

4.2.6 PLANCTON

4.2.6.1 Fitoplancton

Lo studio delle liste specie di fitoplancton e della loro densità è stato eseguito solo nelle stazioni costiere dei transetti di interesse.

Nel grafico successivo si riportano le fluttuazioni della componente fitoplanctonica rilevate nel corso del monitoraggio nel periodo agosto 2008 - luglio 2009.

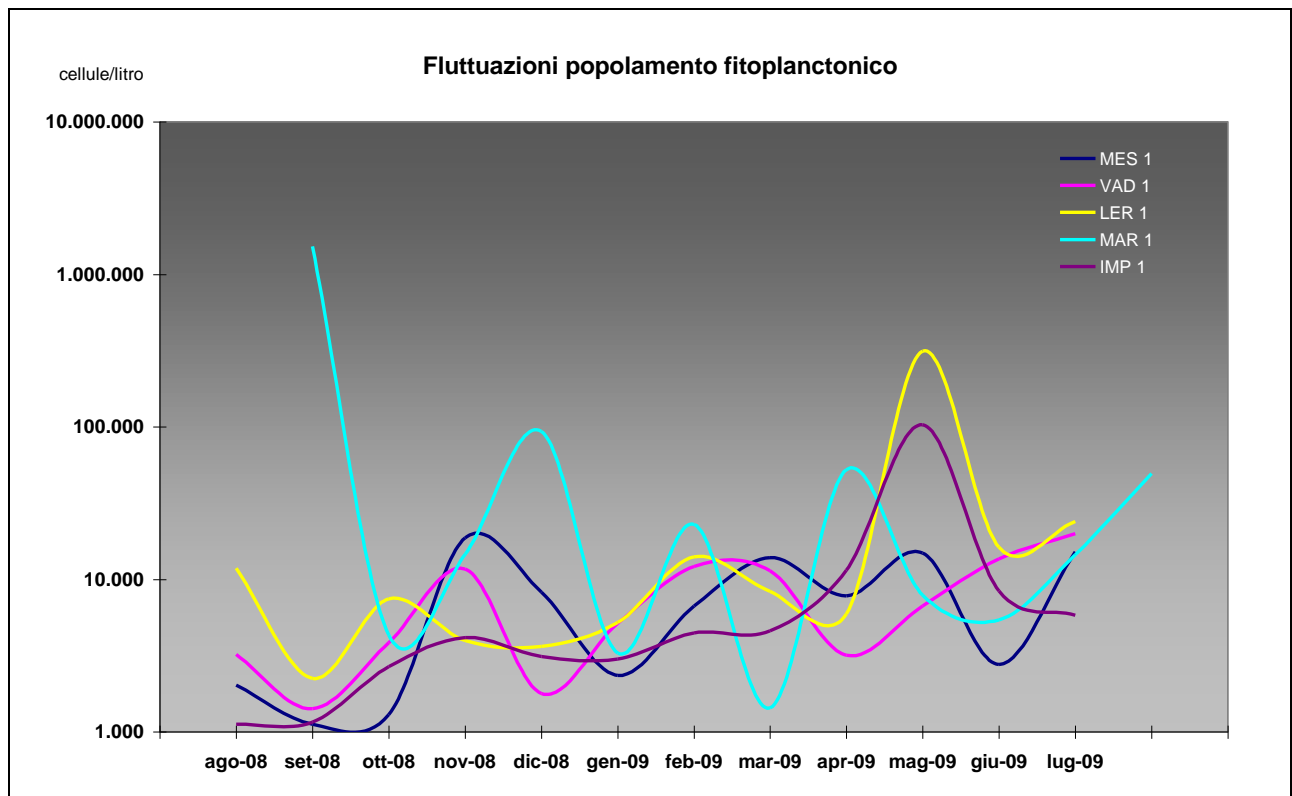


Figura 110

Dall'analisi dei grafici riportati emerge che, come già ampiamente osservato in precedenza, il popolamento fitoplanctonico è nettamente dominato dalle diatomee con percentuali variabili tra il 77% (MES) ed il 99% (MAR).

Pur variando i valori complessivi delle densità e le abbondanze relative di ciascuna componente fitoplanctonica (diatomee, dinoflagellate e altro) le fluttuazioni stagionali hanno



evidenziato un andamento molto simile nelle cinque stazioni.

Non è stata evidenziata la netta dominanza di un ceppo rispetto ad un altro, ma la contemporanea presenza di più gruppi algali.

In ciascuna stazione sono state osservate fluttuazioni legate alle dinamiche stagionali e alla biodisponibilità di nutrienti ed oligolementi. La maggiore produttività è stata rilevata nella stazione MAR in cui è stata osservata peraltro la più alta concentrazione algale nell'agosto 2008 con circa 1.500.000 di cellule algali per litro di campione.

La stazione meno produttiva è VAD in corrispondenza della quale anche nei periodi più produttivi non sono state rilevate concentrazioni fitoplanctoniche significative.

Sono state individuate nel corso del monitoraggio anche specie potenzialmente tossiche la cui presenza in concentrazioni contenute tuttavia rientra in un quadro di normalità.

In particolare nel periodo estivo è stata rilevata la presenza del dinoflagellato *Ostreopsis ovata* in basse concentrazioni; tuttavia trattandosi di prelievi superficiali questo rilevamento appare significativo trattandosi di un dinoflagellato prevalentemente bentonico.

Nelle elaborazioni grafiche successive si riportano le fluttuazioni delle componenti fitoplanctoniche di ciascuna stazione e la relativa composizione percentuale.

In particolare in corrispondenza della stazione IMP 1 le massime densità cellulari sono state rilevate in maggio con una fioritura di diatomee dominata dal genere *Chaetoceros* spp..

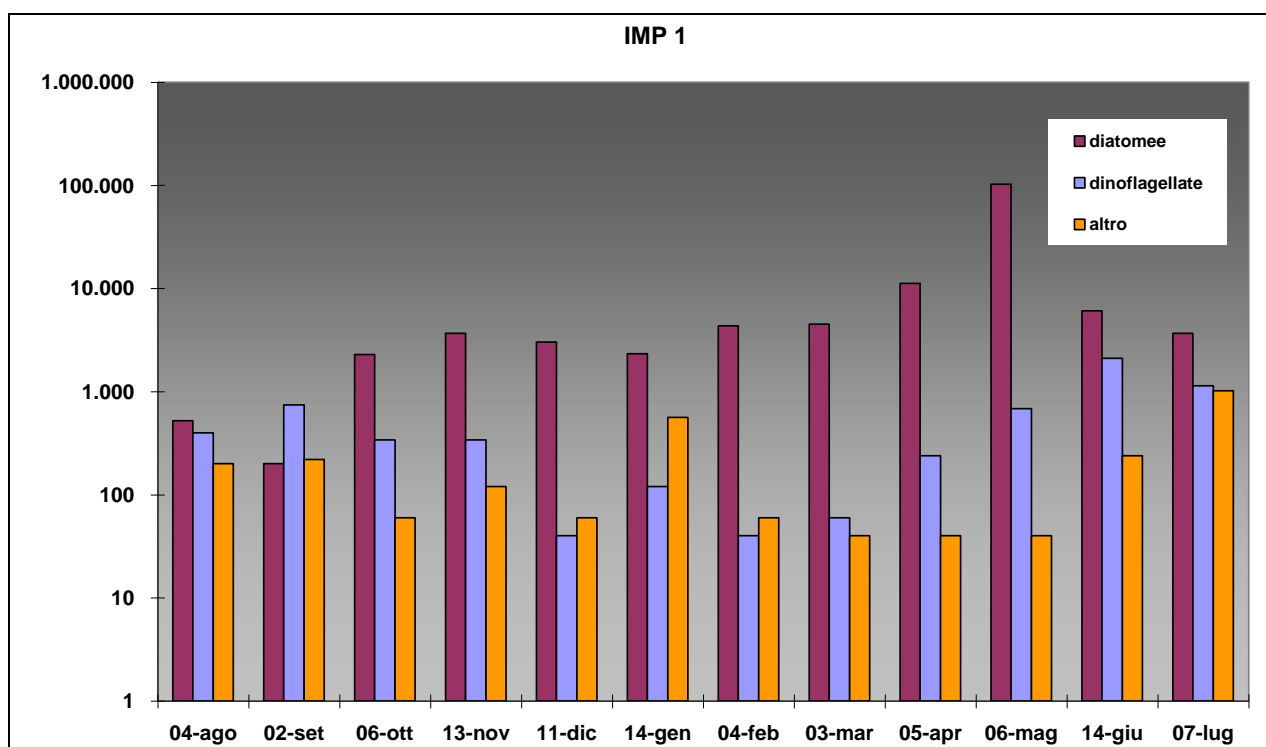


Figura 111



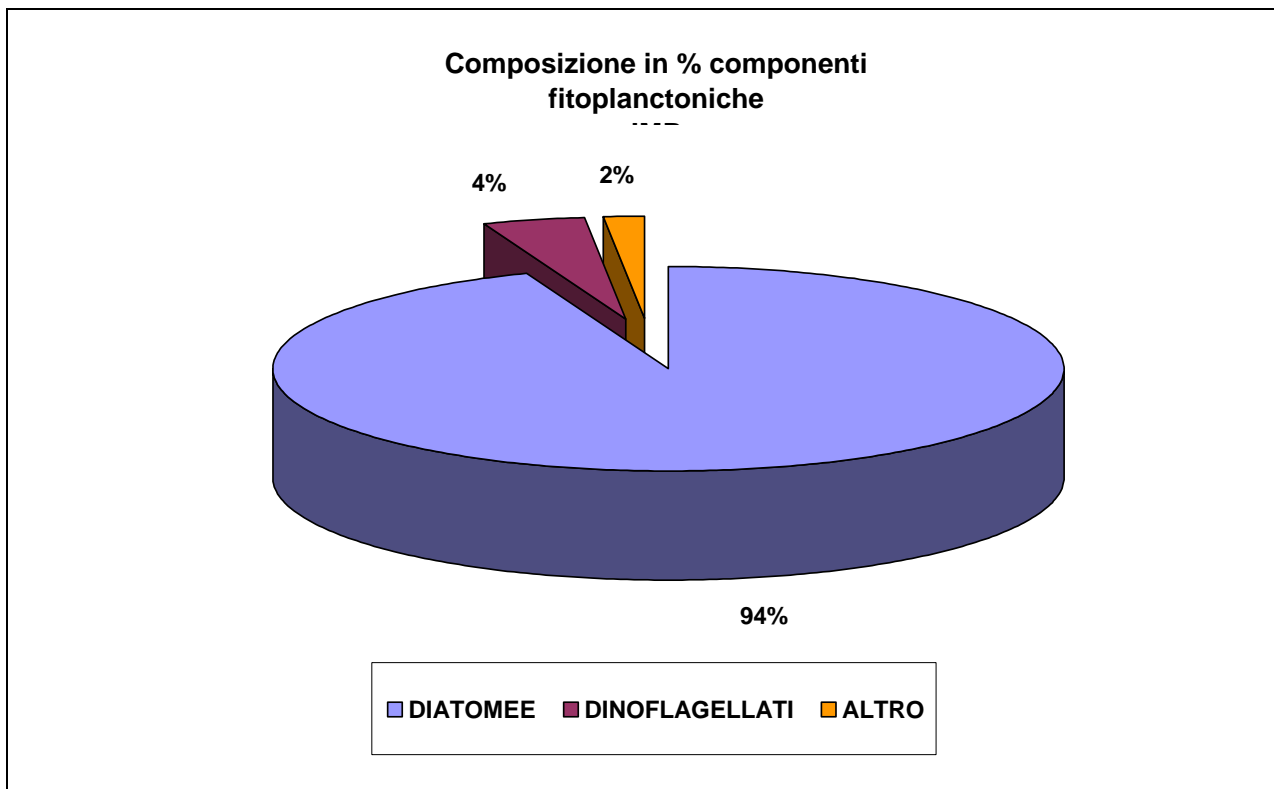


Figura 112

In corrispondenza della stazione VAD 1 nel mese di luglio si è avuta la massima densità cellulare con una fioritura di diatomee dominata dal genere *Chaetoceros* spp.. Nel mese di settembre sono stati raggiunti i valori minimi di densità cellulare mentre in novembre, in condizioni di rimescolamento termico, si è sviluppata una nuova fioritura di diatomee meno cospicua della precedente.

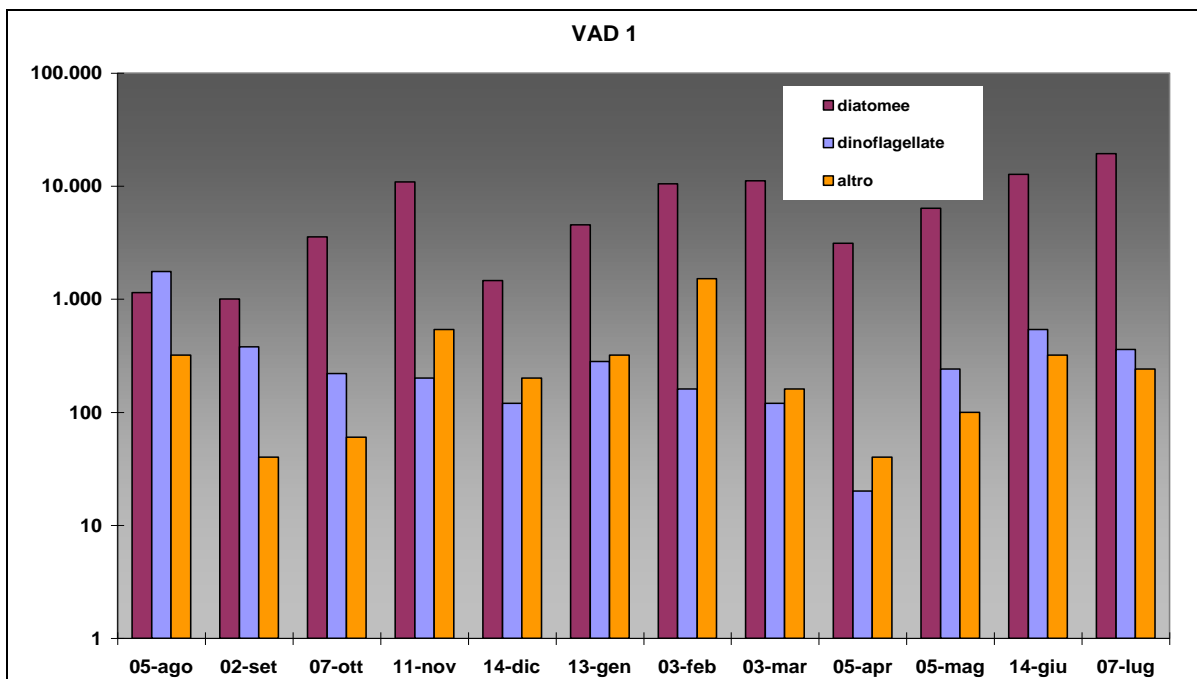


Figura 113

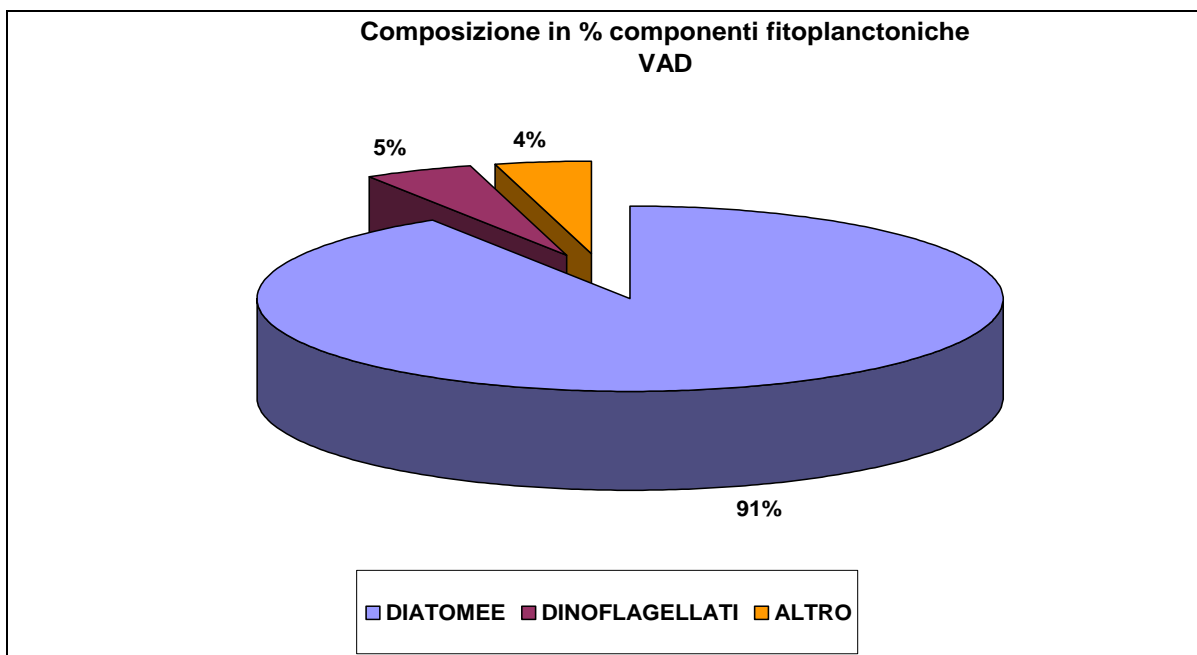


Figura 114

Densità cellulari massime sono state rilevate nella stazione LER 1 nel mese di maggio (con componente dominante costituita per il 97% dalla diatomea *Pseudo-nitzschia spp. del Nitzschia seriata complex*); nel corso delle altre campagne non sono state evidenziate elevate concentrazioni algali.



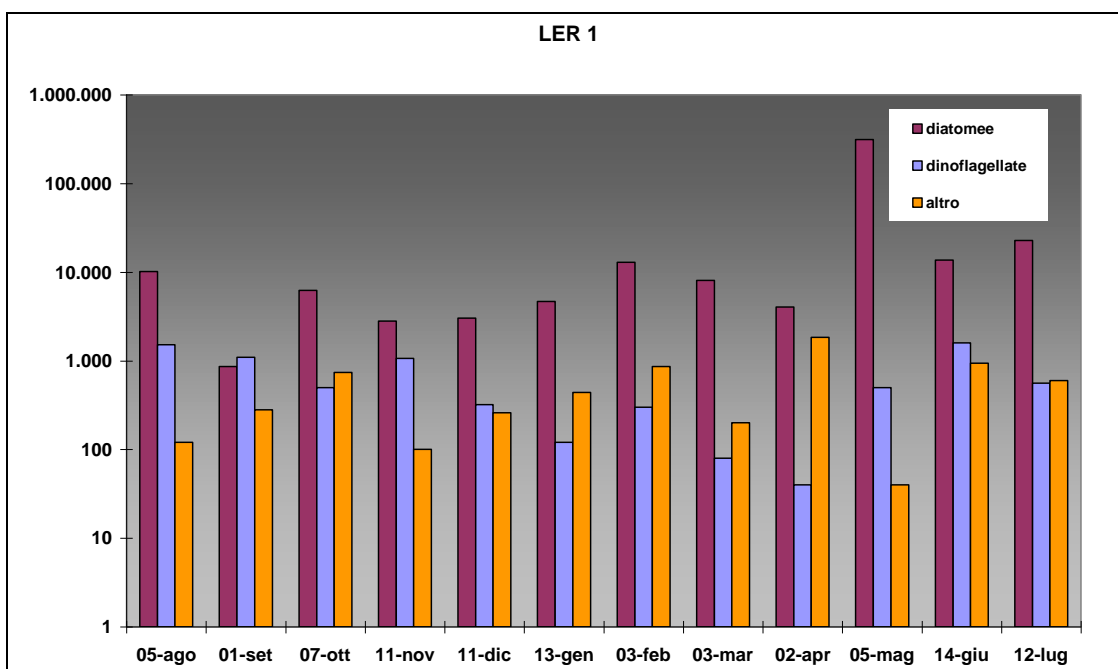


Figura 115

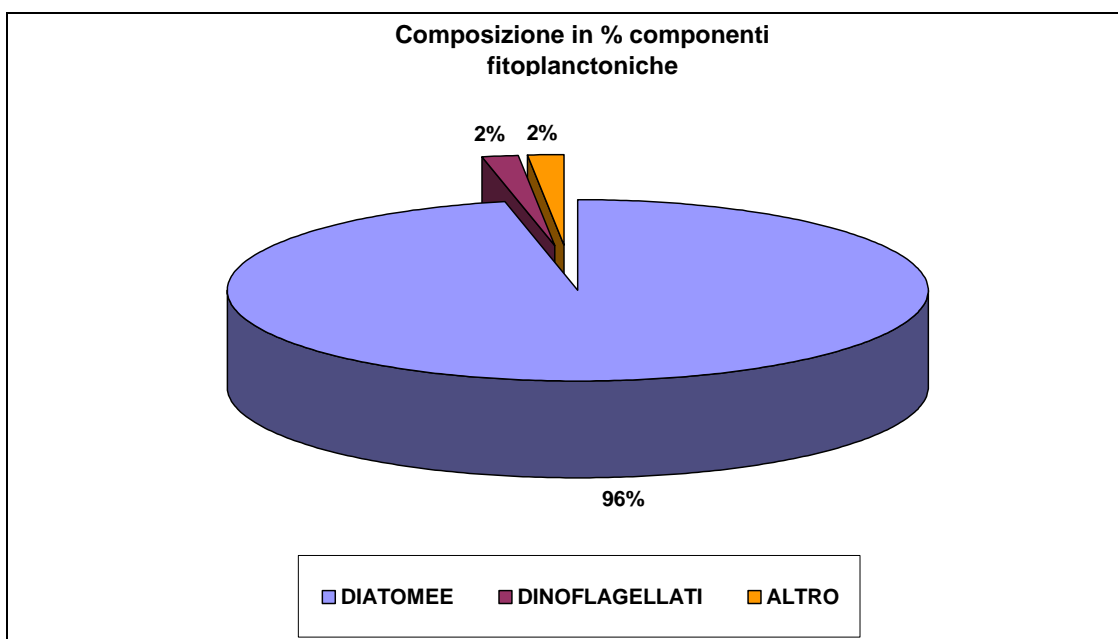


Figura 116

La stazione MES 1 ha evidenziato le più alte concentrazioni algali in tre campagne di monitoraggio, a novembre, marzo e luglio, con una netta dominanza di diatomee. Anche a maggio si è evidenziata un'alta concentrazione di fitoplancton, ma con una netta superiorità numerica di dinoflagellato (8.500 cell/l), nella fattispecie: *Prorocentrum micans*, *Protoceratium*

reticulatum e *Protoperidinium diabolum*.

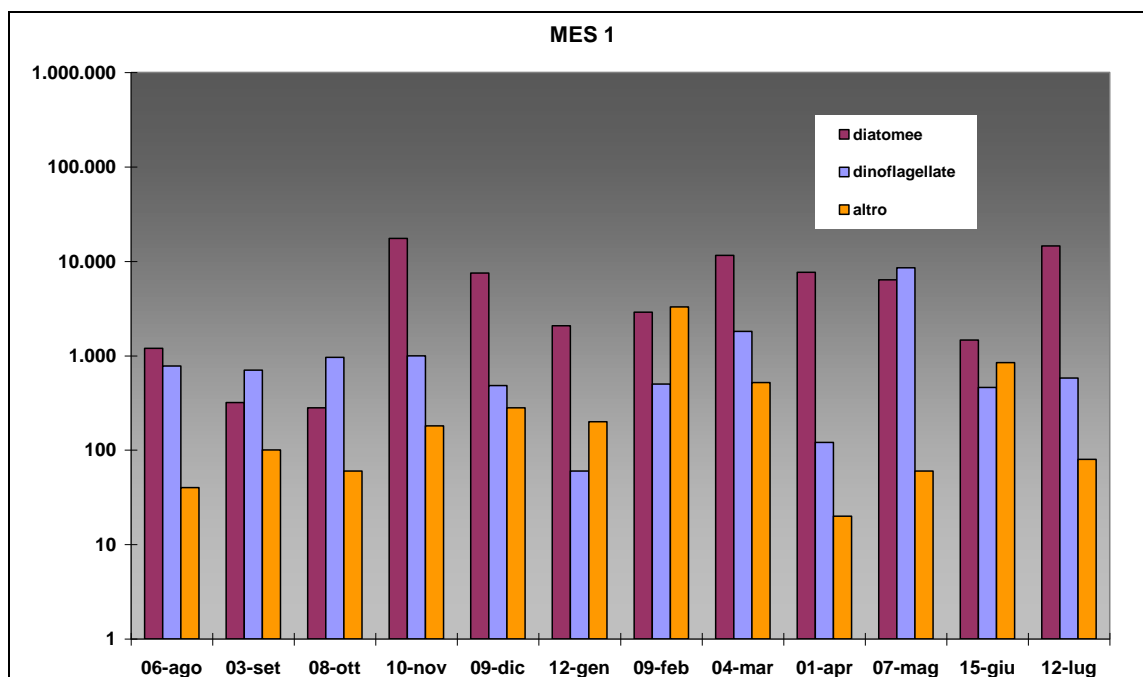


Figura 117

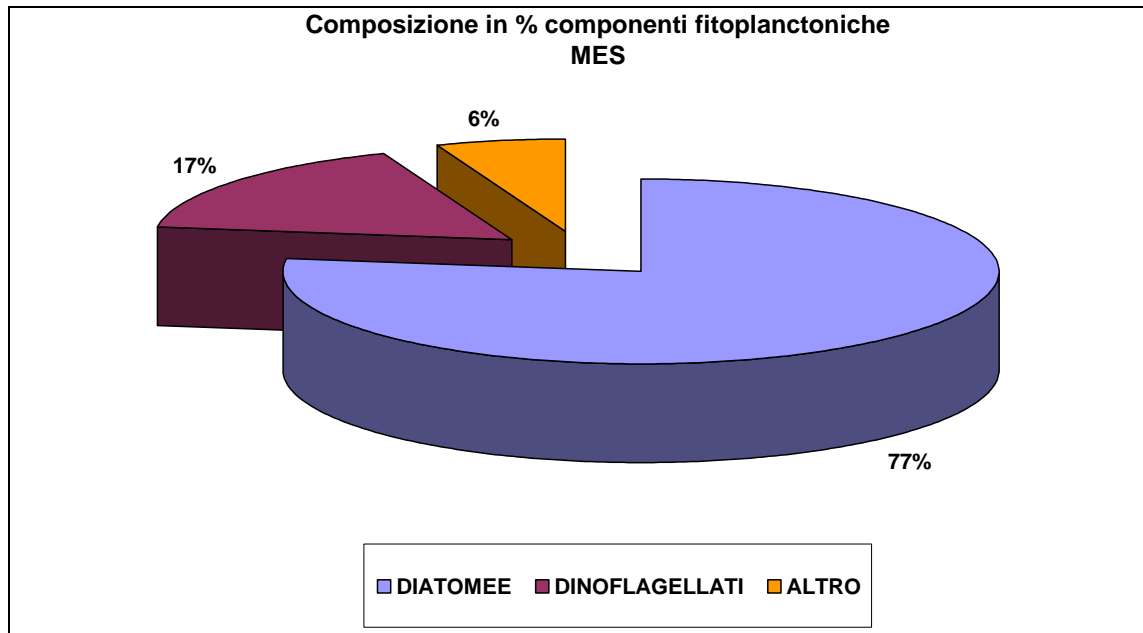


Figura 118

Come già accennato, in corrispondenza della stazione MAR sono state rilevate densità cellulari particolarmente elevate, soprattutto nel mese di agosto. In questo caso è stata rilevata una



fioritura delle diatomee *Chaetoceros compressus* e *Skeletonema costatum*.

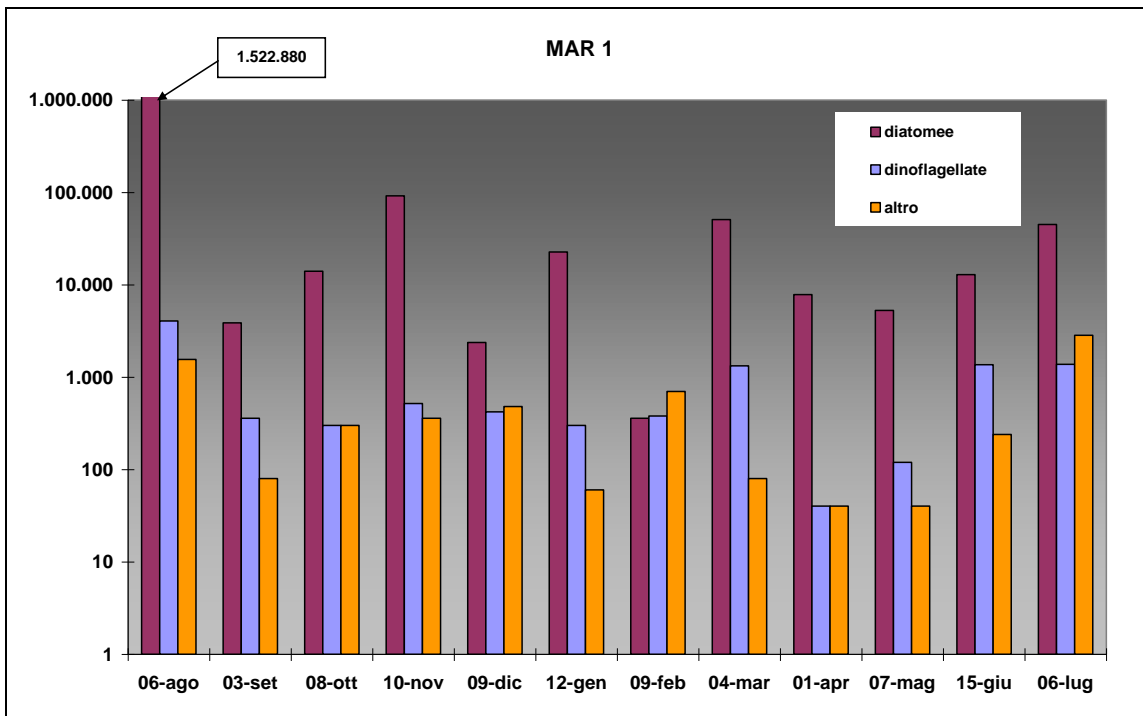


Figura 119

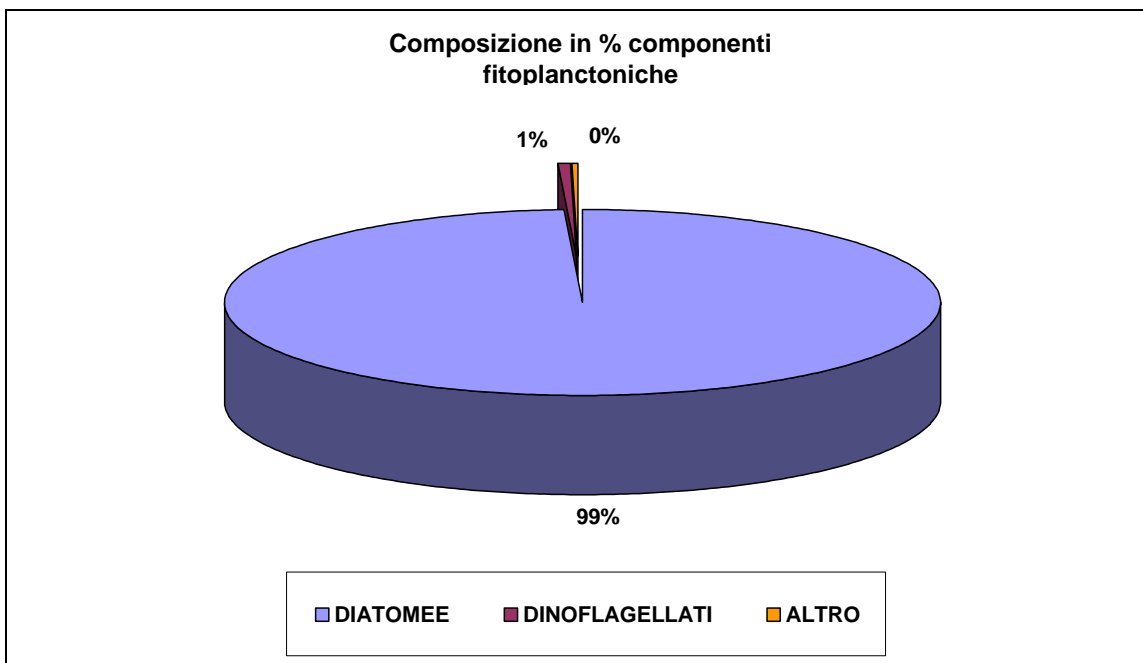


Figura 120



4.2.6.2 Zooplancton

Lo studio della comunità zooplanctonica rappresenta un utile strumento ai fini di una valutazione della qualità ambientale. Il monitoraggio e l'utilizzo delle risposte delle comunità biotiche rappresentano, infatti, due degli aspetti su cui la Direttiva Quadro in materia delle acque (WFD 2000/60/CE) pone l'importanza di un loro sviluppo ed applicazione.

Lo zooplancton, in particolare, è ritenuto un prezioso elemento di valutazione ambientale, poiché esprime le interrelazioni con le comunità sia fitoplanctonica, sia bentonica, offrendo indicazioni integrate sulle condizioni dell'ambiente (Licandro, 2004). Lo zooplancton occupa, infatti, nella rete trofica una posizione centrale che lo rende un potenziale indicatore di fenomeni di eutrofizzazione, di modificazioni alla rete trofica e della salute dell'ecosistema (Carpenter et al., 2006). L'importanza dello studio di questa comunità è ben nota, come dimostrato anche dalla letteratura più recente (Mackas e Beaugrand, 2009).

I copepodirappresentano la comunità più abbondante dello zooplancton sia dell'ambiente di costa sia oceanico (Huggett and Richardson, 2000; Calbet et al., 2001; Peterson e Keister, 2002; Albaina e Irigoien, 2004) rappresentando generalmente più del 20% del mesozooplancton totale, ma raggiungendo anche densità superiori al 40% durante i blooms primaverili ed autunnali (Daly Yahia et al., 2004). Per questa loro importante presenza, la variabilità della loro abbondanza nel tempo e nello spazio è di fondamentale importanza nelle dinamiche che caratterizzano le catene alimentari marine. I copepodi, infatti, ricoprono una posizione chiave nella catena trofica marina essendo considerati i maggiori produttori secondari degli oceani (Parsons et al., 1984; Huys e Boxshall, 1991; Mauchline, 1998).

Le densità totali dello zooplancton e delle diverse comunità che lo compongono - copepodi, cladoceri e "altro zooplancton" - sono riportate nelle figure di seguito (Figura 121 - Figura 124).



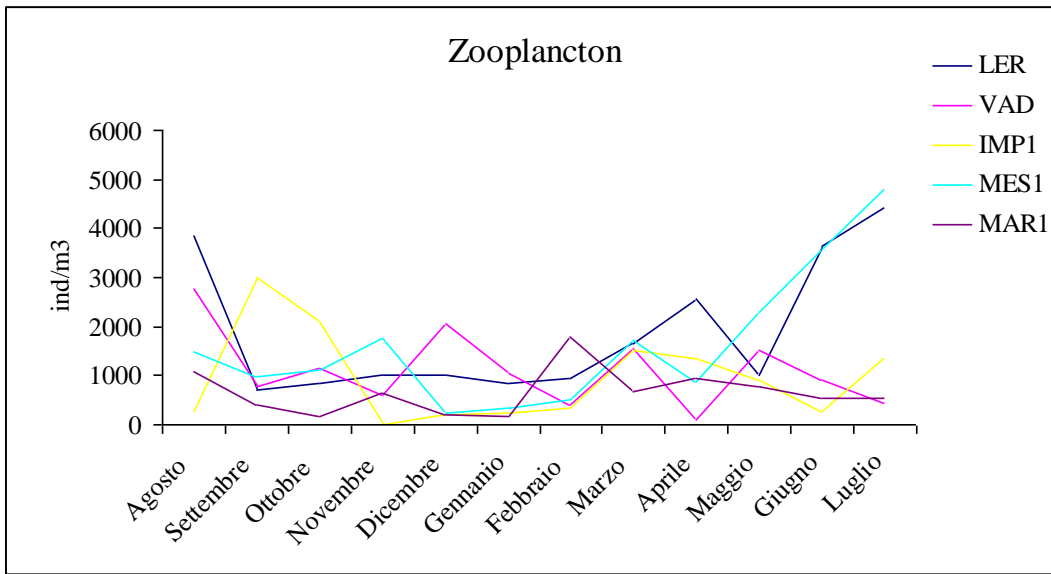


Figura 121 - Densità delle comunità zooplanctoniche: zooplancton totale

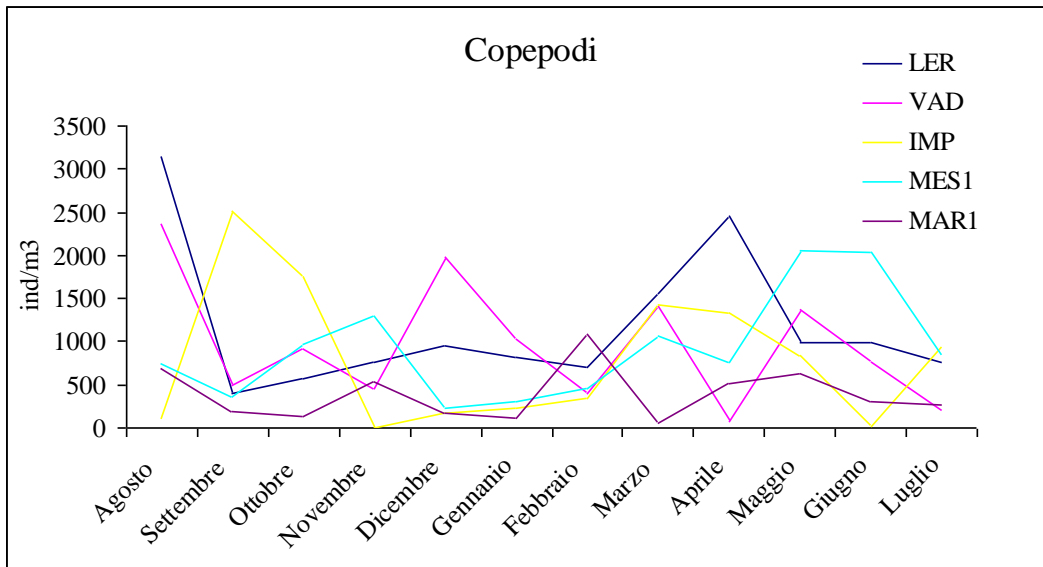


Figura 122 - Densità delle comunità zooplanctoniche: copepodi



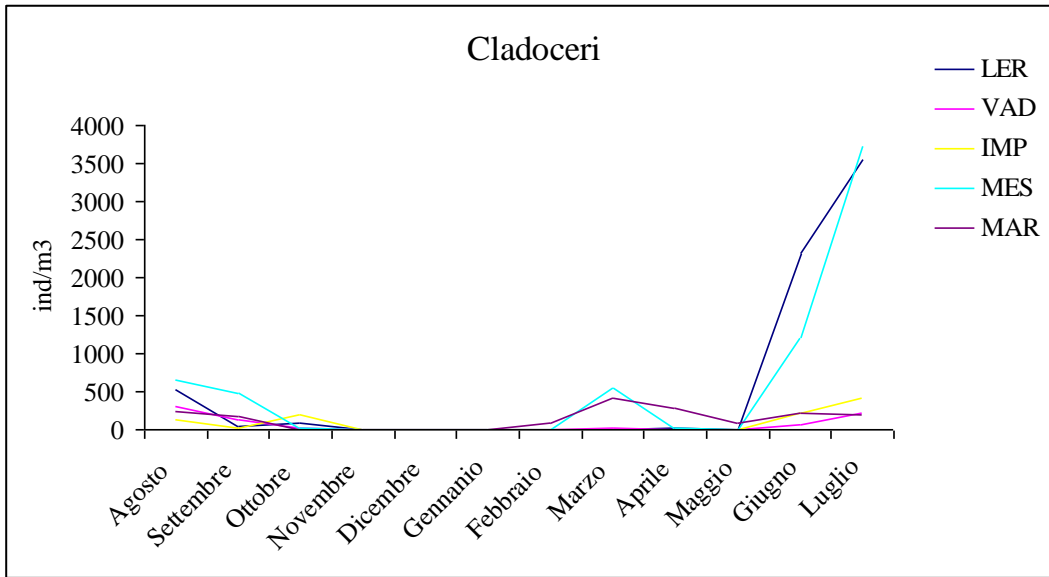


Figura 123 - Densità delle comunità zooplanctoniche: cladoceri

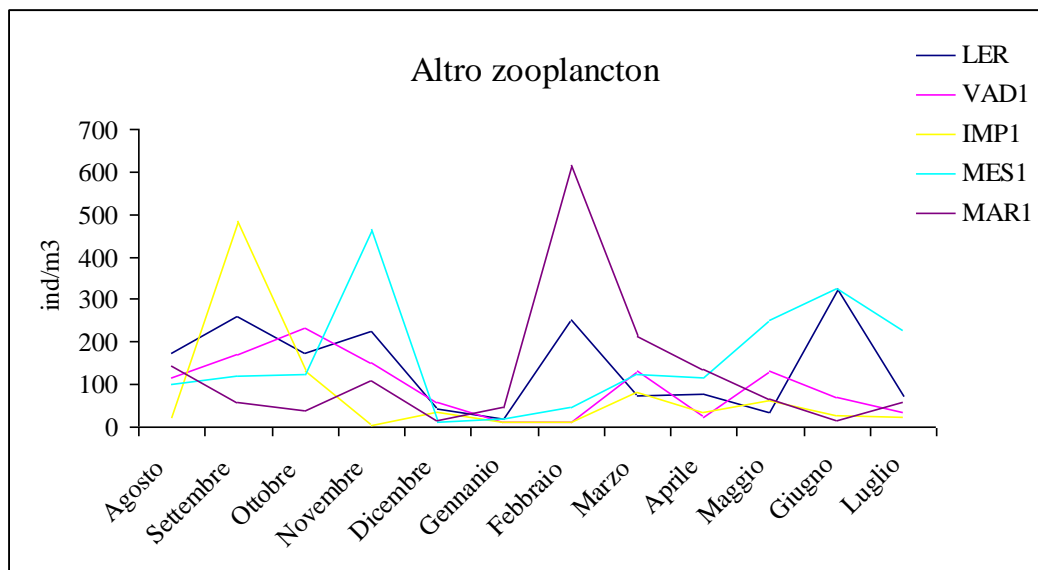


Figura 124 - Densità delle comunità zooplanctoniche: Altro zooplancton

Le densità totali dello zooplancton hanno riportato valori compresi fra 13 ind/m³ nella stazione di IMP nel mese di novembre e un massimo di 4.813 ind/m³ rinvenuto nella stazione di MES a luglio, evidenziando un incremento rispetto alle densità medie riportate in letteratura e nelle campagne di monitoraggio precedenti.

L'andamento spaziale e temporale delle densità dello zooplancton è fortemente correlato alle densità della comunità dei copepodi che rappresenta la componente dominante, seguita da quella dei cladoceri e infine dall'altro zooplancton (Bivalvia, Gasteropoda, Appendicularia,...). I



contributi percentuali medi delle diverse comunità zooplanctoniche rinvenuti nelle stazioni e nel periodo di monitoraggio sono riportati in Figura 125.

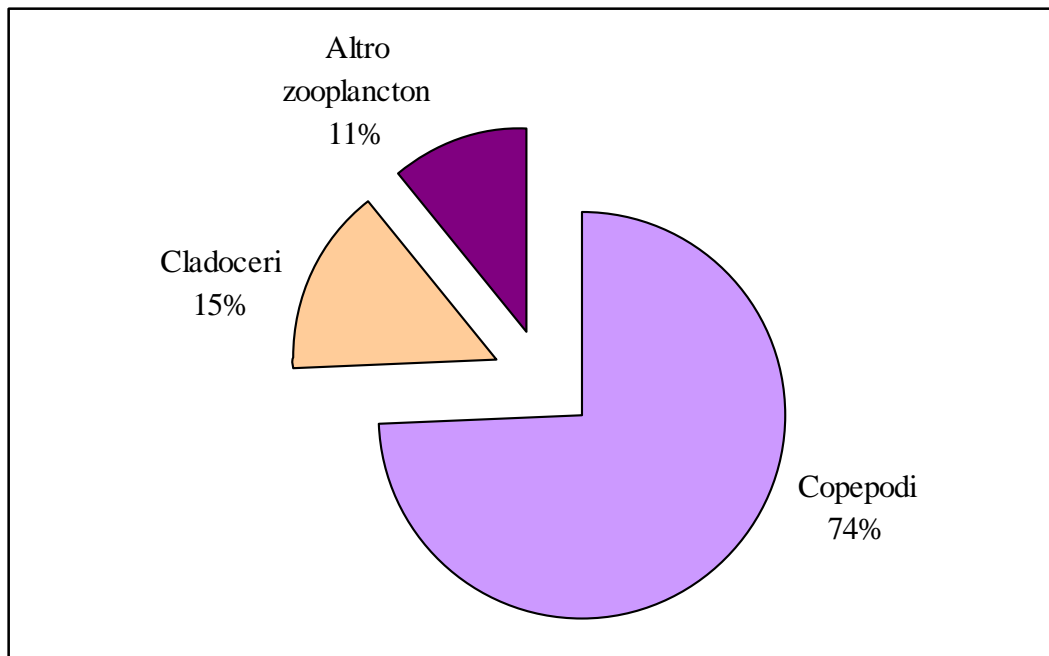


Figura 125 - Contributi percentuali medi delle comunità zooplanctoniche considerate.

Per quanto riguarda la sola comunità dei copepodi, la stazione che in media ha presentato i valori maggiori di densità è LER ($1176 \pm 822 \text{ ind/m}^3$), mentre i valori minimi sono stati riscontrati a MAR ($390 \pm 306 \text{ ind/m}^3$). In particolare, a MAR si sono riscontrate densità molto basse nei mesi di ottobre, dicembre, gennaio e marzo.

Le densità dei cladoceri mostrano valori che seguono il trend temporale che normalmente li caratterizza (Marazzo e Valentin, 2003). Dal grafico è infatti evidente un loro significativo incremento di densità con il periodo primaverile ed estivo (Anova, $p < 0,005$). In particolare, si segnala un picco di densità già nel mese di marzo per le stazioni MES e MAR (533 ind/m^3 e 413 ind/m^3 , rispettivamente). Sebbene in occasione del secondo momento di crescita di questa comunità, da maggio a luglio, sia possibile riscontrare un incremento delle densità in tutte le stazioni, significativo è l'incremento che si è verificato nelle stazioni di MES e LER.

Le densità dei gruppi facenti parte dell'"altro zooplancton" mostrano un andamento meno regolare, con la presenza di picchi di densità in periodi diversi per ogni stazione. In particolare, la stazione IMP evidenzia un picco di densità nel mese di settembre, dovuto principalmente alla presenza di Cnidaria e Appendicularia; la stazione MES mostra un picco a novembre, dovuto a Bivalvia ed Appendicularia e un secondo picco a giugno, sempre per la presenza di Appendicularia e di uova di pesce; la stazione MAR ha un suo picco di densità a

febbraio, dovuto alla maggior presenza di Malacostraca ed infine; la stazione di LER evidenzia un suo picco nel mese di giugno per Appendicularia e Gastropoda.

Lo zooplancton presente nel Mar Mediterraneo è caratterizzato da una comunità di copepodi altamente diversificata, nella quale si possono anche riscontrare specie tipiche di ambienti temperati e sub-tropicali (Razouls e Durand, 1991). Una stima riporta che il 23 % delle specie di copepodi censite in tutti i mari siano presenti nel Mar Mediterraneo (compreso il Mar Nero), nel quale sono state contate 517 specie (Razouls et al., 2006).

Per quanto riguarda la struttura delle comunità presente nelle stazioni e nei periodi di monitoraggio, si possono evidenziare buoni valori di diversità. In particolare, è stato calcolato l'indice di diversità di Shannon (H') che con un valore medio di 2.6 ± 0.2 indica una comunità con una buona diversità. I valori di H' calcolati anche sulla sola comunità dei copepodi nelle cinque stazioni sono risultati paragonabili a quelli riportati in letteratura e nelle precedenti campagne di monitoraggio ($H' = 2.8$ nel 2006-2007). In particolare, il valore minimo è stato registrato nella stazione di MAR a dicembre, mentre il valore massimo nella stazione VAD nel mese di ottobre. I valori di diversità, in termini di H' , non sono risultati significativamente differenti fra le cinque stazioni (Anova, $p > 0.005$), mentre differenze significative sono state riscontrate considerando i mesi con valori maggiori (Anova, $p < 0.05$) a settembre e ottobre.

Nello specifico, il monitoraggio effettuato nelle cinque stazioni del Mar Ligure ha identificato i generi *Clausocalanus spp.*, *Paracalanus spp.* e *Centropages spp.* quali dominanti in tutte e cinque le stazioni di monitoraggio, seguiti dai generi *Oithona spp.*, *Acartia spp.* e *Corycaeus spp.*, confermando quanto noto in letteratura in merito alla composizione dei copepodi zooplanctonici per il Mar Ligure (Gaudy et al., 2003).

Clausocalanus spp. è un genere sempre presente in tutte le stazioni e su tutto il periodo annuale, con picchi di densità nei mesi di agosto e marzo. La presenza percentuale media di *Clausocalanus spp.* è del 29%, con valori massimi che hanno raggiunto anche il 90% della composizione della comunità dei copepodi. *Clausocalanus spp.* è tuttavia risultato completamente assente a IMP nel mese di luglio e a MAR nel mese di giugno. Le forme adulte sono accompagnate da numerose forme giovanili ad indicare che questo genere si riproduce ed è ben adattato alle acque oligotrofe, povere di fitoplancton quali sono quelle liguri a fine autunno. Le forme giovanili dominano sempre, in media circa l'80%, indicando che *Clausocalanus* si riproduce in tutte le stagioni. Questo genere è rappresentato in percentuali maggiori dalle specie *C. paululus*, *C. pergens* e *C. furcatus*. Altre specie presenti, ma con minori densità sono state: *C. arcuicornis* e *C. lividus*. Tale struttura di comunità è tipica per il Mar Ligure (Licandro e Ibanez, 2000; Licandro et al., 2007).



Paracalanus spp. è il secondo genere per abbondanza e dominanza percentuale. Il suo andamento mostra un forte decremento in densità da agosto a ottobre, per poi mantenersi più o meno stabile e tornare a crescere poi a giugno. Le minori densità nei mesi invernali si sono rilevate, in generale, in tutte e cinque le stazioni. La specie più rappresentative di questo genere è *P. parvus*, mentre in percentuali molto basse si sono ritrovate le specie *P. nanus* e *P. denudatus*.

Centropages spp. è risultato presente con un contributo percentuale elevato alle stazioni di MAR (16%) e MES (10%), seguite da LER e VAD (8%) e IMP (4%). Le densità di *Centropages spp.* e delle sue specie (in particolare *C. typicus*), rinvenute nelle cinque stazioni di monitoraggio, mostrano il tipico andamento stagionale riportato in letteratura per questo genere, con valori maggiori nei mesi primaverili. Le densità maggiori sono rinvenute nella stazione MAR, come già riscontrato nelle campagne di monitoraggio precedenti (2006-2007). Tra le specie più rappresentative di tale genere, *C. typicus* e *C. kroyeri*, sono quelle rappresentate con densità maggiori. Il genere *Centropages spp.* nelle cinque stazioni è infatti risultato costituito, in media, per il 6% sia dalla specie *C. kroyeri* e da *C. typicus*, mentre la frazione dominante (il 87%) è rappresentata dagli esemplari giovanili, ad indicare una continua riproduzione. Una percentuale piuttosto bassa della specie *C. violaceus* (nella media del periodo di monitoraggio pari allo 0.3%) è stata, inoltre, rinvenuta solo nelle stazioni di MES e MAR nel mese di settembre. Le densità dei due generi *C. kroyeri* e *C. typicus* confermano il caratteristico andamento temporale riportato in letteratura, con una marcata dominanza di *C. typicus* nel periodo primaverile, seguita da un forte decremento, al quale corrisponde una crescita di *C. kroyeri*, presente con importanti densità da luglio a settembre. *Centropages spp.* è un importante genere, presente sia nelle acque neritiche sia nelle acque offshore, oltre la piattaforma. *Centropages spp.* ed, in particolare, *C. typicus*, presente con elevate densità nel Mar Mediterraneo, ha un ciclo annuale caratterizzato da un marcato trend stagionale, con un minimo di densità rilevabile nei periodi di tardo autunno-inizio inverno e più picchi di densità riscontrabili dalla primavera all'estate, soprattutto in aprile-giugno (Mazzocchi et al., 2007). Un picco secondario è stato osservato in alcune occasioni in Ottobre nelle regioni del Mediterraneo Nord-Ovest (Gaudy, 1984; Razouls, 1974) e nel golfo di Napoli (Di Capua & Mazzocchi, 2004). In particolare, sembra che la temperatura sia uno dei fattore più importanti in grado di determinare la variabilità spaziale e temporale nelle aree costiere, in cui il cibo non è un fattore limitante, mentre off shore la sua distribuzione risulta probabilmente limitata dalla disponibilità di cibo (Carlotti & Harris, 2007). In generale, la densità di questa specie aumenta con temperature comprese fra 13°C e 20°C, mentre decresce per temperature inferiori o superiori a tale range.



Oithona spp. mostra una presenza percentuale compresa fra il 6% a IMP e l'11% a VAD e la specie più abbondante di questo genere è *O. nana*, specie ben adattata alla vicinanza a costa e, di conseguenza, agli apporti di inquinanti antropici (Hirche, 1992). *Oithona spp.* ha una distribuzione spaziale molto ampia ed è in grado di adattarsi in molti ambienti marini (Paffenhöfer, 1993), dagli estuari (Gaughan e Potter, 1995) al mare aperto, dall'Artico (Falk-Petersen et al., 1999; Lischka e Hagen, 2005) e Antartico (Fransz e Gonzalez, 1995) al Mediterraneo (Mazzocchi e Ribera d'Alcala', 1995) ed alle acque tropicali e sub-tropicali (Paffenhöfer, 1998). Questa ampia distribuzione spaziale è in parte dovuta al fatto che alcune specie hanno una buona capacità di adattamento a condizioni eurialine (Torres-Sorando et al., 2003; Hansen et al., 2004), euriterme (Turner, 2004), oltre ad avere bassi tassi metabolici e di respirazione (Paffenhöfer, 1993).

Altro genere ben rappresentato è *Acartia spp.*, che è risultato più diversificato in termini di abbondanza percentuale nelle cinque stazioni con valori compresi fra il 5% a MES e il 18% a MAR. Questo genere anche in letteratura è riportato fra i dominanti, soprattutto in ambiente d'altura (Licandro et al., 2007). Fra le specie di questo genere, *Acartia clausi* è quella risultata più presente, in relazione al suo adattamento alla vicinanza a costa e, di conseguenza, agli apporti di inquinanti antropici, presentando una strategia r ed essendo caratterizzata da elevati tassi di produttività e di produzione di uova (Hirche, 1992).

La struttura delle comunità delle cinque stazioni è risultata simile nelle cinque stazioni, come confermato dai risultati dell'analisi univariata che non hanno rilevato differenze significative fra le cinque stazioni (Anosim, $p > 0,005$) (Figura 126).

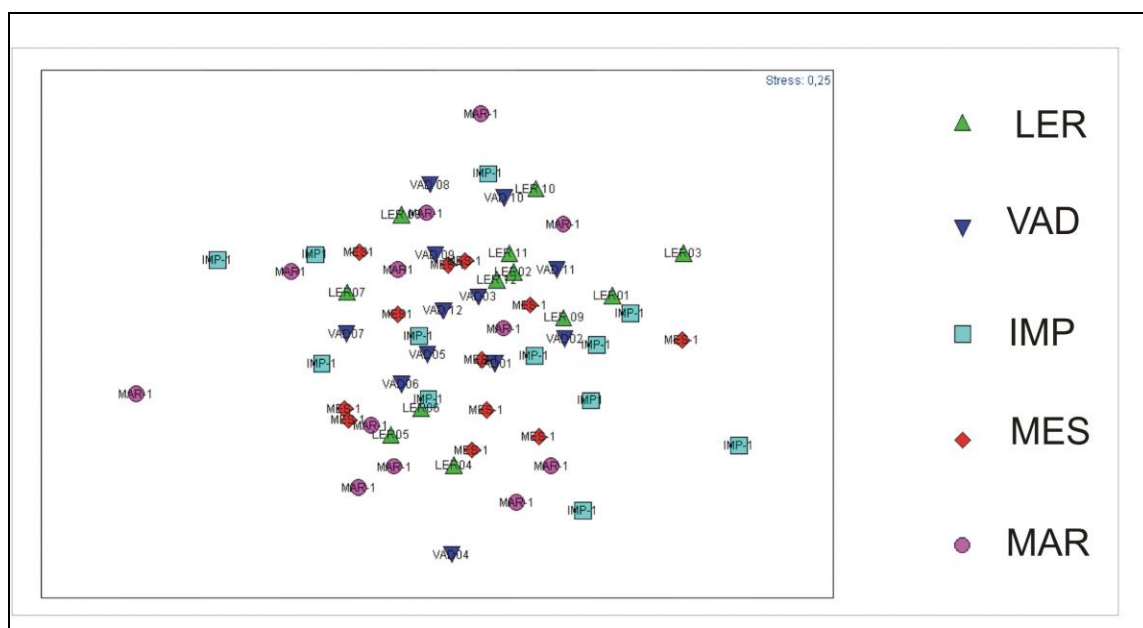


Figura 126 - MDS calcolato sulle densità dei copepodi nelle cinque stazioni di monitoraggio.

Maggiori differenze si sono invece riscontrate considerando l'andamento temporale. Le densità infatti sono risultate significativamente differenti nelle stagioni. Anche l'analisi dell'MDS evidenzia i raggruppamenti per stagione; in particolare, autunno e inverno risultano separati da primavera ed estate (Figura 127).

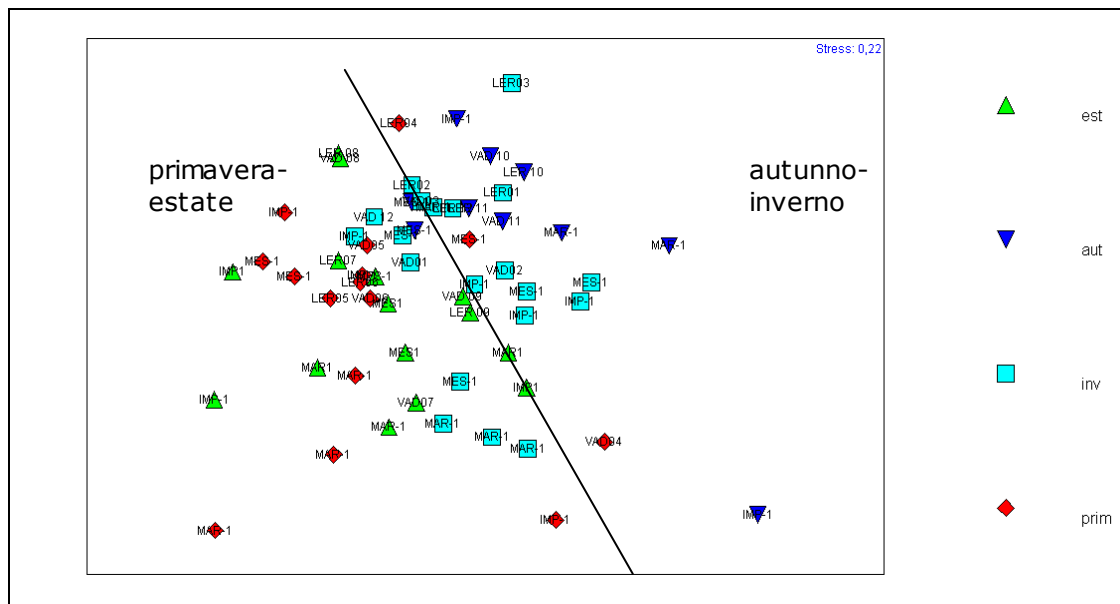


Figura 127 - MDS calcolato sulle densità dei copepodi nelle cinque stazioni di monitoraggio, ordinati secondo il fattore "stagione".

Per quanto riguarda la comunità dei cladoceri le densità medie sono risultate significativamente diverse fra le stazioni (Anova, $p < 0,005$). I valori di densità dei cladoceri sono risultati maggiori nelle stazioni di MES e LER (557 e 548, rispettivamente), mentre si sono riscontrati valori medi molto inferiori nelle altre tre stazioni (143, 80 e 64, rispettivamente a MAR, IMP e VAD). Densità maggiori a LER rispetto alle altre stazioni erano già emerse nel corso dei precedenti monitoraggi.

Le specie di cladoceri dominanti in quasi tutte le stazioni di monitoraggio sono *Evdne spinifera* e *Penillia avirostris*. Da questa dominanza si discosta la stazione MAR che presenta, invece, una forte dominanza del genere *Podon* (57%). La maggior presenza del genere *Podon* alla stazione MAR conferma e mantiene quanto emerso anche nei precedenti periodi di monitoraggio, indicando, da un lato caratteristiche ambientali diverse rispetto alle altre stazioni e dall'altro che queste, per quanto diverse, si sono mantenute nel corso degli anni.

Differenze significative si sono riscontrate considerando la loro distribuzione temporale (Anova, $p < 0,05$). In particolare, la struttura di comunità dei cladoceri ha evidenziato il tipico

andamento temporale di questi organismi, con densità significativamente più elevate nei mesi estivi, rispetto a quelli invernali (Marazzo & Valentin, 2003) (Figura 128).

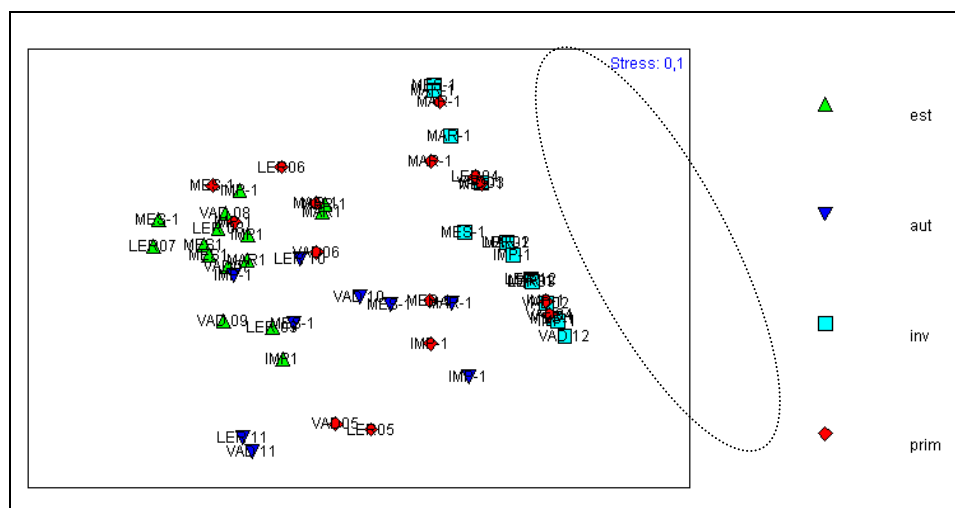


Figura 128 - MDS calcolato sulle densità dei cladoceri nelle cinque stazioni di monitoraggio, ordinati secondo il fattore "stagione".

Altri gruppi risultati presenti nelle stazioni di monitoraggio nei diversi mesi, definiti come "altro zooplancton", sono: Gasteropodi ed Appendicolarie, seguiti, con densità inferiori, da larve di Crostacei, Echinodermi, Cnidaria, Policheti, Bivalvi, Cirripedia, Chetognati, larve e uova di pesce, Bryozoi, Ostracodi, Taliacei e Foraminifera. Tali gruppi non hanno evidenziato differenze significative fra le stazioni e i mesi. I Gasteropodi sono risultati presenti con abbondanza percentuale inferiore rispetto alle altre stazioni di monitoraggio a MES e MAR.