno, mentre a marzo c'è una leggera diminuzione che corrisponde al valore minimo riscontrato. Nella stazione 2 si assiste ad un brusco aumento da agosto a dicembre dei valori di sostanza organica che risulta più che raddoppiata (da 14,65 mg/g a 33,59 mg/g), per poi diminuire a marzo e tornare a giugno ad un valore prossimo a quello iniziale dell'estate precedente (14,44 mg/g). La stazione 3 è caratterizzata infine da una lenta

diminuzione di sostanza organica da agosto (19,61mg/g) a giugno (13,61 mg/g).

3.1.2.2 *Proteine*

La figura 3.1.22 mostra la quantità media di proteine presenti nelle tre stazioni per ciascun mese di campionamento.

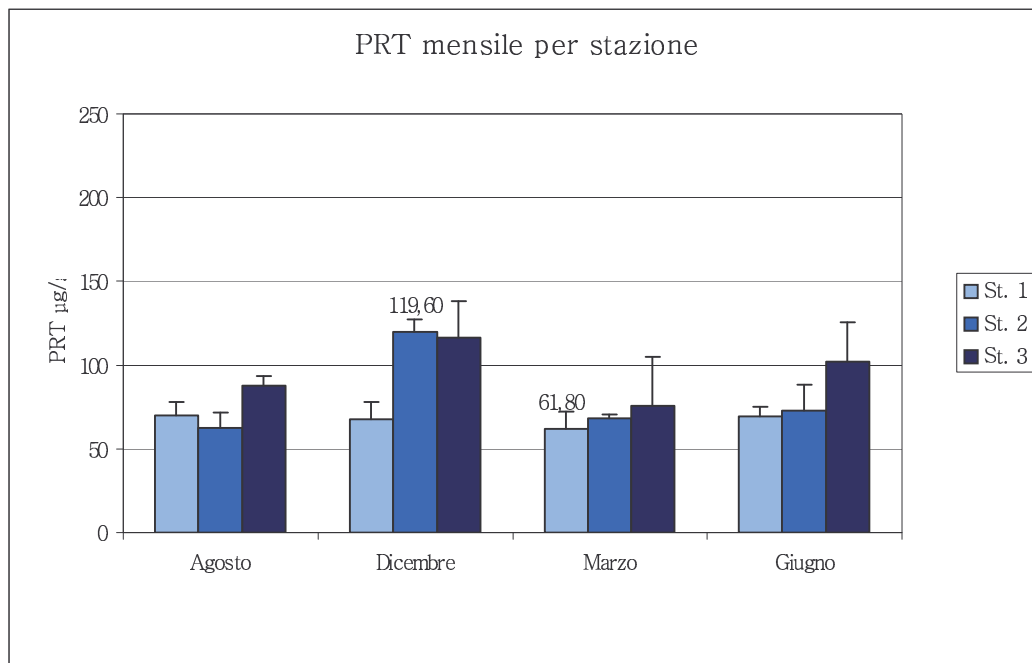


Fig. 3.1.22 - Contenuto medio di Proteine nell'area di Fano.

I valori sono riportati esattamente nella tabella 3.1.6 dove si può notare come essi varino da un minimo di 61,80 µg/g di sedimento secco nella stazione 1 di marzo, ad un massimo di 119,60 µg/g nella stazione 2 di dicembre. Nelle stazioni 2 e 3 del mese di dicembre si riscontra un contenuto di proteine nei sedimenti molto maggiore rispetto agli altri mesi con valori rispettivamente di 119,60 µg/g e 116,66 µg/g; un valore confrontabile si trova solo nella stazione 3 di giugno con 102,31 µg/g. Fatta eccezione per il mese di dicembre, nelle stazioni 1 e 2 i valori si mantengono abbastanza costanti durante tutto il periodo di campionamento. E' infine facile notare dalla figura 3.1.22 come esista la tendenza all'aumento della quantità di proteine nei sedimenti procedendo dalla stazione 1 (emersa) alla 3 (sommersa) anche se nel mese di marzo questa tendenza non è molto marcata.

3.1.2.3 Clorofilla *a* e Feopigmenti

I valori medi delle concentrazioni di clorofilla *a* e feopigmenti nei primi due centimetri del sedimento sono riportati nella tabella 3.1.6.

La figura 3.1.23 riporta i valori di CHLa nelle tre stazioni nei diversi mesi di campionamento.

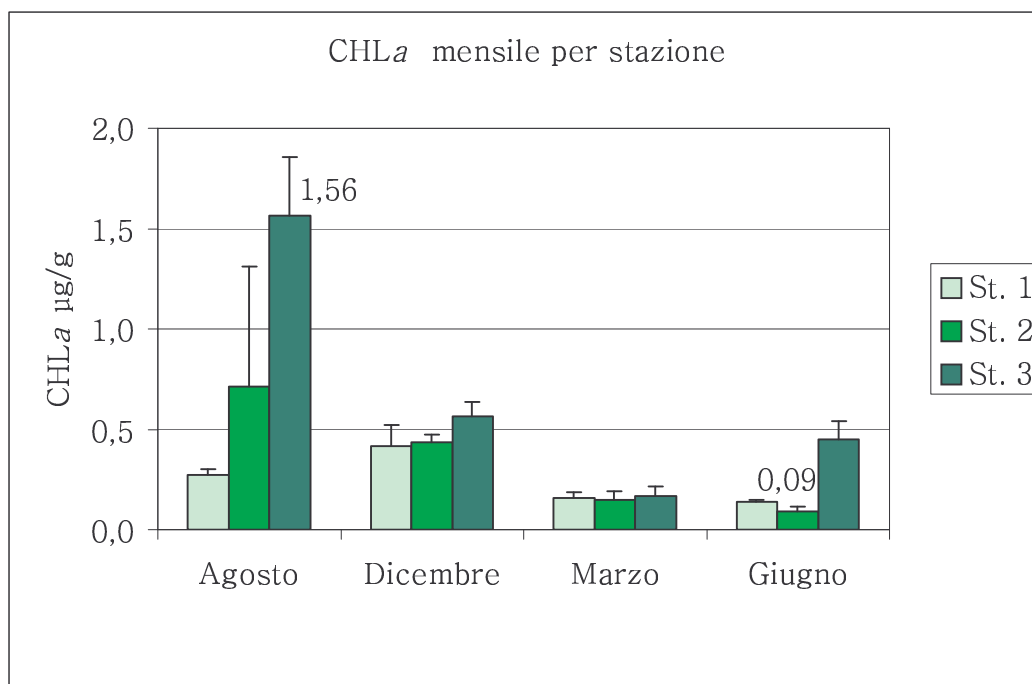


Fig. 3.1.23 – Contenuto medio di Clorofilla *a* nell'area di Fano.

I dati variano da un minimo di 0,09 µg/g di sedimento secco nella stazione 2 di giugno, ad un massimo di 1,56 µg/g nella stazione 3 di agosto. Nel mese di agosto si assiste ad un marcato aumento della concentrazione di clorofilla *a* andando dalla stazione 1 (0,27 µg/g) alla stazione 3 (1,56 µg/g); la stessa tendenza è presente anche negli altri tre mesi ma in modo meno evidente. Nel mese di marzo sono presenti le minori concentrazioni di CHLa come a giugno dove si leggono valori bassi con l'eccezione di un picco nella stazione 3 (0,45 µg/g). Nella stazione 2 è evidente la graduale diminuzione di CHLa dal mese di agosto (0,72 µg/g) al giugno successivo (0,09 µg/g), mentre la stazione 3 mostra un certo andamento stagionale con la diminuzione dei valori da agosto a marzo ed una progressiva ripresa a giugno. La stazione 1 si mantiene su valori abbastanza bassi (0,14÷0,27 µg/g) con l'eccezione di un lieve aumento nel mese di dicembre (0,42 µg/g).

La figura 3.1.24 riporta la concentrazione media di feopigmenti in ciascuna delle tre stazioni durante i quattro mesi di campionamento.

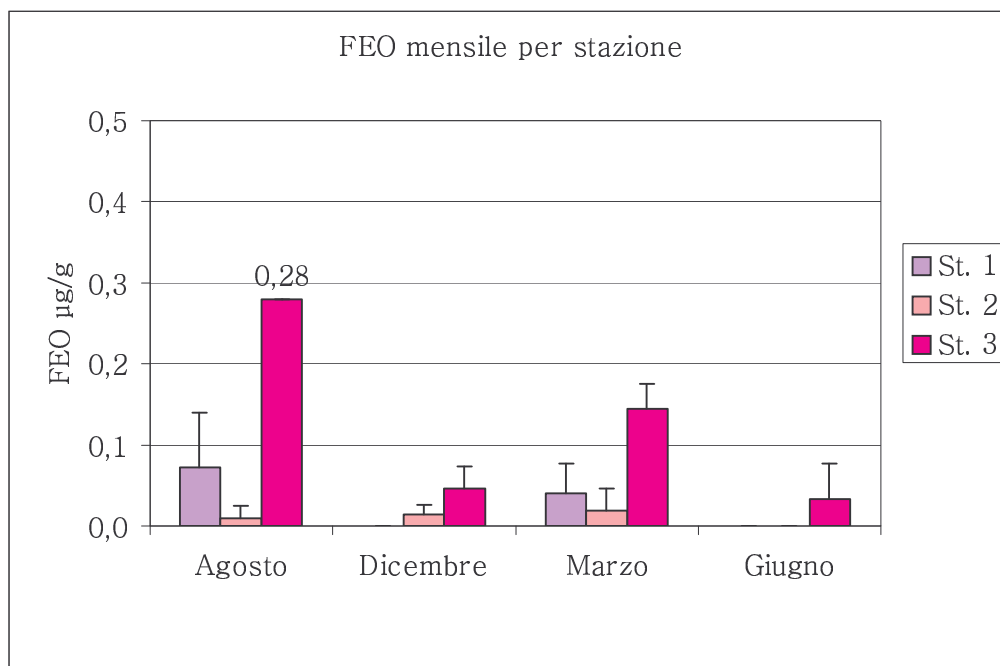


Fig. 3.1.24 – Contenuto medio di Feopigmenti nell'area di Fano.

I valori variano da 0,00 µg/g di sedimento secco nella stazione 1 di dicembre e nelle stazioni 1 e 2 di giugno ad un massimo di 0,28 µg/g nella stazione 3 di agosto dove si era registrata anche un'elevata concentrazione di clorofilla *a*. Nelle stazioni 1 e 3 si nota la diminuzione dei valori da agosto a dicembre, l'aumento da dicembre a marzo e nuovamente la diminuzione a giugno. In ogni mese i valori più alti sono stati registrati nelle stazioni 3.

Il rapporto PRT/TOM varia tra 0,33% nella stazione 2 di marzo e 0,75% nella stazione 3 di giugno; in generale esso diminuisce dalla stazione 1 alla 2 ed aumenta dalla 2 alla 3, tranne a giugno dove c'è solo aumento.

Il rapporto CHLa/FEO varia tra 1,16 nella stazione 3 di marzo e 79,62 nella stazione 2 di agosto; i valori più alti si riscontrano nelle stazioni 2 in accordo con le concentrazioni più basse di feopigmenti, eccetto a giugno dove il rapporto è dato solo per la stazione 3.

Il rapporto CHLa/PRT varia tra 0,12% nella stazione 2 di giugno e 1,78% nella stazione 3 di agosto; in esso non è possibile individuare nessuna tendenza generale.

Infine il rapporto CHLa/TOM varia tra 0,01% nelle stazioni 2 di dicembre, 1, 2 e 3 di marzo, 1 e 2 di giugno e 0,08% nella stazione 3 di agosto; i valori più alti sono stati registrati tutti nelle stazioni 3, con

l'eccezione del mese di marzo in cui il rapporto si mantiene costante (0,01‰) in tutte e tre le stazioni, come già detto.

3.1.2.4 Carbonio Organico

Utilizzando opportuni fattori di conversione, è stato ricavato il contenuto di Carbonio Organico fornito da proteine, clorofilla *a* e sostanza organica; i corrispondenti dati sono espressi nella tabella 3.1.7.

Data	Stazione	C*CHLa µg/g	C*PRT µg/g	C*TOM mg/g
Agosto	1	13,54	34,20	2,06
Agosto	2	35,76	30,63	1,91
Agosto	3	78,18	43,05	2,55
Dicembre	1	20,77	33,21	2,12
Dicembre	2	21,83	58,60	4,37
Dicembre	3	28,20	57,16	2,09
Marzo	1	7,98	30,28	1,67
Marzo	2	7,33	33,43	2,68
Marzo	3	8,37	37,17	2,03
Giugno	1	7,01	33,96	2,33
Giugno	2	4,48	35,78	1,88
Giugno	3	22,37	50,13	1,77

Tab. 3.1.7 – Contenuto di Carbonio Organico nelle tre stazioni e nei quattro periodi di campionamento nell'area di Fano.

Il carbonio organico fornito dalla clorofilla *a* varia tra 4,48 µg/g e 78,18 µg/g. In generale si nota un aumento dei valori andando dalla stazione 1 alla 3; fa eccezione la stazione 2 di giugno in accordo con il minimo valore di CHLa riscontrato.

Il carbonio fornito dalle proteine varia tra 30,28 µg/g e 58,60 µg/g; è possibile anche qui notare la tendenza alla crescita passando dalla stazione 1 alla 3.

Infine il carbonio ottenuto dalla sostanza organica varia tra 1,67 mg/g nella stazione 1 di marzo e 4,37 mg/g nella stazione 2 di dicembre, ma non è possibile individuare nessun andamento generale.

3.1.3 Analisi granulometrica

Al fine di individuare correttamente il tipo di sedimento che caratterizza i campioni raccolti per questo studio, e di dare ai risultati una corretta valenza statistica, è stato ritenuto necessario riportare i valori di moda, coefficiente di assortimento (classazione) e coefficiente di

asimmetria di ciascun campione, nonché le rispettive percentuali di ghiaia, sabbia e pelite (Tab. 3.1.8).

Data	Stazione	Ghiaia	Sabbia	Pelite	Moda	ϕ	Sk	Classificazione
		%	%	%	ϕ	ϕ	ϕ	
Agosto	1	2,80	93,74	3,46	3	0,41	0,00	Sabbia
Agosto	2	8,48	90,23	1,29	3	0,73	-0,18	Sabbia
Agosto	3	0,07	98,41	1,52	3	0,38	0,00	Sabbia
Dicembre	1	2,92	95,99	1,09	3	0,40	0,00	Sabbia
Dicembre	2	26,42	72,58	1,00	-3 ; 3	3,12	-0,40	Sabbia ghiaiosa
Dicembre	3	0,02	97,96	2,02	3	0,39	0,00	Sabbia
Marzo	1	1,82	97,44	0,74	3	0,37	0,00	Sabbia
Marzo	2	4,42	94,02	1,56	3	0,42	0,00	Sabbia
Marzo	3	0,21	98,00	1,79	3	0,38	0,00	Sabbia
Giugno	1	15,57	83,31	1,13	3	1,85	-0,32	Sabbia ghiaiosa
Giugno	2	53,42	45,60	0,99	3	2,86	0,17	Ghiaia sabbiosa
Giugno	3	0,86	97,30	1,85	3	0,41	0,00	Sabbia

Tab. 3.1.8 – Risultati dell'analisi granulometrica nell'area di Fano.

Da questi dati e dalle corrispondenti figure 3.1.25, 3.1.26, 3.1.27 che mostrano la composizione percentuale di ghiaia, sabbia e pelite nelle tre stazioni di campionamento, si evince chiaramente che la composizione dei sedimenti è essenzialmente sabbiosa. Fanno eccezione la stazione 2 del mese di dicembre e le stazioni 1 e 2 del mese di giugno. Esse mostrano una percentuale maggiore di ghiaia, rispettivamente 26,42%, 15,57% e 53,42%, tanto da essere state classificate le prime due come sabbia ghiaiosa e la terza come ghiaia sabbiosa. A questi valori corrisponde una scarsissima cernita (3,12 ϕ , 1,85 ϕ , 2,86 ϕ rispettivamente) ed un coefficiente di asimmetria negativo nelle stazioni 2 di dicembre e 1 di giugno (-0,40 ϕ e -0,32 ϕ corrispondenti ad una coda di materiali grossolani) e positivo nella stazione 2 di giugno (0,17 ϕ corrispondente ad una coda di materiali fini). Tutte le restanti stazioni sono caratterizzate da oltre il 90% di sabbia e da un restante 10% distribuito variamente tra ghiaie e peliti. In genere la percentuale di ghiaia è maggiore nella stazione 2 di battigia, mentre la pelite tende ad aumentare procedendo verso la stazione sommersa (3) pur tuttavia non superando mai il 3,46% in peso, riscontrato nella stazione 1 di agosto. I campioni prelevati nel vecchio sito di campionamento, quello precedente alla formazione della barra di foce che ha spostato verso Nord il punto di sfocio del Torrente Arzilla, sono caratterizzati da una elevata quantità di ghiaia, per lo più ciottoli di grandi dimensioni. La stazione FANO 1 VECCHIO, a monte della barra, presenta percentuali di ghiaia, sabbia e pelite rispettivamente di 63,59%, 36,18% e 0,24%, una scarsissima classazione ($\sigma_\phi = 3,03$) e una moda pari a 3 ϕ . La stazione FANO 2 VECCHIO, a valle della barra, presenta percentuali di

ghiaia, sabbia e pelite rispettivamente di 38,90%, 60,60% e 0,50, classazione pari a 2,95 ϕ e moda pari a 3 ϕ .

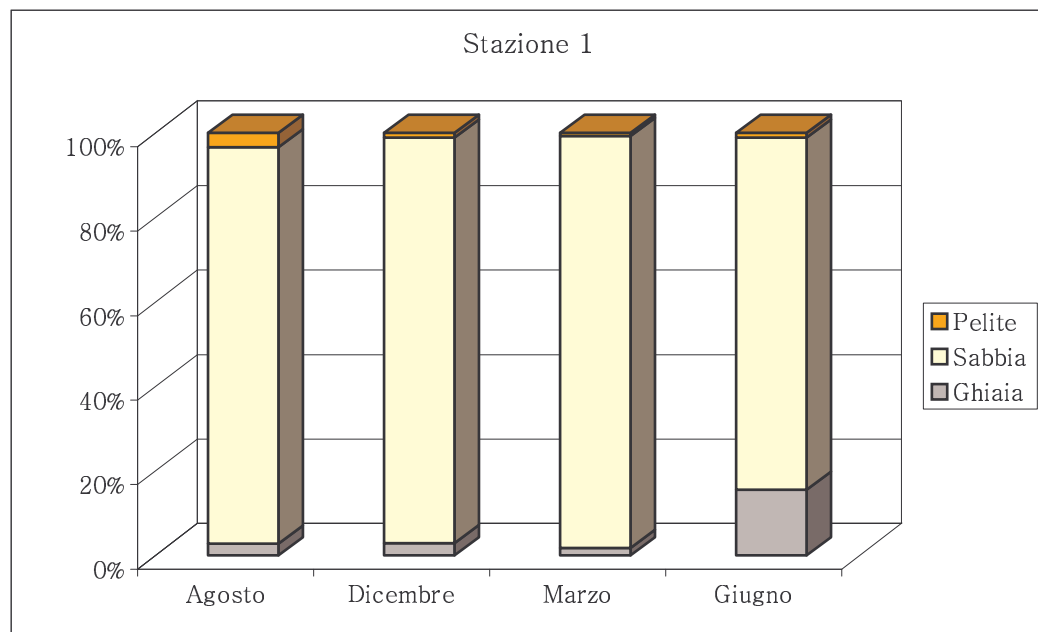


Fig. 3.1.25 – Composizione percentuale dei sedimenti nella stazione 1 di Fano.

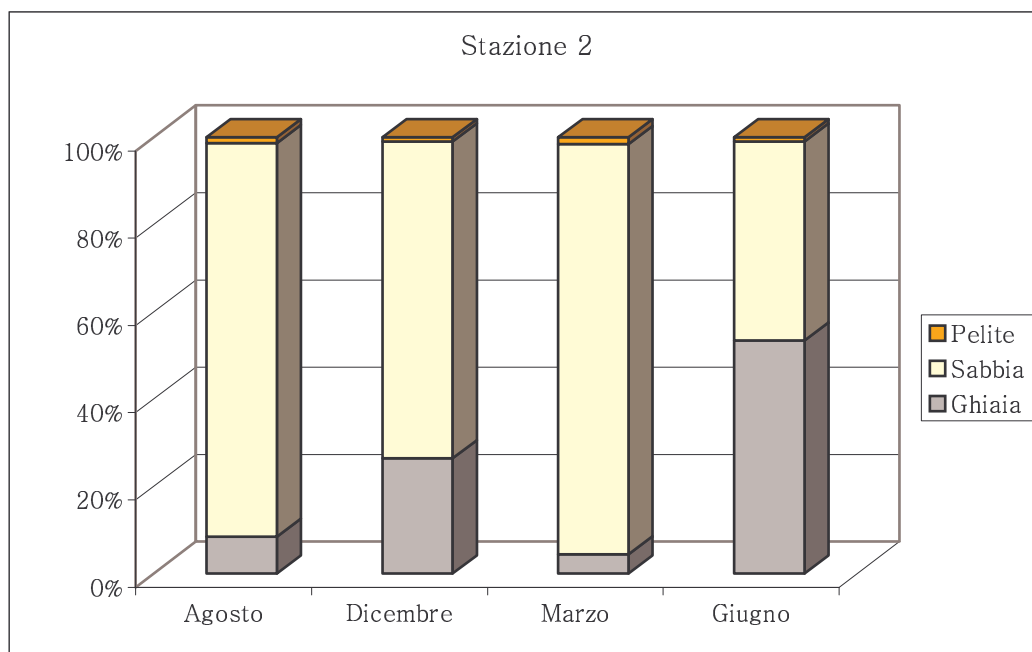


Fig. 3.1.26 - Composizione percentuale dei sedimenti nella stazione 2 di Fano.

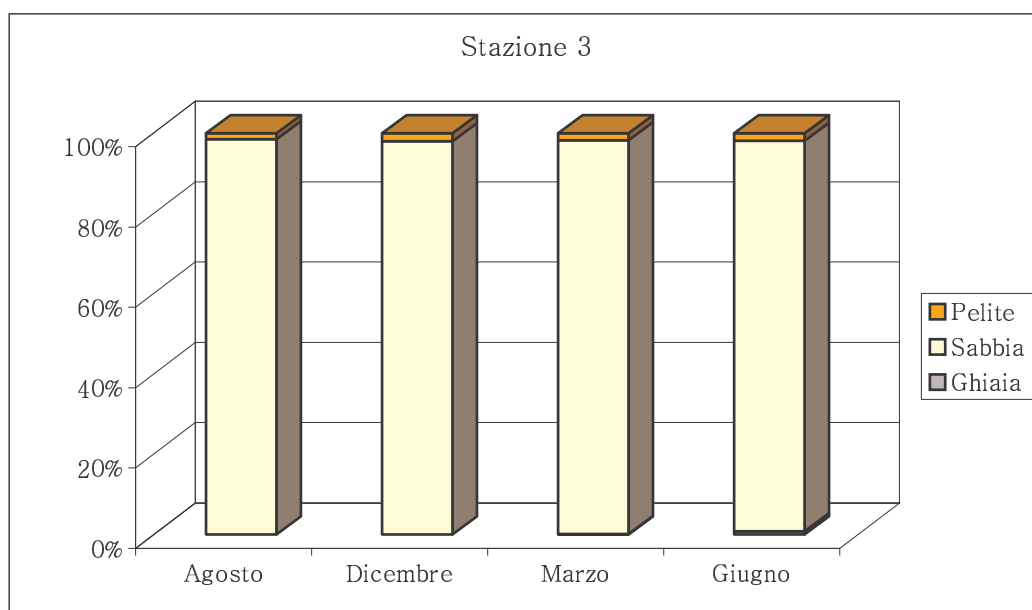


Fig. 3.1.27 - Composizione percentuale dei sedimenti nella stazione 3 di Fano.

3.2 Spiaggia di Fosso Sejore

3.2.1 *Meiobenthos*

3.2.1.2 *Densità*

La tabella 3.2.1 riporta i valori di densità (ind/10 cm²) per taxa, di densità totale ed il numero di taxa presenti nelle tre stazioni durante l'intero periodo di campionamento; le figure da 3.2.2 a 3.2.13 esprimono il contributo percentuale di ciascun taxon alla densità totale.

	Agosto			Dicembre			Marzo			Giugno		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Altri	1,3±0,9	0,9±0,4		0,3±0,4	0,3±0,4	3,4±4,8	2,2±1,3	1,9±2,7		0,6±0,0		13,8±6,1
Bivalvia		0,3±0,4	2,2±3,3									0,6±0,9
Ciliophora	1,6±1,3	3,1±2,7	9,2±13,0	0,9±1,3	1,9±1,8	9,7±5,3	11,3±0,9	34,3±26,2	25,0±6,6		9,1±6,7	52,1±71,1
Cnidaria							0,3±0,4					
Copepoda	28,3±17,8	53,1±52,9	59,1±63,6	4,1±2,2	1,3±1,8	64,7±32,2	0,6±0,9	2,5±0,0	200,4±60,5	0,3±0,4		436,9±233,7
Gasteropoda											0,3±0,4	
Gastrotricha		0,9±0,4	24,5±34,6		1,3±0,9	24,7±15,9	61,6±41,8	56,6±32,0	51,3±13,8	1,3±0,9	0,3±0,4	7,0±7,2
Halacaroidea			2,3±3,3									
Isopoda												3,0±4,3
Kinorincha			2,3±3,3									
Nematoda	4,7±3,1	10,4±10,2	1963,9±884,6	51,6±7,1	17,9±12,9	1798,9±32,2	112,6±55,1	114,8±3,1	2500,2±181,3	17,9±7,6	7,5±0,0	4845,9±2446,8
Oligochaeta							1,9±2,7	3,5±0,4				
Ostracoda			10,8±2,0			6,4±0,5		0,3±0,4	5,5±0,6			3,1±4,4
Polichaeta			2,3±3,3									
Priapulida											0,3±0,4	
Protozoa	0,6±0,9	0,6±0,0	9,2±13,0	0,6±0,9	8,2±8,0	3,4±4,8	5,3±0,4	14,2±12,0	37,3±19,2	2,5±0,0	1,9±0,9	16,3±19,5
Rotifera		0,6±0,9		96,5±26,2	2,2±2,2	3,4±4,8	11,6±15,6	4,4±4,4	2,5±3,6			
Sipunculida							3,5±4,9			0,3±0,4	0,3±0,4	7,4±2,0
Tardigrada		0,3±0,4										
Turbellaria	0,3±0,4	0,6±0,9	3,1±4,3	0,6±0,9	6,0±4,0	16,1±5,8	24,5±9,8	23,9±3,6	22,0±2,4	2,2±3,1	0,6±0,9	53,4±69,3
N.ro taxa	6	10	11	7	8	9	11	10	8	7	8	11
Densità totale	36,8±24,4	70,8±69,2	2088,9±1028,3	154,6±39	39,7±32	1930,7±106,3	237,9±133,8	256,4±84,8	2850,1±288	25,1±12,4	20,3±10,1	5439,5±2865,3

Tab. 3.2.1 – Densità medie e totali dell'area di Fosso Sejore indicate in ind/10 cm² ± dev.stand.

Nell'insieme i dati registrati per tutti i taxa variano da un minimo di 0,3 ind/10cm² nelle stazioni 1 e 2 di tutti e quattro i mesi, ad un massimo di 4845,9 ind/10 cm² nella stazione 3 di giugno.

La densità totale maggiore (data dalla somma delle tre stazioni) è stata riscontrata nel campionamento di giugno con 5484,9 ind/10 cm², seguita da quello di marzo con 3344,4 ind/10 cm², agosto con 2196,5 ind/10 cm² e infine dicembre con 2125,0 ind/10 cm² (figura 3.2.1).

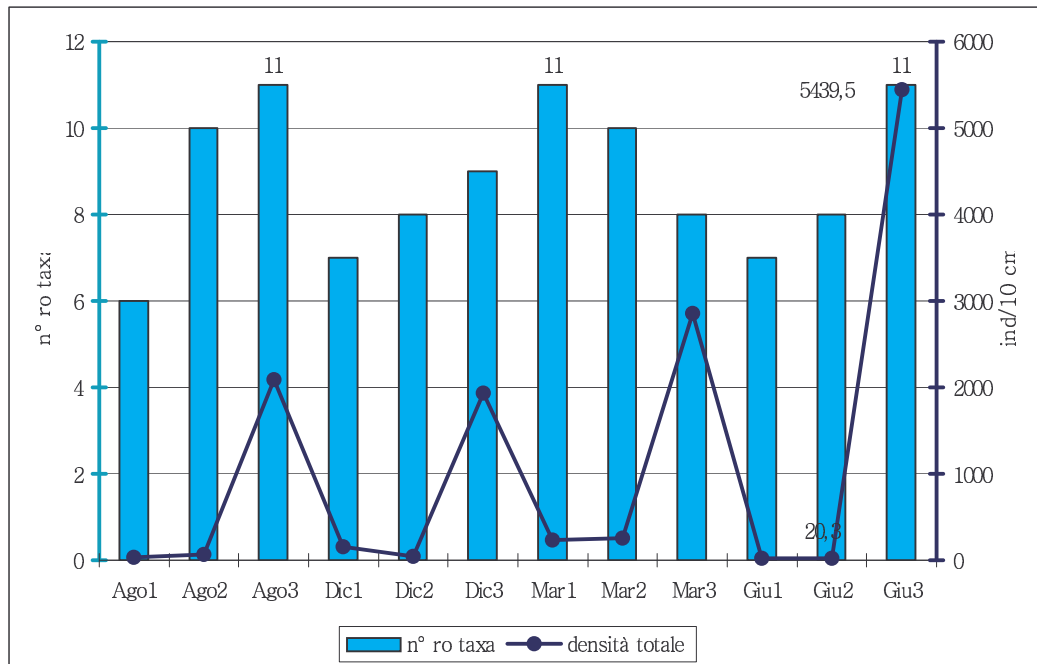


Fig. 3.2.1 - Confronto tra densità totale e numero di taxa presenti nelle tre stazioni e nei quattro periodi di campionamento.

Nella stazione 1 Nematoda e Turbellaria mostrano lo stesso andamento stagionale, aumentando da agosto a marzo (rispettivamente da 4,7 ind/10 cm² a 112,6 ind/10 cm² e da 0,3 ind/10 cm² a 24,5 ind/10 cm²) e diminuendo a giugno (rispettivamente 17,9 ind/10 cm² e 2,2 ind/10 cm²). I copepodi diminuiscono a partire da agosto 2000 (28,8 ind/10 cm²) fin quasi a scomparire nel giugno successivo (0,3 ind/10 cm²). I rotiferi hanno un picco a dicembre con 96,5 ind/10 cm², diminuiscono in marzo e sono assenti ad agosto e a giugno, così come i gastrotrichi che appaiono soltanto in marzo con 61,6 ind/10 cm², per poi tornare a giugno ad una densità di 1,3 ind/10 cm². Infine Ciliophora ha un andamento oscillante con la densità maggiore in marzo (11,3 ind/10 cm²), mentre Protozoa si mantiene costante fino a dicembre con 0,6 ind/10 cm², ha un picco a marzo con 5,3 ind/10 cm² e a giugno la densità scende fino a 2,5 ind/10 cm².

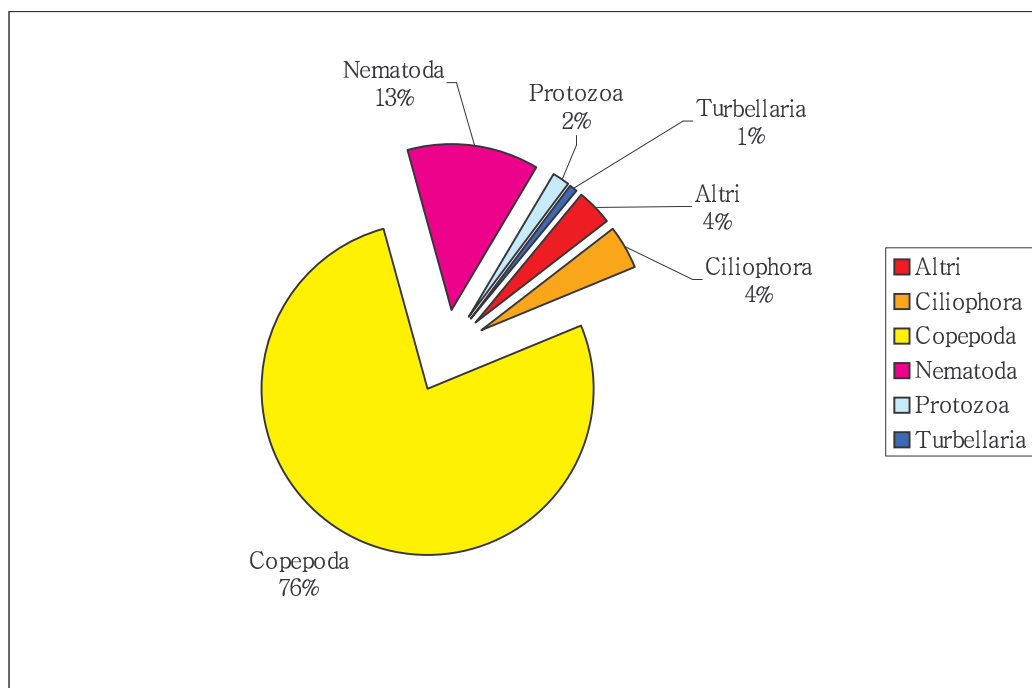


Fig. 3.2.2 - Densità medie dei taxa rilevati nella stazione 1 dell'area di Fosso Sejore nel mese di agosto.

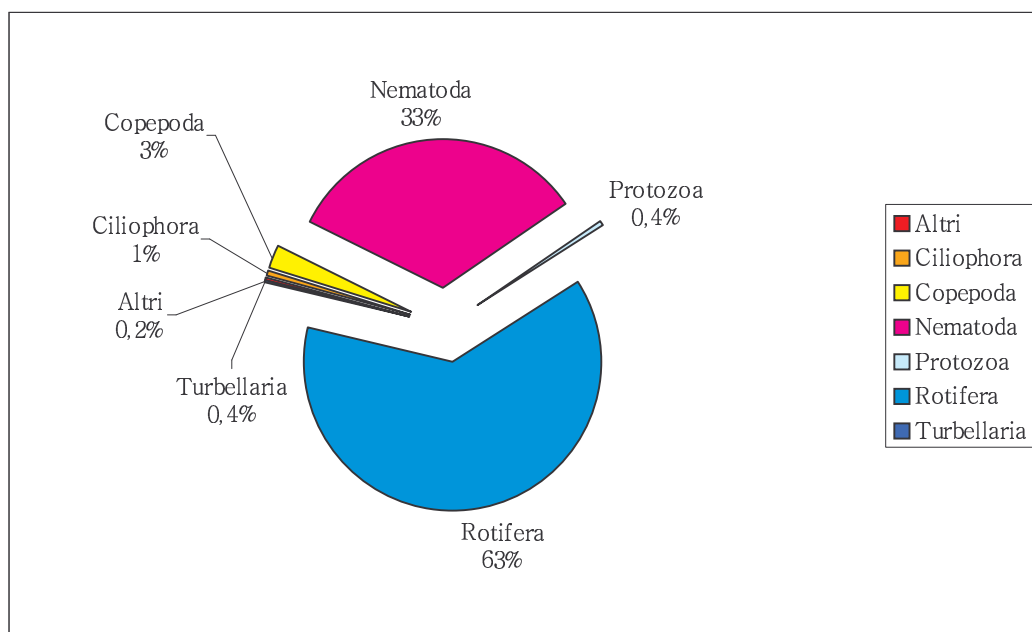


Fig. 3.2.3 - Densità medie dei taxa rilevati nella stazione 1 dell'area di Fosso Sejore nel mese di dicembre.

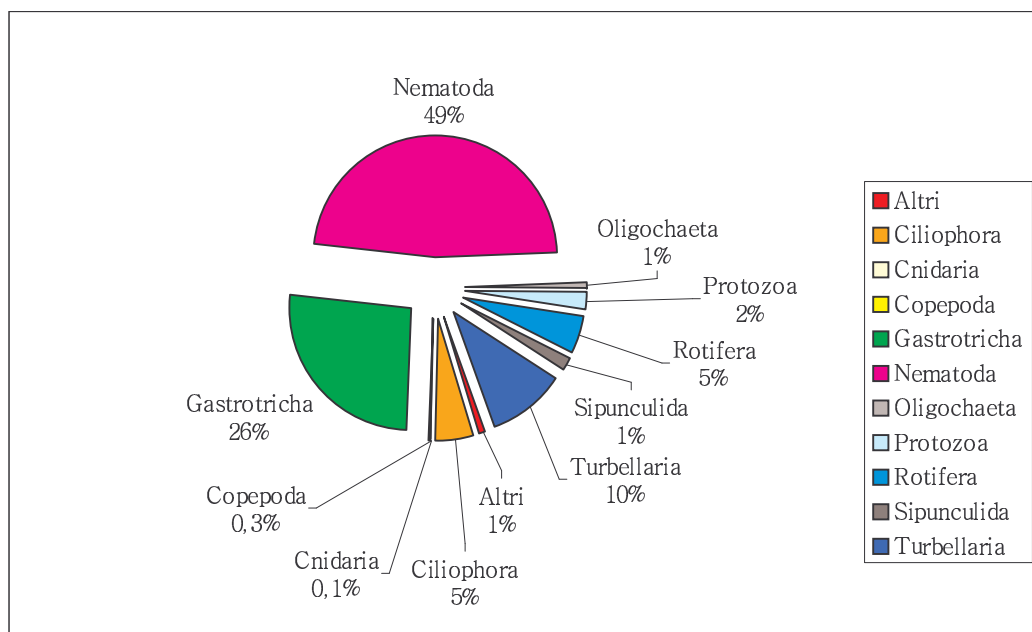


Fig. 3.2.4 - Densità medie dei taxa rilevati nella stazione 1 dell'area di Fosso Sejore nel mese di marzo.

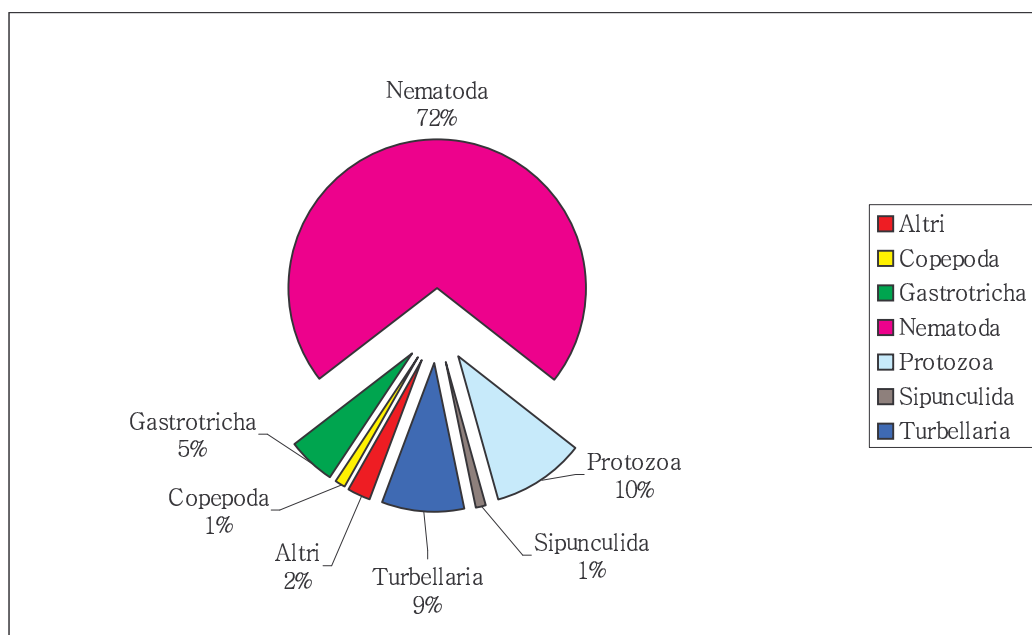


Fig. 3.2.5 - Densità medie dei taxa rilevati nella stazione 1 dell'area di Fosso Sejore nel mese di giugno.

Nella stazione 2 seguono lo stesso andamento stagionale con densità massima registrata in marzo Nematoda, Turbellaria, Gastrotricha e Protozoa (rispettivamente con 114,8 ind/10 cm², 23,9 ind/10 cm², 56,6 ind/10 cm² e 14,2 ind/10 cm²), a questi si aggiunge il phylum Rotifera con 4,4 ind/10 cm² diversamente dalla stazione 1 in cui presentava il picco di densità in dicembre. I ciliati seguono lo stesso andamento oscillante visto

in precedenza con il valore massimo di 34,3 ind/10 cm² a marzo. Infine i copepodi diminuiscono da agosto (53,1 ind/10 cm²) fino a scomparire a giugno con un leggero aumento (2,5 ind/10 cm²) nel mese di marzo, a differenza della stazione 1 in cui la diminuzione era lineare.

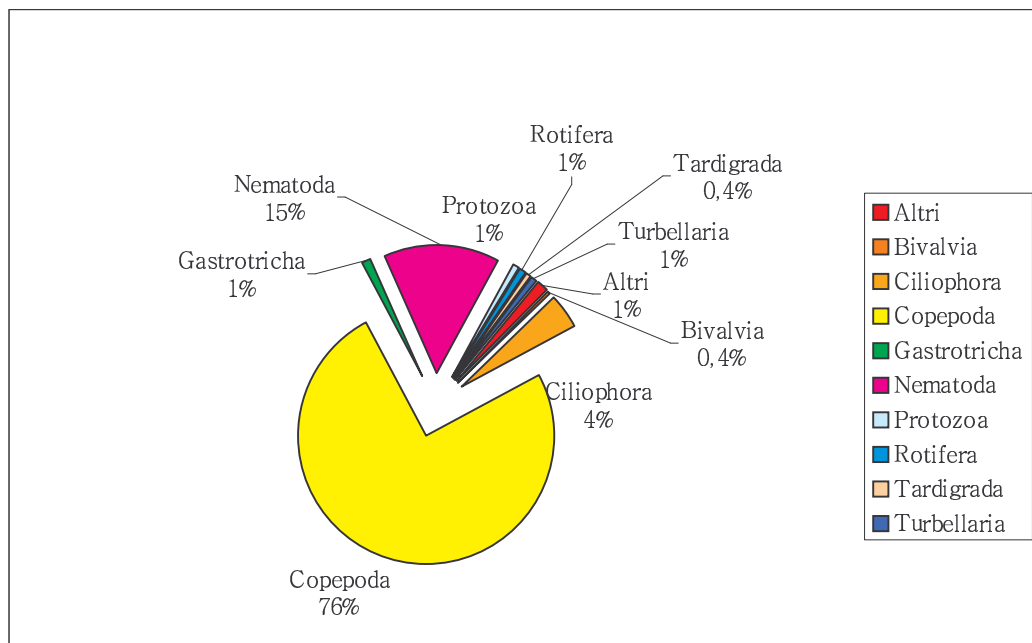


Fig. 3.2.6 - Densità medie dei taxa rilevati nella stazione 2 dell'area di Fosso Sejore nel mese di agosto.

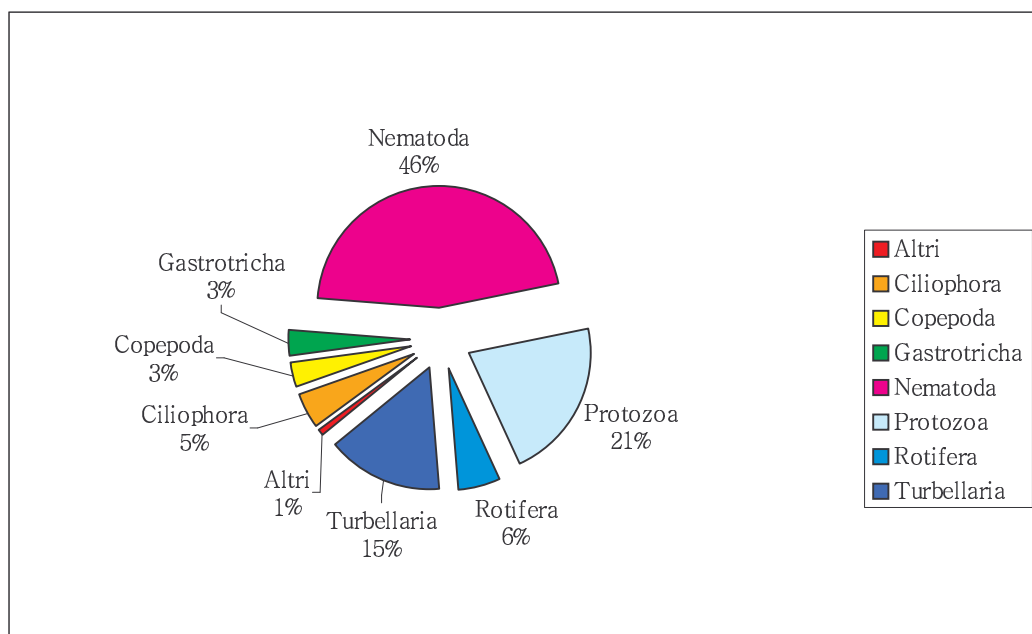


Fig. 3.2.7 - Densità medie dei taxa rilevati nella stazione 2 dell'area di Fosso Sejore nel mese di dicembre.

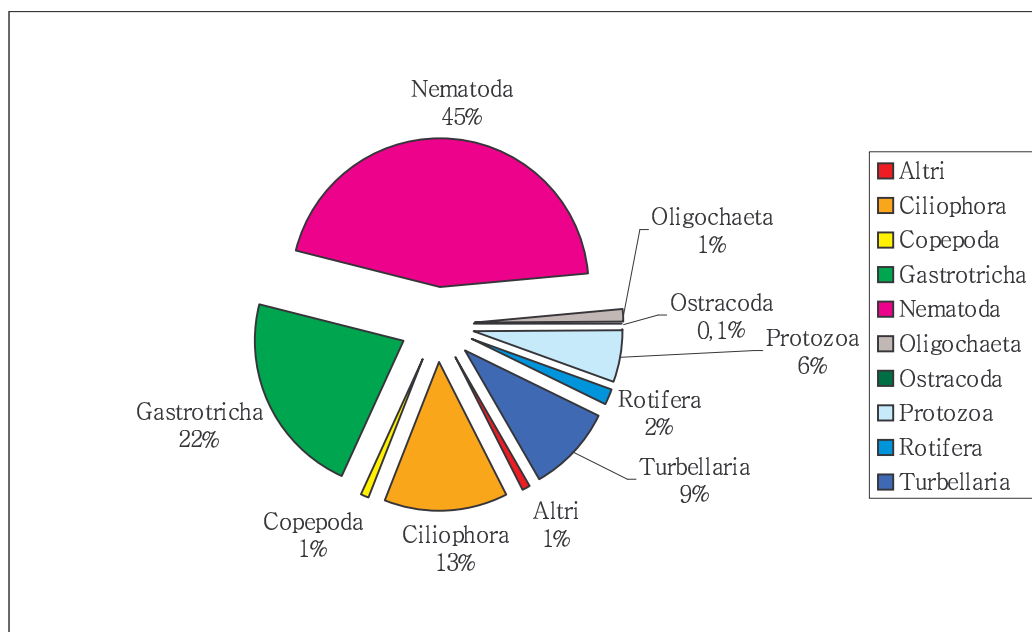


Fig. 3.2.8 - Densità medie dei taxa rilevati nella stazione 2 dell'area di Fosso Sejore nel mese di marzo.

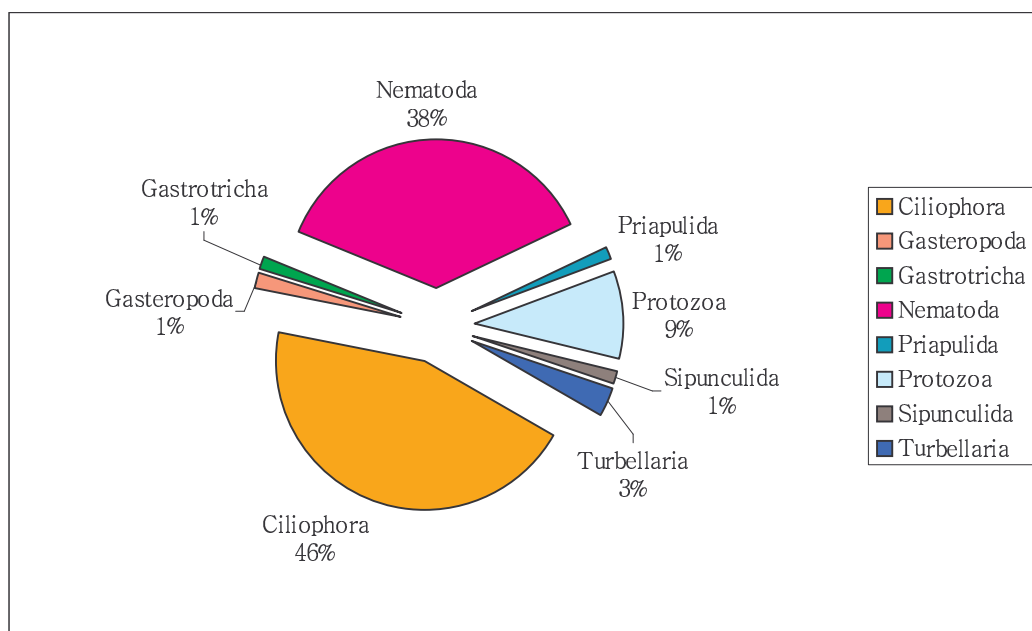


Fig. 3.2.9 - Densità medie dei taxa rilevati nella stazione 2 dell'area di Fosso Sejore nel mese di giugno.

La stazione 3 si è mostrata la più ricca di individui (come a Fano) con densità totali variabili da un minimo di 1930,7 ind/10 cm² a dicembre ad un massimo di 5439,5 ind/10 cm² a giugno. Rispetto ai precedenti casi soltanto gastrotrichi e protozoi mantengono lo stesso andamento con i massimi valori a marzo (rispettivamente 51,3 ind/10 cm² e 37,3 ind/10 cm²), gli altri taxa subiscono delle modificazioni. I nematodi diminuiscono da agosto a dicembre (da 1963,9 ind/10 cm² a 1798,9 ind/10 cm²) e aumentano fino a giugno (4845,9 ind/10 cm²), i copepodi invertano completamente il precedente andamento aumentando linearmente da agosto (59,1 ind/10 cm²) a giugno (436,9 ind/10 cm²), lo stesso i ciliati che passano da una densità di 9,2 ind/10 cm² ad agosto a 52,1 ind/10 cm² a giugno ed i turbellari (da 3,1 ind/10 cm² a 53,4 ind/10 cm²). I rotiferi riacquistano l'andamento visto nella stazione 1 con picco di densità a dicembre con 3,4 ind/10 cm². Infine è interessante notare la presenza in questa stazione sommersa di Ostracoda, la cui densità diminuisce linearmente da 10,8 ind/10 cm² ad agosto a 3,1 ind/10 cm² a giugno, di Bivalvia con 2,2 ind/10 cm² ad agosto e 0,6 ind/10 cm² a giugno (nessun individuo contato nelle due stagioni intermedie), di Polichaeta, Halacaroidea e Kinorincha ad agosto tutti con una densità di 2,3 ind/10 cm², di Isopoda e Sipunculida a giugno rispettivamente con 3,0 ind/10 cm² e 7,4 ind/10 cm².

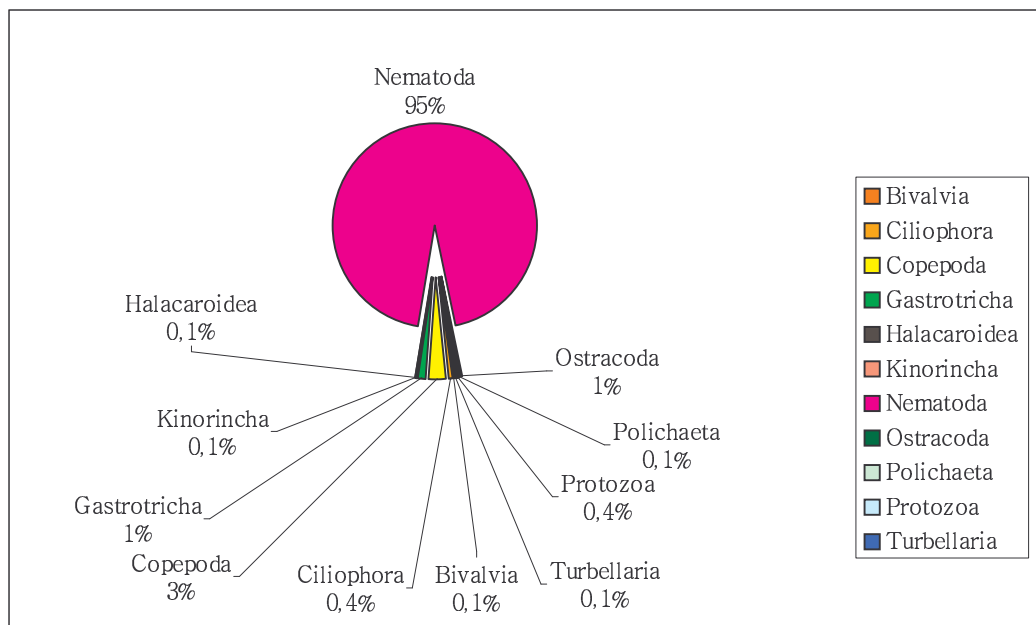


Fig. 3.2.10 - Densità medie dei taxa rilevati nella stazione 3 dell'area di Fosso Sejore nel mese di agosto.

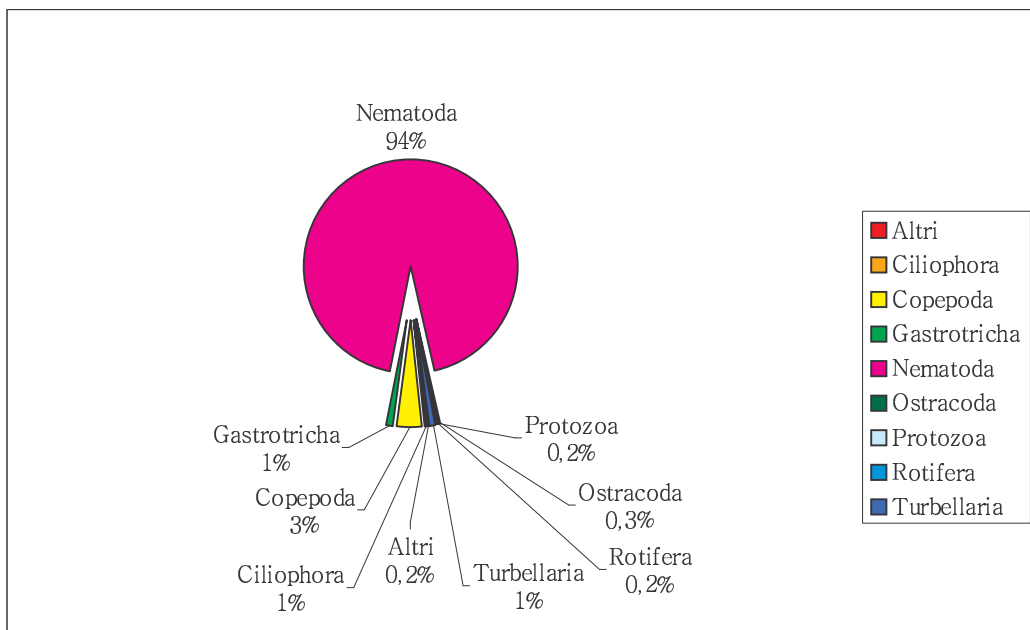


Fig. 3.2.11 - Densità medie dei taxa rilevati nella stazione 3 dell'area di Fosso Sejore nel mese di dicembre.

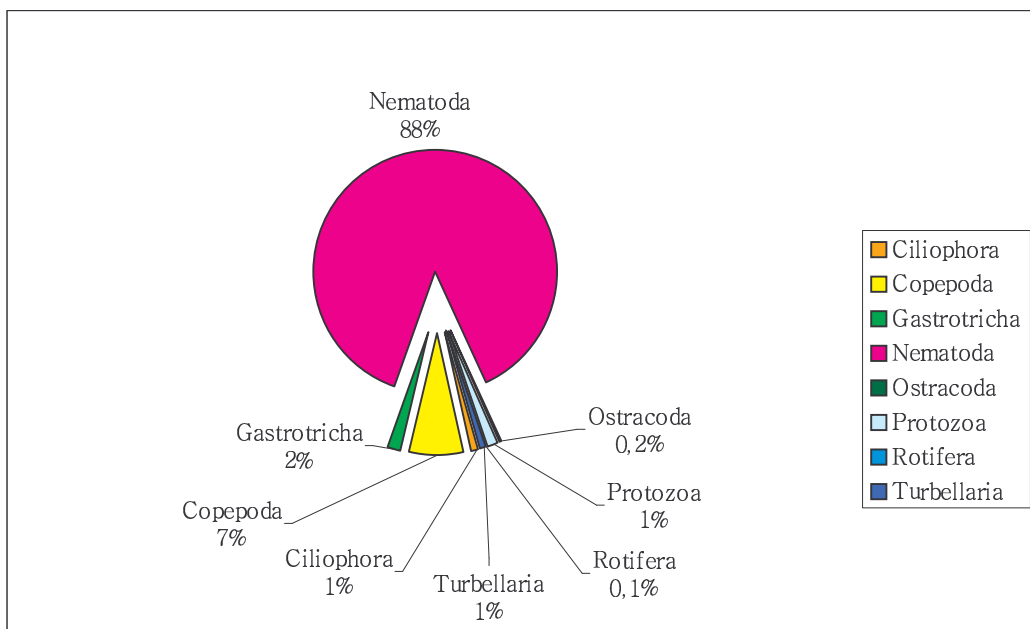


Fig. 3.2.12 - Densità medie dei taxa rilevati nella stazione 3 dell'area di Fosso Sejore nel mese di marzo.

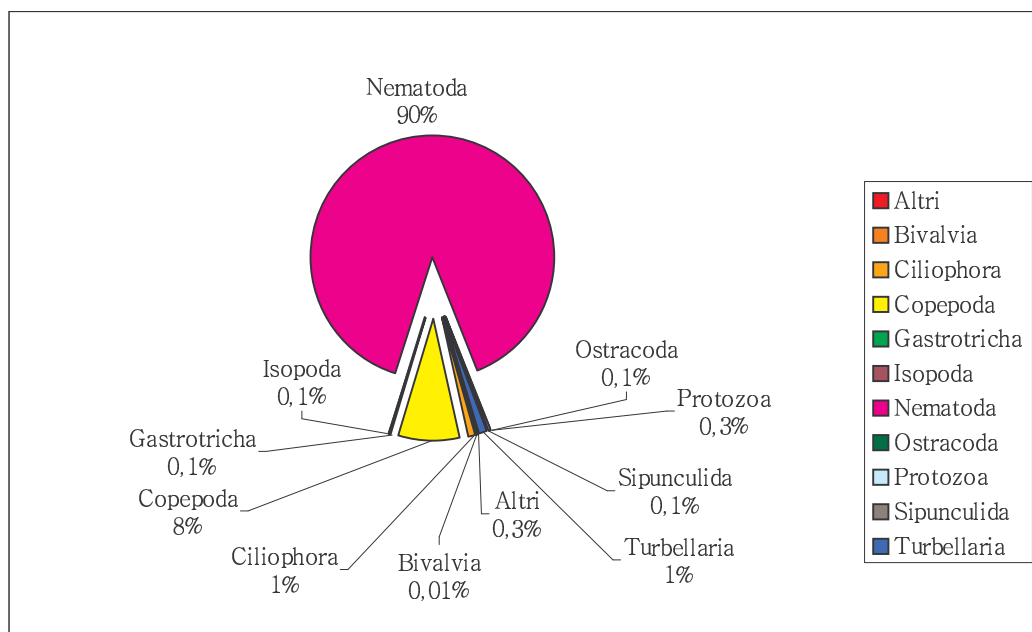


Fig. 3.2.13 - Densità medie dei taxa rilevati nella stazione 3 dell'area di Fosso Sejore nel mese di giugno.

3.2.1.2 Rapporti di densità

Nella tabella 3.2.2 sono elencati i dati relativi alle densità di Copepoda e Nauplii che nella precedente tabella 3.2.1 erano stati contati insieme a quelli dei Nematoda e dei rispettivi rapporti Na/Co e Ne/Co.

Data	Stazione	Na/Co	Ne/Co
Agosto	1	13,89	0,17
Agosto	2	87,50	0,20
Agosto	3	0,26	33,23
Dicembre	1	0,29	12,59
Dicembre	2	0,00	13,77
Dicembre	3	0,06	27,80
Marzo	1	0,50	187,67
Marzo	2	1,00	45,92
Marzo	3	0,74	12,48
Giugno	1	0,00	59,67
Giugno	2		
Giugno	3	0,14	11,09

Tab. 3.2.2 - Rapporti Na/Co e Ne/Co nell'area di Fosso Sejore, nelle tre stazioni e nei quattro periodi di campionamento.

Il rapporto Na/Co (Nauplii/Copepoda) varia tra zero che indica assenza di Nauplii (nella stazione 2 di dicembre e 1 di giugno) ed uno quando Nauplii e Copepoda hanno la stessa densità (1,3 ind/10 cm² nella stazione 2 di marzo). Questo è vero escludendo le stazioni 1 e 2 di agosto

in cui i rapporti hanno dato due valori molto maggiori di uno, rispettivamente 13,89 ind/10 cm² e 87,50 ind/10 cm², ad indicare una presenza massiccia di Nauplii rispetto a Copepoda (rispettivamente 26,4 ind/10 cm² contro 1,9 ind/10 cm² e 52,5 ind/10 cm² contro 0,6 ind/10 cm²). Il rapporto non è stato calcolato nella stazione 2 di giugno per l'assenza di entrambi i taxa.

Il rapporto Ne/Co varia da un minimo di 0,17 ad un massimo di 187,67 nelle stazioni 1 rispettivamente di agosto e marzo. L'andamento generale è di un aumento del rapporto passando dalla stazione emersa a quella sommersa nei mesi di agosto e dicembre e il contrario nei due mesi successivi. Soltanto nelle stazioni 1 e 2 è possibile osservare un andamento stagionale con il rapporto che assume il valore massimo a marzo.

3.2.1.3 *Diversità*

La tabella 3.2.3 riporta il numero di taxa, l'indice di diversità H' e l'indice di equitabilità J delle tre stazioni nelle quattro stagioni di campionamento del sito in esame.

Data	Numero di taxa	H'	J
Ago1	6	0,05	0,32
Ago2	10	0,06	0,28
Ago3	11	0,33	0,09
Dic1	7	0,06	0,30
Dic2	8	0,10	0,52
Dic3	9	0,35	0,11
Mar1	11	0,08	0,44
Mar2	10	0,10	0,47
Mar3	8	0,53	0,18
Giu1	7	0,08	0,37
Giu2	8	0,10	0,43
Giu3	11	0,46	0,01

Tab. 3.2.3 - Numero di taxa e valori di diversità ed equitabilità nell'area di Fosso Sejore.

La spiaggia di Fosso Sejore è caratterizzata da un numero massimo di 11 taxa individuati nelle stazioni 1 di marzo e 3 di agosto e giugno e da un minimo di 6 nella stazione 1 di agosto. In generale si nota un aumento nel numero dei taxa passando dalla stazione 1 alla 3, con l'esclusione del mese di marzo in cui l'andamento è opposto.

La diversità (H') varia tra 0,05 (stazione 1 di agosto) e 0,53 nella stazione 3 di marzo. In generale H' tende ad aumentare andando dalla stazione emersa a quella sommersa (andamento opposto a quello riscontrato nella spiaggia di Fano).

L'indice di equitabilità J varia da un minimo di 0,01 nella stazione 3 di agosto ad un massimo di 0,52 nella stazione 2 di dicembre. L'andamento generale presenta nelle stazioni 3 dei valori molto minori rispetto alle corrispondenti stazioni emerse (1), cui si giunge ad agosto con diminuzioni lineari, nei restanti mesi con un aumento nelle stazioni 2, (figura 3.2.14).

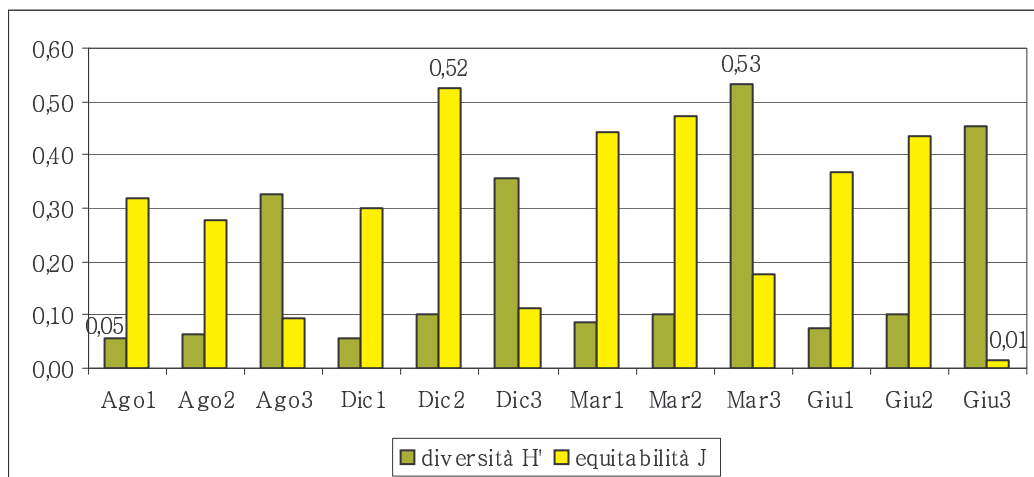


Fig. 3.2.14 – Andamento degli indici di diversità ed equitabilità nell'area di Fosso Sejore.

3.2.1.4 *Biomassa dei Nematoda*

Nella tabella 3.2.4 sono riportati i dati di biomassa dei nematodi relativamente ai campioni esaminati; nelle figure 3.2.15, 3.2.16 e 3.2.17 gli stessi dati sono rappresentati graficamente per ogni singola stazione.

Data	Stazione	Biomassa $\mu\text{g}/10\text{ cm}^2$
Agosto	1	5,99
Agosto	2	13,26
Agosto	3	2504,44
Dicembre	1	65,80
Dicembre	2	22,83
Dicembre	3	2294,02
Marzo	1	143,59
Marzo	2	146,40
Marzo	3	3188,35
Giugno	1	22,83
Giugno	2	9,56
Giugno	3	6179,67

Tab. 3.2.4 – Valori di biomassa di Nematoda in ogni stazione nei quattro mesi di campionamento nell'area di Fosso Sejore.

I valori variano da un minimo di $5,99 \mu\text{g}/10 \text{ cm}^2$ nella stazione 1 di agosto, ad un massimo di $6179,67 \mu\text{g}/10 \text{ cm}^2$ nella stazione sommersa di giugno. Le stazioni 1 e 2 seguono lo stesso andamento stagionale con i valori di biomassa che aumentano linearmente fino a marzo ($143,59 \mu\text{g}/10 \text{ cm}^2$ e $146,40 \mu\text{g}/10 \text{ cm}^2$ rispettivamente) e diminuiscono a giugno. Nella stazione 3 invece, la biomassa raggiunge il suo valore minimo a dicembre con $2294,02 \mu\text{g}/10 \text{ cm}^2$ e poi aumenta fino al massimo di giugno ($6179,67 \mu\text{g}/10 \text{ cm}^2$). In generale nelle stazioni 3 si osservano i valori più alti.

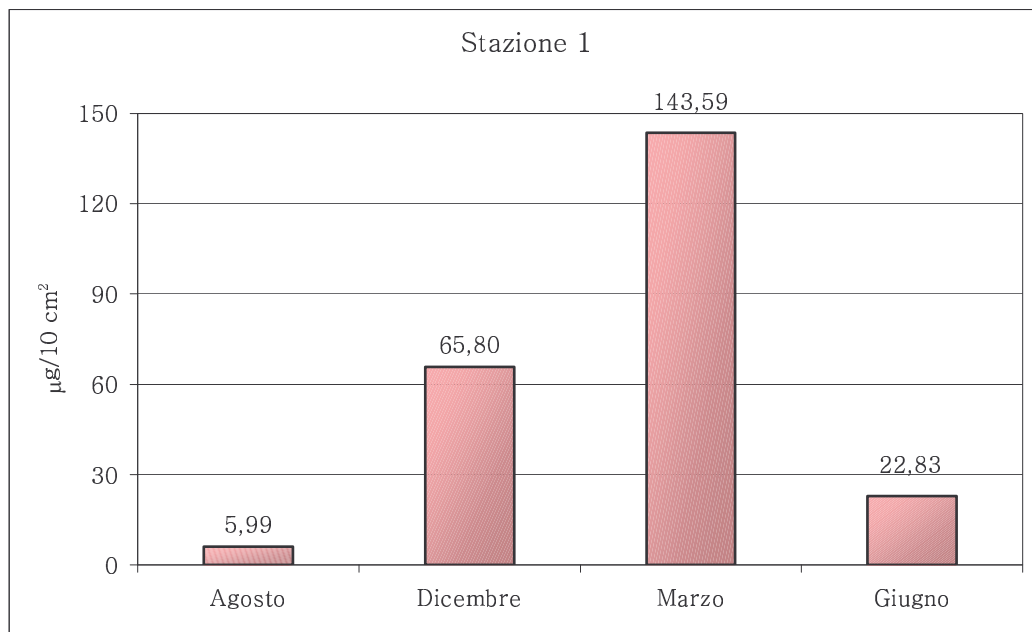


Fig. 3.2.15 - Andamento stagionale dei valori di biomassa di Nematoda nella stazione 1 dell'area di Fosso Sejore.

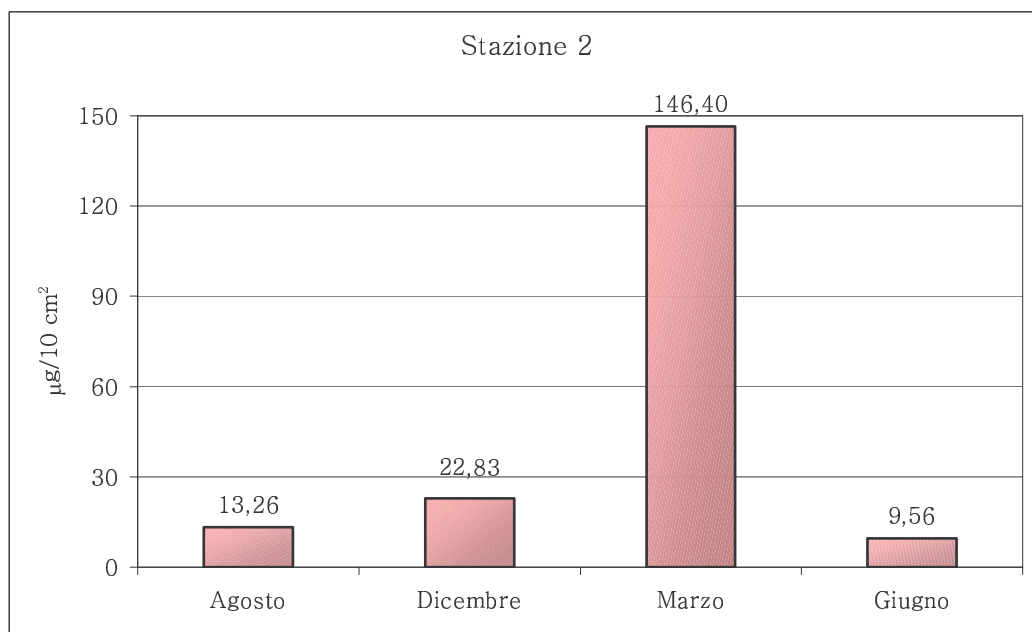


Fig. 3.2.16 - Andamento stagionale dei valori di biomassa di Nematoda nella stazione 2 dell'area di Fosso Sejore.

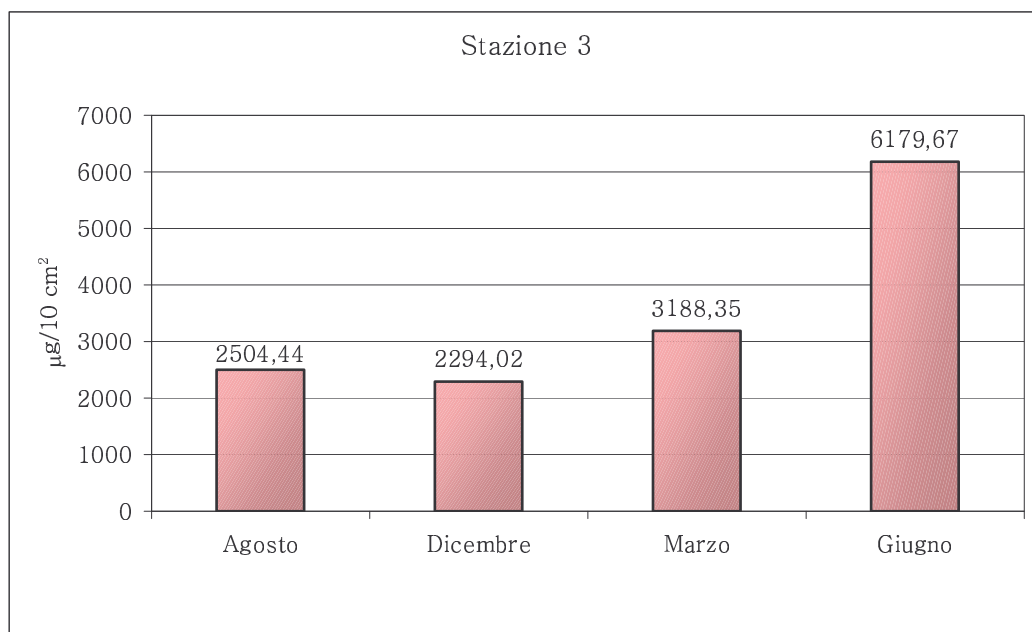


Fig. 3.2.17 - Andamento stagionale dei valori di biomassa di Nematoda nella stazione 3 dell'area di Fosso Sejore.

3.2.1.5 Carbonio e Azoto nei Nematoda

Nella tabella 3.2.5 sono riportate le concentrazioni di carbonio e azoto rilevate dai Nematoda. Nelle figure 3.2.18, 3.2.19 e 3.2.20 sono rappresentati gli istogrammi relativi ad ogni stazione.

Data	Stazione	C µg/10cm ²	N µg/10cm ²
Agosto	1	0,205	0,047
Agosto	2	0,454	0,105
Agosto	3	85,646	19,840
Dicembre	1	2,250	0,521
Dicembre	2	0,781	0,181
Dicembre	3	78,450	18,173
Marzo	1	4,911	1,138
Marzo	2	5,006	1,160
Marzo	3	109,034	25,258
Giugno	1	0,781	0,181
Giugno	2	0,327	0,076
Giugno	3	211,330	48,955

Tab. 3.2.5 - Quantità di Carbonio e Azoto presenti nei Nematoda nelle tre stazioni nei quattro mesi di campionamento nell'area di Fosso Sejore, calcolati in µg/10 cm².

Il contenuto di carbonio varia da un minimo di $0,205 \mu\text{g}/10 \text{ cm}^2$ nella stazione 1 di agosto, ad un massimo di $211,330 \mu\text{g}/10 \text{ cm}^2$ nella stazione 3 di giugno. La quantità di carbonio presente nelle stazioni 1 e 2 è confrontabile e presenta lo stesso andamento stagionale con aumento fino a marzo e diminuzione a giugno. La stazione 3 presenta invece valori molto più alti (di circa 60 volte) ed un diverso andamento stagionale con il valore minimo a dicembre ($78,450 \mu\text{g}/10 \text{ cm}^2$) ed il massimo a giugno ($211,330 \mu\text{g}/10 \text{ cm}^2$).

La quantità di azoto varia da un minimo di $0,047 \mu\text{g}/10 \text{ cm}^2$ nella stazione 1 di agosto, ad un massimo di $48,955 \mu\text{g}/10 \text{ cm}^2$ nella stazione 3 di giugno. In tutti i mesi si trovano valori simili nelle stazioni 1 e 2 e valori più alti nelle stazioni sommerse. Come nel caso del carbonio, le stazioni emerse e di battigia seguono lo stesso andamento stagionale con il massimo a marzo e diminuzione a giugno, mentre la stazione 3 ha il valore minimo a dicembre ($18,173 \mu\text{g}/10 \text{ cm}^2$) ed il massimo a giugno ($48,955 \mu\text{g}/10 \text{ cm}^2$).

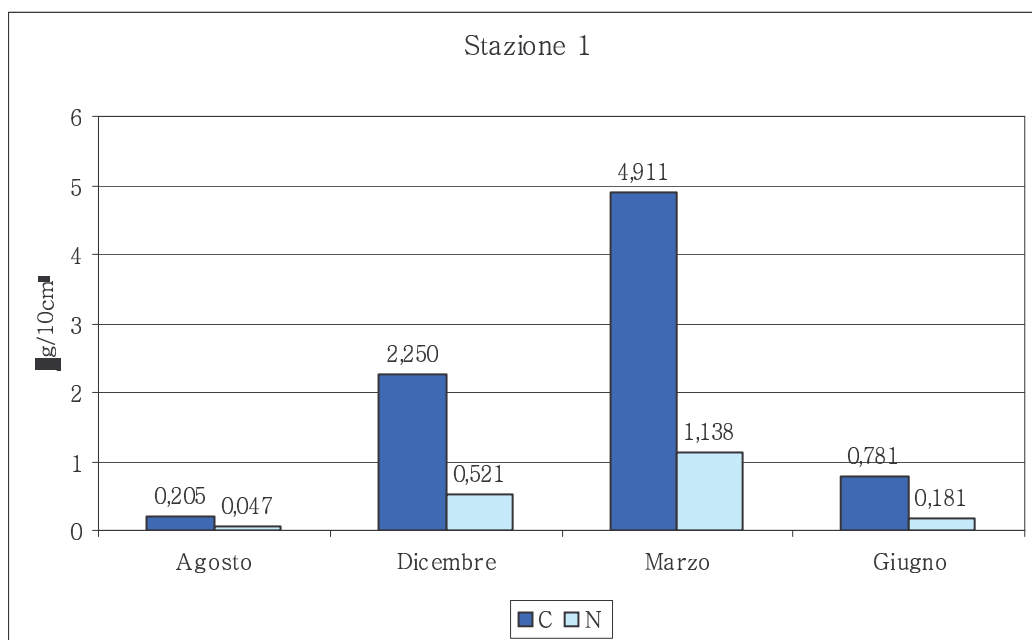


Fig. 3.2.18 - Andamento stagionale dei valori di Carbonio e Azoto nei Nematoda nella stazione 1 dell'area di Fosso Sejore.

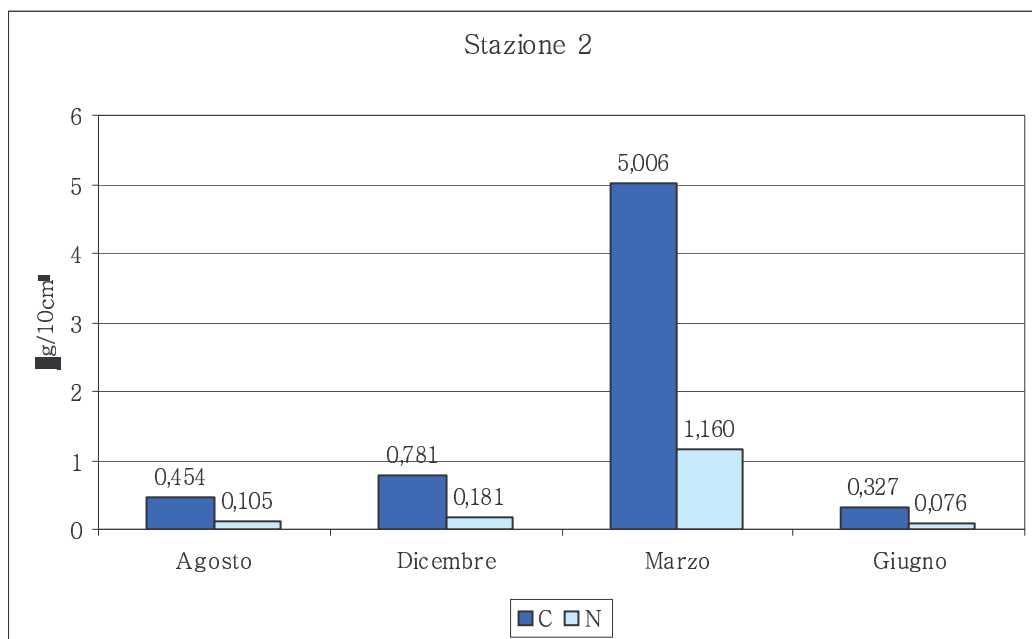


Fig.3.2.19 - Andamento stagionale dei valori di Carbonio e Azoto nei Nematoda nella stazione 2 dell'area di Fosso Sejore.

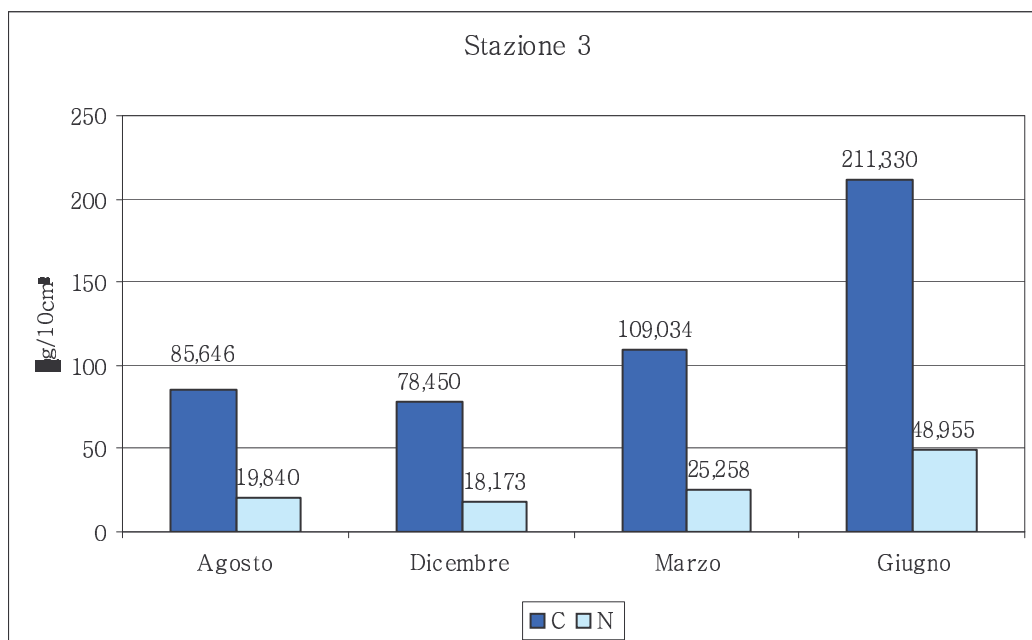


Fig. 3.2.20 - Andamento stagionale dei valori di Carbonio e Azoto nei Nematoda nella stazione 3 dell'area di Fosso Sejore.

3.2.2 Parametri chimici: Sostanza Organica, Proteine, Clorofilla *a* e Feopigmenti

I dati di contenuto medio $\pm$ deviazione standard di Sostanza Organica Totale (TOM), Proteine (PRT), Clorofilla *a* (CHLa) e Feopigmenti (FEO) calcolati nei due centimetri superficiali di sedimento sono stati raggruppati nella tabella 3.2.6. I valori sono espressi in mg/g di sedimento secco per la sostanza organica e in μ g/g di sedimento secco per proteine, clorofilla *a* e feopigmenti. Nella stessa tabella sono riportati anche i valori dei rapporti PRT/TOM (Proteine/Sostanza Organica), CHLa/FEO (Clorofilla *a*/Feopigmenti), CHLa/PRT (Clorofilla *a*/Proteine) e CHLa/TOM (Clorofilla *a*/Sostanza Organica).

Data	St.	Sostanza Organica TOM	Proteine PRT	Clorofilla a CHLa	Feopigmenti FEO	PRT/TOM	CHL/FEO	CHL/PRT	CHL/TOM
		mg/g	μ g/g	μ g/g	μ g/g	%		%	‰
Agosto	1	13,79 $\pm$ 3,61	50,18 $\pm$ 7,39	0,09 $\pm$ 0,03	0,04 $\pm$ 0,02	0,36	2,61	0,19	0,00
Agosto	2	15,88 $\pm$ 5,01	59,07 $\pm$ 16,33	0,40 $\pm$ 0,10	0,03 $\pm$ 0,04	0,37	12,68	0,68	0,00
Agosto	3	22,11 $\pm$ 7,11	103,78 $\pm$ 22,29	0,49 $\pm$ 0,02	0,40 $\pm$ 0,03	0,47	1,23	0,47	0,02
Dicembre	1	19,36 $\pm$ 5,66	74,78 $\pm$ 12,61	0,29 $\pm$ 0,02	0,03 $\pm$ 0,04	0,39	10,95	0,39	0,00
Dicembre	2	20,97 $\pm$ 0,37	86,26 $\pm$ 25,89	0,19 $\pm$ 0,11	0,03 $\pm$ 0,04	0,41	7,51	0,22	0,00
Dicembre	3	25,13 $\pm$ 1,04	84,55 $\pm$ 18,51	0,19 $\pm$ 0,05	0,06 $\pm$ 0,02	0,34	3,16	0,23	0,00
Marzo	1	12,05 $\pm$ 4,03	75,63 $\pm$ 10,49	0,24 $\pm$ 0,01	0,11 $\pm$ 0,02	0,63	2,13	0,31	0,01
Marzo	2	15,46 $\pm$ 3,00	62,25 $\pm$ 15,02	0,13 $\pm$ 0,04	0,04 $\pm$ 0,03	0,40	3,37	0,22	0,00
Marzo	3	18,08 $\pm$ 4,66	86,16 $\pm$ 17,64	0,21 $\pm$ 0,03	0,13 $\pm$ 0,02	0,48	1,61	0,25	0,01
Giugno	1	22,45 $\pm$ 0,51	122,73 $\pm$ 30,66	0,24 $\pm$ 0,02	0,00 $\pm$ 0,00	0,55		0,20	0,00
Giugno	2	17,03 $\pm$ 1,33	76,19 $\pm$ 7,68	0,19 $\pm$ 0,02	0,00 $\pm$ 0,00	0,45		0,25	0,00
Giugno	3	21,76 $\pm$ 1,16	184,38 $\pm$ 24,59	0,49 $\pm$ 0,09	0,23 $\pm$ 0,03	0,85	2,13	0,27	0,01

Tab. 3.2.6 - Valori medi $\pm$ deviazione standard delle concentrazioni di TOM, PRT, CHLa, FEO e rapporti PRT/TOM, CHLa/FEO, CHLa/PRT, CHLa/TOM nell'area di Fosso Sejore.

3.2.2.1 Sostanza Organica

La figura 3.2.21 mostra la quantità media di sostanza organica nelle tre stazioni per ciascun mese di campionamento. I valori variano da un minimo di 12,05 mg/g di sedimento secco osservato nella stazione 1 di marzo, ad un massimo di 25,13 mg/g nella stazione 3 di dicembre. E' possibile notare un preciso andamento spaziale con l'aumento del tenore di sostanza organica procedendo dalla stazione emersa a quella sommersa nei mesi di agosto, dicembre e marzo. Nel mese di giugno si registra invece un picco nella stazione 1 con 22,45 mg/g di sedimento secco, una diminuzione nella battigia (17,03 mg/g) ed un nuovo aumento nella stazione 3 che con un valore di 21,76 mg/g rimane inferiore al valore della stazione emersa.

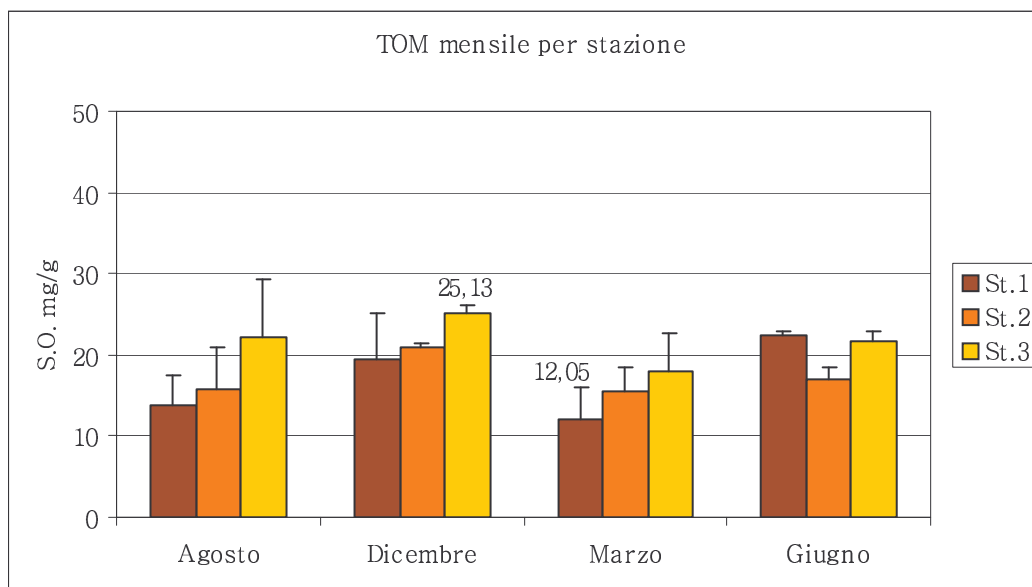


Fig. 3.2.21 – Contenuto medio di Sostanza Organica Totale nell'area di Fosso Sejore.

3.2.2.2 Proteine

La figura 3.2.22 mostra la quantità media di proteine presenti nelle tre stazioni e nei quattro mesi di campionamento; i valori sono riportati dettagliatamente nella tabella 3.2.6.

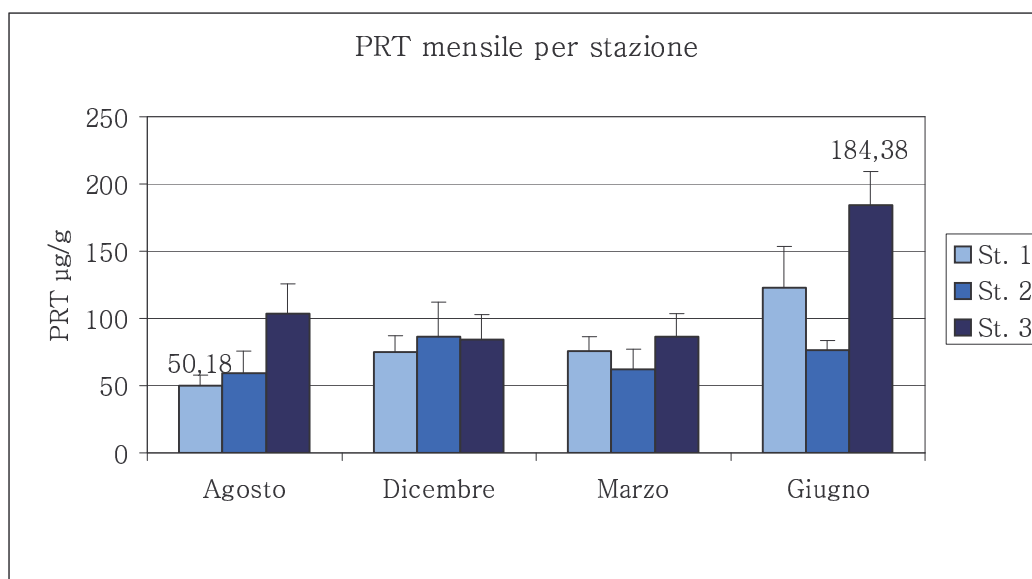


Fig. 3.2.22 – Contenuto medio di Proteine nell'area di Fosso Sejore.

La concentrazione di proteine varia da un minimo di 50,18 µg/g di sedimento secco nella stazione 1 di agosto, ad un massimo di 184,38 µg/g nella stazione 3 di giugno. In generale si nota un andamento spaziale con l'aumento dei valori di concentrazione passando dalla stazione 1 alla 3. Non si rileva invece nessun andamento stagionale se non nella stazione sommersa che mostra una diminuzione nei mesi di dicembre e marzo per

poi aumentare nuovamente a giugno. Nel mese di agosto la stazione 3 presenta una quantità di proteine doppia ($103,78 \mu\text{g/g}$) rispetto alle stazioni 1 e 2 ($50,18 \mu\text{g/g}$ e $59,07 \mu\text{g/g}$). A dicembre e marzo le concentrazioni nelle tre stazioni sono comparabili. Infine a giugno le stazioni 1 e 3 (rispettivamente con $122,73 \mu\text{g/g}$ e $184,38 \mu\text{g/g}$) risultano molto più ricche di proteine della stazione 2 ($76,19 \mu\text{g/g}$).

3.2.2.3 Clorofilla *a* e Feopigmenti

I valori medi delle concentrazioni di clorofilla *a* e feopigmenti nei primi due centimetri del sedimento sono indicati con precisione nella tabella 3.2.6.

La figura 3.2.23 riporta i valori di CHL*a* nelle tre stazioni nei diversi mesi di campionamento.

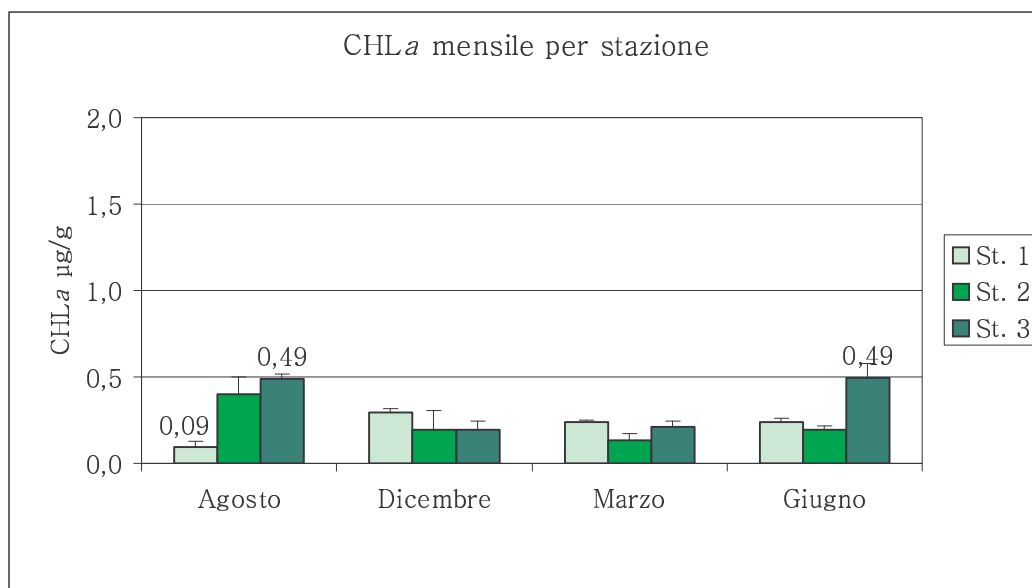


Fig. 3.2.23 – Contenuto medio di Clorofilla *a* nell'area di Fosso Sejore.

I valori oscillano da un minimo di $0,09 \mu\text{g/g}$ di sedimento secco nella stazione 1 di agosto, ad un massimo di $0,49 \mu\text{g/g}$ registrato nelle stazioni 3 di agosto e giugno. La stazione 3 mostra un marcato andamento stagionale diminuendo da agosto a dicembre (da $0,49 \mu\text{g/g}$ a $0,19 \mu\text{g/g}$) ed aumentando fino a giugno dove si ritrova il valore dell'estate precedente ($0,49 \mu\text{g/g}$). Lo stesso andamento è seguito dalla stazione 2 anche se l'aumento a giugno è meno evidente del caso precedente, si passa infatti da $0,40 \mu\text{g/g}$ ad agosto a $0,19 \mu\text{g/g}$ a giugno. La stazione 1 presenta valori più elevati nei mesi di dicembre ($0,29 \mu\text{g/g}$), marzo e giugno ($0,24 \mu\text{g/g}$) rispetto ad agosto ($0,09 \mu\text{g/g}$).

La figura 3.2.24 riporta la concentrazione media di feopigmenti in ciascuna delle tre stazioni durante i quattro mesi di campionamento.

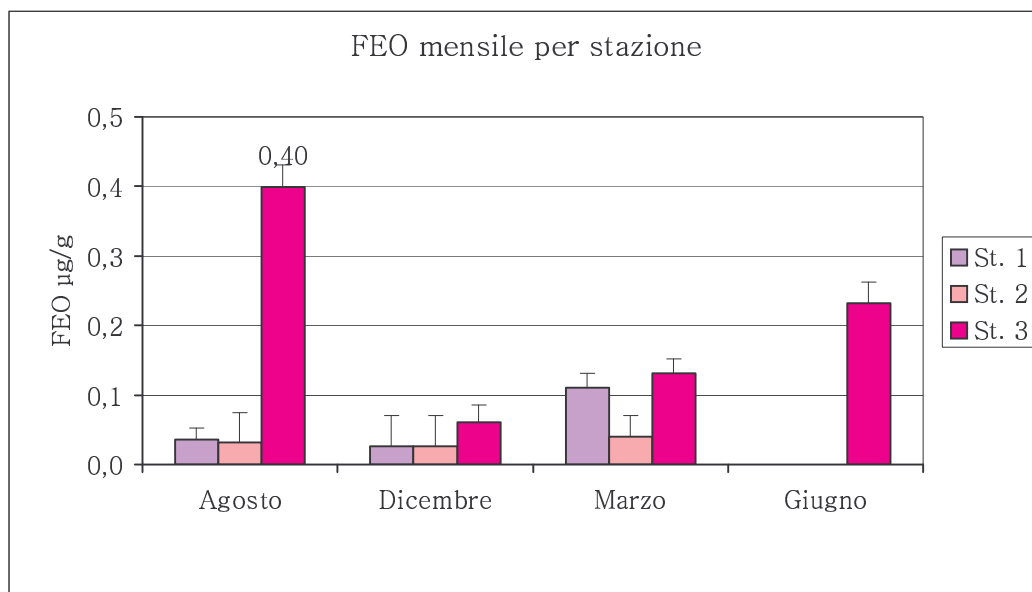


Fig. 3.2.24 - Contenuto medio di Feopigmenti nell'area di Fosso Sejore.

I valori variano tra zero nelle stazioni 1 e 2 di giugno e 0,40 µg/g di sedimento secco nella stazione 3 di agosto cui corrisponde un'altrettanto elevata concentrazione di CHLa. I valori sono lievemente più alti rispetto al sito di Fano e generalmente maggiori nella stazione 3 rispetto alle stazioni 1 e 2. Nel mese di giugno i feopigmenti sono stati individuati soltanto nella stazione 3 (0,23 µg/g) rivelandosi il periodo con la minore concentrazione di fitodetrito.

Il rapporto PRT/TOM varia tra 0,34% (stazione 3 di dicembre) e 0,85% (stazione 3 di giugno) e non c'è evidenza di andamenti spaziali né temporali.

Il rapporto CHLa/FEO varia tra 1,23 e 12,68 rispettivamente nelle stazioni 3 e 2 di agosto. In generale si osservano nella stazione 3 valori minori rispetto alla stazione emersa del rispettivo mese, tranne a giugno dove non esistono valori nelle prime due stazioni (per l'assenza del denominatore del rapporto). La stazione 1 mostra un certo andamento stagionale aumentando da agosto a dicembre (da 2,61 a 10,95) e andando a scomparire a giugno.

Il rapporto CHLa/PRT varia tra 0,19% e 0,68% rispettivamente nelle stazioni 1 e 2 di agosto. La stazione 1 mostra il valore più alto a dicembre con 0,39% e poi diminuisce linearmente fino a giugno. Le stazioni 2 e 3 si comportano esattamente al contrario con il valore minore a dicembre (0,22% e 0,23%) ed un aumento lineare fino a giugno.

Il rapporto CHLa/TOM è pari a zero ad esclusione delle stazioni 3 di agosto, marzo e giugno e della stazione 1 di marzo, in cui si trovano i valori di 0,02% ad agosto e 0,01% negli altri mesi.

3.2.2.4 Carbonio Organico

La tabella 3.2.7 riporta i dati relativi al contenuto di Carbonio Organico fornito da proteine, clorofilla *a* e sostanza organica.

Data	Stazione	C*CHLa	C*PRT	C*TOM
		µg/g	µg/g	mg/g
Agosto	1	4,67	24,59	1,8
Agosto	2	19,96	28,94	2,1
Agosto	3	24,48	50,85	2,9
Dicembre	1	14,64	36,64	2,5
Dicembre	2	9,62	42,27	2,7
Dicembre	3	9,68	41,43	3,3
Marzo	1	11,82	37,06	1,6
Marzo	2	6,72	30,50	2,0
Marzo	3	10,62	42,22	2,4
Giugno	1	12,08	60,14	2,9
Giugno	2	9,64	37,33	2,2
Giugno	3	24,68	90,35	2,8

Tab. 3.2.7 – Contenuto di Carbonio Organico nelle tre stazioni e nei quattro periodi di campionamento nell'area di Fosso Sejore.

Il carbonio organico fornito dalla clorofilla *a* varia tra 4,67 µg/g (stazione 1 di agosto) e 24,68 µg/g nella stazione 3 di giugno. Nei mesi di agosto e giugno il carbonio presente aumenta dalla stazione 1 alla 3, contrariamente a quanto avviene nei mesi di dicembre e marzo. Nella stazione 1 il valore più alto è stato registrato a dicembre con 14,64 µg/g, nella battigia ad agosto con 19,96 µg/g e nella stazione 3 a giugno con 24,68 µg/g.

Il carbonio organico fornito dalle proteine varia tra 24,59 µg/g e 90,35 µg/g rispettivamente nelle stazioni 1 di agosto e 3 di giugno. In generale la quantità di carbonio aumenta procedendo dalla stazione emersa a quella sommersa e da agosto 2000 a giugno 2001.

Il carbonio fornito dalla sostanza organica varia da un minimo di 1,6 mg/g nella stazione 1 di marzo, ad un massimo di 3,3 nella stazione 3 di dicembre. In generale si osserva la tendenza all'aumento del carbonio nella TOM procedendo dalla stazione emersa a quella sommersa, eccetto nel mese di giugno in cui le quantità si equivalgono.

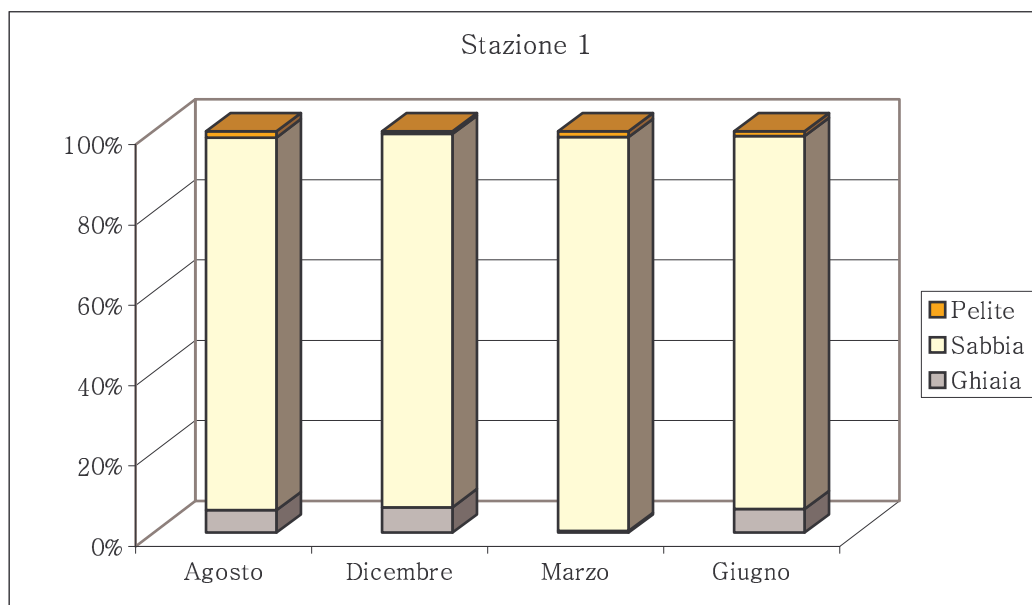
3.2.3 Analisi granulometrica

Per individuare il tipo di sedimento che caratterizza i campioni esaminati in questo studio e di dare ai risultati una corretta valenza statistica, sono stati riportati i valori di moda, coefficiente di assortimento (classazione) e coefficiente di asimmetria di ciascun campione, nonché le rispettive percentuali di ghiaia, sabbia e pelite (Tab. 3.2.8).

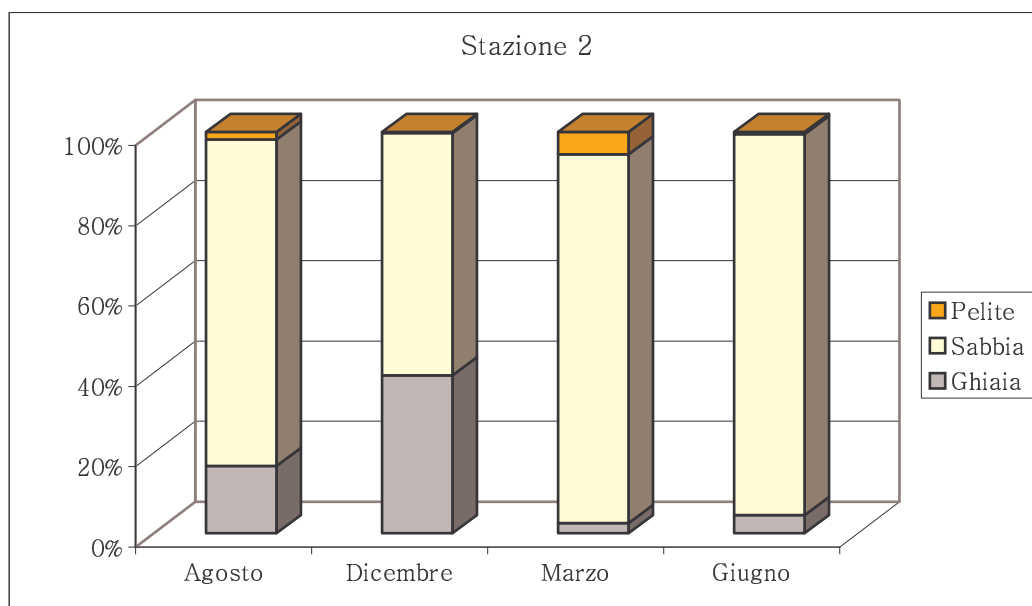
Data	Stazione	Ghiaia	Sabbia	Pelite	Moda	ϕ	Sk	Classificazione
		%	%	%	ϕ	ϕ	ϕ	
Agosto	1	5,63	92,82	1,55	3	0,84	-0,21	Sabbia
Agosto	2	16,79	81,32	1,89	2	1,60	-0,10	Sabbia ghiaiosa
Agosto	3	1,38	95,66	2,96	3	0,43	0,01	Sabbia
Dicembre	1	6,34	92,96	0,69	3	0,61	-0,13	Sabbia
Dicembre	2	39,34	60,39	0,27	-2 ; 3	2,55	-0,01	Sabbia ghiaiosa
Dicembre	3	0,66	96,74	2,61	3	0,41	0,00	Sabbia
Marzo	1	0,47	98,01	1,53	3	0,41	0,00	Sabbia
Marzo	2	2,54	91,81	5,65	3	0,42	0,00	Sabbia
Marzo	3	1,71	97,71	0,58	3	0,41	0,00	Sabbia
Giugno	1	5,89	92,88	1,23	3	0,76	-0,18	Sabbia
Giugno	2	4,58	94,81	0,60	3	0,77	-0,19	Sabbia
Giugno	3	0,47	97,47	2,07	3	0,38	0,00	Sabbia

Tab. 3.2.8 – Risultati dell'analisi granulometrica nell'area di Fosso Sejore.

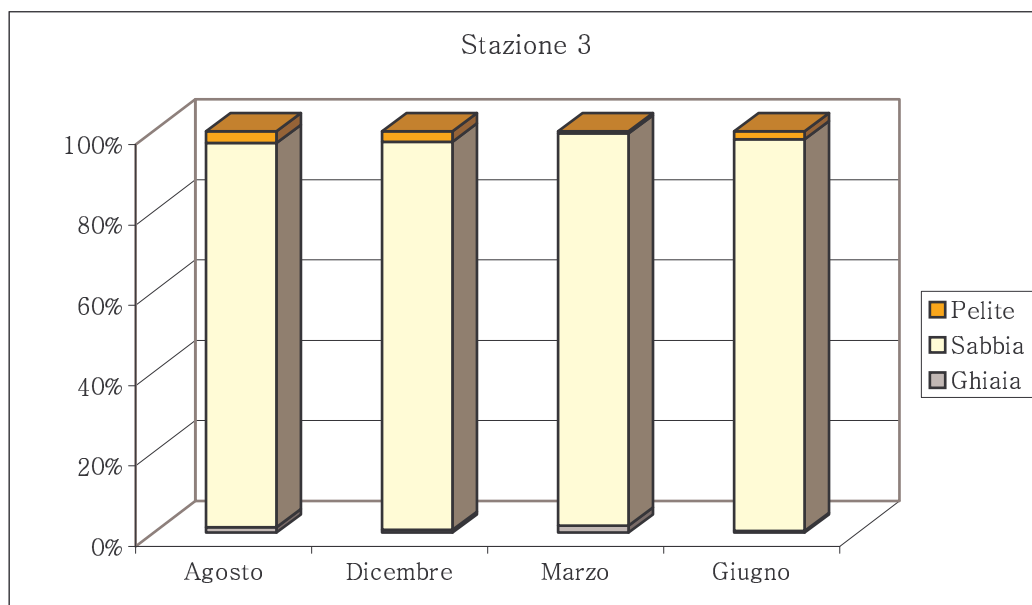
Da questi dati e dalle corrispondenti figure 3.2.25, 3.2.26 e 3.2.27 che evidenziano la composizione percentuale di ghiaia, sabbia e pelite nelle tre stazioni di campionamento, si nota come la composizione dei sedimenti sia essenzialmente sabbiosa. Fanno eccezione le stazioni 2 di agosto e dicembre che mostrano una maggiore percentuale di ghiaia, rispettivamente 16,79% e 39,34% tanto da essere state classificate come sabbia ghiaiosa. Ad esse corrisponde una scarsa cernita (1,60 ϕ e 2,55 ϕ rispettivamente), coefficiente di asimmetria negativo (-0,10 ϕ e -0,01 ϕ rispettivamente), corrispondenti ad una coda di materiali grossolani, una moda pari a 2 ϕ per il campione di agosto e due mode pari a -2 ϕ e 3 ϕ per quello di dicembre. Le restanti stazioni sono caratterizzate da oltre il 90% di sabbia dal restante 10% distribuito tra ghiaia e pelite. La percentuale di ghiaia è maggiore nella stazione 2 di battaglia tranne nel mese di giugno dove la percentuale più alta è stata rilevata nella stazione emersa. La percentuale di pelite tende ad aumentare procedendo dalla stazione 1 alla 3 eccetto nel mese di marzo dove la percentuale più alta (5,65%) appartiene alla stazione di battaglia, mentre la più bassa (0,58) alla stazione sommersa.



Tab. 3.2.25 - Composizione percentuale dei sedimenti nella stazione 1 di Fosso Sejore.



Tab. 3.2.26 - Composizione percentuale dei sedimenti nella stazione 2 di Fosso Sejore.



Tab. 3.2.27 - Composizione percentuale dei sedimenti nella stazione 3 di Fosso Sejore.

3.3 Spiaggia di Pesaro

3.3.1 *Meiobenthos*

3.3.1.1 *Densità*

La tabella 3.3.1 riporta i valori di densità (ind/10 cm²) per taxa, di densità totale ed il numero di taxa individuati nelle tre stazioni durante l'intero periodo di campionamento. Le figure da 3.3.2 a 3.3.13 rappresentano il contributo percentuale di ciascun taxa alla densità totale.

	Agosto			Dicembre			Marzo			Giugno		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Altri	1,3±0,9	0,6±0,9	3,2±4,5	0,9±1,3	0,3±0,4	2,5±3,6	1,9±1,8	3,5±3,1		0,3±0,4		
Bivalvia		0,3±0,4	3,6±5,0				0,3±0,4			3,8±1,8		30,7±9,0
Ciliophora	3,1±3,6	5,7±0,9	78,8±41,1	19,5±6,2	15,4±4,9	3,5±4,9	38,7±1,3	33,3±15,1	15,8±4,9	4,4±0,0	24,8±8,4	
Cnidaria		3,5±4,9										
Copepoda	150,3±89,8	11,3±0,0	250,3±32,0	0,9±1,3	1,6±0,4	47,6±3,0	0,9±0,4	1,9±0,0	104,2±7,6	17,6±2,7	11,0±4,0	125,9±74,9
Gastrotricha	27,0±13,3	49,1±40,9	58,2±28,4	13,5±15,6	0,6±0,9	53,6±31,3	0,6±0,9	0,3±0,4	75,0±42,4	7,5±4,4	3,1±0,0	11,7±9,6
Gnatostomulida					0,3±0,4							
Isopoda							0,9±1,3					
Nematoda	92,8±33,4	76,7±23,1	5251,6±1611,2	89,3±4,4	66,4±51,1	1776,4±257,5	94,0±5,8	45,0±20,0	2215,7±701,1	228,3±7,1	1315,4±352,7	3283,2±1137,1
Nemertina		31,4±44,5										
Oligochaeta	0,9±0,4						0,6±0,9	0,3±0,4		2,8±4,0		2,4±3,4
Ostracoda			6,3±9,0	0,3±0,4		0,3±0,4					0,3±0,4	4,9±6,9
Polichaeta			3,2±4,5				0,3±0,4					
Protozoa	1,9±1,8	1,9±2,7	29,7±11,8	9,4±3,6	11,9±6,2	3,2±2,7	31,8±9,3	20,8±14,2	28,7±23,2	45,9±4,4	6,3±3,6	31,1±17,8
Rotifera				1,3±0,9			54,7±23,1	3,8±0,9				
Sipunculida			3,2±4,5	0,6±0,9		2,5±3,6				3,5±0,4		
Tardigrada							0,6±0,9					
Turbellaria	67,6±4,0	24,2±4,9	34,0±12,2	2,5±2,7	0,9±1,3	33,4±24,1	0,3±0,4		28,5±5,3	5,0±4,4	24,2±5,8	49,0±0,5
N.ro taxa	8	10	11	10	8	9	13	8	6	10	7	8
Densità totale	344,9±294,4	204,7±123,2	5722,1±1764,2	138,2±37,3	97,4±65,6	1923±331,1	225,6±46,9	108,9±181,9	2467,9±784,5	319,1±29,6	1385,1±374,9	3538,9±1259,2

Tab. 3.3.1 – Densità medie e totali dell'area di Pesaro indicate in ind/10 cm² ± dev. stand.

I dati registrati sono risultati molto variabili (come nelle precedenti spiagge) andando da 0,3 ind/10 cm² nelle stazioni 2 e 3 di agosto e dicembre, e 1 e 2 di marzo e giugno, ad un massimo pari a 5251,6 ind/10 cm².

La densità totale maggiore (data dalla somma delle tre stazioni) appartiene al campionamento di agosto con 6271,7 ind/10 cm², seguito da quello di giugno con 5243,1 ind/10 cm², marzo con 2802,4 ind/10 cm² e dicembre con 2158,6 ind/10 cm² (Fig. 3.3.1).

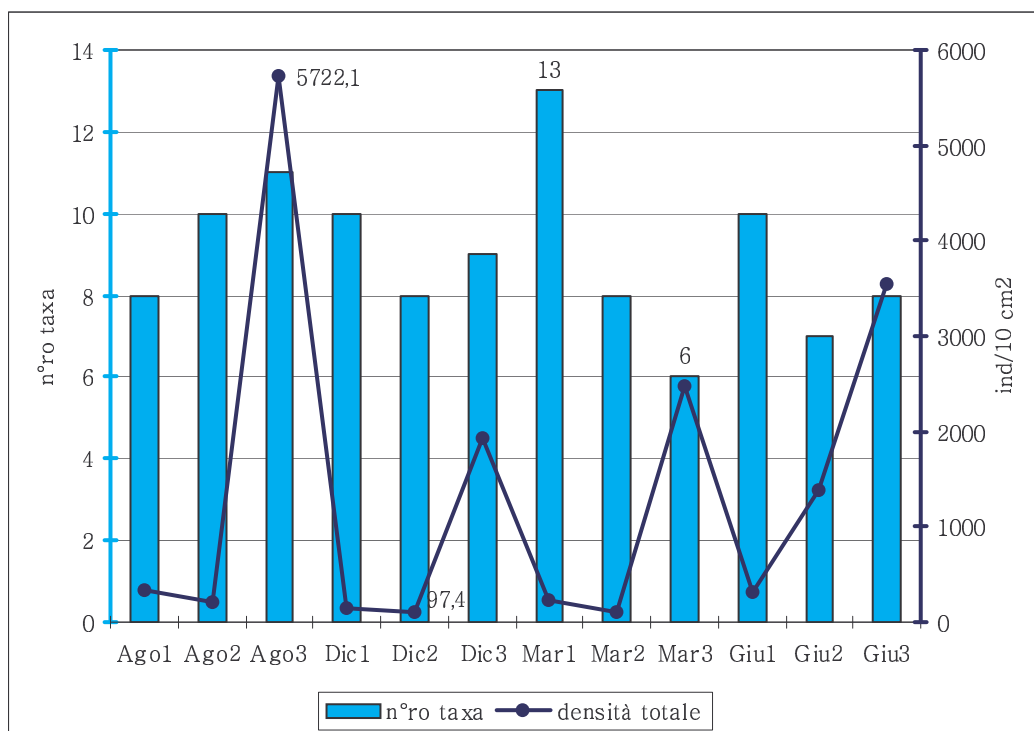


Fig. 3.3.1 - Confronto tra densità totale e numero di taxa presenti nelle tre stazioni e nei quattro periodi di campionamento.

Nella stazione 1 Nematoda ed Oligochaeta seguono lo stesso andamento stagionale diminuendo da agosto a dicembre (rispettivamente da 92,8 ind/10 cm² a 89,3 ind/10 cm² e da 0,9 ind/10 cm² a 0) e aumentando fino a giugno (22,8 ind/10 cm² e 2,8 ind/10 cm²). Copepoda, Gastrotricha e Turbellaria hanno la massima densità ad agosto rispettivamente con 150,3 ind/10 cm², 27,0 ind/10 cm² e 67,6 ind/10 cm², diminuiscono fin quasi a scomparire a marzo (0,9 ind/10 cm², 0,6 ind/10 cm² e 0,3 ind/10 cm²) per poi ripresentarsi a giugno con 17,6 ind/10 cm², 7,5 ind/10 cm² e 5,0 ind/10 cm². Diverso andamento stagionale anche per Rotifera e Ciliophora che raggiungono la densità maggiore a marzo con 54,7 ind/10 cm² e 38,7 ind/10 cm² rispettivamente e diminuiscono nuovamente a giugno. Infine i protozoi aumentano linearmente da agosto (1,9 ind/10 cm²) a giugno (45,9 ind/10 cm²) quando si trovano anche Bivalvia con 3,8 ind/10 cm² e Sipunculida con 3,5 ind/10 cm².

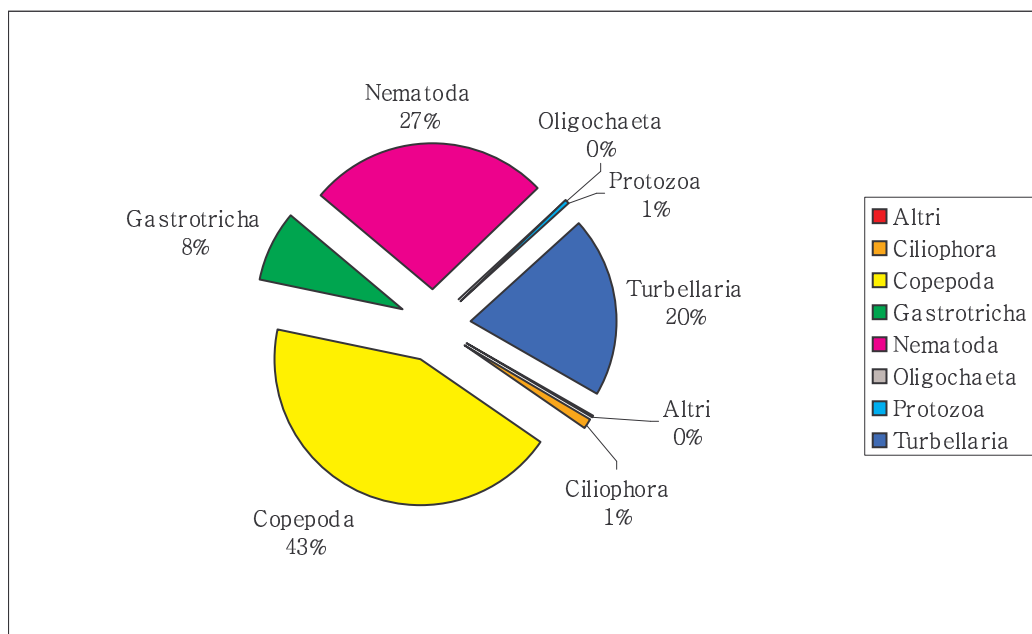


Fig. 3.3.2 - Densità medie dei taxa rilevati nella stazione 1 dell'area di Pesaro nel mese di agosto.

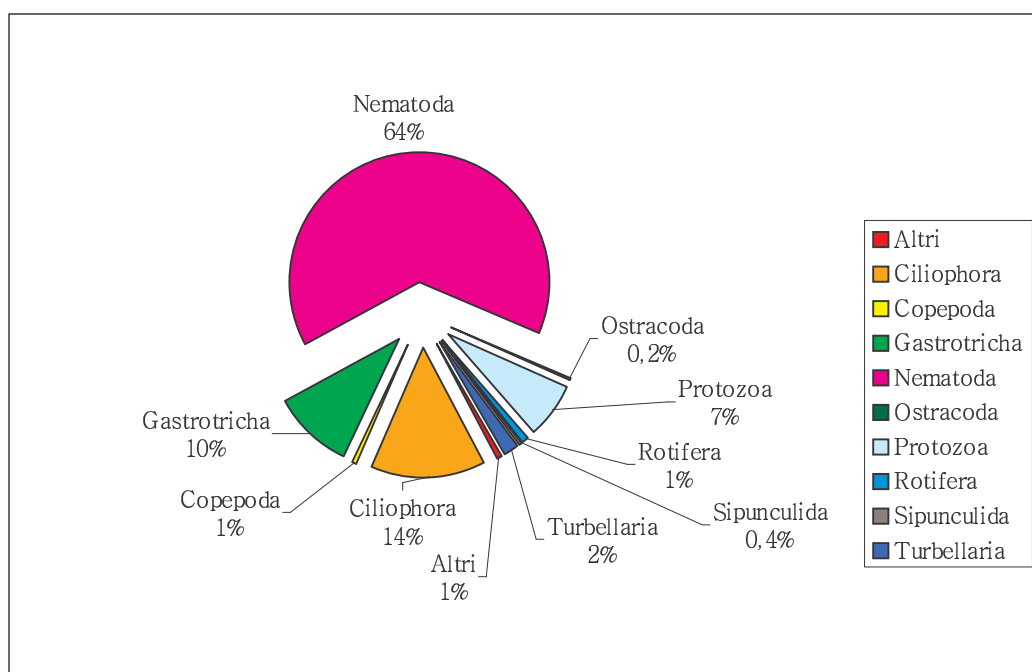


Fig. 3.3.3 - Densità medie dei taxa rilevati nella stazione 1 dell'area di Pesaro nel mese di dicembre.

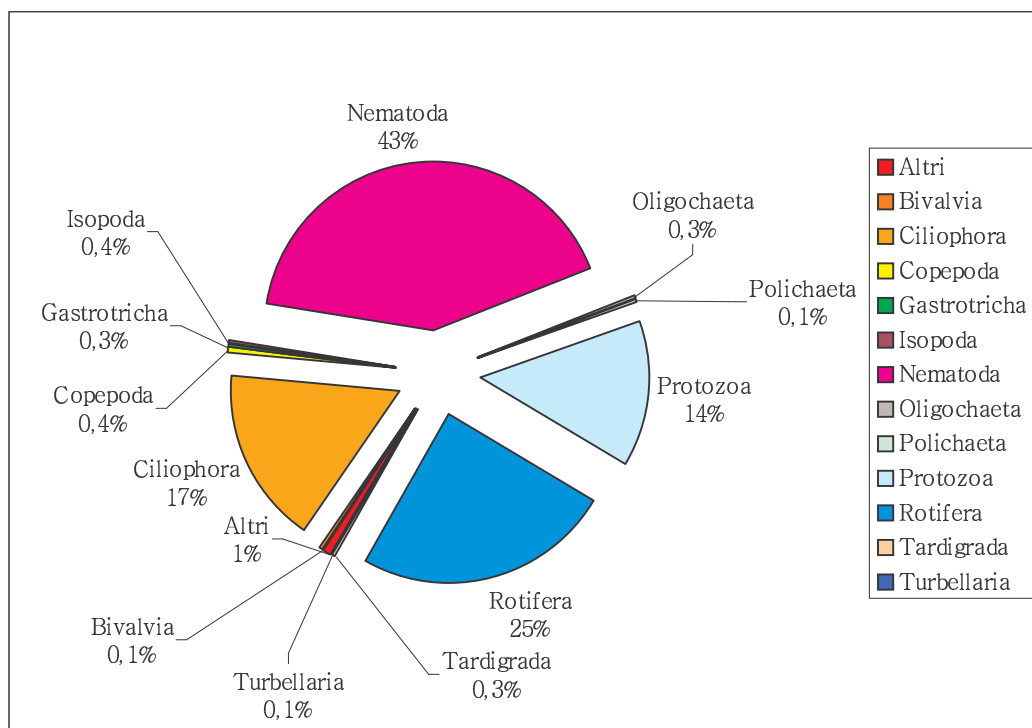


Fig. 3.3.4 - Densità medie dei taxa rilevati nella stazione 1 dell'area di Pesaro nel mese di marzo.

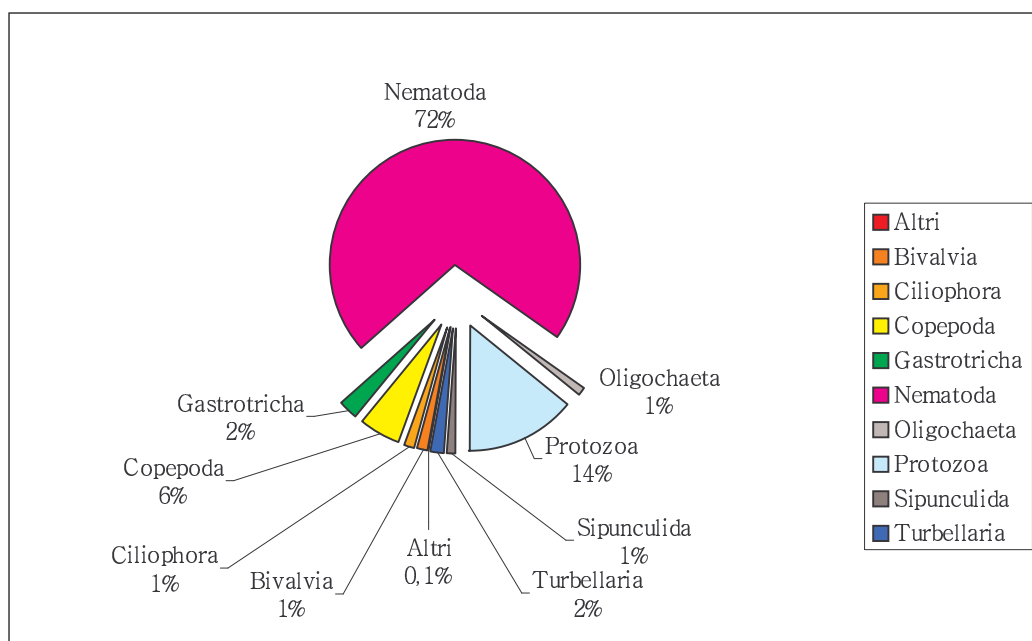


Fig. 3.3.5 - Densità medie dei taxa rilevati nella stazione 1 dell'area di Pesaro nel mese di giugno.

Nella stazione 2 i nematodi modificano l'andamento stagionale visto in precedenza per unirsi a Turbellaria e Gastrotricha (che invece lo mantengono), diminuendo da agosto a marzo (rispettivamente da 76,7 ind/10 cm² a 45,0 ind/10 cm², da 24,2 ind/10 cm² a zero, da 49,1 ind/10 cm² a 0,3 ind/10 cm²) per riaumentare a giugno fino ai valori, nello stesso ordine, di 1315,4 ind/10 cm², 24,2 ind/10 cm², 3,1 ind/10 cm². Copepoda è l'unico taxa a presentare la minima densità a dicembre con 1,6 ind/10 cm². La densità di Ciliophora e Protozoa aumenta fino a marzo (dove si contano 33,3 ind/10 cm² e 20,8 ind/10 cm²) e diminuisce a giugno (24,8 ind/10 cm² e 6,3 ind/10 cm²). Infine è interessante notare la presenza nel mese di agosto di nemertini con 31,4 ind/10 cm² e cnidari con 3,5 ind/10 cm².

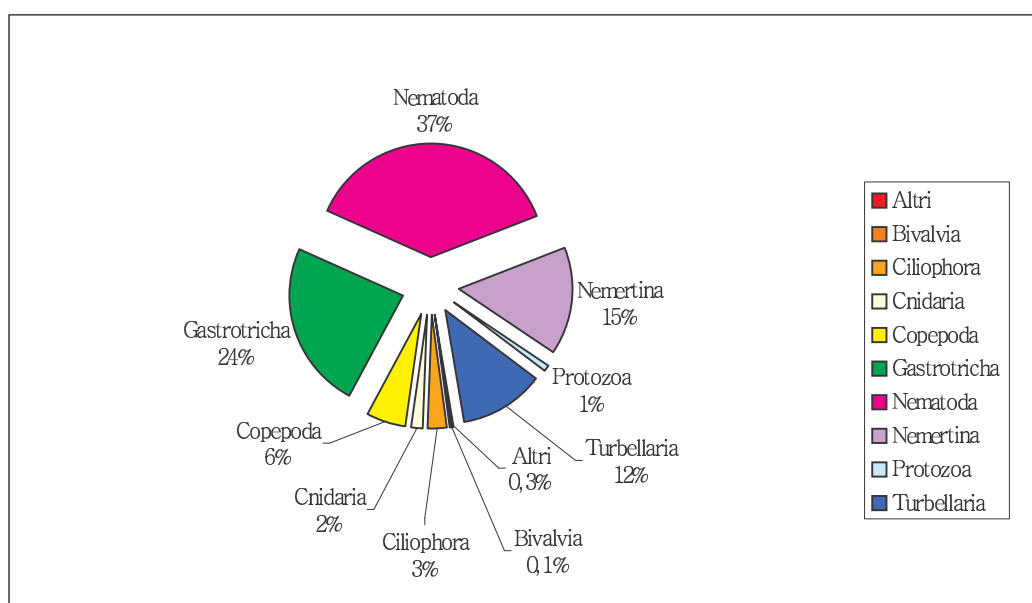


Fig. 3.3.6 - Densità medie dei taxa rilevati nella stazione 2 dell'area di Pesaro nel mese di agosto.

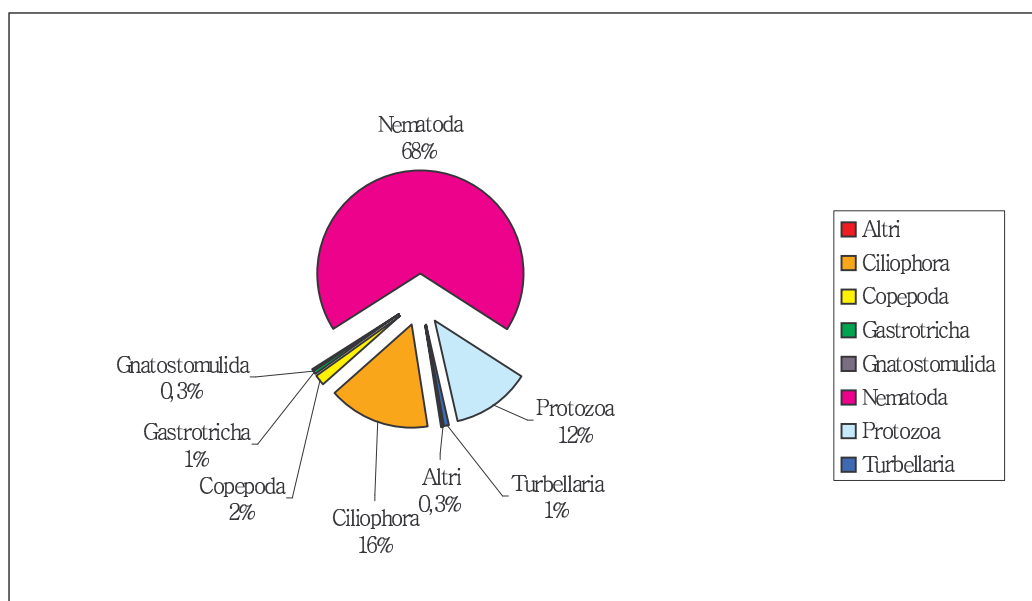


Fig. 3.3.7 - Densità medie dei taxa rilevati nella stazione 2 dell'area di Pesaro nel mese di dicembre.

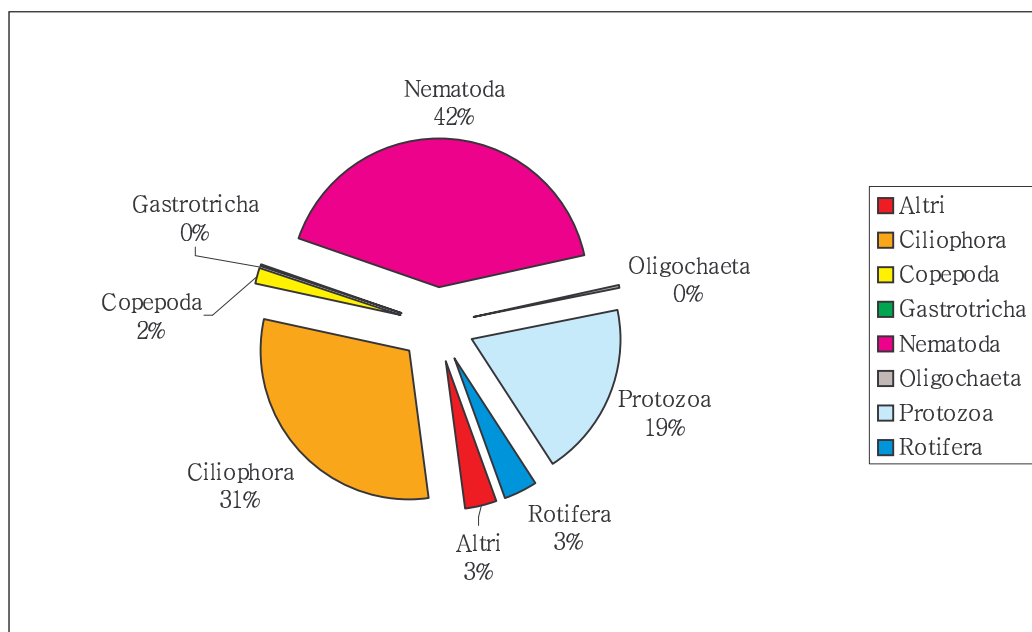


Fig. 3.3.8 – Densità medie dei taxa rilevati nella stazione 2 dell'area di Pesaro nel mese di marzo.

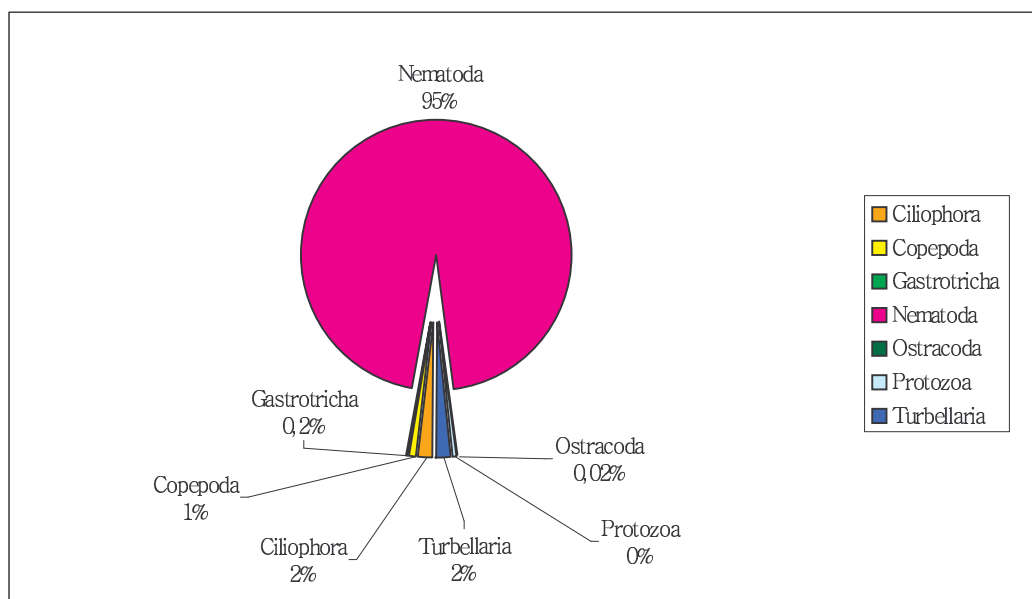


Fig. 3.3.9 – Densità medie dei taxa rilevati nella stazione 2 dell'area di Pesaro nel mese di giugno.

Nella stazione 3 nematodi, gastrotrichi e ciliati perdono qualsiasi tipo di andamento stagionale. I copepodi mantengono invece il proprio andamento con il minimo a dicembre (47,6 ind/10 cm²) e l'aumento fino a giugno (125,9 ind/10 cm²) e ad essi si accomunano i protozoi con 3,2 ind/10 cm² a dicembre e 31,1 ind/10 cm² a giugno. Anche i turbellari non perdono la propria stagionalità diminuendo, insieme ad Ostracoda, da agosto a marzo (rispettivamente da 34,0 ind/10 cm² e 6,3 ind/10 cm² a 28,5 ind/10 cm² e zero) ed aumentando fino a giugno (49,0 ind/10 cm² e

4,9 ind/10 cm²); stesso minimo di densità a marzo per Sipunculida che va da 3,2 ind/10 cm² ad agosto a nessun individuo a marzo e giugno. Importante la presenza di Bivalvia ad agosto con 3,6 ind/10 cm² e a giugno con 30,7 ind/10 cm², di Polichaeta ad agosto con 3,2 ind/10 cm² ed infine di Oligochaeta a giugno con 2,4 ind/10 cm².

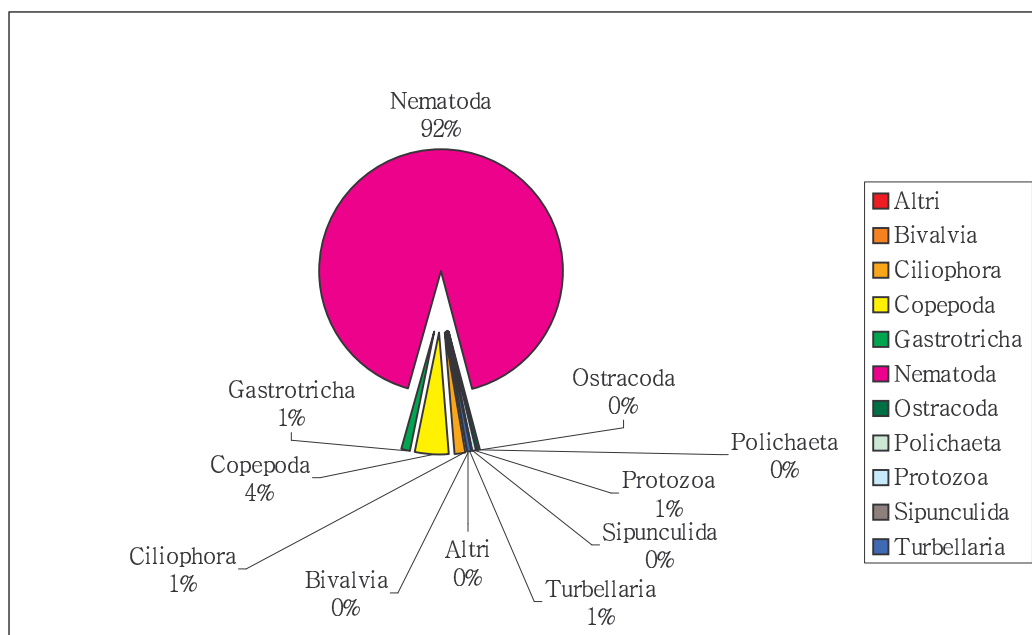


Fig. 3.3.10 - Densità medie dei taxa rilevati nella stazione 3 dell'area di Pesaro nel mese di agosto.

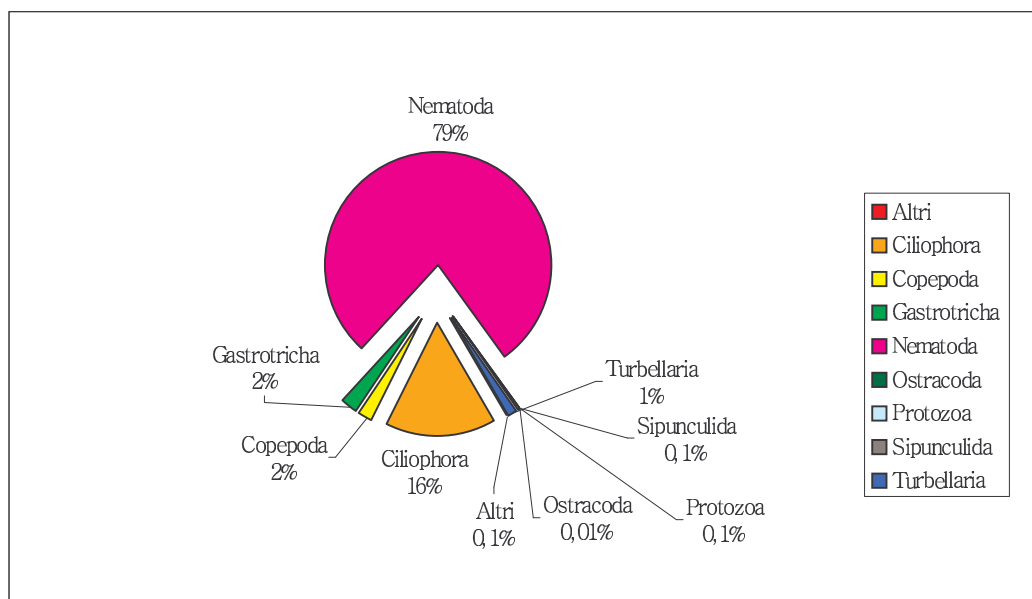


Fig. 3.3.11 - Densità medie dei taxa rilevati nella stazione 3 dell'area di Pesaro nel mese di dicembre.

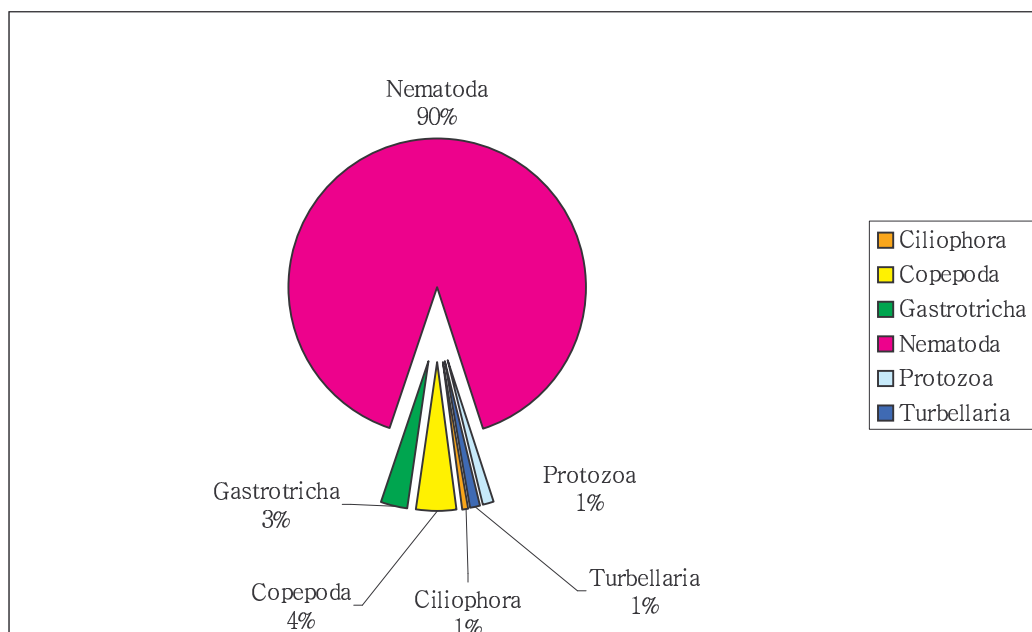


Fig. 3.3.12 - Densità medie dei taxa rilevati nella stazione 3 dell'area di Pesaro nel mese di marzo.

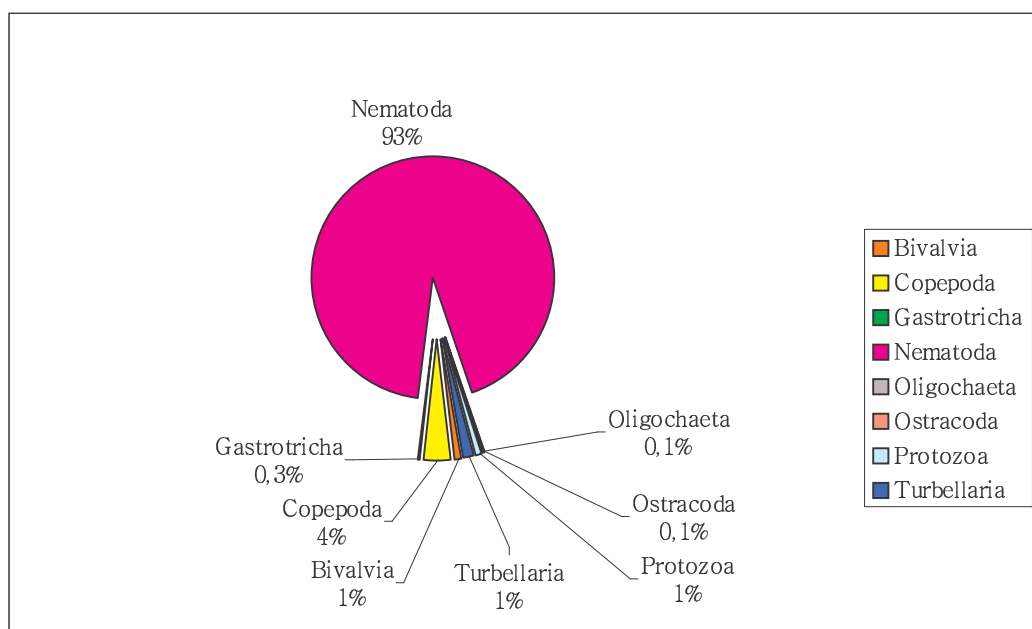


Fig. 3.3.13 - Densità medie dei taxa rilevati nella stazione 3 dell'area di Pesaro nel mese di giugno.

3.3.1.2 Rapporti di densità

La tabella 3.3.2 riporta la densità media di Copepoda, Nauplii e Nematoda ed i rapporti Ne/Co e Na/Co.

Data	Stazione	Na/Co	Ne/Co
Agosto	1	0,39	0,62
Agosto	2	1,97	6,79
Agosto	3	0,48	20,98
Dicembre	1	2,00	99,22
Dicembre	2	0,67	41,50
Dicembre	3	0,00	37,32
Marzo	1	0,50	104,44
Marzo	2	0,19	23,68
Marzo	3	0,10	21,26
Giugno	1	0,02	12,97
Giugno	2	0,13	119,58
Giugno	3	0,18	26,08

Tab. 3.3.2 - Rapporti Na/Co e Ne/Co nell'area di Pesaro, nelle tre stazioni e nei quattro periodi di campionamento.

Il rapporto Na/Co varia tra zero (assenza di Nauplii nella stazione 3 di dicembre) e 0,67 (stazione 2 di dicembre) mantenendosi inferiore ad 1 ad indicare una densità maggiore di copepodi in tutti i campioni esaminati ad eccezione delle stazioni 2 di agosto (1,97) ed 1 di dicembre (2,00) dove sono i Nauplii a prevalere. Il rapporto diminuisce procedendo dalla stazione emersa alla sommersa nei mesi di dicembre e marzo ed aumenta a giugno. Nella stazione 1 il rapporto aumenta da agosto (0,39) a dicembre (2,00) e diminuisce fino a 0,02 a giugno. Diversamente avviene nella stazione 3 dove esso scende da 0,41 ad agosto a zero a dicembre per tornare a 0,18 a giugno. In entrambe le stazioni si può quindi pensare ad un preciso andamento stagionale.

Il rapporto Ne/Co varia tra 0,62 (stazione 1 di agosto) e 119,58 (stazione 2 di giugno). La stazione emersa è l'unica in cui si può individuare un andamento stagionale del rapporto dal momento che esso aumenta da agosto (0,62) a marzo (104,44) e diminuisce di nuovo fino a giugno (12,97). In generale il rapporto diminuisce dalla stazione 1 alla 3 nei mesi di dicembre e marzo ed aumenta nei mesi estivi.

3.3.1.3 Diversità

La tabella 3.3.3 riporta il numero di taxa e gli indici di diversità (H') e di equitabilità (J) del sito in esame per l'intero periodo di campionamento.

Data	Numero di taxa	H'	J
Ago1	8	0,11	0,45
Ago2	10	0,11	0,50
Ago3	11	0,40	0,12
Dic1	10	0,09	0,36
Dic2	8	0,07	0,33
Dic3	9	0,38	0,12
Mar1	13	0,09	0,39
Mar2	8	0,11	0,46
Mar3	6	0,47	0,18
Giu1	10	0,05	0,31
Giu2	7	0,03	0,10
Giu3	8	0,36	0,12

Tab. 3.3.3 - Numero di taxa e valori di diversità ed equitabilità nell'area di Pesaro.

Nella figura 3.3.14 gli stessi indici sono stati graficati.

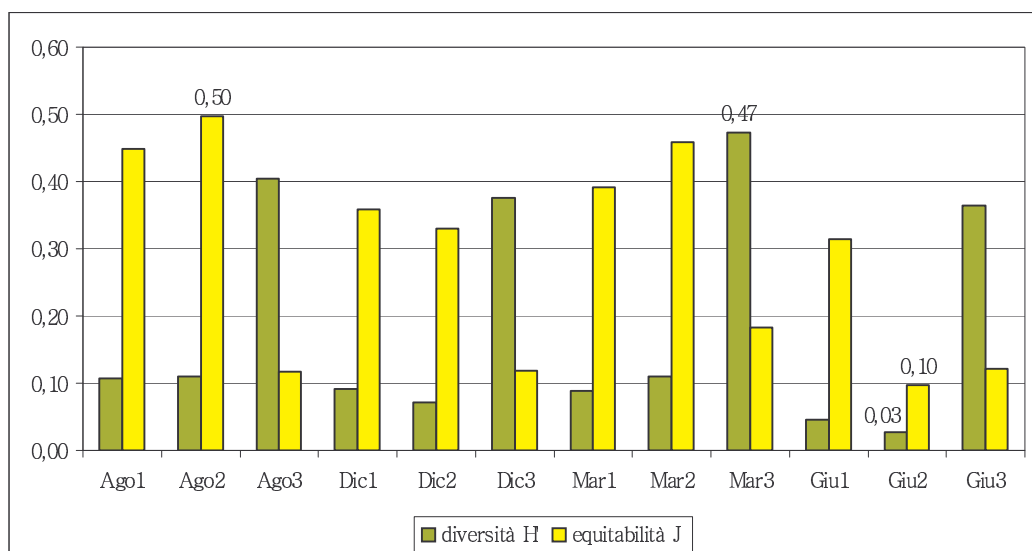


Fig. 3.3.14 - Andamento degli indici di diversità ed equitabilità nell'area di Pesaro.

Nella spiaggia di Pesaro sono stati individuati un minimo di 6 taxa stazione 3 di marzo ed un massimo di 13 nella stazione 1 dello stesso mese. La stazione emersa è quella in cui sono stati contati il maggior

numero di taxa ad eccezione del mese di agosto in cui si trovano 11 taxa nella stazione 3 contro solo 8 nella 1.

L'indice di diversità varia tra 0,03 (stazione 2 di giugno) e 0,47 (stazione 3 di marzo). In generale tende ad aumentare procedendo dalla stazione 1 alla 3. Nelle quattro stagioni di campionamento i valori di H' si mantengono abbastanza costanti nelle rispettive stazioni.

L'indice di equitabilità varia tra 0,10 e 0,50 (stazioni 2 di giugno e agosto rispettivamente). I valori di J tendono a diminuire passando dalla stazione emersa a quella sommersa.

3.3.1.4 *Biomassa dei Nematoda*

La tabella 3.3.4 riporta i valori di biomassa dei nematodi espressa in μg di peso secco/ 10 cm^2 per tutte le date e le stazioni di campionamento.

Data	Stazione	Biomassa
		$\mu\text{g}/10\text{cm}^2$
Agosto	1	371,46
Agosto	2	307,01
Agosto	3	21021,08
Dicembre	1	357,45
Dicembre	2	265,79
Dicembre	3	7110,57
Marzo	1	376,26
Marzo	2	180,13
Marzo	3	8868,99
Giugno	1	913,84
Giugno	2	5265,28
Giugno	3	13141,98

Tab. 3.3.4 – Valori di biomassa di Nematoda in ogni stazione nei quattro mesi di campionamento nell'area di Pesaro.

Le figure 3.3.15, 3.3.16 e 3.3.17 rappresentano graficamente l'andamento stagionale di questo parametro rispettivamente per le stazioni 1, 2 e 3.

I dati di biomassa sono estremamente variabili, il valore minimo è di $180,13\text{ }\mu\text{g}/10\text{ cm}^2$ nella stazione 2 di marzo, il massimo di $21021,28\text{ }\mu\text{g}/10\text{ cm}^2$ nella stazione 3 di agosto. Le stazioni 1 e 2 seguono un comportamento analogo: la biomassa si mantiene costante da agosto a marzo con valori medi rispettivamente di $368,39\text{ }\mu\text{g}/10\text{ cm}^2$ e $250,98\text{ }\mu\text{g}/10\text{ cm}^2$, e si impenna a giugno con $913,84\text{ }\mu\text{g}/10\text{ cm}^2$ e $5265,28\text{ }\mu\text{g}/10\text{ cm}^2$. La stazione 3 si differenzia dalle precedenti, infatti presenta il valore più alto

di biomassa ad agosto (21021,08 $\mu\text{g}/10\text{ cm}^2$), il più basso a dicembre (7110,57 $\mu\text{g}/10\text{ cm}^2$) ed aumenta poi linearmente fino a giugno. In tutte le stagioni si osserva un gradiente spaziale con l'aumento di biomassa procedendo dalla stazione emersa a quella sommersa.

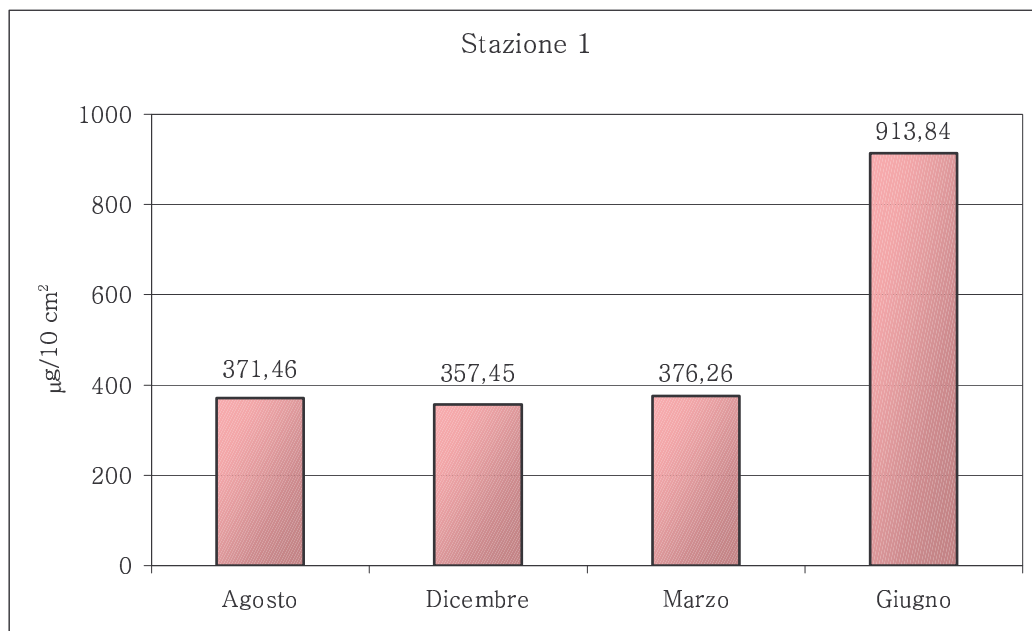


Fig. 3.3.15 - Andamento stagionale dei valori di biomassa di Nematoda nella stazione 1 dell'area di Pesaro.

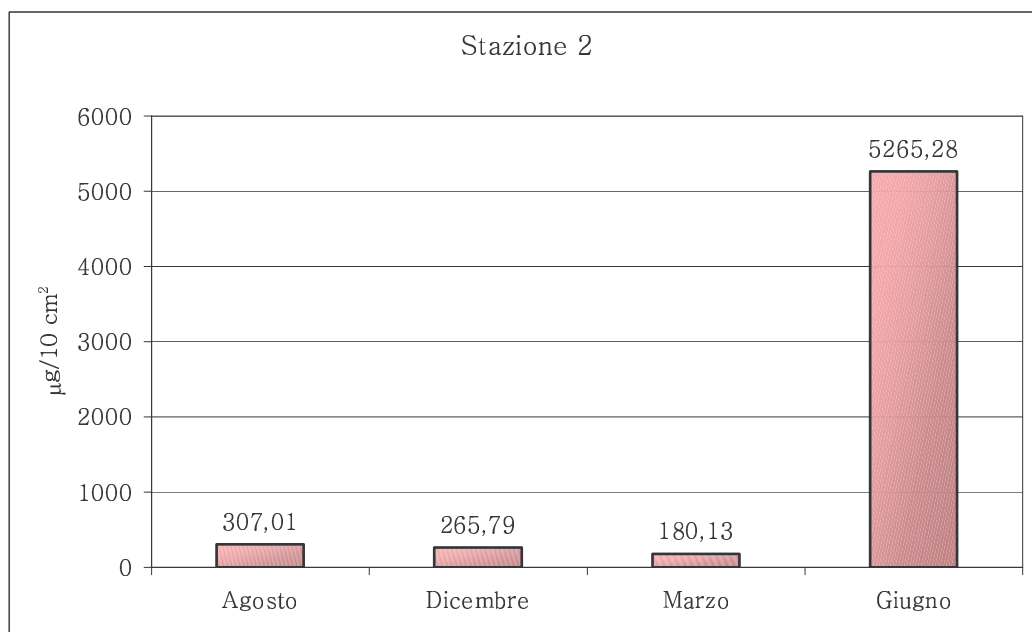


Fig. 3.3.16 - Andamento stagionale dei valori di biomassa di Nematoda nella stazione 2 dell'area di Pesaro.

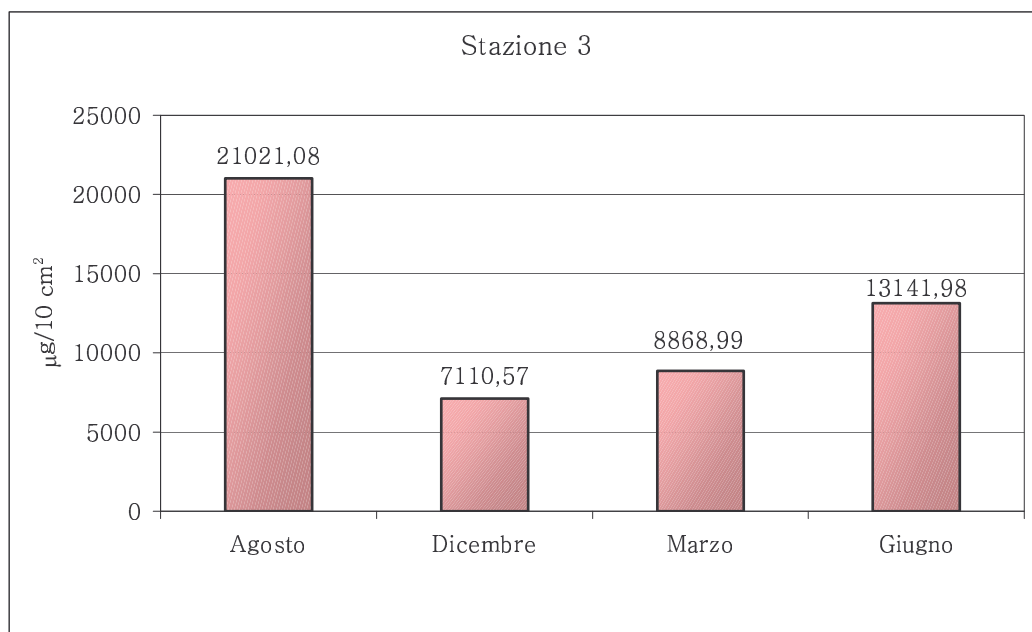


Fig. 3.3.17 - Andamento stagionale dei valori di biomassa di Nematoda nella stazione 3 dell'area di Pesaro.

3.3.1.5 Carbonio e Azoto dei Nematoda

Nella tabella 3.3.5 sono riportate le concentrazioni di carbonio ed azoto rilevate dai Nematoda.

Data	Stazione	C µg/10cm ²	N µg/10cm ²
Agosto	1	8,267	2,726
Agosto	2	6,833	2,253
Agosto	3	467,840	154,273
Dicembre	1	7,955	2,623
Dicembre	2	5,915	1,951
Dicembre	3	158,251	52,184
Marzo	1	8,374	2,761
Marzo	2	4,009	1,322
Marzo	3	197,386	65,089
Giugno	1	20,338	6,707
Giugno	2	117,183	38,642
Giugno	3	292,485	96,448

Tab. 3.3.5 - Quantità di Carbonio e Azoto presenti nei Nematoda nelle tre stazioni nei quattro mesi di campionamento nell'area di Pesaro, calcolati in µg/10 cm².

Il contenuto di carbonio varia da un minimo di 4,009 $\mu\text{g}/10\text{ cm}^2$ nella stazione 2 di marzo, ad un massimo di 467,840 $\mu\text{g}/10\text{ cm}^2$ nella stazione 3 di agosto. Le stazioni 1 e 3 presentano lo stesso andamento stagionale con diminuzione da agosto a dicembre e successivo aumento fino a giugno, pur se con valori molto differenti (nella stazione sommersa il carbonio è in media 25 volte maggiore rispetto alla stazione emersa). La stazione 2, invece, presenta valori molto bassi in diminuzione fino a marzo (4,009 $\mu\text{g}/10\text{ cm}^2$) ed un picco a giugno con 117,183 $\mu\text{g}/10\text{ cm}^2$. In tutti i mesi è possibile osservare lo stesso andamento spaziale con diminuzione dei valori nella stazione di battigia ed incremento nella stazione sommersa.

La quantità di azoto presente nella spiaggia di Pesaro è decisamente maggiore rispetto a quella delle due spiagge già esaminate. I valori variano da un minimo di 1,322 $\mu\text{g}/10\text{ cm}^2$ nella stazione 2 di marzo, ad un massimo di 154,273 $\mu\text{g}/10\text{ cm}^2$ nella stazione 3 di agosto. Gli andamenti sia spaziali che temporali sono identici a quelli visti per il carbonio.

Nelle figure 3.3.18, 3.3.19 e 3.3.20 sono rappresentati gli istogrammi relativi ad ogni stazione.

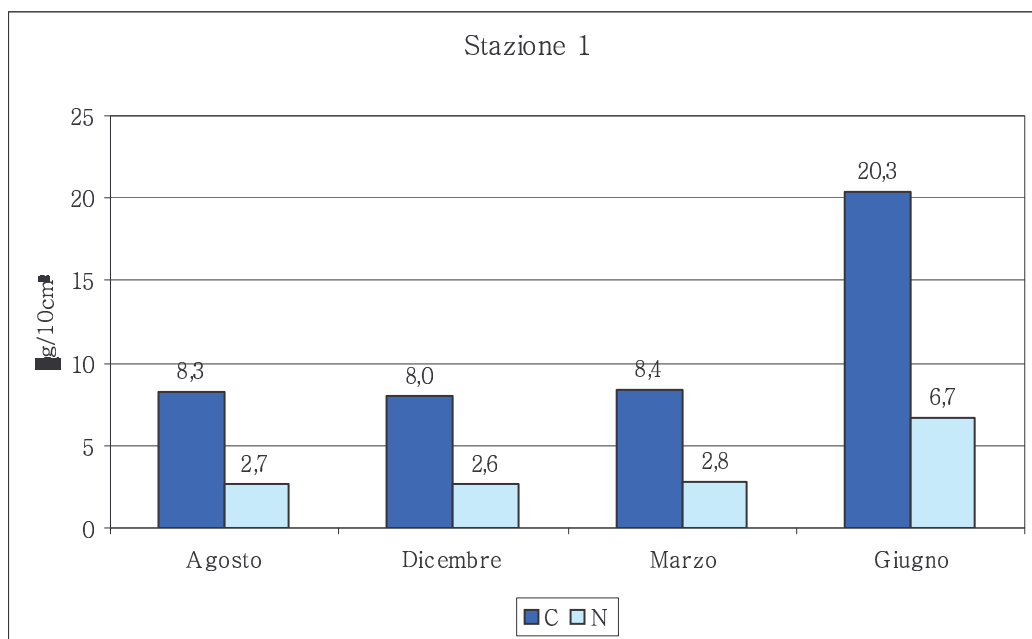


Fig. 3.3.18 - Andamento stagionale dei valori di Carbonio e Azoto nei Nematoda nella stazione 1 dell'area di Pesaro.

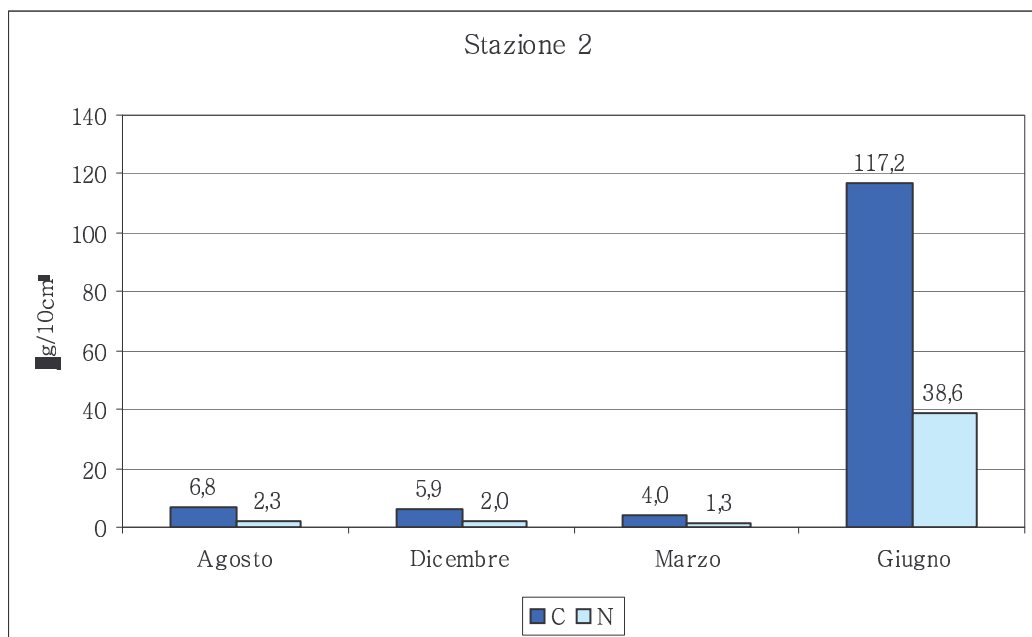


Fig. 3.3.19 - Andamento stagionale dei valori di Carbonio e Azoto nei Nematoda nella stazione 2 dell'area di Pesaro.

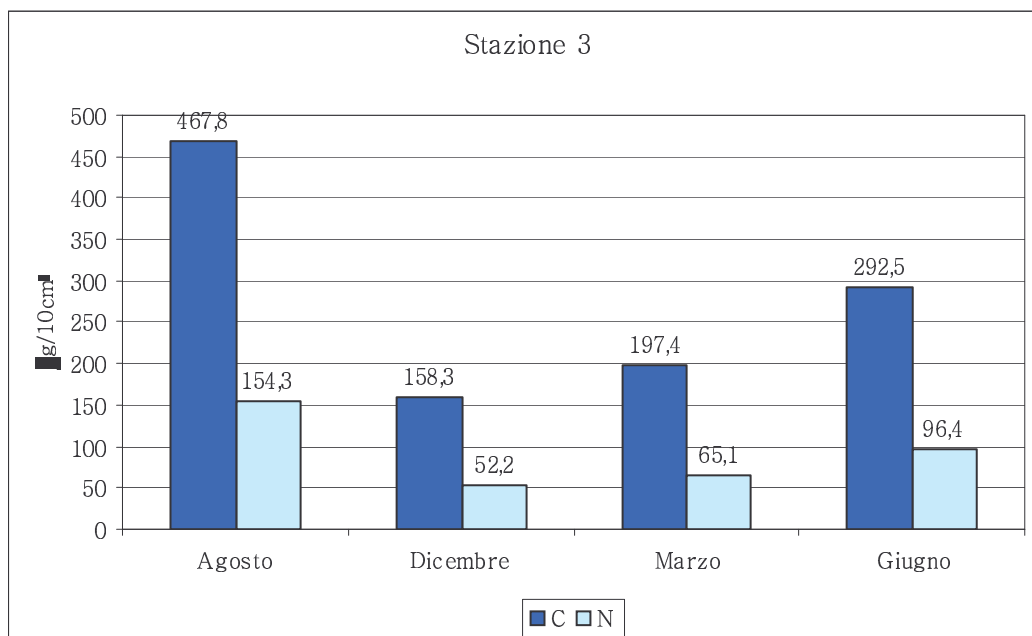


Fig. 3.3.20 - Andamento stagionale dei valori di Carbonio e Azoto nei Nematoda nella stazione 3 dell'area di Pesaro.

3.3.2 Parametri chimici: Sostanza Organica, Proteine, Clorofilla *a* e Feopigmenti

La tabella 3.3.6 riporta il contenuto medio $\pm$ deviazione standard di Sostanza Organica Totale (TOM) calcolata in mg/g di sedimento secco, di Proteine (PRT), Clorofilla *a* (CHLa) e Feopigmenti (FEO) espressi in $\mu\text{g/g}$ di sedimento secco, nonché i relativi rapporti, PRT/TOM (Proteine/Sostanza Organica Totale), CHLa/FEO (Clorofilla *a*/Feopigmenti), CHLa/PRT (Clorofilla *a*/Proteine), e CHLa/TOM (Clorofilla *a*/Sostanza Organica Totale).

Data	St.	Sostanza Organica TOM	Proteine PRT	Clorofilla a CHLa	Feopigmenti FEO	PRT/TOM	CHL/FEO	CHL/PRT	CHL/TOM
		mg/g	$\mu\text{g/g}$	$\mu\text{g/g}$	$\mu\text{g/g}$	%		%	‰
Agosto	1	11.6 $\pm$ 2.8	49.14 $\pm$ 4.82	0.22 $\pm$ 0.04	0.00 $\pm$ 0.01	0,42	57,21	0,45	0,02
Agosto	2	11.6 $\pm$ 1.4	39.82 $\pm$ 9.21	0.22 $\pm$ 0.07	0.02 $\pm$ 0.02	0,34	14,43	0,55	0,02
Agosto	3	14.8 $\pm$ 2.2	101.91 $\pm$ 9.30	1.14 $\pm$ 0.12	0.21 $\pm$ 0.03	0,69	5,34	1,12	0,08
Dicembre	1	18.6 $\pm$ 1.3	73.50 $\pm$ 14.27	0.30 $\pm$ 0.04	0.00 $\pm$ 0.00	0,39		0,41	0,02
Dicembre	2	14.6 $\pm$ 0.3	101.55 $\pm$ 9.85	0.30 $\pm$ 0.03	0.01 $\pm$ 0.01	0,70	37,46	0,29	0,02
Dicembre	3	14.9 $\pm$ 2.4	86.94 $\pm$ 7.28	0.42 $\pm$ 0.06	0.05 $\pm$ 0.04	0,58	9,04	0,48	0,03
Marzo	1	13.2 $\pm$ 3.0	81.60 $\pm$ 7.91	0.23 $\pm$ 0.01	0.08 $\pm$ 0.03	0,62	2,90	0,28	0,02
Marzo	2	14.4 $\pm$ 3.4	82.13 $\pm$ 30.15	0.86 $\pm$ 0.44	0.10 $\pm$ 0.08	0,57	8,34	1,05	0,06
Marzo	3	14.6 $\pm$ 2.7	56.04 $\pm$ 7.38	0.13 $\pm$ 0.03	0.05 $\pm$ 0.00	0,38	2,84	0,23	0,01
Giugno	1	11.7 $\pm$ 2.7	65.81 $\pm$ 8.87	0.90 $\pm$ 0.04	0.00 $\pm$ 0.00	0,56		1,37	0,08
Giugno	2	13.0 $\pm$ 4.5	71.56 $\pm$ 4.42	0.34 $\pm$ 0.09	0.00 $\pm$ 0.00	0,55		0,48	0,03
Giugno	3	15.6 $\pm$ 4.4	152.22 $\pm$ 8.30	0.60 $\pm$ 0.05	0.00 $\pm$ 0.00	0,98		0,39	0,04

Tab. 3.3.6 - Valori medi $\pm$ deviazione standard delle concentrazioni di TOM, PRT, CHLa, FEO e rapporti PRT/TOM, CHL/FEO, CHL/PRT, CHL/TOM nell'area di Pesaro.

3.3.2.1 Sostanza Organica

La figura 3.3.21 rappresenta la quantità media di sostanza organica nelle tre stazioni per i quattro mesi di campionamento. I valori variano tra un minimo di 11,63 mg/g di sedimento secco ed un massimo di 18,63 mg/g nelle stazioni 1 di agosto e dicembre. La stazione 3 mantiene nei quattro mesi un tenore di sostanza organica abbastanza costante, variando tra 14,60 mg/g a marzo e 15,56 mg/g a giugno. Altrettanto uniforme è la concentrazione di sostanza organica trovata nel campionamento di marzo in tutte e tre le stazioni. In generale la sostanza organica aumenta dalla stazione 1 alla 3 ad eccezione del mese di dicembre in cui la tendenza è opposta e da agosto a giugno. Nelle stazioni 1 e 2 si osserva un certo andamento stagionale con l'aumento della concentrazione di TOM da

agosto (11,63 mg/g e 11,65 mg/g rispettivamente) a dicembre (18,63 mg/g e 14,59 mg/g) e la diminuzione fino a giugno (11,68 mg/g e 13,05 mg/g).

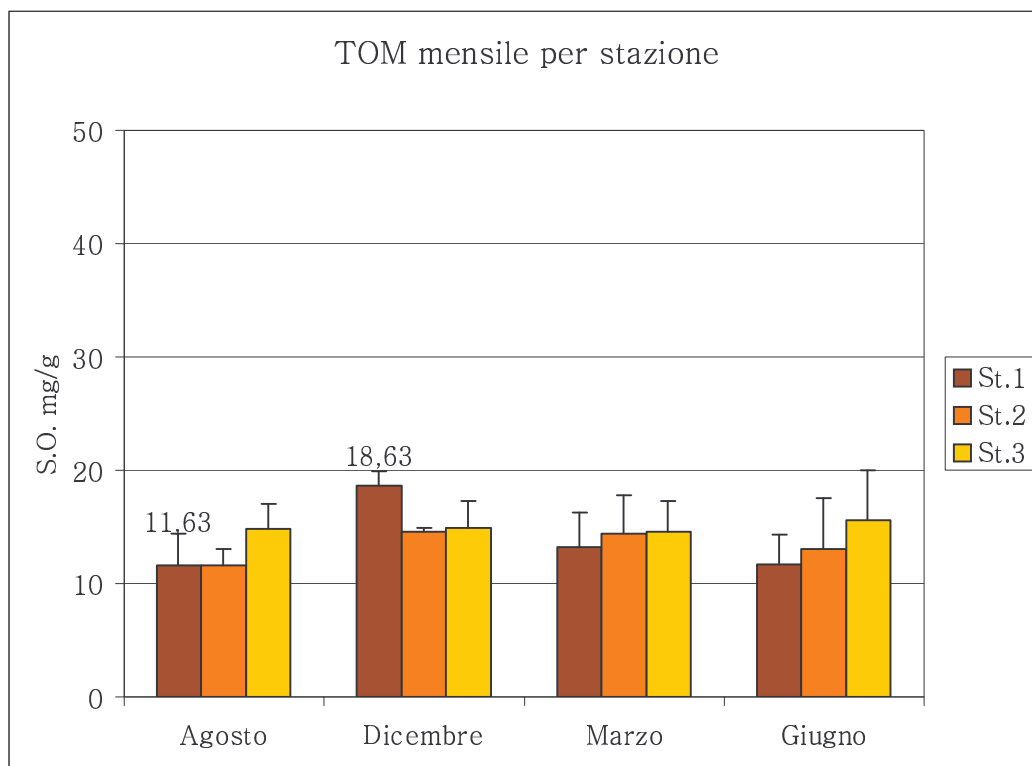


Fig. 3.3.21 - Contenuto medio di Sostanza Organica Totale nell'area di Pesaro.

3.3.2.2 Proteine

La tabella 3.3.6 riporta i dati della concentrazione media di proteine presenti nelle tre stazioni per l'intero periodo di campionamento che vengono graficati con la figura 3.3.22.

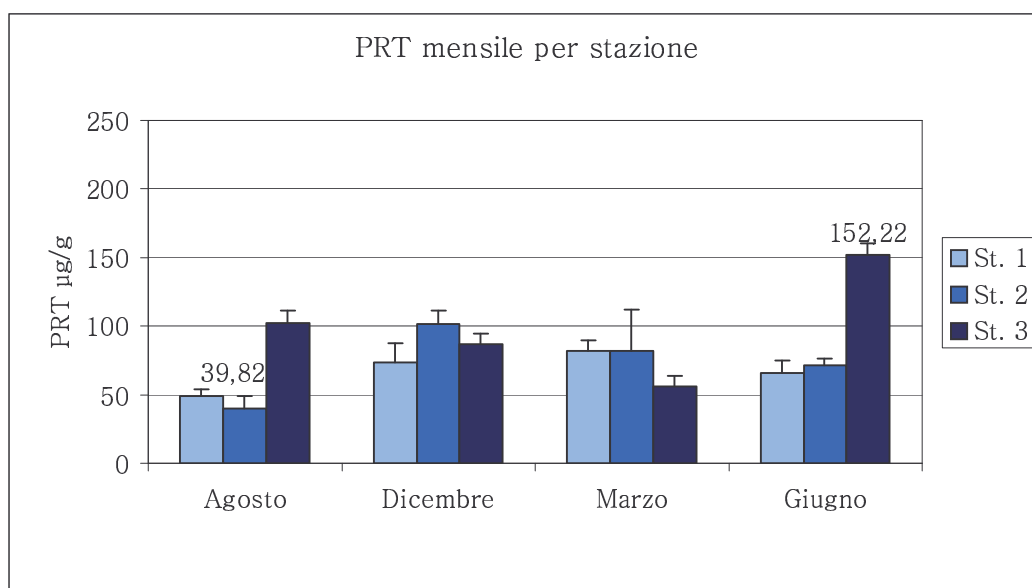


Fig. 3.3.22 - Contenuto medio di Proteine nell'area di Pesaro.

I valori variano da un minimo di 39,82 $\mu\text{g/g}$ di sedimento secco nella stazione 2 di agosto ad un massimo di 152,22 $\mu\text{g/g}$ nella stazione 3 di giugno. Le tre stazioni mostrano differenti gradienti temporali; nelle stazioni 1 e 2 la concentrazione di proteine aumenta rispettivamente fino a marzo e dicembre per diminuire di nuovo verso giugno. Nella stazione sommersa invece, le proteine diminuiscono fino a marzo per raggiungere poi il picco di concentrazione a giugno. A livello spaziale la variazione è piuttosto irregolare e non è possibile individuare un andamento preciso.

3.3.2.3 Clorofilla *a* e Feopigmenti

I valori medi delle concentrazioni di clorofilla *a* e feopigmenti nei primi due centimetri del sedimento sono riportati con precisione nella tabella 3.3.6.

La figura 3.3.23 visualizza i valori di CHL*a* nelle tre stazioni nei quattro mesi di campionamento.

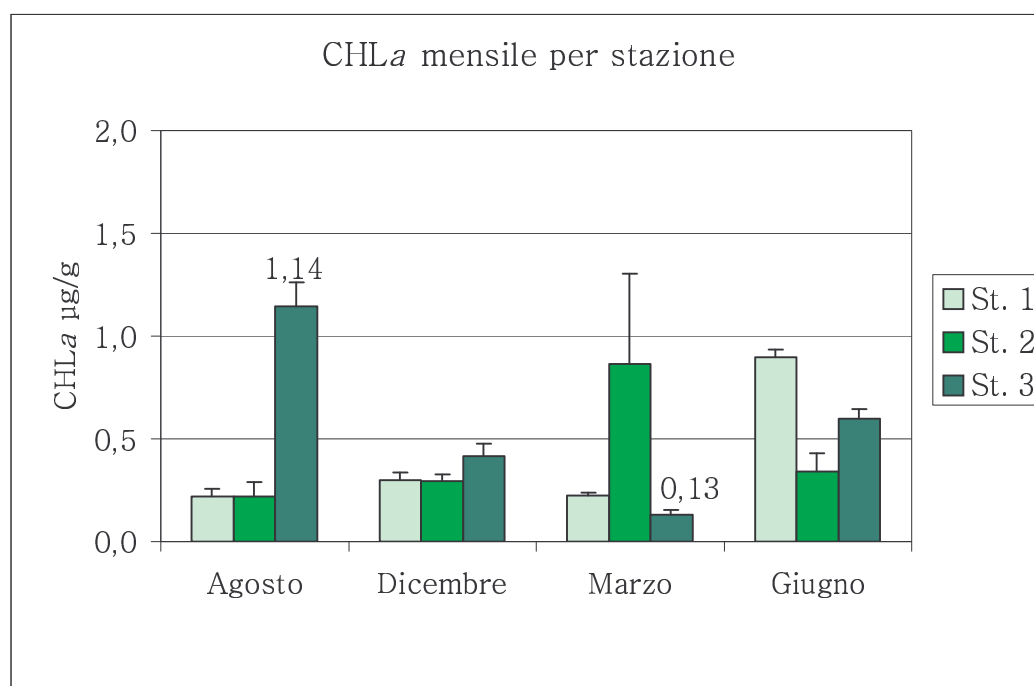


Fig. 3.3.23 – Contenuto di Clorofilla *a* nell'area di Pesaro.

Le variazioni nelle concentrazioni sono abbastanza accentuate, si passa infatti da un minimo di 0,13 $\mu\text{g/g}$ ad un massimo di 1,14 $\mu\text{g/g}$ di sedimento secco nelle stazioni 3 di marzo e di agosto rispettivamente. La stazione 1 presenta valori di concentrazione inferiori a 0,30 $\mu\text{g/g}$ fino al mese di giugno quando ha un picco di 0,90 $\mu\text{g/g}$. Nella stazione 2 la CHL*a* segue un gradiente temporale aumentando fino a marzo (0,86 $\mu\text{g/g}$) e diminuendo da giugno. Nella stazione 3 la concentrazione di clorofilla *a*

raggiunge il minimo di 0,13 $\mu\text{g/g}$ a marzo riducendosi linearmente ad un terzo del valore assunto nella stagione precedente; a giugno aumenta di nuovo svelando un preciso andamento stagionale. Non è individuabile nessun gradiente spaziale.

La figura 3.3.24 riporta la concentrazione media di feopigmenti nelle tre stazioni per l'intero periodo di campionamento.

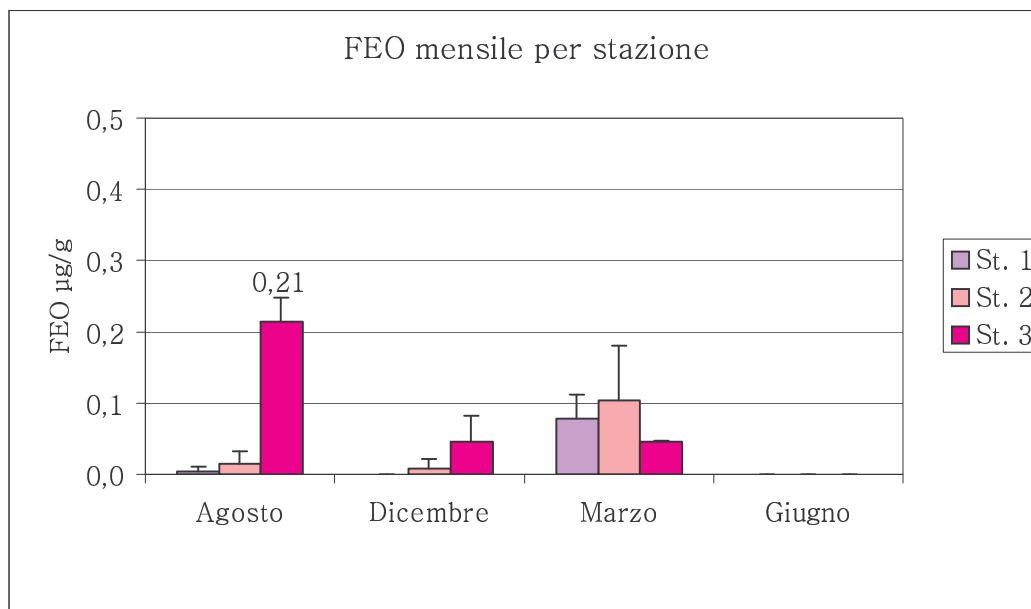


Fig. 3.3.24 – Contenuto medio di Feopigmenti nell'area di Pesaro.

I feopigmenti sono completamente assenti nel mese di giugno e nella stazione 1 di dicembre, mentre la quantità maggiore si trova nella stazione 3 di agosto con 0,21 $\mu\text{g/g}$ di sedimento secco cui corrisponde il valore più elevato di clorofilla *a* (1,14 $\mu\text{g/g}$). Nei mesi di agosto e dicembre la concentrazione di feopigmenti aumenta procedendo dalla stazione emersa a quella sommersa, nel mese di marzo è vero il contrario.

Il rapporto PRT/TOM varia tra 0,34% (stazione 2 di agosto) e 0,98% (stazione 3 di giugno); in generale aumenta passando dalla stazione 1 alla 3, tranne a marzo dove avviene l'opposto, e da agosto a giugno. L'aumento stagionale si compie nella stazione 1 con un massimo di 0,70% a dicembre e nella stazione 3 con un minimo (0,38%) a marzo.

Il rapporto CHLa/FEO varia tra 2,84 (stazione 3 di marzo) e 57,21 (stazione 1 di agosto). Non esistono valori per le tre stazioni di giugno e per quella emersa di dicembre per la totale assenza di feopigmenti. Il valore del rapporto diminuisce spazialmente dalla stazione 1 alla 3, temporalmente da agosto a marzo.

Il rapporto CHLa/PRT varia tra 0,23% (stazione 3 di marzo) e 1,37% (stazione 1 di giugno); nella stazione 1 il rapporto aumenta da agosto a giugno, nella 2 e nella 3 diminuisce. Il rapporto segue anche un andamento

spaziale aumentando dalla stazione 1 alla 3 nei mesi di agosto e dicembre, e diminuendo nei mesi di marzo e giugno.

Il rapporto CHLa/TOM varia tra 0,01‰ nella stazione 3 di marzo e 0,08 ‰ nelle stazioni 3 di agosto e 1 di giugno. Nei mesi di agosto e dicembre il valore più alto è stato registrato nelle stazioni 3, a marzo nella stazione 2 e a giugno nella 1.

3.3.2.4 Carbonio Organico

A partire da opportuni fattori di conversione è stato calcolato il contenuto di Carbonio Organico fornito da clorofilla *a*, proteine e sostanza organica totale; i rispettivi dati sono raccolti nella tabella 3.3.7.

Data	Stazione	C*CHLa	C*PRT	C*TOM
		µg/g	µg/g	mg/g
Agosto	1	10,98	24,08	1,5
Agosto	2	10,92	19,51	1,5
Agosto	3	57,20	49,94	1,9
Dicembre	1	14,90	36,01	2,4
Dicembre	2	14,80	49,76	1,9
Dicembre	3	20,79	42,60	1,9
Marzo	1	11,27	39,98	1,7
Marzo	2	43,15	40,24	1,9
Marzo	3	6,54	27,46	1,9
Giugno	1	44,95	32,25	1,5
Giugno	2	17,07	35,07	1,7
Giugno	3	29,92	74,59	2,0

Tab. 3.3.7 – Contenuto di Carbonio Organico nelle tre stazioni e nei quattro periodi di campionamento nell'area di Pesaro.

Il carbonio fornito dalla CHLa varia tra 6,54 µg/g e 57,20 µg/g nelle stazioni 3 di marzo e agosto rispettivamente. Durante l'intero periodo di campionamento si assiste al progressivo aumento della concentrazione di carbonio organico nella stazione emersa e nella battigia, e alla diminuzione in quella sommersa.

Il carbonio fornito dalle proteine varia tra 19,51 µg/g (stazione 2 di agosto) e 74,59 µg/g (stazione 3 di giugno). In generale si nota un aumento del contenuto di carbonio passando dalla stazione 1 alla 3 ad eccezione del mese di marzo in cui si trova nella stazione sommersa il valore minore in accordo con la minore quantità di proteine presenti nel suddetto mese. Il carbonio organico aumenta in tutte le stazioni procedendo dall'estate 2000 alla primavera 2001.

Infine il carbonio ottenuto dalla sostanza organica varia da un minimo di 1,5 mg/g nelle stazioni 1 di agosto e giugno e nella 2 di agosto, ad un massimo di 2,4 nella stazione emersa di dicembre.

3.3.3 Analisi granulometrica

Nella tabella 3.3.8 sono riportati i valori di moda, coefficiente di assortimento (classazione), coefficiente di asimmetria e le percentuali di ghiaia, sabbia e pelite di ciascun campione, necessari per individuare correttamente il tipo di sedimento che li caratterizza.

Data	Stazione	Ghiaia	Sabbia	Pelite	Moda	σ	Sk	Classificazione
		%	%	%	ϕ	ϕ	ϕ	
Agosto	1	1,68	96,91	1,41	3	0,70	-0,07	Sabbia
Agosto	2	1,69	96,74	1,57	2	0,70	0,09	Sabbia
Agosto	3	0,00	98,12	1,88	3	0,38	0,00	Sabbia
Dicembre	1	0,72	97,92	1,36	3	0,78	-0,15	Sabbia
Dicembre	2	1,01	97,99	1,01	3	0,58	-0,10	Sabbia
Dicembre	3	3,58	95,32	1,10	3	0,61	-0,12	Sabbia
Marzo	1	1,09	97,29	1,62	3	0,64	-0,11	Sabbia
Marzo	2	0,56	98,46	0,98	3	0,41	0,00	Sabbia
Marzo	3	1,26	96,91	1,83	3	0,69	-0,13	Sabbia
Giugno	1	1,37	97,15	1,48	3	0,71	-0,09	Sabbia
Giugno	2	0,17	98,69	1,14	3	0,42	0,00	Sabbia
Giugno	3	1,23	96,50	2,27	3	0,40	0,00	Sabbia

Tab. 3.3.8 - Risultati dell'analisi granulometrica nell'area di Pesaro.

Osservando le figure 3.3.25, 3.3.26 e 3.3.27 e con riferimento alla tabella citata, si evince chiaramente come la composizione dei sedimenti di tutti i campioni della spiaggia di Pesaro sia sabbiosa. La percentuale di sabbia riscontrata è sempre superiore al 95%, la classe modale è 3 ϕ (sabbia fine) tranne nella stazione 2 di agosto dove è 2 ϕ (sabbia media). Il coefficiente di cernita indica che il sedimento nelle stazioni 2 di marzo e giugno e 3 di agosto e giugno è ben classato ($0,35 \div 0,50$) mentre nelle altre stazioni è solo discretamente classato ($0,50 \div 0,80$). La percentuale di materiale grossolano è sempre inferiore al 1,7% ad eccezione della stazione 3 di dicembre dove si trova il 3,58% di ghiaia. La percentuale di pelite si mantiene abbastanza costante in tutti i campioni variando tra 0,98% (stazione 2 di marzo) e 2,27% (stazione 3 di giugno).

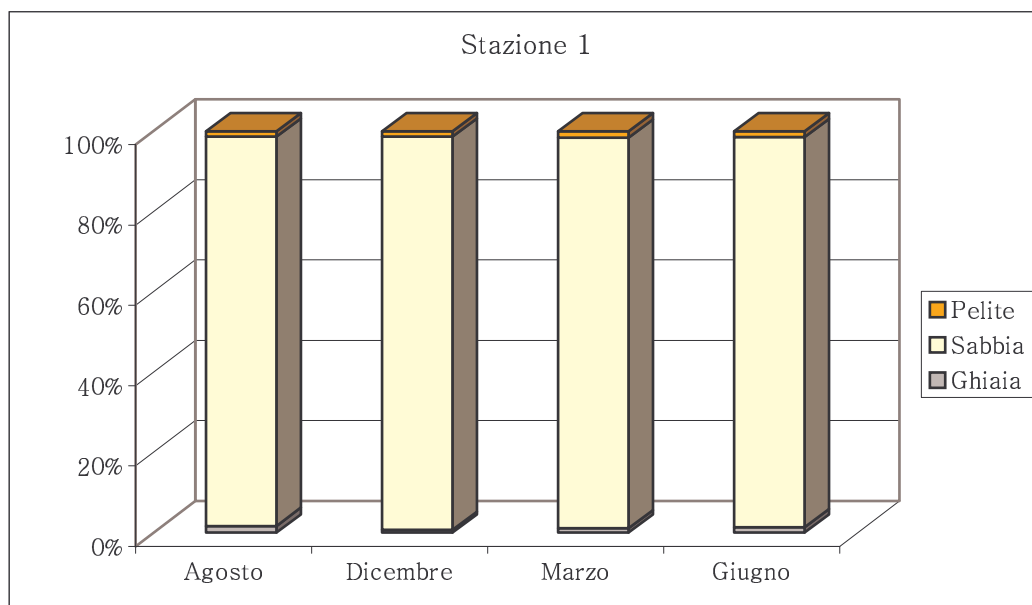


Fig. 3.3.25 – Composizione percentuale dei sedimenti nella stazione 1 di Pesaro.

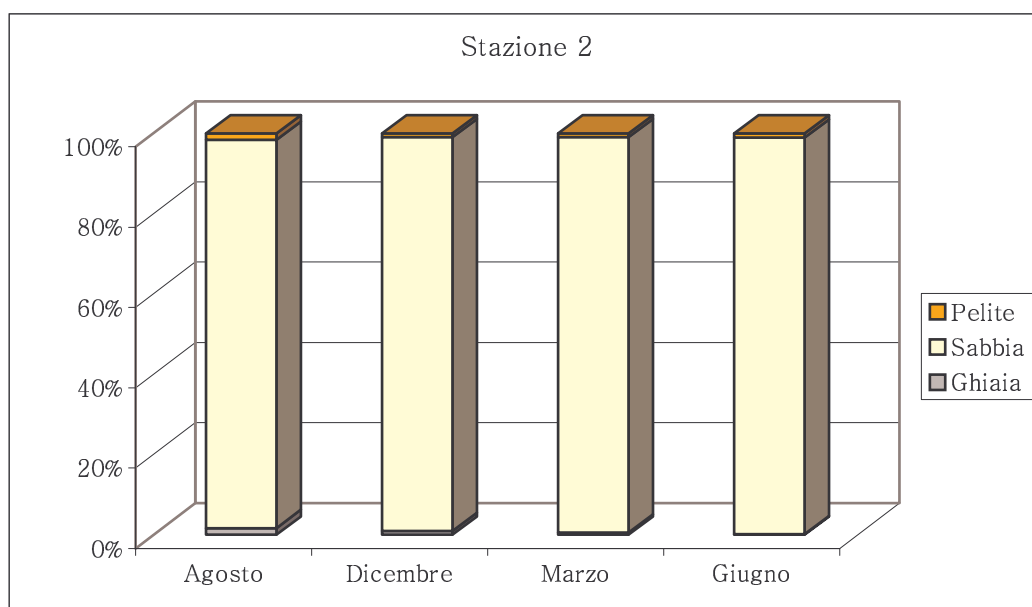


Fig. 3.3.26 – Composizione percentuale dei sedimenti nella stazione 2 di Pesaro.

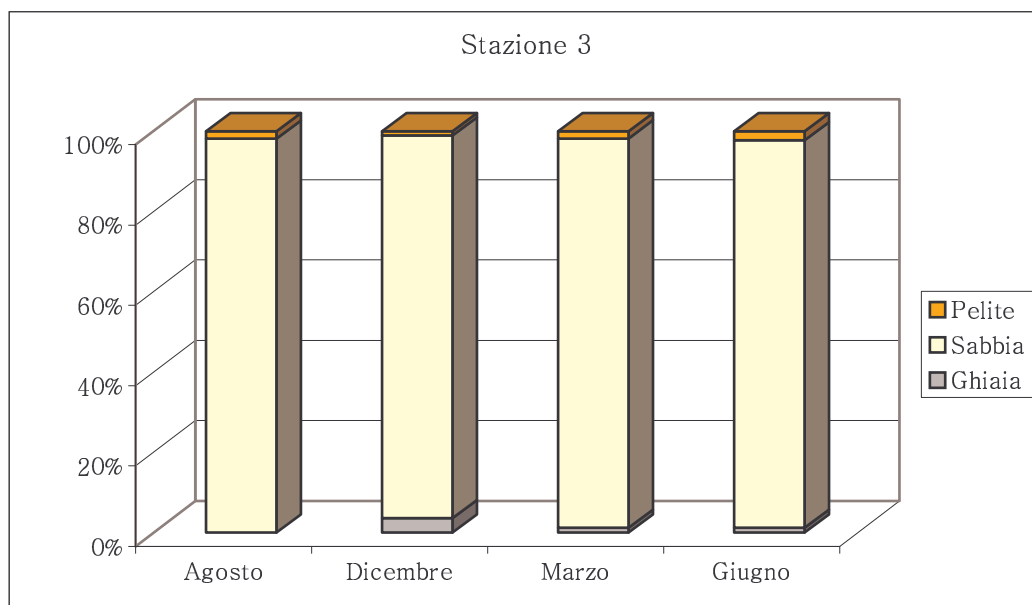


Fig. 3.3.27 – Composizione percentuale dei sedimenti nella stazione 3 di Pesaro.

4. DISCUSSIONE

4.1 Spiaggia di Fano

4.1.1 *Tessitura del sedimento*

La spiaggia di Fano è caratterizzata da sedimento sabbioso lungo tutto il transetto e per l'intero periodo di campionamento. La maggiore percentuale di ghiaia è stata riscontrata sempre nella stazione 2 di battigia. Questo aspetto può essere collegato al rimaneggiamento ad opera delle onde. Le onde maggiori tendono ad abbandonare il materiale grossolano nella parte superiore della battigia formando dei cordoni. I ciottoli più grandi e di forma piatta, capaci di opporre resistenza al trascinamento da parte della gravità e della pressione di risacca, rimangono confinati in questa zona, mentre il materiale più fine viene allontanato verso il largo (Ricci Lucchi, 1980). Nel mese di giugno le stazioni 1 e 2, in particolare, mostrano una maggiore concentrazione di ghiaia rispetto agli altri mesi. Questo fatto può essere imputato, più che ad una ridistribuzione naturale del sedimento ad opera del mare, allo spianamento artificiale della barra di foce, formatasi durante l'inverno per gli abbondanti apporti del torrente Arzilla, in vista della riapertura della stagione balneare. Questo intervento, effettuato nella seconda metà del mese di marzo, ha movimentato il materiale grossolano della barra lungo la riva, dove è stato rinvenuto nel mese di giugno a causa del basso grado di rimaneggiamento da parte delle onde. Infine, la frazione pelitica presenta le maggiori percentuali nella stazione 3 sommersa e protetta dalle barriere artificiali. A questo andamento generale fa eccezione la stazione 1 di agosto caratterizzata dalla quantità maggiore di pelite, fenomeno forse dovuto alla riduzione del trasporto eolico e dell'idrodinamismo che ne hanno permesso l'accumulo nella zona emersa.

4.1.2 *Disponibilità alimentare*

La sostanza organica totale (TOM) contenuta nei sedimenti è utilizzata come una misura grossolana del cibo potenzialmente disponibile presente nell'area di studio. I valori riscontrati nella spiaggia di Fano sono confrontabili con quelli rinvenuti nelle spiagge ghiaiose del golfo ligure (Covazzi Harriague et al., 2000), mentre risultano molto bassi rispetto a quelli segnalati alla foce del fiume Arno (Fabiano e Danovaro, 1994),

indicando chiaramente la differente portata e quindi il minore apporto del torrente Arzilla. Questo parametro è caratterizzato da un andamento piuttosto costante nella stazione 1, emersa, mentre presenta un andamento oscillante nella stazione 2 dove si riscontrano i valori più elevati nei mesi invernali. Tale situazione è probabilmente ascrivibile ad un maggior apporto ad opera del torrente Arzilla, cui farebbe riscontro la barra di foce formatasi nello stesso periodo. La stazione 3 presenta un andamento temporale con la graduale diminuzione della sostanza organica da agosto a giugno.

Le proteine sono sostanze organiche azotate (componenti essenziali della materia vivente) e costituiscono assieme ai lipidi ed ai carboidrati le componenti più importanti e più labili della sostanza organica (frazione Biopolimerica, BPF) e pertanto rappresentano una misura della frazione potenzialmente disponibile per tutti gli organismi che si nutrono ingerendo sedimento (Fichez, 1991a). Le concentrazioni di questa componente sono molto basse rispetto al contenuto totale di sostanza organica. I valori variano tra 61,80 e 119,60 $\mu\text{g/g}$ di sedimento secco, con una media di 0,082 mg/g contro 17,60 mg/g di TOM. Essi sono lievemente maggiori di quelli riscontrati nelle spiagge liguri a prevalente tessitura ghiaiosa (Briasco, 2000-2001), (in accordo con la diversa granulometria dei sedimenti), ma sono decisamente più bassi di quelli che normalmente si riscontrano in zone di mare più profondo (20÷60 metri) del Mar Tirreno dove i valori sono dell'ordine di 0,3÷1,7 mg/g (Fabiano e Danovaro, 1994) e dove si riscontra un maggior contenuto autoctono. Fichez (1991) sostiene che le tre componenti labili costituiscono solo una piccola parte della TOM, mentre Johnson (1977) ha riscontrato che la somma di proteine, lipidi e carboidrati, ne costituisce il 70÷100%. I bassi quantitativi riscontrati indicano, comunque, che la maggior parte del sedimento organico è costituito da materiale complesso meno degradabile (acidi umici e fulvici e carboidrati complessi). La concentrazione di proteine (PRT) mostra un generale aumento con la profondità indicando, probabilmente, che la sostanza organica nelle stazioni 1 e 2 è prevalentemente refrattaria, quindi costituita di materiale di origine terrigena, mentre nella stazione 3, sommersa, si riscontrerebbe, anche se molto basso, un certo contributo di produzione *in situ*. Il mese di dicembre si è dimostrato essere quello con la maggiore concentrazione di PRT che potrebbe essere indicativo di una relativamente elevata produzione *in situ* (in particolare nella stazione 3 dove sono alti sia il rapporto PRT/TOM che la concentrazione di clorofilla *a*) oppure di una fiorente attività batterica, dovuta ad un certo arricchimento organico. In molti recenti studi si è cercato di chiarire

l'importanza dell'arricchimento proteico dovuta alla biomassa microbica (Fabiano e Danovaro, 1994; Manini et al., 1997; Albertelli et al., 1999).

Il rapporto PRT/TOM è un importante indice di qualità dell'alimento. Esso mette in relazione la quantità totale di sostanza organica con la quantità di sostanza più labile e quindi potenzialmente disponibile per gli organismi. Quanto più tale rapporto è alto, tanto più la sostanza organica del sedimento costituisce cibo di buona qualità (Manini et al., 1997). La TOM nel sito di Fano è invece prevalentemente costituita da materiale refrattario, come conferma il rapporto PRT/TOM che è sempre inferiore all'1%. Tale rapporto mostra delle differenze (per quanto minime) e valori più elevati nelle stazioni sommerse.

Il microfitobenthos, costituisce un importante fonte di alimento per gli invertebrati bentonici, dai protozoi, alla meio e macrofauna (Montagna et al., 1983; Bianchi e Levinton, 1984; Plante et al., 1986) pertanto, conoscere la concentrazione e la distribuzione della clorofilla *a*, fornisce una stima della quantità di alimento disponibile per i più alti livelli trofici (Fabiano e Danovaro, 1994). Nello specifico, il microfitibenthos costituisce un'importante fonte alimentare per gli organismi deposivori (Miller et al., 1996). La concentrazione di CHLa nel sedimento, diversamente dai feopigmenti che rappresentano materiale fotosintetico ormai inattivo, è una misura della quantità di materiale fresco di origine vegetale. I valori di CHLa sono molto bassi e comunque in accordo con quanto ci si aspetta di trovare su una spiaggia dove, a causa dell'instabilità del substrato, la presenza di produttori primari non è significativa (Bally, 1994). La concentrazione media rinvenuta è di 0,43 µg/g, paragonabile a quella misurata all'esterno della piattaforma continentale nel sud Egeo, a nord dell'isola di Creta (Tselepides et al., 2000). In generale livelli bassi di CHLa suggeriscono che la produzione di ossigeno da parte del benthos è trascurabile (Della Croce et al., 1997).

Nell'area di Fano questa componente rispecchia sostanzialmente l'andamento delle proteine, mostrando un generale aumento con la profondità. La maggiore concentrazione di clorofilla *a*, osservata nella stazione 3 di agosto, potrebbe rappresentare il risultato di una relativamente intensa attività vegetale durante i mesi estivi. Le diatomee bentoniche viventi sui fondi sabbiosi e fangosi dell'Adriatico potrebbero aver sostenuto attivamente questa produzione (Piccinetti, 1989). Nella stessa stazione non si registra un'elevata quantità di feopigmenti, indicativi della presenza di fitodetrito ormai inattivo. La concentrazione di CHLa sembra avere un certo andamento stagionale raggiungendo i minimi valori nel mese di marzo, quando la temperatura, la salinità delle acque e

soprattutto il grado di trasparenza delle stesse possono determinare un calo nella produzione di biomassa fitobentonica, per poi aumentare nuovamente in primavera. Il contenuto di feopigmenti è analogamente molto basso, in accordo con la bassa concentrazione di PRT e suggerisce l'assenza di inputs detritici.

Il rapporto CHLa/FEO permette di fare una stima sullo stato di salute del comparto autotrofo. Con un valore medio di 17,53, esso starebbe ad indicare che la situazione del comparto autotrofo è, in generale, produttivamente attiva.

Il rapporto CHLa/PRT rappresenta la quantità di proteine originate dalla biomassa microfitobentonica (Fabiano e Danovaro, 1994) ed indica che in media clorofilla *a* e proteine stanno in un rapporto di 1:2. Questo starebbe a significare che le proteine presenti non proverrebbero dalla produzione primaria *in situ* quanto piuttosto dall'attività batterica.

Il rapporto CHLa/TOM è praticamente trascurabile assumendo un valore medio di 0,02%. Questo potrebbe significare che la maggior parte della sostanza organica è di origine detritica (non vivente) ed eterotrofa (Pusceddu et al., 1997), ipotesi che avallerebbe il significato del basso rapporto PRT/TOM usato come indice di cibo e già esaminato (Navarro et al., 1993).

L'apporto di carbonio da parte della CHLa al carbonio organico totale è in media dell'1,26%, molto basso in particolare nella stazione 1 (0,61%) che indicherebbe il limitato contributo da parte del comparto autotrofo. La percentuale più alta è stata riscontrata invece nella stazione 3, con un valore medio di 2,45%, indicando come al carbonio organico giunga un contributo più importante dalla produzione primaria ad un metro di profondità ed in particolare nei mesi di agosto e marzo.

L'apporto delle proteine al pool del carbonio organico è in media più alto (1,8%) rispetto a quello della CHLa pur mantenendone lo stesso andamento con l'aumento dalla stazione 1 alla 3. Inoltre, le stazioni 1 e 2 forniscono apporti al carbonio totale maggiori rispetto al comparto autotrofo nelle corrispondenti stazioni anche se questa tendenza si inverte nella stazione sommersa. Da questo si evincerebbe che nelle stazioni 1 e 2 l'apporto maggiore al carbonio sarebbe dato da proteine di origine degradativa o da materiale alloctono, mentre nella stazione 3 proverrebbe da produzione *in situ*.

4.1.3 *Meiobenthos*

4.1.3.1 *Densità delle comunità*

In generale i valori di densità riscontrati nelle stazioni sommerse, ad 1 metro di profondità, sono più alti di quelli riscontrati nel Mar Ligure alla stessa profondità (Marrale, 2001).

Nella stazione 1 si osserva l'aumento delle densità fino al mese di marzo, cioè durante i mesi invernali e questa situazione potrebbe essere spiegata con una minore pressione turistica. Inoltre, mentre l'aumento da agosto a dicembre è accompagnato dallo stesso andamento della CHLa, la crescita nel mese di marzo potrebbe essere data dall'aumento dei feopigmenti, ossia dalla degradazione dei fitopigmenti ad opera dei batteri che a loro volta sosterrrebbero la crescita della densità sotto forma di alimento. La forte diminuzione registrata a giugno sarebbe invece correlabile con l'aumento della granulometria del sedimento, unita ad una leggera diminuzione di CHLa ed all'assenza totale di fitodetrito. E' stata, infatti, trovata una correlazione significativa del coefficiente di asimmetria dei sedimenti con la TOM ($r = -0,67$; $p \leq 5\%$) e con il rapporto CHLa/FEO ($r = 0,60$; $p \leq 5\%$). La correlazione negativa indicherebbe che la TOM dovrebbe trovarsi in concentrazioni maggiori in corrispondenza di sedimenti caratterizzati da code di materiali grossolani, mentre il legame tra la sostanza organica, gli inquinanti ed i nutrienti, dovrebbe avvenire nelle frazioni fini (Colantoni, 1981), il che confermerebbe la natura alloctona di questa grandezza.

Nella stazione 2 si osserva la crescita della densità da agosto a dicembre e la successiva diminuzione a marzo, che si accompagnerebbe all'andamento della quantità e della qualità della TOM. La sostanza organica sedimentata infatti, rappresenta la maggiore fonte di cibo per i detritivori meiobentonici e per la maggior parte della meiofauna (Pfannkuche et al, 1987). Nel mese di giugno si ha invece una notevole diminuzione di densità nonostante aumenti la qualità della sostanza organica. Questo non dovrebbe stupire in considerazione di un forte aumento della componente ghiaiosa, associato come detto allo spianamento della barra di foce e del fatto che con la primavera la battigia torna ad essere frequentata.

Nella stazione 3 non si osservano particolari andamenti stagionali. Nei mesi di agosto e dicembre, nonostante il confronto tra le condizioni ambientali indichi una situazione più favorevole nel mese estivo, le densità sono praticamente identiche probabilmente perché è la pressione turistica

a fungere da agente limitante. Il massimo di marzo è accompagnato, sembra, da un aumento di fitodetrito e quindi di batteri degradatori. Nel mese di giugno, pur migliorando la situazione trofica, si ripresenta la stessa dinamica dell'agosto precedente.

4.1.3.2 *Composizione delle comunità*

Durante l'intero periodo di campionamento il phylum dominante è stato quello dei Nematoda (80%), la cui presenza si accompagnerebbe con la qualità della sostanza organica. Infatti esiste una correlazione significativa tra la loro densità ed il rapporto PRT/TOM ($r = 0,61$; $p \leq 5\%$) che confermerebbe questa relazione. A seguire, con il 6% delle presenze ci sono i copepodi per i quali si ipotizza invece un legame con i pigmenti clorofilliani alla luce delle seguenti correlazioni significative: CHLa *vs* Copepoda ($r = 0,9$; $p \leq 0,1\%$); FEO *vs* Copepoda ($r = 0,99$; $p \leq 0,1\%$); CHLa/PRT *vs* Copepoda ($r = 0,84$; $p \leq 0,1\%$); CHLa/TOM *vs* Copepoda ($r = 0,81$; $p \leq 1\%$). Per supportare questa ipotesi è possibile osservare come anche il rapporto Na/Co sia legato da una correlazione positiva al rapporto CHLa/FEO ($r = 0,91$; $p \leq 0,1\%$) da cui si potrebbe dedurre che il reclutamento dei Copepoda sia particolarmente attivo in presenza di un sano comparto autotrofo.

Nella stazione 1 si osserva la dominanza dei Nematoda in tutti i mesi ad eccezione di dicembre in cui prevalgono i Rotifera con il 34%. Poiché questo phylum è in genere associato agli ambienti d'acqua dolce, la sua dominanza si potrebbe legare con il maggiore apporto ad opera del torrente Arzilla caratteristico del periodo. Per sostenere questa ipotesi si può osservare il successivo mese invernale in cui, pur dominando i nematodi, si registra ancora l'11% di Rotifera. Nei mesi estivi si osserva una diminuzione del numero di taxa che potrebbe spiegarsi con il maggior carico turistico, anche se, gli indici di diversità (H') e di equitabilità (J) segnalerebbero che la comunità risentirebbe maggiormente di questa pressione nel mese di giugno.

Nella stazione 2 è eclatante la dominanza dei rotiferi nel mese di dicembre con il 58%, probabilmente ancora influenzata dal torrente Arzilla come nella stazione emersa, cui fa seguito un'elevata percentuale anche a marzo (14%) nonostante diventino nuovamente dominanti i nematodi. Questo legame tra abbondanza dei rotiferi e portata del torrente Arzilla, sarebbe supportata dalla correlazione significativa con la TOM ($r = 0,78$; $p \leq 1\%$) e con le PRT ($r = 0,75$; $p \leq 1\%$) che confermerebbe la natura alloctona della sostanza organica. Nel mese di giugno, diminuendo gli

apporti d'acqua dolce tornano a dominare i nematodi. Inoltre la presenza dei turbellari nelle stazioni di battigia dei mesi di dicembre e marzo, si potrebbe associare alla presenza di ghiaie ed all'aumento dell'idrodinamismo. Infine è da notare la variazione del numero di taxa allo stesso modo di quanto osservato nella stazione 1.

Nella stazione 3 sono sempre dominanti i nematodi in accordo con la diminuzione della granulometria dei sedimenti. Questa stazione sembra essere la meno disturbata dagli apporti del torrente Arzilla come confermerebbero la quasi totale scomparsa dei rotiferi e la presenza tutti i mesi dei copepodi, in particolare ad agosto con il 29%, in accordo con la maggiore temperatura. Simile composizione è stata osservata nel Mar Ligure (Covazzi et al., 2000). Per quanto riguarda il numero di taxa e gli indici di diversità ed equitabilità, non si possono azzardare ipotesi dal momento che è stata conteggiata soltanto un'aliquota di campione per cui i taxa rappresentati da uno o pochi individui potrebbero essere stati trascurati.

La maggiore stabilità della stazione sommersa sembrerebbe trovare conferma nel dendrogramma (figura 4.4.1) basato sull'indice di similarità di Bray-Curtis.

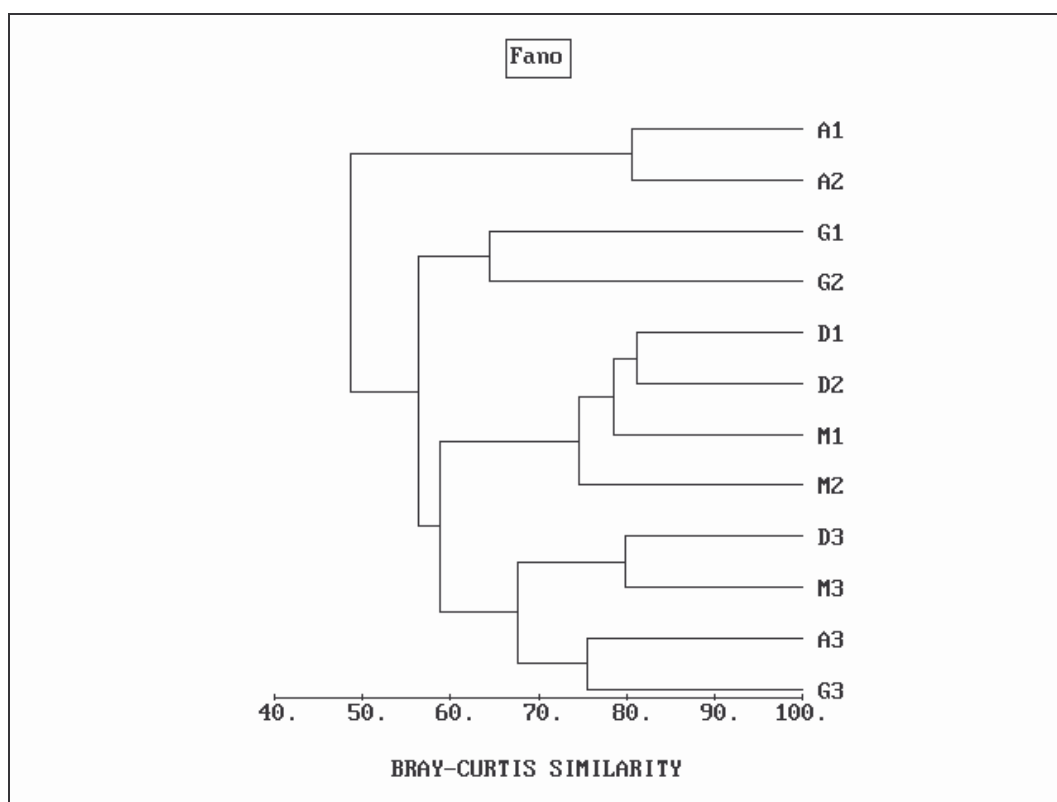


Fig. 4.1.1 - Dendrogramma relativo alle densità di ciascuna stazione di Fano nei quattro mesi di campionamento.

In esso è possibile notare come, nelle stazioni 3, siano presenti le comunità meglio strutturate, in particolare nei mesi freddi, che formano un gruppo distaccato. Le stazioni 1 e 2, invece, sembrerebbero accoppiarsi su scala temporale piuttosto che per la dinamica ambientale. Questo confermerebbe forse il disturbo da parte del torrente Arzilla sia alle comunità della spiaggia emersa che della battigia.

4.1.3.3 *Biomasse dei Nematoda*

La biomassa dei nematodi intesa come peso secco degli organismi, carbonio ed azoto organici, sembrerebbe essere legata alla qualità della sostanza organica, secondo la correlazione significativa $r = 0,61$; $p \leq 5\%$.

4.2 Spiaggia di Fosso Sejore

4.2.1 *Tessitura del sedimento*

I sedimenti della spiaggia di Fosso Sejore sono classificati come sabbiosi ad eccezione delle stazioni 2 di agosto e dicembre in cui si riscontrano le maggiori quantità di materiale ghiaioso. Tutto il materiale grossolano rinvenuto nelle stazioni 1 e 2 è costituito di tritume conchigliare di grosse dimensioni tra cui, sono spesso evidenti, frammenti di mitili. L'opinione in merito è che l'energia delle onde che si infrangono sulle scogliere, non riparate dal molo a differenza di quanto avviene a Fano, sia tale da frammentare e trasportare verso riva i gusci dei bivalvi presenti che vanno ad accumularsi sulla battigia. La presenza di ciottoli uniti al materiale di natura organogena lascia comunque pensare che il fosso Sejore, seppure di modesta portata, sia, o sia stato, vettore di trasporto di materiale grossolano che resta confinato alla foce dello stesso. A conferma di ciò è possibile notare la sottile barra di materiale grossolano, longitudinale al corso d'acqua, presente nel tratto terminale del fosso citato (figura 2.1.6). In generale nella stazione sommersa si osserva la minima percentuale di materiale grossolano e la maggiore di pelite. Fa eccezione il campionamento di marzo che registra la percentuale maggiore di pelite nella stazione 2 di battigia. Questo fatto può far pensare ad una riduzione dell'idrodinamismo che avrebbe consentito al materiale fine in sospensione di depositarsi, essendosi interrotto il trasporto di materiale grossolano da parte del mare e del fosso Sejore.

4.2.2 *Disponibilità alimentare*

Il contenuto di sostanza organica presenta valori medi di 18,67 mg/g di sedimento secco e mostra un andamento oscillante durante i quattro mesi di indagine.

E' possibile osservare un andamento spaziale. In genere il contenuto di sostanza organica aumenta dalla stazione emersa a quella sommersa, ossia procedendo verso il largo, sia per l'aumento di materiali fini, sia per la diminuita risospensione ad opera delle onde (Fabiano e Danovaro, 1994). Nelle stazioni 1 e 2 si nota un aumento della TOM parallelamente all'aumento delle ghiaie che sono essenzialmente costituite da tritume conchigliare. Questo potrebbe far pensare che la sostanza organica sia data oltre che dall'apporto del fosso Sejore dalla gran quantità di organismi spiaggiati. La stazione 3 presenta la quantità maggiore di sostanza

organica nel mese di dicembre associata forse ad una bassa pressione alimentare, in questo mese si riscontra infatti la minore densità faunistica e valori quasi uguali nei mesi più caldi forse a causa di una diminuita capacità autodepurativa del corso d'acqua associata ad un maggiore carico inquinante tipico dei mesi estivi.

Le concentrazioni di proteine riscontrate sono confrontabili, anche se mediamente più alti, con quelli osservati nella spiaggia ligure di Varazze (Briasco, 2000–2001).

Nel complesso la zona di Fosso Sejore sembra risentire degli apporti esterni piuttosto che di una certa produzione *in situ*. La concentrazione di PRT e meglio ancora il rapporto PRT/TOM, indice di qualità della sostanza organica, che assume valori percentuali molto bassi soprattutto nei mesi di agosto e dicembre, sembrano confermare l'ipotesi di una sostanziale natura refrattaria della sostanza organica e quindi di un apporto esterno. In genere la concentrazione di PRT mostra un gradiente spaziale, aumentando dalla stazione emersa a quella sommersa, mentre non mostra un chiaro andamento temporale. Nel mese di giugno si osservano i maggiori contenuti di proteine nonché i maggiori valori del rapporto PRT/TOM. In particolare nella stazione 3 l'elevato contenuto di PRT e l'altrettanto elevato valore del rapporto, pari a 0,85%, sembrerebbero indicare che si tratterebbe di materiale organico autoctono. Ad agosto, invece, ad una elevata concentrazione di PRT corrisponde un'altrettanto elevato contenuto di TOM, pertanto si hanno bassi valori del rapporto PRT/TOM e scarsa qualità dell'alimento. Quanto detto si correlerebbe con la situazione di degrado ambientale riscontrata nel campionamento di agosto quando l'elevata quantità di bivalvi morti osservati nella stazione sommersa e nella battigia, indicava una probabile stagnazione delle acque.

Le concentrazioni di clorofilla *a* si mantengono sempre su valori molto bassi e mostrano un lieve aumento dalla stazione 1 alla 3 soltanto nei mesi più caldi, pur non raggiungendo mai i valori osservati nella zona di Fano. Le concentrazioni di CHLa riscontrate in questa spiaggia sono poco più basse di quelle osservate alla foce del fiume Arno (Fabiano e Danovaro, 1994), dove, la presenza delle acque del fiume sembra influenzare la biomassa microfitobentonica, modificando soprattutto la trasparenza dell'acqua. E' comunque presente una certa stagionalità dal momento che nei mesi più caldi sono stati riscontrati i valori più alti. I feopigmenti registrano valori molto bassi, simili a quelli della foce dell'Arno (Fabiano e Danovaro, 1994) ed indicano il mancato apporto di fitodetrito.

Il rapporto CHLa/FEO, con un valore medio di 4,7, indica la presenza di un comparto autotrofo attivo anche se in misura minore rispetto alla spiaggia di Fano.

Il rapporto CHLa/PRT è in media dello 0,31%, inferiore a quello osservato a Fano, indicando come, in questa spiaggia, il comparto autotrofo contribuirebbe ancor meno alle proteine presenti, che sarebbero quindi di origine alloctona.

Il rapporto CHLa/TOM è in media uguale a zero. Questo starebbe ad indicare una quantità di CHLa trascurabile rispetto alla sostanza organica totale che sarebbe quindi per lo più di origine detritica, non vivente, ed eterotrofa.

L'apporto di carbonio organico da parte della CHLa è in media dello 0,55% (meno della metà di quanto osservato a Fano) e con un andamento crescente, anche se poco marcato, dalla stazione 1 alla 3 con valori medi rispettivamente di 0,5% e 0,61%, il che starebbe ad indicare come il comparto autotrofo, sebbene relativamente attivo, contribuisca poco al pool di carbonio organico totale.

L'apporto di carbonio da parte delle proteine al totale è in media dell'1,78%, quindi confrontabile con quanto osservato a Fano. Anche in questa spiaggia sembrerebbe dunque che il contributo alloctono o di origine degradativa prevalga su quello della produzione primaria.

4.2.3 *Meiobenthos*

4.2.3.1 *Densità delle comunità*

In generale i valori di densità riscontrati a Fosso Sejore nelle stazioni sommerse sono molto più elevati di quelli rinvenuti nel Mar Ligure alla stessa profondità (Marrale, 2001).

Nella stazione 1 si osserva l'aumento delle densità medie da agosto a marzo, forse dovuto alla riduzione del carico turistico. In particolare, la crescita da agosto a dicembre è accompagnata dall'aumento e contemporaneo miglioramento della qualità della sostanza organica, oltre ad un lieve aumento della CHLa ed alla diminuzione di feopigmenti, che indicherebbero la presenza di un comparto autotrofo in buona salute. Al successivo aumento fino a marzo corrisponderebbe la diminuzione della sostanza organica, in accordo con la maggiore pressione alimentare, giustificata dal fatto che la quantità di proteine rimane costante garantendo una buona qualità dell'alimento. Inoltre, nello stesso periodo si assisterebbe alla riduzione della CHLa a favore di un aumento di

feopigmenti, per cui gli stessi batteri decompositori potrebbero contribuire ad alimentare la popolazione in crescita. Nel mese di giugno, nonostante la presenza di una buona situazione trofica con l'aumento nella qualità e quantità della sostanza organica, nonché la scomparsa dei feopigmenti, si registra un valore molto basso di densità, forse dovuto alla riapertura della stagione balneare dal momento che su questa spiaggia è presente un campeggio.

Nella stazione 2 si osservano in generale densità molto basse forse a causa della maggiore percentuale di ghiaia riscontrata sulla battigia, anche se non sono state individuate correlazioni significative con la granulometria. Nel mese di marzo si verifica un leggero aumento pur senza una situazione trofica particolarmente favorevole. La riduzione della densità da agosto a dicembre sembra essere accompagnata da un miglioramento generale sia del pool organico che del comparto autotrofo, nonché dalla riduzione del sorting del sedimento, per cui è inevitabile supporre che questa dinamica sia determinata da fattori non rilevabili dai dati a disposizione. Nel mese di giugno infine si rileva la stessa dinamica osservata nella stazione emersa.

Nella stazione 3 sono presenti densità molto più elevate ad indicare che essa è forse meno influenzata sia dalla frequentazione turistica che dagli apporti del fosso. La diminuzione da agosto a marzo sembra essere accompagnata da una riduzione della qualità dell'alimento, che diventerebbe meno appetibile e dell'attività degradativa della CHLa, per cui, pur migliorando relativamente il comparto autotrofo, verrebbero a mancare i batteri come fonte di cibo. Allo stesso modo, i microfitodecompositori sembrerebbero contribuire all'aumento di densità di marzo. Infine, nel mese di giugno la densità raggiungerebbe il suo valore massimo assieme alla migliore qualità della sostanza organica ed al più basso valore di sorting, per il quale esisterebbe una correlazione positiva con il rapporto CHLa/FEO ($r = 0,59$; $p \leq 5\%$).

4.2.3.2 *Composizione delle comunità*

Durante l'intero periodo di campionamento è risultato dominante il phylum dei Nematoda (87%), la cui presenza si correlerebbe positivamente con le proteine ($r = 0,78$; $p \leq 1\%$), con il rapporto PRT/TOM ($r = 0,64$; $p \leq 5\%$) e con i pigmenti clorofilliani secondo le correlazioni positive: CHLa vs Nematoda ($r = 0,58$; $p \leq 5\%$), FEO vs Nematoda ($r = 0,66$; $p \leq 5\%$) e, in conseguenza con C*CHLa ($r = 0,58$; $p \leq 5\%$) e C*PRT ($r = 0,78$; $p \leq 1\%$).

Il secondo taxon numericamente importante a Fosso Sejore è quello dei copepodi (6%), i quali sarebbero correlati positivamente con le proteine in base a: PRT vs Copepoda ($r = 0,76$; $p \leq 1\%$), PRT/TOM vs Copepoda ($r = 0,72$; $p \leq 1\%$) e C*PRT vs Copepoda ($r = 0,76$; $p \leq 1\%$).

E' interessante al riguardo notare anche le correlazioni positive Na/Co vs CHLa/PRT ($r = 0,77$; $p \leq 1\%$) e Na/Co vs CHLa/FEO ($r = 0,65$; $p \leq 5\%$) che sembrerebbero indicare come, allo stesso modo di Fano, il reclutamento dei copepodi necessita di un comparto autotrofo produttivo.

Nella stazione 1 dominano i copepodi ad agosto (76%) forse in accordo con l'alta temperatura estiva ed i rotiferi a dicembre (63%). Il protrarsi dei rotiferi anche a marzo con il 5% è probabilmente collegato alle portate del fosso, come indicherebbe anche l'aumento di sostanza organica che confermerebbe, a sua volta, la propria natura alloctona. Nei mesi di marzo e giugno dominano i nematodi rispettivamente con il 49% ed il 72% forse a seguito del miglioramento della qualità dell'alimento. Quest'ultimo elemento è probabilmente responsabile della presenza a marzo (10%) e a giugno (9%) anche dei turbellari, per i quali sarebbero state trovate delle correlazioni significative (positive) con le proteine come per i nematodi: PRT vs Turbellaria ($r = 0,64$; $p \leq 5\%$); PRT/TOM vs Turbellaria ($r = 0,76$; $p \leq 1\%$); C*PRT vs Turbellaria ($r = 0,64$; $p \leq 5\%$). Sono inoltre importanti a marzo i gastrotrichi (26%) che si correlerebbero positivamente con il rapporto CHLa/FEO ($r = 0,60$; $p \leq 5\%$). Nei mesi estivi inoltre, si conta il minore numero di taxa oltre a bassi valori di H' e J, forse a causa della forte pressione turistica che disturberebbe le comunità.

Nella stazione 2 sono nuovamente dominanti i copepodi ad agosto (76%) probabilmente per l'aumento di temperatura e del diametro medio del sedimento più che per la qualità dell'alimento. Negli altri mesi la dominanza torna ai nematodi, anche se sembrerebbero ancora importanti i rotiferi, a dicembre e a marzo, in accordo forse con le maggiori portate di acqua dolce ed i turbellari, negli stessi mesi, per i quali l'habitat ideale sembrerebbe essere dato da sedimento grossolano, relativamente ben assortito ed esposto ad una forte azione delle onde (Olafsson, 1991).

Infine, nella stazione 3 dominano soltanto i nematodi (con densità media del 92%), probabilmente influenzati dalla riduzione della granulometria dei sedimenti e del sorting, nonché da una buona qualità alimentare, in particolare a giugno, in cui infatti fanno registrare il massimo di densità. Con percentuali molto inferiori sono presenti i copepodi, in particolare a marzo e a giugno (7% e 8% rispettivamente). Questi ultimi sembrerebbero collegarsi più che a variazioni di granulometria o di temperatura, alla buona qualità alimentare associata ad

un grande abbondanza di feopigmenti, i quali starebbero ad indicare la degradazione in corso della sostanza organica (Tselepides et al., 2000) e quindi la presenza di un elevato numero di batteri decompositori che potrebbero contribuire al pool alimentare.

Osservando il dendrogramma nella figura 4.2.1, si nota per la stazione sommersa un raggruppamento distaccato con comunità strutturate meglio rispetto alla spiaggia di Fano, cui si aggiungono le stazioni 1 e 2 di marzo. Come a Fano, infatti, si riscontrano comunità meglio strutturate nello stesso periodo piuttosto che nella stessa stazione.

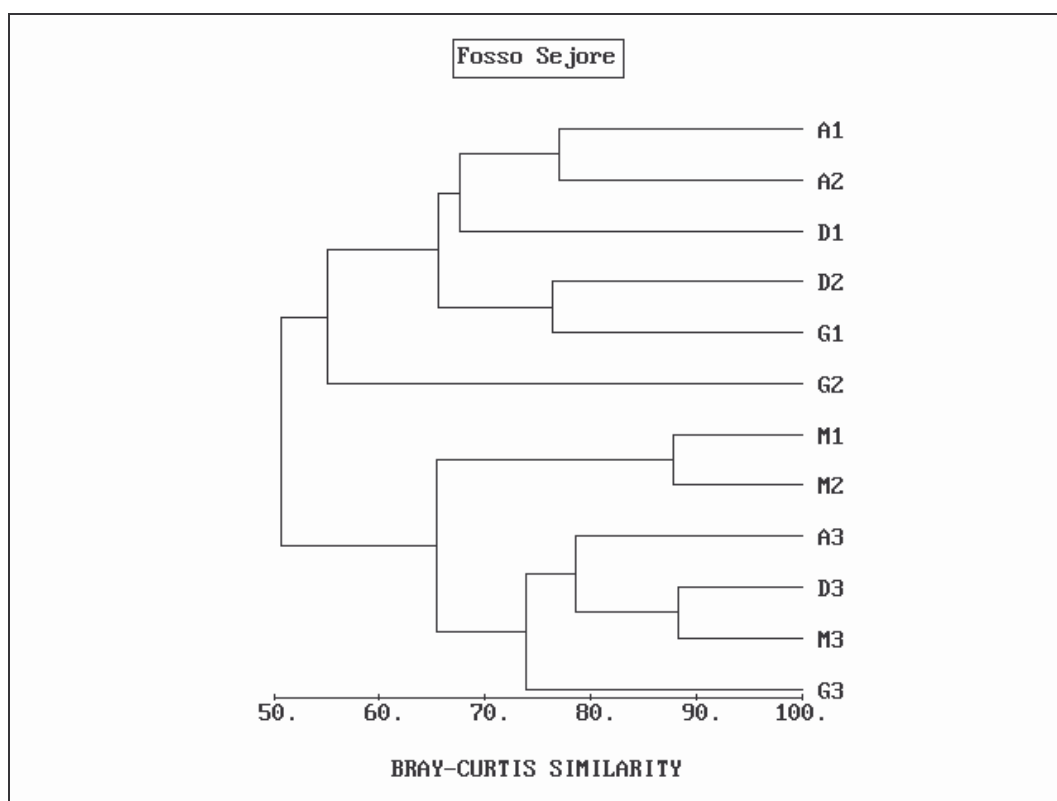


Fig. 4.2.1 – Dendrogramma relativo alle densità di ciascuna stazione di Fosso Sejore nei quattro mesi di campionamento.

4.2.3.3 Biomasse dei Nematodi

La biomassa dei nematodi intesa come peso secco degli organismi, carbonio e azoto organici, si correla positivamente con PRT ($r = 0,78$; $p \leq 1\%$); PRT/TOM ($r = 0,64$; $p \leq 5\%$); CHLa ($r = 0,58$; $p \leq 5\%$); FEO ($r = 0,66$; $p \leq 5\%$); C*CHLa ($r = 0,58$; $p \leq 5\%$) e C*PRT ($r = 0,78$; $p \leq 1\%$).

4.3 Spiaggia di Pesaro

4.3.1 *Tessitura del sedimento*

Il transetto di Pesaro è risultato costituito essenzialmente di sedimento sabbioso durante l'intero periodo di campionamento. Il materiale ghiaioso è presente in quantità minima e mostra, nei mesi di dicembre e marzo, un generale aumento passando dalla stazione 1 emersa, alla 3 sommersa. Questi granuli accumulatisi lontani dalla riva ed ad una certa distanza dalle scogliere, potrebbero essere spiegati con l'azione dei frangenti durante le forti burrasche che occorrono nei mesi freddi e che tenderebbero a formare una sorta di barriera sommersa con il materiale più grossolano. A parte questo, non si rilevano variazioni nella tipologia dei sedimenti nei diversi mesi di campionamento. Sapendo che il torrente Genica sfocia in mare solamente durante il periodo invernale, mentre nei mesi estivi il suo corso d'acqua viene deviato altrove, è possibile ritenere che la sua portata ed il suo percorso non siano tali da determinare trasporto di materiale grossolano. La percentuale di pelite si mantiene in sostanza costante in tutti i campioni esaminati.

4.3.2 *Disponibilità alimentare*

I contenuti di sostanza organica nel sedimento, osservati nella spiaggia di Pesaro, si mantengono mediamente su valori più bassi rispetto ai siti di Fano e Fosso Sejore. I valori riscontrati mostrano un evidente gradiente spaziale, aumentando dalla stazione emersa a quella sommersa, più accentuato nei mesi di agosto e di giugno e fatta eccezione per il mese di dicembre quando il contenuto maggiore si trova nella stazione 1, emersa. I valori di TOM sembrano mostrare anche un andamento stagionale, essendo mediamente più alti nei campionamenti di dicembre, marzo e giugno.

Quanto osservato, potrebbe essere il risultato di un maggior apporto da parte del torrente Genica che, infatti, a differenza del mese di agosto, nei mesi invernali sfocia in mare. Questo piccolo corso d'acqua attraversa dei terreni agricoli pertanto, nei mesi invernali e con le abbondanti piogge, può diventare vettore di trasporto di materiali vegetali e spesso di scarichi fognari non allacciati al servizio pubblico. Nella stazione 3, i contenuti di sostanza organica si mantengono quasi costanti, mostrando un valore più alto soltanto nel mese di giugno (15,56 mg/g) che potrebbe essere spiegato con la presenza di un certo grado di attività *in situ*, cui farebbe

riscontro un elevato rapporto PRT/TOM (0,98%), una relativamente alta concentrazione di fitopigmento attivo (0,60 µg/g) ed una totale assenza di feopigmenti (fitodetrito inattivo) riscontrato nello stesso periodo.

La concentrazione di proteine non mostra un andamento simile a quello riscontrato per la sostanza organica. I valori sono mediamente più alti di quelli riscontrati nella spiaggia di Varazze a prevalente tessitura ghiaiosa (Briasco 2000–2001). Nelle stazioni 1 e 2 è evidente lo stesso andamento temporale: i valori aumentano da agosto a dicembre per poi diminuire nuovamente. Questo andamento sembrerebbe in parte legato alla maggiore quantità di sostanza organica, infatti, come nel caso di quest'ultima, le concentrazioni di PRT sono più alte a dicembre, marzo e giugno piuttosto che nel mese di agosto. Contrariamente nella stazione sommersa (3), i valori diminuiscono gradualmente nei mesi invernali per poi aumentare a giugno, a conferma dell'ipotesi che la stazione sommersa sia quella che maggiormente risente della produzione *in situ* piuttosto che degli inputs esterni. In generale comunque, salvo delle piccole variazioni che probabilmente testimoniano la presenza di una misera attività autoctona, il rapporto PRT/TOM si mantiene su valori molto bassi, inferiori all'1% a differenza di quanto avviene in zone di mare più profondo. Questo sembrerebbe confermare che la spiaggia in esame deve il suo contenuto di sostanza organica principalmente agli apporti terrestri.

La concentrazione di clorofilla *a*, con un valore medio di 0,47 µg/g, si presenta bassa come negli altri due siti e comparabile con quella riscontrata in ambienti oligotrofici del Mar Ligure (Albertelli et al., 1999). La CHL*a* non mostra un evidente gradiente spaziale, fatta eccezione nel mese di agosto in cui la stazione 3 presenta un valore ben più elevato rispetto a quelli normalmente osservati (1,14 µg/g) cui fa riscontro il più alto valore di feopigmenti rilevato nella zona (la produzione primaria sembrerebbe essere aumentata anche nella colonna d'acqua e/o protrarsi dalla primavera). Questo potrebbe far pensare alla presenza di un certo grado di attività autotrofa in accordo, peraltro, con la presenza di una comunità ben strutturata. Simili caratteristiche si osservano a marzo nella zona di battigia. Diversamente appare la situazione nel mese di giugno, caratterizzato da un'elevata produzione in tutte e tre le stazioni e dalla mancanza di degradazione.

Il rapporto CHL*a*/FEO è sempre >1 ad indicare una relativa predominanza di pigmenti fotosinteticamente attivi.

Il rapporto CHL*a*/PRT è in media più alto (0,59%) rispetto agli altri due siti di campionamento. Questo starebbe ad indicare che la biomassa microfitobentonica è più della metà del detrito organico costituito dalle

proteine (Della Croce et al., 1997). Si potrebbe quindi pensare ad un maggiore apporto da parte della produzione primaria al pool proteico rispetto alle altre due spiagge.

Anche il rapporto $CHLa/TOM$ è il più alto tra i tre siti con un valore medio di 0,04% pur restando in sostanza trascurabile, confermando anche per questo sito l'origine prevalentemente detritica della sostanza organica.

L'apporto della clorofilla *a* al carbonio organico totale è in media dell'1,3%, confrontabile con la percentuale di Fano (quindi più del doppio rispetto a Fosso Sejore) di cui però non segue l'andamento dal momento che il valore minore si trova nella stazione 2 con una media di 1,2% ed il maggiore nella 3 (1,49%). Da sottolineare che nelle stazioni 1 e 3 i momenti di maggiore produzione sarebbero legati rispettivamente ai mesi di giugno ed agosto, periodi in cui viene interrotto lo sfocio al mare del torrente Genica, mentre nella stazione 2 esso corrisponderebbe, sebbene con valori minori, alla fine dell'inverno, forse associato all'inizio della produzione primaria nella colonna d'acqua.

Infine l'apporto delle proteine al carbonio organico, è risultato essere il maggiore tra le tre spiagge, con una media di 2,15% ed un andamento marcatamente crescente dalla stazione emersa a quella sommersa (1,9% e 2,5% rispettivamente). Inoltre, essendo questo contributo doppio rispetto a quello della $CHLa$, si potrebbe concludere che anche in questa spiaggia sarebbero le proteine a contribuire maggiormente al pool di carbonio organico nel sedimento.

4.3.3 *Meiobenthos*

4.3.3.1 *Densità delle comunità*

Le densità maggiori di meiofauna sono state riscontrate nei mesi di agosto 2000 e giugno 2001 associate, in particolare in primavera, ad una buona qualità dell'alimento ed ad una grande attività autotrofica. I bassi valori rinvenuti a dicembre ed a marzo nonostante la buona situazione trofica potrebbero essere indotti, oltre che dalle basse temperature, da fattori legati al torrente Genica ma non individuabili dai dati analizzati. La stessa dinamica si riscontra infatti anche nella stazione di battigia in cui nei mesi di dicembre e marzo sono presenti le migliori qualità alimentare ed attività autotrofica, ma le densità minori. Nella stazione 3 è possibile osservare lo stesso andamento delle due precedenti stazioni e con valori in generale molto maggiori di quelli rinvenuti nel Mar Ligure alla stessa profondità (Marrale, 2001), ma diversamente, le densità medie

corrisponderebbero alle condizioni trofiche, il che confermerebbe l'influenza del Genica nella distribuzione della dinamica delle popolazioni.

4.3.3.2 *Composizione delle comunità*

In generale il phylum dominante durante l'intero periodo di campionamento è stato quello dei Nematoda con una percentuale media annua dell'88%. La presenza di questo phylum sembrerebbe legata allo stato del comparto autotrofo, essendo stata trovata una correlazione positiva con i feopigmenti ($r = 0,59$; $p \leq 5\%$) che costituiscono i prodotti della disintegrazione della CHLa (Pfannkuche et al, 1987). A seguire, con una percentuale annua molto inferiore (4%) si trovano i Copepoda, per i quali però non sono state trovate correlazioni significative con i parametri esaminati. Lo stesso vale per Gastrotricha e Turbellaria, presenti con densità dell'ordine del 2%. Degno di nota è anche il rapporto Na/Co che con un valore medio di 0,55 indicherebbe che, nonostante presenti in grandi quantità, i copepodi non abbiano attraversato periodi di attivo reclutamento.

Nella stazione 1 si osserva la dominanza dei Nematoda in tutti i mesi ad eccezione del mese di agosto in cui sono presenti il 43% di copepodi probabilmente in accordo con la maggiore temperatura estiva, la maggiore percentuale di ghiaia (1,68%) ed un buon assortimento (0,70). I copepodi tendono quasi a scomparire nei mesi di dicembre e marzo, forse in accordo con la riduzione di granulometria e temperatura e tornano a giugno con il 6% di densità. Non essendo però state trovate correlazioni statistiche con i parametri granulometrici (a parte σ vs PRT $r = 0,65$; $p \leq 5\%$ e σ vs PRT/TOM $r = 0,69$; $p \leq 5\%$), si potrebbe anche pensare che la minore densità di questo taxa nei mesi freddi sia influenzata dagli apporti del torrente Genica piuttosto che dai fattori enunciati, ricordando le buone condizioni trofiche presenti. E' interessante notare la presenza dei Rotifera nel mese di marzo con il 25% di densità, probabilmente di nuovo legata agli apporti di acqua dolce del torrente Genica che durante l'estate non sfocia in mare. E' stata inoltre trovata una correlazione inversa dei rotiferi con la TOM ($r = -0,69$; $p \leq 5\%$), con il rapporto CHLa/PRT ($r = -0,59$; $p \leq 5\%$), con il contenuto di carbonio della TOM ($r = -0,69$; $p \leq 5\%$) e positiva con il rapporto PRT/TOM ($r = 0,68$; $p \leq 5\%$), il che potrebbe forse confermare la natura alloctona della sostanza organica. Nel mese di marzo, inoltre, è stato riconosciuto il numero maggiore di taxa anche se gli indici di equitabilità, J, e diversità, H', sembrano indicare comunità non molto strutturate.

Nella stazione 2 si ripresenta in linea di massima la dinamica appena osservata. I nematodi dominano in tutti i mesi senza eccezioni, probabilmente in relazione alla stabilità della zona mesolitorale che contrasterebbe con il dinamismo allo stesso livello in un mare con maree più accentuate. Nelle spiagge riparate, infatti, questa zona è soggetta ad una minore energia delle onde e la piccola dimensione dei granuli favorisce la presenza dei nematodi come gruppo più abbondante (Villora-Moreno et al., 1991).

I copepodi sono presenti invece con densità inferiori rispetto alla precedente stazione per motivi apparentemente non correlabili alla granulometria né alla situazione trofica. Nel mese di marzo si trovano ancora i rotiferi e questo confermerebbe l'influenza del torrente Genica sulla battigia e forse sui sensibili popolamenti di copepodi. Nel mese di giugno inoltre si riscontra il numero minimo di taxa e bassissimi valori di H' e J , forse determinati dalla riapertura della stagione balneare.

Nella stazione 3 dominano incontrastati i nematodi in tutte le stagioni in accordo con la maggiore percentuale di pelite con cui esiste una correlazione positiva ($r = 0,62$; $p \leq 5\%$). E' interessante notare la presenza dei copepodi che durante l'inverno mantengono le stesse densità rilevate nei mesi caldi e questo potrebbe far pensare che la temperatura non sia l'unico fattore ad influenzarne la distribuzione. Questa ipotesi sarebbe confermata dalla totale assenza dei rotiferi in questa stazione che contribuirebbe a dimostrare la minore influenza del torrente Genica.

Anche a Pesaro infatti, la stazione sommersa sembra presentare le comunità meglio strutturate, in particolare nei mesi freddi (figura 4.3.1).

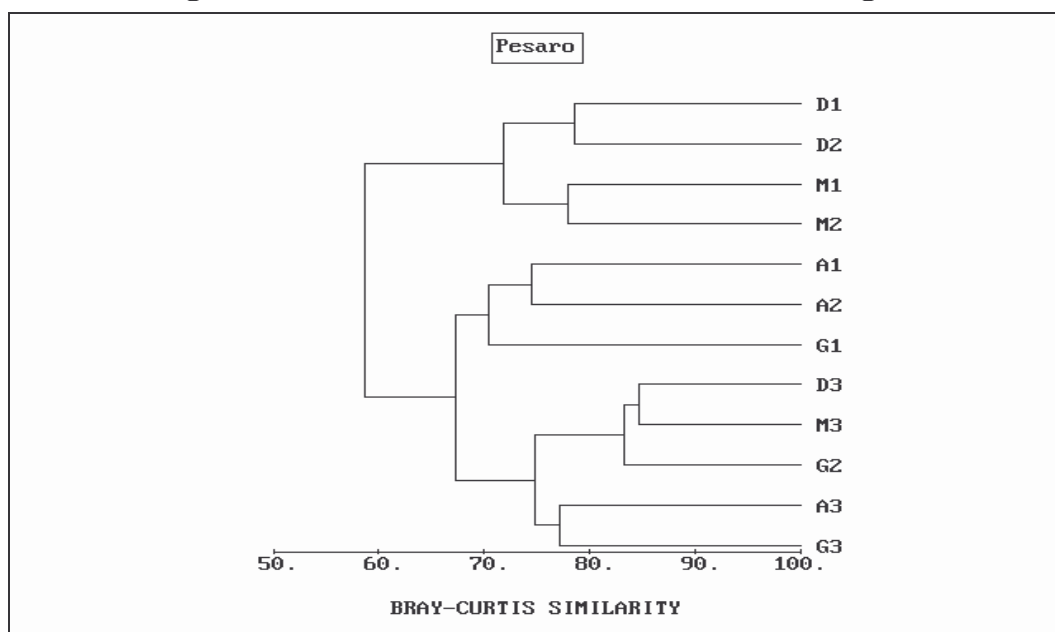


Fig. 4.3.1 - Dendrogramma relativo alle densità di ciascuna stazione di Fano nei quattro mesi di campionamento.

E' interessante notare anche il gruppo distaccato formato dalle comunità presenti nelle stazioni emersa e di battigia nei mesi di dicembre e marzo, in cui dovrebbe essere più significativo l'apporto del torrente Genica.

4.3.3.3 *Biomasse dei Nematoda*

La biomassa dei nematodi intesa come peso secco degli organismi e loro contenuto di carbonio ed azoto organici, è legata alla quantità di feopigmenti dalla correlazione positiva $r = 0,59$; $p \leq 5\%$. Importante la presenza di azoto organico forse legata all'utilizzo dei batteri come fonte di cibo, ipotesi indotta dalla correlazione con l'attività degradativa della clorofilla *a*.

4.4 Spiagge di Fano, Fosso Sejore e Pesaro: confronto dei dati

4.4.1 *Tessitura del sedimento*

Tutte e tre le spiagge esaminate sono caratterizzate dalla presenza di scogliere poste a 60÷70 metri dalla riva e parallele ad esse, per favorirne il ripascimento a fronte dell'intensa erosione verificatasi negli ultimi 20 anni. La messa in opera di queste barriere artificiali nella zona compresa tra Fano e Pesaro, ha dato i risultati sperati con un generalizzato avanzamento della linea di riva (Interventi di difesa della costa, Aquater, Regione Marche). Esse però, limitando la dinamica delle acque, hanno dato origine ad ambienti piuttosto stagnanti, dove è venuta a mancare la trasformazione del profilo di spiaggia nei mesi invernali, caratteristica delle zone di spiaggia non protette e quindi soggette alla normale dinamica delle onde e dei sedimenti. I tre siti sono, infatti, abbastanza omogeneamente costituiti da sabbia fine e le differenze riscontrate sono legate solo a fenomeni locali. L'accumulo di materiale grossolano nel sito di Fano nel mese di giugno, sarebbe legato allo spianamento artificiale della barra di foce formatasi per l'intenso trasporto del torrente Arzilla durante i mesi invernali (figura 4.4.1).

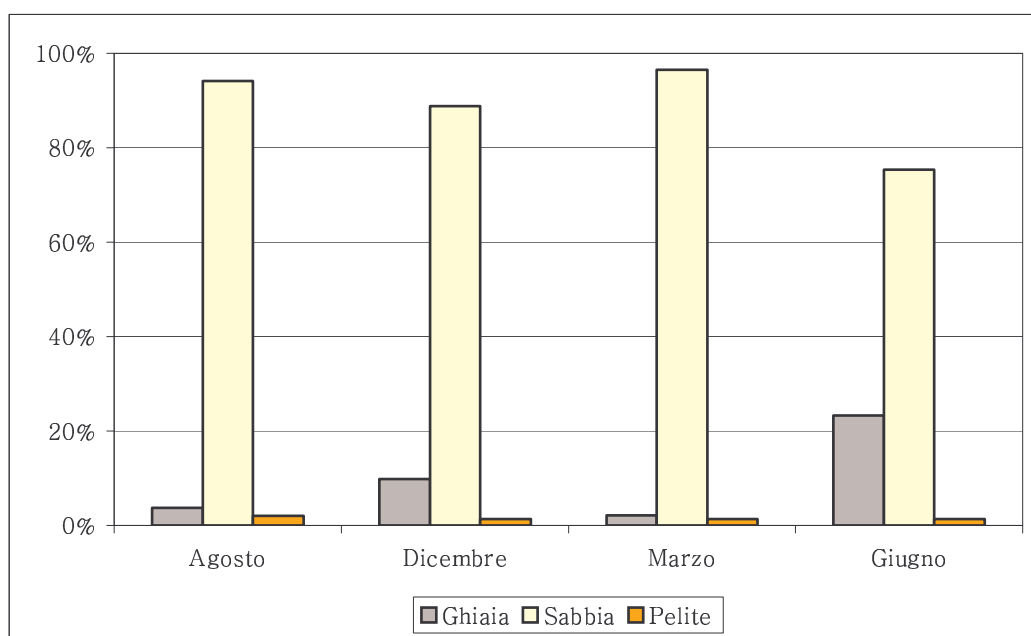


Fig. 4.4.1 – Composizione percentuale media del sedimento nell'area di Fano durante i quattro mesi di indagine.

La maggiore percentuale di ghiaia, costituita essenzialmente da tritume conchigliare, rinvenuta a Fosso Sejore nei mesi di agosto e

dicembre (figura 4.4.2), è probabilmente dovuta al trasporto di organismi dalla zona di mare prospiciente, forse legato ad un evento di stagnazione delle acque, come evidenziato, in studi precedenti, dalla presenza di un'elevata quantità di individui morti del bivalve *Lentidium mediterraneum* nel campionamento di agosto (Polidori, 2000-2001).

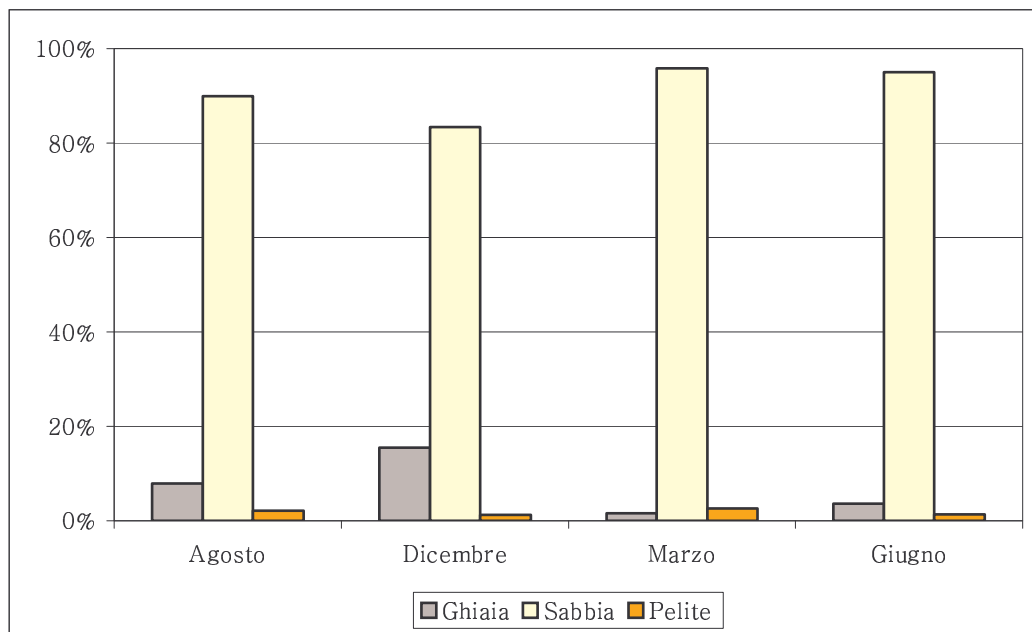


Fig. 4.4.2 - Composizione percentuale media del sedimento nell'area di Fosso Sejore durante i quattro mesi di indagine.

Infine, l'assenza di variazioni nel corso dell'anno nel sito di Pesaro, testimonierebbero il minore contributo da parte del torrente Genica all'apporto di materiale da terra (figura 4.4.3).

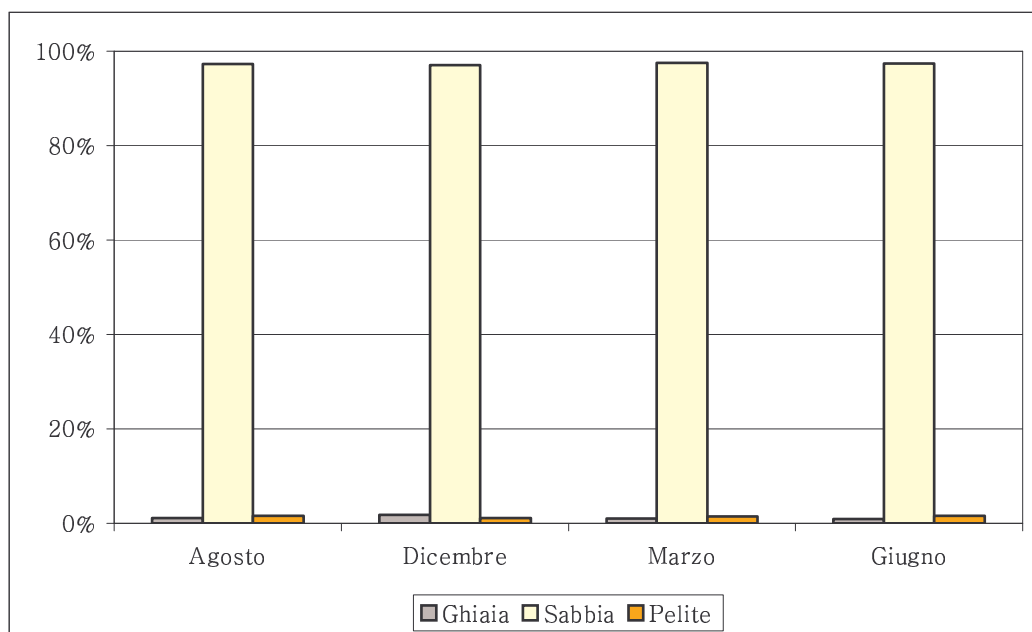


Fig. 4.4.3 - Composizione percentuale media del sedimento nell'area di Pesaro durante i quattro mesi di indagine.

4.4.2 Disponibilità alimentare

Confrontando il contenuto di sostanza organica nel sedimento presente nei tre siti durante tutto il periodo di campionamento, (figura 4.4.4), è evidente che i maggiori tenori di TOM si riscontrano nell'area di Fosso Sejure, seguita dalla spiaggia di Fano ed infine da quella di Pesaro.

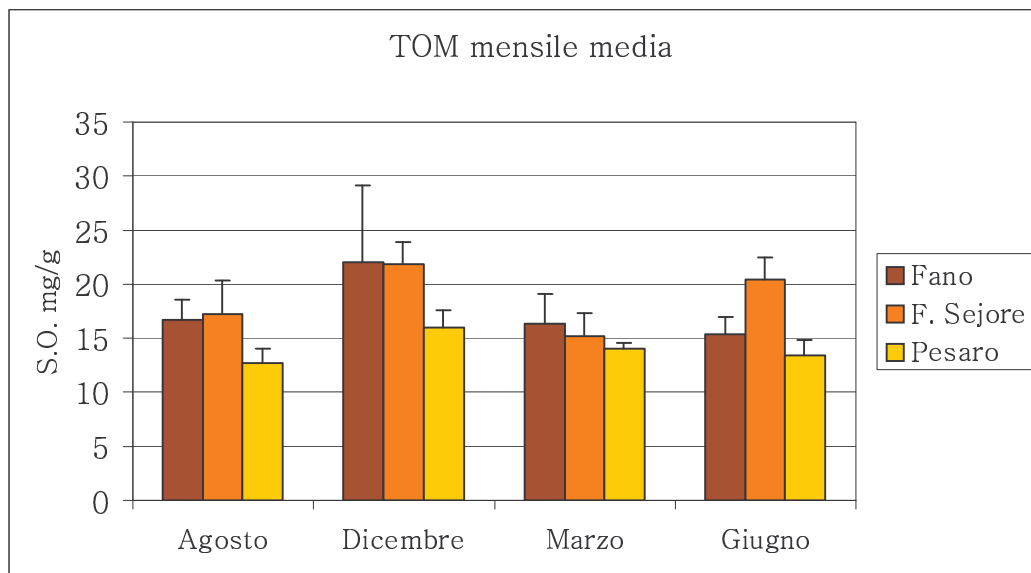


Fig. 4.4.4 - Andamento del contenuto di Sostanza Organica mediato per l'intero periodo di campionamento nei tre siti.

Il fosso Sejure, un corso d'acqua di cui non si hanno praticamente notizie se non limitatamente al suo breve percorso, attraversando terreni agricoli ed essendo sostanzialmente incontrollato potrebbe prendere in carico sostanze vegetali terrestri ed eventuali scarichi fognari non allacciati alla pubblica fognatura. A questo si aggiungerebbe una diminuita capacità autodepurativa, tipica dei corsi d'acqua minori che, durante l'estate, riducono notevolmente la loro portata. Il fatto che la quantità di TOM, che, da quanto visto precedentemente, è risultata essere di natura refrattaria, sia maggiore nella spiaggia di Fosso Sejure piuttosto che in quella di Fano, dove l'Arzilla è indubbiamente responsabile di un maggior apporto di acque, desta preoccupazioni sulla natura inquinante di questo corso d'acqua minore. Nelle spiagge di Fano e Pesaro la TOM sembra avere un andamento stagionale anch'esso collegato ai corsi d'acqua. Mentre nella spiaggia di Fano il campionamento autunnale è quello più ricco di sostanza organica, in accordo con i maggiori apporti fluviali legati alle abbondanti piogge del periodo, nella spiaggia di Pesaro il minore contenuto si osserva nel campionamento estivo, quando il torrente Genica non sfocia al mare.

Il confronto del contenuto di proteine nei tre siti (figura 4.4.5) può fornire un più approfondito strumento di indagine, dal momento che la quantità di questa componente fornisce una misura della bontà dell'alimento, ovvero della qualità della sostanza organica.

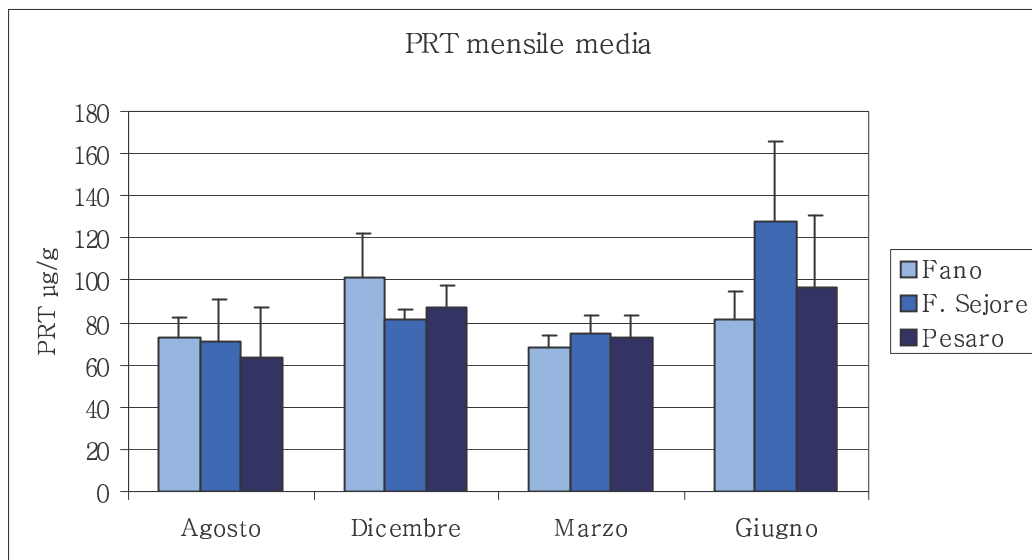
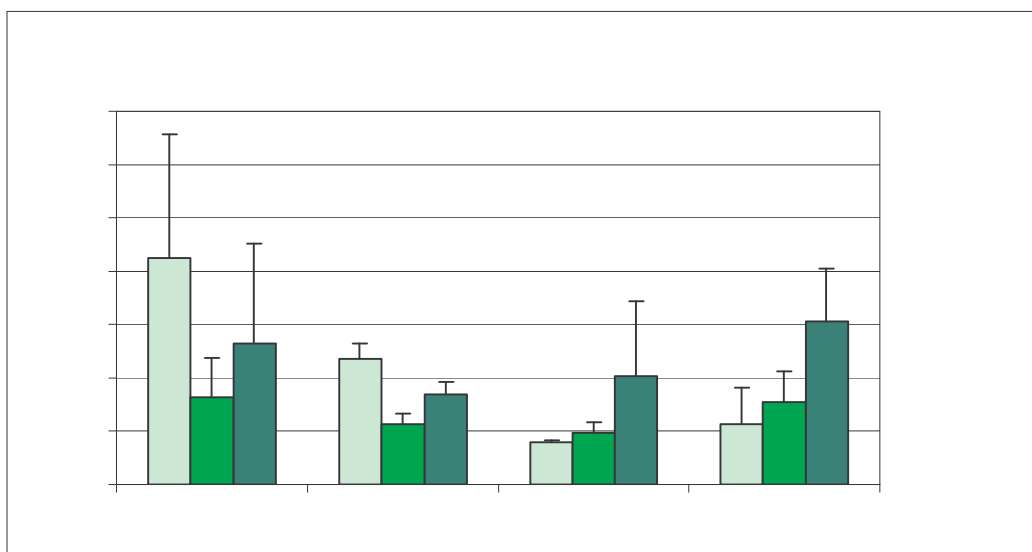


Fig. 4.4.5 - Andamento del contenuto di Proteine mediato per l'intero periodo di campionamento nei tre siti.

La concentrazione di PRT nel sedimento sembrerebbe seguire, in ciascuno dei tre siti, l'andamento della sostanza organica. Essa è risultata essere sempre molto bassa e quindi la qualità della sostanza organica nei tre siti è scarsa, fatta eccezione a giugno quando la sostanza organica presente sembrerebbe essere autoctona e con una maggiore componente labile.

Nella figura 4.4.6 sono riportati i valori di clorofilla *a*.



Essi mostrano, in ciascuno dei tre siti, un chiaro andamento stagionale con evidenti diminuzioni nei mesi di dicembre e marzo, pur mantenendosi su livelli molto bassi, che, come precedentemente detto, sono tipici delle zone di spiaggia (Bally, 1984).

Inoltre, nelle zone di foce, la produttività primaria dovrebbe essere sempre molto variabile a causa dell'elevata instabilità dovuta all'apporto di acque dolci che, in zone protette da scogliere come quelle in esame, rimangono confinate molto vicino a riva. La variazione di salinità, di temperatura e soprattutto di trasparenza dell'acqua determina i bassi valori di produzione (Fabiano e Danovaro, 1994) che solitamente si riscontrano alla foce di un corso d'acqua e che potrebbe aver contribuito all'andamento osservato, soprattutto nei mesi invernali quando le acque del fiume sono più fredde e più cariche di sedimenti. La biomassa microfitobentonica presenta le maggiori concentrazioni nella spiaggia di Pesaro, seguita da quelle di Fano e Fosso Sejore dove la concentrazione di CHLa registra dei valori molto bassi. In generale comunque la CHLa nei tre siti rimane circa un ordine di grandezza inferiore rispetto a quella rinvenuta nello Stagnone di Marsala (Pusceddu et al., 1997) confermando l'oligotrofia dei siti dato anche il minimo contributo alla TOM. Potremmo assumere quindi che in questi siti la maggior parte della sostanza organica sia di origine detritica (non vivente) ed eterotrofa.

Al contrario, la concentrazione di feopigmenti (figura 4.4.7), rappresentativi della quantità di fitodetrito, ossia di pigmento fotosintetico ormai inattivo, in tutti i mesi mostra i più alti valori nella spiaggia di Fosso Sejore, che probabilmente è caratterizzata da un maggior apporto detritico.

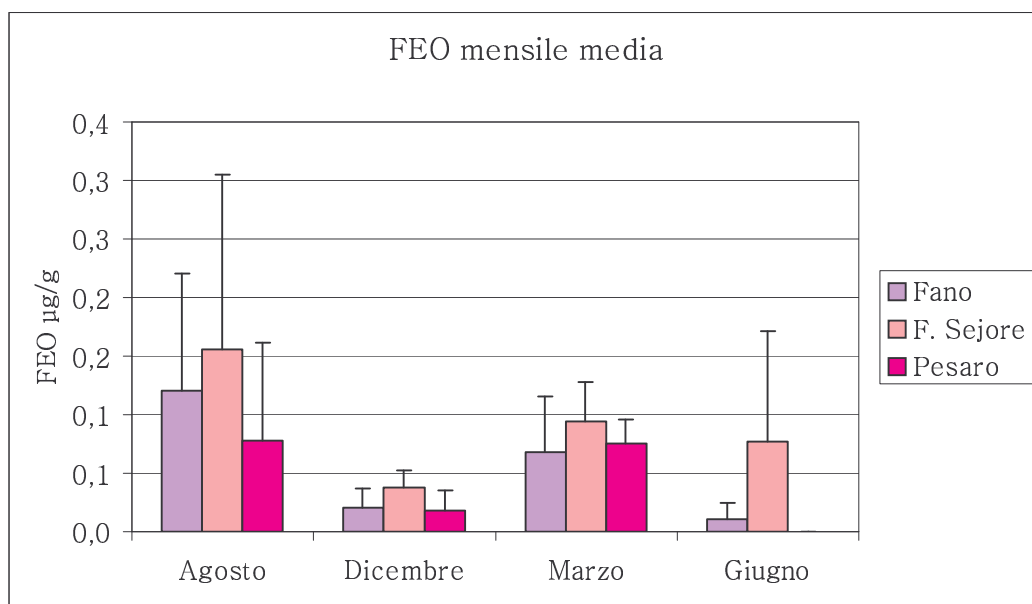


Fig. 4.4.7 - Andamento del contenuto di Feopigmenti mediato per l'intero periodo di campionamento nei tre siti.

Si potrebbe pensare che mentre Pesaro e Fano presentano un comparto autotrofo con una relativamente alta attività, a Fosso Sejore, sebbene sia ancora attivo, esso è accompagnato da una maggiore attività di degradazione.

In generale nei tre siti la componente delle proteine rispetto alla TOM presenta un andamento crescente da agosto a giugno anche se è a Pesaro dove sembrerebbe trovarsi la qualità migliore di sostanza organica in tutti i mesi di campionamento, seppur con lievi differenze. Nella spiaggia di Fano la TOM di migliore qualità si trova nei mesi di agosto e dicembre, mentre a Fosso Sejore a marzo e giugno, per cui si potrebbe dire che i due siti si equivalgono (figura 4.4.8).

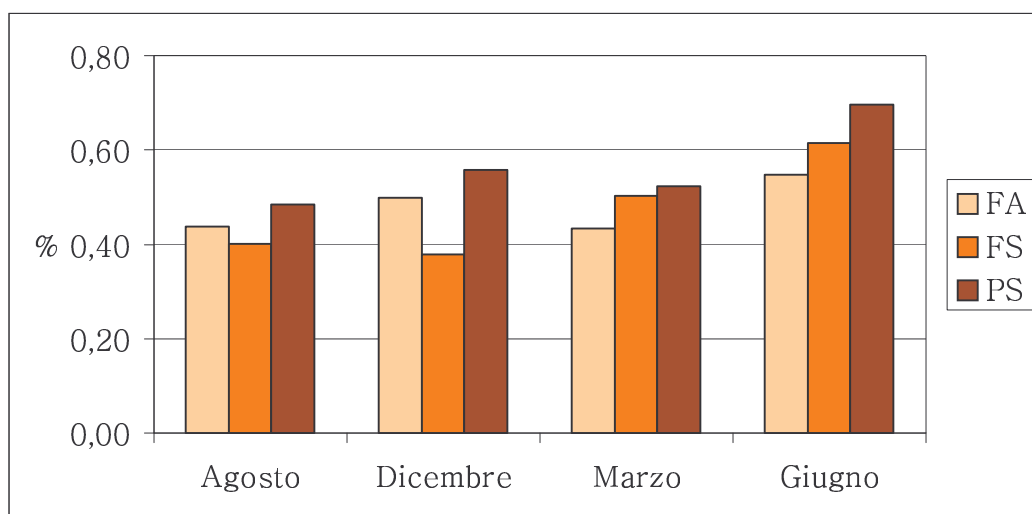


Fig. 4.4.8 - Andamento del rapporto PRT/TOM mediato per l'intero periodo di campionamento nei tre siti.

Per quanto riguarda il contributo della CHLa alla TOM nei tre siti, si possono osservare i rispettivi andamenti nella figura 4.4.9.

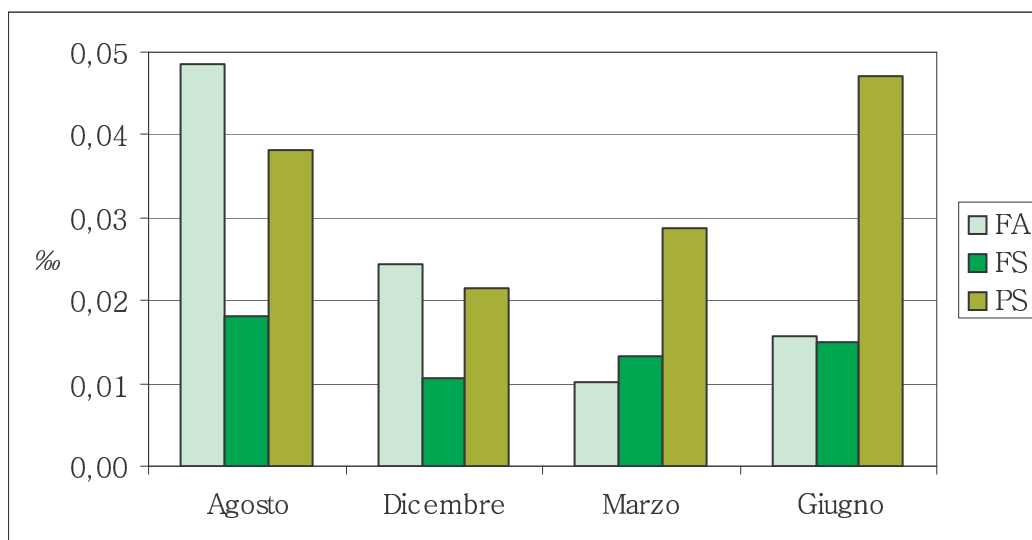


Fig. 4.4.9 - Andamento del rapporto CHLa/TOM mediato per l'intero periodo di campionamento nei tre siti.

In essa si nota che Fosso Sejore presenterebbe la minore produzione primaria, al contrario di quanto avverrebbe nella spiaggia di Pesaro dove il comparto autotrofo sembrerebbe essere molto attivo, ipotesi questa che potrebbe trovare conferma nell'andamento del rapporto $CHLa/FEO$ (figura 4.4.10).

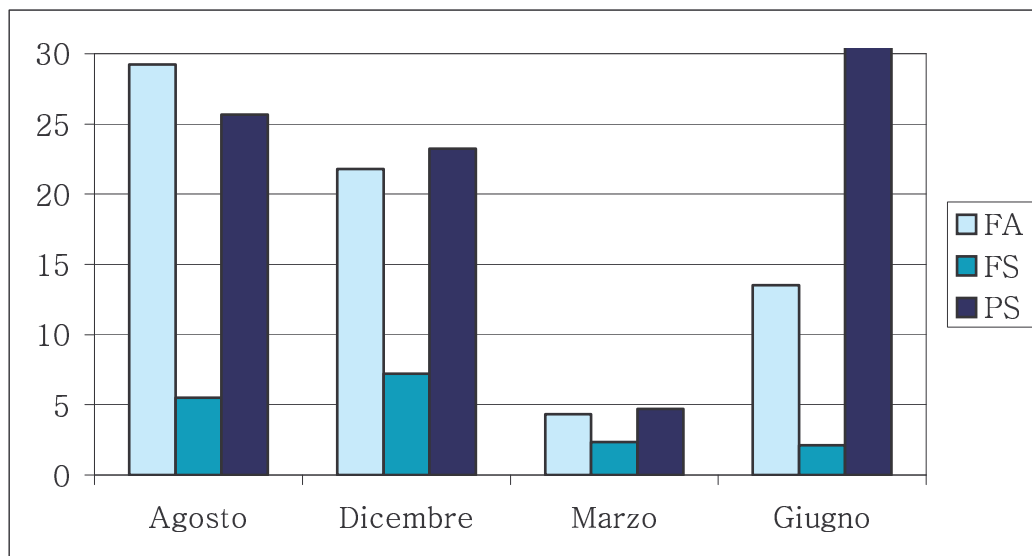


Fig. 4.4.10 - Andamento del rapporto $CHLa/FEO$ mediato per l'intero periodo di campionamento nei tre siti.

A Fano la $CHLa$ sembrerebbe essere importante rispetto alla sostanza organica soltanto nei mesi di agosto e dicembre, in corrispondenza della maggiore attività autotrofica, anche se il basso contributo di giugno alla TOM potrebbe provenire da una buona produzione primaria, dato il relativamente alto rapporto $CHLa/FEO$, per cui si potrebbe pensare che in questa stazione il comparto autotrofo sia particolarmente influenzato dalla temperatura.

Infine, dalla figura 4.4.11 si può seguire l'andamento del rapporto $CHLa/PRT$

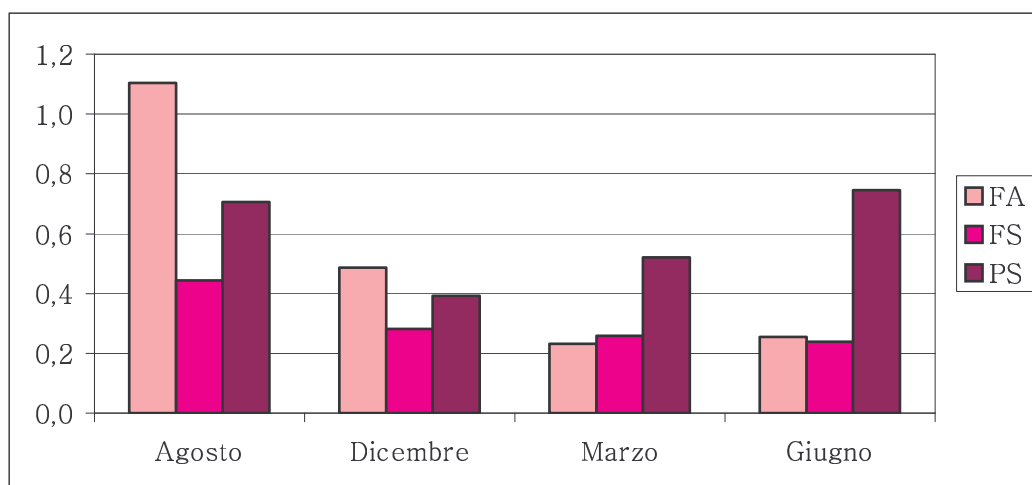


Fig. 4.4.11 - Andamento del rapporto $CHLa/PRT$ mediato per l'intero periodo di campionamento nei tre siti.

Le proteine di origine microfitobentonica sembrerebbero legate principalmente a fenomeni di tipo degradativo nelle spiagge di Pesaro e Fosso Sejore, mentre a Fano, nel mese di agosto in particolare, potrebbero aver ricevuto un maggiore contributo dai processi produttivi.

Dal confronto tra i precedenti rapporti si potrebbe dunque concludere che la sostanza organica sia principalmente di origine alloctona in tutte le spiagge esaminate e quindi in qualche modo legata agli apporti dei tre corsi d'acqua.

Confrontando i tre siti rispetto al contenuto di carbonio organico della TOM, si nota come essi sembrano presentare andamenti simili e valori confrontabili, con Pesaro che mantiene sempre le quantità minori (figura 4.4.12).

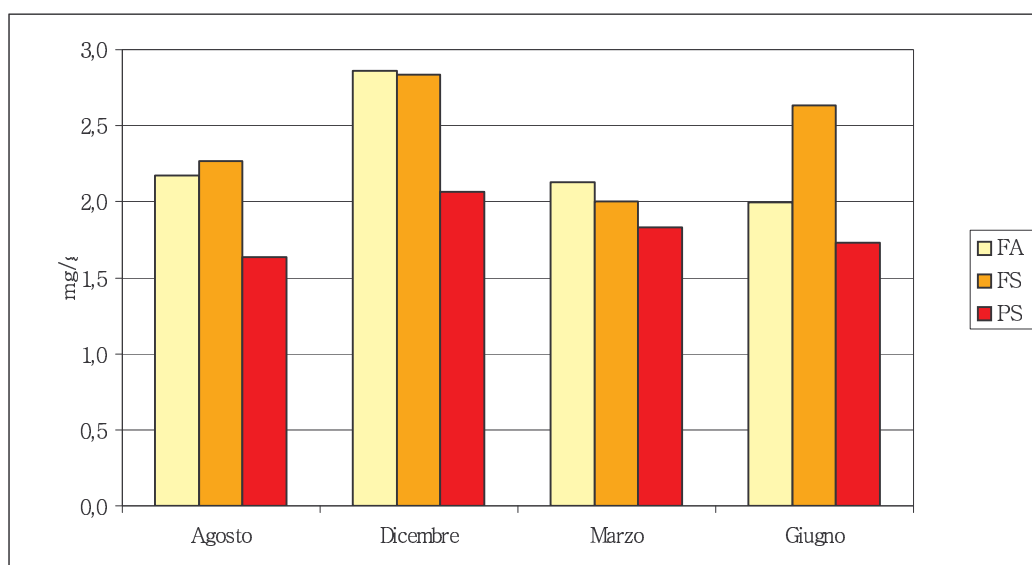


Fig. 4.4.12 - Andamento del contenuto di C*TOM mediato per l'intero periodo di campionamento nei tre siti.

Il C*CHLa indica la biomassa microfitobentonica media e quindi il contributo al sedimento del carbonio organico primario; nella laguna di Marsala (bacino chiuso ed oligotrofico) esso appare confrontabile con i siti in esame (Fabiano et al., 2001), mentre alla foce del fiume Arno, Fabiano e Danovaro (1994) hanno trovato un valore medio di 107 $\mu\text{g/g}$ confrontabile con quello trovato da Herndl et al. (1987) nel Mare Adriatico e di un ordine di grandezza maggiore rispetto ai siti in esame. E' importante però utilizzare con cautela il fattore di conversione (Fabiano e Danovaro hanno usato il fattore di De Jonge, 1980) poiché è apparso che le variazioni nel carbonio della CHLa avvengono secondo cicli giornalieri ed in funzione della composizione delle popolazioni di microflora (De Jonge, 1980).

In generale il carbonio della CHLa è maggiore a Fano e Pesaro rispetto a Fosso Sejore (che ne ha circa la metà) pur non coincidendo i

momenti di massima produzione. A Fano, infatti, la maggiore attività autotrofica si riscontra in estate e fine inverno, mentre a Pesaro essa coincide con l'estate e la primavera. Fosso Sejore si differenzia con la maggiore produzione durante l'autunno e questo starebbe a testimoniare una situazione di disturbo nei mesi di agosto e giugno quando invece questa componente dovrebbe essere maggiore come avviene nelle altre due spiagge che presenterebbero quindi una situazione più normale.

Per quanto riguarda il C*PRT, è la spiaggia di Pesaro a fornire il maggiore contributo al carbonio organico totale. Nelle spiagge di Fano e Pesaro si osservano i valori più alti nel mese di dicembre, probabilmente collegati al maggiore apporto da parte dei fiumi ed a giugno forse per l'aumento dell'attività degradativa, motivo per cui si riscontrerebbe il valore più alto anche a Fosso Sejore. In quest'ultimo sito si nota un contenuto di carbonio nelle proteine abbastanza alto anche nel mese di marzo e questo potrebbe forse essere collegato con le attività agricole che si svolgono lungo il percorso del fosso omonimo.

4.4.3 *Meiobenthos*

4.4.3.1 *Densità delle comunità*

La densità minore delle comunità meiobentoniche è stata riscontrata nel sito di Fano (figura 4.4.13), ma essendo questa l'unica spiaggia in cui è possibile riconoscere un tipico andamento stagionale, si potrebbe pensare che i disturbi generati dalla foce del torrente Arzilla e dalla presenza turistica, siano ben tamponati dalle comunità o che esse si siano ben adattate alle modificazioni indotte.

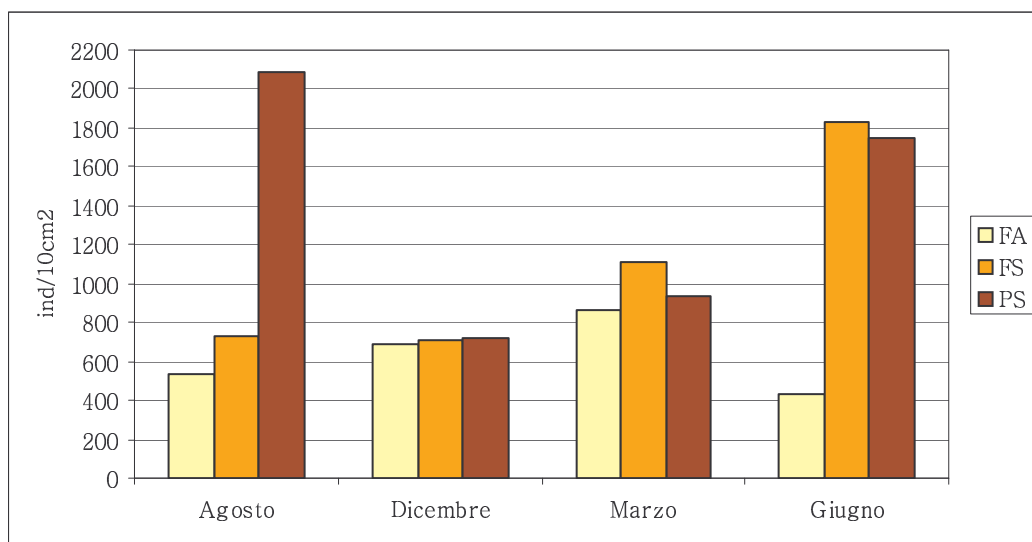


Fig. 4.4.13 - Andamento delle densità degli organismi mediato per l'intero periodo di campionamento nei tre siti.

Fosso Sejore sembrerebbe essere la spiaggia che risente maggiormente della pressione turistica con il campeggio ivi locato, come dimostrerebbe la bassa densità registrata ad agosto. Infine a Pesaro, nonostante l'apparente dinamica stagionale, è possibile notare il forte disturbo indotto dal torrente Genica, come dimostrerebbero le basse densità rinvenute a dicembre ed a marzo, mesi in cui è aperto lo sfocio al mare.

4.4.3.2 Composizione delle comunità

In generale nelle tre spiagge sono risultati dominanti i nematodi con densità medie superiori all'80% nel corso dell'intero periodo di campionamento. Le densità maggiori (figura 4.4.14) sono state riscontrate a Pesaro nelle stagioni calde e, dal momento che in genere questo phylum è maggiormente associato con le basse temperature, si potrebbe pensare che abbia risentito particolarmente degli apporti del torrente Genica.

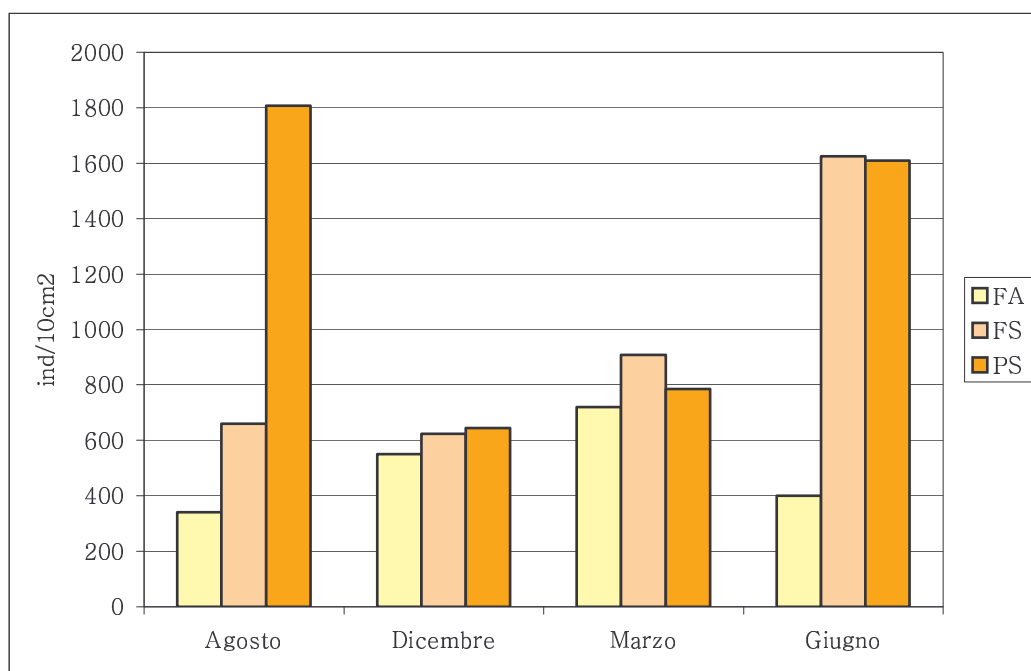


Fig. 4.4.14 - Andamento delle densità dei Nematoda mediato per l'intero periodo di campionamento nei tre siti.

Nella spiaggia di Fano le densità seguono un buon andamento stagionale da cui si potrebbe dedurre l'esistenza di una buona capacità di recupero da parte del sito o di una comunità ben adattata. Infine a Fosso Sejore le densità sembrano seguire l'andamento più instabile forse perché il sito è più sensibile e soggetto agli eventi esterni.

Altrettanto importanti i Copepoda con una media nei tre siti di circa il 6%, ma con andamenti molto diversi. A Fano (figura 4.4.15) sono presenti in gran numero quasi esclusivamente in estate probabilmente in accordo con le alte temperature e con la buona condizione trofica presente con cui esisterebbe una correlazione positiva, come detto.

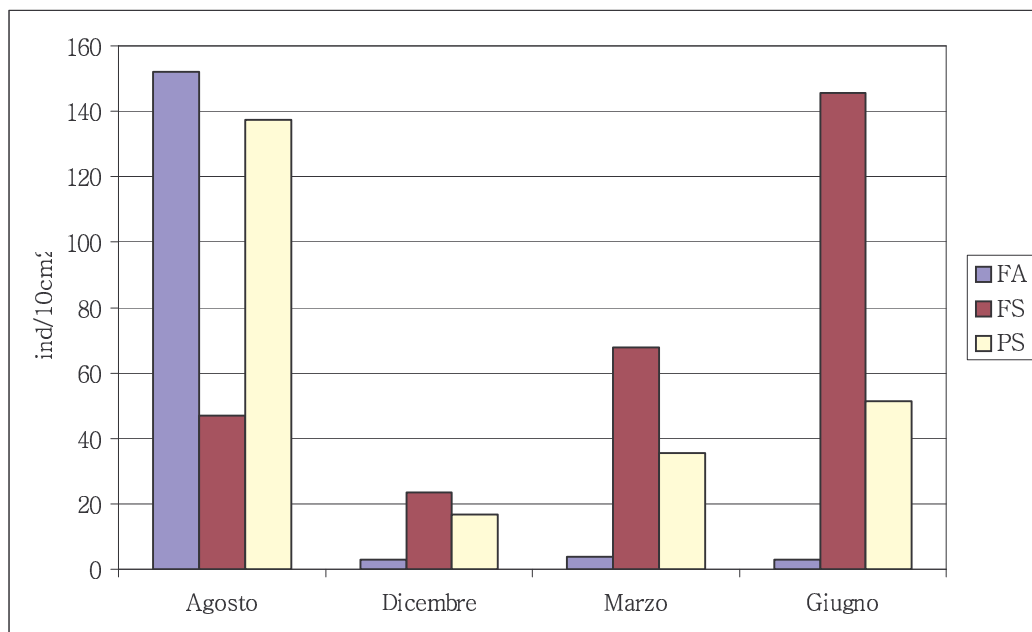


Fig. 4.4.15 – Andamento delle densità dei Copepoda mediato per l'intero periodo di campionamento nei tre siti.

Le basse densità dei mesi seguenti lascerebbero pensare ad un disturbo indotto forse dal torrente Arzilla ma di cui non si ha riscontro nei parametri osservati, che determinerebbe la riduzione della comunità impedendone il recupero nel mese di giugno nonostante l'aumento della temperatura e della granulometria con cui, peraltro, non esistono correlazioni significative. Nei siti di Pesaro e Fosso Sejore invece, le abbondanze dei copepodi si alternano in accordo con le variazioni di temperatura.

E' infine interessante notare la presenza dei rotiferi nelle stazioni 1 e 2 di tutti e tre i siti, il che confermerebbe l'influenza dei tre corsi d'acqua sulla struttura delle comunità.

4.4.3.3 Biomasse dei Nematoda

La biomassa dei nematodi intesa sia come peso secco degli organismi che come contenuto di carbonio e azoto, segue l'andamento della comunità nel complesso dal momento che i nematodi la rappresentano per circa l'80% (figure 4.4.16, 4.4.17 e 4.4.18).

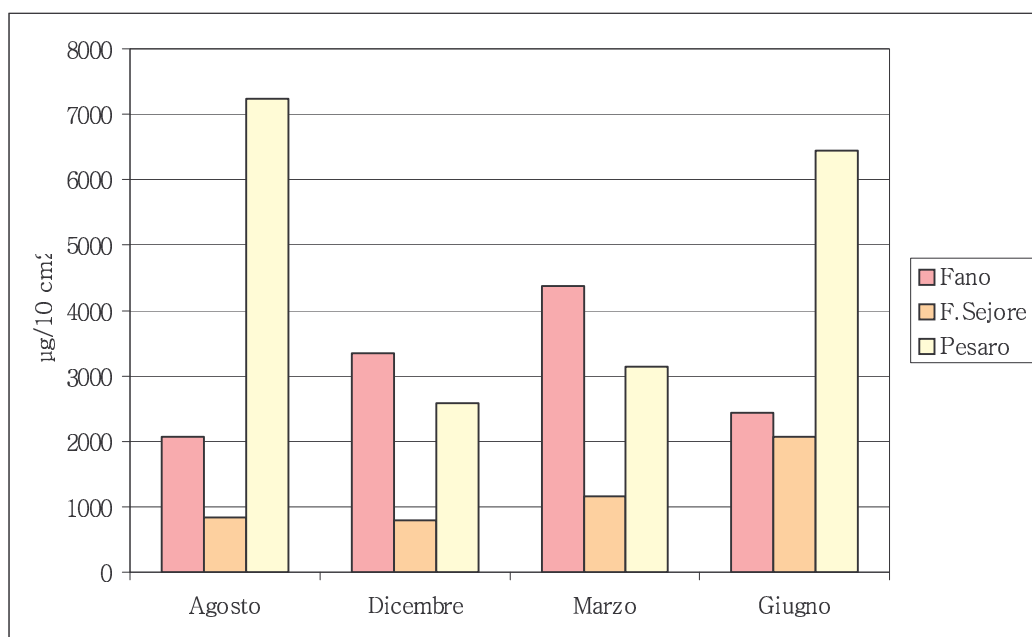


Fig. 4.4.16 - Andamento delle biomasse dei Nematoda mediato per l'intero periodo di campionamento nei tre siti.

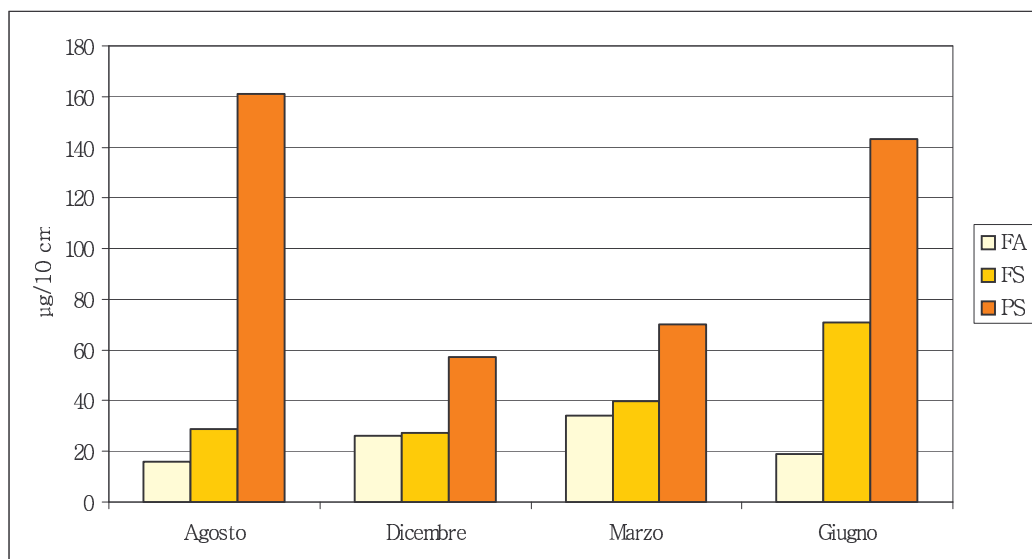


Fig. 4.4.17 - Andamento del carbonio organico dei Nematoda mediato per l'intero periodo di campionamento nei tre siti.

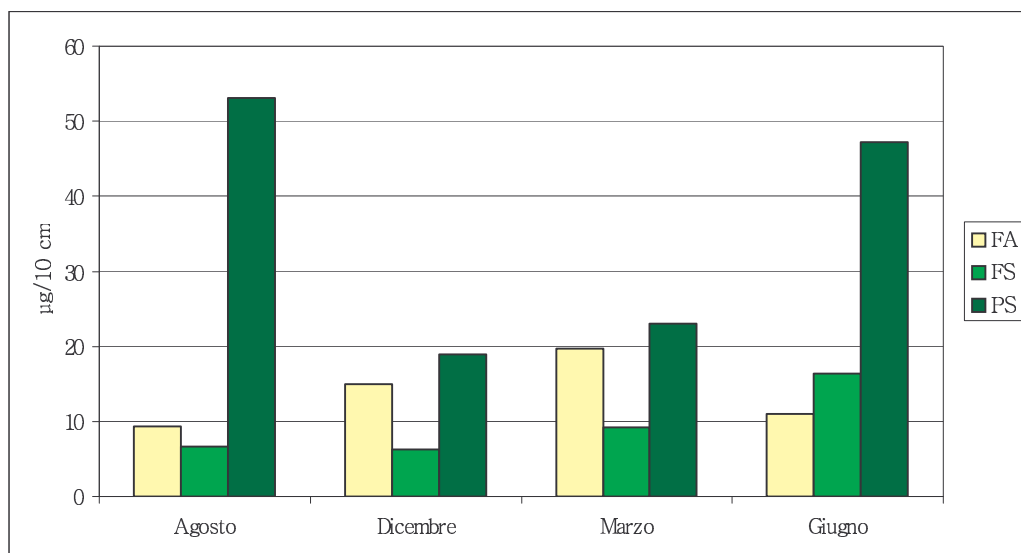


Fig. 4.4.18 - Andamento dell'azoto organico dei Nematoda mediato per l'intero periodo di campionamento nei tre siti.

Infine, per quanto riguarda il rapporto Ne/Co (figura 4.4.19), i valori più alti sono stati riscontrati a Fano, i più bassi ad agosto in tutti e tre i siti, denotando una maggiore presenza di Copepodi nella stagione estiva, come detto. Questo risultato, della maggiore abbondanza estiva, è in accordo con altri riportati (Olafsson, 1991; Szymelferig et al., 1995; Covazzi et al., 2000).

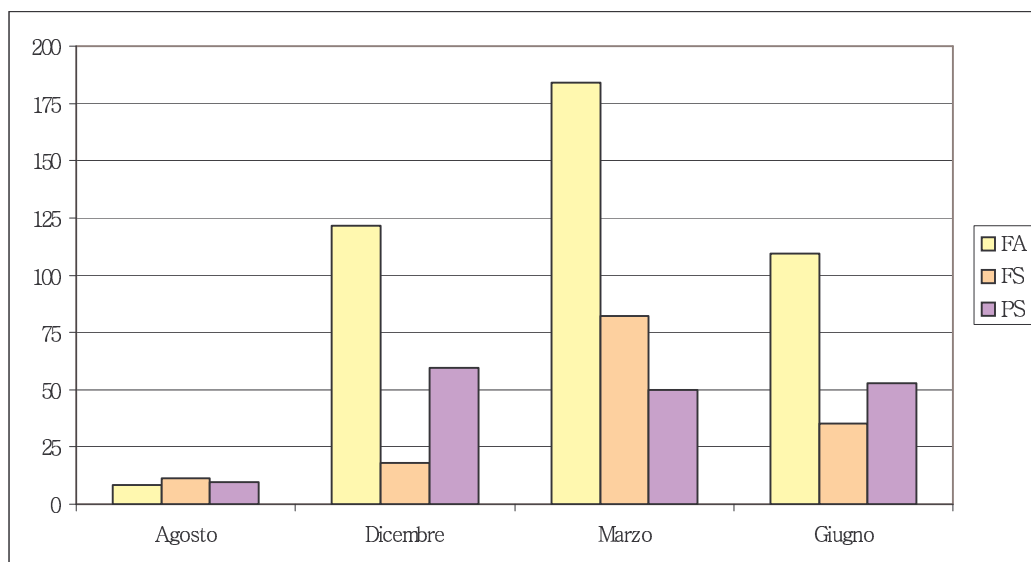


Fig. 4.4.19 - Andamento del rapporto Ne/Co mediato per l'intero periodo di campionamento nei tre siti.

CONCLUSIONI

Dall'esame accurato delle caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche delle tre spiagge in esame, si è potuto concludere che:

- I tre fiumi presenti nei siti in esame, per quanto di importanza minore, sono in grado di indurre alterazioni alla sedimentazione, agli apporti nutritivi ed alle comunità meiobentoniche.
- La sostanza organica è risultata essere, nelle tre spiagge, prevalentemente di origine alloctona e di natura refrattaria, costituendo un fattore limitante nello sviluppo degli organismi.
- Nel sito di Fosso Sejore sono state riscontrate le maggiori quantità di sostanza organica probabilmente legate ai maggiori apporti di nutrienti ad opera del fosso omonimo. Questa situazione è particolarmente evidente nei mesi estivi a causa della sua limitata capacità autodepurativa in concomitanza con la riduzione dell'idrodinamismo all'interno delle scogliere tipica del periodo.
- Nella spiaggia di Pesaro è stata evidenziata la presenza della migliore qualità di sostanza organica ed il più attivo comparto autotrofo nei mesi caldi, quando, in linea di massima, il torrente Genica non sfocia in mare.
- La spiaggia di Fano, pur presentando una situazione trofica disturbata, è l'unica a seguire andamenti stagionali per i parametri esaminati, dimostrando una buona capacità di recupero.
- Dall'analisi delle comunità meiobentoniche, Fosso Sejore è risultato il sito più disturbato dal carico turistico e Pesaro dagli apporti del torrente Genica, mentre a Fano le comunità sembrano essersi ben adattate.
- Gli indici di diversità ed equitabilità rivelano i valori più alti a Fano indicando la presenza delle comunità meglio strutturate.
- Nelle stazioni sommerse le comunità meiobentoniche sono risultate meglio strutturate in accordo con la maggiore stabilità

dell'ambiente subtidale e della minore influenza da parte dei tre corsi d'acqua.

- Non sono state riscontrate correlazioni statistiche significative delle comunità meiobentoniche con i parametri granulometrici esaminati nonostante lo stretto legame riportato in bibliografia.

- La presenza delle scogliere nei tre siti determina la riduzione dell'idrodinamismo con conseguente accumulo di materiale, in prevalenza fine, lungo tutto il transetto.

BIBLIOGRAFIA

- Albertelli G., Covazzi-Harriague A., Danovaro R., Fabiano M., Fraschetti S., Pusceddu A.** 1999 – Differential responses of bacteria, meiofauna and macrofauna in a shelf area (Ligurian Sea, NW Mediterranean): role of food availability. *Journal of Sea Research*, **42**: 11-26
- Ansari, Z.A., Parulekar A.H., Jagtap T.G.** 1980 – Distribution of sublittoral meiobenthos off Goa coast, India. *Hydrobiologia*, **74**: 209-214
- Ansari, Z.A., Ingole B.S.** 1983 – Meiofauna of some sandy beaches of Andaman Islands. *Indian J. Mar. Sci.*, **12**: 245-246
- Aquater** – Interventi di difesa della costa. Regione Marche: 1-74
- Armonies W., Reise K.** 2000 – Faunal diversity across a sandy shore. *Marine Ecology Progress Series* Vol. 196: 49-57
- Bally R.** 1983 – Intertidal zonation on sandy beaches of the west coast of South Africa. *Cah. Biol. Mar.*, **24**: 85-103
- Bally R.** 1994 – Energy and Ash contents of sandy beach macrofauna from the West Coast of South Africa. *S. Afr. J. Zool.*, **29** (1): 82-86
- Bianchi T.S., Levinton J.S.** 1984 – The importance of microalgae, bacteria and particulate organic matter in the somatic growth of *Hydrobia Totteni*. *J. Mar. Res.*, **42**: 431-443
- Bosellini A., Mutti E., Ricci Lucchi F.** 1989 – Rocce e successioni sedimentarie. *In: Scienze della Terra*. Ed. Utet, Torino: 11-47
- Bray G.R., Curtis J.T.** 1957 – An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.*, **27**: 325-349
- Bretschko G., Leichtfried M.** 1987 – The determination of organic matter in river sediments. *Arch. Hydrobiol. Suppl.*, **68**: 403-417
- Briasco E.** 2000/2001 – Monitoraggio delle caratteristiche biologiche di arenili sottoposti a ripascimento. Tesi di Laurea in Scienze Ambientali, Università di Genova: 1-117

Carta Europea del litorale, Creta, ottobre 1981

Colantoni P. 1974 - La distribuzione dei molluschi in relazione alle caratteristiche fisiche dei fondali. I molluschi bivalvi: produzione e controllo igienico sanitaria. Atti del I Incontro sulle risorse marine, Cesenatico, 31 maggio 1974: 85-92

Colantoni P. 1981 - Aspetti geologici e sedimentologici del mare Adriatico. Eutrofizzazione, Quali interventi? *Atti Conv. Naz.* Ancona 4-5 Novembre 1985: 17-21

Colantoni P., Galignani P. 1979 - Ricerche geologiche sulla piattaforma continentale adriatica tra Ancona e la laguna di Venezia. *Convegno Scientifico Nazionale P.F. Oceanografia e Fondi Marini, Roma 5-7 marzo 1979*: 1171-1186

Colantoni P., Galignani P. 1984 - Mare Adriatico settentrionale. Introduzione alla geologia dei mari italiani. C.N.R., *Istituto di geologia marina di Bologna. Pubblicazioni I.G.M.*, supp. Vol. 11: 87-90

Covazzi Harriague A., Pusceddu A., Della Croce N., Danovaro R. 2000 - Spatial and temporal changes in beach meiofaunal communities of the Ligurian Sea (NW Mediterranean). *Revista de Biologia Marina y Oceanografia*, **35**: 57-64

Curzi P., Tomadin L. 1987 - Dinamica della sedimentazione politica attuale ed olocenica nell'Adriatico centrale. *Giornale di geologia*, ser. 3°, vol. 4911: 101-111

Danovaro R. 1996 - Detritus-bacteria-meiofauna interactions in a seagrass bed (*Posidonia oceanica*) of the NW Mediterranean. *Marine Biology*, **127**: 1-13

Danovaro R., Fabiano M., Boyer M. 1994 - Seasonal changes of benthic bacteria in a seagrass bed (*Posidonia oceanica*) of the Ligurian Sea in relation to origin composition and fate of the sediment organic matter. *Marine Biology*, **119**: 489-500

Danovaro R., Fabiano M. 1995 - Seasonal and interannual variation of benthic bacteria in a seagrass bed of the Mediterranean Sea: relationship

with labile organic compounds and other environmental factors. *Microbial Ecology*, **9**: 17-26

Danovaro R., Tselepides A., Otegui A., Della Croce N. 2000b – Dynamics of meiofaunal assemblages on the continental shelf and deep-sea sediments of the Cretan Sea (NE Mediterranean): relationships with seasonal changes in food supply. *Progress in Oceanography*, **46**: 367-400

Delamare-Deboutteville C. 1960 – Biologie des eaux souterraines littorales et continentales. Hermann, Paris, 740 pp.

Della Croce N., Covazzi A., Pusceddu A., Petrillo M., Ciceri G., Danovaro R. 1997 – A benthic microbial loop and oxygen demand in organic enriched sediments of the Ligurian Sea. *S. It. E. Atti*, **18**: 279-282

De Jonge V.E. 1980 – Fluctuations in the organic carbon to chlorophyll *a* ratios for estuarine benthic diatom populations. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **2**: 345-353

Dexter D.M. 1989 – The Sandy Beach Fauna of Egypt. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **29**: 261-271

Fabiano M., Povero P., Danovaro R. 1993 – Distribution and composition of particulate organic matter in the Ross Sea (Antartica). *Polar Biology*, **13**: 525-533

Fabiano M., Danovaro R. 1994 – Composition of organic matter in sediments facing a river estuary (Tyrrhenian Sea): relationships with bacteria and microphytobenthic biomass. *Hydrobiologia*, **277**: 71-84

Fabiano M., Sarà G., Mazzola A., Pusceddu A. 2001 – Environmental Constraints on Pathways of Organic Detritus in a Semi-enclosed Marine System (W-Mediterranean). *In*: Faranda F.M., Guglielmo L., Spezie G. (eds.), Mediterranean Ecosystems: Structures and Processes: 435-445

Favero V. 1979 – Aspetti dell'evoluzione recente dell'alto Adriatico. *Convegno Scientifico Nazionale P.F. Oceanografia e Fondi Marini*, Roma, 5-7 marzo 1979: 1219-1231

- Fichez R.** 1991 – Composition and fate of organic matter in submarine cave: implication for the biogeochemical cycle of organic carbon. *Oceanol. Acta*, **14**: 369–377
- Fichez R.** 1991a – Suspended particulate organic matter in a Mediterranean submarine cave. *Mar. Biol.*, **108**: 167–174
- Fize A.** 1963 – Contribution a l'étude de la microfaune des sables littoraux du golfe d'Aigues Mortes. *Vie Milieu*, **14**: 669–774
- Fonda Umani S., Franco P., Ghirardelli E., Malej A.** 1991 – Outline of oceanography and plankton of the Adriatic Sea. *In*: G. Colombo et al. (Eds): Marine eutrophication and population dynamics. Olsen & Olsen, Fredensborg: 347–365
- Gallignani P., Sartori R.** 1984 – Mare Adriatico meridionale. Introduzione alla geologia dei mari italiani. C.N.R., *Istituto di geologia marina di Bologna. Pubblicazioni I.G.M.*, supp. Vol. 11: 83–85
- Gamulin-Brida H.** 1962 – Biocenoses du littoral plus profond (circalittoral) dans les canaux de l'Adriatique moyenne. *Acta Adriat.*, **9** (7): 1–196
- Gamulin-Brida H.** 1969 – A contribution to biocoenologic investigations in the North Adriatic. *Thalassia Jugosl.*, **5**: 89–95
- Gamulin-Brida H.** 1974 – Biocenoses bentiques de la mer Adriatique. *Acta Adriat.*, **15** (9): 1–102
- Giere O.** 1993 – Meiobenthology. The Microscopic Fauna in Aquatic Sediments. Ed. Springer, Verlag Berlin Heidelberg: 1–328
- Graaf G., Schulz R., Peinert R., Meyer-Reil L.A.** 1983 – Benthic response to sedimentation events during autumn to spring at a shallow water station in Western Kiel Bay. *In*: Analysis of processes on a community level. *Mar. Biol.*, **77**: 235–246
- Gremare A., Amouroux J.M., Charles F., Dinot A., Riaux-Gobin C., Baudart J., Mederach L., Bodiou J.Y., Vétion G., Colomines J.C., Albert P.** 1997 – Temporal changes in the biochemical composition and nutritional value of

the particulate organic matter available to surface deposit-feeders: a two year study. *Marine Ecology Progress Series*, **150**: 195-206

Herndl G., Faganeli N., Fanuko N., Peduzzi P., Turk V. 1987 – Role of bacteria in the carbon and nitrogen flow between water-column and sediment in a sediment shallow marine bay (Bay of Piran, Northern Adriatic Sea). *P.S.Z.N.I. Mar. Ecol.*, **8**: 221-236

Higgins R., Thiel H. (eds) 1988 – Introduction to the study of meiofauna. Smithsonian Inst Press, Washington, DC.

Hulings N.C. 1971a – A quantitative study of the sand beach meiofauna in Tunisia – Preliminary report. *Bull. Inst. Océanogr. Pêche Salambô*, **2**: 237-256

Hulings N.C. 1971b – A comparative study of the sand beach meiofauna of Lebanon, Tunisia and Morocco. *Thalassia Jugoslavica*, **7**: 117

Hulings N.C. 1974 – A temporal study of Lebanese sand beach meiofauna. *Cah. Biol. Mar.*, **15**: 319-335

Hulings N.C., Gray J.S. 1976 – Physical Factor Controlling Abundance of Meiofauna on Tidal and Atidal Beaches. *Marine Biology*, **34**: 77-83

Ito T. 1978 – Meiobenthos of a shallow water sandy bottom in Ishikari Bay, Hokkaido: a general account. *Faculty of Science, Hokkaido University, series VI, Zoology*, **21**: 287-294

Jansson B.O. 1967 – The significance of grain size and pore water content for the interstitial fauna of sandy beaches. *Oikos*, **18**: 311-322

Johnson R.G. 1977 – Vertical variation in particulate organic matter in the upper twenty centimetres of marine sediments. *J. Mar. Res.*, **35**: 272-282

Krumbein W.C. 1934 – Size frequency distributions of sediments. *Jour. Sed. Petrol.*, **4**: 65-77

Lalli C.M., Parsons T.R. 1993 – Biological Oceanography: an introduction. University of British Columbia, Pergamon Press Oxford, New York, Seoul, Tokyo: 211-215

Lorenzen C., Jeffrey J. 1980 – Determination of chlorophyll in sea water. *Unesco Technical Papers in Marine Sciences*, **35**: 1-20

Manini E., Danovaro R., Pusceddu A., Fabiano M. 1997 – Biochemical composition of sedimentary organic matter and bacterial dynamics in sandy and seagrass sediments of the NW Mediterranean. *Atti XII° Congresso Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia*, Piccazzo M. (Ed.), **1**: 87-95

Marrale D. 2001 – Flusso di materia ed energia in sistemi sedimentari caratterizzati da differenti condizioni trofiche. Dottorato di Ricerca in Scienze Ambientali “Scienza del Mare”, XIV Ciclo, Università degli studi di Genova: 1-160

Mayer L.M. 1989 – The nature and determination of non-living sedimentary organic matter as food source for deposit feeders. *In*: Ecology of Marine Deposit-Feeders. (Lopez G., Tagon G., Levinton S. eds). Springer-Verlag, New York: 98-113

Mayer L., Schick L.L., Sawyer T., Plante C., Jumars P.A., Self R.L. 1995 – Bioavailable aminoacids in sediments: a biomimetic, kinetic-based approach. *Limnology and Oceanography*, **40**: 511-520

McIntyre A.D., Murison D.J. 1973 – The meiofauna of a flatfish nursery ground. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, **53**: 93-118

McLachlan A. 1980 – Intertidal zonation of macrofauna and stratification of meiofauna on high energy sandy beaches in the eastern Cape, South Africa. *Trans. R. Soc. S. Afr.*, **44**: 213-222

McLachlan A. 1983 – Sandy beach ecology – a review. Pages 321-380 *In*: McLachlan A., Erasmus T., eds. Sandy beaches as ecosystems. Junk, The Hague.

Miller D.C., Geider R.J., MacIntyre H.L. 1996 – Microphytobenthos: the ecological role of the “secret garden” of unvegetated, shallow water marine habitats. II. Role in sediment stability and shallow water food webs. *Estuaries*, **19**: 202-212

Mills E.L. 1975 – Benthic organisms and the structure of marine ecosystems. *J. Fish. Res. Bd Can.*, **32**: 1657-1663

Misic C. 1995 – Ruolo della degradazione nelle variazioni della composizione del detrito organico: studio dell'attività enzimatica in relazione alle componenti labili. Tesi di Dottorato di Ricerca in Scienze Ambientali (Scienze del Mare). VIII Ciclo, Università di Genova: 1-129

Montagna P.A., Coull C.B., Herring T.L., Dudley B.V. 1983 – The relationship between abundances of Meiofauna and their suspected microbial food (Diatoms and Bacteria). *Estuar. Coastal. Shelf Sci.*, **17**: 381-394

Mosetti F. 1964 – Oceanografia. Ed. Del Bianco: 372-376

Mosetti F. 1983 – Caratteristiche fondamentali dell'idrologia dell'Adriatico. *In*: I problemi dell'alto Adriatico. *Atti Conv. Int.*, Trieste, 26-27 settembre: 209-243

Navarro J.M., Clasing E., Urrutia E., Asencio G., Stead G., R. and Herrera C. 1993 – *Est. Coast. Shelf Sci.*, **37**: 59-73

Olafsson E. 1991 – Intertidal meiofauna of four sandy beaches in iceland. *Ophelia*, **33** (1): 55-65

Ott J. 1992 – The Adriatic benthos: problems and prospectives.. *In*: G. Colombo et al. (Eds): Marine eutrophication and population dynamics. Olsen & Olsen, Fredensborg: 367-378

Pfannkuche O., Thiel H. 1987 – Meiobenthic stocks and benthic activity on the NE-Svalbard Shelf and in the Nansen Basin. *Polar Biology*, **7**: 253-266

Piccinetti C. 1989 – Situazione biologica del'Adriatico. *In*: *Esercitazioni dell'Accademia Agraria in Pesaro*, Serie 3°, Vol. 21°: 149-156

Pielou E.C. 1966 – The measurement of diversity in different types of biological collections. *J. Theror. Biol.*, **13**: 131-144

Pigorini B. 1967 – Aspetti sedimentologici del mare Adriatico. *Memorie della Soc. Italiana Scienze Nat. e Museo Civico Storia Naturale di Milano*: 131-181

Plante R., Plant-Cuny M.R., Reys J.P. 1986 – Photosynthetic pigments of sandy sediments on the north Mediterranean coast: their spatial distribution and its effects on sampling strategies. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **34**: 133-141

Polidori E. 2000/2001 – Studio delle comunità macrobentoniche di tre spiagge marchigiane in relazione ai parametri abiotici del sedimento. Tesi di Laurea in Scienze Ambientali, Università di Urbino: 1-214

Pusceddu A., Sarà G., Mazzola A., Fabiano M. 1997 – Relationships between suspended and sediment organic matter in a semi-enclosed marine system: The Stagnone di Marsala Sound (Western Sicily). *Water, Air and Soil Pollution*, **99**: 343-352

Pusceddu A., Sarà G., Armeni M., Fabiano M., Mazzola A. 1999 – Seasonal and spatial changes in the sediment organic matter of a semi-enclosed marine system (W-Mediterranean). *Hydrobiologia*, **397**: 59-70

Ricci Lucchi F. 1980 – Sedimentologia. Parte I. Materiali e tessiture dei sedimenti. Ed. Clueb: 1-226

Ricci Lucchi F. 1980 – Sedimentologia. Parte III. Ambienti sedimentari e facies. Ed. Clueb: 1-545

Ricklefs R.E. 1993 – Ecologia. Ed. Zanichelli: 1-849

Salvat B. 1964 – Les conditions hidrodinamiques interstitielles des sediments meuble intertidaux et la ripartition vertical de la jemme endogée. *Academie des Sciences (Paris), Comptes Rendu*, **259**: 1576-1579

Sarà M. 1972 – I popolamenti bentonici marini e gli effetti dell'inquinamento. *Atti del II Simposio Nazionale sulla conservazione della natura*. Bari, 26-30 aprile: 1-31

Sarà M. 1976 – Indicatori biologici di inquinamento marino: zoobenthos. *Archivio di oceanografia e limnologia*, vol. 18, suppl. 3: 55-72

Scaccini A., Piccinetti C. 1967 – Il fondo marino tra Cattolica e Falconara. *Note del Lab. Biol. Mar. Pesca di Fano*, CNR, Programma particolare per le risorse marine e del fondo marino: 1-98

Schwinghamer P. 1988 – Influence of pollution along a natural gradient and in a mesocosm experiment on biomass-size spectra of benthic communities. *In*: Bayne B.L., Clarke K.R., Gray J.S. (Eds.), *Biological Effects of Pollutants. Result of a Practical Workshop. Mar. Ecol. Prog. Ser.* **46**: 199-206

Shannon C.E., Weaver W. 1963 – The mathematical theory of communication. *University of Illinois Press*, Urbana: 111 pp

Shepard F.P. 1954 – Nomenclature based on sandy-silt-clay ratios. *Jour. Sed. Petrol.*, **24**: 151-158

Šimunović A. 1997 – Quantitative and qualitative investigation of benthic communities in the areas of mobile bottoms of the Adriatic Sea. *Acta Adriat.*, **38** (1): 77-194

Snelgrove PVR and 10 others 1997 – The importance of marine sediment biodiversity in ecosystem processes. *Ambio*, **26**: 578-583

Specchi M. 1981 – Zooplankton ed eutrofizzazione. Eutrofizzazione, Quali interventi? *Atti Conv. Naz.* Ancona 4-5 Novembre 1985: 31-33

Streble H., Krauter D. 1984 – Atlante dei microrganismi acquatici. La vita in una goccia d'acqua. Ed. Franco Muzzio: 1-364

Szymelfenig M., Kwasniewski S., Weslawsky JM 1995 – Intertidal zone of Svalbard. 2. Meiobenthos density and occurrence. *Polar Biology*, **15**: 137-141

Thiel H. 1983 – Meiobenthos and nanobenthos of the deep-sea. *In*: Rowe GT (ed) *The Sea*, Vol. 8. Wiley and Sons, New York: 167-230

Tselepides A., Polychronaki T., Marrale D., Akoumianaki J., Dell'Anno A., Pusceddu A., Danovaro R. 2000 – Organic matter composition of the continental shelf and bathyal sediments of the Cretan Sea (NE Mediterranean). *Progress in Oceanography*, **46**: 311-344

Villora-Moreno S., Capaccioni-Azzati R., Garcia-Carrascosa A.M. 1991 – Meiobenthos of sandy beaches from the Gulf of Valencia (Western Mediterranean): Ecology of interstitial Polychaetes. *Bulletin of Marine Science*, **48**: 376-385

Vitiello P., Triki S. 1978 – Données écologiques sur la méiofaune interstitielle du bas des plages du Golfe de Tunis. *Archs. Inst. Pasteur Tunis*, **55**: 383-398

Vrizer B. 1984 – Meiofaunal community structure and species diversity in the bays of Koper, Strunjan and Piran (Gulf of Triest, North Adriatic). *Nova Thalassia*, **6**: 5-17

Wentworth C.K. 1922 – A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Jour. Geol.*, **30**: 377-392

Whittaker R.H., Margulis L. 1978 – Protist classification and the kingdoms of organisms. *Biosystems*, **10**: 3-18

Wieser W. 1959 – The effect of grain size on the distribution of small invertebrates inhabiting the beaches of Puget Sound. *Limnol. Oceanogr.*, **4**: 181-194