

Cliente Enel Produzione SpA - GEM

Oggetto CENTRALE DI TORREVALDALIGA NORD

Monitoraggio relativo agli effetti dello scarico termico e della conversione a carbone della Centrale

Rapporto finale monitoraggio marino anno 2018

Ordine Contratto Aperto 8400101944 del 24.06.2016 Specifica C. Aperto N. 4000446761 del 13.03.2018

Note Rev. 0 (A1300001315 – Lettera B9005524)

La parziale riproduzione di questo documento è permessa solo con l'autorizzazione scritta del CESI.

N. pagine 125 **N. pagine fuori testo** -

Data 12/03/2019

Elaborato EMS - Meloni Maria Laura, EMS - Moruzzi Letizia
B9005264 3353 AUT B9005264 1719280 AUT

Verificato EMS - Sala Maurizio
B9005264 3741 VER

Approvato EMS - Granata Tommaso (Project Manager)
B9005264 3744 APP

CESI S.p.A.

Via Rubattino 54
I-20134 Milano - Italy
Tel: +39 02 21251
Fax: +39 02 21255440
e-mail: info@cesi.it
www.cesi.it

Capitale sociale € 8.550.000 interamente versato
C.F. e numero iscrizione Reg. Imprese di Milano 00793580150
P.I. IT00793580150
N. R.E.A. 429222

© Copyright 2018 by CESI. All rights reserved

Indice

1	PREMESSA	3
2	LINEAMENTI DEL PIANO SPERIMENTALE	4
2.1	Comunità planctoniche	5
2.1.1	Fitoplancton.....	7
2.1.2	Zooplancton.....	10
2.2	Macrozoobenthos.....	11
2.3	Posidonia oceanica.....	14
2.4	Analisi dei principali parametri di qualità delle acque.....	21
3	ANALISI DEI DATI	23
3.1	Stato di Qualità Ecologica	25
4	CARATTERIZZAZIONE DEL FITOPLANCTON	27
4.1	Inverno	27
4.2	Primavera	31
4.3	Estate.....	35
4.4	Autunno	38
4.5	Valutazioni complessive sulle comunità fitoplanctoniche.....	41
5	CARATTERIZZAZIONE DELLO ZOOPLANCTON	46
5.1	Inverno	47
5.2	Primavera	51
5.3	Estate.....	54
5.4	Autunno	57
5.5	Valutazioni complessive	60
6	CARATTERIZZAZIONE DEL MACROBENTHOS	67
6.1	Composizione della comunità	67
6.1.1	Indici strutturali di comunità.....	68
6.1.2	Analisi multivariata.....	71
6.2	Stato di qualità ecologica	75
6.3	Valutazioni complessive	85
7	PRATERIA DI POSIDONIA OCEANICA	88
8	PRINCIPALI PARAMETRI DI QUALITÀ DELLE ACQUE	94
9	CONCLUSIONI	99
10	BIBLIOGRAFIA	101
11	APPENDICE	106

STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
0	12/03/2019	B9005264	Prima emissione

1 PREMESSA

Il presente documento riporta i risultati relativi alle indagini effettuate nell'anno 2018 nell'ambito del Piano di monitoraggio nel tratto di mare antistante la Centrale di Torrevaldaliga Nord relativo alla valutazione degli eventuali effetti dovuti alla presenza dello scarico delle acque di raffreddamento dei condensatori e alla conversione a carbone dell'impianto (documento CESI B3033391 "CENTRALE TERMOELETTRICA DI TORREVALDALIGA NORD - Piano di monitoraggio dell'ambiente marino antistante la centrale" 2013).

Il Piano di Monitoraggio marino viene attuato nel tratto di mare antistante la Centrale Enel di Torrevaldaliga Nord in riferimento all'Allegato 2 del Decreto di Autorizzazione del Ministero dello Sviluppo Economico (DEC 55/02/2003 del 24.12.2003) con cui è stata autorizzata la conversione a carbone della centrale stessa sita nel comune di Civitavecchia (RM) e tiene conto anche di quanto espresso nei documenti:

- Parere 855 20/1/2012 CTVIA
- Parere 1200 12/4/2013 CTVIA
- Comunicazione DG Valutazioni Ambientali MATTM 18/7/2013

in merito alle indicazioni sulla prosecuzione delle attività di monitoraggio.

Lo scopo del monitoraggio previsto è quello di individuare e di valutare la presenza di eventuali variazioni, nel breve e nel medio termine, dovute all'esercizio della Centrale Termoelettrica di Torrevaldaliga Nord.

L'attuazione del Piano ha previsto la valutazione di una serie di componenti scelte tra quelle in grado di evidenziare gli eventuali effetti dovuti alla presenza dello scarico termico o che comunque possano dare evidenza di eventuali alterazioni di tipo ambientale. In particolare, è stata valutata la qualità delle acque attraverso la determinazione di parametri chimico-fisici e dei nutrienti.

Inoltre, sono state analizzate le seguenti componenti biologiche:

- fito- e zooplancton,
- *Posidonia oceanica*,
- macrobenthos.

Le cadenze temporali dei vari campionamenti sono state correlate con il tipo di risposta che ciascuna componente biologica può fornire; di conseguenza il Piano di Monitoraggio prevede che le valutazioni chimico-fisiche e l'analisi della componente planctonica, che sono caratterizzate da una risposta a breve termine, vengano effettuate a livello stagionale, mentre lo studio della *Posidonia oceanica* e della popolazione macrobentonica, che rappresentano degli indicatori di impatto a medio termine, sia condotto una volta all'anno nella stagione estiva.

2 LINEAMENTI DEL PIANO SPERIMENTALE

Il Piano di Monitoraggio è stato predisposto per valutare, nel breve e nel medio periodo, gli eventuali effetti della presenza dello scarico delle acque di raffreddamento della Centrale sul tratto di mare antistante l'impianto.

A tale scopo sono state individuate alcune componenti ambientali "sensibili" alla presenza di uno scarico termico che consentono di coniugare la "tempestività" della segnalazione delle eventuali alterazioni ecologiche con la possibilità di evidenziare, piuttosto che fenomeni acuti e transitori, modificazioni di tipo "permanente" (Ioannilli & Franco, 1988; Cironi & coll., 1993).

In particolare, sono state prese in considerazione le seguenti componenti:

- fito e zooplancton,
- *Posidonia oceanica*,
- macrobenthos.

La componente che può fornire tempestive risposte a eventuali effetti antropici nel tratto di mare indagato è la popolazione planctonica, che risulta quindi un indicatore di impatto nel breve termine temporale. Infatti è attraverso l'identificazione strutturale del popolamento fito e zooplanctonico costiero di aree eventualmente soggette allo scarico termico comparate ad aree non impattate che si può fornire tale risposta; di conseguenza il Piano prende in considerazione aree esposte al refluo termico della Centrale e aree di riferimento non esposte ubicate al di fuori dell'area potenzialmente impattata.

Per il monitoraggio a medio termine si ritengono particolarmente adatti i popolamenti macrobentonici di substrato duro presenti nei fondali dell'area indagata e la prateria di *Posidonia oceanica*. Essi sono in grado di integrare l'influenza dei fattori ambientali che caratterizzano l'ecologia di un determinato sito e sono quindi utili per evidenziare la presenza di eventuali alterazioni.

A completamento delle indagini, il Piano prevede la caratterizzazione della qualità delle acque attraverso la determinazione dei principali parametri chimico-fisici.

Nella tabella seguente si riassumono le indagini effettuate nel 2018 a cadenza stagionale.:

Stagione	Descrittori
Inverno	Plancton (zooplancton e fitoplancton) Qualità delle acque
Primavera	Plancton (zooplancton e fitoplancton)
Estate	Plancton (zooplancton e fitoplancton) Qualità delle acque <i>Posidonia oceanica</i> Macrozoobenthos
Autunno	Plancton (zooplancton e fitoplancton)

Di seguito vengono descritte con maggior dettaglio le componenti analizzate, l'ubicazione delle stazioni di campionamento e i relativi metodi per la determinazione dei parametri considerati.

2.1 Comunità planctoniche

Le indagini relative alle comunità costiere fitoplanctoniche e zooplanctoniche sono state condotte, con cadenza stagionale, in quattro stazioni scelte opportunamente in modo tale da caratterizzare le aree eventualmente soggette all'influenza dello scarico termico e poterle quindi comparare con le aree non impattate.

Nello specifico, nel tratto di mare compreso tra Punta S. Agostino (estremo Nord) e Capo Linaro (estremo Sud) sono state individuate le seguenti stazioni ubicate a circa 1 miglio dalla costa (Figura 1):

- stazione A, in prossimità di Punta S. Agostino
- stazione B, in corrispondenza dello scarico a mare delle acque di raffreddamento della Centrale di Torrevaldaliga Nord
- stazione D, presso il Porto di Civitavecchia
- stazione E, in prossimità del Villaggio del Fanciullo.

I campionamenti di fito e zooplancton sono stati effettuati contemporaneamente.



Figura 2.1: Stazioni di campionamento per fitoplancton e zooplancton (fonte: Google Earth).

2.1.1 *Fitoplancton*

Il fitoplancton rappresenta l'insieme degli organismi autotrofi fotosintetici presenti nel plancton e svolge un ruolo fondamentale nelle strutture trofiche degli ambienti acquatici, poiché esso rappresenta la via attraverso la quale l'energia fluisce ai livelli trofici superiori.

Nell'ambiente marino, più del 90% della produzione primaria annuale è a carico di organismi appartenenti al fitoplancton che, pertanto, assumono un ruolo fondamentale nei meccanismi di riciclo del carbonio, dei nutrienti (in particolare N e P) e dell'ossigeno sia a livello ecosistemico che a livello globale.

Gli organismi del fitoplancton hanno una struttura cellulare semplice e cicli vitali brevi nell'ordine di alcuni giorni; in condizioni ottimali si può osservare un turnover anche superiore 6-8 volte al giorno (Platt e Fillion, 1973). Per queste caratteristiche fisiologiche e metaboliche, a livello individuale essi sono in grado di rispondere rapidamente a diversi fattori fisici (luce, temperatura e turbolenza), con un metabolismo fortemente accoppiato alla disponibilità di nutrienti inorganici (principalmente N e P), e a livello di popolazione e corporazione essi sono soggetti ad ampie oscillazioni su scale spazio-temporali anche relativamente ristrette.

Il fitoplancton è composto da organismi procarioti (essenzialmente cianobatteri) e da microalghe eucariote appartenenti a diverse raggruppamenti tassonomici quali Bacillariophyceae, Dinophyceae, Chrysophyceae, Cryptophytceae, Dictyochophyceae, Prymnesiophyceae, Raphidophyceae e Euglenophyceae, Prasinophyceae e Chlorophyceae. Tali raggruppamenti variano per dimensioni, morfologia, fisiologia ed ecologia. Il fitoplancton viene classificato soprattutto sulla base delle caratteristiche strutturali delle cellule e di specifiche caratteristiche biochimiche, come natura e quantità di pigmenti fotosintetici.

Il campionamento di fitoplancton è stato effettuato tramite bottiglia di Ruttner alla profondità di 0.5 m (campionatore con coperchio superiore e inferiore la cui chiusura avviene tramite messaggeri alla profondità desiderata); l'utilizzo della bottiglia ha permesso la cattura degli organismi più piccoli che altrimenti sarebbero sfuggiti anche impiegando reti a maglie molto fitte.

Immediatamente dopo il prelievo, i campioni sono stati fissati con reattivo di Lugol. L'utilizzo di tale reattivo rispetto ad altri fissativi presenta alcuni vantaggi, tra cui:

- non causa la perdita del flagello in molti flagellati, facilitandone il successivo riconoscimento;
- è poco tossico;
- è adeguato per la conservazione dei Dinophyceae, delle Bacillariophyceae e di specie delicate come i piccoli flagellati (Hallfors *et al.*, 1979).

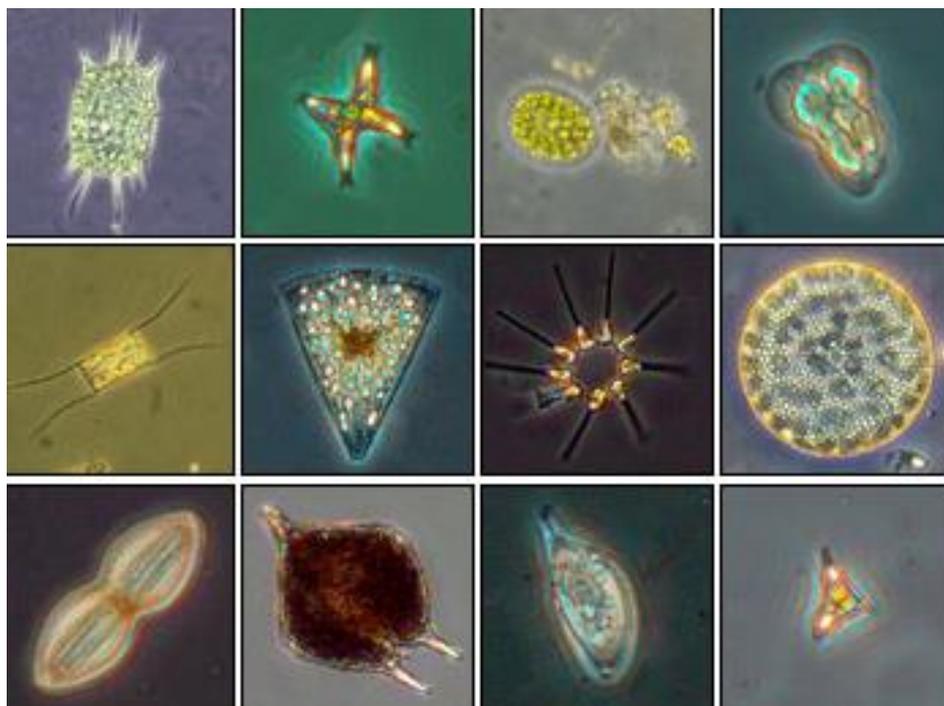


Figura 2.2: Alghe appartenenti al fitoplancton marino.

I campioni sono stati conservati al buio fino al momento delle analisi e successivamente analizzati con microscopio invertito Zeiss Axiovert 10 con obiettivo 400x, basandosi sul metodo Utermöhl, H., 1958. Zur Vervollkomnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. Mitt. Int. Verein. Limnol. 9, 1-38.

Di seguito vengono descritte le tre fasi del metodo (sedimentazione, conteggio e calcolo dell'abbondanza delle cellule fitoplanctoniche), come riportato nel Manuale ISPRA 2010 "Metodologie di studio del plancton marino" edito da Giorgio Socal, Isabella Buttino, Marina Cabrini, Olga Mangoni, Antonella Penna, Cecilia Totti.

Per la *sedimentazione* si usano camere combinate, che consistono in un cilindro di sedimentazione di capacità di 5, 10, 25 ml, accoppiato con una camera di base generalmente di volume di 3 ml, avente un fondo di vetro di spessore pari a quello di un vetrino coprioggetto, (di solito 0,13-0,16 mm), che consente l'osservazione del materiale con microscopio invertito. Prima di versare il campione nei cilindri di sedimentazione, è indispensabile randomizzarlo, capovolgendo la bottiglia almeno 100 volte. Tale operazione va fatta lentamente, per evitare che gli organismi più delicati o coloniali siano danneggiati. Il campione va versato nei cilindri di sedimentazione lentamente evitando la formazione di bolle e il cilindro deve essere chiuso con un coprioggetto, evitando il più possibile la formazione di ulteriori bolle.

Il *conteggio* deve avvenire quando la sedimentazione di tutti gli organismi sia da ritenersi completata. Vengono comunemente ritenuti sufficienti tempi pari a 3–5 ore per ogni centimetro di altezza del cilindro.

Il microscopio invertito o rovesciato è normalmente impiegato per lo studio del fitoplancton. In questo strumento la fonte luminosa (50–100 W) è il condensatore (con un'apertura numerica, NA, di almeno 0,5 e un'altezza di lavoro di circa 3 cm) che illumina il materiale in osservazione dall'alto mentre il revolver con gli obiettivi è posto al di sotto del tavolino traslatore.

Considerando che la taglia della maggior parte degli organismi fitoplanctonici è compresa tra 3 e 20 μm si consiglia di effettuare il conteggio con ingrandimento finale di almeno 400 \times .

Il conteggio delle cellule fitoplanctoniche viene fatto su un certo numero di campi di dimensioni corrispondenti al campo visivo o all'area del reticolo inserito nell'oculare. Il numero di campi da esaminare può essere prefissato oppure vengono esaminati tanti campi fino a contare un numero significativo di cellule (stimato in 200 cellule per campione). La scelta dei campi da analizzare deve essere casuale.

Il *calcolo dell'abbondanza* delle cellule fitoplanctoniche presenti nel campione va effettuato applicando la seguente formula generale:

$$C = N \times \text{fattore} \times 1000/v$$

dove

C = concentrazione fitoplanctonica espressa come cell/l

N = numero di cellule contate

v = volume del campione sedimentato (ml)

fattore = rapporto fra area totale della camera e area esplorata

fattore c campi: $\pi \times r^2 / c \times a$

dove r = raggio della camera di sedimentazione (mm)

a = area del campo visivo (mm^2)

c = numero di campi osservati

2.1.2 Zooplancton

Lo zooplancton costituisce un anello importante nelle reti trofiche degli ecosistemi marini perché rappresenta il primo utilizzatore delle energie accumulate mediante i processi fotosintetici e, al tempo stesso, rappresenta una fonte rilevante di cibo per i consumatori a più alti livelli trofici.

E' costituito da organismi microscopici che si cibano di altri organismi del plancton e sono costituiti da:

- organismi unicellulari quali i protozoi, a cui appartengono foraminiferi e radiolari;
- piccoli crostacei
- stadi larvali di animali, come molluschi e crostacei.

I protozoi sono organismi unicellulari di piccole dimensioni, che hanno spostamenti poco rilevanti nella massa d'acqua, anche se dotati di mezzi di locomozione autonomi.

I rotiferi sono animali pluricellulari, con dimensioni normalmente inferiori al mezzo millimetro, dotati di "cilia" che servono come organo di locomozione, ma anche per garantire il rifornimento di cibo e di ossigeno.

I crostacei costituiscono normalmente il gruppo maggiormente rappresentato dello zooplancton e sono i più importanti consumatori primari. I sottogruppi più comuni nello zooplancton marino sono i Cladoceri, gli eufausiacei e i copepodi.

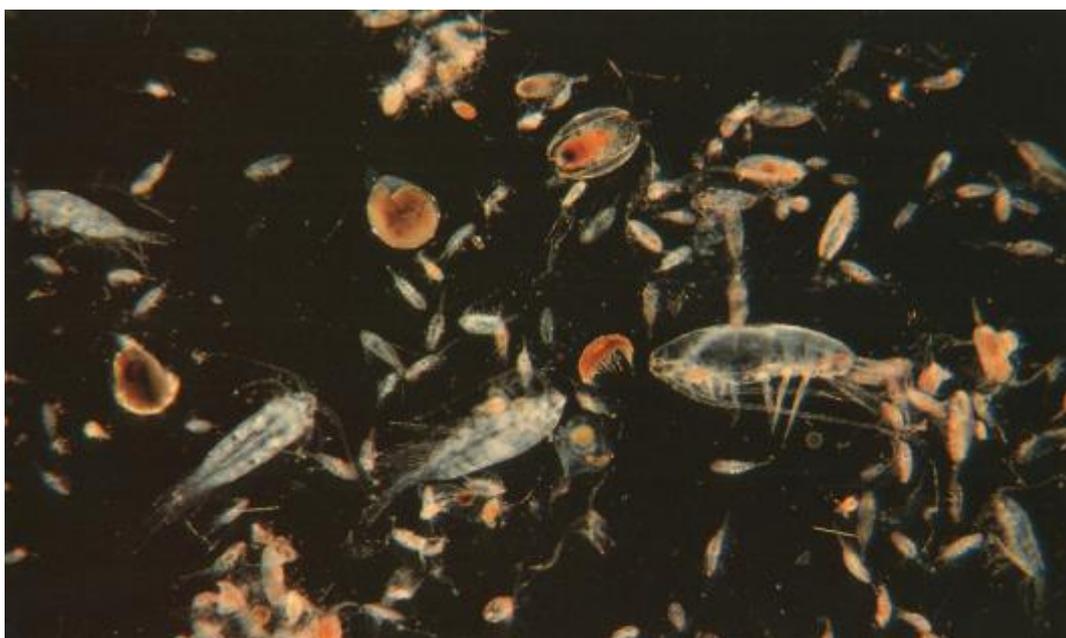


Figura 2.3: Organismi zooplanctonici marini

Il campionamento di *zooplancton* (1 profilo fino alla profondità di 20 m), è stato effettuato su profili verticali tramite retino provvisto di armatura conica, imboccatura da

40 cm e maglia da 80 μm , in modo da consentire il filtraggio di un volume d'acqua totale di 1.4 m^3 per ciascuna stazione. I campioni sono stati immediatamente fissati in alcool e successivamente in laboratorio ogni campione è stato analizzato allo stereoscopio per effettuare l'analisi quali-quantitativa della comunità meso-zooplanctonica, seguendo la procedura riportata di seguito.

Il campione viene concentrato in un bicchiere il cui fondo è costituito da un retino con maglia di 100 μm , viene così portato a un volume noto (50 ml) e quindi rimescolato accuratamente per rendere omogenea la distribuzione degli animali nel volume d'acqua. Mediante una siringa graduata vengono effettuate rapidamente due rotazioni a destra e due a sinistra, seguite da una croce al cui centro viene prelevata un'aliquota del campione (1 ml) lungo tutta la profondità della coppa. Con la stessa siringa vengono prelevati, in successione, sub-campioni di 1 ml ognuno, che vengono analizzati separatamente (4 subcampioni). Questo tipo di subcampionamento, simile all'utilizzo della pipetta di Hensen-Stempel, produce un coefficiente di variazione del 7-9%, inferiore rispetto ad altri tipi di subcampionamento (tipo Folsom, 6-18%). Il subcampione da 1 ml viene collocato in una camera di conteggio tipo Sedgewick-Rafter. Al termine del conteggio, il campione viene nuovamente risospeso nella soluzione originale di acqua di mare e fissativo, etichettato esternamente con il numero sequenziale del campionamento e la data, per essere archiviato. Per ciascuna categoria tassonomica si risale all'abbondanza, cioè al numero di individui nel volume unitario di riferimento (ind. m^{-3}) con una formula che tiene conto del numero di individui contati nel sub-campione (n), della frazione di campione esaminata (k) e del volume di acqua filtrata dalla rete durante il campionamento (V, m^3):

$$\text{Ind}/\text{m}^3 = (n k) / V$$

A ciascuna delle specie rare identificate nel resto del campione viene attribuito un valore di abbondanza corrispondente alla presenza di almeno 1 individuo nell'intero campione.

2.2 Macrozoobenthos

Per macroinvertebrati bentonici si intendono tutti gli organismi invertebrati con dimensione lineare, misurata sull'asse maggiore, superiore ad un millimetro, che vivono a contatto con il fondo o nel sedimento o fissati a un substrato solido.

Dal punto di vista ecologico, questi organismi svolgono un ruolo fondamentale nei processi funzionali degli ecosistemi acquatici, e hanno una posizione chiave all'interno delle reti trofiche essendo contemporaneamente decompositori e/o filtratori e prede per i livelli trofici superiori. Essi infatti sono in grado di metabolizzare la sostanza organica e di renderla disponibile ai livelli più alti della rete trofica (ad esempio i pesci).

Questa comunità è composta da un gruppo piuttosto eterogeneo di organismi, appartenenti a svariati taxa.

Da alcuni decenni, i macroinvertebrati bentonici vengono utilizzati sia nei programmi di monitoraggio a lungo termine dello stato di salute degli ecosistemi acquatici (WFD 2000/60/EC; D.lgs. 152/06 e s.m.i.; Ferreira *et al.*, 2007), sia per un monitoraggio dei

cambiamenti di stato in relazione agli effetti delle perturbazioni naturali e di origine antropica (Hawkes, 1979; Borja *et al.*, 2000; Salas *et al.*, 2004; Basset *et al.*, 2004; Pinna *et al.*, 2007).

La struttura tassonomica delle comunità di macroinvertebrati bentonici presenti in un sito è il risultato di un insieme di fattori biotici e abiotici che integrano i cambiamenti ambientali nelle caratteristiche fisiche, chimiche ed ecologiche del loro habitat sia su scala spaziale che temporale.

I vantaggi dell'uso dei macroinvertebrati nel biomonitoraggio sono legati principalmente ad alcune loro caratteristiche quali ubiquità, cicli vitali abbastanza lunghi se comparati con quelli di altri gruppi, relativa facilità di campionamento, capacità di risposta a perturbazioni ambientali.



Figura 2.4: Organismi appartenenti al macrobenthos marino (da <http://www.atlantezoolinv.unito.it/>)

Le stazioni di campionamento (figura 2.5) del *macrobenthos* sono state collocate sia nelle zone di eventuale perturbazione termica sia in zone limitrofe non esposte alla perturbazione ma con caratteristiche di *habitat* (batimetrica, composizione del substrato, correntometria locale, etc.) simili.

Nello specifico, nel tratto di mare compreso tra Punta S. Agostino (estremo Nord) e Capo Linaro (estremo Sud) sono state individuate nove stazioni di campionamento a tre profondità (-4, -8 e -16 m) lungo tre transetti collocati nelle aree di seguito descritte:

- area A, in corrispondenza di Punta S. Agostino;
- area B, in corrispondenza dello scarico a mare delle acque di raffreddamento della Centrale di Torrevaldaliga Nord;
- area E, circa 2000 m a nord-ovest dello scarico della Centrale.

I campionamenti¹ sono stati effettuati manualmente da un biologo, il quale ha prelevato tre campioni (3 repliche) per ogni stazione in modo da valutarne la variabilità delle grandezze controllate.

I campioni di sedimento sono stati prelevati manualmente da personale subacqueo mediante grattaggio del substrato in un quadrato 20 x 20 cm in tre repliche (1°, 2° e 3°), vagliati su setaccio con maglia di 1 mm e conservati in formaldeide al 4%. In laboratorio sono stati smistati (sorting) nei singoli taxa al microscopio binoculare e successivamente identificati fino al più basso livello tassonomico possibile (la specie per la maggior parte degli esemplari). Gli individui di ciascuna specie sono stati conteggiati e conservati in alcool (70%).

Per la determinazione tassonomica degli individui e le caratteristiche ecologiche delle specie rinvenute sono stati consultati i principali testi di bibliografia ecologico-tassonomica (es. Fauvel, 1923 e 1927; Bouvier, 1923; Tortonese, 1965; Naylor, 1972; Parenzan, 1970, 1974 e 1976; D'Angelo e Gargiullo, 1978; Bianchi, 1981; Bellan-Santini et al., 1982, 1989, 1993; Cottiglia, 1983; Holdich & Jones, 1983; Cossignani et al., 1992; Falciai & Minervini, 1992; Giannuzzi-Savelli et al., 1999, 2001, 2002, 2003; Riedl, 2005) e sono stati utilizzati stereomicroscopi (mod. Wild Heerbrugg - 50x) e microscopi ottici (mod. Optika - 1000x).

¹ Per la selezione del metodo di campionamento si è fatto riferimento ai manuali di bentologia delle serie IBP o FAO (Holme & McIntyre, 1971; Stim, 1981; Gray e coll., 1992).



Figura 2.5: Stazioni di campionamento per Macrozoobenthos (fonte: Google Earth).

2.3 Posidonia oceanica

La *Posidonia oceanica* è una fanerogama marina presente esclusivamente nel Mediterraneo, bacino nel quale ha trovato le condizioni ambientali ottimali di temperatura, salinità e trasparenza delle acque.

È normalmente distribuita a profondità comprese tra 1 e 30 metri, con il limite inferiore che in genere è funzione della trasparenza delle acque in quanto la luce è il principale fattore limitante; colonizza ampie aree dei fondali mediterranei sabbiosi o detritici formando vere e proprie praterie sommerse, che costituiscono una delle componenti fondamentali dell'equilibrio e della ricchezza dell'ambiente litorale costiero.

La pianta è costituita da un fusto, il rizoma, in grado di svilupparsi sia orizzontalmente (plagiotropo) sia verticalmente (ortotropo), consentendo il primo l'ancoraggio della pianta al suolo anche grazie all'apparato radicale e il secondo l'incremento dell'altezza evitando l'insabbiamento.

Dal rizoma si origina l'apparato radicale che, fissandosi nel substrato, consente l'assorbimento delle sostanze nutritive. Dagli apici vegetativi si sviluppano ciuffi di 6 o 7 foglie nastriformi, larghe circa 1 cm, che possono raggiungere la lunghezza di 1 metro.

Le praterie di *Posidonia* hanno un significato ecologico di elevata importanza in quanto rappresentano un ecosistema di rilievo per la fascia costiera in termini di produzione di biomassa particolarmente elevata (circa 38 tonnellate annue di sostanza secca per ettaro) che si pone alla base di una complessa rete trofica; la produzione è tale da farla ritenere la più forte concentratrice di materia vivente del Mediterraneo.

La *Posidonia*, agendo come barriera, protegge sia le coste sia le spiagge dall'erosione smorzando il moto ondoso. Inoltre è importante per la produzione di ossigeno: è stato stimato che attraverso i processi fotosintetici un metro quadrato di prateria è in grado di produrre giornalmente da 10 a 15 litri di ossigeno.

Nella prateria sono rappresentati quasi tutti i gruppi zoologici (400 specie vegetali e circa 1.000 specie animali), da forme molto semplici come spugne e celenterati a forme più complesse come crostacei, molluschi, echinidi sino a vertebrati come i pesci; costituisce riparo ed è un'area di riproduzione per molti pesci, cefalopodi e bivalvi.

Le modalità di crescita della fanerogama determinano un innalzamento anche di diversi metri del fondo marino dando origine a forme a "terrazzo" (le "matte" secondo il termine francese), che tramite il sovrapporsi di molteplici strati radicali, consentono di intrappolare il sedimento e consolidare il fondale.

La prateria svolge così un ruolo fondamentale nell'edificazione e nella protezione del litorale, di cui garantisce la stabilità, riparandolo dalle correnti e dall'energia del moto ondoso.

Le indagini relative alla *Posidonia oceanica* sono state condotte nella stagione invernale come previsto dal Piano di monitoraggio.

Le stazioni di campionamento per la *Posidonia* (Figura 6) coincidono con quelle del macrobenthos e sono state collocate sia nelle zone eventualmente esposte alla perturbazione termica sia in zone limitrofe non esposte, ma con caratteristiche di *habitat* (batimetrica, composizione del substrato, correntometria locale, etc.) simili.

Pertanto, analogamente al *macrobenthos*, nel tratto di mare studiato sono state individuate nove stazioni di campionamento a tre profondità (-4, -8 e -16 m) lungo tre transetti collocati nelle aree di seguito descritte:

- area A, in corrispondenza di Punta S. Agostino
- area B, in corrispondenza dello scarico a mare delle acque di raffreddamento della centrale di Torrevaldaliga Nord
- area E, circa 2000 m a nord-ovest dello scarico della Centrale.

In ogni stazione di campionamento sono stati prelevati cinque fasci di *Posidonia oceanica* per lo studio fenologico e successivamente è stato effettuato il conteggio "in situ" di tutti

i fasci di *Posidonia oceanica* presenti su area di superficie nota (50 x 50 cm) per la stima della loro densità.



Figura 2.6: Stazioni di campionamento per *Posidonia oceanica* (fonte: Google Earth)



Figura 2.7: Fanerogama marina *Posidonia oceanica*



Figura 2.8: Campionamento e preparazione dei fasci di Posidonia

I campionamenti e i conteggi relativi alla stima della densità della *Posidonia* sono stati compiuti mediante biologi subacquei.

I dati di densità sono stati anche rapportati alle cinque classi proposte da Giraud (1977). Tale classificazione propone il seguente ordinamento:

Densità fasci m ²	Qualità della prateria
> 700	Molto densa
400 – 700	Densa
300 – 400	Rada
150 – 300	Molto rada
50 – 150	Semi prateria
< 50	Non classificabile

- classe I (prateria molto densa): più di 700 fasci per m²; praterie che hanno una maggioranza di rizomi ad accrescimento verticale e che tendono a svilupparsi in un solo piano; in questa classe si trova la maggior parte delle praterie su matte (mai quelle su sabbia o fango), poste tra 0 e 25 m di profondità, occasionalmente più profonde ma in nessun caso al limite inferiore;
- classe II (prateria densa): da 400 a 700 fasci per m²; praterie all'inizio della degenerazione o alla fine della trasgressione, tendenti progressivamente ad una crescita nel solo piano verticale; anche le praterie appartenenti a questa classe si trovano per la maggior parte tra 0 e 25 m;
- classe III (prateria rada): da 300 a 400 fasci per m²; stadio di transizione in cui le praterie sono in una condizione di rottura dell'equilibrio con tendenza alla regressione o sono in stato di equilibrio dinamico; queste praterie si trovano su tutti i substrati e a tutte le profondità;
- classe IV (prateria molto rada): da 150 a 300 fasci per m²; praterie in regressione (presenza di rizomi sprovvisti di foglie) o in rimaneggiamento (posta su una matte priva di sedimento con i bordi tendenti a crollare) in seguito a un fenomeno d'erosione, oppure praterie in via di colonizzazione del substrato;
- classe V (semi-prateria): da 50 a 150 fasci per m²; in genere queste praterie sono poste al limite inferiore della ripartizione verticale, al di là dei 20 m di profondità su sabbia fangosa o fango; queste praterie hanno la maggiore tendenza alla regressione in quanto situate al limite di tolleranza della specie.

Le indagini fenologiche sono state effettuate su 5 fasci per stazione, attraverso l'utilizzo dei seguenti descrittori morfometrici (figura 2.9):

- larghezza
- lunghezza totale
- presenza della ligula
- presenza di tessuto bruno
- stato dell'apice.

Le foglie vengono separate nelle seguenti categorie:

- giovanili, lunghe meno di cinque centimetri e senza ligula;
- intermedie, lunghe più di cinque centimetri e senza ligula;
- adulte, con ligula.

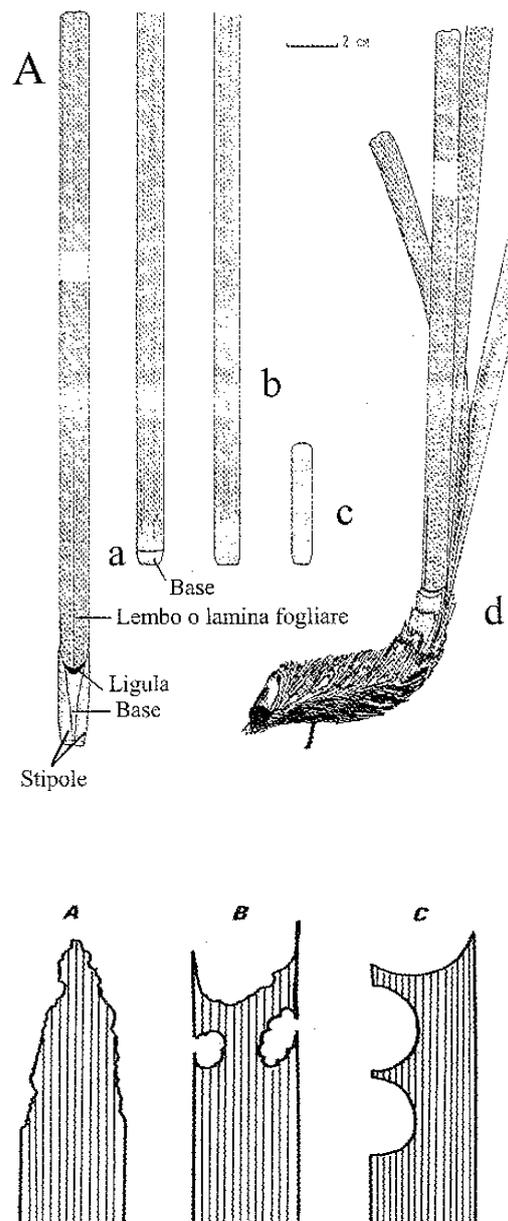


Figura 2.9: *Posidonia oceanica*:

In alto a) foglia adulta, b) foglia intermedia, c) foglia giovanile; d) rizoma ricoperto da scaglie e fascio fogliare. In basso Tracce di erbivoria (o "pascolo") su foglie di *Posidonia oceanica*: a) *Paracentrotus lividus* e altri echinodermi, b) peracaridi (crostacei), c) *Salpa salpa* (da SIBM – APAT – ICRAM "Manuale di metodologie di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo" (2003) Gambi M.C., Dappiano M Ed., - Vol. 10 Suppl.)

Sulla base delle misurazioni effettuate sull'apparato fogliare, sono stati calcolati i seguenti parametri fenologici:

- numero medio di foglie per ciuffo delle varie categorie e in totale;
- lunghezza media delle foglie per categoria e in totale;
- larghezza media delle foglie per categoria e in totale;
- indice fogliare per fascio e per m²;
- coefficiente "A".

Fra questi parametri l'indice fogliare per fascio corrisponde alla superficie di tessuto verde (e quindi fotosintetizzante) per fascio, mentre l'indice fogliare per m² viene ottenuto moltiplicando l'indice fogliare per fascio per la densità dei fasci nella stazione studiata.

Infine, il coefficiente "A" è pari alla frazione di foglie con apice eroso sul numero totale di foglie, ed è spesso il risultato di più fattori, quali l'idrodinamismo, l'età delle foglie e il livello di presenza di erbivori. Dalle tracce, dette *bite marks*, presenti sull'apice dei lembi fogliari, è possibile riconoscere alcuni erbivori responsabili della rottura e, in particolare, distinguere il danno biologico da quello meccanico.

2.4 Analisi dei principali parametri di qualità delle acque

La determinazione dei parametri chimico-fisici eseguita *in situ* mediante sonda multiparametrica, della clorofilla *a* dei nutrienti sono state condotte a cadenza semestrale.

I campionamenti sono stati effettuati in quattro transetti di riferimento (A, B, D, E) a tre diverse distanze dalla costa (500, 1000 e 2000 m, v. figura 14), scelti opportunamente in modo tale da caratterizzare sia aree eventualmente soggette all'influenza dello scarico termico sia aree non impattate.

Nello specifico sono stati rilevati i seguenti parametri:

- temperatura, pH, salinità, trasparenza e ossigeno disciolto
- nutrienti (ortofosfato, fosforo totale, azoto totale, azoto nitrico, azoto nitroso, azoto ammoniacale)
- clorofilla *a*.



Figura 2.10: Stazioni di campionamento per parametri di qualità delle acque (fonte: Google Earth).

I parametri fisici sono stati rilevati in campo attraverso sonda multiparametrica Seabird 19Plus V2. I campioni per le analisi chimiche sono stati prelevati in superficie con bottiglia di Ruttner e conservati alla temperatura di 4°C.

Le metodiche analitiche applicate sono le seguenti:

Elementi	Metodo analitico	Limiti di rilevabilità
NO ₂ , NO ₃	Spettrofotometria di assorbimento molecolare	0.11 µg/l, 1.40 µg/l
PO ₄	Spettrofotometria di assorbimento molecolare	0.44 µg/l
NH ₄	Spettrofotometria di assorbimento molecolare	0.42 µg/l
N tot, P tot	Spettrofotometria di assorbimento molecolare	1.40 µg/l, 0.44 µg/l

Per la determinazione della clorofilla è stato utilizzato il metodo di Strickland & Parsons (1972).

3 ANALISI DEI DATI

Le strutture delle comunità biologiche sono state descritte tramite i seguenti parametri strutturali e indici ecologici:

- 1) dominanza (D): l'importanza quantitativa delle specie più numerose rinvenute, espressa in percentuale sul totale degli individui raccolti - il numero di specie rinvenute è stato calcolato secondo il principio de minimis, ovvero gli individui identificati come taxon indeterminato sono stati conteggiati solo se non presenti altri esemplari dello stesso taxon a livello sistematico inferiore. Inoltre il numero di individui è stato mediato per le tre repliche e riportato a 1 m² di fondale applicando la formula: $\Sigma (1^\circ, 2^\circ, 3^\circ)/0.12$, cioè dividendo la somma del numero di individui in ciascuna replica per tre volte la superficie di campionamento grattata;
- 2) abbondanza totale (N): il numero complessivo di individui per stazione;
- 3) ricchezza specifica totale (S; Pielou, 1974): il numero totale di specie presenti in ogni stazione;
- 4) diversità di specie: un parametro ottenuto rapportando l'abbondanza totale e la ricchezza specifica tra loro e con i dati relativi all'intero stock campionato; per l'analisi di questo parametro esistono diversi indici, in questo studio è stato applicato l'indice di diversità specifica di Shannon-Weaver (H'; Shannon & Weaver, 1949): $H' = - \Sigma (p_i)(\log_e p_i)$, dove p_i = frequenza numerica della specie i-esima rispetto al totale degli individui = n_i/N ; s = numero di specie;
- 5) Equitabilità di Pielou (J' - Pielou, 1974): misura della distribuzione degli individui tra le specie basata sulla teoria dell'informazione di Shannon-Wiener: $J = H'/H'_{\max}$ dove H'_{\max} = valore massimo di $H' = \log_2 S$ (se $p=1/S$).

Per il calcolo degli indici strutturali (N, S, H', J) sono stati considerati i soli taxa identificati a livello di specie.

I dati sono stati poi elaborati con tecniche di statistica multivariata su matrici quantitative "taxa x stazioni", previa trasformazione (radice quadrata), effettuando il nMDS (nonmetric Multidimensional Scaling) (Shepard, 1962 e Kruskal, 1964) e la Cluster Analysis (algoritmo del legame medio), basate sull'indice di similarità di Bray-Curtis, con il software Primer 6.1.6 (Clarke & Gorley, 2006). Il grado di corrispondenza tra la matrice di similarità e la disposizione dei punti nel diagramma MDS è stato valutato analizzando il coefficiente di stress ritenendo rappresentativa una soglia di stress ≤ 0.2 .

I contributi percentuali delle singole specie alla dissimilarità tra raggruppamenti identificati nel piano di ordinamento, nonché le similarità medie all'interno di ciascun gruppo, sono stati definiti applicando la procedura SIMPER, Similarity Percentage del software Primer 6.1.6 (Clarke & Gorley, 2006).

Le stesse analisi sono state effettuate anche per la comunità planctonica, aggiungendo tra gli indici strutturali anche l'Indice di dominanza di Simpson (D) e l'Indice di ricchezza specifica di Margalef (d), secondo le seguenti formule:

- Indice di Simpson $1-\lambda' = 1 - [\sum_i N_i(N_i-1)] / [N(N-1)]$, dove N è il numero di individui della i-esima specie; λ è la probabilità che due individui di un campione (scelti casualmente) appartengano alla medesima specie; λ è sempre ≤ 1 e assume il valore massimo in corrispondenza di comunità dominate da 1, o pochissime specie; $1-\lambda'$ corrisponde a un ulteriore indice di equitabilità (adeguato per campioni di piccole dimensioni), che assume il valore massimo quando tutte le specie sono presenti con la stessa abbondanza.
- L'indice di ricchezza specifica di Margalef (d) (Margalef, 1958), basato sul rapporto tra il numero di specie e il numero totale di individui.
Si calcola come: $d = (S-1)/\ln(N)$, dove: S= numero delle specie trovate; N= numero degli individui trovati.

La definizione delle biocenosi di appartenenza è stata condotta applicando il modello di Peres & Picard (1964) e Picard (1965). I dati sono stati utilizzati per l'applicazione dell'indice biotico AMBI (Borja et al., 2000) in riferimento all'analisi dell'impatto di sorgenti di perturbazione dell'ecosistema bentonico costiero. Tale metodo si basa sulla classificazione delle specie macrobentoniche in cinque gruppi ecologici in relazione alla loro sensibilità agli stress ambientali. Il punteggio finale dell'indice AMBI viene calcolato considerando la percentuale dell'abbondanza di ogni gruppo ecologico. Il punteggio di AMBI varia da 0 a 6 con 7 che indica sedimento azoico. Con punteggio uguale a 0 si è in una situazione non sottoposta a nessun tipo di stress. In merito all'applicazione di tale indice ai dati ottenuti si fa presente che questo indice è stato specificatamente messo a punto per la valutazione della risposta delle comunità di fondo incoerente alle variazioni di qualità dell'ambiente (Borja & Muxica, 2005). E' quindi possibile che non per tutte le specie della comunità di fondo duro si abbia a disposizione la classificazione in gruppi ecologici; per questo motivo i risultati ottenuti dall'applicazione di AMBI alle comunità di fondo duro saranno interpretati con particolare cautela.

3.1 Stato di Qualità Ecologica

La qualità ecologica delle 9 stazioni è stata valutata mediante l'applicazione dell'indice macrobentonico M-AMBI (Muxika *et al.*, 2007) alla matrici di specie/abbondanza della macrofauna. L'indice M-AMBI consiste in un'analisi statistica multivariata in cui l'analisi fattoriale combina i valori di AMBI, con quelli di diversità di Shannon-Wiener (H') e numero di specie (S). Il software con cui viene calcolato è il medesimo di AMBI (www.azti.es) da applicarsi con l'ultimo aggiornamento già disponibile della lista delle specie.

Si basa sulla classificazione delle specie macrobentoniche in 5 gruppi ecologici (EG) che corrispondono a differenti livelli di sensibilità (Borja *et al.*, 2000). Il gruppo EGI comprende le specie più sensibili; seguendo un gradiente di tolleranza si arriva fino al gruppo EGV, che comprende le specie maggiormente opportuniste, caratteristiche di ambienti fortemente inquinati. L'indice AMBI è calcolato come:

$$\text{AMBI} = [(0 * \% \text{EGI}) + (1,5 * \% \text{EGII}) + (3 * \% \text{EGIII}) + (4,5 * \% \text{EGIV}) + (6 * \% \text{EGV})] / 100$$

Il valore ecologico (EG) dei taxa bentonici è riportato nella libreria di AMBI. Se ad alcune specie non viene assegnato un valore ecologico, in quanto la specie non è presente nella libreria di AMBI, la veridicità del risultato può essere compromessa. Tale situazione si presenta se: a) la percentuale di non assegnati >20%, b) i taxa non appartenenti ad alcun gruppo presentano un elevato numero di individui. Come riportato dagli autori, AMBI sembra perdere efficacia quando il numero di taxa è ridotto (1-3), il numero di individui è esiguo, o in caso di naturale arricchimento organico, situazione tipica degli ambienti di transizione (Borja & Muxika, 2005).

Grazie alla modalità di calcolo l'indice M-AMBI, è in grado di riassumere la complessità delle comunità di fondo mobile, permettendo una lettura ecologica dell'ecosistema in esame. M-AMBI corregge i valori di qualità definiti da AMBI attraverso l'integrazione della diversità e della ricchezza specifica. L'utilizzo di M-AMBI per le acque marino-costiere si è dimostrato di notevole efficacia.

M-AMBI è uno strumento estremamente duttile per la derivazione dell'EQR, in quanto richiede, l'immissione da parte dell'operatore dei valori limite (equivalenti ai valori di riferimento) per H', S e AMBI.

Il valore dell'M-AMBI varia tra 0 e 1 e corrisponde al Rapporto di Qualità Ecologica (RQE).

Nella tabella che segue vengono riportati:

- i valori di riferimento tipo-specifici per ciascuna metrica che compone l'M-AMBI;
- i limiti di classe dell'M-AMBI, espressi in termini di rapporto di qualità ecologica (RQE), tra lo stato Elevato e lo stato Buono, e tra lo stato Buono e lo stato Sufficiente, come previsto dalla normativa vigente.

I valori delle condizioni di riferimento e i relativi limiti Buono/Sufficiente ed Elevato/Buono descritti in tabella devono intendersi relativi al solo macrotipo 3 (bassa stabilità), a ora l'unico ritenuto presente in Italia.

Macrotipo	Valori di riferimento			RQE	
	AMBI	H'	S	Elevato/Buono	Buono/Sufficiente
3	0.5	4	30	0.81	0.61

In assenza di indicazioni relative a valori di riferimento e limiti di classe da utilizzarsi per l'applicazione di M-AMBI su substrato duro, in questo studio si farà riferimento al Macrotipo 3, il solo indicato nel DM 260/2010.

4 CARATTERIZZAZIONE DEL FITOPLANCTON

Si riportano di seguito i risultati delle quattro campagne stagionali condotte nell'anno 2018 per la valutazione quali-quantitativa della comunità fitoplanctonica.

Nella denominazione dei campioni le diciture I, II e III fanno riferimento rispettivamente al primo, secondo e terzo giorno di campionamento per le stazioni A, B, D ed E.

Le Appendici citate sono riportate nei file allegati al presente rapporto.

4.1 Inverno

Nell'Appendice I viene riportata la lista tassonomica e le abbondanze del fitoplancton campionato nell'inverno 2018.

Considerando tutte le stazioni insieme le abbondanze cellulari dei campionamenti della stagione invernale 2018 hanno evidenziato differenze statisticamente significative (one-way ANOVA $p < 0.05$). Tale differenza è, tuttavia, legata a differenze tra la stazione A e tutte le altre. Infatti, confrontando le stazioni a coppie, non sono risultate differenze significative tra le stazioni B, D ed E (one-way ANOVA $p > 0.05$). La variabilità tra i campionamenti giornalieri nella stazione B è stata inferiore all'errore metodologico del 20%, mentre è stata maggiore nelle altre tre aree, a indicare una variabilità ambientale che può dipendere da correnti, marea, azione del vento, etc. In nessuna stazione sono riconoscibili andamenti comuni nelle repliche. Per quanto riguarda il biovolume e, di conseguenza, le biomasse, la presenza di dinoflagellate ha determinato una maggiore variabilità delle repliche. Le maggiori dimensioni di questi individui e la loro minor abbondanza, possono determinare differenze significative negli andamenti.

L'abbondanza cellulare è variata tra 0.34×10^6 cell/l nella stazione D III e 1.42×10^6 cell/l nella stazione A III.

Nella tabella seguente si riporta il dettaglio delle medie e deviazioni standard per ciascuna stazione.

Stazione	Medie \pm d.s. (cell/l)
A	$1.12 \pm 0.27 \times 10^6$
B	$0.53 \pm 0.06 \times 10^6$
D	$0.49 \pm 0.18 \times 10^6$
E	$0.70 \pm 0.15 \times 10^6$

Le abbondanze relative delle diatomee sono variate tra 16.7% e 72.4%. L'abbondanza relativa delle diatomee è stata mediamente dominante solo nella stazione A, mentre nelle altre aree sono risultati dominanti le nanoflagellate (forme flagellate di piccole dimensioni, circa 5 μ m). Cryptophyceae e Dynophyceae sono state sempre presenti ma con un contributo meno significativo in termini di numero di cellule per litro. La comunità

nelle stazioni B, D ed E è risultata molto simile dato l'elevato contributo di nanoflagellate.

Tra le diatomee, che hanno caratterizzato la stazione A, il genere dominante risulta essere *Pseudonitzschia*. Il contributo di forme bentoniche o epifite è stato poco significativo.

Si è sempre registrata una buona biodiversità, dovuta alla bassa abbondanza tipica di questa stagione e a un buon numero di specie di diatomee. Nonostante le variazioni tra valori di diversità tra le stazioni, l'analisi della varianza non ha evidenziato differenze statisticamente significative (one-way ANOVA $p > 0.05$) tra tutti i campionamenti.

Le figure seguenti riportano i valori degli indici strutturali di comunità a ciascuna stazione nell'Inverno 2018.

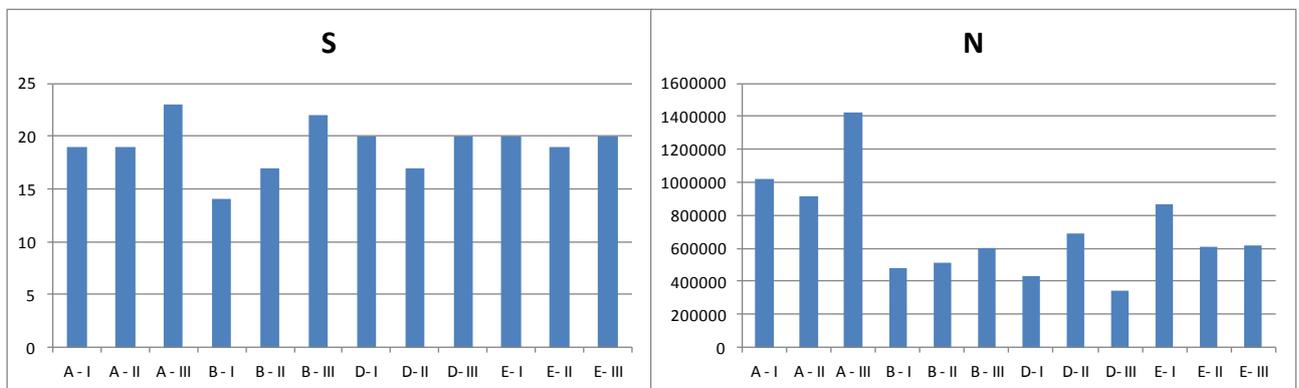


Fig.4.1. Valori del numero di taxa (S) e dell'abbondanza di individui (N) nelle 12 stazioni

Il numero di taxa risulta massimo in A-III (23 taxa) e minore in B-I (14 taxa). Nelle altre stazioni non si notano variazioni notevoli tra i giorni di campionamento. I valori più elevati di abbondanza sono stati registrati in A-III (1,4 milioni cell/l). Nelle restanti stazioni le densità fitoplanctoniche oscillano tra circa 10^6 (A-I) e poco meno di 400000 (D-III) cell/l.

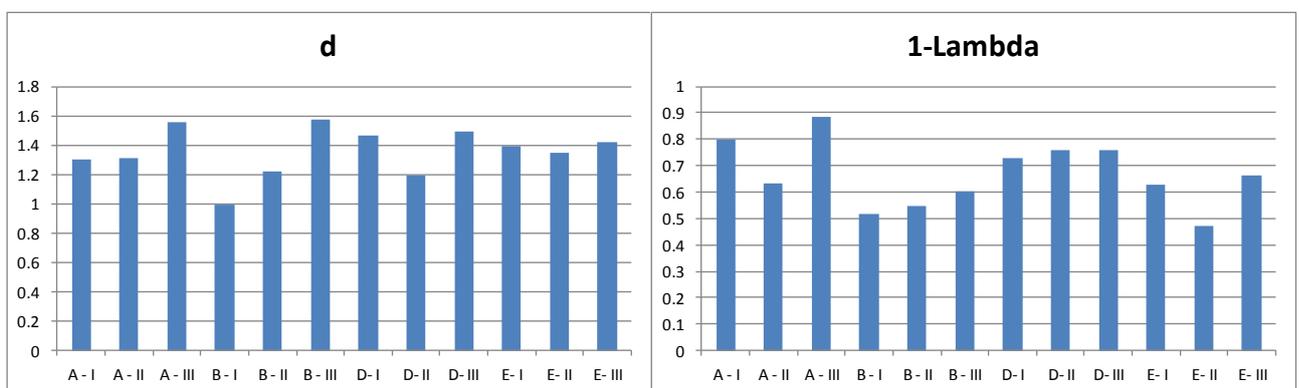


Fig. 4.2. Valori dell'indice di ricchezza specifica di Margalef (d) e dominanza di Simpson (1-lambda) nelle 12 stazioni

L'indice di ricchezza specifica di Margalef, in accordo con il valore di S, raggiunge il valore massimo in A-III e B-III; i restanti punti evidenziano una notevole omogeneità sia entro sia tra le stazioni. I valori di ricchezza specifica variano da 1.58 in B-I a 0.99 in B-I. Il valore di dominanza di Simpson risulta maggiore in A-III (0.88) e minore in E-II (0.47).

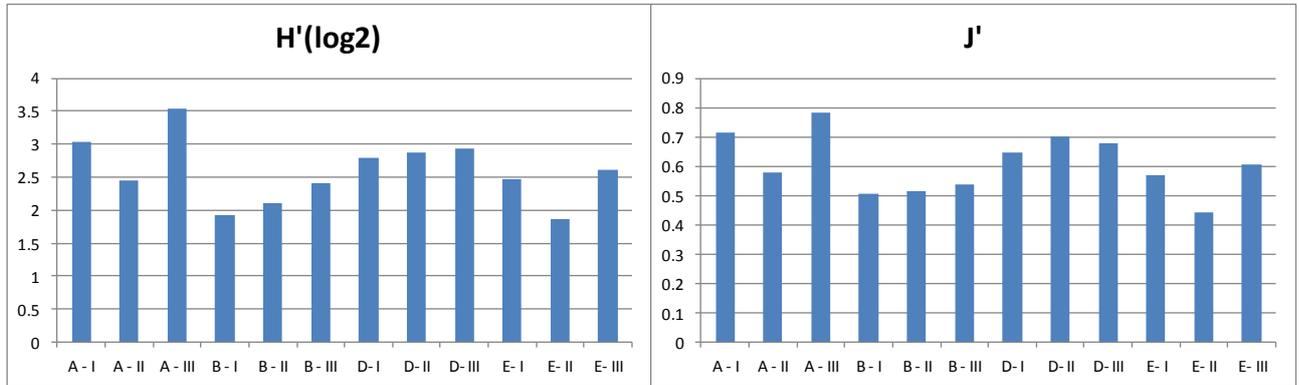


Fig. 4.3 Valori dell'indice di diversità di Shannon-Wiener (H') e di evenness di Pielou (J') nelle 12 stazioni

L'indice di diversità di Shannon (H') presenta una discreta ma non significativa variabilità tra le stazioni di aree differenti, variando da un minimo di 1.87 in E-II a un massimo di 3.5 in A-III. L'indice di evenness di Pielou (J') presenta in generale valori relativamente elevati: l'indice varia da 0.44 in E-II a 0.78 in A-III.

Nell'Appendice II vengono riassunti i valori degli indici strutturali di comunità.

Le Figg. 4.4 e 4.5 mostrano i diagrammi di classificazione mediante cluster-analysis e di ordinamento mediante nMDS.

Nel raggruppamento mediante cluster-analysis (Fig. 4.4), confermato dal diagramma del nMDS (Fig. 4.5) si nota come i punti stazione si aggregano in maniera non ben definita: aree e giorni risultano sovradispersi tra loro, fatta eccezione per la stazione A, due punti della quale segregano separatamente.

L'analisi SIMPER (Appendice III) evidenzia come, in inverno, la similarità tra ed entro le stazioni sia abbastanza elevata. La maggior omogeneità di struttura della comunità fitoplanctonica nelle varie stazioni si riscontra per l'area D (similarità: 69.7%), seguita da B ed E (similarità: 69.3%), mentre la più bassa viene riscontrata nell'area A (similarità: 59%). La composizione strutturale tra aree risulta omogenea e caratterizzata da bassi valori di dissimilarità nei confronti appaiati. La maggior dissimilarità tra stazioni si riscontra tra A e B (dissimilarità: 43.9%).

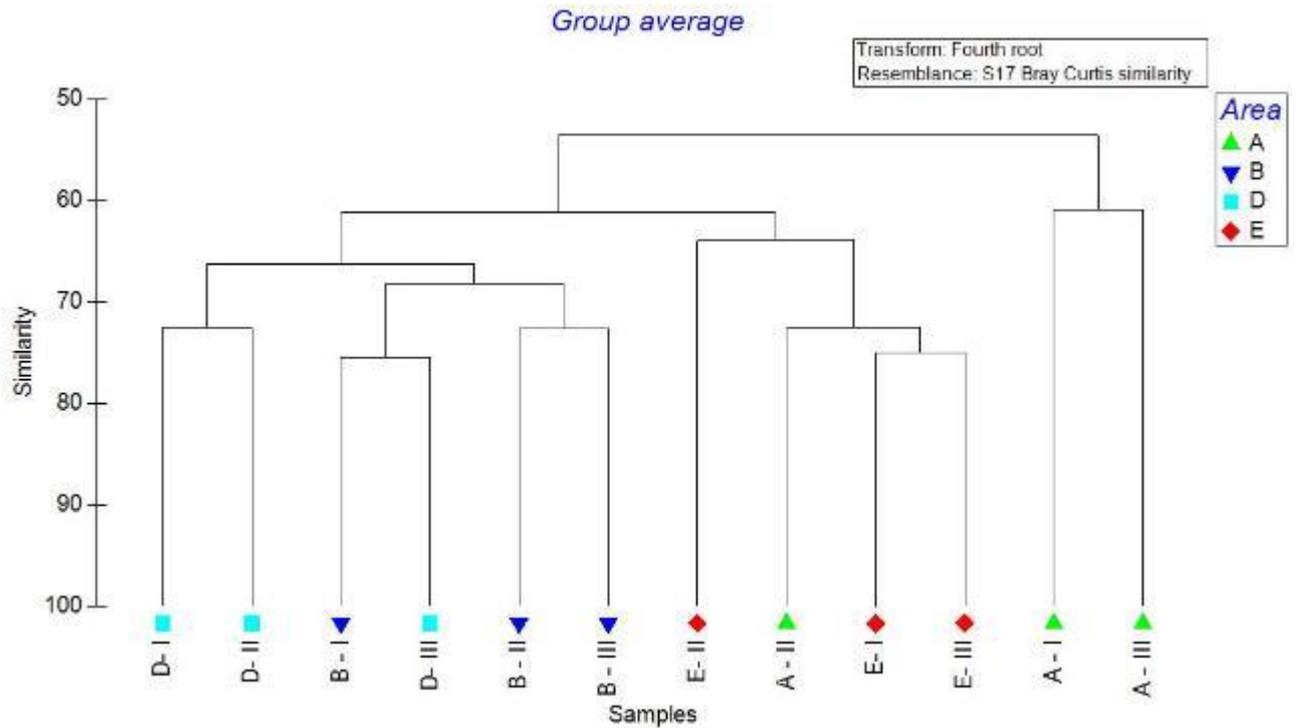


Fig. 4.4. Inverno 2018: cluster-analysis.

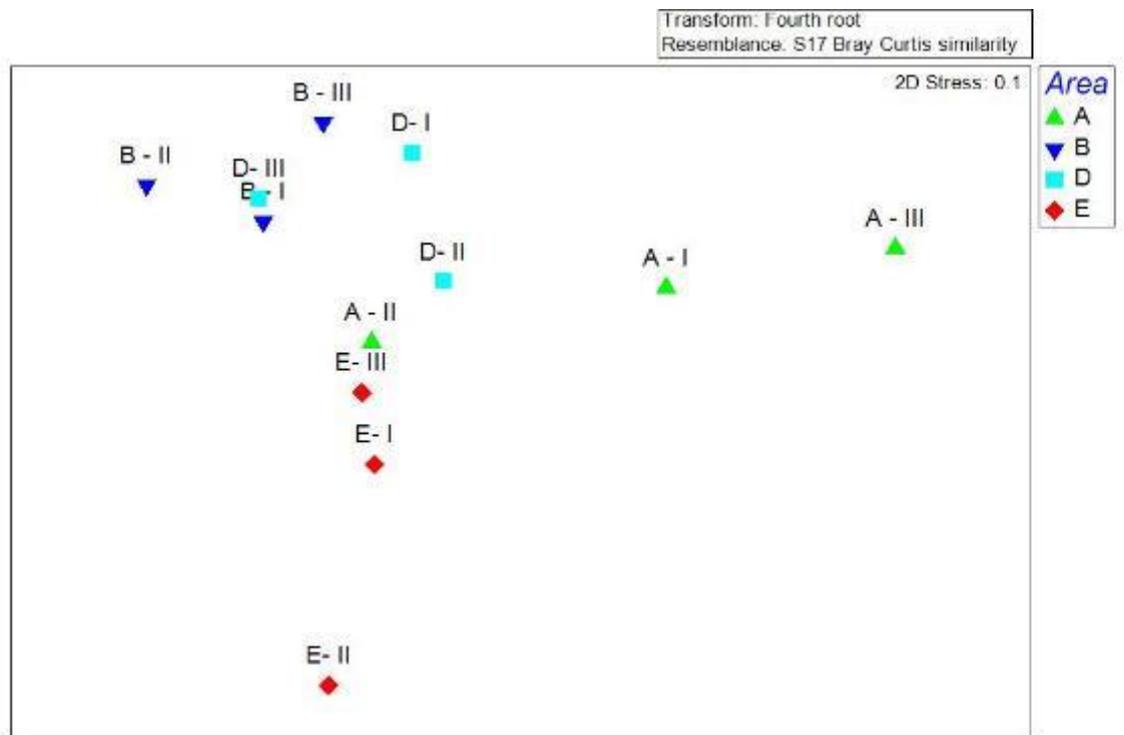


Fig. 4.5. Inverno 2018: nMDS.

4.2 Primavera

Nell'Appendice I viene riportata la lista tassonomica e le abbondanze del fitoplancton campionato nella Primavera 2018. Considerando tutte le stazioni insieme le abbondanze cellulari dei campionamenti della stagione primaverile 2018 hanno evidenziato differenze statisticamente significative (one-way ANOVA $p < 0.05$). Tale differenza è, tuttavia, legata a differenze tra la stazione A e tutte le altre. Infatti, confrontando le stazioni a coppie, non sono risultate differenze significative tra le stazioni B, D ed E (one-way ANOVA $p > 0,05$). La variabilità tra i campionamenti giornalieri nelle stazioni A, B e D è stata vicina o inferiore all'errore metodologico del 20%, mentre è stata maggiore nella stazione E, dove l'andamento è stato altalenante con valori simili nel primo e terzo giorno e un'abbondanza significativamente più bassa nel secondo giorno di campionamento. Per abbondanza e andamenti le stazioni B e D sono risultate molto simili, mentre nella stazione A i valori sono stati maggiori. Per quanto riguarda il biovolume e, di conseguenza, le biomasse, la presenza di dinoflagellate ha determinato una maggiore variabilità delle repliche. Le maggiori dimensioni di questi individui, ma la loro minor abbondanza, possono determinare differenze significative negli andamenti. L'abbondanza cellulare è variata tra 0.28×10^6 cell/l nella stazione E-II e 1.30×10^6 cell/l nella stazione A-II.

Nella tabella seguente si riporta il dettaglio delle medie e deviazioni standard per ciascuna stazione.

Stazione	Medie \pm d.s. (cell/l)
A	$1.09 \pm 0.22 \times 10^6$
B	$0.50 \pm 0.07 \times 10^6$
D	$0.44 \pm 0.03 \times 10^6$
E	$0.74 \pm 0.40 \times 10^6$

Le abbondanze relative delle diatomee sono variate tra 0.49% e 54.6%. L'abbondanza relativa delle diatomee è stata maggiore nella stazione A, ma in tutte le aree le nanoflagellate (forme flagellate di piccole dimensioni, circa 5 μm) sono state dominanti. Chlorophyceae e Dynophyceae sono state sempre presenti ma con un contributo meno significativo in termini di numero di cellule per litro, anche se le dinoflagellate sono state relativamente più abbondanti rispetto a campionamenti precedenti. Tra le diatomee, che hanno caratterizzato la stazione A, il genere dominante è risultato essere *Pseudonitzschia*. Il contributo di forme bentoniche o epifite è stato poco significativo.

Il numero di taxa (Fig. 4.6) risulta compreso tra i valori di 29 (D-II) e 5 (B-II). L'indice di ricchezza specifica di Margalef (d, Fig. 4.7), evidenzia una certa disomogeneità in particolar modo entro B, ove si riscontra il valore minimo pari a 0.31 (B-II). Il valore di ricchezza specifica più elevato viene registrato in D-II (2.16). La dominanza di Simpson (Fig. 4.7) risulta anch'essa relativamente disomogenea, compresa tra i valori di 0.15 (E-I) e 0,76 (A-II).

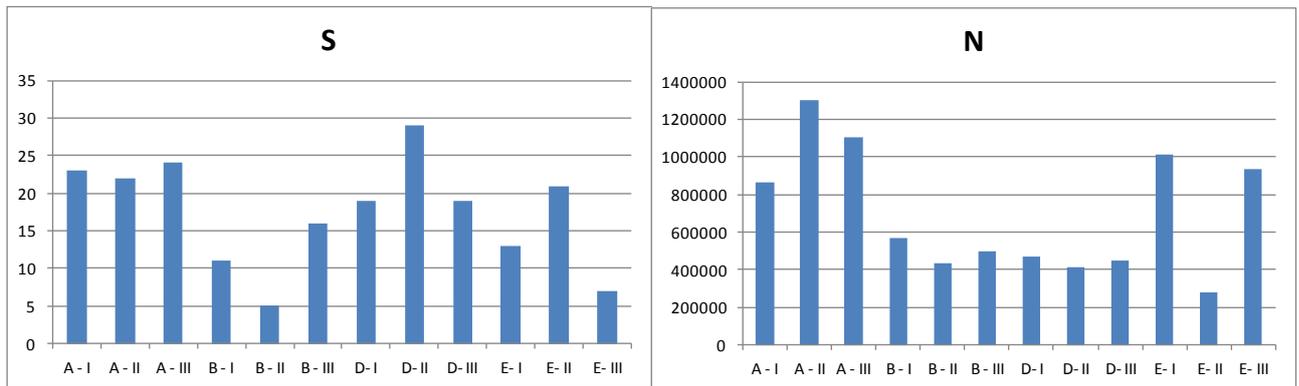


Fig.4.6. Valori del numero di taxa (S) e dell'abbondanza di individui (N) nelle 12 stazioni

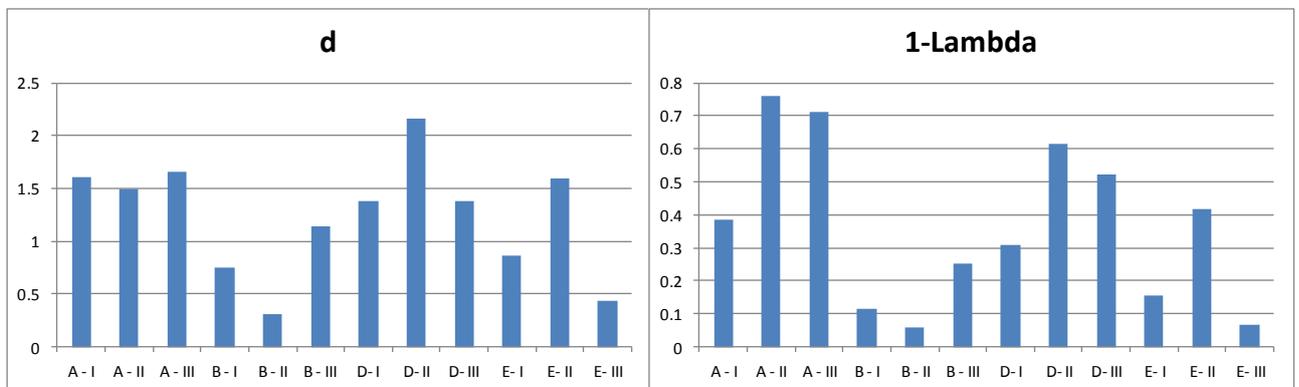


Fig. 4.7. Valori dell'indice di ricchezza specifica di Margalef (d) e dominanza di Simpson (1-I') nelle 12 stazioni

La Fig. 4.8 riporta i valori di diversità di Shannon-Wiener (H') e di equiripartizione di Pielou (J'). La diversità varia tra un valore minimo di 0.25 (B-II), e valori massimi attorno a 2.8 (A-II, A-III). La evenness è anch'essa relativamente disomogenea, e oscilla tra 0.11 (B-II, E-III) e 0.6 (A-II). Nell'Appendice II vengono riassunti i valori degli indici strutturali di comunità.

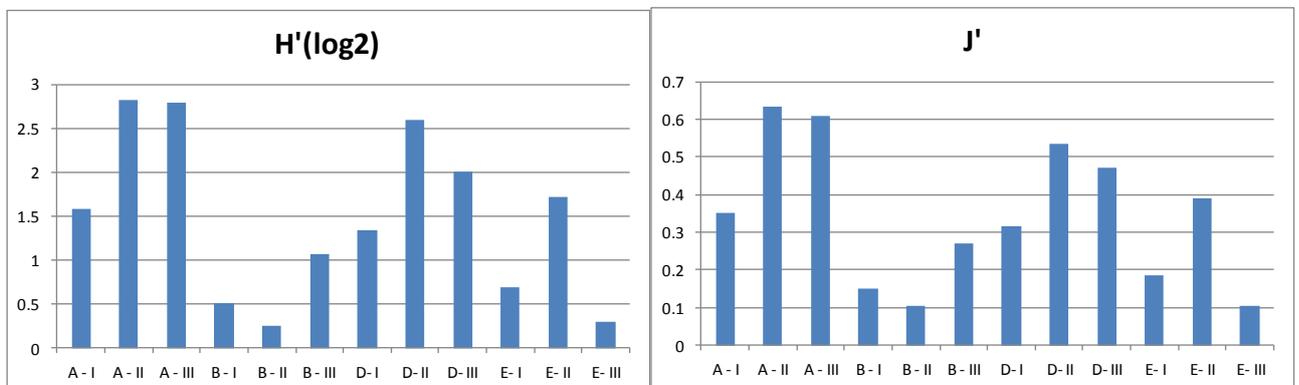


Fig. 4.8 Valori dell'indice di diversità di Shannon-Wiener (H') e di evenness di Pielou (J') nelle 12 stazioni

Le Figg. 4.9 e 4.10 mostrano i diagrammi di classificazione mediante cluster-analysis e di ordinamento mediante nMDS.

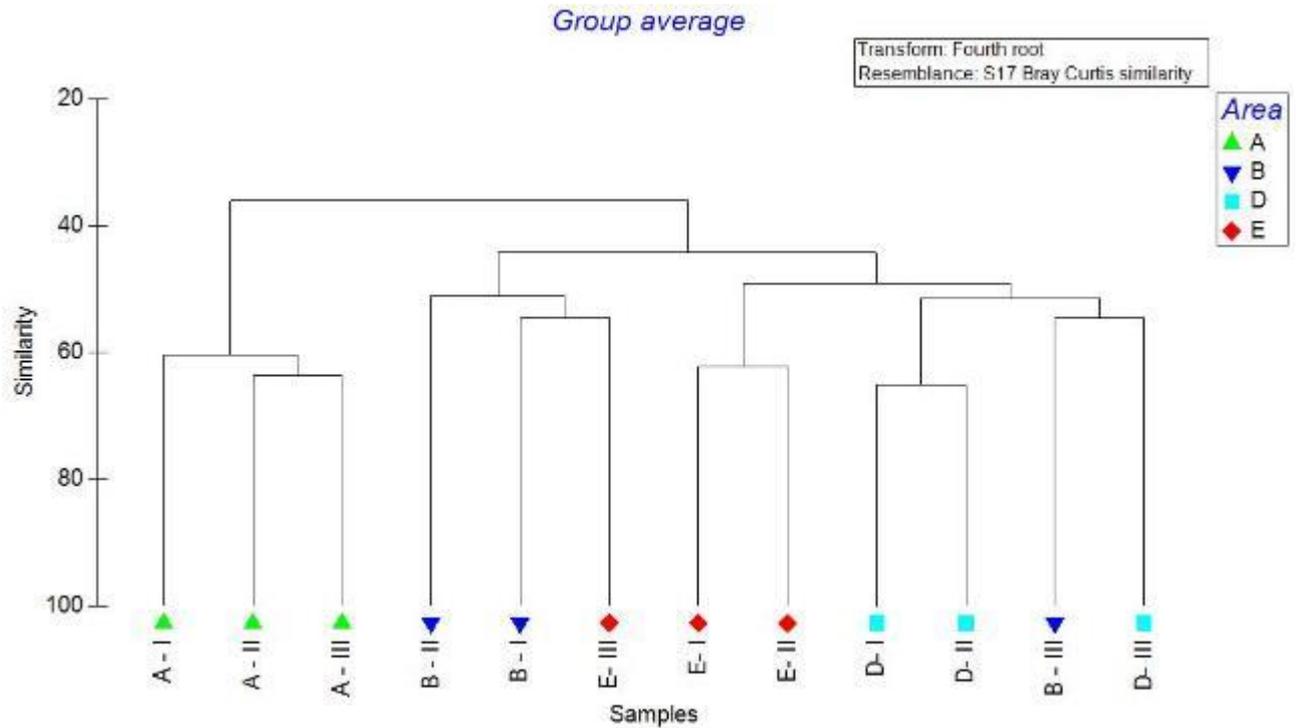


Fig. 4.9. Primavera 2018: cluster-analysis.

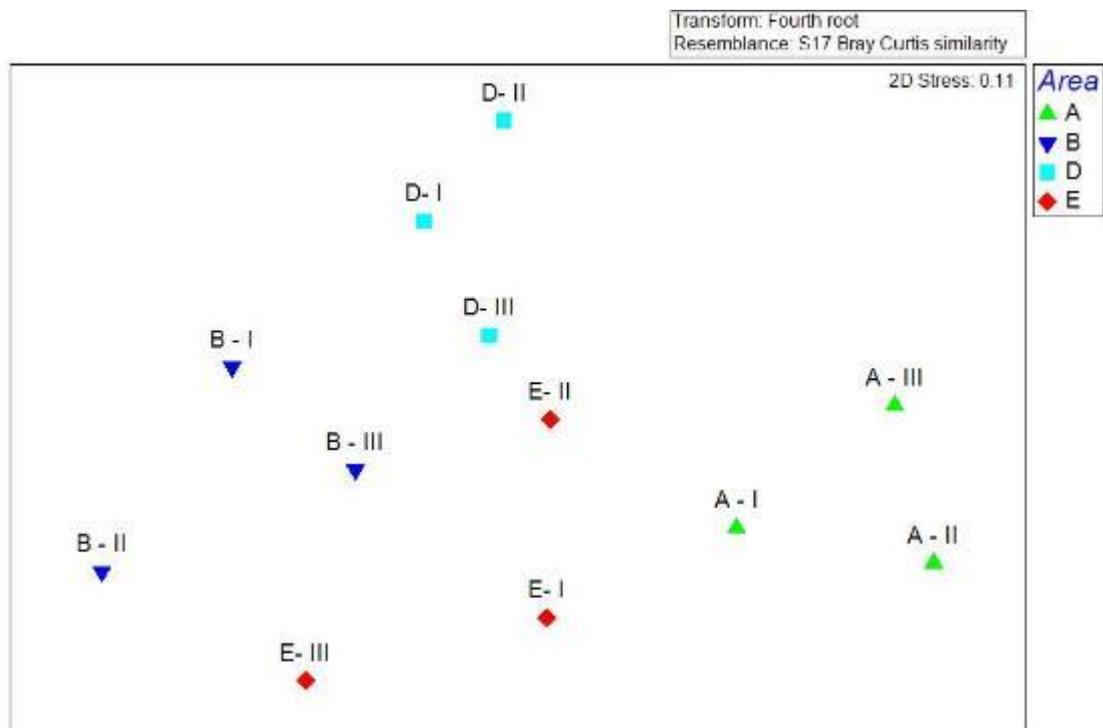


Fig. 4.10. Primavera 2018: nMDS.

L'analisi di classificazione e ordinamento mostra una notevole disomogeneità nella struttura di comunità del fitoplancton, con la stazione A che segrega a parte. Anche le altre stazioni, seppur in maniera leggermente inferiore, mostrano una discreta differenza spaziale, col gruppo D ed E maggiormente simile come struttura comunitaria.

L'analisi SIMPER (Appendice III) evidenzia come in primavera si riscontri una notevole omogeneità all'interno di ciascuna area. L'omogeneità nella struttura della comunità fitoplanctonica risulta maggiore per la stazione A (similarità: 61.6%), seguita dalla stazione D (similarità: 57.4%) e D (similarità: 56.2%). La minor dissimilarità tra aree si riscontra tra le stazioni B ed E (dissimilarità: 53.4%), mentre la maggiore tra le stazioni A e D (dissimilarità: 62.6%).

4.3 Estate

Nell'Appendice I viene riportata la lista tassonomica e le abbondanze del fitoplancton campionato nell'Estate 2018. Considerando tutte le stazioni insieme le abbondanze cellulari dei campionamenti della stagione estiva 2018 non hanno evidenziato differenze statisticamente significative (one-way ANOVA $p > 0.05$). La variabilità tra i campionamenti giornalieri nelle stazioni A e D è stata inferiore all'errore metodologico del 20%, mentre è stata maggiore nelle stazioni B ed E: nella prima stazione l'abbondanza è diminuita nel corso dei campionamenti, mentre nella seconda è stato altalenante con valori simili nel primo e terzo giorno e un'abbondanza significativamente più alta nel secondo giorno di campionamento. Per abbondanza ed andamenti le stazioni A e D sono risultate molto simili, mentre nella stazione E i valori sono stati maggiori. Per quanto riguarda il biovolume e, di conseguenza, le biomasse, la presenza di dinoflagellate ha determinato una maggiore variabilità delle repliche. Le maggiori dimensioni di questi individui, ma la loro minor abbondanza, possono determinare differenze significative negli andamenti. L'abbondanza cellulare è variata tra 0.21×10^6 cell/l nella stazione D-III e 1.07×10^6 cell/l nella stazione E-II.

Nella tabella seguente si riporta il dettaglio delle medie e deviazioni standard per ciascuna stazione.

Stazione	Medie \pm d.s. (cell/l)
A	$0.28 \pm 0.01 \times 10^6$
B	$0.40 \pm 0.16 \times 10^6$
D	$0.24 \pm 0.03 \times 10^6$
E	$0.67 \pm 0.35 \times 10^6$

Le abbondanze relative delle diatomee sono variate tra 0.96% e 8.50%. L'abbondanza relativa delle diatomee è stata maggiore nella stazione D, ma in tutte le aree le nanoflagellate sono state dominanti. Solo nella stazione A il contributo delle Chlorophyceae è risultato confrontabile a quello delle nanoflagellate. Le Dynophyceae sono state sempre presenti con un contributo relativo maggiore rispetto alle diatomee, ma che non ha superato il 17%. Molte delle Dinophyceae osservate erano di piccole dimensioni (10-20 μm) non facilmente identificabili al microscopio ottico. Solo nella stazione E non sono state trovate cellule del genere *Prorocentrum*, mentre sono state registrate alcune forme potenzialmente tossiche dei generi *Dinophysis* e *Akashiwo*, ma con abbondanze tendenzialmente basse, sebbene non sia definito un valore d'allarme.

La Fig. 4.11 mostra l'andamento del numero di specie (S) e dell'abbondanza registrata (N), mentre la Fig. 4.12 mostra gli andamenti di ricchezza specifica (d) e dominanza di Simpson. Il numero di specie è risultato compreso tra 17 (D-III) e 8 (B-I, E-I). La stazione E ha mostrato abbondanze superiori rispetto alle altre, fatta eccezione per B-I. La ricchezza specifica di Margalef è compresa tra 1.3 (D-III) e 0.5 (B-I, E-I), mentre la dominanza di Simpson è omogenea solo in A, con variazioni comprese tra 0.1 (E-II) e circa 0.7 (A-I).

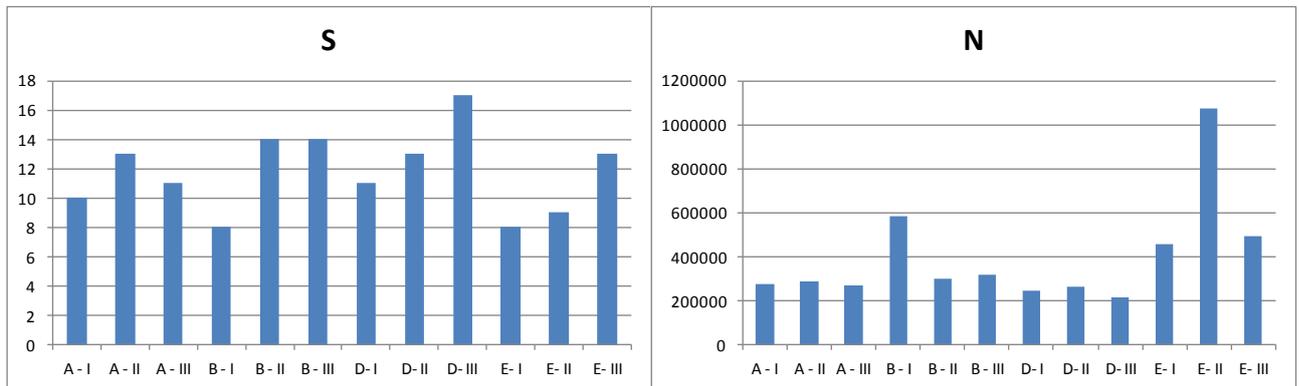


Fig. 4.11. Valori del numero di taxa (S) e dell'abbondanza di individui (N) nelle 12 stazioni

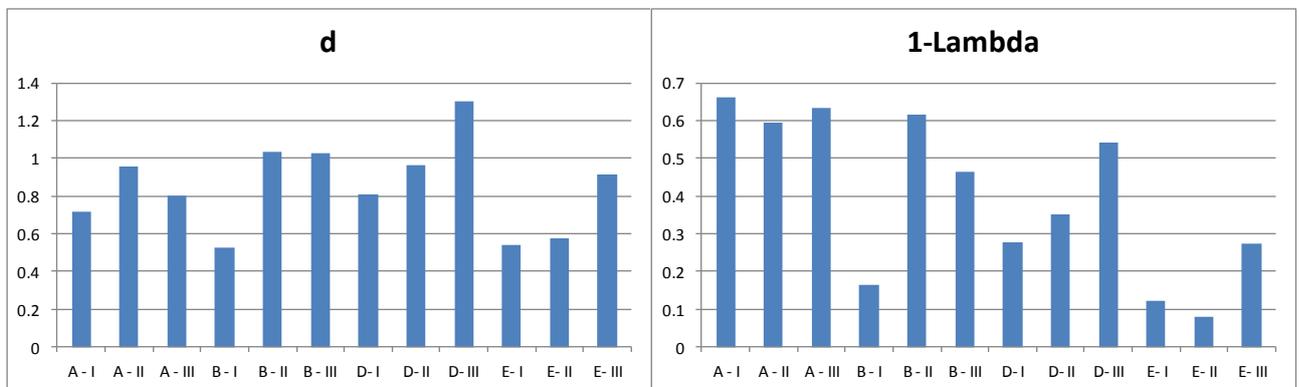


Fig. 4.12. Valori dell'indice di ricchezza specifica di Margalef (d) e dominanza di Simpson (1-I') nelle 12 stazioni

Le variazioni strutturali in tutte le stazioni sono state evidenziate dai valori dell'indice di diversità di Shannon-Wiener e di evenness di Pielou (Fig. 4.13). La forte variabilità è dovuta alla dominanza delle nanoflagellate. Nell'Appendice II vengono riassunti i valori degli indici strutturali di comunità.

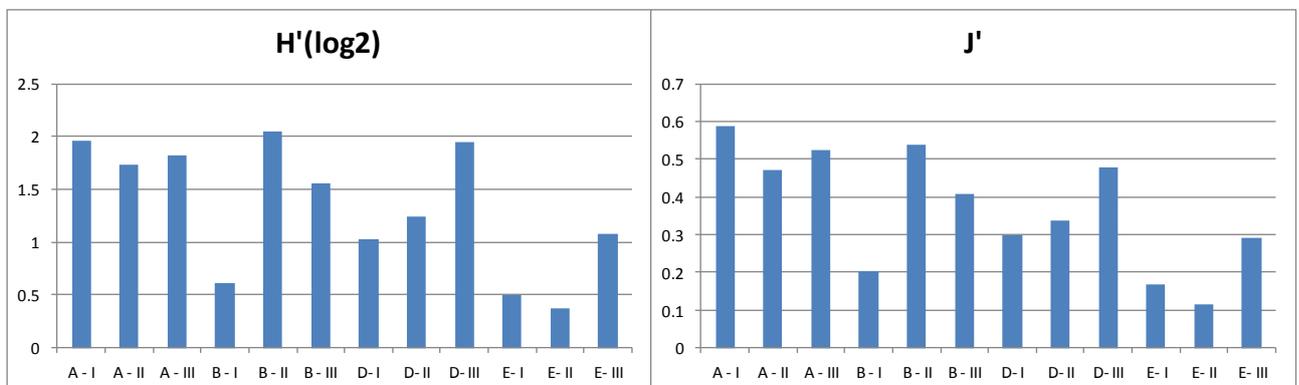


Fig. 4.13 Valori dell'indice di diversità di Shannon-Wiener (H') e di evenness di Pielou (J') nelle 12 stazioni

Le Figg. 4.14 e 4.15 mostrano i diagrammi di classificazione mediante cluster-analysis e di ordinamento mediante nMDS.

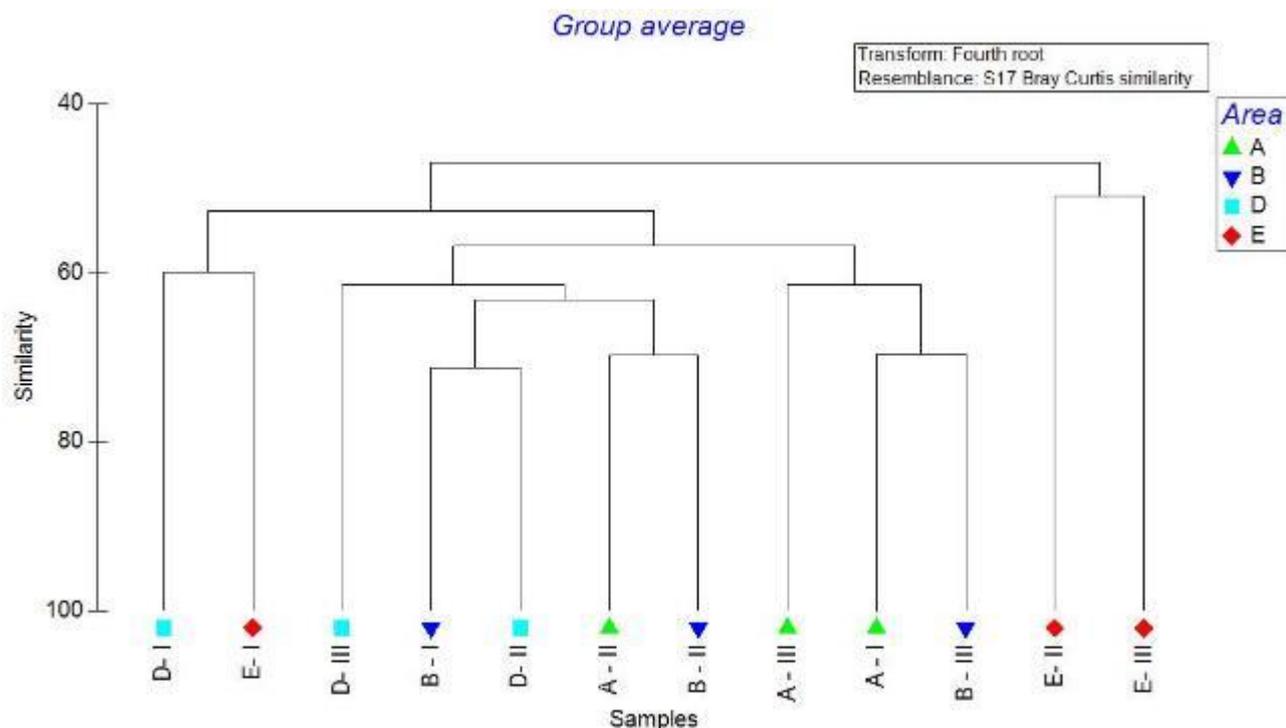


Fig. 4.14. Estate 2018: cluster-analysis.

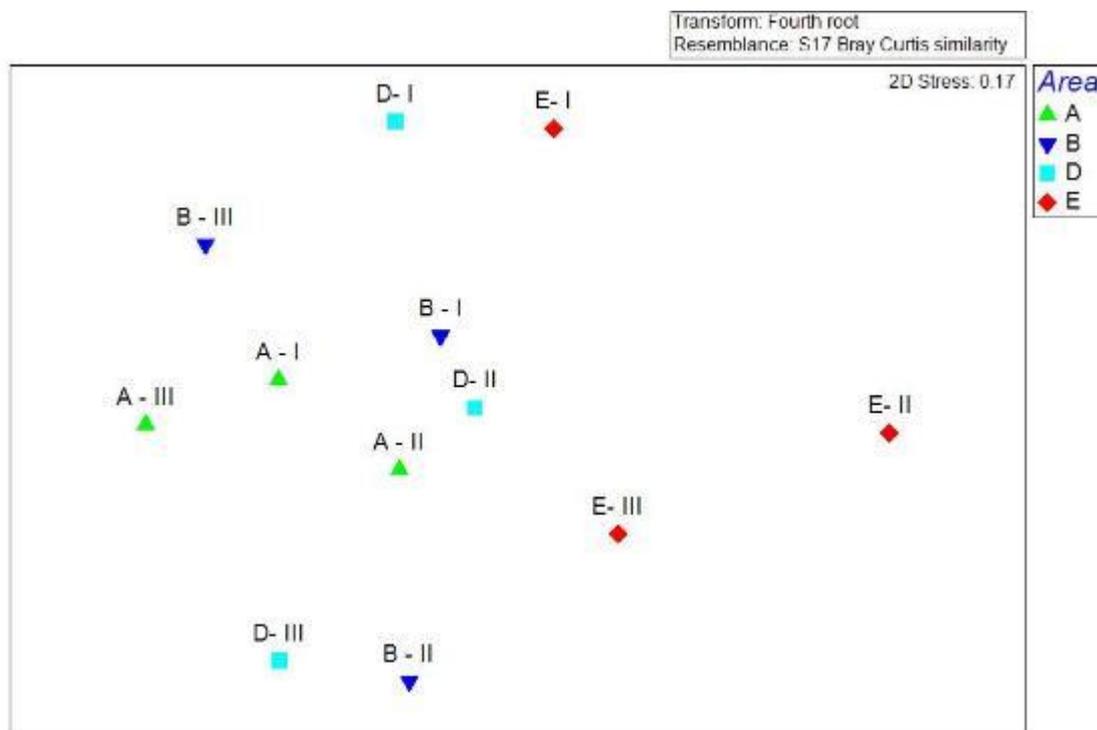


Fig. 4.15. Estate 2018: nMDS.

Le stazioni A, B e D risultano abbastanza omogenee, mentre la stazione E segrega leggermente a parte, confermando le differenze strutturali evidenziate dall'analisi degli indici univariati.

L'analisi SIMPER (Appendice III) mostra una relativa omogeneità di struttura intra area, con valori di similarità compresi tra 62.9% (stazione A) e 48.4% (stazione E). Vi è una discreta omogeneità anche tra aree, con valori riscontrati di dissimilarità compresi tra 52.8% (B vs E), e 39.8% (A vs B).

4.4 Autunno

Nell'Appendice I viene riportata la lista tassonomica e le abbondanze del fitoplancton campionato nell'Autunno 2018. Considerando tutte le stazioni insieme, le abbondanze cellulari dei campionamenti della stagione autunnale 2018 (ottobre) hanno evidenziato differenze statisticamente significative (one-way ANOVA $p < 0.05$), che sono dipese soprattutto da una maggiore abbondanza nella Sant'Agostino A. Tuttavia, confrontando le stazioni a coppie, i valori sono stati significativamente diversi solo nel caso delle stazioni A e B. La variabilità tra i campionamenti giornalieri è stata, in tutte le stazioni, inferiore all'errore metodologico del 20%, a dimostrazione di una scarsa fluttuazione naturale. Per abbondanza, le stazioni D ed E sono risultate molto simili, ma non sono stati osservati andamenti confrontabili, data anche la scarsa variabilità intragiornaliera. Per quanto riguarda il biovolume e, di conseguenza, le biomasse, la presenza di dinoflagellate, sebbene sporadica, ha determinato una diversa variabilità delle repliche. L'abbondanza cellulare è variata tra 0.61×10^6 cell/l nella stazione B-I e 0.98×10^6 cell/l nella stazione A-I.

Nella tabella seguente si riporta il dettaglio delle medie e deviazioni standard per ciascuna stazione.

Stazione	Medie \pm d.s. (cell/l)
A	$0.92 \pm 0.06 \times 10^6$
B	$0.66 \pm 0.05 \times 10^6$
D	$0.80 \pm 0.07 \times 10^6$
E	$0.74 \pm 0.11 \times 10^6$

Le abbondanze relative delle diatomee sono variate tra 32.5% e 65.1%. L'abbondanza relativa delle diatomee è stata maggiore nella stazione Porto D, ma in tutte le aree il contributo è stato significativo e simile a quello delle nanoflagellate. Le specie dominanti sono state quelle del genere *Chaetoceros*, sebbene siano state sempre registrati anche individui del genere *Pseudonitzschia* e *Nitzschia frustulum*. Le Chlorophyceae, anche se sempre presenti, non hanno superato l'abbondanza relativa del 4%, mentre le Cryptophyceae, soprattutto di piccole dimensioni (10 μ m), hanno, mediamente, rappresentato più del 10% delle comunità osservate. Le Dynophyceae sono state registrate sporadicamente, generalmente forme di piccole dimensioni (10-20 μ m) non facilmente identificabili, il cui contributo relativo non ha superato il 5%.

La Fig. 4.16 mostra l'andamento del numero di specie (S) e dell'abbondanza registrata (N), mentre la Fig. 4.17 mostra gli andamenti di ricchezza specifica (d) e dominanza di Simpson.

I valori di diversità (H') e di equiripartizione (J') sono risultati relativamente omogenei tra ed entro stazioni (Fig. 4.18), e l'analisi della varianza non ha evidenziato differenze statisticamente significative tra tutti i campionamenti.

Nell'Appendice II vengono riassunti i valori degli indici strutturali di comunità.

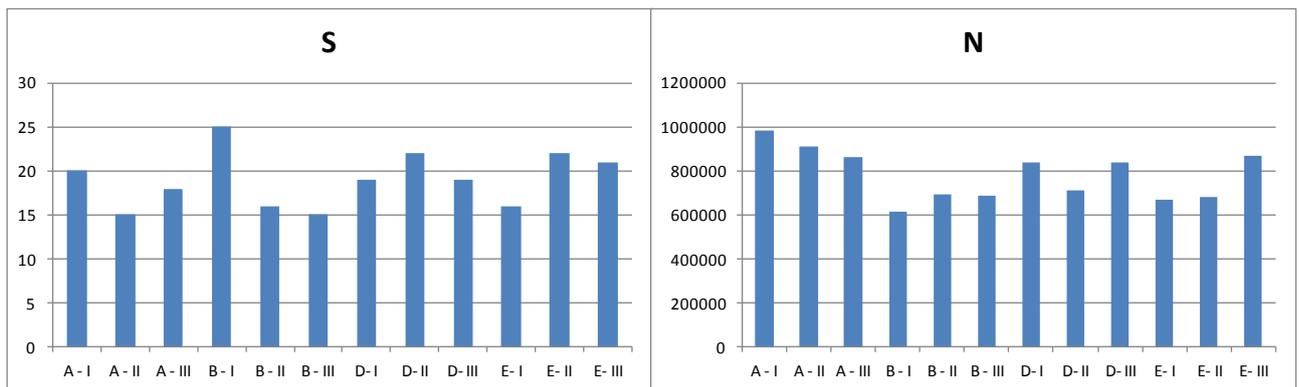


Fig.4.16. Valori del numero di taxa (S) e dell'abbondanza di individui (N) nelle 12 stazioni

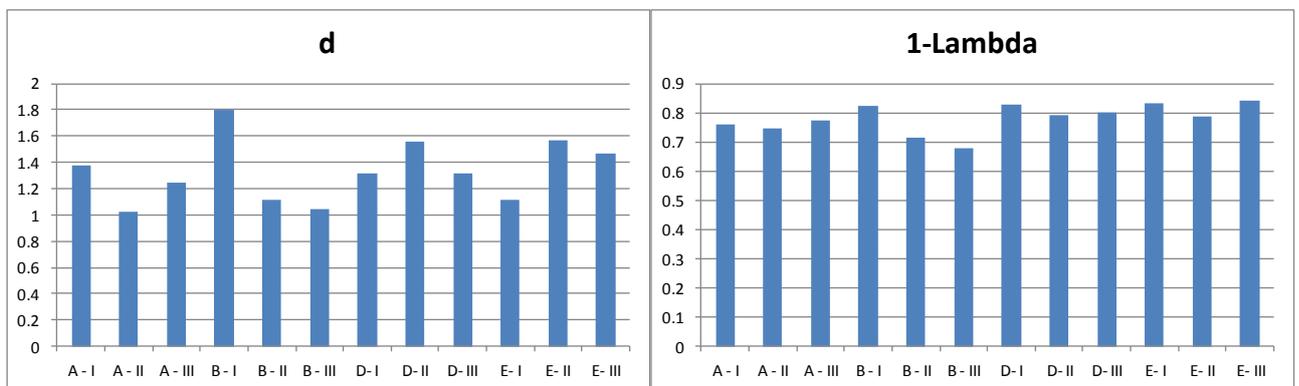


Fig. 4.17. Valori dell'indice di ricchezza specifica di Margalef (d) e dominanza di Simpson ($1-l'$) nelle 12 stazioni

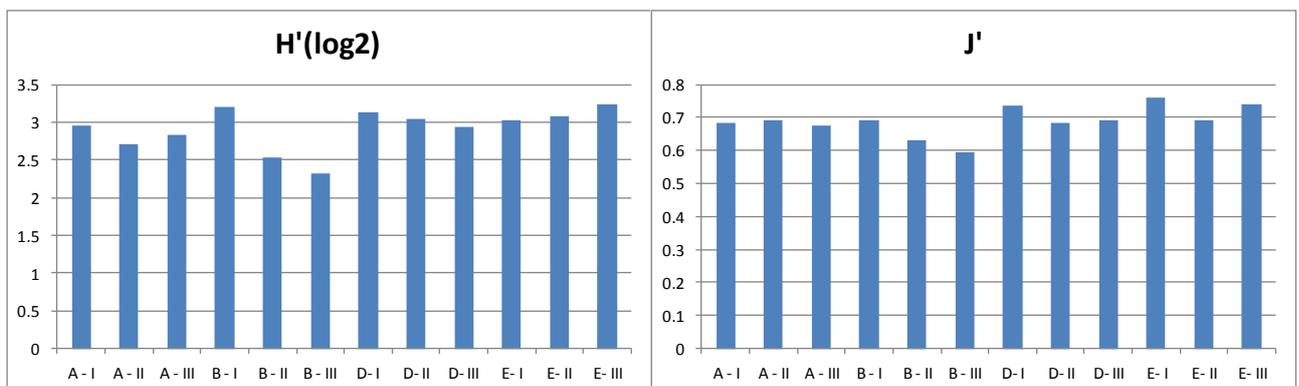


Fig. 4.18 Valori dell'indice di diversità di Shannon-Wiener (H') e di evenness di Pielou (J') nelle 12 stazioni

Le Figg. 4.19 e 4.20 mostrano i diagrammi di classificazione mediante cluster-analysis e di ordinamento mediante nMDS. Anche per i campioni dell'Autunno 2018, il quadro che emerge è quello di una sostanziale omogeneità nella struttura e composizione della comunità fitoplanctonica alle quattro aree. Solamente A-I e B-I tendono a segregare autonomamente rispetto agli altri punti.

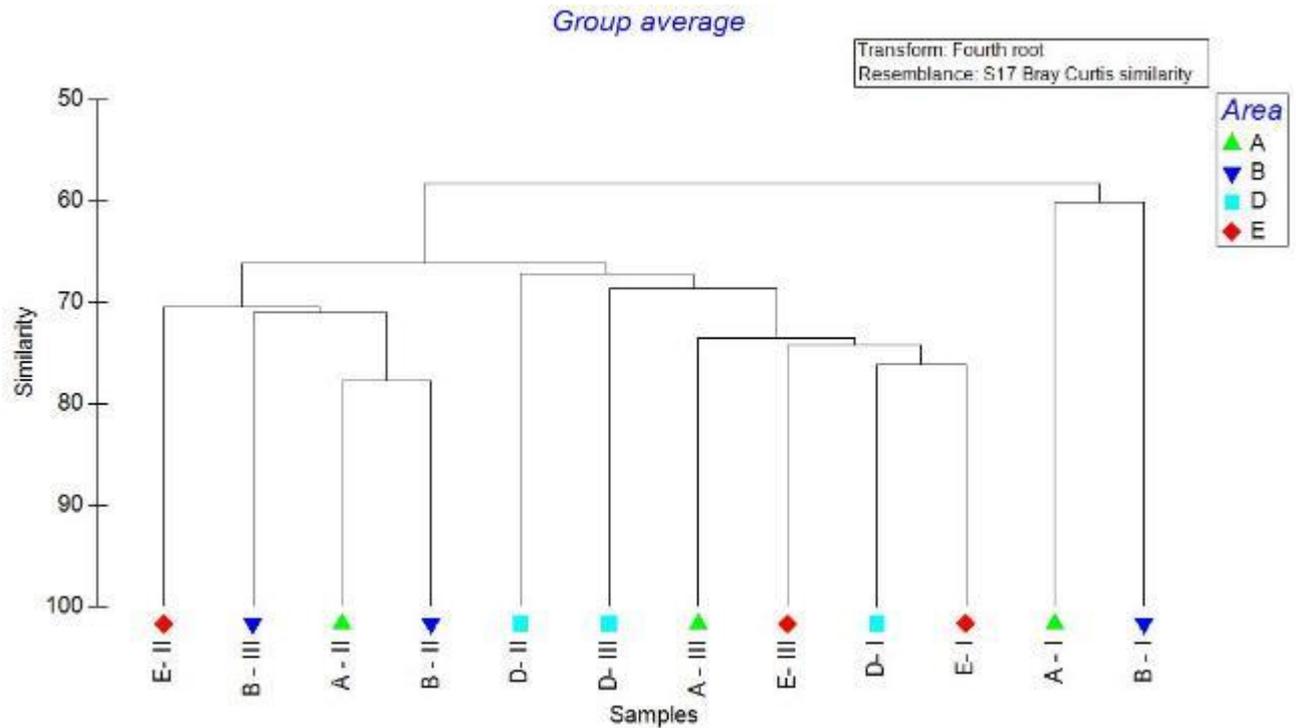


Fig. 4.19. Autunno 2018: cluster-analysis.

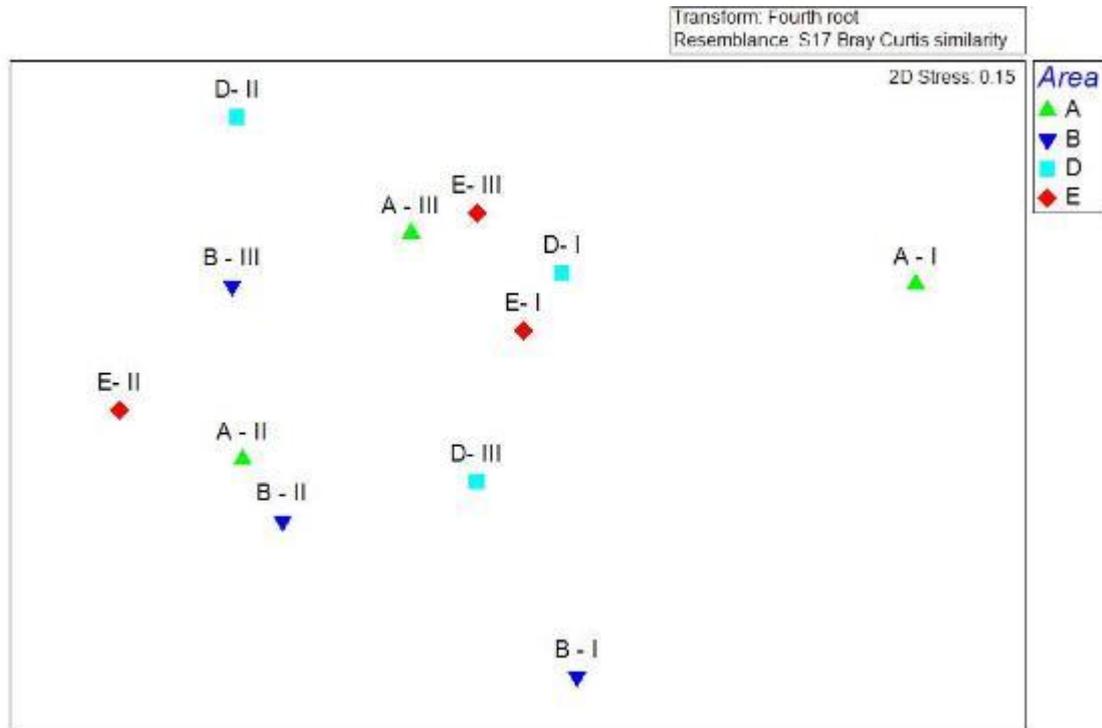


Fig. 4.20. Autunno 2018: nMDS.

Durante l'autunno la similarità intra area (SIMPER analysis, Appendice III) è elevata e compresa tra il 70.4% (stazione E) e 59% (stazione A). La dissimilarità tra aree risulta relativamente bassa e costante, e compresa nell'intervallo tra 31.3% (D vs E) e 37% (B vs D).

4.5 Valutazioni complessive sulle comunità fitoplanctoniche

Gli andamenti medi delle 4 stazioni (Fig. 4.21) sono risultati simili per il valore minimo di abbondanze durante il campionamento di luglio, tuttavia, a parte questo, hanno mostrato alcune discrepanze, che sono risultate statisticamente significative.

Nella stazione E l'andamento è stato piuttosto costante, con minime fluttuazioni stagionali e solo una leggera flessione in estate. Più marcate sono risultate, invece, le variazioni nella stazione A, con media sulle tre giornate di campionamento di 0.28×10^6 cell/l in luglio e 1.12×10^6 cell/l in marzo. Questi valori di abbondanza sono molto inferiori a quelli registrati nel triennio 2014-2016, quando il minimo assoluto è stato 0.34×10^6 cell/l (sempre nella stazione A in ottobre 2016) e il massimo 10.9×10^6 cell/l (nella stazione TVN B in giugno 2016). Le stazioni B e D, nel 2018, hanno mostrato valori e andamenti molto simili con minimo in luglio e massimo in ottobre. Oltre alle abbondanze, significativamente inferiori rispetto alle osservazioni del triennio precedente, anche gli andamenti sono risultati diversi, poiché i picchi di abbondanza sono sempre stati osservati o in primavera o in estate, mentre nel 2018 sono stati registrati in inverno o in autunno. Questo, tuttavia, non è detto che sia insolito e può dipendere dalla scarsa frequenza dei campionamenti su base stagionale o da una diversa disponibilità di nutrienti nei periodi

di campionamento. Ad esempio, il minimo di luglio 2018 può dipendere da una riduzione di nutrienti legata a una precedente fioritura.

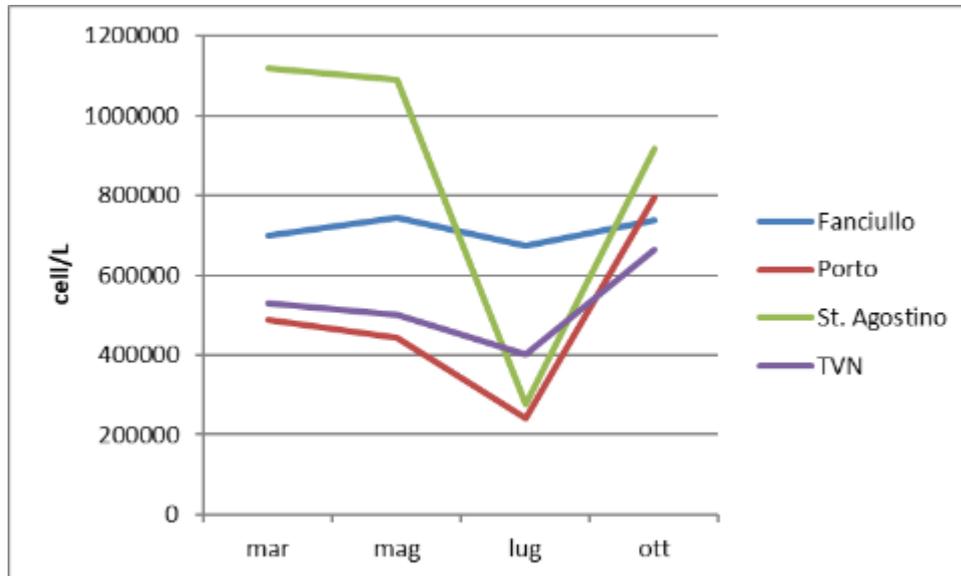


Fig. 4.21. Andamenti medi (media delle 3 osservazioni di ogni campionamento)

Le diatomee hanno rappresentato il 30-40% della comunità in inverno e in autunno, mentre nelle altre stagioni hanno prevalso le nanoflagellate, con abbondanze relative tra 22% e 97%. Tra le diatomee i generi più ricorrenti sono stati *Leptocylindrus* spp., *Cerataulina pelagica*, *Chaetoceros* spp. e *Pseudonitzschia* spp. Le caratteristiche della comunità indicano ambienti pelagici senza contributi di risospensione di sedimenti dal fondale. Il contributo delle Chlorophyceae è stato generalmente trascurabile, con l'eccezione dei campionamenti estivi quando hanno rappresentato approssimativamente il 16% della comunità; anche le Cryptophyceae hanno mostrato una marcata stagionalità, essendo quasi assenti in primavera ed estate, e fornendo un contributo relativo del 10-12% nelle altre stagioni. Le dinoflagellate sono risultate, nel complesso, poco abbondanti, e le concentrazioni di forme potenzialmente tossiche non allarmanti, sebbene siano state rinvenute cellule di *Dinophysis* e *Prorocentrum cordatum*; la loro abbondanza è rimasta costante rispetto alle osservazioni del 2014-2016.

Il confronto degli andamenti giornalieri non ha permesso di rilevare andamenti comuni tra le stazioni (Fig. 4.22). Molto spesso la variabilità giornaliera è ricaduta nell'errore metodologico e non è, quindi, imputabile a forzanti naturali o antropiche. Solo in alcuni casi si sono registrate forti fluttuazioni, prevalentemente nella stazione E.

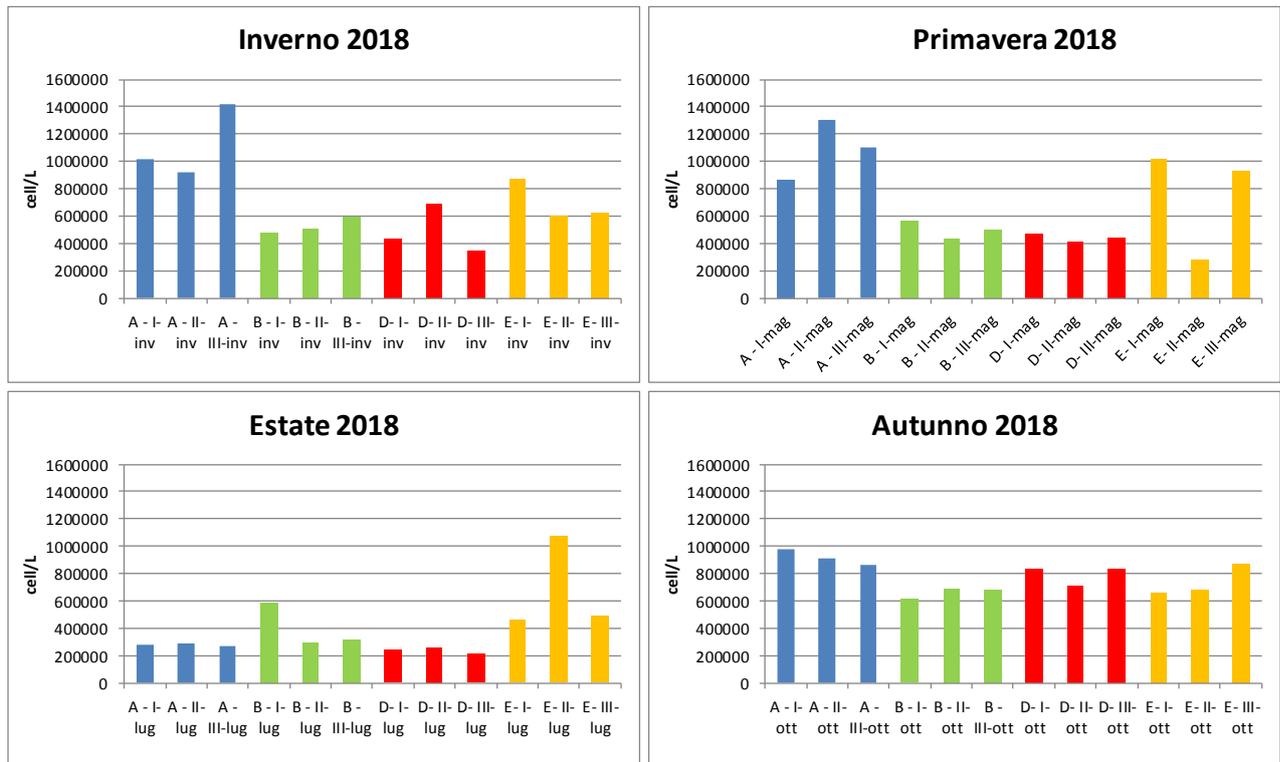


Figura 4.22. Valori delle abbondanze di ciascuna replica suddivisi per stagione

Il calcolo parziale delle metriche per l'applicazione dell'indice MPI (Multimetric Phytoplankton Index) per le acque di transizione, e non verificato per le acque costiere (Facca et al., 2014), indica condizioni simili in tutte le stazioni. Sebbene le condizioni di riferimento del MPI non siano state validate per le acque costiere, l'indice, confrontato con i valori degli anni precedenti e tra le varie aree, mostra che la qualità delle acque sembra mantenersi molto simile e su condizioni migliori rispetto al 2014. Rispetto al 2016, i valori sono rimasti pressochè invariati.

E' stata quindi eseguita un'analisi multivariata di classificazione e ordinamento considerando sia le abbondanze (cell/l) sia le biomasse ($\mu\text{g C/l}$) fitoplanctoniche sul data set 2018 complessivo aggregato a livello di classe. Quest'analisi consente di riassumere se e quanto la comunità fitoplanctonica dell'area prospiciente la Centrale si discosti, per struttura e composizione, dalla comunità degli altri siti indagati.

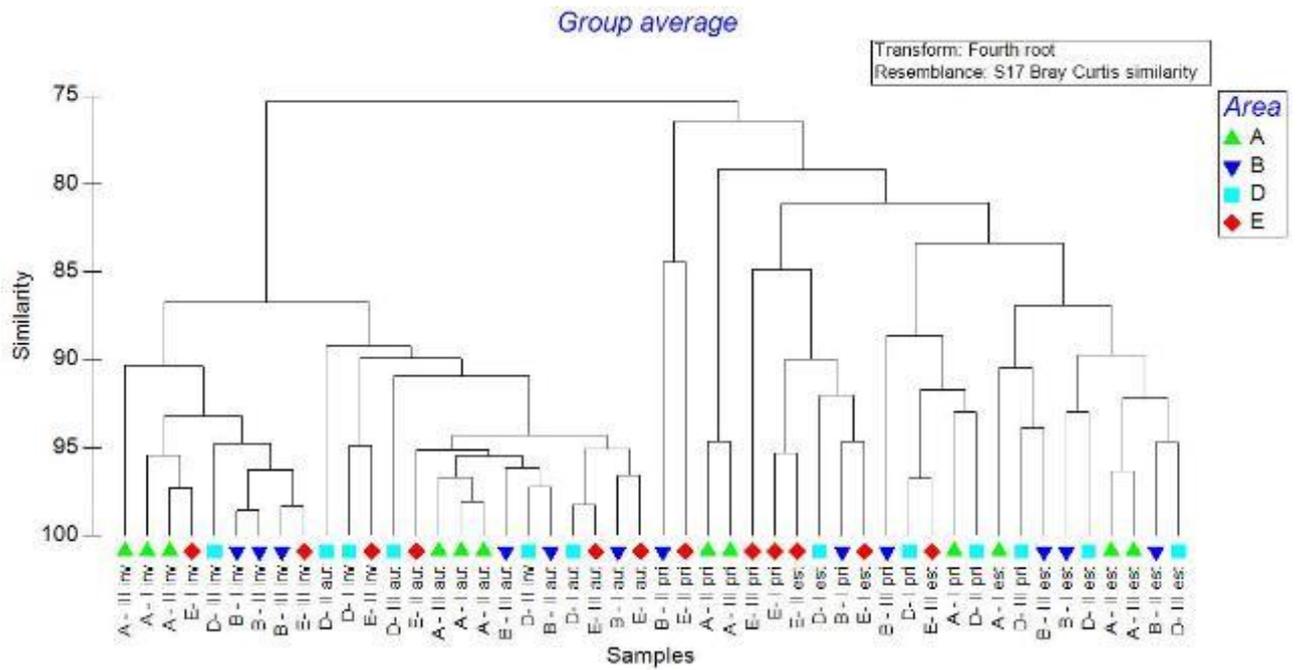


Fig. 4.23 Classificazione mediante cluster-analysis sulle abbondanze

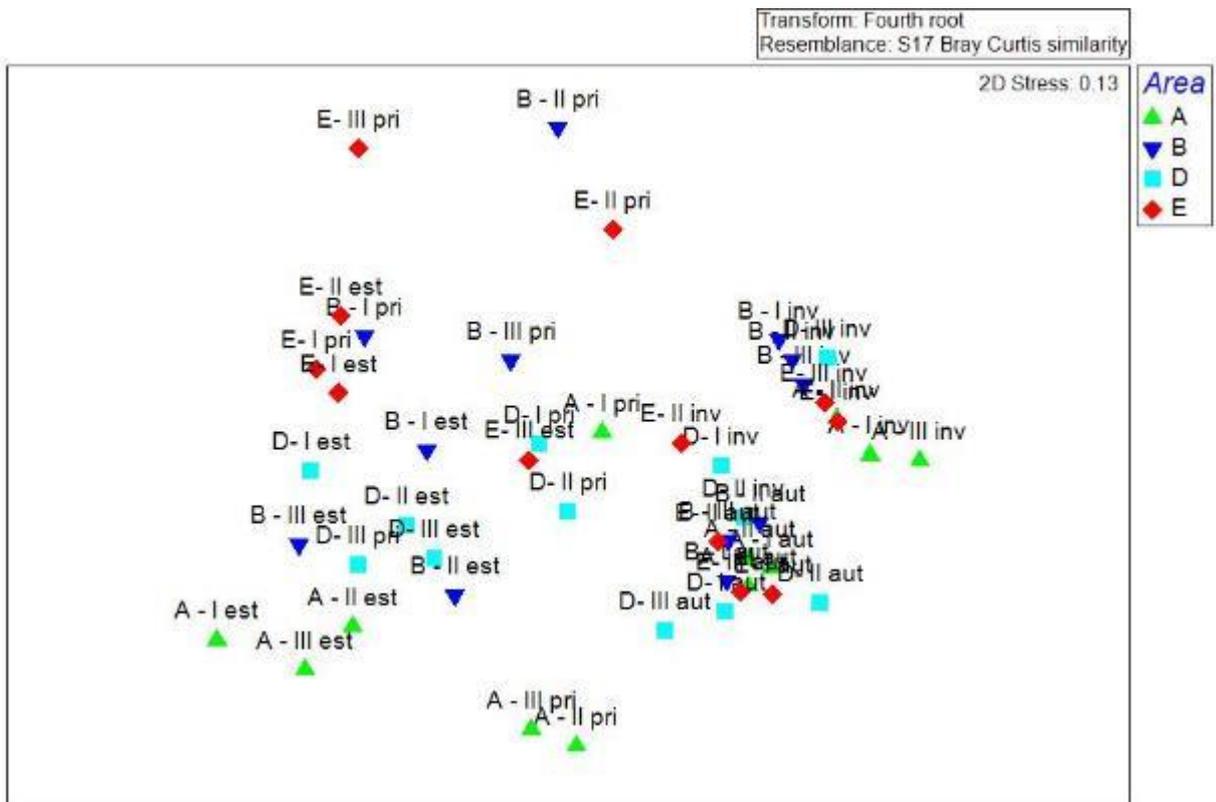


Fig. 4.24 Ordinamento mediante nMDS sulle abbondanze

La cluster-analysis (Fig. 4.23) e il nMDS (Fig. 4.24) eseguiti sulla matrice di abbondanza aggregata a livello di classe mostrano come i punti stazione segreghino in due cluster/nuvole principali riferibili alla stagionalità: da una parte i punti relativi alla primavera/estate, dall'altra quelli relativi all'autunno/inverno.

All'interno di questi cluster stagionali, la stazione B (TVN) non segrega in maniera indipendente. Questa separazione su base stagionale viene confermata dall'analisi multivariata eseguita utilizzando la biomassa fitoplanctonica (Figg. 25 e 26).

In entrambi i diagrammi relativi alle biomasse, la stazione TVN (B) segrega assieme alle altre stazioni a seconda del periodo termico, come riscontrato nei diagrammi relativi alle abbondanze.

Come già menzionato sopra, la discriminante stagionale è principalmente dovuta all'alternanza di blooms demografici di diatomee in primavera-estate, e nanoflagellate in autunno-inverno, come negli anni scorsi.

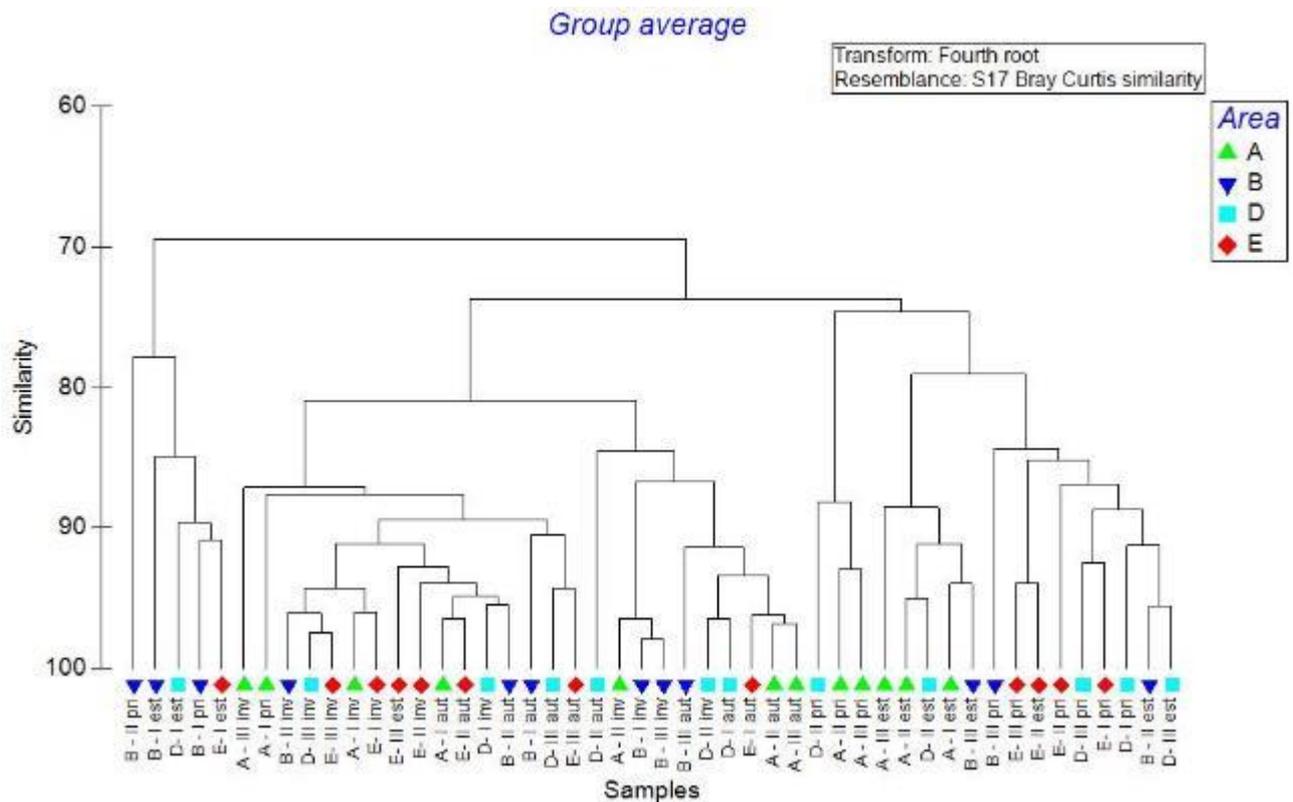


Fig. 4.25 Classificazione mediante cluster-analysis sulle biomasse

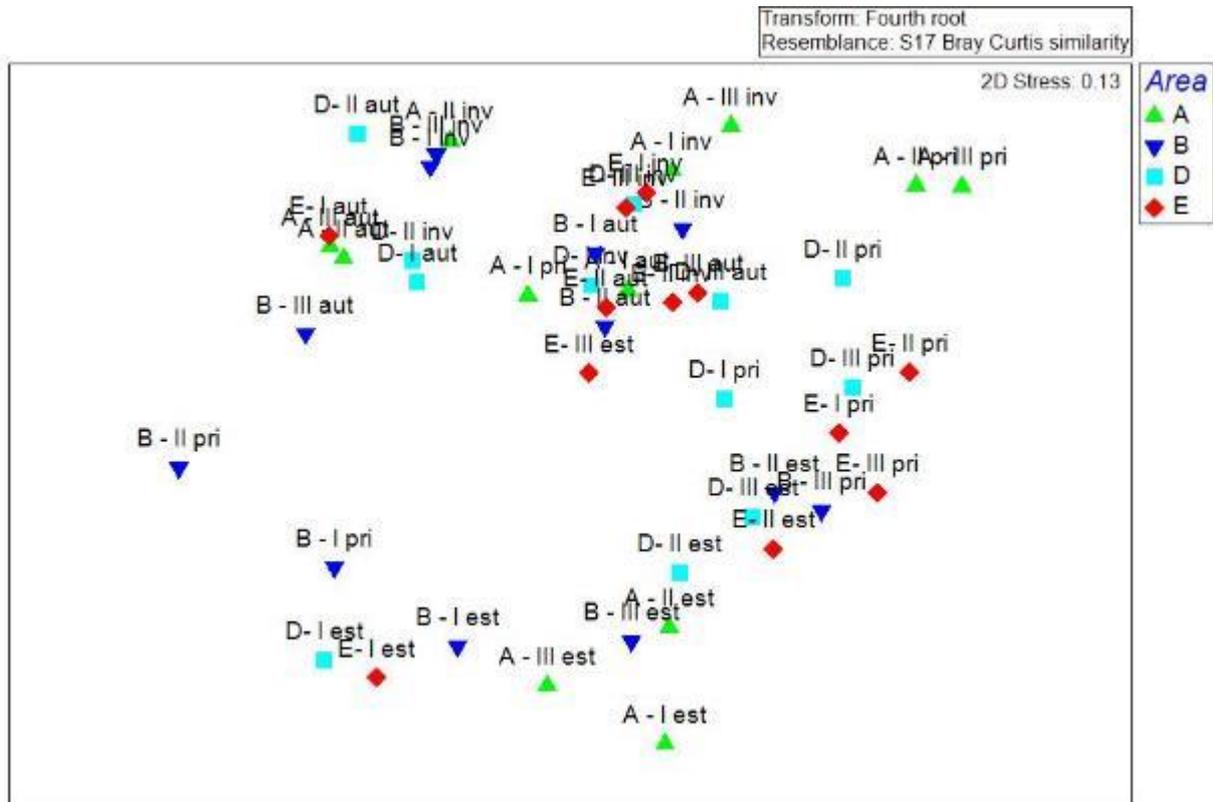


Fig. 4.26 Ordinamento mediante nMDS sulle biomasse

5 CARATTERIZZAZIONE DELLO ZOOPLANCTON

Si riportano di seguito i risultati delle quattro campagne stagionali condotte nell'anno 2018 per la valutazione quali-quantitativa della comunità zooplanctonica.

Nella denominazione dei campioni le diciture I, II e III fanno riferimento rispettivamente al primo, secondo e terzo giorno di campionamento per le stazioni A (Punta Sant'Agostino), B (Centrale di Torrevaldaliga Nord), D (Porto di Civitavecchia), E (Villaggio del Fanciullo).

Le Appendici citate sono riportate nei file allegati al presente rapporto.

5.1 Inverno

Nell'Appendice I viene riportata la lista tassonomica e le abbondanze dello zooplancton campionato nell'Inverno 2018. Sono stati rinvenuti in totale 25 taxa. I gruppi tassonomici maggiormente rappresentati in termini di abbondanza sono risultate le forme giovanili di Copepoda (29.8% dell'abbondanza totale), gli Harpacticoida (28.8% dell'abbondanza totale), e i Calanoida (17.1%), seguiti da forme larvali di Bivalvia, Policheti, Gasteropodi e altro (17.8% dell'abbondanza totale), Poecilostomatoida (3.2% dell'abbondanza totale), e Cyclopoida (3.2% dell'abbondanza totale). Gruppi meno rappresentati in termini di abbondanza sono stati i Cladoceri (0.01% dell'abbondanza totale).

A livello di specie, il taxon maggiormente rappresentato è risultato l'arpacticoide *Euterpina acutifrons* (con un valore medio di oltre 4200 ind/m³), seguito dal calanoide *Paracalanus parvus* (con un valore medio di oltre 1400 ind/m³), e dal ciclopoide *Oithona similis* (con un valore medio di 490 ind/m³).



Fig. 5.1. *Paracalanus parvus* (Copepoda Calanoida)

Le figure seguenti riportano i valori degli indici strutturali di comunità a ciascuna stazione nell'Inverno 2018.

Il numero medio di taxa (*S*, Fig.5.2) risulta massimo in A2 (25 taxa), seguito da D3 (23 taxa), e da A3 e D1 (22 taxa), mentre i valori minimi sono riscontrati in B1, E1, E3 (17 taxa). In nessuna stazione si osservano variazioni considerevoli tra giorno e giorno di campionamento. L'abbondanza media (*N*, Fig. 5.3) maggiore è stata registrata nelle stazioni D ed E con oltre 17000 ind m⁻³. I valori minimi di densità zooplanctonica sono stati registrati nella stazione A (con circa 9000 ind/m³).

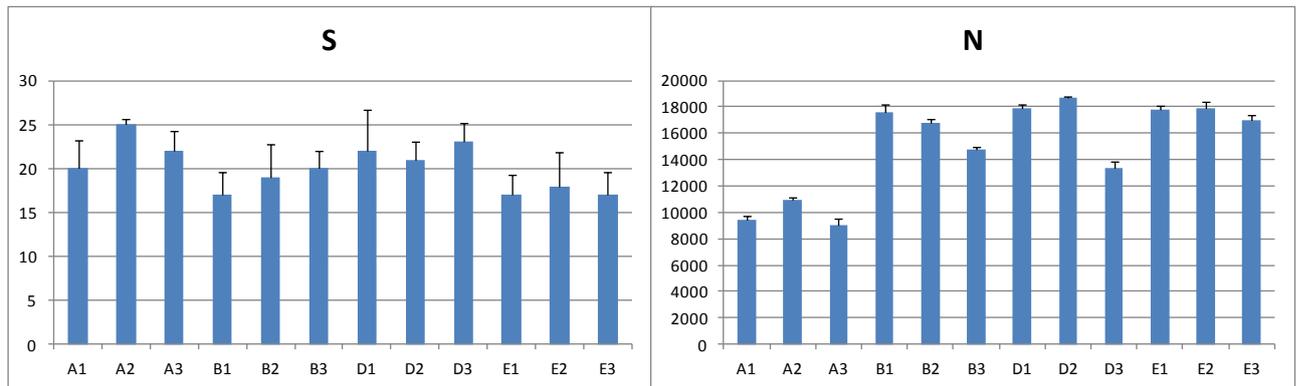


Fig. 5.2. Valori del numero di taxa (S) e dell'abbondanza di individui (N) nelle 12 stazioni

L'indice di ricchezza specifica di Margalef (d, Fig. 5.3), in accordo con il valore di S, raggiunge il valore massimo nelle stazioni A2, A3 e D3, ed evidenzia una notevole omogeneità entro le stazioni. I valori di ricchezza specifica risultano comunque elevati, e compresi tra 2.6 in A2 e 1.6 in B1, E1 ed E3. Il valore di dominanza di Simpson (1-Lambda') risulta alquanto omogeneo tra ed entro stazioni, risultando maggiore in B2 e D3 (0.81) e minore in A2 (0.73).

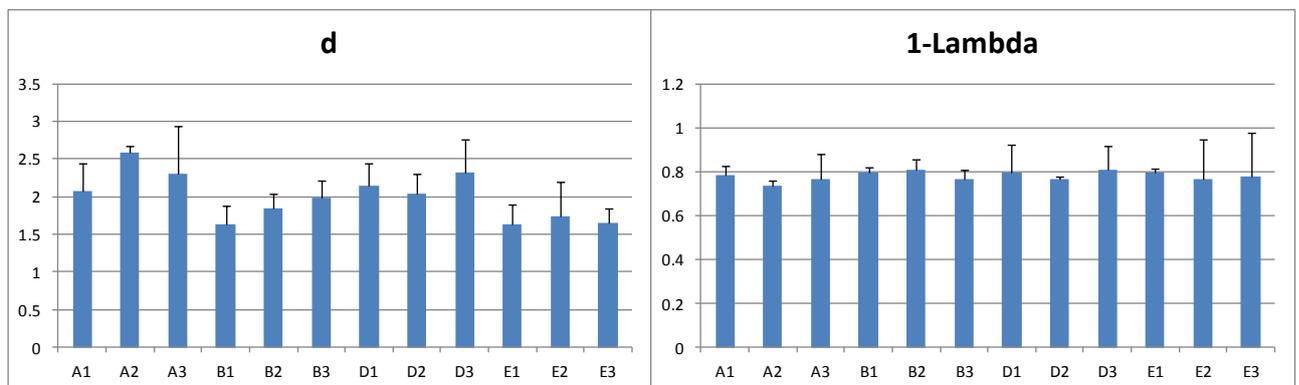


Fig. 5.3. Valori dell'indice di ricchezza specifica di Margalef (d) e dominanza di Simpson (1-λ') nelle 12 stazioni

L'indice di diversità di Shannon-Wiener (H', Fig. 5.4) risulta sempre abbastanza elevato e presenta scarsa variabilità tra le stazioni di aree differenti, variando tra un valore minimo di 2.5 in A2 ed un valore massimo di 3.0 in D3. L'indice di evenness di Pielou (J') presenta in generale valori non particolarmente elevati a causa della predominanza numerica di Harpacticoida e larve di Copepoda in tutti le aree: l'indice varia da 0.5 in A2 a 0.7 in E1.

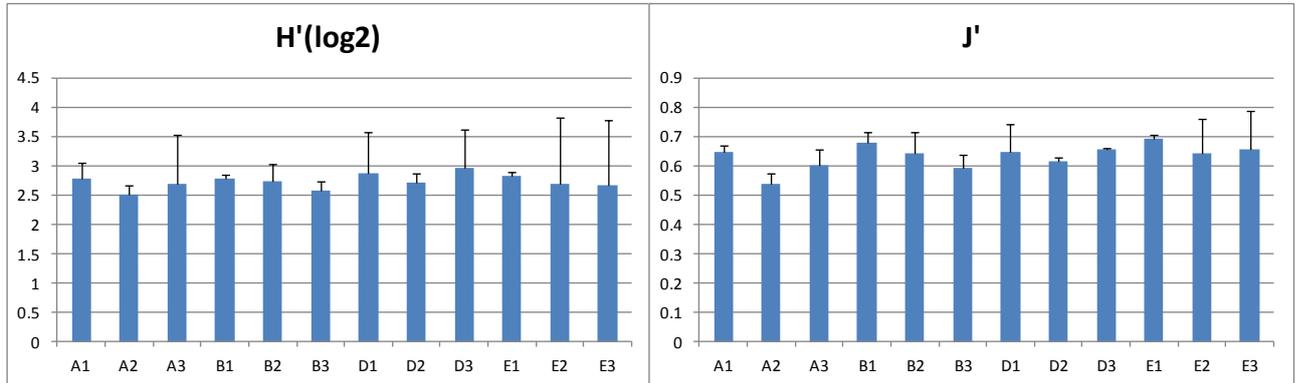


Fig. 5.4 Valori dell'indice di diversità di Shannon-Wiener (H') e di evenness di Pielou (J') nelle 12 stazioni

Nell'Appendice II vengono riassunti i valori degli indici strutturali di comunità.

Le Figg. 5.5. e 5.6 mostrano i diagrammi di classificazione mediante cluster-analysis e di ordinamento mediante nMDS per la comunità zooplanctonica nell'Inverno 2018.

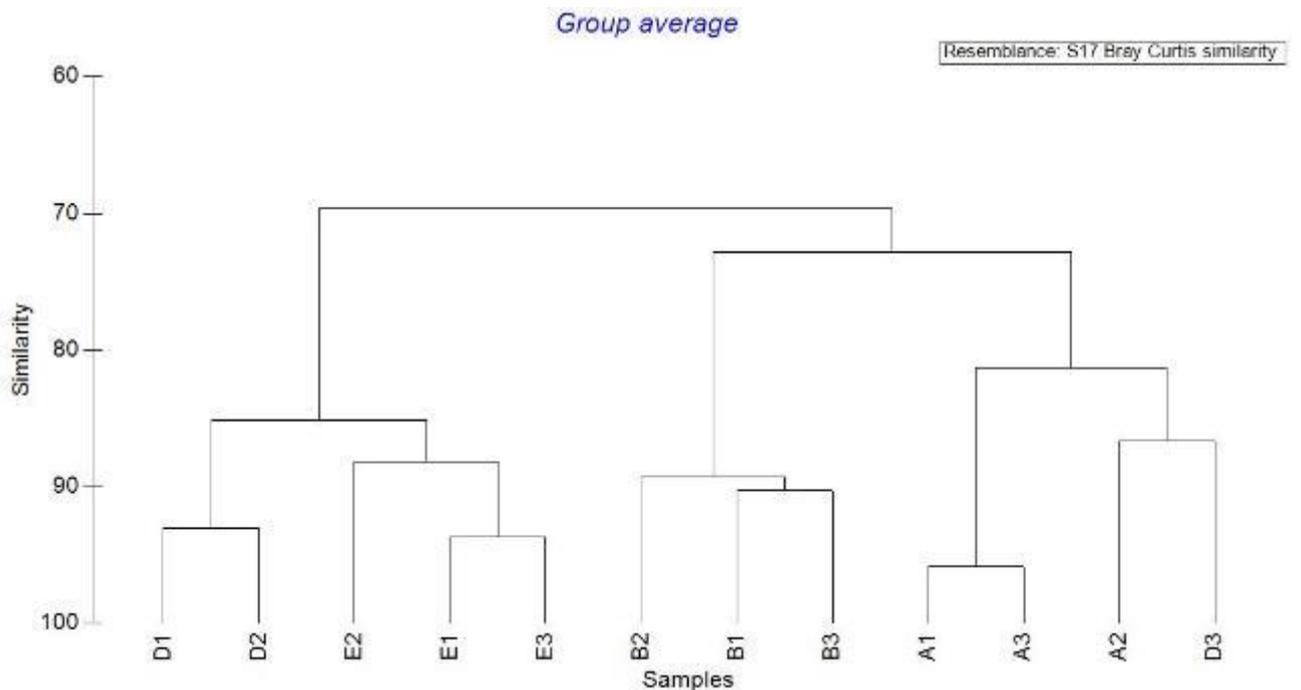


Fig. 5.5. Inverno 2018: cluster-analysis.

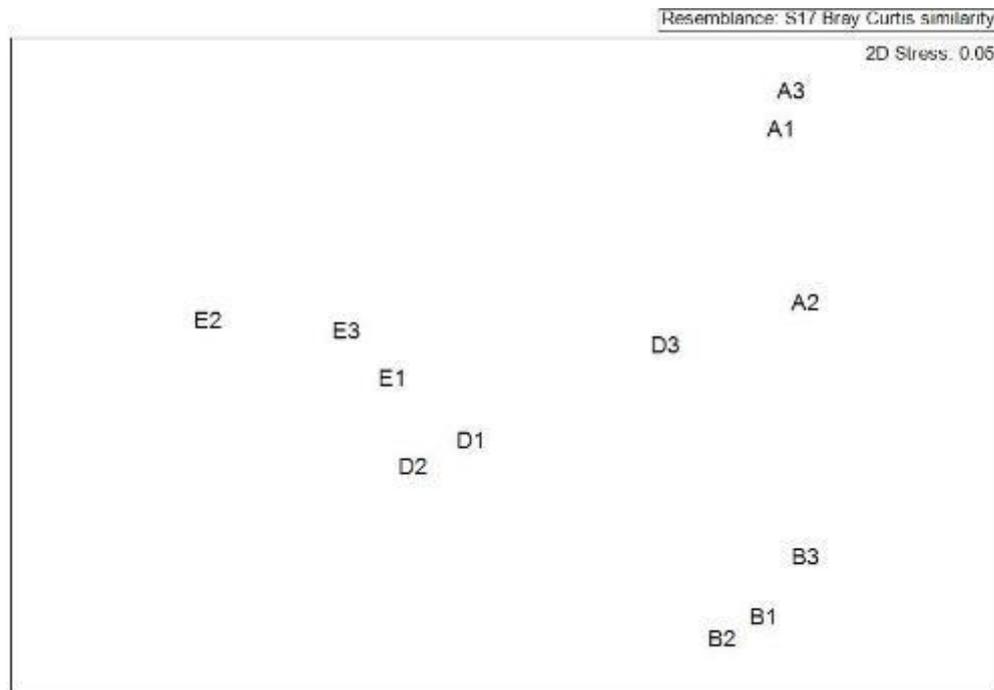


Fig. 5.6. Inverno 2018: nMDS.

Nel raggruppamento mediante cluster-analysis (Fig. 5.5), confermato dal diagramma del nMDS (Fig. 5.6) si nota come i punti stazione B segreghino separatamente dagli altri. Tuttavia il livello di similarità a cui tutti i punti stazione segregano in un unico cluster è elevato.

L'analisi della similarità percentuale (SIMPER Analysis, Appendice III, Inverno) mostra come la similarità intra-area sia sempre elevata, maggiore in E, con un valore di 90.02%, e minore in D (86.04%). I confronti appaiati indicano che la comunità zooplanctonica è estremamente simile tra tutte le aree indagate, con valori di dissimilarità compresi tra 18.33% (D vs E) e 33.60% (A vs E).

5.2 Primavera

Nell'Appendice I viene riportata la lista tassonomica e le abbondanze dello zooplancton campionato nella Primavera 2018. Nel campionamento sono stati rinvenuti complessivamente 39 taxa. I gruppi tassonomici maggiormente rappresentati in termini di abbondanza sono nuovamente risultati le forme giovanili di Copepoda (50.3% dell'abbondanza totale), assieme al gruppo dei Calanoida (15.5%), seguiti dal gruppo dei Cyclopoida (15.6% dell'abbondanza totale), dagli Harpacticoida (7.5% dell'abbondanza totale), e dai Cladocera (6.7% dell'abbondanza totale). Il cosiddetto "altro zooplancton" (forme larvali di altri taxa, v Appendice I) è rappresentato dal 5.5% dell'abbondanza totale.

A livello di specie, i taxa maggiormente rappresentati sono stati il calanoide *Paracalanus parvus* (con un valore medio di 580 ind/m³), il Cyclopoida *Oithona nana* (con un valore medio di 530 ind/m³), e l'arpacticoida *Euterpina acutifrons* (con un valore medio di 300 ind/m³).

Le figure seguenti riportano i valori degli indici strutturali di comunità relativi a ciascuna stazione nella Primavera 2018.

Il numero medio di taxa (S, Fig. 5.7) è maggiore rispetto all'inverno precedente, e risulta massimo in D1 ed E1 (30 taxa), mentre i valori minimi sono riscontrati in D2 (22 taxa). In tutte le stazioni le variazioni tra i giorni di campionamento risultano minime. L'abbondanza media (N, Fig. 5.7) maggiore è stata registrata in B1 e B2 (rispettivamente 5400 e 5700 ind/m³). Nelle restanti stazioni le densità zooplanctoniche oscillano tra oltre 5200 e 2600 ind/m³ (rispettivamente in D1 ed E3).

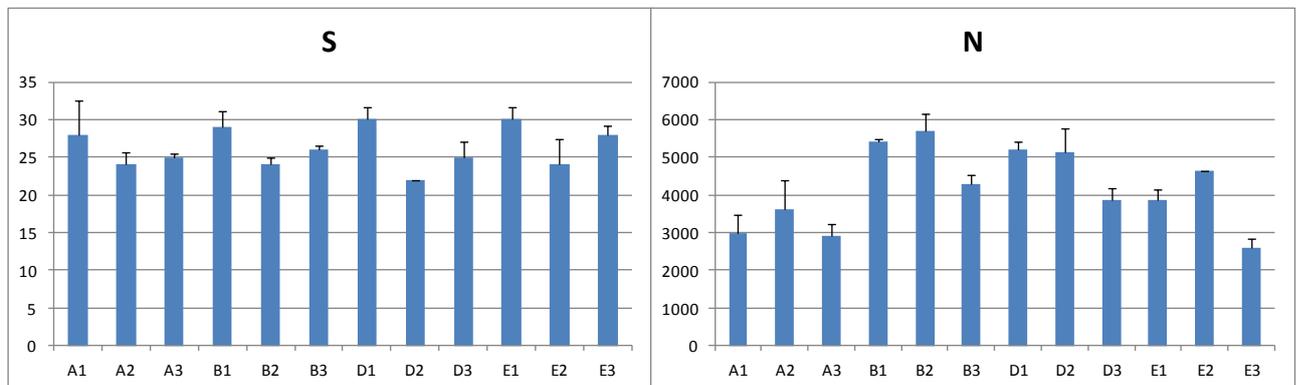


Fig. 5.7. Valori del numero di taxa (S) e dell'abbondanza di individui (N) nelle 12 stazioni

L'indice di ricchezza specifica di Margalef (d, Fig. 5.8) è generalmente elevato, raggiungendo il valore massimo nelle stazioni A1, D1 ed E3 B2 (d=3.4), ed evidenzia una discreta omogeneità entro le stazioni. Il valore minimo viene raggiunto in D2 (d=2.5). Il valore di dominanza di Simpson (Fig. 5.8) risulta molto omogeneo ed è massimo in E3 (0.77).

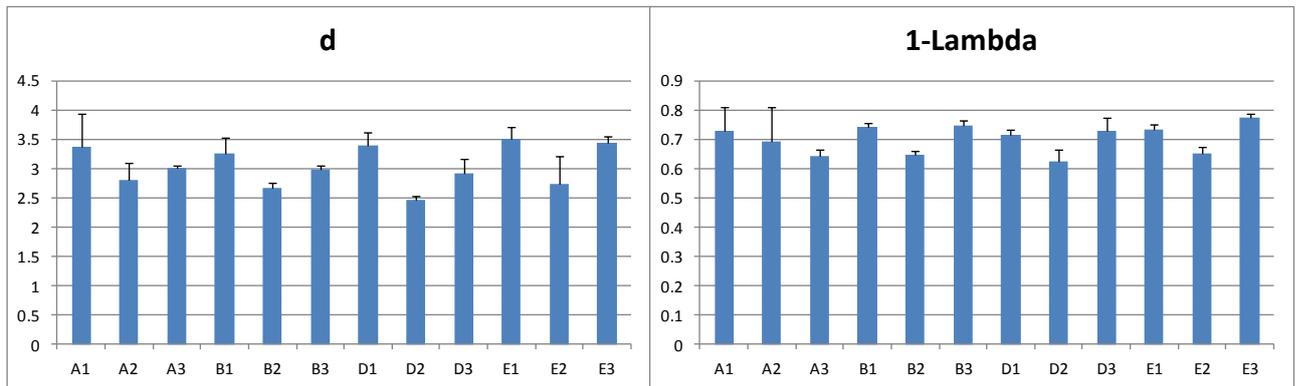


Fig. 5.8. Valori dell'indice di ricchezza specifica di Margalef (d) e dominanza di Simpson (1-λ') nelle 12 stazioni

L'indice di diversità di Shannon-Wiener (H', Fig. 5.9) è elevato e presenta scarsa variabilità tra le stazioni di aree differenti: è compreso tra un valore minimo di 2.2 in E2 e un valore massimo di 2.8 in B1, D1 ed E3. L'indice di evenness di Pielou (J') risulta abbastanza omogeneo, con un valore massimo presso E3 (0.59).

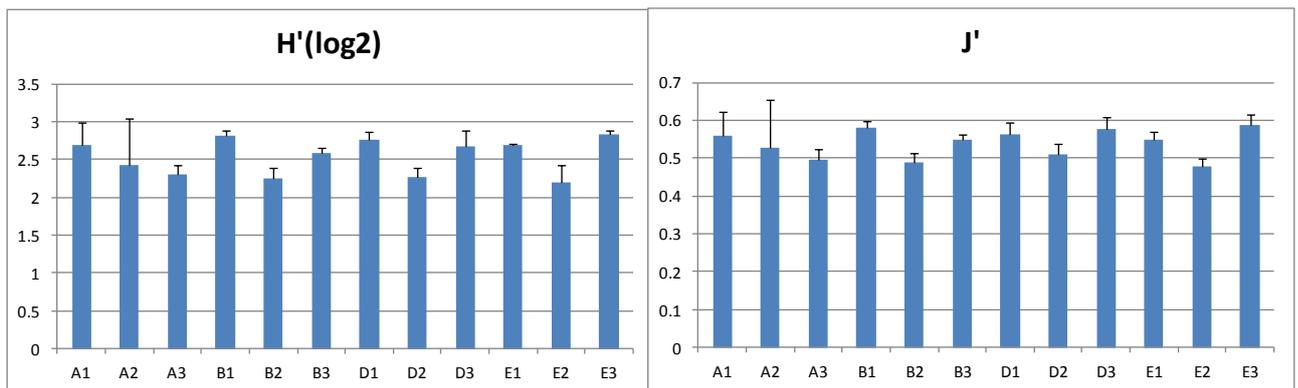


Fig. 5.9 Valori dell'indice di diversità di Shannon-Wiener (H') e di evenness di Pielou (J') nelle 12 stazioni

Nell'Appendice II vengono riassunti i valori degli indici strutturali di comunità.

Le Figg. 5.10 e 5.11 mostrano i diagrammi di classificazione mediante cluster-analysis e di ordinamento mediante nMDS per la comunità zooplanctonica nella Primavera 2018.

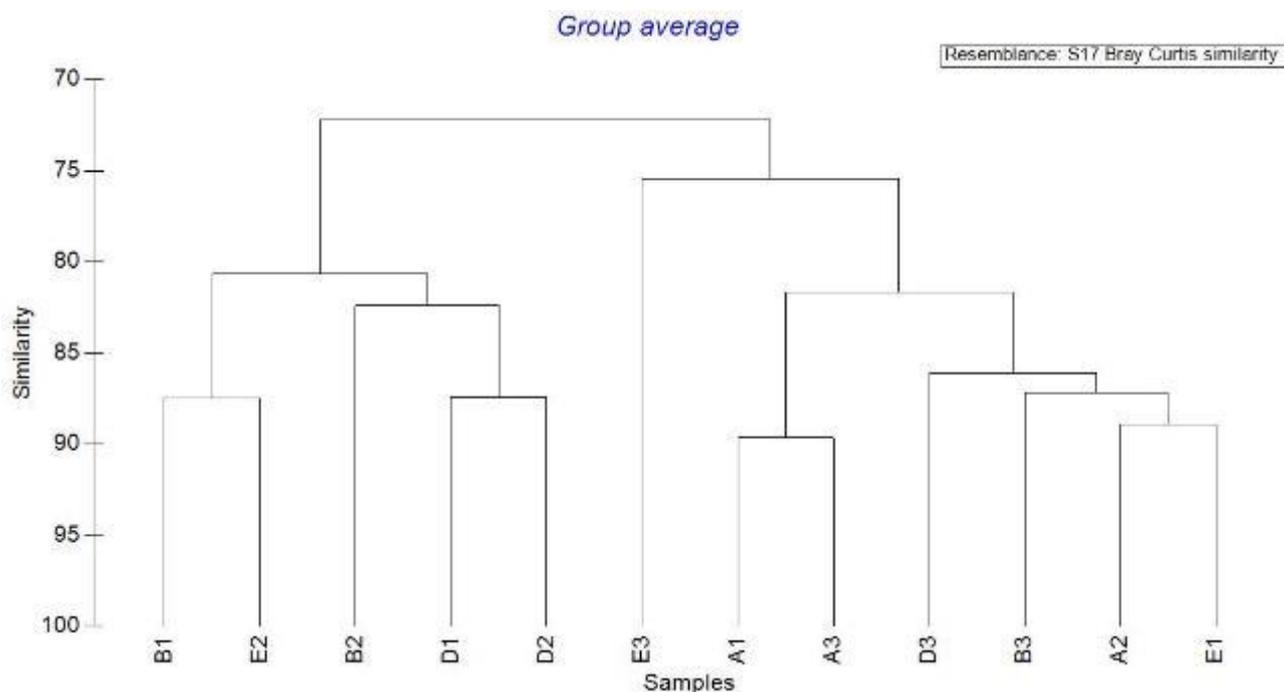


Fig. 5.10. Primavera 2018: cluster-analysis.

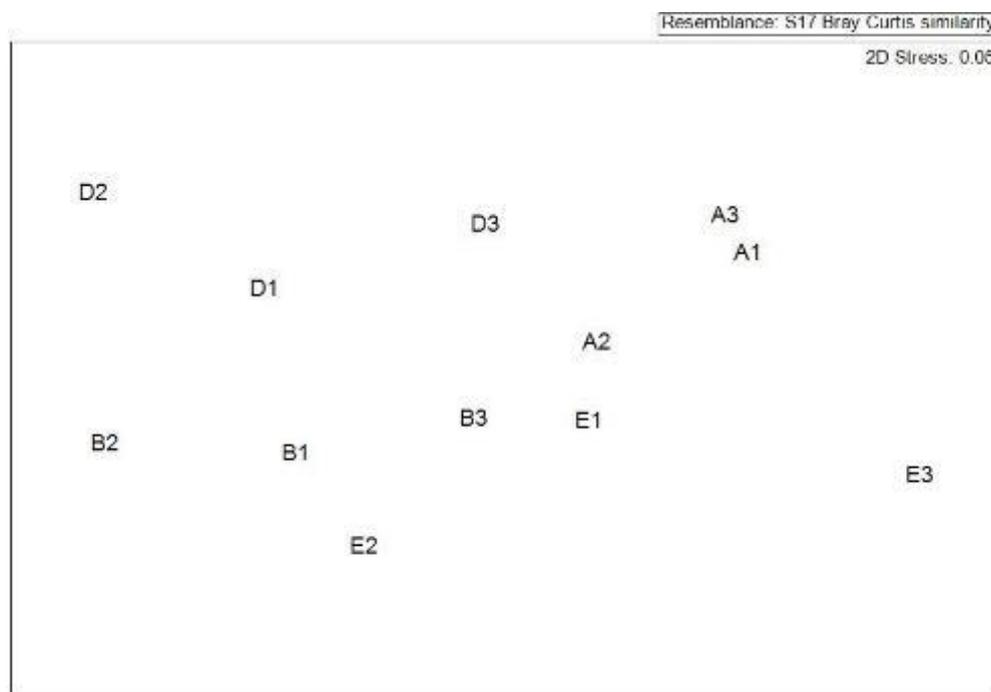


Fig. 5.11. Primavera 2018: nMDS.

L'analisi multivariata mostra come i punti stazione abbiano struttura e composizione molto simile tra loro, essendo le repliche temporali quasi completamente intersperse tra loro.

L'analisi della similarità percentuale (SIMPER Analysis, Appendice III, Primavera) indica come la similarità intra-area sia elevata, andando da un minimo di 77.29% (stazione E) a un massimo di 87.43% (stazione A). I confronti appaiati mostrano una dissimilarità compresa tra il 20.54% (stazioni B vs E) ed il 26.47% (stazioni A vs D). Variazioni nelle abbondanze di forme giovanili di Copepoda determinano tali dissimilarità.

5.3 Estate

Nell'Appendice I viene riportata la lista tassonomica e le abbondanze dello zooplancton campionato nell'Estate 2018. Complessivamente sono stati censiti 33 taxa. I gruppi tassonomici maggiormente rappresentati in termini di abbondanza sono risultati nuovamente le forme giovanili di Copepoda (37.3% dell'abbondanza totale), seguiti dai Cyclopoida (35.8% dell'abbondanza totale), dal gruppo dei Calanoida (12.8% dell'abbondanza totale), dai Cladoceri (4.5% dell'abbondanza totale), e dagli Harpacticoida (2.4% dell'abbondanza totale). Altri gruppi tassonomici rappresentati da forme giovanili sono stati ritrovati con il 6.7% dell'abbondanza totale.

A livello di specie, il taxon maggiormente rappresentato è risultato il Cyclopoida *Oithona nana* (con un valore medio di quasi 2800 ind/m³), seguito dal Calanoida *Paracalanus parvus* (con un valore medio di 730 ind/m³), e dal Cladocero *Penialia avirostris* con un valore medio di quasi 300 ind/m³.

Le figure seguenti riportano i valori degli indici strutturali di comunità a ciascuna stazione nell'Estate 2018.

Il numero medio di taxa (S, Fig. 5.12) risulta massimo in A1 e A3 (23 taxa), immediatamente seguito da B1, D1 ed E1 (22 taxa), mentre il valore minimo si registra in D3 (17 taxa). In nessuna area sono evidenti variazioni notevoli tra giorno e giorno di campionamento.

L'abbondanza media (N, Fig. 5.12) maggiore è stata registrata in B3 (circa 12500 ind/m³). Nelle restanti stazioni le densità zooplanctoniche oscillano tra circa 8900 e circa 5900 ind/m³.

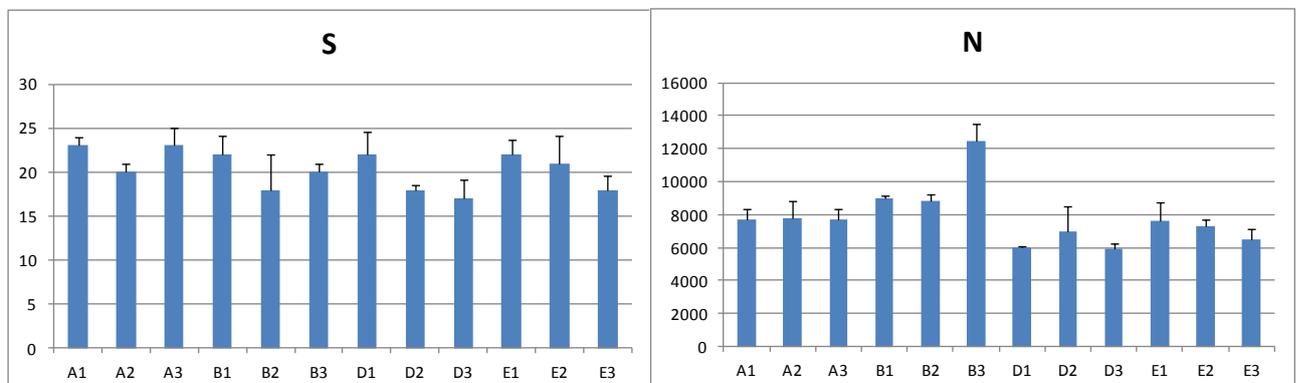


Fig. 5.12. Valori del numero di taxa (S) e dell'abbondanza di individui (N) nelle 12 stazioni

L'indice di ricchezza specifica di Margalef (d , Fig. 5.13) è generalmente elevato e presenta una bassissima variabilità, essendo compreso tra il valore di 2.5 (A1 e A3) e il valore di 1.8 (D3).

La dominanza di Simpson (Fig. 5.13) è pure molto omogenea risultando compresa tra il valore di 0.75 (B1) ed il valore di 0.66 (D3).

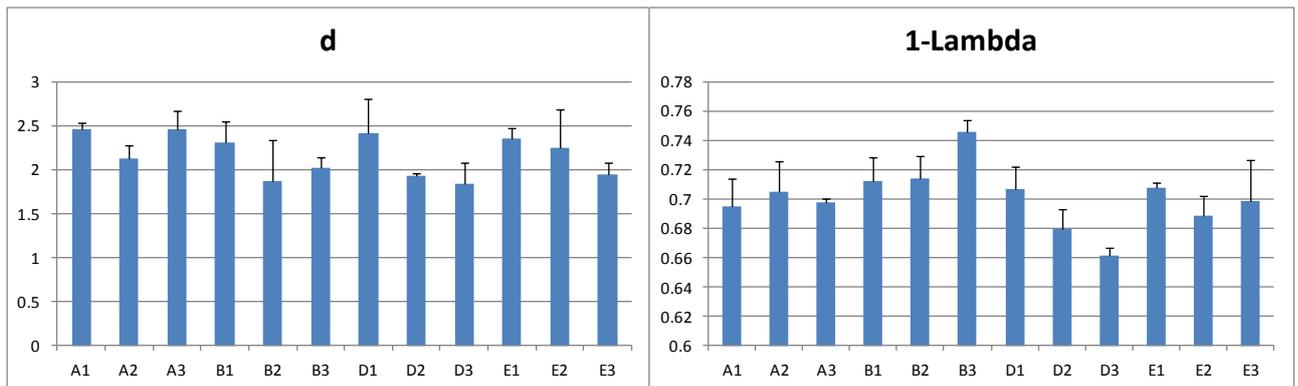


Fig. 5.13. Valori dell'indice di ricchezza specifica di Margalef (d) e dominanza di Simpson ($1-\lambda$) nelle 12 stazioni

L'indice di diversità di Shannon-Wiener (H' , Fig. 5.14) risulta elevato e presenta scarsa variabilità tra le stazioni di aree differenti: si va da un valore minimo di 2 in D3 ad un valore massimo di circa 2.4 in B1.

Anche la evenness di Pielou (J') è omogenea, risultando compresa tra 0.5 (D3 ed E2) e circa 0.6 (B2).

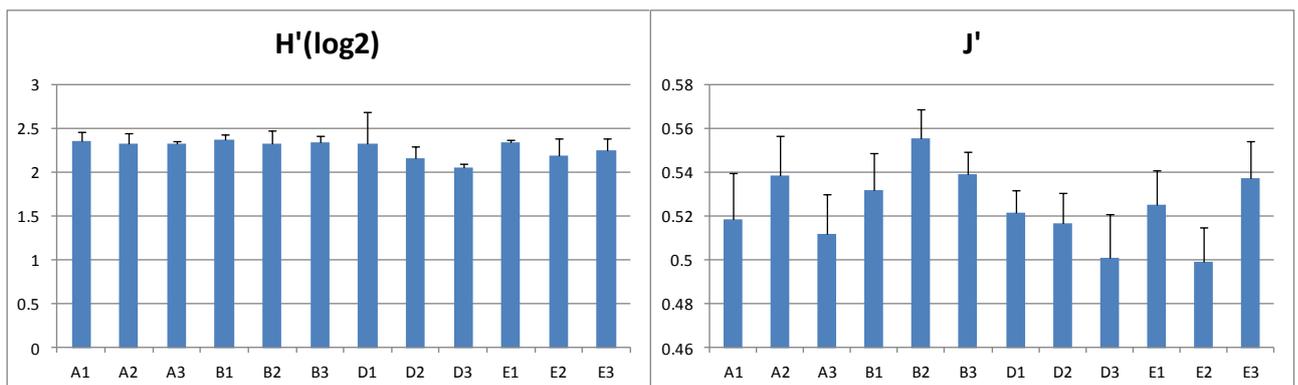


Fig. 5.14 Valori dell'indice di diversità di Shannon-Wiener (H') e di evenness di Pielou (J') nelle 12 stazioni

Nella Appendice II vengono riassunti i valori degli indici strutturali di comunità.

Le Figg. 5.15 e 5.16 mostrano i diagrammi di classificazione mediante cluster-analysis e di ordinamento mediante nMDS per la comunità zooplanctonica nell'Estate 2018.

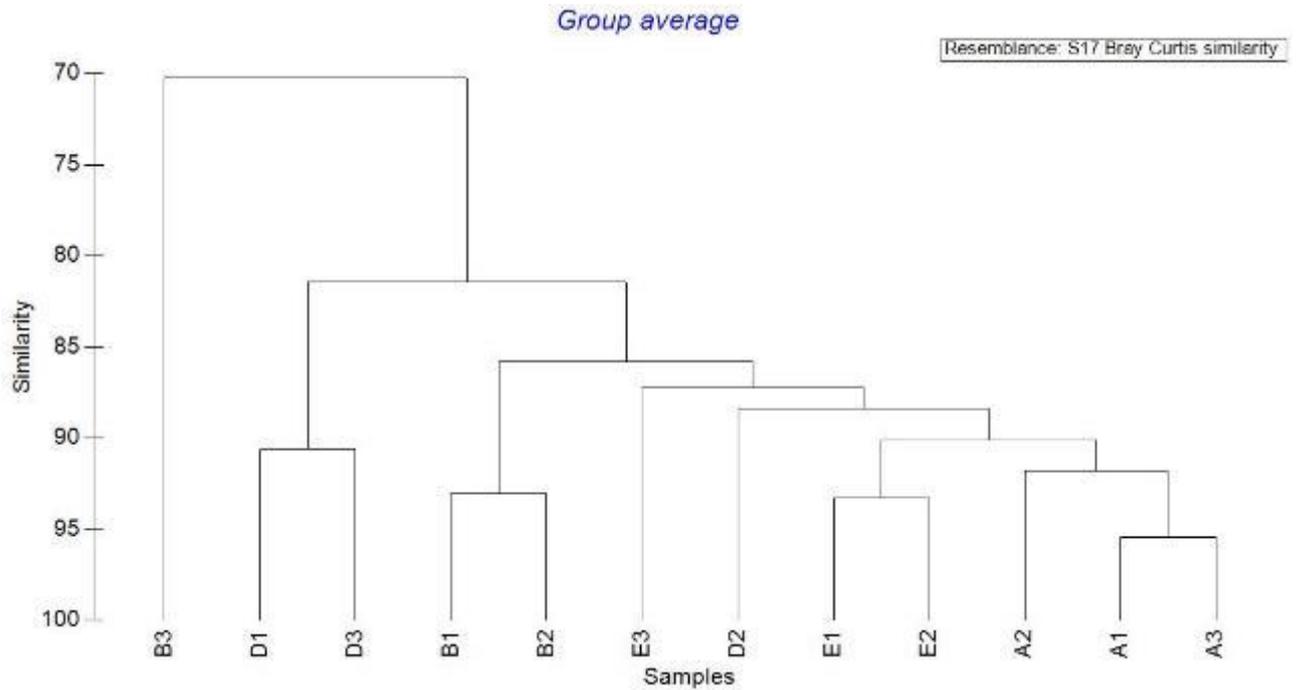


Fig. 5.15. Estate 2018: cluster-analysis.

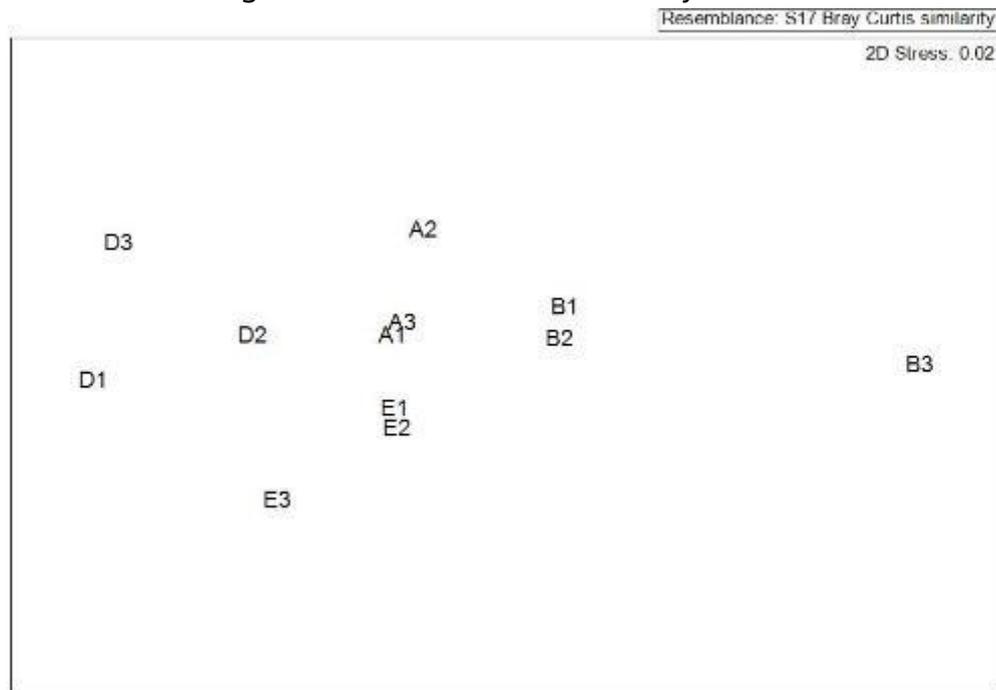


Fig. 5.16. Estate 2018: nMDS.

I vari punti stazione segregano in un unico cluster, e ciò è indicativo di una elevata omogeneità spazio-temporale della comunità zooplanctonica, con la sola stazione B3 che segrega a parte per le maggiori abbondanze riscontrate.

L'analisi della similarità percentuale (SIMPER Analysis, Appendice III, Estate) indica l'area A come quella in cui la comunità zooplanctonica è maggiormente omogenea nei tre giorni di monitoraggio, con un valore di similarità intra-area pari a 93.02%. Le altre aree

oscillano tra 83.21% (B) e 91.17% (E). Larve di Copepodi e *Oithona nana* sono gli elementi dominanti. I confronti appaiati mostrano le maggiori differenze tra le stazioni B e D (27.68%). Variazioni nelle abbondanze di alcune specie di Calanoidi sono responsabili di tale differenza.

5.4 Autunno

Nell'Appendice I viene riportata la lista tassonomica e le abbondanze dello zooplancton campionato nell'Autunno 2018.

Sono stati censiti complessivamente 43 taxa. I gruppi tassonomici maggiormente rappresentati in termini di abbondanza sono risultati le onnipresenti forme giovanili di Copepoda (52.1% dell'abbondanza totale), seguiti dai Cyclopoida (17.3% dell'abbondanza totale), dai Calanoida (10.7% dell'abbondanza totale), dagli Harpacticoida (8.8% dell'abbondanza totale).

A livello di specie, i taxa maggiormente rappresentati sono risultati il Cyclopoida *Oithona nana* (con un valore medio di circa 1500 ind m⁻³), l'Arpacticoida *Euterpina acutifrons* (con un valore medio di circa 770 ind m⁻³), e il Calanoide *Paracalanus parvus* (con un valore medio di 680 ind m⁻³).

Le figure seguenti riportano i valori degli indici strutturali di comunità a ciascuna stazione nell'Autunno 2018.

Il numero medio di taxa (S, Fig. 5.17) risulta massimo in B1 (33 taxa), mentre il valore minimo si registra in A1 (21 taxa).

L'abbondanza media (N, Fig. 5.17) maggiore è stata registrata nelle stazioni B e D con oltre 10000 ind m⁻³. Nelle restanti stazioni le densità zooplanctoniche si attestano attorno a 7000 ind m⁻³.

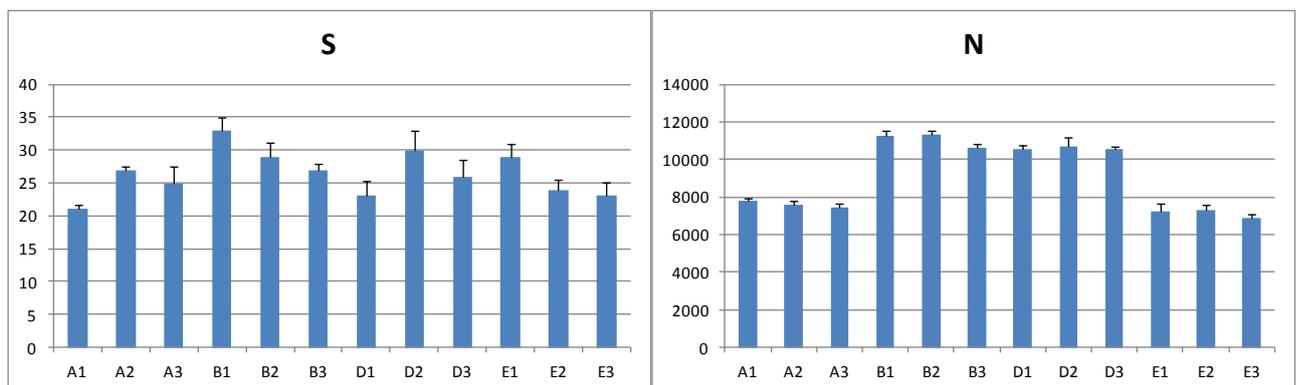


Fig. 5.17. Valori del numero di taxa (S) e dell'abbondanza di individui (N) nelle 12 stazioni

L'indice di ricchezza specifica di Margalef (d, Fig. 5.18) non presenta una grossa variabilità, essendo compreso tra il valore di 2.2 (A1) ed il valore di 3.1 (D2 ed E1).

La dominanza di Simpson (Fig. 5.18) oscilla tra il valore di 0.63 (D1 ed E2) ed il valore di 0.75 (A2 e A3).

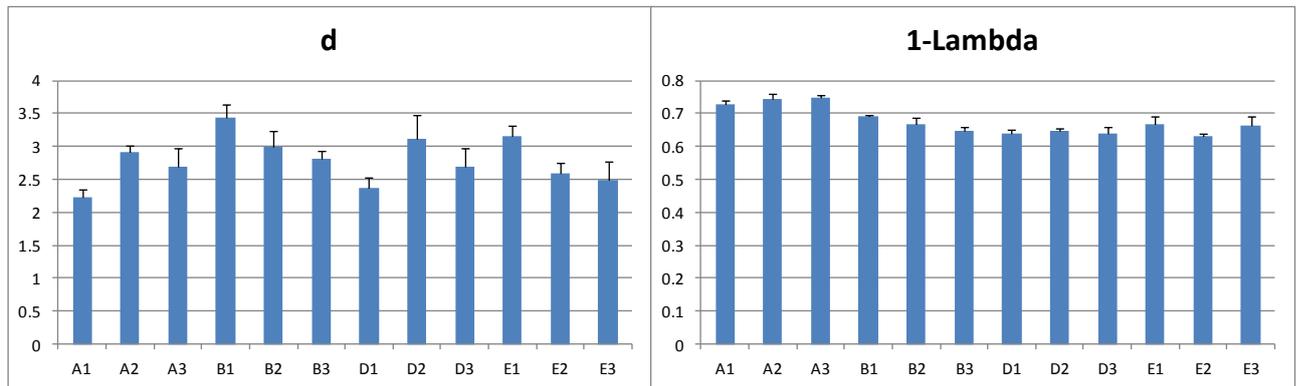


Fig. 5.18. Valori dell'indice di ricchezza specifica di Margalef (d) e dominanza di Simpson (1-lambda) nelle 12 stazioni

L'indice di diversità di Shannon-Wiener (H' , Fig. 5.19) non presenta variabilità tra le stazioni di aree differenti: si va da un valore minimo di 2.2 in D1 ad un valore massimo di 2.7 in A2 e A3.

L'indice di evenness di Pielou (J') si mostra abbastanza omogeneo, con valori minimi nelle stazioni D (0.49) e massimi nelle stazioni A (0.56-0.57).

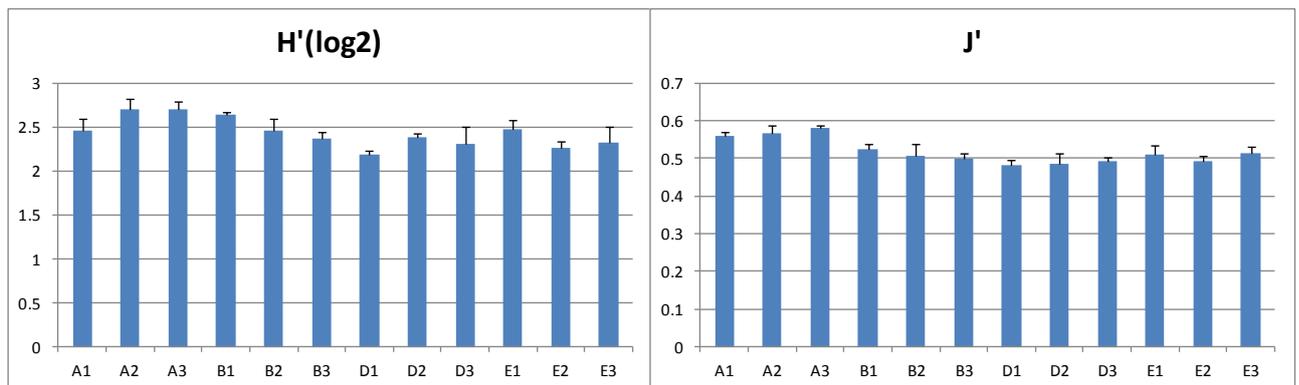


Fig. 5.19 Valori dell'indice di diversità di Shannon-Wiener (H') e di evenness di Pielou (J') nelle 12 stazioni

Nella Appendice II vengono riassunti i valori degli indici strutturali di comunità.

Le Figg. 5.20 e 5.21 mostrano i diagrammi di classificazione mediante cluster-analysis e di ordinamento mediante nMDS per la comunità zooplanctonica nell'Autunno 2018.

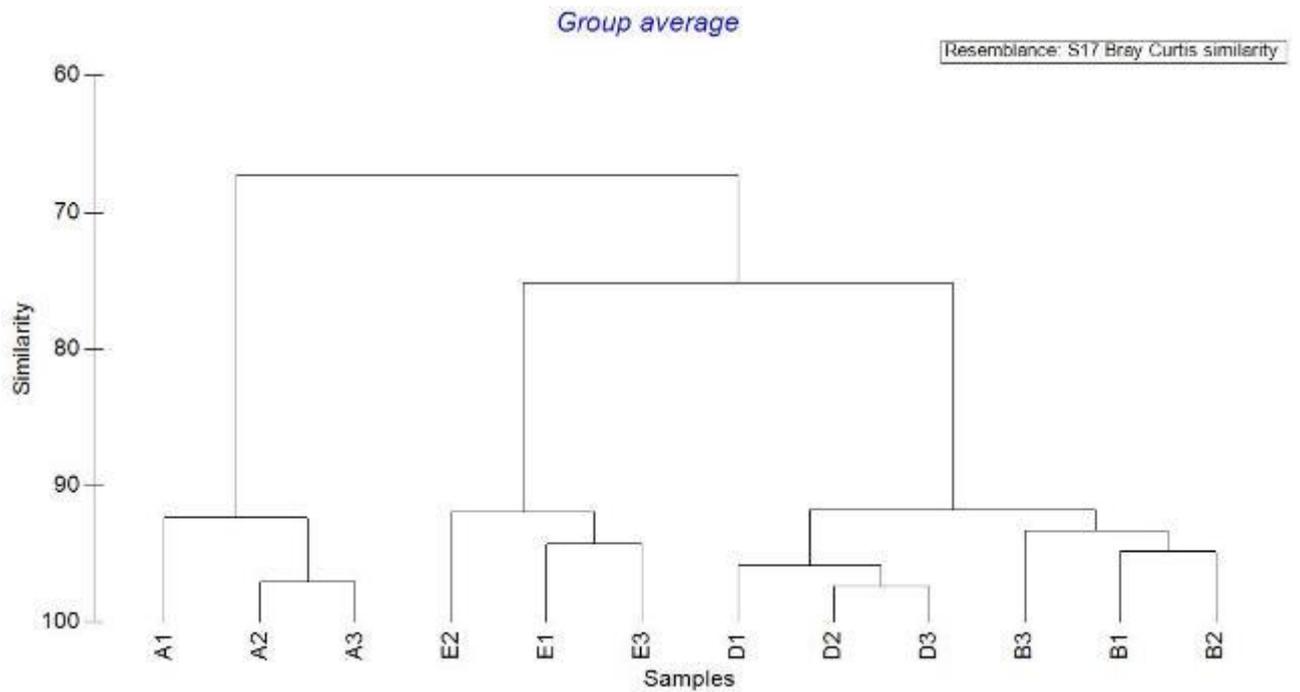


Fig. 5.20. Autunno 2018: cluster-analysis.



Fig. 5.21. Autunno 2018: nMDS.

L'analisi multivariata mostra due cluster principali che comunque segregano ad una elevata similarità (circa 65%). Una nuvola comprende i punti relativi alla stazione A e l'altra tutti i punti stazione relativi a B, D ed E.

L'analisi della similarità percentuale (SIMPER Analysis, Appendice III, Autunno) mostra come in tutte le aree vi sia una estrema costanza nei tre giorni di campionamento, essendo i valori di similarità ovunque superiori al 90%. I confronti appaiati mostrano differenze di composizione tra la comunità di P.S. Agostino e TVN (34.02% %).

5.5 Valutazioni complessive

Visto il ruolo ecologico fondamentale che lo zooplancton gioca negli ecosistemi marini, numerosi studi sono indirizzati a stabilire se esso possa essere utilizzato nella valutazione dello stato di qualità ambientale e considerato come indicatore dei cambiamenti dell'ecosistema. L'impiego dello zooplancton come elemento di qualità biologica ai fini della caratterizzazione dello stato ambientale è argomento dibattuto da molto tempo; ad oggi non sono ancora disponibili dati sufficienti per poter definire la modalità o lo strumento da utilizzare affinché il segnale fornito da questa componente fondamentale dell'ecosistema possa essere registrato coerentemente in termini di qualità ambientale. Lo zooplancton, tuttavia, ancora di più di altri elementi già oggetto di indagine, dovrebbe essere regolarmente e adeguatamente monitorato, sia per il suo ruolo funzionale nel sistema ecologico di per sé, sia per il tipo di risposta che offre alle diverse situazioni ambientali. Il monitoraggio di lungo periodo consente infatti di individuare ciclicità naturali ed eventuali anomalie nelle dinamiche dei popolamenti, legate a impatto antropico, altrimenti difficili da rilevare, proprio per la differente stagionalità mostrata dalle varie specie.

Il mesozooplancton oggetto di questo studio risulta composto quantitativamente in larga parte da Copepoda (adulti e forme larvali), Cirripeda (forme larvali), e Cladocera. La predominanza del gruppo dei Copepoda concorda con quanto osservato da Di Capua & Mazzocchi (2009) e Cataletto et al. (2014). I taxa osservati presentano tutti un'ampia distribuzione geografica e sono caratterizzati da una marcata variabilità stagionale della loro abbondanza. I Copepoda rappresentano la comunità più abbondante dello zooplancton sia dell'ambiente di costa sia oceanico, costituendo generalmente più del 20% del mesozooplancton totale, ma raggiungendo anche densità superiori al 40% durante i blooms primaverili e autunnali (Daly Yahia et al., 2004). Per questa loro importante presenza, la variabilità dell'abbondanza nel tempo e nello spazio è di fondamentale importanza nelle dinamiche che caratterizzano le catene alimentari marine. I Copepoda, infatti, ricoprono una posizione chiave nella catena trofica marina essendo considerati i maggiori produttori secondari degli oceani.

I generi di Copepoda più comunemente riscontrati sono stati *Oithona* (Cyclopoida), con specie di acque aperte, neritiche ma anche salmastre a spiccata stagionalità (Mazzocchi & Ribera d'Alcalà, 1995); *Clausocalanus*, *Paracalanus*, e *Acartia* (Calanoida), che includono sia specie neritiche che eurialine, molto comuni nel Mediterraneo; *Euterpina* (Harpacticoida), specie epipelagica, neritica, presente in acque costiere, aperte e salmastre e comune tutto l'anno. I Cyclopoida sono rappresentati dal genere *Oithona* in tutte le aree: la specie maggiormente rinvenuta è risultata essere *Oithona nana*, una specie ben adattata alla vicinanza a costa e, di conseguenza, agli apporti di inquinanti antropici (Paffenhöfer, 1993). Il genere *Oithona* ha una distribuzione spaziale molto ampia ed è in

grado di adattarsi in molti ambienti marini, dagli estuari al mare aperto, dall'Artico e Antartico al Mediterraneo (Mazzocchi e Ribera d'Alcalà, 1995) e alle acque tropicali e subtropicali. Questa ampia distribuzione spaziale è in parte dovuta al fatto che alcune specie hanno una buona capacità di adattamento a condizioni eurialine, euriterme, oltre ad avere bassi tassi metabolici e di respirazione (Paffenhöfer, 1993).

Altro genere ben rappresentato è *Acartia*, che è risultato diversificato in termini di abbondanza nelle quattro aree. Questo genere è riportato fra i dominanti, soprattutto in ambiente d'altura. *Acartia* è risultata presente in primavera e autunno in tutte le quattro aree. E' una specie adattata 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. *Acartia* è adattata ad ambienti ad alta trofia, quando le condizioni diventano sfavorevoli possono produrre delle uova durature che si depositano sul fondo per schiudersi al momento opportuno, costituiscono così una elevata frazione della componente zooplanctonica in ambienti costieri ed estuarini (Paffenhöfer, 1993). *Paracalanus* è risultato molto rappresentato numericamente in tutte le stagioni di campionamento, in particolare *P. parvus* e *P. nanus*.

Ben rappresentati anche i Cladocera *Penilia*, *Evadne* e *Podon*, specie eurialine ed euriterme, tipiche di acque costiere, che generalmente presentano massimi stagionali nel periodo estivo e autunnale. Ben rappresentata anche la parte meroplanctonica, costituita da giovanili di Polychaeta, Sipunculida, Decapoda, Mollusca (Lamellibranchia e Gastropoda), Echinodermata e infine Tintinnida e Cnidaria.

La Fig. 5.22 riassume i valori medi di abbondanza zooplanctonica rilevati nelle quattro aree durante la campagna 2018. Non sono evincibili andamenti temporali nè spaziali che possano interpretare tali variazioni nelle abbondanze, se non la stocasticità della distribuzione dello zooplancton nella colonna d'acqua e la casualità del campionamento.

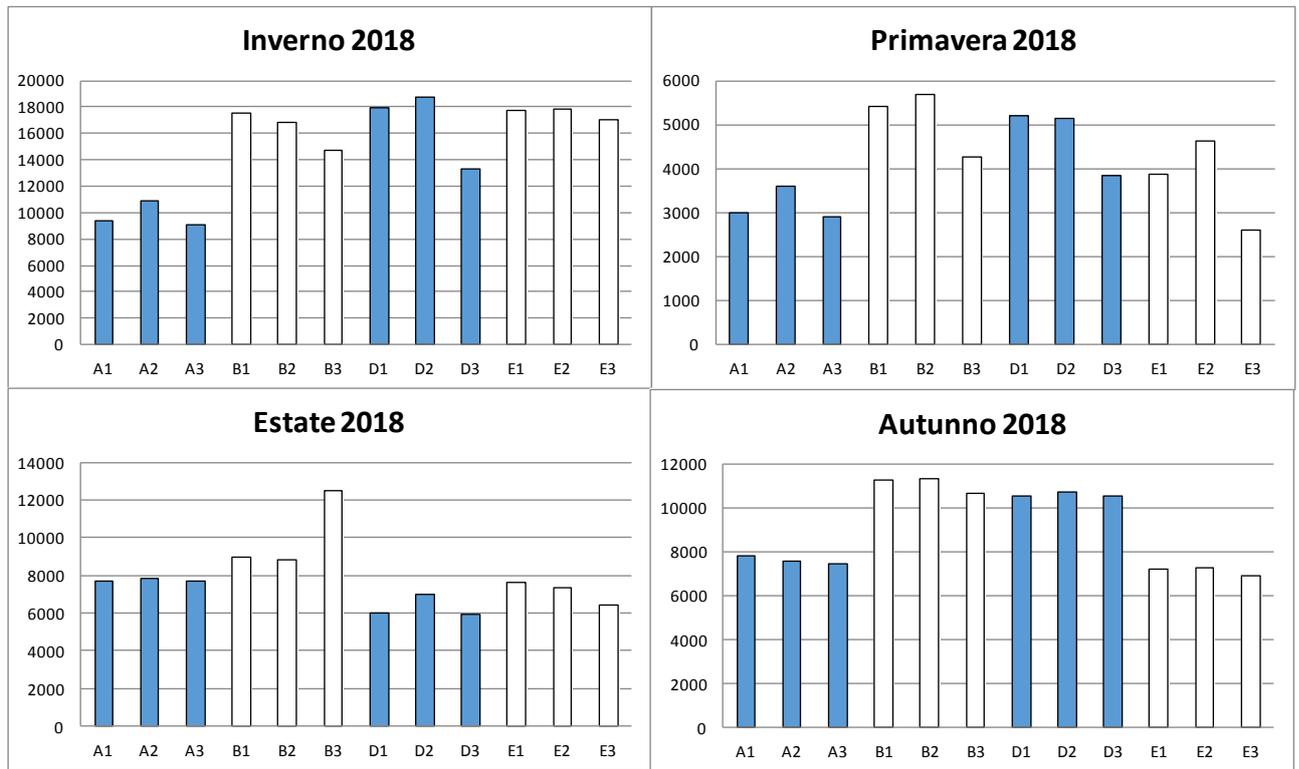


Fig. 5.22. Abbondanza media dello zooplancton

Tutti gli indici strutturali presentano una bassa variabilità tra stazioni, a testimonianza di una comunità zooplanctonica abbastanza omogenea nel tratto di mare in questione. Le stazioni di campionamento presentano valori di diversità e di *evenness* relativamente elevati, dando indicazione di una buona strutturazione della comunità. Malgrado ciò, è evidente la predominanza di uno o pochi taxa, come suggerito dall'indice di equitabilità e da quello di dominanza, che in tutte le stazioni si discostano dal loro valore massimo di 1. Tale risultato è dovuto spesso alla predominanza numerica di forme giovanili di Copepoda.

E' stata inoltre eseguita l'analisi multivariata (Cluster e nMDS) sul data set 2018 complessivo. Questa analisi consente di riassumere se e quanto la comunità zooplanctonica dell'area prospiciente la Centrale si discosti, per struttura e composizione, dalla comunità degli altri siti indagati.

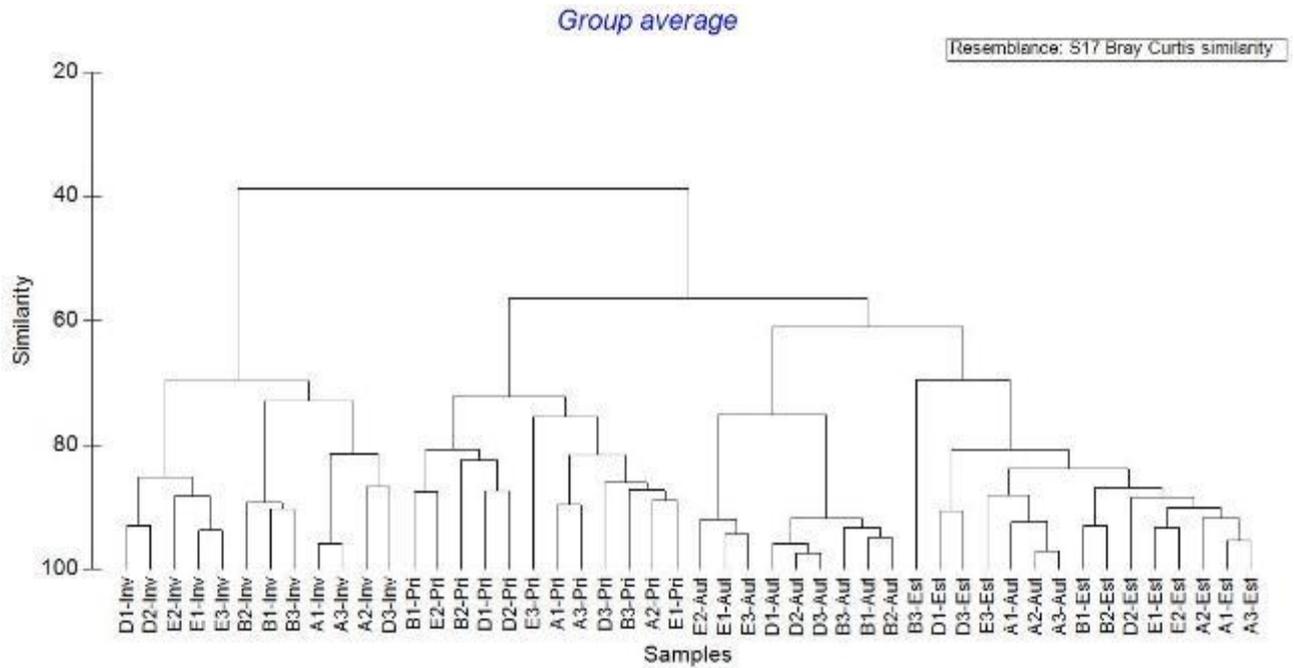


Fig. 5.23 Classificazione mediante cluster-analysis

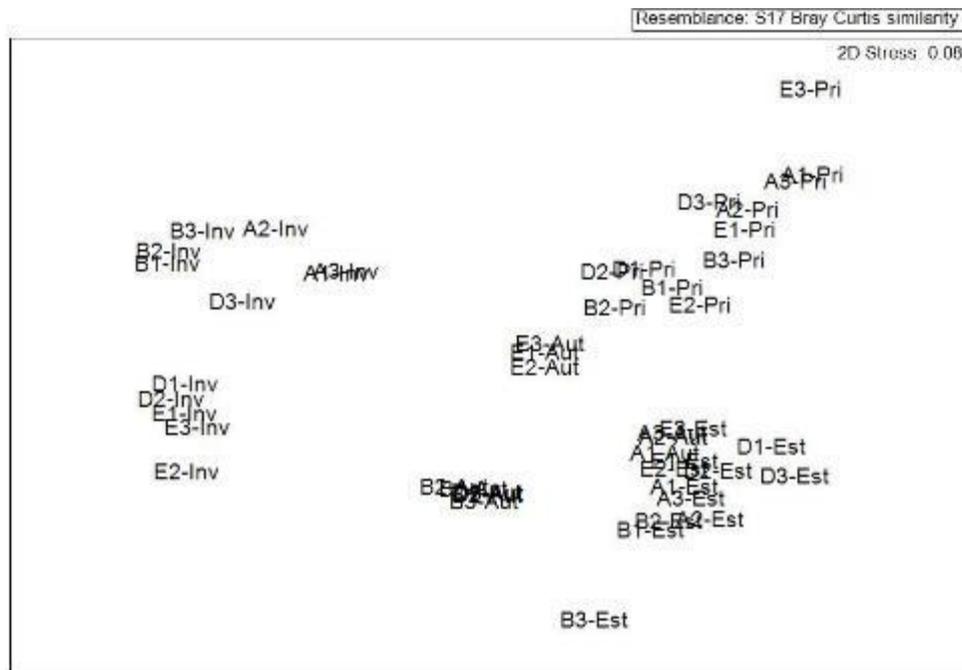


Fig. 5.24 Ordinamento mediante nMDS

La classificazione mediante cluster-analysis (Fig. 5.23) e l'ordinamento mediante nMDS (Fig. 5.24), eseguiti sulla matrice di abbondanza aggregata a livello annuale, mostrano come i punti stazione segreghino in cluster/nuvole principali riferibili alla stagionalità: da una parte i punti relativi all'inverno, un grande cluster centrale relativo alle "mezze stagioni" (primavera-autunno), un cluster relativo al periodo estivo. All'interno di questi cluster stagionali, la stazione B (TVN) non segrega in maniera indipendente.

L'analisi delle similarità percentuali (SIMPER analysis, Appendice IV) eseguita sulla matrice annuale delle abbondanze evidenzia come la similarità intra area assuma valori simili per tutte le quattro aree indagate ma indicativi di variazioni stagionali abbastanza cospicue. I valori di similarità sono: stazione A 59.11%; stazione B 54.48%; stazione D 55.26%; stazione E 55.80%. La dissimilarità spaziale tra le varie aree risulta relativamente bassa e costante, con valori compresi tra 43.62% (D vs E), e 45.25 (A vs B). Questo dato ulteriormente conferma la similarità della composizione e struttura della comunità zooplanctonica nell'area TVN rispetto alle altre aree. L'Appendice IV riassume i valori di dissimilarità (Avg diss) nei confronti appaiati tra aree, assieme al contributo percentuale (Contrib%) e cumulativo (Cum%) dei taxa che causano tale dissimilarità.

Le seguenti Figg. 5.25-5.28 riassumono su base stagionale la composizione e struttura della comunità zooplanctonica alle quattro aree. In conclusione, la comunità zooplanctonica in prossimità dello scarico a mare della Centrale di Torrevaldaliga Nord non mostra differenze strutturali riconducibili all'eventuale disturbo provocato dallo scarico della Centrale. Le comunità zooplanctoniche in quel tratto di Mare Tirreno sono simili e presentano variazioni di tipo stagionale; si distingue infatti chiaramente una stagionalità nella composizione delle comunità.

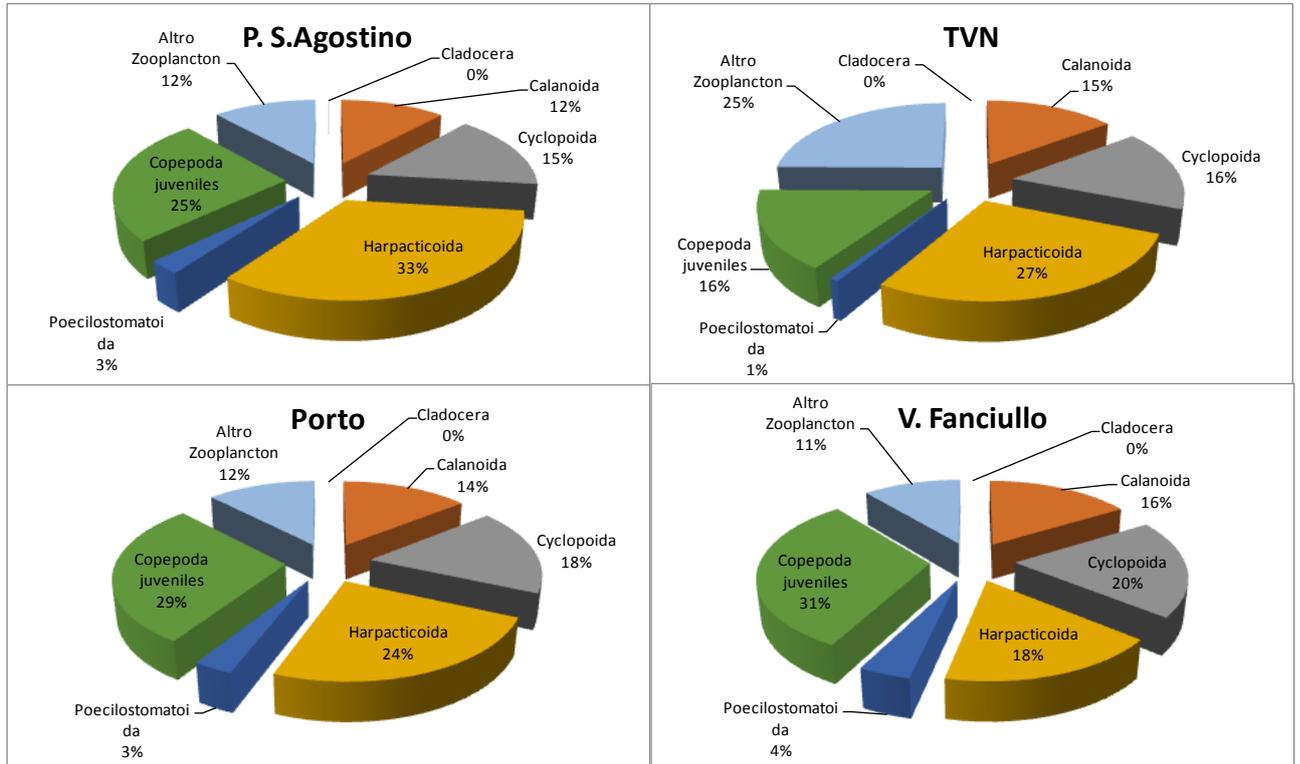


Fig. 5.25. Inverno 2018

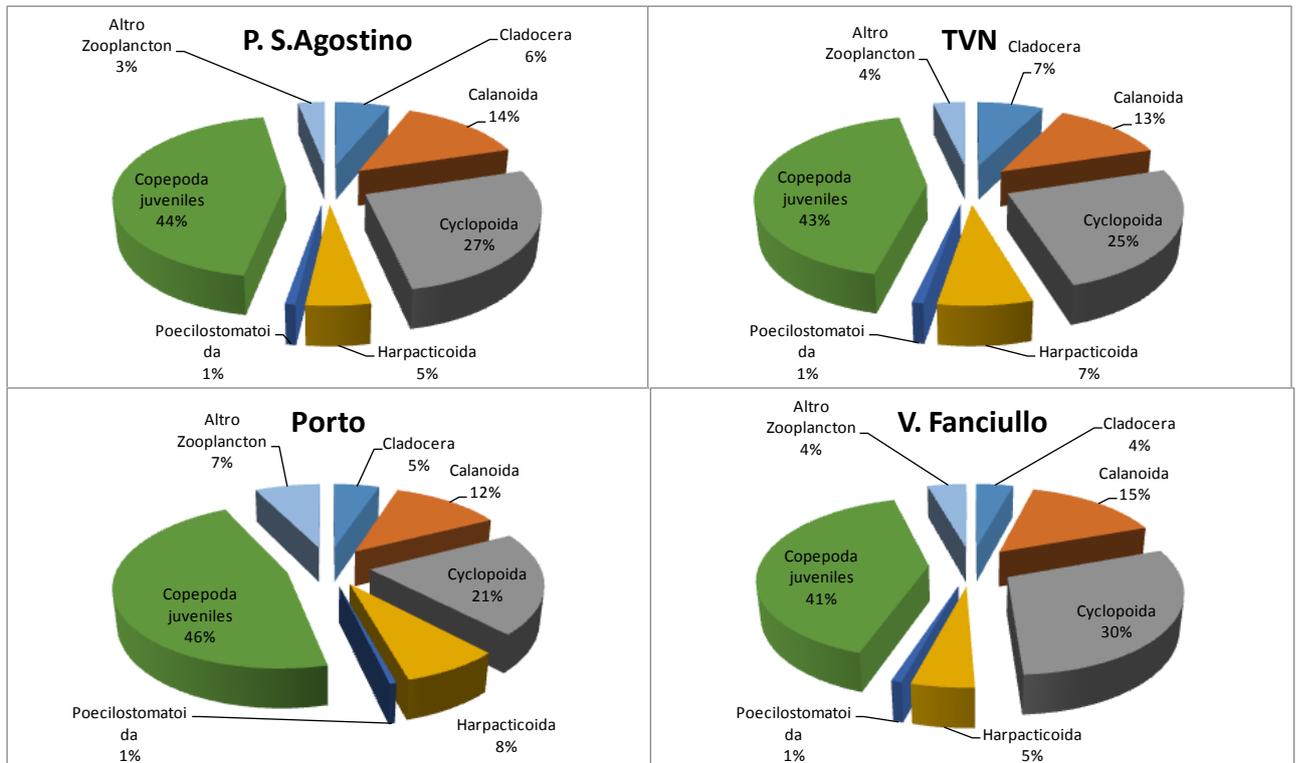


Fig. 5.26. Primavera 2018

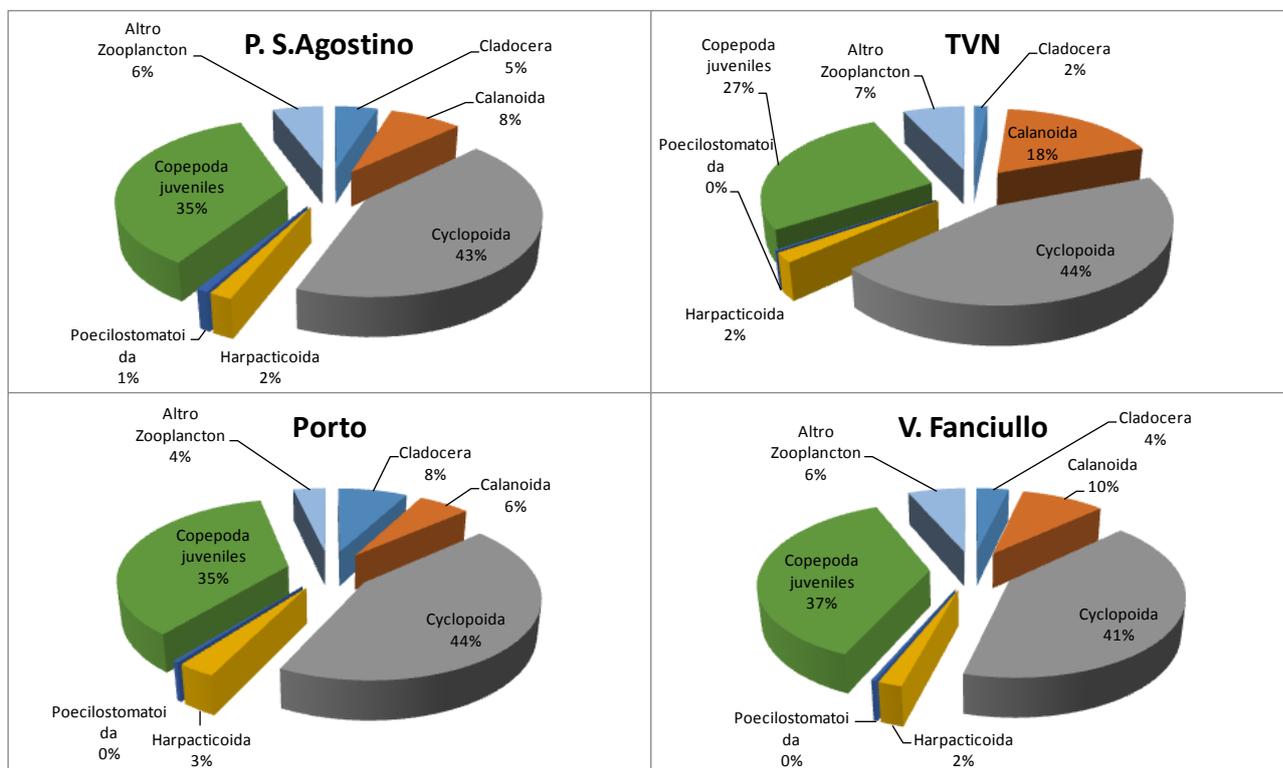


Fig. 5.27. Estate 2018

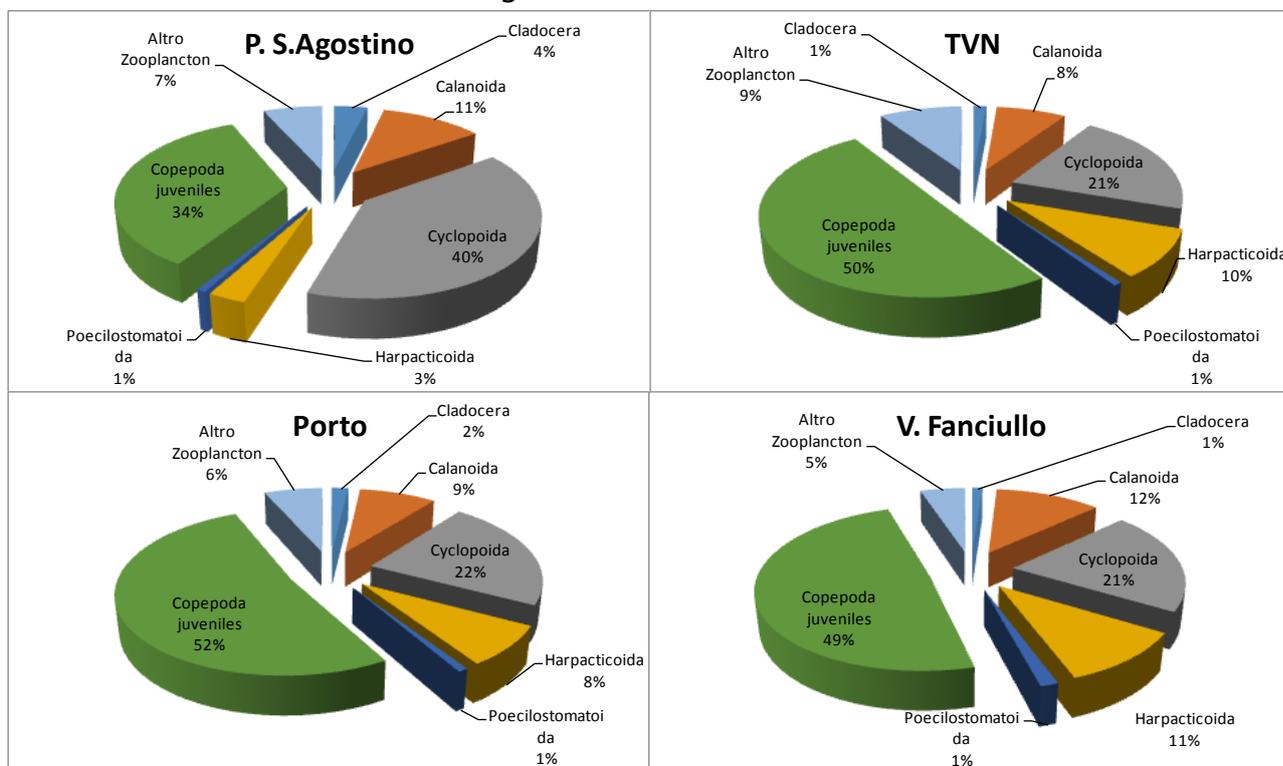


Fig. 5.28. Autunno 2018

6 CARATTERIZZAZIONE DEL MACROBENTHOS

Di seguito vengono riportati i risultati relativi alle indagini effettuate sulla componente macrobentonica, eseguite nei punti di campionamento riportati in figura 5.

Nel tratto di mare studiato sono state individuate nove stazioni di campionamento a tre profondità (-4, -8 e -16 m) lungo tre transetti collocati nelle aree di seguito descritte:

- area A, in corrispondenza di Punta S. Agostino
- area B, in corrispondenza dello scarico a mare delle acque di raffreddamento della centrale di Torrevaldaliga Nord
- area E, circa 2000 m a nord-ovest dello scarico della Centrale.

Complessivamente sono stati censiti 27 campioni di macrofauna. I dati raccolti sono stati organizzati in una matrice di specie/abbondanza, dove per ogni replica viene riportata la lista tassonomica e le relative abbondanze (Appendice I, allegata al documento).

In Appendice II sono riportati i valori di abbondanza media di ciascuna specie, e il rispettivo valore ecologico secondo la libreria di M-AMBI, nelle 9 stazioni.

In Appendice III infine sono stati riportati i valori di abbondanza percentuale di ciascuna specie nelle 9 stazioni, al fine di poterne meglio evidenziare l'importanza numerica nella caratterizzazione delle comunità.

6.1 Composizione della comunità

Complessivamente sono stati censiti 27 campioni di macrofauna. I dati raccolti sono stati organizzati in una matrice di specie/abbondanza, dove per ogni replica viene riportata la lista tassonomica e le relative abbondanze (Appendice I). In Appendice II sono riportati i valori di abbondanza media di ciascuna specie, e il rispettivo valore ecologico secondo la libreria di M-AMBI, nelle nove stazioni. In Appendice III infine sono stati riportati i valori di abbondanza percentuale di ciascuna specie nelle nove stazioni, al fine di poterne meglio evidenziare l'importanza numerica nella caratterizzazione delle comunità.

Durante il campionamento dell'estate 2018 sono stati rinvenuti e identificati 35355 individui, corrispondenti a un totale di 404 taxa (classificati a livello di specie ogni qualvolta possibile), appartenenti a 288 generi, 157 famiglie, 50 ordini, 17 classi, 9 phyla.

Il gruppo tassonomico maggiormente rappresentato è quello degli Annelida (50.3% dell'abbondanza totale), seguito dagli Arthropoda (32.4%), e dai Mollusca (11.7% del totale). Tra gli Arthropoda, predominano gli Amphipoda (21.5% dell'abbondanza totale), seguiti da Tanaidacea (6.1%), Isopoda (3.2%) e Decapoda (1.4%), mentre Cumacea (0.1%), Pycnogonida (0.08%), Mysida (0.03%), Hexanauplia (0.02%), Insecta (0.01%) e Lophogastrida (0.01%) costituiscono una componente estremamente ridotta. I Mollusca sono costituiti principalmente da Bivalvia (8.2% dell'abbondanza totale di individui), seguiti da Polyplacophora (2.5%) e Gastropoda (1.1%).

Infine vi sono i seguenti phyla: Echinodermata (2.1%), Nemertea (1.6%), Sipuncula (1%), Cnidaria (0.2%), Platyhelminthes (0.1%) e Chordata (0.1%).

6.1.1 Indici strutturali di comunità

Di seguito sono riportati i grafici relativi ai valori medi degli indici strutturali nelle nove stazioni di campionamento (Fig. 6.1-5). Tra le stazioni si osserva in generale una certa variabilità nel numero di specie e di individui; il numero di individui presenta una marcata variabilità anche tra le repliche delle singole stazioni, in particolare in B8 e in E4.

Il maggior numero di taxa (S , Fig. 6.1) si registra in E16 ($S=119.7+15$ DS), mentre quello minore in E8 ($S=92+10.4$ DS).

Il maggior numero di individui (N , Fig. 6.2) si osserva in E4 ($N=2342.7+925$ DS), quello minore in E8 ($818+325.4$ DS).

L'indice di Pielou (evenness, J' , Fig. 6.3) presenta il valore maggiore in A4 con $J'=0.83$ ($+0.04$ DS), mentre quello meno elevato si osserva in E4 con $J'=0.72$ ($+0.03$ DS).

Il valore di diversità di Shannon-Wiener (H' log_e, Fig. 6.4) più elevato si osserva in A4 con H' log_e =3.86 ($+0,1$ DS); il valore minore di diversità si riscontra invece in E4 con H' log_e =3.38 ($+0.13$ DS).

L'indice di dominanza di Simpson (D , Fig. 6.5) infine varia da $D=0.95$ ($+0.02$ DS) in A4 a $D=0.92$ ($+0.01$ DS) in E16.

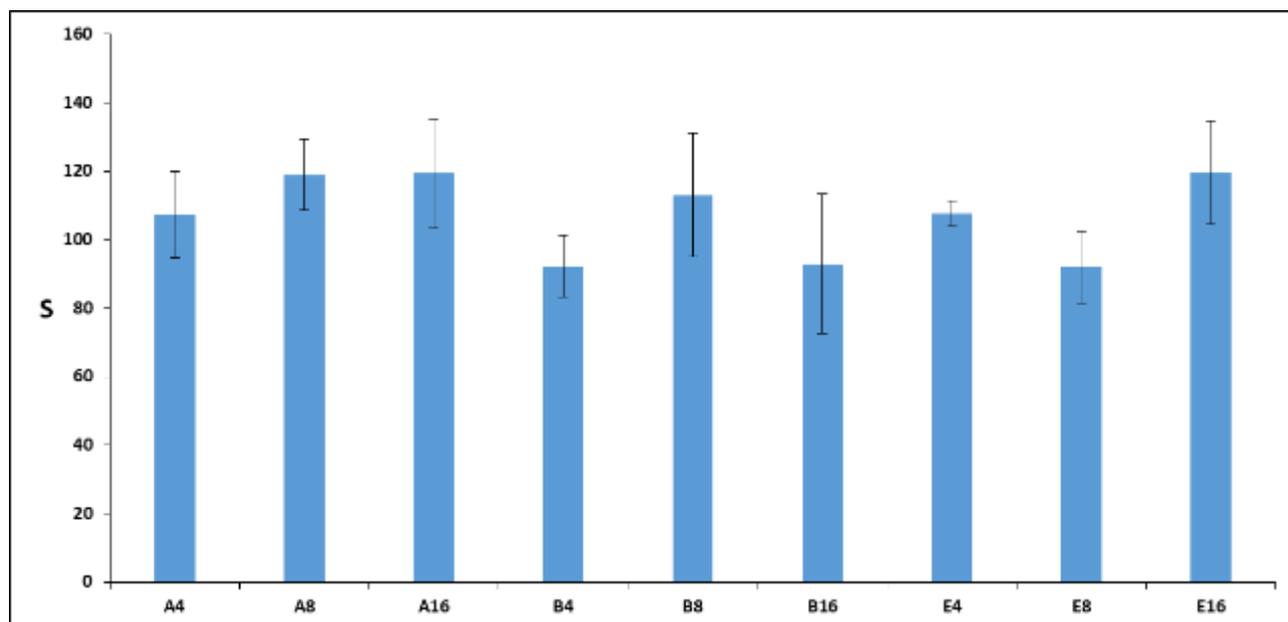


Fig. 6.1 Valori medi del numero di taxa (S) e deviazione standard nelle 9 stazioni.

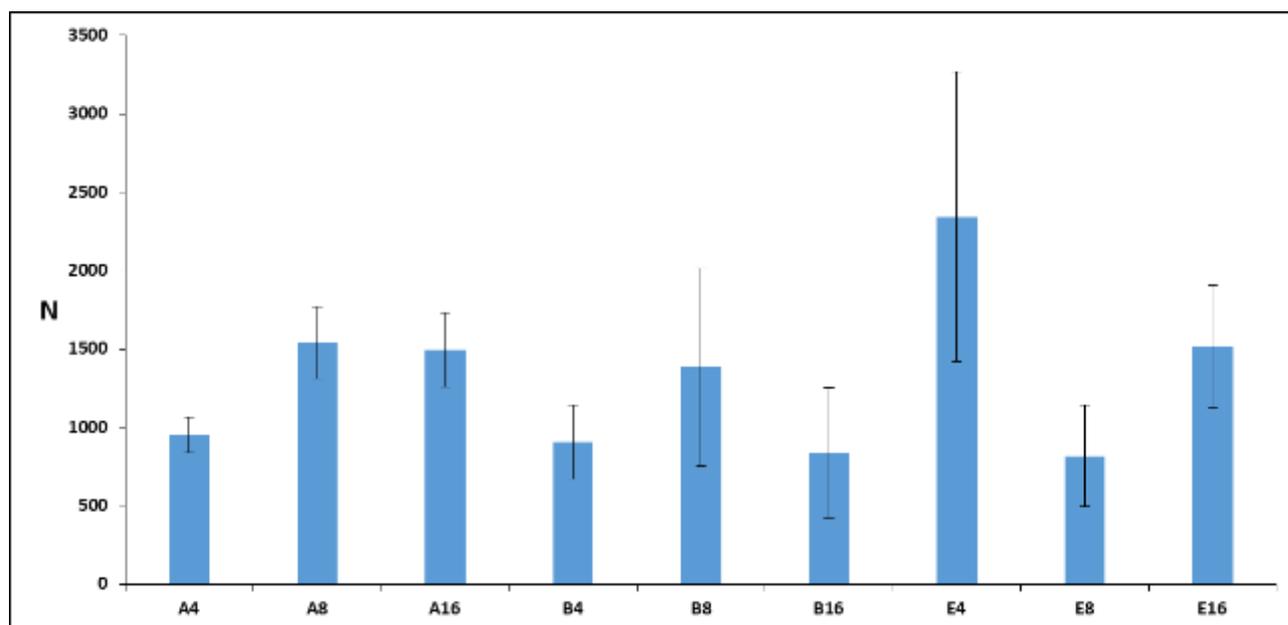


Fig. 6.2. Valori medi dell'abbondanza di individui (N) e deviazione standard nelle 9 stazioni.

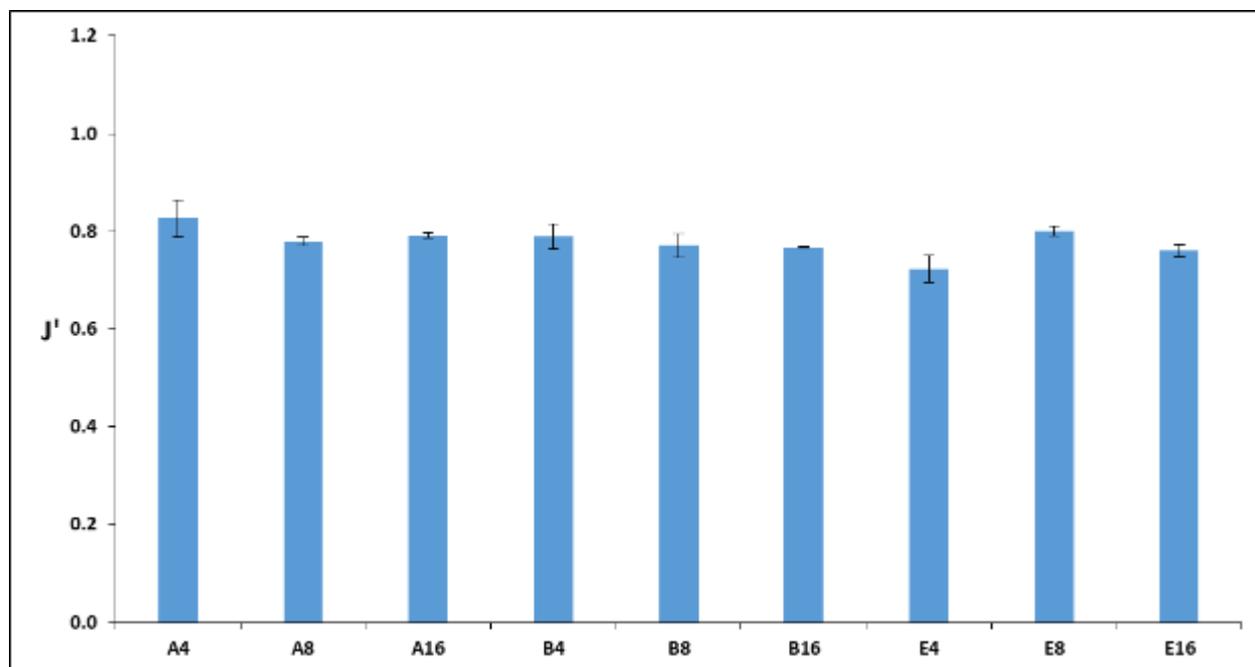


Fig. 6.3. Valori medi dell'indice di Pielou (J') e deviazione standard nelle 9 stazioni.

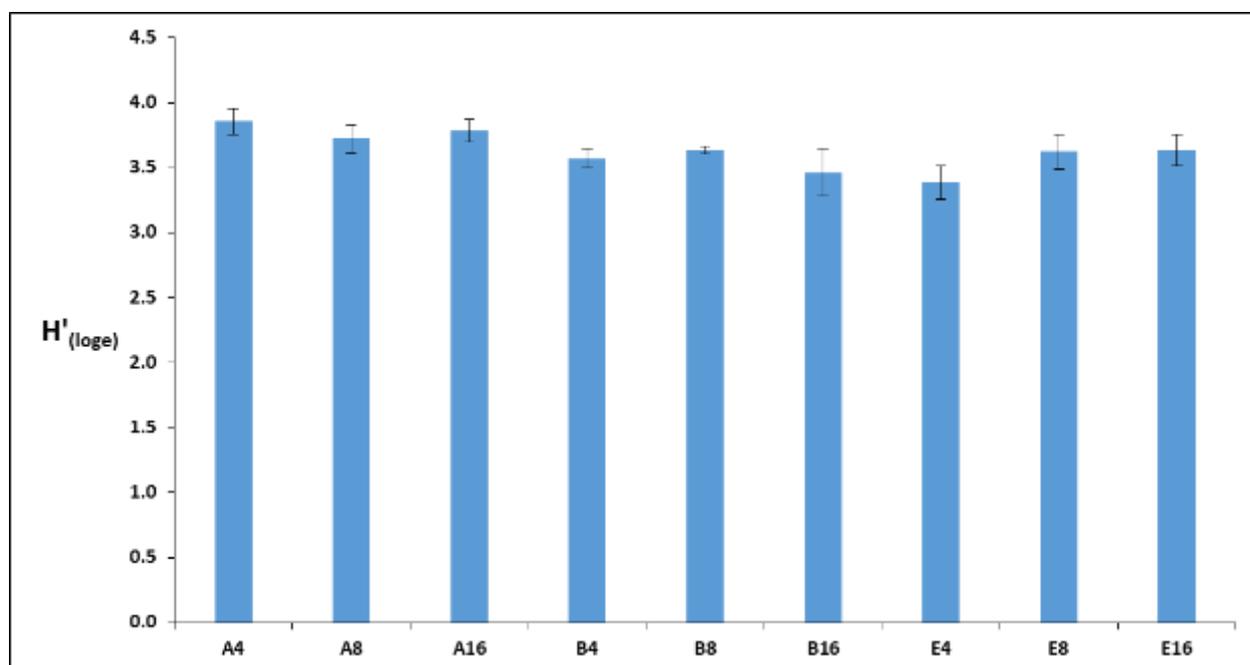


Fig. 6.4. Valori medi dell'indice di diversità di Shannon-Wiener ($H'_{(loge)}$) e deviazione standard nelle 9 stazioni.

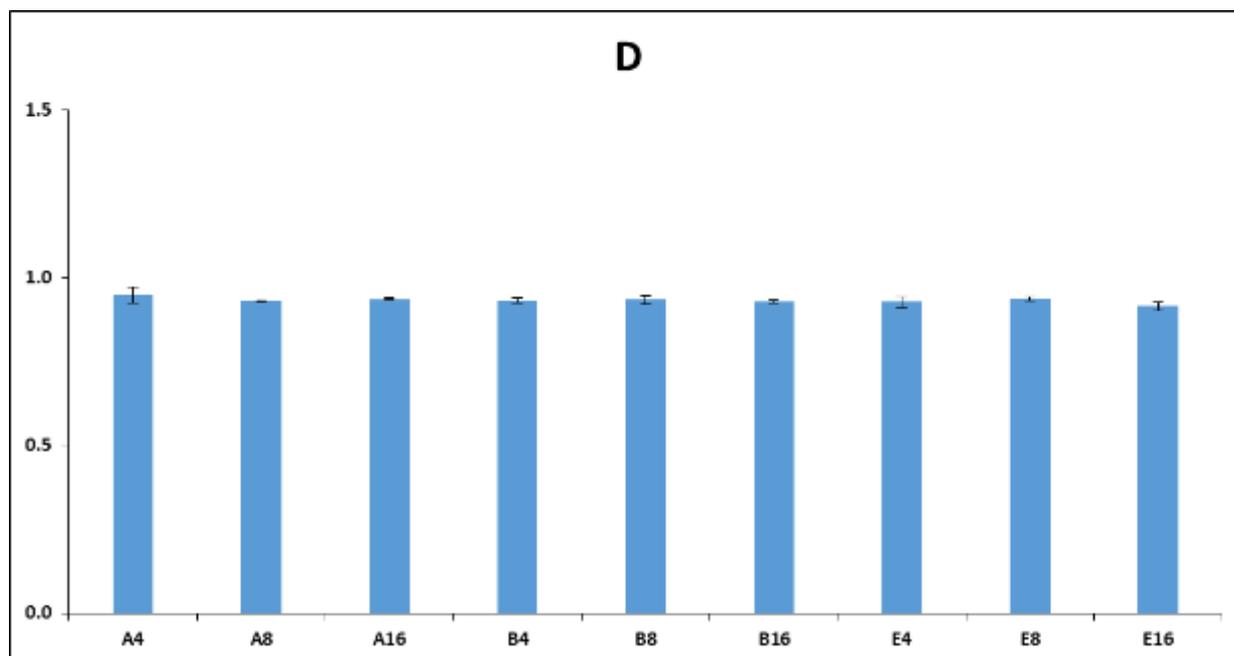


Fig. 6.5. Valori medi dell'indice di dominanza di Simpson (D) e deviazione standard nelle 9 stazioni.

In **Appendice IV** per ciascuna stazione sono riportati i valori degli indici strutturali univariati nelle 3 repliche di ogni stazione, la loro media e deviazione standard (DS). I dati di abbondanza sono relativi all'unità di campionamento.

6.1.2 *Analisi multivariata*

Dall'ordinamento mediante MDS (Fig. 6.6) si osserva che i punti stazione di questo studio segregano in funzione di un gradiente batimetrico, che risulta più o meno marcato in funzione dell'area di campionamento. A destra in basso del plot si trovano le stazioni localizzate alle batimetrie dei 4m, al centro le stazioni a 8m, a cui si unisce anche la stazione A16, mentre a sinistra in alto del plot segregano le altre stazioni a 16m: E16 e B16. Tuttavia, la distanza tra i punti stazione localizzati alla medesima batimetria è variabile, e alcune stazioni, in particolare le stazioni A8 e A16, molto vicine tra loro, segregano in funzione dell'area.

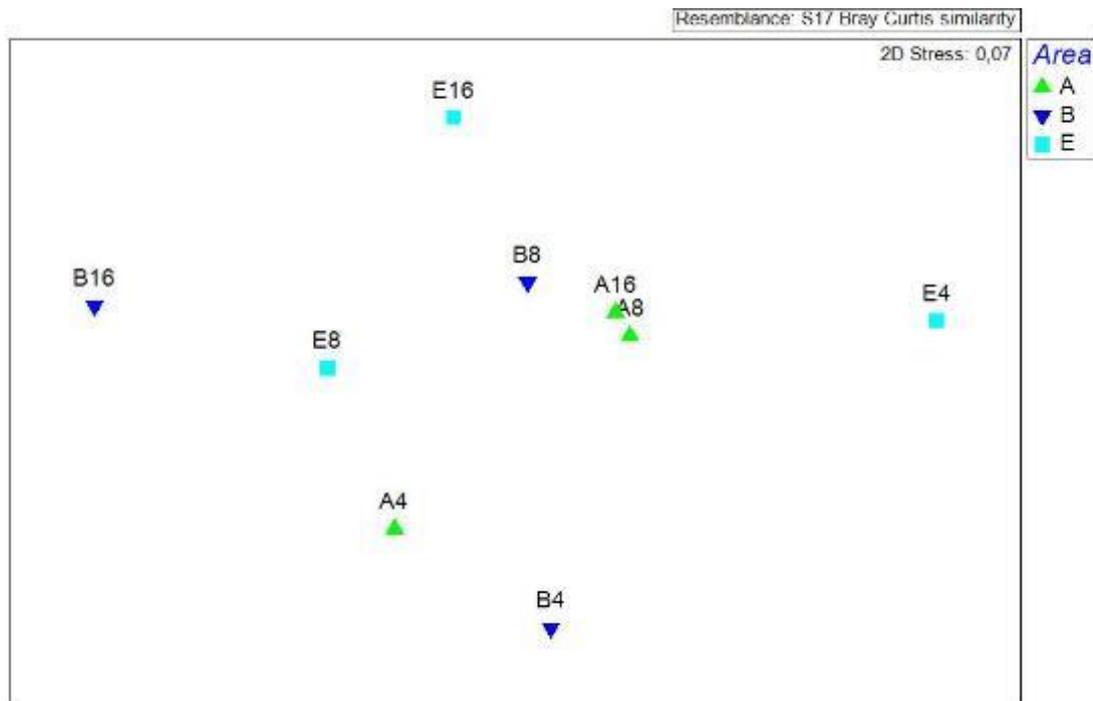


Fig. 6.6. Ordinamento mediante Multi-Dimensional Scaling (MDS) delle repliche delle 9 stazioni. Acronimi: A, B ed E rappresentano le Aree di campionamento, i numeri rappresentano le profondità.

Questo risultato sembra essere confermato dal raggruppamento mediante Cluster Analysis (Fig. 6.7), nel quale appaiono evidenti due raggruppamenti principali, ai quali si aggrega la stazione E4 (al 41.87% di similarità). Il raggruppamento sulla destra del plot è costituito dalle stazioni dell'area A, le stazioni B4, B8 ed E16, aggregate ad una similarità del 51.39%, mentre il secondo sulla sinistra, è costituito dalle stazioni B16 e E8 (aggregate al 59.32% di similarità). Questi due raggruppamenti si aggregano tra loro ad una similarità del 49.98%. Nell'ambito del primo raggruppamento (a destra) si osservano due sottogruppi: uno caratterizzato dalle stazioni A4 e B4 (53.64% di similarità), che si aggregano in funzione della batimetria, e uno con le stazioni A8, A16, B8 ed E16, aggregate al 58.86% di similarità. All'interno di quest'ultimo sottogruppo, si osserva una maggior similarità tra le stazioni A8 e A16 (81.29% di similarità). La dissimilarità tra le diverse aree, varia con la batimetria. Alle batimetrie di 4m e 8m la dissimilarità (**Appendice V**) tra la comunità dell'area A e quella dell'area E (A-E), e tra quella dell'area B e quella dell'area E (B-E), è maggiore di quella osservata tra la comunità dell'area A e quella dell'area B (A-B). A 16 m di profondità si osserva invece che la dissimilarità tra la comunità dell'area A e quella dell'area E (A-E), e tra quella dell'area B e quella dell'area E (B-E), è minore di quella osservata tra la comunità dell'area A e quella dell'area B (A-B).

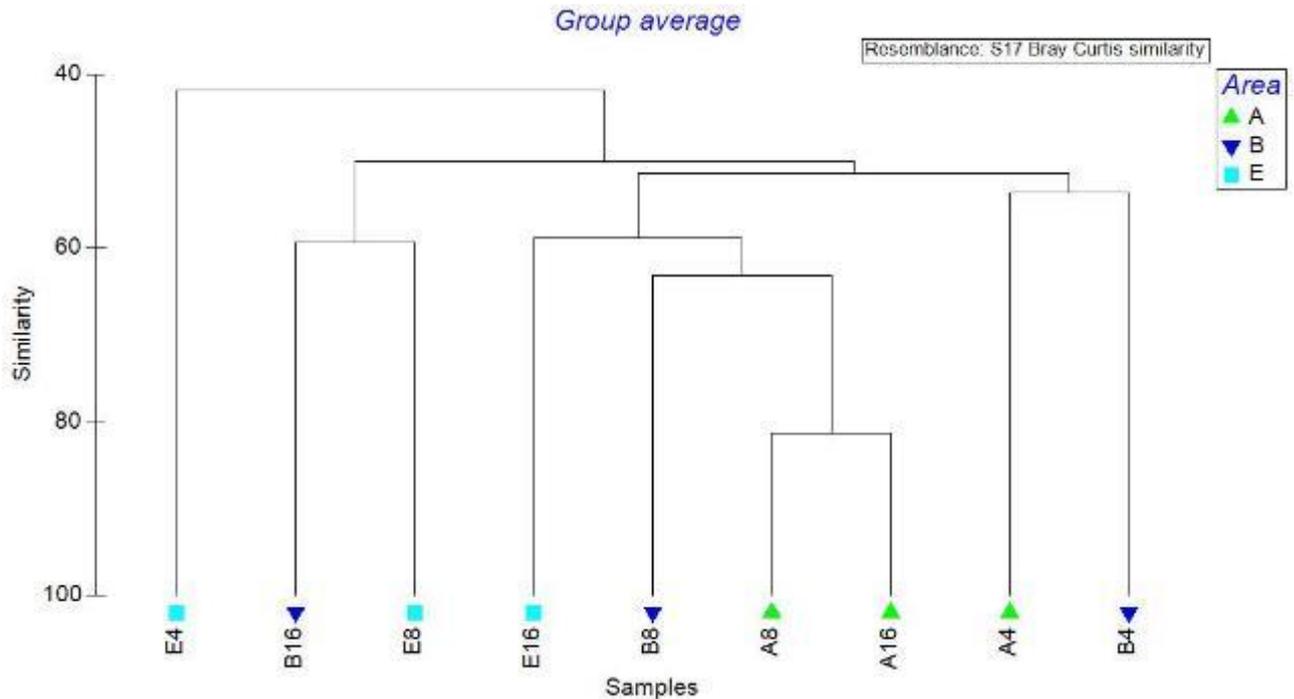


Fig. 6.7. Raggruppamento mediante Cluster Analysis delle 9 stazioni.

In **Appendice V** sono riportati i valori di dissimilarità tra le stazioni, ottenuti mediante l'analisi SIMPER; sono inoltre riportate le specie che contribuiscono a tale dissimilarità tra stazioni; in **Appendice VI** sono invece riportati i valori di similarità (ottenuti mediante analisi SIMPER) all'interno di ciascuna stazione e le specie che caratterizzano ciascuna stazione.

La maggior dissimilarità (**Appendice V**) si osserva tra B16 ed E4 (78.70%), mentre quella minore si osserva tra A8 e A16 (32.28%). Tale dissimilarità tra stazioni è sempre dovuta ad un elevato numero di specie (**Appendice V**), presenti con differenti abbondanze nelle varie stazioni; le specie presenti solo in una o nell'altra stazione hanno un ruolo meno rilevante nel differenziare le stazioni.

Le specie rare, cioè che presentano una percentuale di abbondanza inferiore allo 0.01%, sono 73 (**Appendice I**).

I valori di similarità all'interno di ciascuna stazione (**Appendice VI**) variano dal 68.30% in A8 al 51.26% in B16. In **Appendice VI** sono infine riportate le specie caratterizzanti di ciascuna stazione. In tutte le stazioni, il gruppo tassonomico maggiormente caratterizzante è rappresentato dai policheti della famiglia Syllidae, il cui contributo percentuale varia da stazione a stazione. Nelle stazioni a maggiore similarità A8 e A16 i tre principali taxa caratterizzanti della comunità sono infatti i policheti Syllidae e *Amphiglena mediterranea* e l'anfipode *Ampelisca rubella*. Le stazioni B8 ed E16, che si aggregano ad A8 e A16, hanno in comune con queste ultime due stazioni le seguenti specie caratterizzanti: i policheti Syllidae, *A. mediterranea*, *Platynereis nadiae* e *Lysidice ninetta* ed il bivalve *Striarca lactea*. Il gruppo di stazioni A4 e B4 ha in comune le seguenti

specie caratterizzanti, oltre ai policheti Syllidae: i policheti *A. mediterranea* e *P. nadiae*, l'anfipode *Quadrimaera inaequipes* e il tanaidaceo *Paradoxapseudes intermedius*. Le comunità in B16 ed E8 sono caratterizzate principalmente da alcune specie presenti in entrambe le stazioni: i policheti della famiglia Syllidae, *P. nadiae*, *L. ninetta*, i Polyplacophora, i bivalvi *S. lactea* e *Musculus costulatus* e il tanaidaceo *P. intermedius*. Infine la stazione E4 è caratterizzata principalmente dalla presenza dei policheti Syllidae e *A. mediterranea*, dei tanaidacei *Chondrochelia savignyi* e *P. intermedius* e dell'anfipode *Q. inaequipes*. Si differenzia da tutte le altre stazioni per una diversa abbondanza delle specie dominanti, una maggior abbondanza di individui, valori minori di equiripartizione e di conseguenza una minor diversità.

In **Appendice VII** sono infine riportate le specie caratterizzanti di ciascuna batimetria e quelle che differenziano principalmente le comunità a 4, 8 e 16 m.

Le comunità delle stazioni a 4m di profondità presentano una similarità del 43.60%; sono caratterizzate principalmente da policheti appartenenti alla famiglia Syllidae, e *A. mediterranea*, dal tanaidaceo *P. intermedius* e dall'anfipode *Q. inaequipes*. Le comunità delle stazioni alla batimetria degli 8m presentano una similarità del 51.22% e sono caratterizzate dalla famiglia Syllidae, dal bivalve *S. lactea*, dai policheti *P. nadiae* e *A. mediterranea*, e dall'anfipode *Leptocheirus guttatus*. Infine le comunità delle stazioni a 16 m presentano una similarità del 46.59%; sono caratterizzate dalla famiglia Syllidae, dai bivalvi *S. lactea* e *Gregariella semigranata*, e dai policheti *P. nadiae*, *A. mediterranea* e *L. ninetta*.

In **Appendice VIII** sono riportati i valori di similarità tra le stazioni all'interno di ciascuna area. In A la similarità è del 57.64%, in B del 42.05% ed in E del 42.60%. L'area B si differenzia maggiormente dalle altre (A-B, dissimilarità: 58.23%; A-E, dissimilarità: 53.95%; B-E, dissimilarità: 60.27%).

6.2 Stato di qualità ecologica

Di seguito sono riassunti i risultati dell'applicazione dell'indice M-AMBI alla matrice costituita dai valori medi di specie/abbondanza di ciascuna stazione (Tab. 6.1). Tutte le stazioni ricadono al di sopra limite Buono/Elevato; lo stato di qualità, mediante l'indice M-AMBI, risulta *Elevato* in tutte le stazioni.

In Tab. 6.2 sono riassunte, per ciascuna stazione, le percentuali di organismi appartenenti ai 5 gruppi di sensibilità/tolleranza, i valori di AMBI, e la percentuale di organismi non attribuiti ad alcun gruppo ecologico. Mediante l'applicazione dell'indice AMBI, che si basa sulla composizione in gruppi ecologici, lo stato di qualità risulta *Non disturbato*, corrispondente allo stato *Elevato*, nella stazione B16 e *Lievemente disturbato*, equivalente allo stato di qualità *Buono*, nelle rimanenti otto stazioni (A4, A8, A16, B4, B8, E4, E8, E16). La percentuale di organismi non assegnati ad alcun gruppo ecologico (*not assigned*) rientra nei limiti di accettabilità, variando dal 2.3% in B16 al 7.8% in B4.

Stations	Profondità	Diversity	Richness	AMBI	M-AMBI	Status
Bad		0	0	6	0	Bad
High		4	30	0.5	1	High
A4	4	5.92	174	1.50	1.33	High
A8	8	5.63	190	1.35	1.35	High
A16	16	5.75	193	1.27	1.37	High
B4	4	5.57	167	1.34	1.30	High
B8	8	5.48	184	1.33	1.32	High
B16	16	5.34	158	1.13	1.28	High
E4	4	5.03	172	1.40	1.25	High
E8	8	5.55	157	1.45	1.27	High
E16	16	5.51	190	1.47	1.32	High

Tab. 6.1. Risultati dell'applicazione dell'indice M-AMBI nelle 9 stazioni di campionamento. Sono riportati i valori di AMBI, diversità (H'), numero di taxa (S), M-AMBI e relativo Stato Ecologico.

Stations	I(%)	II(%)	III(%)	IV(%)	V(%)	Mean AMBI	Disturbance Clasification	Richness	Diversity	Not assigned (%)
A4	34.9	35.5	25.1	3.5	0.9	1.5	Slightly disturbed	174	5.92	7.2
A8	35.7	40.6	21.7	1.8	0.2	1.35	Slightly disturbed	190	5.63	5
A16	37	43.1	18.6	1.3	0	1.27	Slightly disturbed	193	5.75	6.5
B4	38.9	36.6	21	3.1	0.4	1.34	Slightly disturbed	167	5.57	7.8
B8	40.1	35.1	21.1	3.2	0.5	1.33	Slightly disturbed	184	5.48	4.7
B16	45.6	37.5	13.2	3.1	0.5	1.13	Undisturbed	158	5.34	2.3
E4	39.7	29.3	29.1	1.7	0.1	1.40	Slightly disturbed	172	5.03	5.2
E8	35.1	37.7	23.4	3.3	0.5	1.45	Slightly disturbed	157	5.54	5.8
E16	30.1	46.3	19.8	3.3	0.5	1.47	Slightly disturbed	190	5.51	3.9

Tab.6.2. Valori dell'indice AMBI, classificazione mediante AMBI, percentuale di organismi appartenenti ai 5 gruppi ecologici e percentuale di non attribuiti ad alcun gruppo ecologico, ricchezza di specie e diversità, nelle 9 stazioni

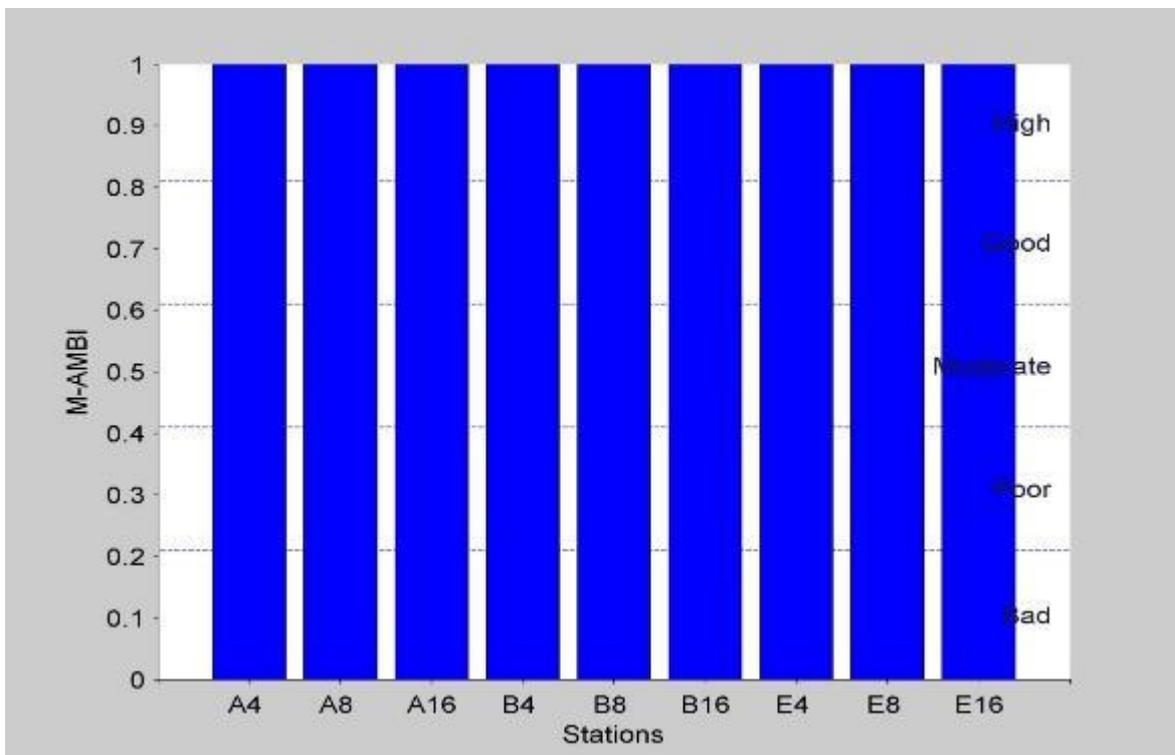


Fig. 6.8. Classificazione dello stato di qualità delle 9 stazioni di campionamento, mediante M-AMBI. Sono riportati i limiti di classe Elevato/Buono e Buono /Sufficiente

Come evidente in Fig. 6.8, mediante l'indice M-AMBI tutte le stazioni ricadono al di sopra del limite *Buono/Elevato*, con valori superiori a 1 in tutte le stazioni. Il valore maggiore si

osserva in A16 (M-AMBI=1.37), quello minore in E4 (M-AMBI=1.25). Tuttavia tra le stazioni si osservano delle differenze in termini di struttura. Il numero di taxa risulta ampiamente superiore ai limiti di riferimento per l'alta qualità (S=30) in tutte le stazioni, variando da 157 in E8 a 193 in A16. Anche l'indice di diversità risulta sempre superiore ai limiti per l'alta qualità (H'=4) variando da 5.03 in E4 a 5.92 in A4. In corrispondenza del valore maggiore di M-AMBI (M-AMBI=1.37 in A16) si riscontra anche il valore maggiore di ricchezza (S=193). Il valore minore di M-AMBI (M-AMBI=1.25 in E4) si riscontra nella stazione in cui si osserva anche il valore minore di diversità (H'=5.03). Malgrado mediante l'indice M-AMBI tutte le stazioni presentino uno stato di qualità *Elevata*, tra queste stazioni si osservano delle differenze nella composizione in gruppi ecologici: il gruppo degli organismi sensibili varia dal 30.1% in E16 al 45.6% in B16; il gruppo degli indifferenti varia dal 29.3% in E4 al 46.3% in E16; i tolleranti variano dal 13.2% in B16 al 29.1% in E4; gli opportunisti di II ordine variano dall'1.3% in A16 al 3.5% in A4; infine gli opportunisti di I ordine sono assenti nella stazione A16 e presenti in percentuale estremamente ridotta (0.1%-0.9%) nelle rimanenti stazioni.

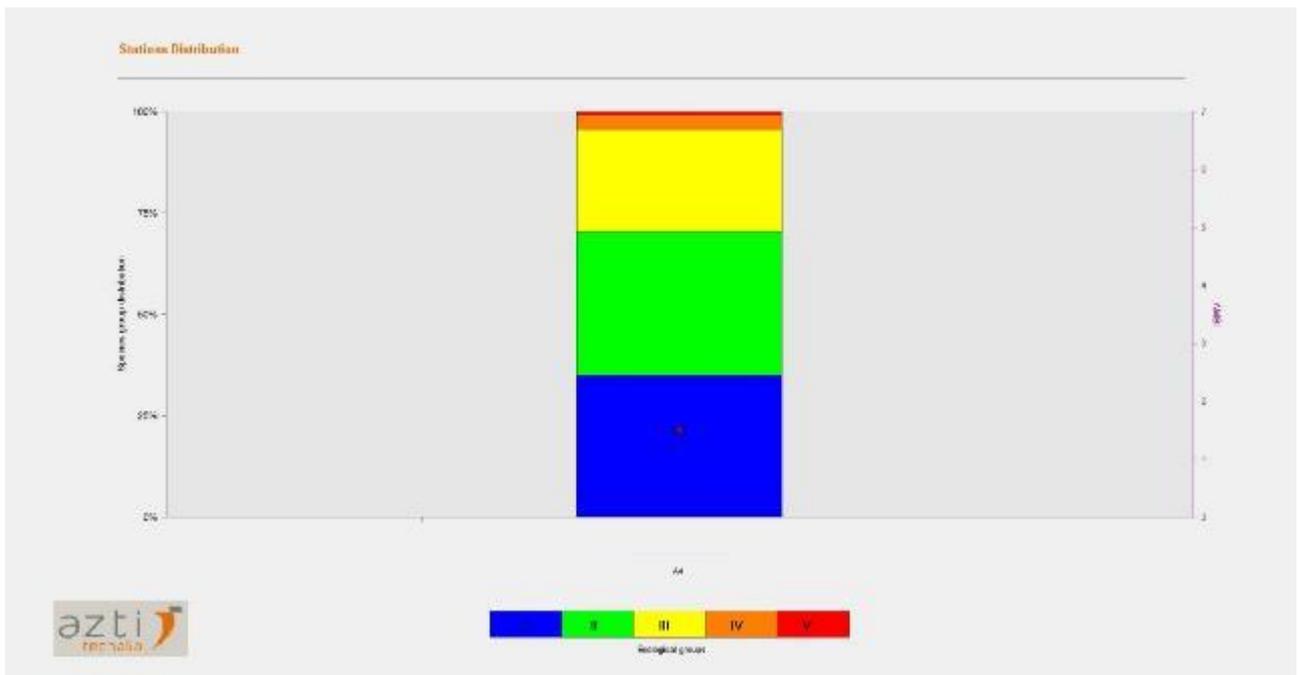


Fig.6.9. Risultati dell'indice AMBI. Composizione in gruppi ecologici della stazione A4.

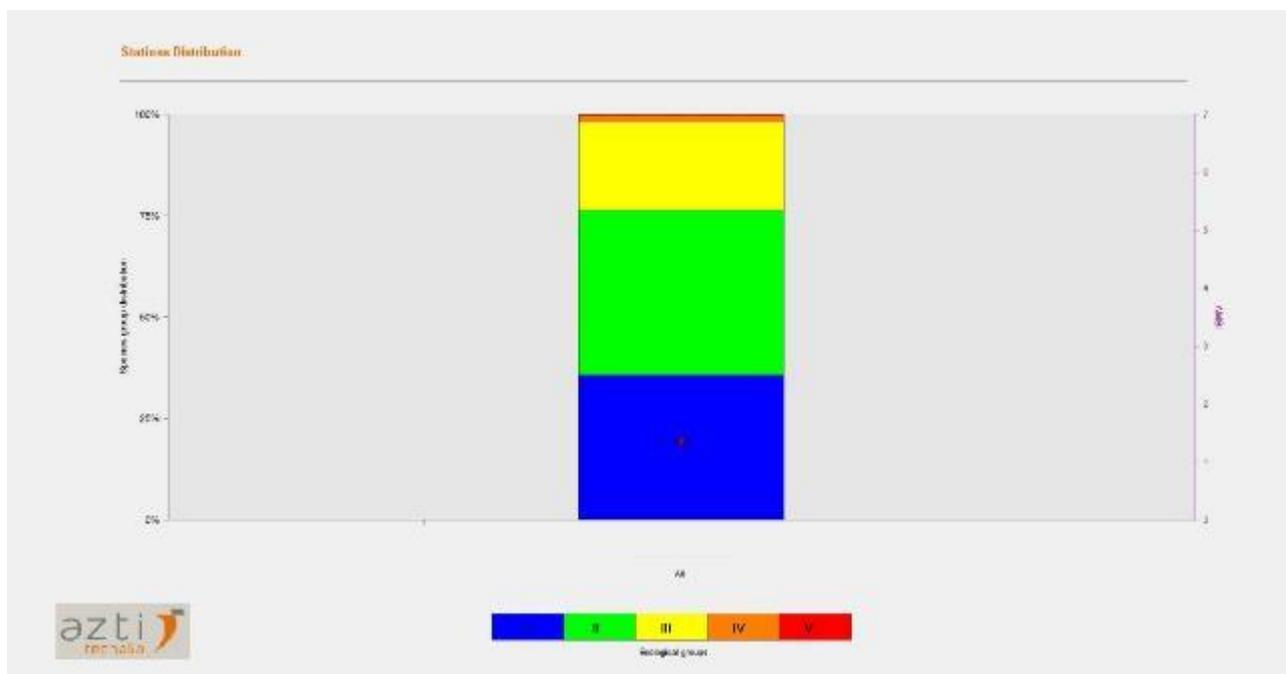


Fig. 6.10. Risultati dell'indice AMBI. Composizione in gruppi ecologici della stazione A8.

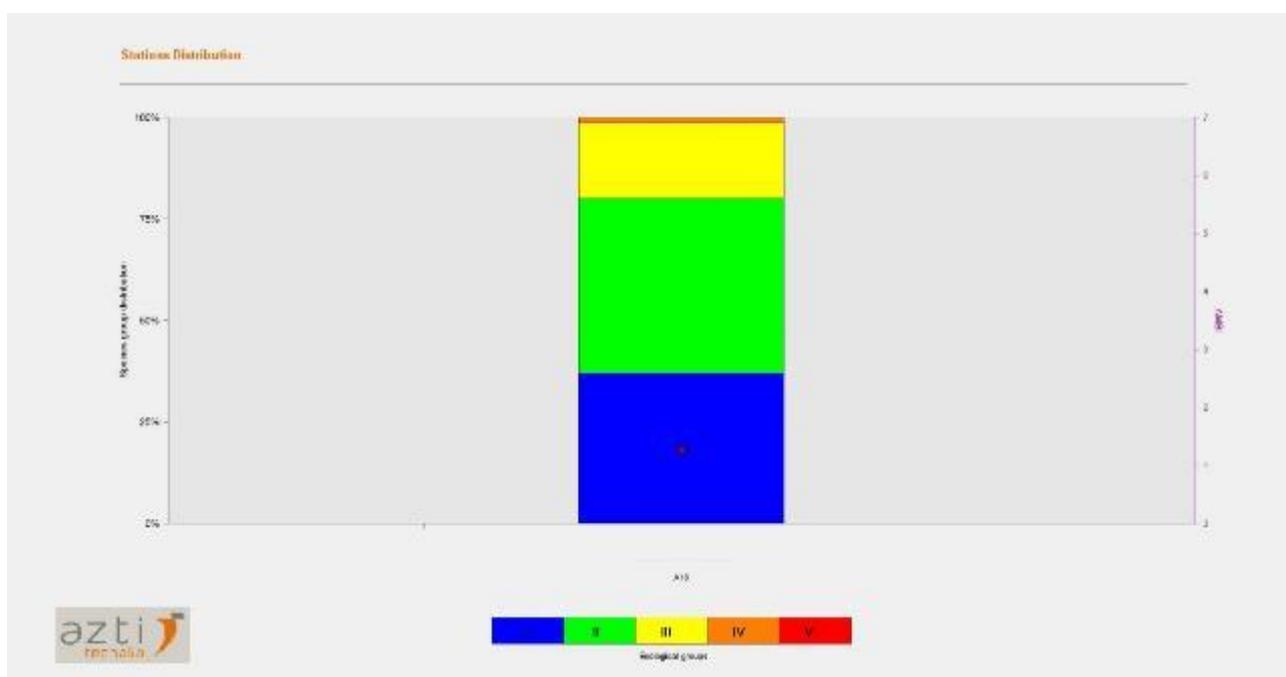


Fig. 6.11. Risultati dell'indice AMBI. Composizione in gruppi ecologici della stazione A16.

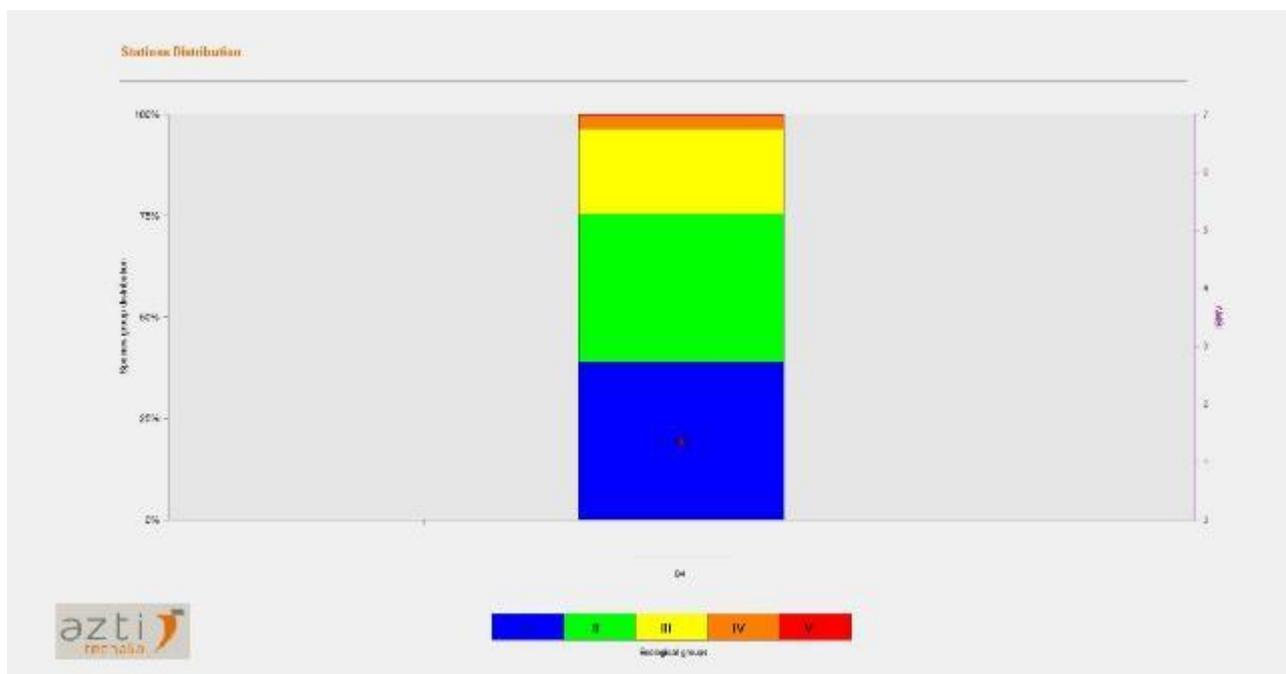


Fig. 6.12. Risultati dell'indice AMBI. Composizione in gruppi ecologici della stazione B4.

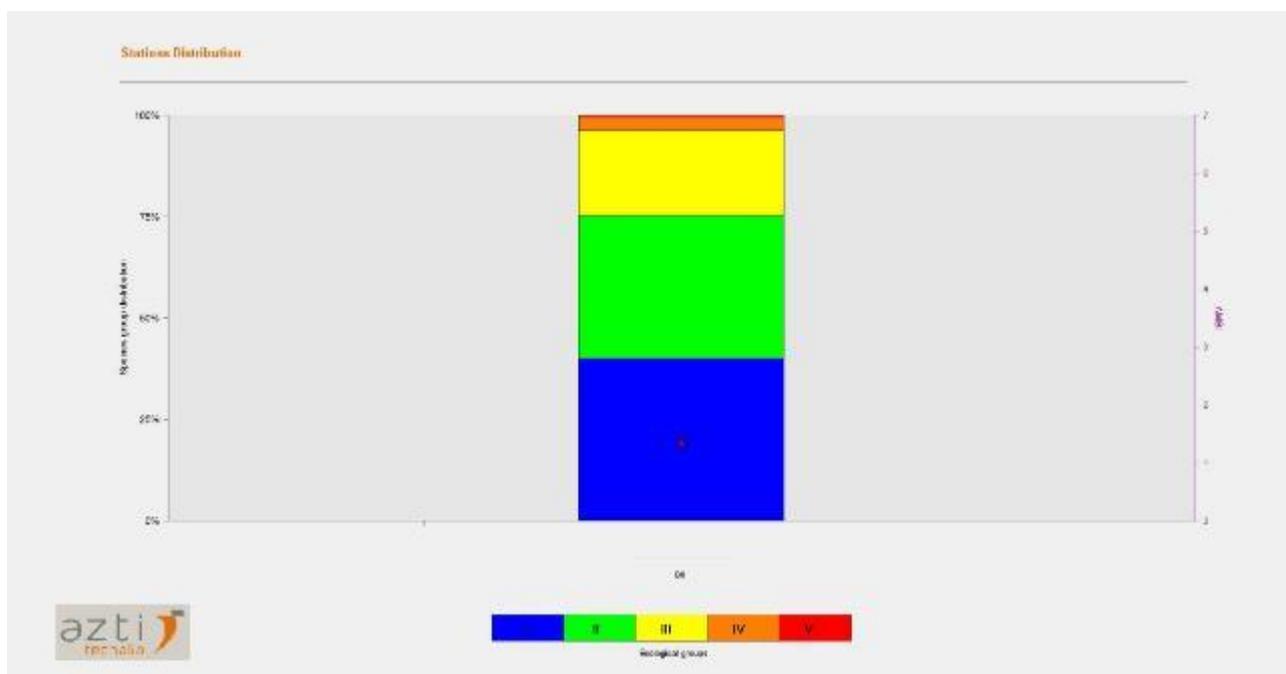


Fig. 6.13. Risultati dell'indice AMBI. Composizione in gruppi ecologici della stazione B8.

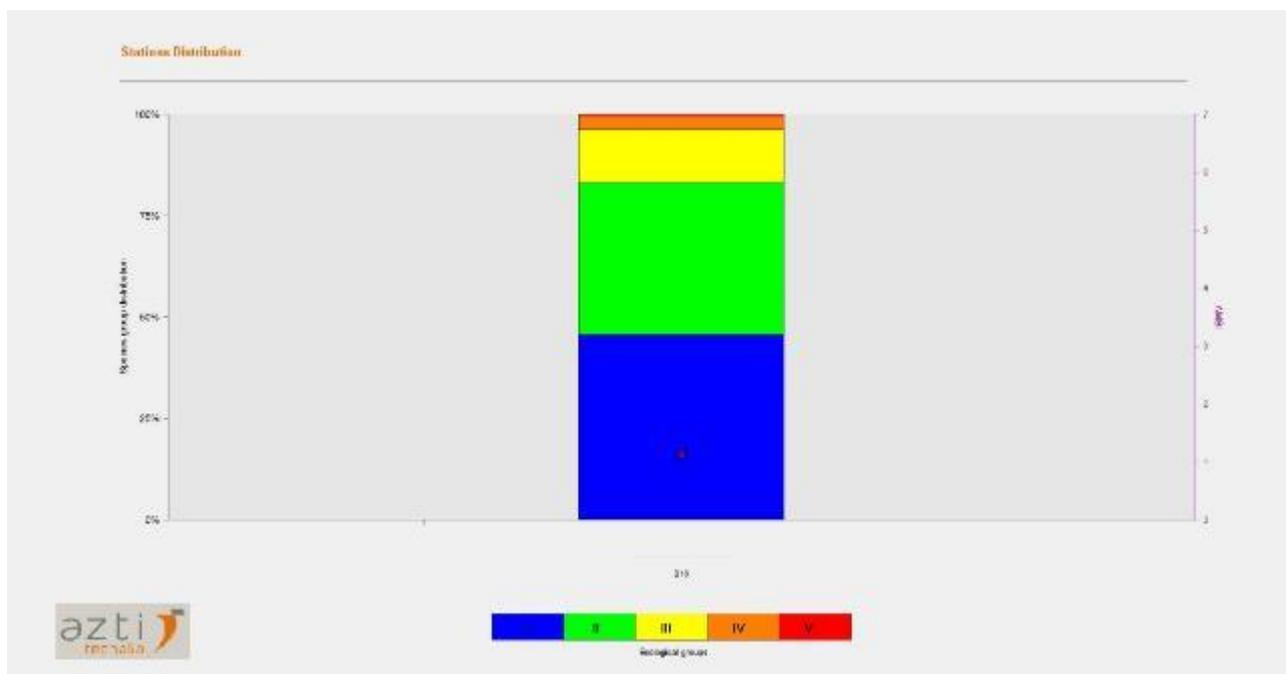


Fig. 6.14. Risultati dell'indice AMBI. Composizione in gruppi ecologici della stazione B16.

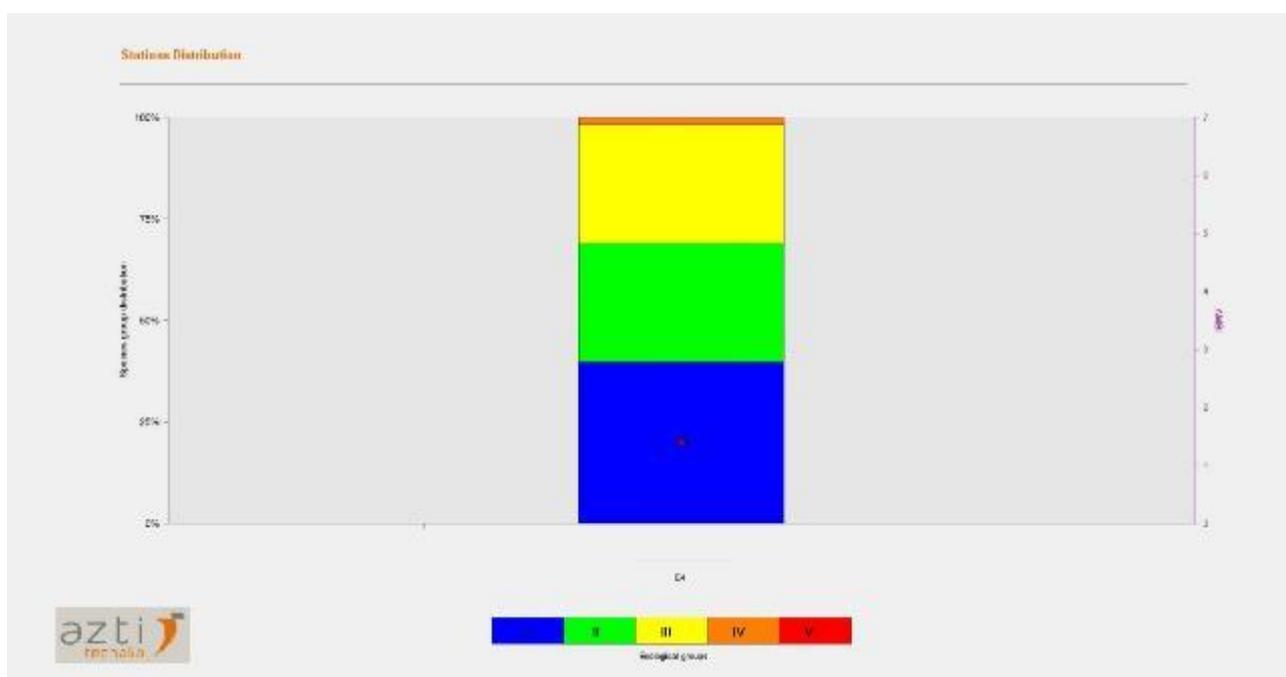


Fig. 6.15. Risultati dell'indice AMBI. Composizione in gruppi ecologici della stazione E4.

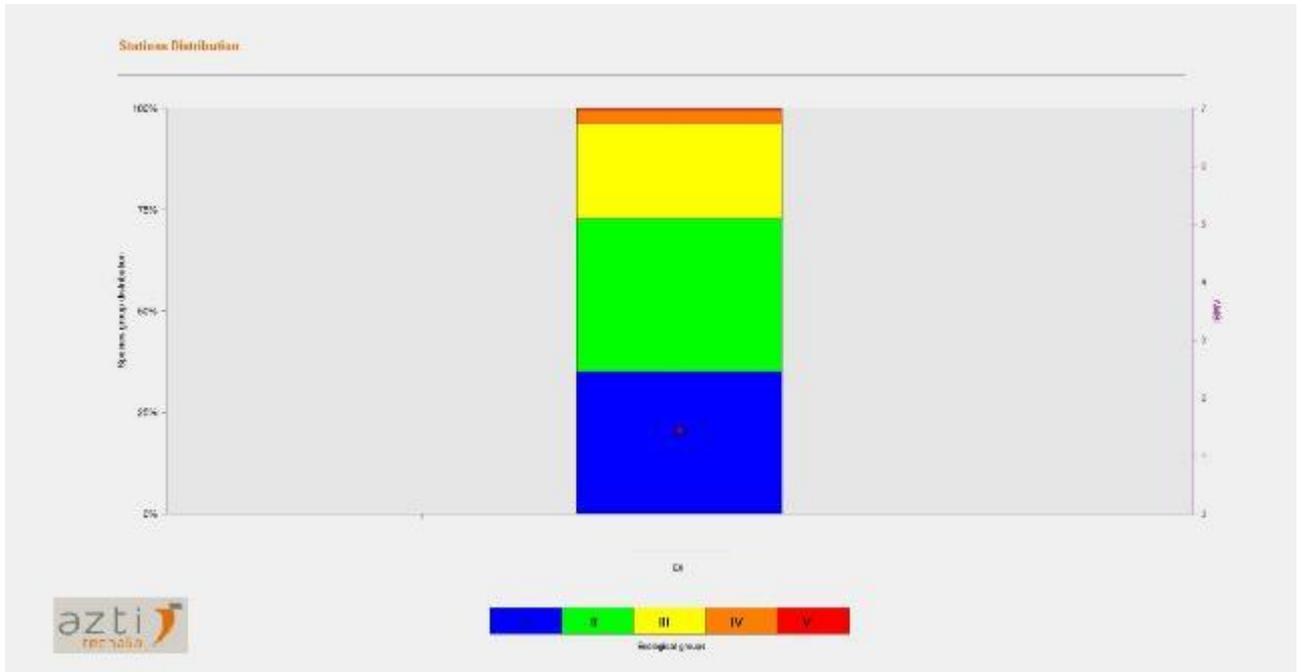


Fig. 6.16. Risultati dell'indice AMBI. Composizione in gruppi ecologici della stazione E8.

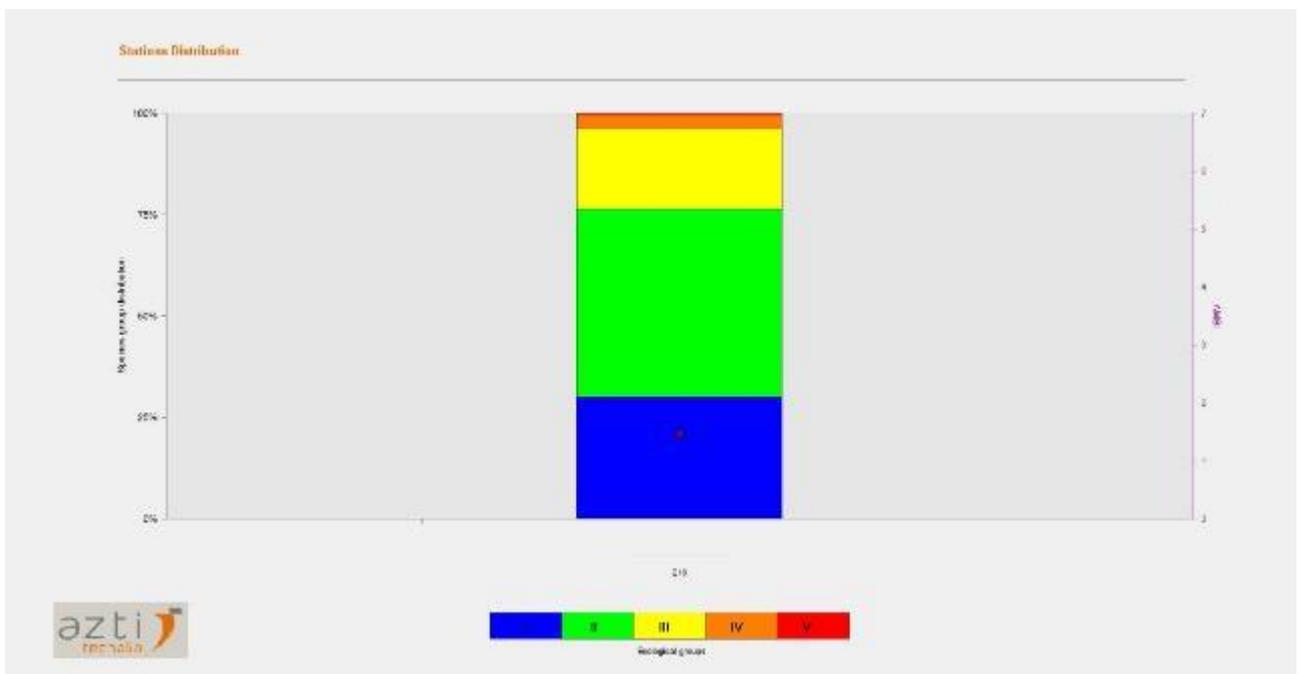


Fig. 6.17. Risultati dell'indice AMBI. Composizione in gruppi ecologici della stazione E16.

Nelle stazioni classificate come *lievemente disturbate* (A4, A8, A16, B4, B8, E4, E8 ed E16) gli organismi sensibili variano dal 30.1% al 40.1%, gli indifferenti dal 29.3% al 46.3%, i tolleranti dal 18.6% al 29.1%, gli opportunisti di II ordine sono ridotti (1.3-3.5%), e ancor più ridotti sono quelli di I ordine (0-0.9%). Nella stazione B16, classificata come *non disturbata* mediante AMBI, gli organismi sensibili rappresentano il 45.6%, gli indifferenti

il 37.5%, i tolleranti il 13.2%, gli opportunisti di secondo ordine il 3.1% e quelli di I ordine lo 0.5%.

Nelle aree A e B si assiste ad un progressivo incremento della percentuale di organismi sensibili all'aumentare della profondità (dai 4m ai 16m) e ad una riduzione del valore di AMBI. Al contrario nell'area E si osserva una diminuzione della percentuale di organismi sensibili (e un aumento del valore di AMBI) all'aumentare della profondità. Dal punto di vista strutturale si osserva invece che nelle aree A e B la comunità a 8 m di profondità presenta valori maggiori del numero di specie e abbondanze rispetto alle stazioni a 4m, ma una minor equiripartizione delle abbondanze tra le specie. Nell'area E invece la comunità a 8 m di profondità presenta valori minori di ricchezza e abbondanza, e una maggiore equiripartizione, rispetto alla comunità a 4m. Esistono marcate differenze nei valori degli indici strutturali tra stazioni localizzate alla medesima batimetria, in particolare nelle comunità a 16m di profondità. Le differenze nella composizione riscontrate tra comunità di stazioni localizzate alla medesima batimetria si riflettono nella composizione in gruppi ecologici.

La stazione A4 che, mediante analisi multivariata, segrega separatamente dalle altre stazioni dell'area A, è caratterizzata dalla predominanza di organismi indifferenti e sensibili, con percentuali confrontabili. Gli organismi indifferenti sono costituiti principalmente dalla famiglia Syllidae (18.7%), che rappresenta anche il taxon numericamente predominante. Gli organismi sensibili sono rappresentati dai policheti *A. mediterranea* e *Sabellaria alcocki* e dagli anfipodi *A. rubella*, *Ampithoe riedli* e *Aora spinicornis*, il decapode *Pisidia bluteli* e il bivalve *M. costulatus*. Gli organismi tolleranti (in giallo) rappresentano il 25.1% delle abbondanze totali, e sono costituiti principalmente dai tanaidacei *P. intermedius* e *C. savignyi*, dall'anfipode *Elasmopus pocillimanus*, dal polichete *Platynereis dumerilii* e dai nemertini. Infine gli opportunisti (3.5% quelli di II ordine e 0.9% quelli di I, rispettivamente in arancione e in rosso) sono rappresentati principalmente dalle famiglie di policheti: Spionidae, Cirratulidae, Terebellidae (di II ordine) e Capitellidae (di I ordine).

Nella stazione A8 i gruppi ecologici maggiormente abbondanti sono quello degli indifferenti e quello dei sensibili. I primi sono rappresentati principalmente dalla famiglia Syllidae (22.6%) che rappresenta il taxon maggiormente abbondante, gli organismi sensibili invece dagli anfipodi *Q. inaequipes*, *Photis longicaudata* ed *A. rubella*, e dal polichete *A. mediterranea*. Il gruppo dei tolleranti è costituito principalmente dal polichete *P. nadiae*, dagli anfipodi *Leptocheirus guttatus* e *Elasmopus pocillimanus*, dal tanaidaceo *P. intermedius* e dai nemertini. Infine gli opportunisti (1.8%, di II ordine, 0.2%, di I ordine) sono costituiti esclusivamente dalle famiglie di policheti Spionidae, Terebellidae, e Cirratulidae (di II ordine), e Capitellidae (di I ordine).

In A16 la comunità presenta una composizione in gruppi ecologici simile alla A8, con una predominanza di organismi indifferenti (43.1%), seguiti in termini di abbondanza dai sensibili (37%) e tolleranti (18.6%), mentre minor rilevanza hanno gli opportunisti, rappresentati unicamente dagli opportunisti di II grado (1.3% in arancione). Gli organismi sensibili sono rappresentati principalmente dagli anfipodi *Photis longicaudata* e *A.*

rubella, e dal polichete *A. mediterranea*. Gli indifferenti sono rappresentati dai Syllidae (22.2%), mentre i tolleranti dal tanaidaceo *P. intermedius*, dall'anfipode *E. pocillimanus* e dal polichete *P. nadiae*. Gli opportunisti di II ordine sono rappresentati esclusivamente dalle famiglie di policheti: Terebellidae, Cirratulidae e Spionidae.

Nella stazione B4 gli organismi sensibili (38.9%) e gli indifferenti (36.6%) predominano marcatamente sugli altri gruppi, rappresentati da tolleranti (21%), opportunisti di II ordine (3.1%) e di I ordine (0.4%). Il gruppo dei sensibili è rappresentato principalmente dall'anfipode *Q. inaequipes* (9.5%), e dal bivalve *S. lactea*. Gli indifferenti sono rappresentati, come nelle altre stazioni, dalla famiglia Syllidae (21.7%), che rappresenta il taxon maggiormente abbondante, e tolleranti dal tanaidaceo *P. intermedius*, dall'anfipode *Dexamine spinosa* e dai policheti del genere *Neanthes*. Infine gli opportunisti sono costituiti da varie specie di policheti (tutte <1%) appartenenti alle famiglie Cirratulidae, Terebellidae, Spionidae (di II ordine) e Capitellidae (di I ordine).

Nella stazione B8 si osserva la predominanza di organismi sensibili (40%), seguiti dagli indifferenti (35.1%) mentre minor rilevanza hanno i tolleranti (21.1%); gli opportunisti infine sono presenti in percentuali ridotte (3.2% quelli di II ordine, 0.5% quelli di I ordine). Tra gli organismi sensibili, hanno una maggior abbondanza i bivalvi *S. lactea* e *H. arctica*, il sipunculide *Aspidosiphon (Aspidosiphon) muelleri muelleri* e il polichete *A. mediterranea*. Gli indifferenti sono costituiti principalmente dalla famiglia Syllidae (20.3%), che rappresenta il taxon numericamente più abbondante. Al gruppo dei tolleranti, riscontrati in questa stazione, appartengono gli anfipodi *L. guttatus* e *Apocorophium acutum* e il polichete *P. nadiae*. Infine, gli opportunisti sono costituiti dai policheti appartenenti alle famiglie Cirratulidae, Terebellidae, Spionidae (di II ordine) e Capitellidae (di I ordine).

La stazione B16 presenta una composizione in gruppi ecologici simile alla B4 e B8, ma con una predominanza di organismi sensibili più marcata. Gli organismi sensibili rappresentano infatti il gruppo numericamente predominante (45.6%), seguiti da indifferenti (37.5%), tolleranti (13.2%) e opportunisti (3.1% di II ordine, 0.5% di I ordine). Il gruppo dei sensibili è costituito principalmente dai bivalvi *Gregariella semigranata* (13.9%) la seconda specie più abbondante, *S. lactea*, e *H. arctica*. Tra gli indifferenti predomina anche in questa stazione la famiglia Syllidae (18.3%), che rappresentano sempre il taxon più abbondante, mentre i tolleranti sono rappresentati da vari taxa, tra cui: il tanaidaceo *P. intermedius*, ed i policheti *P. nadiae*, *Neanthes kerguelensis* e *Prionospio multibranchiata*. Infine gli opportunisti sono costituiti principalmente da policheti appartenenti alle famiglie Cirratulidae, Terebellidae, Spionidae (di II ordine) e Capitellidae (di I ordine).

Anche nella stazione E4, che nella Cluster Analysis segrega da tutte le altre, si osserva la predominanza numerica del gruppo dei sensibili (39.7%), mentre gli indifferenti (29.3%) e i tolleranti (29.1%) sono presenti in percentuale comparabile; in ridottissima abbondanza sono inoltre presenti gli opportunisti (1.7% di II ordine, 0.1% di I ordine). Il gruppo dei sensibili è costituito principalmente dal polichete *A. mediterranea*, dagli anfipodi *A. rubella* e *Q. inaequipes*, e dai sipunculidi; gli indifferenti sono invece rappresentati principalmente dalla famiglia Syllidae (18.4%) che rappresentano il taxon maggiormente abbondante anche in questa stazione; i tolleranti sono rappresentati

principalmente dai tanaidacei *P. intermedius* e *C. savignyi*, e dall'anfipode *E. pocillimanus*; infine gli opportunisti di II ordine sono costituiti da policheti appartenenti principalmente alle famiglie Cirratulidae, Terebellidae, Spionidae, mentre gli opportunisti di I ordine sono presenti con percentuali esigue (<0.1%).

La stazione E8 si caratterizza per una maggior abbondanza di organismi indifferenti (37.7%) e sensibili (35.1%), minor abbondanza presentano gli organismi tolleranti (23,4%), mentre gli opportunisti risultano ridotti (3.3% di II ordine, 0.5% di III ordine). Il gruppo degli indifferenti è costituito principalmente dalla famiglia Syllidae (20.9%); contribuiscono inoltre vari taxa presenti in quantità inferiori al 2%. Il gruppo dei sensibili è rappresentato dal bivalve *S. lactea*, dal polichete *A. mediterranea* (6%), e dagli anfipodi *A. rubella* e *P. longicaudata*. I tolleranti sono rappresentati principalmente dall'anfipode *L. guttatus* e *D. spinosa*, dai policheti *P. nadiae* e *Nereis rava* e dal tanaidaceo *P. intermedius*; infine gli opportunisti di II ordine sono rappresentati da policheti appartenenti principalmente alle famiglie Cirratulidae, Terebellidae, Spionidae, mentre gli opportunisti di I ordine sono rappresentati unicamente dal polichete Capitellidae *Mastobranthus trinchessii*.

Nella stazione E16 il gruppo ecologico maggiormente abbondante è quello degli indifferenti (46.3%); quello dei sensibili rappresenta il 30.1% e quello dei tolleranti il 19.8%; gli opportunisti costituiscono invece una componente estremamente ridotta (3.3% quelli di II ordine, 0.5% quelli di I ordine). Gli organismi sensibili sono costituiti da vari taxa, i cui maggiormente abbondanti sono il bivalve *S. lactea*, l'anfipode *Autonoe rubromaculatus* e il polichete *A. mediterranea*. Gli indifferenti sono rappresentati principalmente dalla famiglia Syllidae (25.9%), che predomina marcatamente in termini numerici su tutti gli altri taxa. Gli organismi tolleranti sono costituiti da vari taxa poco abbondanti, tra cui: i policheti *P. nadiae* e *N. kerguelensis*. Infine tra gli opportunisti di II ordine vi sono policheti appartenenti alle seguenti famiglie: Spionidae, Cirratulidae e Terebellidae; quelli di I ordine invece sono costituiti esclusivamente dai policheti *M. trinchessii* e *P. fauveli*.

La percentuale di *not assigned* rientra nei limiti previsti per non inficiare la valutazione dello stato di qualità ottenuta mediante AMBI/M-AMBI. Si tratta inoltre di taxa associati ad ambienti non particolarmente impattati, tra cui: molluschi Polyplacophora, finora ritrovati in ambienti in buono stato di qualità, i bivalvi *Lithophaga lithophaga*, *Chama gryphoides* e *Coralliophaga lithophagella* comuni nei substrati rocciosi, i gasteropodi quali *Episcomitra cornicula*, associata ad alghe fotofile infralitorali, e *Berthellina edwardsii*, specie di fondi duri, anche a basse profondità, il picnogonide *Rhynchothorax* sp., isopodi come *Dynamene bidentata* (caratterizzante delle biocenosi fotofile dei fondi rocciosi dell'infralitorale superiore in Moda Calma con *Cystoseira*), *Apanthura corsica* e *Stenosoma* sp., anfipodi quali *Cressa mediterranea*, specie tipica di bioconcrezioni in aree ad alto dinamismo e basso tasso di sedimentazione, alcuni decapodi di substrato duro come *Calcinus tubularis*, specie caratteristica delle biocostruzioni marine a vermeti, ed *Ergasticus clouei*, specie tipica di fondali detritici profondi, e di policheti come *Palola siciliensis*, specie erbivora associata ad alghe corallinacee del genere *Lythophyllum*, *Ephesiella cantonei*, specie segnalata nell'infralitorale superiore caratterizzato dalla

biocenosi ad alghe fotofile, *Filogranula annulata*, specie tipica di ambienti coralligeni profondi, e di poche altre specie di gasteropodi, policheti e crostacei, presenti comunque in ciascuna stazione con abbondanze estremamente ridotte (<0.5%).

6.3 Valutazioni complessive

La struttura e la composizione delle comunità delle nove stazioni considerate sembrano essere influenzate dalla batimetria, anche se l'effetto varia in relazione all'area campionata, come indicato dall'analisi multivariata. All'interno di ciascuna area le comunità delle stazioni presentano infatti marcate differenze strutturali e di composizione; tale variabilità risulta maggiore nelle aree B ed E, come evidenziato mediante Analisi delle Similarità Percentuali. Le comunità rispondono al gradiente batimetrico anche in termini di composizione in gruppi ecologici, in maniera diversa nelle diverse aree: nelle aree A e B si osserva un generale miglioramento delle condizioni ecologiche, con aumento della percentuale di specie sensibili e riduzione del valore di AMBI, con l'aumento della profondità; viceversa nell'area E con l'aumento della profondità si osserva una diminuzione della percentuale di specie sensibili e un aumento dei valori di AMBI.

Complessivamente le comunità delle tre aree oggetto di studio (A, B, E) risultano particolarmente ricche, con valori di ricchezza ($S > 30$) e di diversità ($H'_{\log 2} > 4$) sempre superiore ai limiti di riferimento per l'alta qualità indicati nel DI 260/10. Tuttavia anche gli indici strutturali evidenziano una certa variabilità tra le comunità delle stazioni all'interno di ciascuna area. Anche in questo caso, la risposta della comunità al gradiente batimetrico è diversa nelle diverse aree: nelle aree A e B si osserva un aumento della ricchezza (S) e dell'abbondanza (N) di individui e una riduzione dell'equidistribuzione (J'), passando da 4 a 8 m di profondità, viceversa nell'area E con l'aumento della profondità da 4 a 8 m si osserva una diminuzione della ricchezza e delle abbondanze e un aumento dei valori di equitabilità. Dagli 8 ai 16 m il numero di taxa e l'indice di abbondanza aumentano in maniera marcata solo nell'area E. L'indice di Shannon, risentendo sia del numero di specie sia della loro equiripartizione, presenta un andamento differente rispetto a questi tre indici. L'indice di dominanza non presenta invece marcate variazioni tra le stazioni, pur presentando valori leggermente minori nelle stazioni a 16 m di profondità.

In generale l'indice di Pielou evidenzia una certa deviazione dalla condizione ottimale, in cui tutte le specie sono equamente rappresentate (Gray, 1981). Tale deviazione, indicativa della predominanza numerica di pochi taxa, solitamente è associata alla scomparsa di specie sensibili, alla riduzione dell'abbondanza di quelle tolleranti e all'aumento del numero di individui di poche specie opportuniste, indicative di condizioni disturbate e di comunità destrutturate (Pearson & Rosenberg, 1978). Al contrario, in queste stazioni la predominanza di alcuni taxa è dovuta alla particolare abbondanza di organismi indifferenti, rappresentati principalmente dai policheti della famiglia Syllidae (dal 18,3% in B16 al 25,9% in E16), che sono riconosciuti come buoni indicatori di qualità dell'ambiente di substrati rocciosi (Musco et al., 2004), o addirittura sensibili, come il polichete *A. mediterranea* (12.7% in E4), l'anfipode *Quadrimeaera inaequipes* (9.5% in

B4), ed il bivalve *Gregariella semigranata* (13.9% in B16). Anche se in qualche stazione si riscontrano organismi tolleranti particolarmente numerosi, ad esempio il tanaidaceo *Paradoxapseudes intermedius* (9.4%) in E4, gli organismi sensibili ed indifferenti rimangono numericamente predominanti in tutte le stazioni. In nessun caso si assiste alla predominanza di organismi opportunisti, condizione tipica di ambienti disturbati. Questo gruppo di organismi risulta infatti estremamente ridotto in tutte le stazioni. Pertanto, i valori assunti in queste nove stazioni dagli indici strutturali univariati sembrano associabili a una naturale distribuzione a patches di alcuni organismi o a eventi di esclusione competitiva tra organismi specializzati (cioè a strategia K, dunque sensibili). Tale struttura risulta quindi riferibile alla naturale composizione di queste comunità e riconducibile a condizioni non impattate (sensu DL. 260/10).

Tra le stazioni a 4 m vi è una marcata variabilità in termini di struttura (in particolare nell'indice di diversità e di dominanza), di composizione specifica (evidenziata mediante l'analisi multivariata) e di composizione in gruppi ecologici (di sensibilità, tolleranza e opportunismo), e di conseguenza nel valore dell'indice AMBI. Ciò tuttavia non si traduce in una differente classificazione dello stato di qualità mediante questo indice, che risulta *Lievemente disturbato* in tutte e tre le stazioni. Il valore medio di alcuni indici strutturali evidenzia una certa destrutturazione in tutte e tre le stazioni, che risulta più marcata in E4, dove l'elevata abbondanza di individui è associata alla maggior percentuale del gruppo dei tolleranti e alla minor percentuale degli indifferenti (tra tutte le nove stazioni), con conseguente riduzione della qualità, seppur sempre nell'ambito dello stato *Lievemente disturbato*. Nelle tre stazioni a 4 m si osserva una differente distribuzione delle abbondanze tra le specie, ma in generale si osserva la marcata predominanza numerica di uno o pochi taxa indifferenti (in particolare la famiglia Syllidae), sensibili (quali il polichete *A. mediterranea*, soprattutto in A4 ed E4, e l'anfipode *Quadrimaera inaequipes*, soprattutto in B4 ed E4) e anche tolleranti (come i tanaidacei, *C. savignyi* e *P. intermedius*, particolarmente abbondanti in E4), che si riflette sul valore medio dell'indice di Pielou e di quello di dominanza di Simpson. Questa predominanza, insieme alla composizione in gruppi ecologici, rientra nel quadro naturale di comunità lievemente perturbate (Pearson & Rosengerg, 1978). A prescindere dal valore di AMBI, lo stato di qualità risulta *Elevato* in queste tre stazioni in relazione all'elevato numero di specie riscontrato e a un valore di diversità superiore a quello di riferimento per l'alta qualità, indicato nel DI 260/10. In particolare, il valore maggiore di M-AMBI (e dunque un giudizio di miglior qualità), tra queste tre stazioni, si riscontra in A4, mentre quello minore in E4. La struttura di comunità di quest'ultima stazione (E4) può essere attribuita ad un naturale depauperamento di comunità riscontrato in aree a ridotte profondità e dovuto all'idrodinamismo locale, così come ad un lieve disturbo di altra natura.

Tra le stazioni ad 8m si osservano differenze meno marcate sia in termini di struttura (indici univariati) sia in termini di composizione specifica (evidenziata mediante l'analisi multivariata, i.e. MDS, Cluster Analysis, SIMPER). Alcune differenze si osservano anche a livello di struttura in gruppi ecologici (mediante l'indice AMBI). Nella stazione B8 predominano gli organismi sensibili, mentre nelle stazioni A8 e E8 predominano gli indifferenti. Queste differenze tuttavia non si traducono in un differente giudizio di

qualità mediante l'indice AMBI, che classifica lo stato *Lievemente disturbato* in tutte e tre le stazioni. In tutte le stazioni a 8m si assiste alla coesistenza di organismi sensibili, indifferenti e tolleranti (in percentuale minore rispetto ai sensibili e indifferenti), mentre gli opportunisti rappresentano una componente estremamente ridotta (con un massimo del 3,3% di opportunisti di II ordine). Tale situazione rientra nel quadro della naturale composizione di comunità in condizioni relativamente poco disturbate, secondo il paradigma di Pearson & Rosenberg (1978). Tutte le stazioni ricadono nella classe di qualità *Elevata* mediante M-AMBI, anche in relazione agli elevati valori di diversità e numero di taxa, che superano ampiamente i limiti di riferimento per l'alta qualità stabiliti dal Dl. 260/10. Nonostante in E8 si registri il numero più basso di taxa e di individui di tutte le nove stazioni, il valore degli indici di Pielou e di Simpson sono comparabili rispetto alle altre due stazioni alla medesima profondità, il che si traduce in valori comparabili dell'indice di Shannon. L'indice di Pielou mostra tuttavia una certa destrutturazione in tutte e tre le stazioni a 8 m, dovuta alla predominanza più o meno marcata della famiglia di policheti indifferenti Syllidae. Tra i taxa relativamente più abbondanti (con abbondanze comunque minori rispetto alla famiglia Syllidae) vi sono: il bivalve sensibile *S. lactea* (in B8 ed E8), il polichete sensibile *A. mediterranea* (in tutte e tre le stazioni), il polichete tollerante *P. nadiae* e l'anfipode tollerante *L. guttatus* (in tutte e tre le stazioni). Anche in queste stazioni dunque la predominanza di alcuni taxa è associabile a una distribuzione a patches o a eventi di esclusione competitiva, tipici di condizioni stabili e dunque di un ridotto disturbo.

Tra le stazioni a 16 m vi è una marcata variabilità nella composizione in gruppi ecologici (di sensibilità/tolleranza/opportunismo), e di conseguenza nel valore dell'indice AMBI, che si traduce in una differente classificazione dello stato di qualità mediante questo indice: *Non disturbato* in B16 e *Lievemente disturbato* in A16 ed E16. In particolare in B16 si osserva il valore più basso di AMBI (stato di qualità *Non disturbato*), corrispondente alla maggior percentuale di organismi sensibili e alla minor percentuale di organismi tolleranti tra le nove stazioni. Tuttavia, malgrado il basso valore di AMBI nella stazione B16, l'indice M-AMBI assume valori inferiori rispetto alla stazione A16 in cui lo stato di qualità è stato classificato *Leggermente disturbato* mediante AMBI. Ciò è dovuto agli elevati valori di ricchezza, che risulta la più elevata delle nove stazioni) e di diversità nella stazione A16, che di conseguenza presenta anche il valore dell'indice M-AMBI più elevato tra le nove stazioni, indicativo di una miglior qualità, indipendentemente dal valore di AMBI. La struttura di comunità della stazione B16 può essere attribuita a un naturale depauperamento di comunità riscontrato in aree profonde. La presenza di un gradiente batimetrico, con diminuzione di specie ed individui, rappresenta infatti una caratteristica di molte comunità di invertebrati di substrato duro ed è stata riscontrata in particolare nel gruppo dei policheti (Giangrande, 1988; Licciano *et al.*, 2002). Il valore medio degli indici strutturali evidenzia una certa destrutturazione, in particolare in E16, dove si riscontra una elevata ricchezza di specie, ma al tempo stesso il valore minore dell'indice di Simpson, e la minor percentuale di specie sensibili (tra le nove stazioni), con una conseguente riduzione della qualità (AMBI elevato), seppur sempre nell'ambito dello stato *Lievemente disturbato*. Nelle tre stazioni a 16m si osserva una differente distribuzione delle abbondanze tra le specie, con la predominanza numerica di uno o

pochi taxa indifferenti (i.e. la famiglia Syllidae, in tutte e tre le stazioni), seguiti dalle specie sensibili (i.e. *S. lactea* e *Gregariella semigranata* in B16 e il polichete *A. mediterranea*, in A16 ed E16) e anche tolleranti (i.e. il polichete *P. nadiae*, in particolare in E16 e l'anfipode *E. pocillimanus* in particolare in A16), che si riflette sul valore medio dell'indice di Pielou e di quello di dominanza di Simpson. Questa predominanza, insieme alla composizione in gruppi ecologici rientra nel quadro naturale di comunità relativamente poco perturbate (Pearson & Rosengerg, 1978), e può essere però anche legato alla naturale distribuzione a patches di alcuni taxa. A prescindere dal valore di AMBI, lo stato di qualità mediante M-AMBI risulta *Elevato* in queste tre stazioni in relazione all'elevato numero di specie riscontrato e a un valore di diversità superiore a quello di riferimento per l'alta qualità.

La valutazione dello stato di qualità risulta pienamente soddisfacente in tutte le stazioni ai sensi del DI 260/10, sia mediante l'indice M-AMBI, che con l'indice AMBI. Tale valutazione trova conferma nella ridottissima presenza di organismi opportunisti, condizione che risulta possibile solo in condizioni non perturbate (non disturbate o solo lievemente disturbate), associabili alla naturale composizione di comunità all'equilibrio (Pearson & Rosenberg, 1978), che pertanto ricadono in uno stato di qualità almeno *Buono*.

7 PRATERIA DI POSIDONIA OCEANICA

La prateria di *Posidonia oceanica* è stata studiata utilizzando quali descrittori sia la macrostruttura sia la fenologia. Per quanto riguarda la fenologia sono state effettuate misure su cinque campioni di fasci fogliari raccolti per ciascuna postazione in cui la fanerogama fosse presente. Le aree destinate al campionamento sono riportate in figura 2.6.

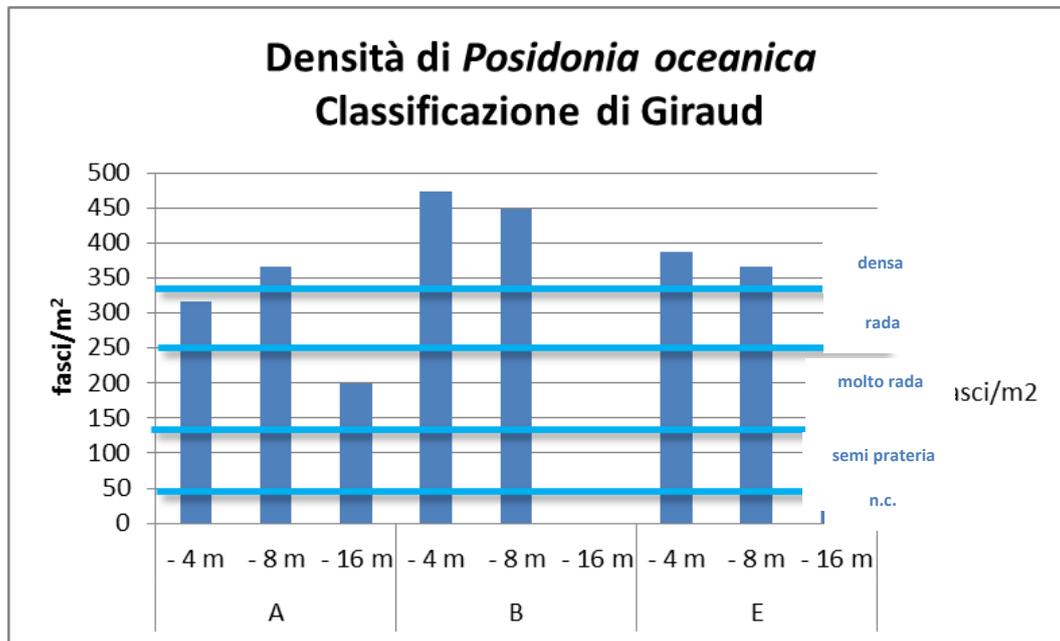


Figura 7.1 Andamento complessivo della densità di *Posidonia oceanica* (numero di fasci/m²) nei transetti A, B e E alle diverse profondità.

Nella figura 7.1 viene riportato l'andamento complessivo della densità di *Posidonia oceanica* nei tre transetti, in riferimento alla tabella 8.1, la quale indica la tipologia di prateria rinvenuta in ogni stazione corrispondente alla classificazione di Giraud (1977).

Tabella 8.1: Densità di *Posidonia oceanica* (numero di fasci/m²) e corrispondente Classificazione secondo Giraud (1977) nei transetti A, B e E alle diverse profondità.

	Profondità (m)	Densità (n° fasci/m ²)	Classificazione di Giraud
Transetto A	-4	317	rada
	-8	367	rada
	-16	199	molto rada
Transetto B	-4	473	densa
	-8	448	densa
	-16	-	non classificabile
Transetto E	-4	388	rada
	-8	367	rada
	-16	181	molto rada

La classificazione della prateria varia tra densa e rada in tutte le stazioni prossime alla costa alla profondità di 4 m, con densità comprese tra 317 fasci/m² (stazione A4) e 473

fasci/m² (stazione B4). A 8 m di profondità in ciascun transetto viene mantenuta la stessa classe, con minime variazioni rispetto alla corrispondente stazione meno profonda.

A 16 m di profondità, nei transetti A ed E la prateria diventa "molto rada", con densità comprese tra 181 e 199 fasci/m², mentre nel transetto B la Posidonia risulta assente come già rilevato nei monitoraggi condotti negli anni precedenti.

Le differenze rinvenute lungo i transetti dalla costa verso il largo, alle profondità di 4, 8 e 16 metri, rispecchiano la normale distribuzione della fanerogama fotofila che riduce la sua densità a profondità maggiori, dove le intensità luminose sono inferiori.

Per quanto riguarda gli altri parametri fenologici (figura 8.2), è stato preso in considerazione anche il numero medio di foglie per fascio, il quale rappresenta un indice per valutare lo stato di salute della prateria. Da tale analisi è emerso che in tutte le stazioni e a tutte le profondità prese in esame il numero medio di foglie per fascio è paragonabile, con valori compresi tra 5.5 e 7.2 foglie/fascio.

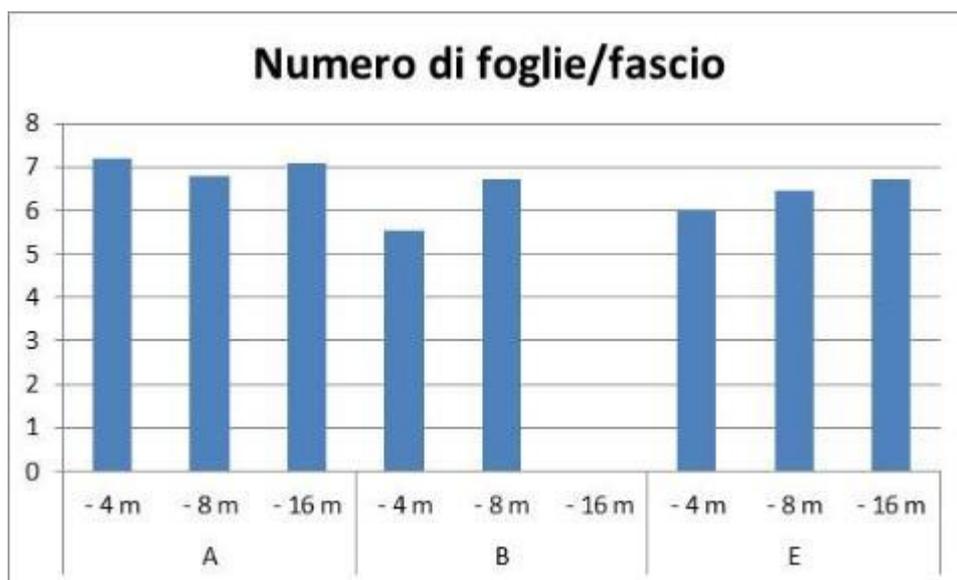


Figura 7.2: Numero di foglie per fascio di *Posidonia oceanica* nei transetti A, B e E alle diverse profondità di campionamento.

Oltre alla densità fogliare dei fasci è stata valutata anche la composizione dei fasci stessi, classificando le foglie che li compongono nelle categorie giovanili, intermedie e adulte. Anche in questo caso, la composizione dei diversi fasci risulta del tutto confrontabile nelle stazioni e profondità indagate, senza evidenziare la presenza di stress o di sofferenza della prateria in esame, che riporta una buona percentuale di foglie giovanili e intermedie.

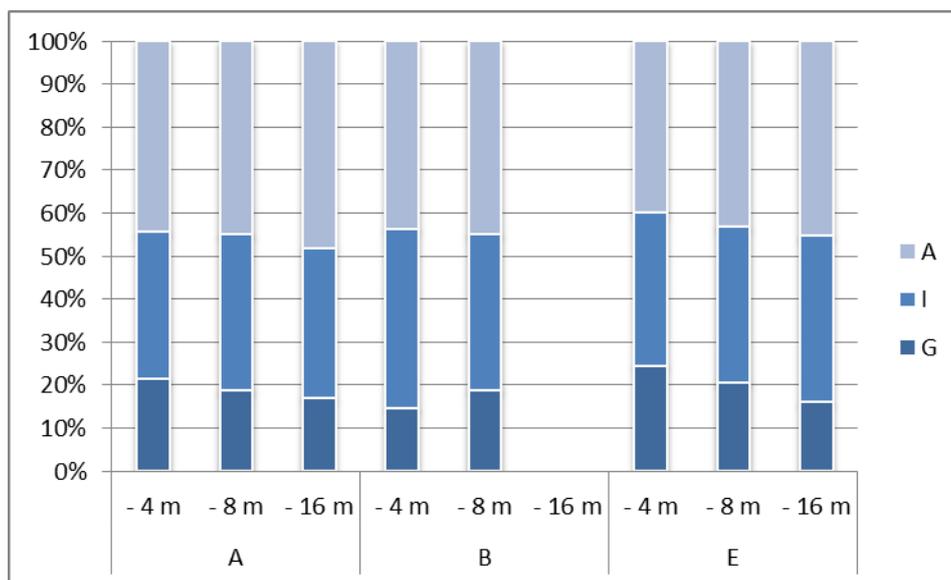


Figura 7.3: contributo percentuale calcolato sul numero medio di foglie giovanili (G), intermedie (I) e adulte (A) per ogni fascio per tutte le stazioni campionate.

L'Indice di Superficie Fogliare Globale (LAI), riporta complessivamente valori piuttosto eterogenei e non riconducibili a un pattern definito, come mostra la figura 8.4.

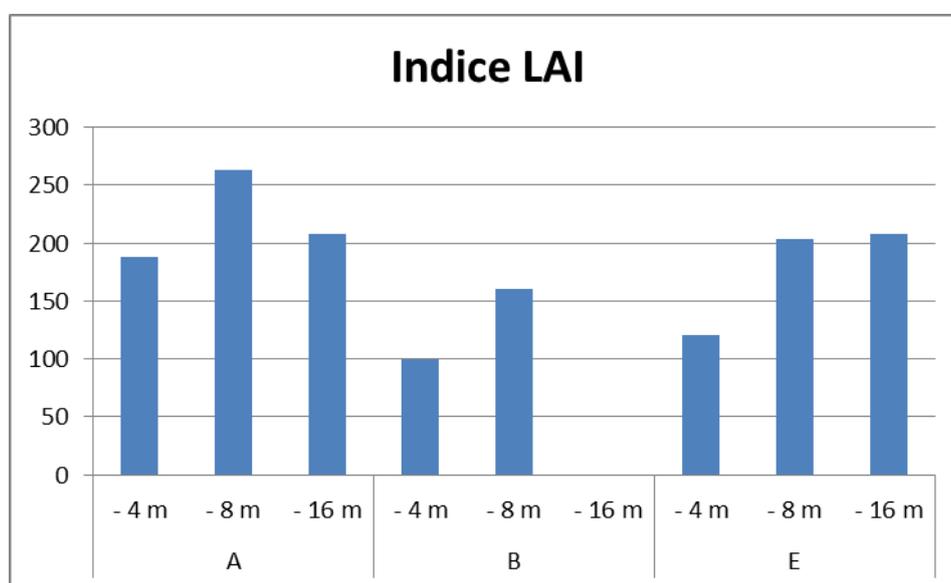


Figura 7.4: Indice LAI nei transetti A, B e E alle diverse profondità.

La figura 7.5 riporta il grafico con i contributi percentuali di ogni classe di età alla superficie fogliare globale riassunta nell'indice LAI. Per tutte le stazioni, il contributo maggiore è dato dalle foglie adulte.

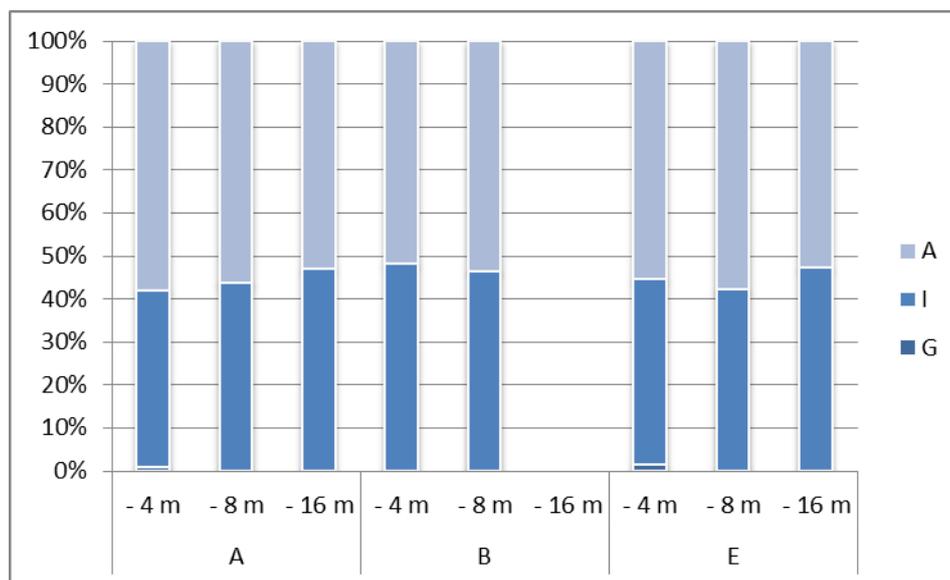


Figura 7.5: contributo percentuale all'Indice di superficie fogliare (LAI) delle foglie giovanili (G), intermedie (I) e adulte (A) per ogni fascio per tutte le stazioni campionate.

Per quanto riguarda l'Indice di Superficie Fogliare per m² di fondale (IFG) riportato in figura 7.6, i valori sono per lo più omogenei, con un minimo riscontrato nella stazione E a 16 m di profondità e un valore massimo nella stazione A a 8 m. Complessivamente i valori dell'indice sono compresi all'interno del range 3.8 e 9.7.

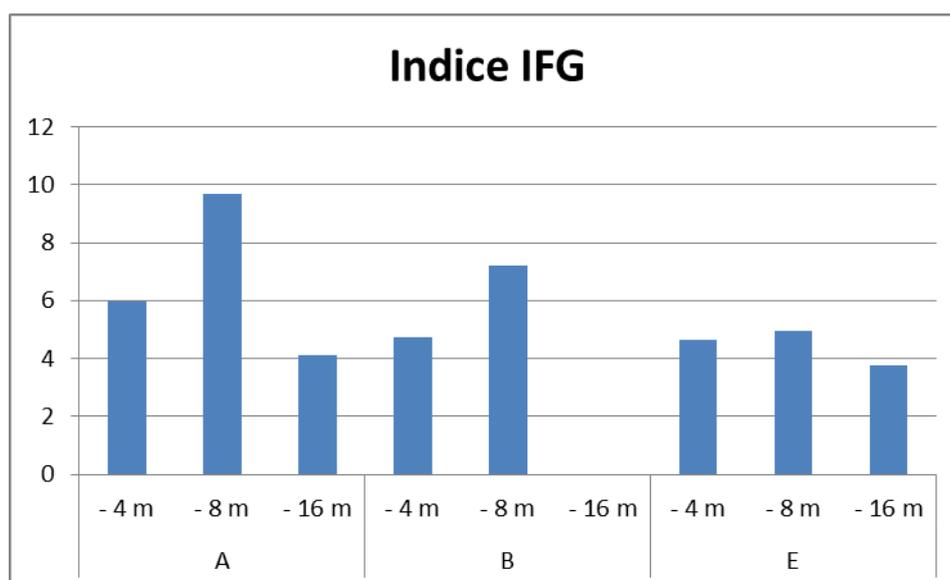


Figura 8.6: Indice IFG (superficie fogliare/m² di fondale) nei transetti A, B e E alle diverse profondità

Globalmente è importante considerare che le osservazioni riportate fanno parte di una realtà di un panorama sottomarino, tipico di tutta la costa laziale, caratterizzato da un'elevata disomogeneità spaziale in cui vi è la presenza di radure, canali e macchie di *Posidonia* con diversi gradi di frammentazione. Il fondale infatti presenta ampie zone rocciose intervallate ad aree sabbiose, all'interno delle quali si insedia spesso la *Posidonia*. La presenza di valori di densità in generale modesti può essere compatibile con le differenze di distribuzione della fanerogama in corrispondenza dei limiti inferiori e superiori della prateria.

Nella tabella 7.2 si riportano i valori dei parametri fenologici e degli indici più significativi calcolati nei diversi transetti alle diverse profondità; mentre nelle tabelle 1-3 dell'Appendice sono raccolti i dati dettagliati relativi alle indagini fenologiche su *Posidonia oceanica* effettuate nel periodo di indagine.

Tabella 7.2: quadro riassuntivo dei valori medi del numero di fasci/m², del numero di foglie/fascio, dell'indice LAI (superficie fogliare globale), dell'indice IFG (superficie fogliare/m² di fondale di *Posidonia oceanica* nei transetti A, B ed E alle diverse profondità.

Numero di fasci/m ²								
Transetto A			Transetto B			Transetto E		
-4 metri	-8 metri	-16 metri	-4 metri	-8 metri	-16 metri	-4 metri	-8 metri	-16 metri
317	367	199	473	448	-	388	367	181
Numero di foglie/fascio								
Transetto A			Transetto B			Transetto E		
-4 metri	-8 metri	-16 metri	-4 metri	-8 metri	-16 metri	-4 metri	-8 metri	-16 metri
7.2	6.8	7.1	5.5	6.7	-	6.0	6.5	6.7
Indice LAI (superficie fogliare globale)								
Transetto A			Transetto B			Transetto E		
-4 metri	-8 metri	-16 metri	-4 metri	-8 metri	-16 metri	-4 metri	-8 metri	-16 metri
187.8	263.5	207.7	99.8	160.8	-	120.4	203.7	207.8
Indice IFG (superficie fogliare/m ² di fondale)								
Transetto A			Transetto B			Transetto E		
-4 metri	-8 metri	-16 metri	-4 metri	-8 metri	-16 metri	-4 metri	-8 metri	-16 metri
6.0	9.7	4.1	4.7	7.2	-	4.7	4.9	3.8

8 PRINCIPALI PARAMETRI DI QUALITÀ DELLE ACQUE

A supporto delle indagini biologiche sopra riportate, sono stati determinati i parametri chimico-fisici rilevati mediante sonda multiparametrica Seabird 19v plus nei quattro transetti di riferimento (A, B, D, E) a tre diverse distanze dalla costa (500, 1000 e 2000 m). Le stazioni di campionamento sono indicate in figura 10.

Nelle tabelle 4-11 dell'Appendice sono riportati i valori determinati nei punti considerati e di seguito i relativi grafici inerenti ai valori di temperatura (figure 8.1-8.2).

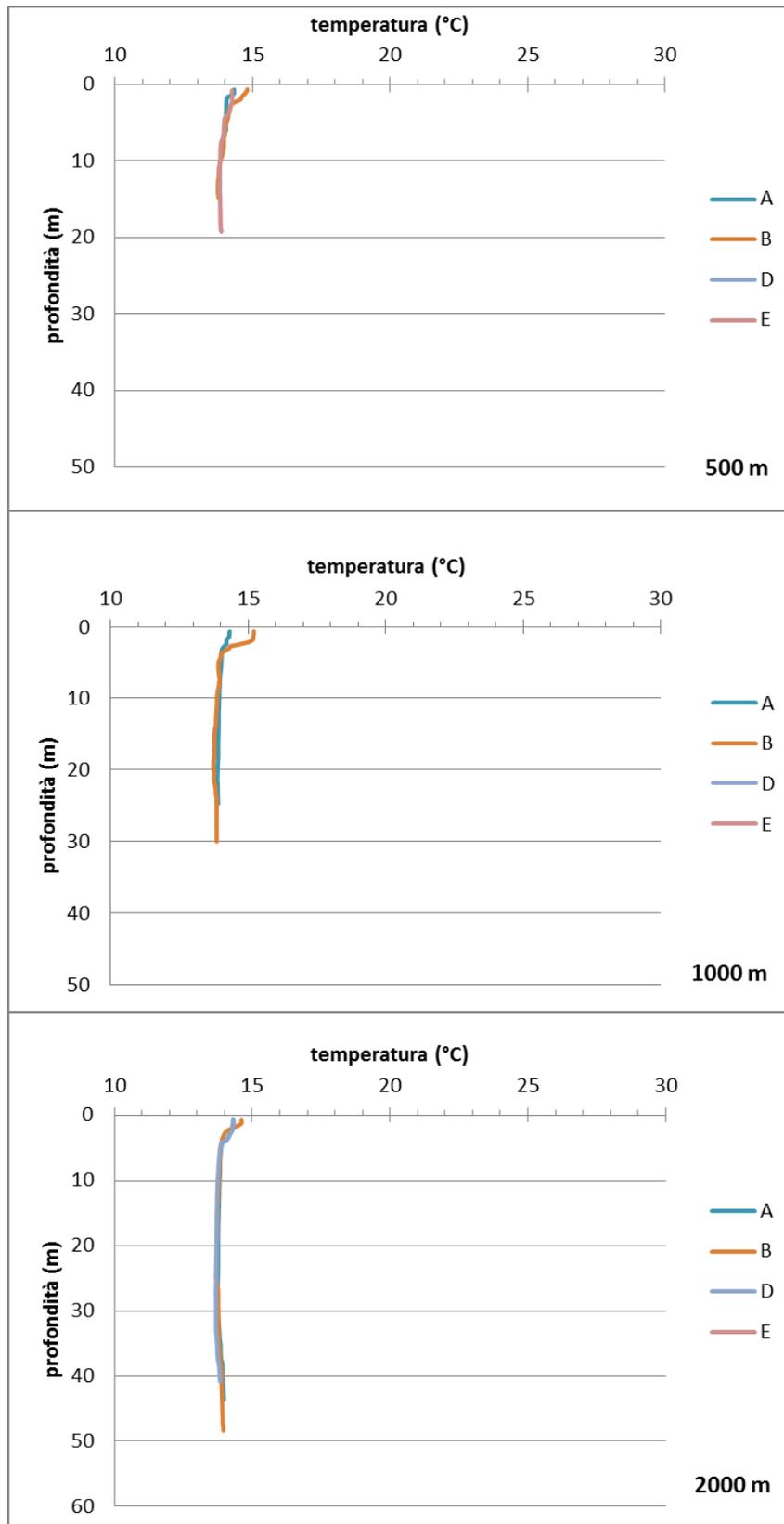


Figura 8.1 Andamento della temperatura nei quattro transetti (inverno 2018)

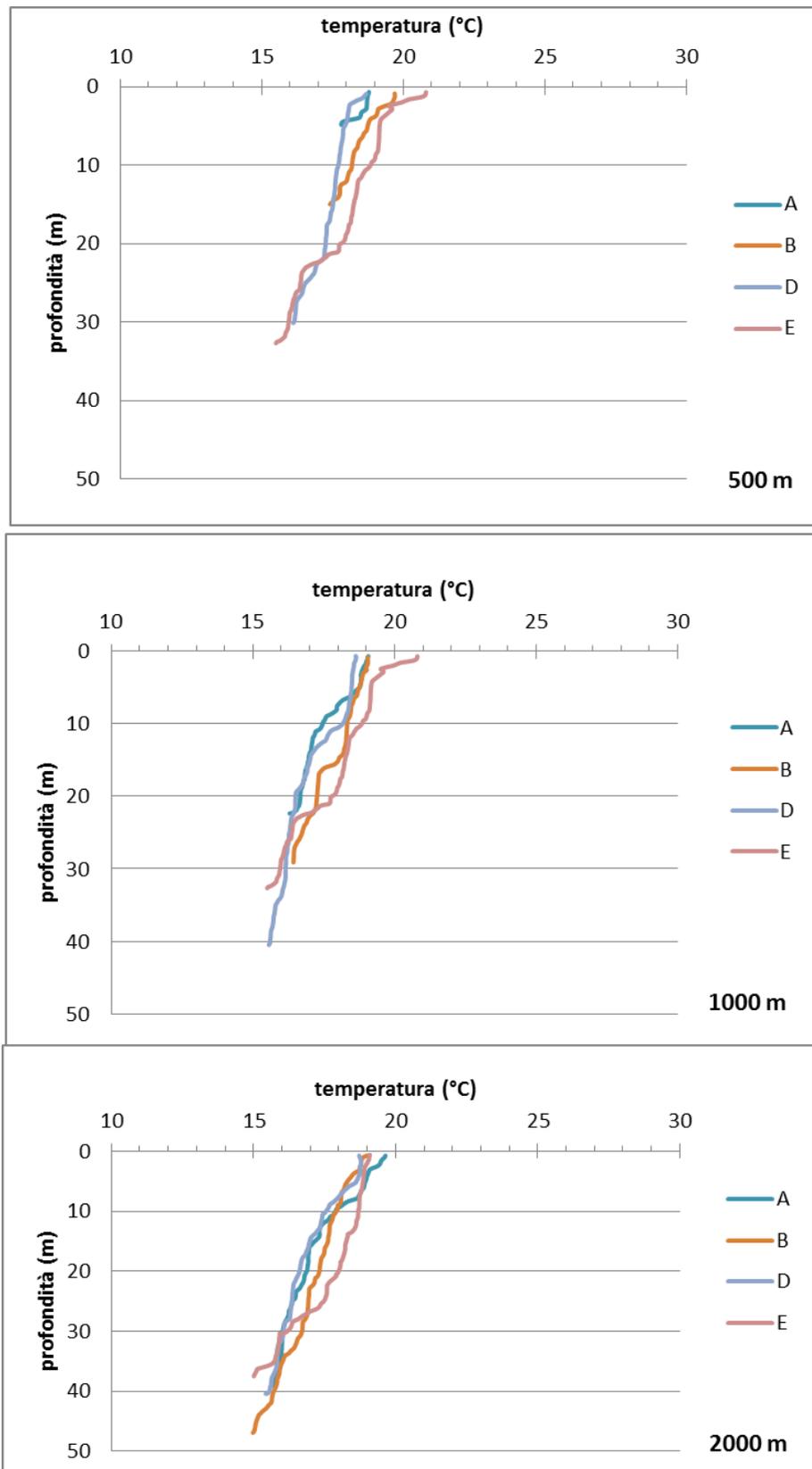


Figura 8.2 Andamento della temperatura nei quattro transetti (estate 2018)

Per quanto riguarda la temperatura dell'acqua di mare nel tratto in oggetto, confrontando i valori rilevati nei quattro transetti, si evidenzia un andamento piuttosto simile, caratterizzato da profili quasi sovrapponibili, soprattutto nella campagna invernale. In inverno infatti i valori sono compresi complessivamente tra 13.7 e 15.2 °C.

Per quanto riguarda la stagione estiva, i profili hanno andamenti simili nonostante un leggero differenziamento nei metri superficiali che si annulla al di sotto del termocline a circa 15 m di profondità. Nel complesso i valori di temperatura sono compresi tra 15 e 21°C.

Di seguito si riportano per entrambe le stagioni i range di valori relativi agli altri parametri indagati tramite sonda multiparametrica. Nel complesso l'analisi dei valori registrati conferma l'assenza di effetti dovuti alla presenza di scarichi termici correlabili ad attività antropiche.

Tabella 8.1: range riscontrati in inverno e in estate relativi ai parametri di caratterizzazione della colonna d'acqua

	Inverno	Estate
Temperatura	13.69°-15.20 °C	14.98 – 21.03 °C
Salinità	37.81 – 38.14 ‰	37.65 – 38.14‰
Ossigeno disciolto	7.04 – 8.67 mg/l	7.32 – 8.22 mg/l
Saturazione ossigeno	87.1-106.6 %	93.6 – 109.8%
pH	8.31 – 8.38	8.01 – 8.20
Clorofilla <i>a</i>	< 0.01 - 1.75 µg/l	< 0.01 – 0.76µg/l

Nella tabella seguente sono inoltre indicate le concentrazioni dei nutrienti sui campioni di acqua di mare prelevati nelle campagne invernali ed estive nell'anno di monitoraggio.

Tabella 8.2: Concentrazioni dei nutrienti rilevate nei quattro transetti alle tre diverse distanze dalla costa nelle due stagioni 2018.

		NH ₄ (μmol/l)	NO ₂ ⁻ (μmol/l)	NO ₃ ⁻ (μmol/l)	PO ₄ (μmol/l)	N tot (μmol/l)	P tot (μmol/l)
Inverno							
Transetto A	500 m	0.17	0.32	0.96	0.02	15.09	0.07
	1000 m	<0.02	0.24	0.69	0.02	14.41	0.04
	2000 m	0.19	0.16	0.40	0.01	12.42	0.06
Transetto B	500 m	0.06	0.18	0.45	0.01	17.08	0.05
	1000 m	<0.02	0.19	0.44	0.01	17.29	0.08
	2000 m	0.04	0.14	0.27	0.01	16.65	0.06
Transetto D	500 m	0.22	0.15	0.44	0.02	8.99	0.07
	1000 m	0.09	0.27	0.64	0.02	13.96	0.05
	2000 m	<0.02	0.18	0.30	0.02	16.76	0.09
Transetto E	500 m	0.09	0.17	0.41	0.01	14.33	0.07
	1000 m	0.19	0.25	0.47	0.07	15.13	0.10
	2000 m	0.12	0.20	0.37	<0.01	12.74	0.04
Estate							
Transetto A	500 m	0.33	0.02	0.56	0.04	6.92	0.15
	1000 m	1.88	0.02	2.10	0-08	25.59	0.14
	2000 m	0.21	< 0.01	1.08	0-05	10.31	0.10
Transetto B	500 m	0.34	0.02	0.53	0.04	8.39	0.09
	1000 m	0.40	0.01	0.50	0.04	8.79	0.13
	2000 m	0.26	0.01	1.15	0.03	9.35	0.08
Transetto D	500 m	0.51	0.01	0.52	0.03	9.97	0.09
	1000 m	0.39	0.02	0.68	0.04	9.50	0.08
	2000 m	0.34	0.01	0.82	0.05	11.04	0.09
Transetto E	500 m	0.44	0.02	2.49	0.11	12.70	0.19
	1000 m	4.47	0.03	4.19	0.17	58.00	0.24
	2000 m	0.34	0.02	0.68	0.02	11.04	0.08

Anche le concentrazioni dei nutrienti considerati indicano l'assenza di variazioni di rilievo tra i diversi transetti e alle diverse distanze dalla costa.

Viene in generale confermata l'assenza di evidenti variazioni imputabili ad attività antropiche anche per quanto riguarda la composizione dei principali nutrienti dell'acqua di mare in tutto il tratto esaminato.

9 CONCLUSIONI

Le indicazioni emerse al termine delle indagini svolte nell'anno 2018 nell'area compresa tra Punta S. Agostino e Capo Linaro, che comprende quindi la zona prospiciente la Centrale di Torrevaldaliga, hanno permesso di evidenziare quanto segue.

Per quanto riguarda la composizione tassonomica e la struttura di comunità fitoplanctonica le stazioni sono risultate piuttosto omogenee.

Le caratteristiche della comunità indicano ambienti pelagici senza contributi di risospensione di sedimenti dal fondale. L'indice MPI (Multimetric Phytoplankton Index) indica condizioni simili in tutte le stazioni e che la qualità delle acque risulta invariata rispetto al monitoraggio del 2016.

Le variazioni evidenziate nella composizione della comunità sono principalmente dovute all'alternanza di blooms demografici di diatomee in primavera-estate e di nanoflagellate in autunno-inverno.

Le principali differenze, seppur non significative dal punto di vista statistico, sono emerse in funzione dell'abbondanza cellulare, inferiore nella stazione in corrispondenza del Porto e nettamente maggiore nella stazione antistante la Centrale soprattutto durante la fioritura. Dal punto di vista della composizione tassonomica, si riporta la presenza dominante di diatomee, con forme tipicamente pelagiche e coloniali come *Leptocylindrus spp.*, *Cerataulina pelagica*, *Chaetoceros spp.* e *Pseudonitzschia spp.* Le caratteristiche della comunità indicano ambienti pelagici senza contributi di risospensione di sedimenti dal fondale, a eccezione di casi isolati.

La comunità zooplanctonica in prossimità dello scarico a mare della Centrale di Torrevaldaliga Nord non mostra differenze strutturali riconducibili all'eventuale disturbo provocato dallo scarico della Centrale. Le comunità zooplanctoniche in quel tratto di Mare Tirreno sono simili e presentano variazioni di tipo stagionale; si distingue infatti chiaramente una stagionalità nella composizione delle comunità.

La composizione specifica e la struttura in gruppi ecologici della comunità del macrobenthos rientra in tutte le stazioni nel quadro di condizioni ambientali soddisfacenti ai sensi del Dl. 260/10. L'indice M-AMBI suggerisce la presenza di condizioni ottimali, anche in relazione agli elevati valori di diversità e numero di taxa, solitamente indicativi di condizioni di elevata qualità ambientale.

Malgrado l'indice M-AMBI sia stato sviluppato per valutare lo stato di qualità su fondi mobili e i limiti di riferimento utilizzati si riferiscano al solo macrotipo 3, la predominanza di organismi sensibili e indifferenti, insieme alla presenza estremamente ridotta di organismi opportunisti, fornisce una chiara indicazione della presenza di uno stato di qualità non perturbato ai sensi del Dl. 260/10.

La prateria di *Posidonia oceanica* indagata si classifica secondo Giraud come "densa", nelle stazioni sottocosta e "rada" o "molto rada" nelle stazioni a batimetriche maggiori,

rispecchiando la normale distribuzione della fanerogama fotofila che riduce la sua densità a profondità maggiori a seguito della minore intensità luminosa. Complessivamente l'andamento della distribuzione della *Posidonia* nell'area di studio è in linea con quello rilevato lungo tutto il Mediterraneo e in particolar modo nelle coste laziali, spesso soggette ad attività di pesca a strascico.

Le caratterizzazioni di qualità delle acque marine, effettuate nella stagione invernale ed estiva, indicano valori generalmente omogenei per i transetti esaminati alle diverse distanze dalla costa, in riferimento a tutti i parametri chimico-fisici rilevati.

Sulla base di tutte le campagne effettuate per il monitoraggio marino dell'area presa in considerazione, non si rileva, anche per il 2018, la presenza di anomalie significative sull'ecosistema e, di conseguenza, di effetti derivanti dall'esercizio della centrale e dalla presenza dello scarico termico. A riprova di quanto indicato, si evidenzia che le componenti biologiche analizzate sono in grado di rappresentare la risposta degli ecosistemi a situazioni di eventuali *stress* e di fornire quindi informazioni sulla qualità dell'ambiente o di una parte di esso; ciò avviene attraverso cambiamenti identificabili, quali variazioni della composizione e della struttura delle popolazioni rappresentate. In realtà tali componenti, esaminate nel periodo di monitoraggio considerato, risultano omogenee nella loro distribuzione spaziale e temporale e le fluttuazioni osservate sono in linea con le usuali variazioni di tipo stagionale.

10 BIBLIOGRAFIA

AVANCINI M., CICERO A.M., DI GIROLAMO I., INNAMORATI M., MAGALETTI E., SERTORIO ZUNINI T. 2006. Guida al riconoscimento del plancton dei mari italiani, Vol. I - Fitoplancton, 503 pp., Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare - ICRAM, Roma.

BASSET A., SANGIORGIO F., PINNA M. (2004). Monitoring with benthic macroinvertebrates: advantages and disadvantages of body size related descriptors. *Aquatic Conservation, Marine and Freshwater Ecosystems* 14: 43-58.

BELLAN-SANTINI D., KARAMAN G., KRAPP-SCHICKEL G., LEDOYER M., MYERS A.A., RUFFO S. & SCHIECKE U., 1982. The Amphipoda of the Mediterranean. Part 1 - Gammaridea. *Mémoires de l'Institut Océanographique, Monaco*, 1-364.

BELLAN-SANTINI D., DIVIACCO G., KRAPP-SCHICKEL G., MYERS A.A. & RUFFO S., 1989. The Amphipoda of the Mediterranean. Part 2 - Gammaridea. *Mémoires de l'Institut Océanographique, Monaco*, 365-576.

BELLAN-SANTINI D., KARAMAN G., KRAPP-SCHICKEL G., LEDOYER M. & RUFFO S., 1993. The Amphipoda of the Mediterranean. Part 3 - Gammaridea, Ingolfiellidea, Caprellidea. *Mémoires de l'Institut Océanographique, Monaco*, 577-813.

BELLAN-SANTINI D., KARAMAN G.S., LEDOYER M., MYERS A.A., RUFFO S. & VADER W., 1998. The Amphipoda of the Mediterranean. Part 4. Localities and maps, Addenda to parts 1-3, Key to families, Ecology, Faunistics and zoogeography, Bibliography, Index. *Mémoires de l'Institut Océanographique, Monaco*, 815-959.

BIANCHI C.N., 1981. Policheti Serpuloidei. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque lagunari e costiere italiane. AQ/1/96, Vol.5. Consiglio Nazionale delle Ricerche, 187 pp.

BORJA Á., FRANCO J. & PÉREZ V., 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin* 40, 1100-1114.

BORJA Á. & MUXICA I., 2003. Guidelines for the use of AMBI (AZTI's Marine Biotic Index) in the assessment of the benthic ecological quality. *Marine Pollution Bulletin* 50, 787-789.

BOUVIER E.L., 1923. Faune de France. Pycnogonides. *Fédération Française des Sociétés des Sciences Naturelles, Paris*, 69 pp.

Cataletto B., Cabrini M., De Vittor C., De Olazabal A., Fabbro C., Fornasaro D., Lipizer M., Monti M. 2014. Il plancton come supporto alla valutazione sull'impatto ambientale di un relitto di traghetto bruciato in un'area portuale: un approccio interdisciplinare .45° Congresso della Società Italiana di Biologia Marina. Venezia, 19-23 maggio 2014. Pre-print: 6-9.

CIRONI R., IOANNILLI E., VITALI R., (1993) Assessment of effects of coastal power plants on marine biological resources in Italy. COSU III, 30 Marzo / 2 Aprile, Santa Margherita Ligure.

CLARKE K.R. & GORLEY R.N., 2006. PRIMER v6: User Manual/Tutorial. PRIMER-E, Plymouth.

COSSIGNANI T., COSSIGNANI V., DI NISIO A. & PASSAMONTI M., 1992. Atlante delle conchiglie del Medio Adriatico. Edizioni L'informatore Piceno, Ancona: 126 pp.

COTTIGLIA M., 1983. Crostacei decapodi lagunari. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque lagunari e costiere italiane. C.N.R.; AQ/1/225: 148 pp.

D'ANGELO G. & GARGIULLO S., 1978. Guida alle conchiglie del Mediterraneo. Fabbri Editori, Milano: 224 pp.

FACCA C., BERNARDI AUBRY F., SOCAL G., PONIS E., ACRI F., BIANCHI F., GIOVANARDI F., SFRISO A. 2014. Description of a Multimetric Phytoplankton Index (MPI) for the assessment of transitional waters. Marine Pollution Bulletin, 79: 145-154.

DALY YAHIA, M.N., SOUSSI S., DALY YAHIA O., 2004. Spatial and temporal structure of planktonic copepods in the Bay of Tunis (Southwestern Mediterranean Sea). Zool. Studies 43, 366-375

DI CAPUA I., MAZZOCCHI M.G. 2009. Distribuzione verticale e dinamica stagionale del mesozooplankton nel Mar Tirreno Meridionale. Workshop annuale VECTOR.

FALCIAI L. & MINERVINI R., 1992. Guida dei crostacei decapodi in Europa. Franco Muzzio Editore, Padova: 282 pp.

FAUVEL P., 1923. Faune de France, Polychètes errantes. Fédération Française des Sociétés des Sciences naturelles. Office central de Faunistique Paris. Ed. Le Chevalier Paris: 488 pp.

FAUVEL P., 1927. Faune de France, Polychètes sédentaires. Fédération Française des Sociétés des Sciences naturelles. Office central de Faunistique Paris. Ed. Le Chevalier Paris: 494 pp.

FERREIRA J. G., VALE C., SOARES C. V., SALAS F., STACEY P. E., BRICKER S. B., SILVA M.C., MARQUES J. C. (2007) Monitoring of coastal and transitional waters under the E.U. Water Framework Directive. Environmental Monitoring Assessment, 135: 195-216.

GIANGRANDE A. (1988) Polychaete zonation and its relation to algal distribution down a vertical cliff in the western Mediterranean (Italy): a structural analysis. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 120, 263-276.

GIANNUZZI-SAVELLI R., PUSATERI F., PALMERI A. & EBREO C., 1999. Atlante delle conchiglie marine del Mediterraneo, Volume 3 - Caenogastropoda Parte 2: Ptenoglossa. Evolver, Roma, 127 pp.

GIANNUZZI-SAVELLI R., PUSATERI F., PALMERI A., EBREO C., COPPINI M., MARGELLI A. & BOGI C., 2001. Atlante delle conchiglie marine del Mediterraneo, Volume 7. Bivalvia: Protobranchia-Pteriomorpha. Evolver, Roma, 246 pp.

GIANNUZZI-SAVELLI R., PUSATERI F., PALMERI A. & EBREO C., 2002. Atlante delle conchiglie marine del Mediterraneo, Vol 2 - Parte prima. Caenogastropoda: Discopoda - Heteropoda. Evolver, Roma, 258 pp.

GIANNUZZI-SAVELLI R., PUSATERI F., PALMERI A. & EBREO C., 2003. Atlante delle conchiglie marine del Mediterraneo, Volume 4 - Parte prima. Neogastropoda: Muricoidea. Evolver, Roma, 298 pp.

GRAY J.S. (1981) The ecology of marine sediments. Barnes R.S.K., Miller P.L., Paul J., Rees T. Eds, Cambridge University Press, 185 pp.

HALLFORS G., MELVASALO T., VILJAMA H. (1979) Effects of different fixatives and preservation on phytoplankton counts. Publication of the Water Research Institute, National Board of the Waters, Finland, 34: 25-34

HAWKES H. A. (1979) Invertebrates as indicator of river water quality. In: James A., Evison L. (Eds) Biological Indicators of Water Quality. John Wiley, Chichester, pp. 17-61.

HOLDICH D.M. & JONES J.A., 1983. Tanaids. Cambridge University Press, Cambridge, 98 pp.

IOANNILLI E., FRANCO M.A. (1988) Considerazioni metodologiche degli effetti di scarichi termici sugli ecosistemi costieri. Inquinamento - n. 5.

ISPRA 2010 "Metodologie di studio del plancton marino".

KRUSKAL J. B., 1964. Nonmetric multidimensional scaling: a numerical method. *Psychometrika*, 29: 115-129.

LICCIANO M., CAFORIO S., GIANGRANDE A. (2002) Anellidi policheti come indicatori di qualità ambientale. P.I.C. Interreg II Italia Grecia. Le raccolte scientifiche. Ed. Pensa Multimedia, 1-453.

MUSCO L., CAVALLO A., GIANGRANDE A. (2004) I sillidi (Annelida, Polychaeta) del litorale brindisino: possibilità di un loro impiego come indicatori di qualità dell'ambiente. *Thalassia Salentina*, 27, 161-174

Mazzocchi, M.G., Ribera d'Alcala, M. 1995. Recurrent patterns in zooplankton structure and succession in a variable coastal environment. *ICES Journal of Marine Science* 52, 679-691.

MUXIKA I., BORJA A., BALD J. (2007) Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive. *Mar. Poll. Bull.*, 55, 16-29.

NAYLOR E., 1972. British Marine Isopods. Academic Press London and New York, 86 pp.

- PARENZAN P., 1970. Carta d'identità delle conchiglie del Mediterraneo. Volume I. Gasteropodi. Bios Taras, Taranto, 283 pp.
- PAFFENHÖFER, G.A. 1993. On the ecology of marine cyclopoid copepods (Crustacea, Copepoda). *J. Plankton Res.* 15, 37–55.
- PARENZAN P., 1974. Carta d'identità delle conchiglie del Mediterraneo. Volume II. Bivalvi parte I. Bios Taras, Taranto, 277 pp.
- PARENZAN P., 1976. Carta d'identità delle conchiglie del Mediterraneo. Volume II. Bivalvi parte II. Bios Taras, Taranto, 262 pp.
- PEARSON T.H., ROSENBERG R. (1978) Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr. Mar. Biol.: Ann. Rev.* 16, 229–311.
- PERAGALLO, M.M.H. & M. PERAGALLO, 1897-1908. Diatomées Marines de France et des Districts Maritimes Voisins. M.J. Tempere ed., Grez-sur-Loing.
- PÉRÈS J.M. & PICARD J., 1964. Nouveau manuel de bionomie benthique de la Méditerranée. *Recueil des Travaux de la Station Marine d'Endoume* 31, 5 - 137.
- PICARD J., 1965. Recherches qualitatives sur les biocoenoses marines des substrats meubles dragables de la région marseillaise. *Recueil des Travaux de la Station marine d'Endourne* 36, 1-159.
- PIELOU E.C., 1974. Population and community ecology: principles and methods. Gordon and Breach, New York, 424 pp.
- PINNA M., GRAVILI L., BASSET A. (2007) Response of benthic macroinvertebrate community descriptors to chemical pollution in the aquatic ecosystems of Fiume Grande and Punta della Contessa salt pans (Brindisi, Italy). In: Pinna M., Uricchio V. F., Aresta M. and Basset A. (Eds). *Rivers and citizens, cross-border experiences in environmental protection and sustainable development*, Coordinamento SIBA, Università del Salento, ISBN 978-88-8305-049-7, pp. 107-117.
- PLATT T., FILION C. (1973) Spatial variability of the productivity: biomass ratio for phytoplankton in a small marine basin. *Limnology and Oceanography* 18: 743-749.
- RIEDL R., 2005. Fauna e flora del Mediterraneo. Franco Muzzio Editore, Roma, 777 pp.
- SALAS F., NETO J. M., BORJA A., MARQUES J. C. (2004). Evaluation of the applicability of a marine biotic index to characterize the status of estuarine ecosystems: The case of Mondego estuary (Portugal). *Ecological Indicators* 4:215–225.
- SHANNON C.E. & WEAVER W., 1949. The mathematical theory of communication. The University of Illinois Press, Vol 1, 117pp.
- SHEPARD R.N., 1962. The analysis of proximities: multidimensional scaling with an unknown distance function. *Psychometrika* 27, 125-140.

SIBM – APAT – ICRAM “Manuale di metodologie di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo” (2003) Gambi M.C., Dappiano M Ed., - Vol. 10 Suppl.

Šupraha L., Bosak S., Ljubešić Z., Mihanović H., Olujić G., Mikac I., Viličić D. 2014. Cryptophyte bloom in a Mediterranean estuary: High abundance of *Plagioselmis* cf. *prolongain* the Krka River estuary (eastern Adriatic Sea). *Scientia marina*, 78

Tomas, C.R., 1993. *Marine Phytoplankton. A Guide to Naked Flagellates and Coccolithophorids*. Academic Press, San Diego.

Tomas, C.R., 1996. *Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates*. Academic Press, San Diego.

TORTONESE E., 1965. *Fauna d'Italia. Echinodermata*. Edizioni Calderoni, Bologna: 422 pp.

UTERMÖHL, H., 1958. Zur Vervollkomnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. Int. Verein. Limnol.* 9, 1-38.

BIBLIOGRAFIA consultata per l'analisi tassonomica del macrobenthos

Policheti

FAUVEL P. (1923). *Faune de France, 5 - Polychètes errantes*. Federation Française des Sociétés de Sciences Naturelles Office Central de Faunistique

FAUVEL P. (1927). *Faune de France, 16 - Polychètes Sedentaires*. Federation Française des Sociétés de Sciences Naturelles Office Central de Faunistique.

Crostacei

BOUVIER E.L., 1923. *Faune de France. Pycnogonides*. Fédération Française des Sociétés des Sciences Naturelles, Paris, 69 pp.

NAYLOR, E., 1972: *British marine Isopods. Synopses of the British fauna No. 3*, 86 pp..

Echinodermi

TORTONESE E., *Echinodermata*. Edizioni Calderini Bologna, 422, 1965.

Molluschi

D'ANGELO G. & GARGIULLO S., 1978. *Guida alle conchiglie del Mediterraneo*. Fabbri Editori, Milano: 224 pp.

PARENZAN P., 1970. *Carta d'identità delle conchiglie del Mediterraneo. Volume I. Gasteropodi*. Bios Taras, Taranto, 283 pp.

PARENZAN P., 1974. *Carta d'identità delle conchiglie del Mediterraneo. Volume II. Bivalvi parte I*. Bios Taras, Taranto, 277 pp.

PARENZAN P., 1976. *Carta d'identità delle conchiglie del Mediterraneo. Volume II. Bivalvi parte II*. Bios Taras, Taranto, 262 pp.

SIBM – APAT – ICRAM “Manuale di metodologie di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo” (2003) Gambi M.C., Dappiano M Ed., - Vol. 10 Suppl.

11 APPENDICE

Tabelle relative alle indagini condotte su:

- fenologia di *Posidonia oceanica*
- parametri chimico-fisici delle acque

Nei file allegati sono disponibili le Appendici relative alle elaborazioni effettuate sulla comunità planctonica e su quella macrobentonica, nel dettaglio:

Allegato 1 Fitoplancton

- Appendice I Fitoplancton: dati di abbondanza
- Appendice II Fitoplancton: valori degli indici univariati
- Appendice III Fitoplancton: risultati analisi SIMPER
- Appendice IV Fitoplancton: risultati analisi SIMPER

Allegato 2 Zooplancton

- Appendice I Zooplancton: dati di abbondanza
- Appendice II Zooplancton: valori degli indici univariati
- Appendice III Zooplancton: risultati analisi SIMPER
- Appendice IV Zooplancton: risultati analisi SIMPER

Allegato 3 Macrozoobenthos

- Appendice I Macrozoobenthos: lista tassonomica e abbondanze
- Appendice II Macrozoobenthos: valori media di abbondanza
- Appendice III Macrozoobenthos: valori medi di abbondanza percentuale
- Appendice IV Macrozoobenthos: valori degli indici strutturali
- Appendice V Macrozoobenthos: risultati dell'analisi SIMPER
- Appendice VI Macrozoobenthos: risultati dell'analisi SIMPER
- Appendice VII Macrozoobenthos: risultati dell'analisi SIMPER

Tabella 1 Analisi fenologiche su *Posidonia oceanica* nel transetto A alle tre diverse profondità (estate 2018).

Legenda	
LAI A.	= Lunghezza media foglie adulte x larghezza media foglie adulte x n° medio foglie adulte /fascio
LAI I.	= Lunghezza media foglie interm. x larghezza media foglie interm. x n° medio foglie interm. /fascio
LAI G.	= Lunghezza media foglie giov. x larghezza media foglie giov. x n° medio foglie giov. /fascio
LAI	= LAI A. + LAI I. +LAI G.

	A		
	- 4 m	- 8 m	- 16 m
Densità fasci m ²	317	367	199
Stadio prateria (GIRAUD 1977):	rada	rada	molto rada
Numero medio foglie	7.2	6.8	7.1
Lunghezza media foglie giovanili (cm)	1.6	1.3	1.8
Larghezza media foglie giovanili (cm)	0.6	0.6	0.6
Numero medio foglie giovanili per fascio	1.5	1.3	1.2
LAI G. (Superficie fogliare media foglie giovanili)	1.6	1.1	1.3
Lunghezza media foglie intermedie (cm)	36.0	50.1	44.6
Larghezza media foglie intermedie (cm)	0.9	0.9	0.9
Numero medio foglie intermedie per fascio	2.5	2.5	2.5
LAI I. (Superficie fogliare media foglie intermedie)	77.5	114.2	96.3
Lunghezza media foglie adulte (cm)	38.8	51.6	35.5
Larghezza media foglie adulte (cm)	0.9	0.9	0.9
Numero medio foglie adulte per fascio	3.2	3.1	3.4
LAI A. (Superficie fogliare media foglie adulte)	108.7	148.2	110.1
LAI (Superficie fogliare globale)	187.8	263.5	207.7
LAI m2 (Superficie fogliare globale nel m²)	59533.7	96705.1	41339.2
IFG (Superficie fogliare /m² di fondale)	6.0	9.7	4.1
Coefficiente A G (% apici fogliari erosi)	1.9	8.2	0.0
Incidenza di pascolo (%)	56.0	67.7	15.1

Tabella 2: Analisi fenologiche su *Posidonia oceanica* nel transetto B alle tre diverse profondità (estate 2018). Nella stazione B – 16 m la *Posidonia* non è stata trovata.

	B	
	- 4 m	- 8 m
Densità fasci m ²	473	448
Stadio prateria (GIRAUD 1977):	densa	densa
Numero medio foglie	5.5	6.7
Lunghezza media foglie giovanili (cm)	1.0	1.3
Larghezza media foglie giovanili (cm)	0.5	0.6
Numero medio foglie giovanili per fascio	0.9	1.3
LAI G. (Superficie fogliare media foglie giovanili)	0.5	1.0
Lunghezza media foglie intermedie (cm)	28.1	35.6
Larghezza media foglie intermedie (cm)	0.7	0.8
Numero medio foglie intermedie per fascio	2.5	2.6
LAI I. (Superficie fogliare media foglie intermedie)	47.6	73.8
Lunghezza media foglie adulte (cm)	27.5	28.4
Larghezza media foglie adulte (cm)	0.7	0.9
Numero medio foglie adulte per fascio	2.6	3.2
LAI A. (Superficie fogliare media foglie adulte)	51.7	86.0
LAI (Superficie fogliare globale)	99.8	160.8
LAI m² (Superficie fogliare globale nel m²)	47192.9	72039.0
IFG (Superficie fogliare /m² di fondale)	4.7	7.2
Coefficiente A G (% apici fogliari erosi)	4.0	8.1
Incidenza di pascolo (%)	61.8	58.8

Tabella 3: Analisi fenologiche su *Posidonia oceanica* nel transetto E alle tre diverse profondità (estate 2018).

	E		
	- 4 m	- 8 m	- 16 m
Densità fasci m ²	388	367	181
Stadio prateria (GIRAUD 1977):	rada	rada	molto rada
Numero medio foglie	6.0	6.5	6.7
Lunghezza media foglie giovanili (cm)	1.9	1.4	1.3
Larghezza media foglie giovanili (cm)	0.7	0.7	0.6
Numero medio foglie giovanili per fascio	1.5	1.3	1.0
LAI G. (Superficie fogliare media foglie giovanili)	1.8	1.2	0.7
Lunghezza media foglie intermedie (cm)	30.4	39.5	46.9
Larghezza media foglie intermedie (cm)	0.8	0.9	0.8
Numero medio foglie intermedie per fascio	2.1	2.3	2.5
LAI I. (Superficie fogliare media foglie intermedie)	51.8	84.7	97.4
Lunghezza media foglie adulte (cm)	34.2	43.6	44.8
Larghezza media foglie adulte (cm)	0.8	1.0	0.8
Numero medio foglie adulte per fascio	2.4	2.8	2.9
LAI A. (Superficie fogliare media foglie adulte)	66.8	117.7	109.7
LAI (Superficie fogliare globale)	120.4	203.7	207.8
LAI m² (Superficie fogliare globale nel m²)	46697.5	49435.9	37603.4
IFG (Superficie fogliare /m² di fondale)	4.7	4.9	3.8
Coefficiente A G (% apici fogliari erosi)	16.0	3.2	0.0
Incidenza di pascolo (%)	52.9	52.5	35.4

Tabella 4: Parametri chimico-fisici rilevati nei campioni di acqua nel transetto A alle diverse distanze dalla costa (inverno 2018)

Profondità (m)	Temperatura (°C)	Conducibilità (mS/cm)	Salinità (‰)	O ₂ (mg/L)	O ₂ (%sat)	pH	Clorofilla a (µg/L)	Disco Secchi (m)
500 m								
0	14.33	45.57	38.09	7.79	96.28	8.35	0.00	5
1	14.33	45.57	38.09	7.79	96.35	8.35	-0.03	
2	14.06	45.29	38.09	7.98	98.14	8.37	-0.02	
3	14.04	45.28	38.09	8.29	101.93	8.37	0.00	
4	14.04	45.27	38.09	8.28	101.76	8.37	0.03	
5	14.03	45.26	38.09	8.29	101.90	8.37	0.08	
6	14.04	45.27	38.09	8.43	103.62	8.38	0.08	
7	14.04	45.27	38.09	8.77	107.79	8.38	0.16	
1000 m								
0	14.32	45.54	38.08	7.76	95.95	8.34	-0.05	5,5
1	14.31	45.55	38.08	7.76	95.90	8.34	-0.06	
2	14.20	45.44	38.09	7.80	96.23	8.34	-0.03	
3	14.06	45.26	38.05	7.84	96.39	8.34	0.00	
4	14.03	45.25	38.08	7.81	96.00	8.34	0.07	
5	14.01	45.23	38.08	7.85	96.40	8.34	0.11	
6	13.99	45.21	38.08	7.89	96.87	8.34	0.19	
7	13.97	45.19	38.08	7.89	96.82	8.34	0.18	
8	13.96	45.18	38.08	7.86	96.41	8.34	0.25	
9	13.94	45.16	38.08	7.82	95.95	8.34	0.32	
10	13.94	45.15	38.08	7.87	96.58	8.34	0.42	
11	13.93	45.15	38.08	7.84	96.09	8.34	0.37	
12	13.92	45.14	38.08	7.83	96.05	8.34	0.49	
13	13.92	45.14	38.08	7.84	96.11	8.34	0.46	
14	13.91	45.13	38.08	7.84	96.15	8.33	0.57	
15	13.91	45.13	38.08	7.83	96.02	8.33	0.60	
16	13.91	45.13	38.08	7.84	96.09	8.33	0.56	
17	13.91	45.13	38.08	7.83	96.03	8.33	0.70	
18	13.90	45.13	38.08	7.85	96.25	8.33	0.81	
19	13.89	45.11	38.08	7.86	96.27	8.33	0.78	
20	13.88	45.11	38.08	7.83	96.00	8.33	0.64	
21	13.88	45.10	38.08	7.82	95.83	8.33	0.53	
22	13.88	45.11	38.09	7.82	95.86	8.33	0.61	
23	13.89	45.13	38.09	7.80	95.64	8.33	0.63	
24	13.90	45.14	38.10	7.75	95.04	8.33	0.70	
2000 m								
0	14.31	45.50	38.04	7.92	97.89	8.34	0.06	7,5
1	14.32	45.51	38.04	7.92	97.92	8.34	0.00	
2	14.28	45.46	38.03	7.94	98.05	8.34	0.07	
3	14.16	45.33	38.03	7.97	98.19	8.33	0.07	
4	13.95	45.08	38.00	7.98	97.88	8.34	0.15	
5	13.86	45.02	38.02	7.93	97.08	8.34	0.17	
6	13.84	45.00	38.03	8.00	97.88	8.34	0.18	
7	13.83	44.99	38.03	8.02	98.11	8.34	0.31	
8	13.83	44.99	38.03	7.99	97.77	8.34	0.41	
9	13.83	44.99	38.03	7.99	97.81	8.34	0.43	
10	13.81	44.97	38.04	7.96	97.37	8.34	0.49	
11	13.80	44.97	38.04	7.97	97.43	8.34	0.56	
12	13.80	44.97	38.04	7.95	97.24	8.34	0.60	
13	13.79	44.96	38.04	7.98	97.56	8.33	0.77	
14	13.78	44.95	38.03	7.95	97.24	8.34	0.75	
15	13.78	44.94	38.04	7.96	97.29	8.34	0.82	
16	13.77	44.94	38.03	7.97	97.41	8.34	0.88	
17	13.77	44.93	38.03	7.97	97.42	8.34	0.89	

Profondità (m)	Temperatura (°C)	Conducibilità (mS/cm)	Salinità (‰)	O ₂ (mg/L)	O ₂ (%sat)	pH	Clorofilla <i>a</i> (µg/L)	Disco Secchi (m)
18	13.76	44.93	38.03	7.97	97.39	8.34	0.95	
19	13.76	44.93	38.04	7.96	97.30	8.34	0.96	
20	13.76	44.93	38.04	7.97	97.42	8.34	0.95	
21	13.76	44.93	38.04	7.96	97.32	8.34	1.06	
22	13.76	44.93	38.04	7.97	97.42	8.33	1.10	
23	13.76	44.93	38.03	7.98	97.49	8.34	1.05	
24	13.76	44.93	38.04	7.94	96.99	8.33	1.06	
25	13.75	44.92	38.03	7.94	97.05	8.33	1.11	
26	13.75	44.92	38.04	7.95	97.09	8.33	1.23	
27	13.75	44.92	38.04	7.95	97.07	8.33	1.24	
28	13.75	44.92	38.04	7.96	97.28	8.33	1.22	
29	13.74	44.92	38.04	7.94	97.04	8.33	1.30	
30	13.74	44.92	38.04	7.95	97.11	8.33	1.46	
31	13.75	44.94	38.05	7.92	96.80	8.33	1.35	
32	13.78	44.98	38.06	7.91	96.67	8.33	1.26	
33	13.80	45.00	38.06	7.88	96.42	8.33	1.09	
34	13.81	45.02	38.07	7.84	95.92	8.33	1.09	
35	13.84	45.07	38.08	7.81	95.67	8.33	1.05	
36	13.85	45.08	38.08	7.82	95.73	8.33	0.99	
37	13.86	45.09	38.09	7.81	95.62	8.32	1.12	
38	13.92	45.18	38.11	7.78	95.42	8.32	0.94	
39	13.93	45.19	38.11	7.76	95.22	8.32	0.88	
40	13.93	45.21	38.12	7.75	95.04	8.32	0.89	
41	13.95	45.23	38.12	7.74	94.99	8.32	0.75	
42	13.95	45.23	38.12	7.74	95.00	8.32	0.86	
43	13.96	45.26	38.14	7.74	95.01	8.32	0.81	
44	13.97	45.27	38.13	7.66	94.09	8.32	0.81	

Tabella 5: Parametri chimico-fisici rilevati nei campioni di acqua nel transetto B alle diverse distanze dalla costa (inverno 2018)

Profondità (m)	Temperatura (°C)	Conducibilità (mS/cm)	Salinità (‰)	O ₂ (mg/L)	O ₂ (%sat)	pH	Clorofilla a (µg/L)	Disco Secchi (m)
500m								
0	14.80	46.01	38.03	8.04	100.29	8.33	0.06	6,5
1	14.75	45.94	38.02	8.05	100.37	8.34	0.07	
2	14.55	45.71	38.00	8.05	99.94	8.33	0.07	
3	14.19	45.35	38.02	8.01	98.68	8.34	0.14	
4	14.13	45.31	38.04	8.03	98.86	8.34	0.17	
5	14.04	45.20	38.03	8.10	99.49	8.34	0.25	
6	14.00	45.18	38.04	8.05	98.88	8.34	0.28	
7	13.96	45.13	38.04	8.02	98.42	8.34	0.37	
8	13.96	45.14	38.05	8.03	98.48	8.34	0.40	
9	13.92	45.10	38.05	8.02	98.31	8.34	0.52	
10	13.82	44.97	38.02	7.99	97.69	8.34	0.60	
11	13.78	44.93	38.03	7.99	97.65	8.34	0.69	
12	13.77	44.92	38.02	8.00	97.72	8.34	0.81	
13	13.75	44.90	38.03	7.97	97.31	8.34	0.93	
14	13.74	44.90	38.03	7.94	97.02	8.33	1.00	
15	13.78	44.96	38.04	7.97	97.41	8.33	1.45	
1000m								
0	15.20	46.46	38.06	8.08	101.58	8.34	-0.06	4,5
1	15.20	46.46	38.06	8.08	101.58	8.34	-0.06	
2	15.16	46.38	38.02	8.07	101.33	8.34	0.07	
3	14.32	45.47	38.00	7.95	98.20	8.34	0.14	
4	14.01	45.13	38.00	8.05	98.83	8.34	0.30	
5	13.91	45.06	38.01	8.15	99.84	8.35	0.33	
6	13.91	45.08	38.04	8.16	99.96	8.35	0.34	
7	13.93	45.13	38.06	8.18	100.34	8.35	0.42	
8	13.94	45.12	38.04	8.11	99.46	8.35	0.35	
9	13.88	45.04	38.03	8.07	98.84	8.35	0.47	
10	13.86	45.03	38.04	8.04	98.41	8.34	0.54	
11	13.85	45.01	38.03	8.06	98.62	8.34	0.65	
12	13.83	44.99	38.03	8.05	98.48	8.35	0.87	
13	13.83	44.98	38.03	8.05	98.49	8.34	0.96	
14	13.79	44.93	38.01	8.06	98.49	8.34	1.01	
15	13.77	44.92	38.02	8.04	98.26	8.34	1.07	
16	13.77	44.94	38.04	8.01	97.89	8.34	1.07	
17	13.76	44.94	38.04	7.94	97.04	8.34	1.21	
18	13.77	44.94	38.04	7.92	96.77	8.34	1.26	
19	13.73	44.89	38.03	7.94	96.98	8.34	1.11	
20	13.73	44.93	38.07	7.94	96.93	8.34	1.21	
21	13.75	44.91	38.03	7.94	97.02	8.34	1.18	
22	13.76	44.97	38.07	7.94	96.98	8.33	1.25	
23	13.81	45.02	38.07	7.93	97.06	8.33	1.14	
24	13.84	45.06	38.08	7.89	96.64	8.33	1.19	
25	13.85	45.07	38.08	7.87	96.36	8.33	1.10	
26	13.85	45.07	38.08	7.85	96.06	8.33	1.04	
27	13.85	45.07	38.08	7.85	96.08	8.33	1.10	
28	13.85	45.07	38.08	7.84	96.03	8.33	1.06	
29	13.85	45.07	38.08	7.82	95.77	8.33	1.11	
30	13.85	45.07	38.08	7.85	96.10	8.33	1.09	
2000m								
0	14.61	45.82	38.04	8.10	100.62	8.34	0.05	7
1	14.61	45.83	38.05	8.09	100.51	8.34	0.06	
2	14.24	45.36	37.98	8.10	99.92	8.35	0.09	

Profondità (m)	Temperatura (°C)	Conducibilità (mS/cm)	Salinità (‰)	O ₂ (mg/L)	O ₂ (%sat)	pH	Clorofilla a (µg/L)	Disco Secchi (m)
3	13.97	45.11	38.01	8.08	99.19	8.35	0.14	
4	13.88	45.02	38.01	8.13	99.60	8.35	0.21	
5	13.85	44.99	38.02	8.12	99.44	8.35	0.23	
6	13.83	44.98	38.02	8.03	98.22	8.34	0.22	
7	13.82	44.97	38.02	8.08	98.89	8.35	0.30	
8	13.81	44.96	38.02	8.05	98.48	8.34	0.35	
9	13.80	44.95	38.02	8.02	98.02	8.34	0.37	
10	13.79	44.93	38.02	8.01	97.89	8.34	0.47	
11	13.78	44.92	38.02	8.00	97.72	8.34	0.52	
12	13.77	44.92	38.02	7.98	97.53	8.34	0.53	
13	13.77	44.91	38.02	7.97	97.43	8.34	0.58	
14	13.75	44.90	38.02	7.94	97.01	8.34	0.57	
15	13.74	44.88	38.02	7.91	96.62	8.34	0.67	
16	13.73	44.88	38.02	7.91	96.61	8.34	0.76	
17	13.73	44.88	38.02	7.92	96.76	8.34	1.00	
18	13.71	44.86	38.02	7.94	96.90	8.34	0.96	
19	13.72	44.85	38.00	7.93	96.83	8.34	0.99	
20	13.71	44.85	38.01	7.95	96.97	8.33	1.02	
21	13.71	44.85	38.01	7.92	96.66	8.33	0.96	
22	13.70	44.85	38.02	7.90	96.36	8.33	0.96	
23	13.70	44.85	38.02	7.89	96.29	8.33	0.99	
24	13.70	44.85	38.02	7.88	96.20	8.33	1.05	
25	13.70	44.85	38.02	7.89	96.26	8.33	0.97	
26	13.73	44.91	38.05	7.87	96.16	8.33	1.00	
27	13.76	44.94	38.04	7.83	95.67	8.33	0.77	
28	13.77	44.95	38.04	7.79	95.24	8.33	0.77	
29	13.77	44.95	38.05	7.82	95.52	8.33	0.71	
30	13.77	44.96	38.05	7.80	95.32	8.32	0.71	
31	13.78	44.97	38.05	7.79	95.17	8.33	0.62	
32	13.78	44.97	38.05	7.77	95.01	8.33	0.71	
33	13.78	44.98	38.06	7.78	95.14	8.33	0.66	
34	13.78	44.98	38.06	7.78	95.14	8.33	0.63	
35	13.79	45.00	38.07	7.78	95.09	8.33	0.56	
36	13.81	45.03	38.08	7.78	95.18	8.32	0.70	
37	13.82	45.04	38.08	7.77	95.09	8.32	0.66	
38	13.84	45.08	38.09	7.75	94.85	8.32	0.61	
39	13.88	45.14	38.11	7.72	94.61	8.32	0.60	
40	13.90	45.16	38.11	7.71	94.55	8.32	0.53	
41	13.89	45.15	38.11	7.68	94.18	8.32	0.63	
42	13.90	45.15	38.11	7.70	94.36	8.32	0.55	
43	13.90	45.17	38.11	7.68	94.20	8.32	0.48	
44	13.91	45.18	38.12	7.69	94.35	8.32	0.59	
45	13.92	45.19	38.12	7.68	94.18	8.32	0.58	
46	13.93	45.20	38.12	7.68	94.23	8.32	0.52	
47	13.93	45.21	38.12	7.67	94.14	8.32	0.41	
48	13.95	45.25	38.14	7.66	93.99	8.31	0.56	

Tabella 6: Parametri chimico-fisici rilevati nei campioni di acqua nel transetto D alle diverse distanze dalla costa (inverno 2018)

Profondità (m)	Temperatura (°C)	Conducibilità (mS/cm)	Salinità (‰)	O ₂ (mg/L)	O ₂ (%sat)	pH	Clorofilla <i>a</i> (µg/L)	Disco Secchi (m)
500 m								
0	14.27	45.42	38.00	7.93	97.82	8.33	0.09	5,5
1	14.27	45.42	38.01	7.91	97.66	8.33	0.03	
2	14.24	45.38	38.00	7.88	97.14	8.33	0.12	
3	14.20	45.35	38.01	7.97	98.16	8.33	0.13	
4	14.18	45.32	38.00	7.97	98.20	8.33	0.13	
5	14.08	45.14	37.93	7.98	98.07	8.33	0.17	
6	13.89	44.98	37.97	7.99	97.86	8.34	0.23	
7	13.81	44.94	38.00	7.96	97.40	8.34	0.27	
8	13.79	44.94	38.02	7.96	97.34	8.34	0.34	
9	13.78	44.94	38.03	7.97	97.38	8.34	0.35	
10	13.76	44.92	38.03	7.92	96.72	8.34	0.50	
11	13.77	44.93	38.03	7.93	96.95	8.34	0.48	
12	13.78	44.95	38.04	7.95	97.14	8.33	0.62	
13	13.78	44.95	38.04	7.89	96.49	8.33	0.65	
14	13.78	44.95	38.05	7.88	96.31	8.33	0.65	
15	13.77	44.95	38.05	7.88	96.34	8.33	0.87	
16	13.78	44.97	38.06	7.87	96.23	8.33	0.93	
17	13.77	44.96	38.05	7.89	96.38	8.33	1.16	
18	13.77	44.96	38.06	7.93	96.90	8.33	1.35	
19	13.77	44.96	38.06	7.93	96.92	8.33	1.16	
20	13.78	44.97	38.06	7.90	96.60	8.33	1.19	
21	13.80	45.00	38.07	7.92	96.80	8.33	1.29	
22	13.80	45.00	38.07	7.92	96.89	8.33	1.09	
23	13.80	45.01	38.07	7.88	96.41	8.33	1.23	
1000 m								
0	14.27	45.41	38.00	7.14	88.16	8.33	0.16	7
1	14.29	45.41	37.98	7.23	89.25	8.33	0.07	
2	14.27	45.43	38.02	7.43	91.65	8.33	0.05	
3	14.15	45.27	37.98	7.46	91.86	8.33	0.11	
4	13.87	45.03	38.04	7.70	94.30	8.33	0.12	
5	13.83	44.99	38.03	7.70	94.25	8.34	0.18	
6	13.82	44.97	38.03	7.80	95.45	8.34	0.14	
7	13.80	44.96	38.03	7.88	96.36	8.34	0.23	
8	13.79	44.94	38.02	7.94	97.04	8.33	0.28	
9	13.78	44.93	38.02	7.92	96.77	8.34	0.29	
10	13.77	44.92	38.02	7.92	96.74	8.33	0.37	
11	13.76	44.91	38.02	7.93	96.90	8.34	0.35	
12	13.76	44.91	38.02	7.95	97.07	8.34	0.49	
13	13.75	44.90	38.02	7.94	96.93	8.34	0.61	
14	13.74	44.89	38.02	7.93	96.82	8.34	0.64	
15	13.74	44.89	38.02	7.93	96.87	8.33	0.66	
16	13.74	44.89	38.02	7.94	97.02	8.34	0.75	
17	13.75	44.91	38.03	7.95	97.14	8.33	0.88	
18	13.75	44.92	38.03	7.95	97.09	8.33	0.80	
19	13.76	44.93	38.04	7.87	96.21	8.33	0.93	
20	13.76	44.94	38.05	7.86	96.04	8.33	0.89	
21	13.77	44.95	38.05	7.86	96.10	8.33	1.18	
22	13.77	44.97	38.06	7.87	96.16	8.33	1.35	
23	13.78	44.98	38.07	7.87	96.25	8.33	1.35	
24	13.78	44.97	38.05	7.85	96.02	8.33	1.29	
25	13.76	44.95	38.06	7.88	96.29	8.33	1.39	
26	13.76	44.95	38.06	7.88	96.24	8.33	1.32	
27	13.78	44.98	38.07	7.91	96.66	8.33	1.28	

Profondità (m)	Temperatura (°C)	Conducibilità (mS/cm)	Salinità (‰)	O ₂ (mg/L)	O ₂ (%sat)	pH	Clorofilla <i>a</i> (µg/L)	Disco Secchi (m)
28	13.79	45.00	38.07	7.88	96.40	8.33	1.26	
29	13.80	45.01	38.07	7.84	95.91	8.32	1.22	
30	13.80	45.01	38.07	7.84	95.84	8.32	1.27	
31	13.80	45.02	38.07	7.83	95.72	8.33	1.20	
32	13.83	45.07	38.10	7.80	95.52	8.32	1.13	
33	13.87	45.13	38.11	7.81	95.67	8.32	1.11	
34	13.92	45.20	38.12	7.77	95.36	8.32	1.09	
35	13.94	45.22	38.12	7.76	95.20	8.32	0.90	
36	13.95	45.23	38.12	7.71	94.60	8.32	0.83	
37	13.95	45.24	38.13	7.70	94.50	8.32	0.81	
38	13.97	45.26	38.14	7.70	94.58	8.31	0.62	
2000 m								
0	14.30	45.46	38.01	7.91	97.69	8.33	< 0.01	
1	14.30	45.46	38.01	7.92	97.79	8.34	< 0.01	
2	14.30	45.45	38.00	7.94	98.00	8.34	0.06	
3	14.19	45.31	37.98	7.97	98.21	8.34	0.07	
4	13.90	45.02	37.98	7.97	97.69	8.34	0.12	
5	13.85	44.98	38.00	7.97	97.57	8.34	0.13	
6	13.81	44.94	38.01	8.02	98.11	8.34	0.19	
7	13.80	44.93	38.01	8.05	98.38	8.34	0.25	
8	13.77	44.91	38.01	8.05	98.38	8.34	0.24	
9	13.76	44.89	38.01	8.06	98.43	8.34	0.32	
10	13.75	44.88	38.01	8.03	98.04	8.34	0.35	
11	13.74	44.87	38.00	8.03	98.08	8.34	0.47	
12	13.73	44.86	38.01	8.06	98.41	8.34	0.64	
13	13.73	44.86	38.01	8.05	98.25	8.34	0.72	
14	13.72	44.86	38.01	8.05	98.26	8.34	0.94	
15	13.72	44.86	38.01	8.04	98.18	8.34	0.99	
16	13.72	44.86	38.01	8.01	97.78	8.34	1.23	
17	13.72	44.86	38.01	7.97	97.27	8.34	1.27	
18	13.72	44.86	38.02	8.00	97.63	8.34	1.36	
19	13.71	44.85	38.01	7.96	97.20	8.33	1.24	
20	13.71	44.85	38.02	7.94	96.88	8.33	1.27	
21	13.70	44.85	38.02	7.91	96.58	8.33	1.23	
22	13.70	44.85	38.02	7.89	96.31	8.34	1.16	
23	13.70	44.85	38.02	7.90	96.42	8.33	1.33	
24	13.70	44.84	38.01	7.91	96.52	8.33	1.25	
25	13.69	44.84	38.02	7.91	96.46	8.33	1.25	
26	13.69	44.83	38.01	7.90	96.37	8.33	1.15	
27	13.69	44.83	38.02	7.92	96.56	8.33	1.17	
28	13.69	44.84	38.02	7.91	96.53	8.33	1.26	
29	13.69	44.84	38.02	7.90	96.35	8.33	1.22	
30	13.69	44.83	38.02	7.89	96.20	8.33	1.22	
31	13.69	44.84	38.02	7.87	96.03	8.33	1.15	
32	13.69	44.84	38.02	7.89	96.21	8.33	1.25	
33	13.69	44.85	38.02	7.87	95.96	8.33	1.07	
34	13.71	44.87	38.03	7.84	95.74	8.33	0.91	
35	13.72	44.89	38.04	7.84	95.71	8.33	0.95	
36	13.74	44.91	38.04	7.81	95.40	8.33	0.84	
37	13.74	44.92	38.04	7.79	95.19	8.33	0.93	
38	13.78	44.99	38.07	7.79	95.27	8.32	0.81	
39	13.81	45.03	38.07	7.75	94.81	8.32	0.69	
40	13.82	45.05	38.08	7.76	95.02	8.32	0.83	
41	13.84	45.06	38.08	7.71	94.41	8.32	0.71	

Tabella 7: Parametri chimico-fisici rilevati nei campioni di acqua nel transetto E alle diverse distanze dalla costa (inverno 2018)

Profondità (m)	Temperatura (°C)	Conducibilità (mS/cm)	Salinità (‰)	O ₂ (mg/L)	O ₂ (%sat)	pH	Clorofilla <i>a</i> (µg/L)	Disco Secchi (m)
500 m								
0	14.25	45.41	38.01	7.99	98.58	8.34	0.06	7
1	14.25	45.41	38.01	7.99	98.58	8.34	0.06	
2	14.26	45.42	38.01	8.04	99.25	8.33	0.06	
3	14.19	45.35	38.01	8.06	99.30	8.34	0.07	
4	14.09	45.18	37.95	8.10	99.62	8.34	0.14	
5	13.96	45.12	38.02	8.07	98.94	8.34	0.18	
6	13.95	45.11	38.02	8.12	99.63	8.34	0.22	
7	13.92	45.06	38.01	8.12	99.52	8.34	0.25	
8	13.85	45.00	38.02	8.10	99.17	8.34	0.33	
9	13.83	44.99	38.03	8.09	98.96	8.34	0.31	
10	13.83	44.99	38.03	8.02	98.15	8.34	0.40	
11	13.81	44.97	38.03	8.09	98.95	8.33	0.66	
12	13.81	44.97	38.03	7.98	97.53	8.34	0.66	
13	13.81	44.98	38.03	8.00	97.87	8.34	0.79	
14	13.81	44.98	38.04	8.04	98.34	8.34	0.93	
15	13.82	44.99	38.03	8.03	98.29	8.34	0.88	
16	13.83	45.00	38.04	8.05	98.50	8.34	0.88	
17	13.83	45.01	38.04	8.04	98.42	8.34	0.88	
18	13.84	45.02	38.04	8.06	98.70	8.34	0.84	
19	13.86	45.06	38.06	8.09	99.01	8.34	0.84	
1000 m								
0	14.29	45.47	38.02	7.97	98.47	8.33	0.07	6.5
1	14.29	45.47	38.02	7.98	98.50	8.33	0.06	
2	14.25	45.42	38.03	7.93	97.86	8.33	0.13	
3	14.22	45.36	37.99	7.96	98.09	8.33	0.12	
4	14.06	45.21	38.01	7.96	97.89	8.33	0.13	
5	13.91	45.06	38.01	7.99	97.88	8.33	0.17	
6	13.86	45.01	38.02	7.95	97.37	8.34	0.25	
7	13.82	44.98	38.03	8.00	97.91	8.33	0.33	
8	13.80	44.96	38.03	8.03	98.20	8.34	0.41	
9	13.78	44.94	38.03	8.06	98.55	8.34	0.52	
10	13.78	44.94	38.03	8.06	98.53	8.34	0.55	
11	13.77	44.92	38.03	8.04	98.20	8.34	0.65	
12	13.75	44.90	38.02	8.04	98.18	8.34	0.83	
13	13.74	44.89	38.03	8.06	98.45	8.34	0.84	
14	13.73	44.89	38.03	8.09	98.76	8.34	0.98	
15	13.73	44.89	38.03	8.10	98.92	8.34	1.22	
16	13.73	44.89	38.03	8.08	98.66	8.34	1.35	
17	13.74	44.91	38.03	8.10	98.94	8.34	1.34	
18	13.74	44.91	38.03	8.11	99.05	8.34	1.19	
19	13.74	44.91	38.03	8.08	98.72	8.34	1.38	
20	13.75	44.91	38.04	8.11	99.02	8.34	1.28	
21	13.74	44.91	38.04	8.08	98.65	8.33	1.30	
22	13.74	44.91	38.04	8.07	98.59	8.34	1.45	
23	13.76	44.93	38.05	8.06	98.42	8.33	1.48	
24	13.76	44.94	38.04	8.03	98.13	8.33	1.50	
25	13.76	44.94	38.05	8.00	97.69	8.33	1.57	
26	13.76	44.94	38.04	8.00	97.74	8.33	1.64	
27	13.76	44.93	38.04	8.00	97.71	8.33	1.67	
28	13.76	44.94	38.05	8.01	97.81	8.33	1.64	
29	13.76	44.94	38.05	8.00	97.78	8.33	1.59	
30	13.76	44.95	38.05	7.99	97.63	8.33	1.72	
31	13.77	44.96	38.05	7.99	97.63	8.33	1.67	

Profondità (m)	Temperatura (°C)	Conducibilità (mS/cm)	Salinità (‰)	O ₂ (mg/L)	O ₂ (%sat)	pH	Clorofilla <i>a</i> (µg/L)	Disco Secchi (m)
32	13.79	44.99	38.06	7.95	97.24	8.33	1.53	
33	13.80	45.00	38.07	7.90	96.66	8.33	1.54	
2000 m								
0	14.37	45.60	38.07	7.05	87.15	8.33	0.03	6,5
1	14.35	45.56	38.05	7.14	88.29	8.33	< 0.01	
2	14.27	45.46	38.04	7.40	91.33	8.33	0.04	
3	14.21	45.34	37.98	7.55	93.07	8.33	0.07	
4	13.95	45.07	37.99	7.89	96.69	8.34	0.12	
5	13.85	45.00	38.03	7.81	95.53	8.34	0.17	
6	13.82	44.97	38.03	7.94	97.12	8.34	0.26	
7	13.80	44.95	38.02	7.98	97.52	8.34	0.26	
8	13.79	44.93	38.02	8.00	97.82	8.34	0.39	
9	13.77	44.92	38.02	8.03	98.19	8.34	0.41	
10	13.76	44.91	38.02	8.04	98.22	8.34	0.59	
11	13.75	44.90	38.02	8.03	98.13	8.34	0.65	
12	13.74	44.89	38.02	8.04	98.24	8.34	0.86	
13	13.74	44.88	38.02	8.05	98.36	8.34	1.07	
14	13.73	44.88	38.02	8.05	98.31	8.34	1.21	
15	13.73	44.88	38.02	8.08	98.64	8.34	1.40	
16	13.73	44.88	38.02	8.06	98.38	8.34	1.46	
17	13.73	44.88	38.02	8.03	97.98	8.34	1.63	
18	13.72	44.87	38.02	8.00	97.62	8.34	1.70	
19	13.72	44.87	38.02	8.01	97.83	8.34	1.57	
20	13.72	44.88	38.03	8.02	97.86	8.33	1.65	
21	13.72	44.88	38.03	7.98	97.42	8.33	1.67	
22	13.73	44.89	38.03	8.01	97.83	8.33	1.63	
23	13.75	44.93	38.05	7.98	97.44	8.33	1.61	
24	13.80	45.00	38.07	7.92	96.86	8.33	1.64	
25	13.81	45.01	38.06	7.82	95.64	8.33	1.46	
26	13.82	45.02	38.06	7.80	95.44	8.33	1.52	
27	13.82	45.02	38.06	7.82	95.74	8.32	1.36	
28	13.82	45.03	38.06	7.81	95.62	8.33	1.44	
29	13.83	45.04	38.07	7.82	95.66	8.33	1.41	
30	13.83	45.04	38.07	7.81	95.61	8.32	1.35	
31	13.83	45.04	38.07	7.81	95.62	8.33	1.43	
32	13.83	45.04	38.07	7.78	95.25	8.32	1.21	
33	13.84	45.05	38.07	7.79	95.30	8.32	1.17	
34	13.84	45.06	38.07	7.80	95.50	8.32	1.22	

Tabella 8 Parametri chimico-fisici rilevati nei campioni di acqua nel transetto A alle diverse distanze dalla costa (estate 2018)

Profondità (m)	Temperatura (°C)	Conducibilità (mS/cm)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%sat)	pH	Clorofilla <i>a</i> (µg/l)	Salinità (‰)	Disco Secchi (m)
500 m								
0	18.78	50.15	7.54	101.46	8.14	< 0.01	37.94	
1	18.75	50.14	7.52	101.12	8.14	< 0.01	37.95	
2	18.72	50.11	7.50	100.75	8.16	< 0.01	37.96	
3	18.63	49.97	7.80	104.70	8.15	< 0.01	37.92	
4	18.23	49.23	7.32	97.28	8.15	< 0.01	37.65	
5	17.81	49.17	7.40	97.75	8.12	< 0.01	37.98	
1000 m								
0	19.06	50.47	7.87	106.47	8.12	< 0.01	37.94	
1	19.04	50.44	7.89	106.64	8.12	< 0.01	37.94	
2	18.93	50.32	7.95	107.29	8.11	0.01	37.94	
3	18.83	50.22	7.98	107.51	8.11	0.01	37.94	
4	18.81	50.20	7.96	107.21	8.11	0.04	37.95	
5	18.70	50.03	8.00	107.47	8.11	0.07	37.90	
6	18.47	49.81	8.02	107.32	8.11	0.08	37.92	
7	18.07	49.38	8.11	107.70	8.11	0.06	37.93	
8	17.93	49.24	8.10	107.24	8.11	0.14	37.93	
9	17.57	48.90	8.03	105.69	8.12	0.05	37.97	
10	17.45	48.77	8.08	106.00	8.11	0.16	37.97	
11	17.20	48.51	8.06	105.37	8.12	0.13	37.97	
12	17.11	48.41	8.07	105.19	8.12	0.18	37.98	
13	17.06	48.37	8.03	104.63	8.12	0.20	37.98	
14	17.00	48.29	8.05	104.73	8.16	0.19	37.98	
15	16.95	48.25	8.02	104.22	8.15	0.23	37.99	
16	16.89	48.17	8.01	104.07	8.15	0.26	37.97	
17	16.83	48.12	7.99	103.72	8.15	0.31	37.99	
18	16.77	48.06	7.93	102.78	8.14	0.31	37.99	
19	16.70	47.98	7.90	102.22	8.14	0.32	37.99	
20	16.68	47.97	7.93	102.60	8.13	0.37	37.99	
21	16.65	47.93	7.81	100.99	8.13	0.35	37.99	
22	16.48	47.72	7.88	101.54	8.13	0.36	37.96	
2000 m								
0	19.64	51.11	7.64	104.48	8.15	< 0.01	37.95	
1	19.62	51.08	7.64	104.46	8.14	< 0.01	37.95	
2	19.47	50.95	7.65	104.22	8.15	< 0.01	37.98	
3	19.14	50.55	7.79	105.47	8.15	< 0.01	37.94	
4	18.99	50.43	7.86	106.18	8.15	< 0.01	37.98	
5	18.93	50.36	7.88	106.39	8.14	< 0.01	37.97	
6	18.87	50.28	7.95	107.11	8.14	< 0.01	37.96	
7	18.75	50.14	7.93	106.68	8.14	< 0.01	37.95	
8	18.52	49.83	8.00	107.03	8.14	< 0.01	37.90	
9	18.16	49.47	7.98	106.19	8.14	0.01	37.92	
10	17.89	49.23	7.98	105.66	8.14	0.02	37.97	
11	17.68	49.04	8.08	106.58	8.13	0.06	37.99	
12	17.42	48.73	8.11	106.35	8.13	0.12	37.96	
13	17.33	48.66	8.07	105.64	8.13	0.13	37.99	
14	17.33	48.69	8.08	105.81	8.12	0.13	38.02	
15	17.12	48.40	8.10	105.63	8.12	0.14	37.96	
16	16.97	48.28	8.14	105.84	8.12	0.12	37.99	
17	16.94	48.25	8.22	106.90	8.12	0.13	38.00	
18	16.93	48.25	8.18	106.35	8.12	0.12	38.00	
19	16.91	48.21	8.17	106.15	8.12	0.12	37.99	
20	16.89	48.19	8.13	105.63	8.12	0.21	37.99	

Profondità (m)	Temperatura (°C)	Conducibilità (mS/cm)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%sat)	pH	Clorofilla <i>a</i> (µg/l)	Salinità (‰)	Disco Secchi (m)
21	16.79	48.07	8.05	104.39	8.12	0.25	37.98	
22	16.72	47.99	8.04	104.11	8.12	0.25	37.97	
23	16.60	47.82	8.04	103.80	8.12	0.25	37.93	
24	16.48	47.76	7.98	102.84	8.12	0.19	37.99	
25	16.36	47.63	7.93	101.97	8.12	0.18	37.99	
26	16.31	47.56	7.89	101.32	8.12	0.20	37.98	
27	16.25	47.51	7.92	101.64	8.12	0.19	37.99	
28	16.14	47.39	7.94	101.62	8.12	0.18	37.98	
29	16.09	47.33	7.95	101.69	8.12	0.19	37.98	
30	16.02	47.28	7.96	101.72	8.12	0.31	38.00	
31	16.01	47.27	7.96	101.70	8.14	0.29	38.00	
32	16.00	47.27	7.96	101.58	8.14	0.32	38.00	
33	16.00	47.25	7.97	101.74	8.14	0.31	38.00	
35	15.98	47.24	7.94	101.41	8.14	0.36	38.00	
35	15.96	47.22	7.93	101.22	8.15	0.37	38.01	
36	15.94	47.18	7.92	101.02	8.15	0.44	37.99	
37	15.83	47.08	7.89	100.39	8.15	0.41	38.00	
38	15.74	47.01	7.84	99.56	8.13	0.55	38.02	
39	15.66	46.91	7.80	98.91	8.13	0.48	38.01	
40	15.54	46.82	7.74	97.97	8.13	0.44	38.04	

Tabella 9: Parametri chimico-fisici rilevati nei campioni di acqua nel transetto B alle diverse distanze dalla costa (estate 2018)

Profondità (m)	Temperatura (°C)	Conducibilità (mS/cm)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%sat)	pH	Clorofilla <i>a</i> (µg/l)	Salinità (‰)	Disco Secchi (m)
500 m								
0	19.70	51.18	7.79	106.55	8.12	0.13	37.96	
1	19.70	51.18	7.79	106.55	8.12	0.13	37.96	
2	19.64	51.08	7.88	107.76	8.12	0.18	37.93	
3	19.11	50.53	7.82	105.91	8.13	0.25	37.95	
4	18.82	50.18	7.91	106.48	8.13	0.23	37.92	
5	18.75	50.11	7.91	106.38	8.14	0.30	37.93	
6	18.61	49.97	7.96	106.81	8.14	0.37	37.93	
7	18.42	49.78	7.96	106.40	8.14	0.28	37.94	
8	18.31	49.64	7.96	106.21	8.14	0.17	37.93	
9	18.23	49.59	7.98	106.28	8.15	0.18	37.96	
10	18.19	49.56	7.97	106.04	8.15	0.19	37.97	
11	18.06	49.40	7.99	106.03	8.15	0.19	37.96	
12	17.94	49.23	8.02	106.23	8.15	0.25	37.91	
13	17.77	49.12	8.00	105.66	8.15	0.25	37.98	
14	17.71	49.03	7.93	104.63	8.16	0.20	37.95	
15	17.04	48.32	7.92	103.11	8.16	0.18	37.96	
1000 m								
0	19.04	50.38	7.88	106.44	8.09	0.35	37.89	
1	19.05	50.41	7.87	106.47	8.09	0.37	37.91	
2	19.02	50.35	7.91	106.83	8.09	0.39	37.88	
3	18.91	50.25	7.91	106.61	8.09	0.42	37.90	
4	18.82	50.18	7.93	106.71	8.10	0.34	37.92	
5	18.72	50.09	7.94	106.74	8.10	0.34	37.94	
6	18.66	49.97	7.96	106.83	8.10	0.28	37.89	
7	18.53	49.91	7.98	106.84	8.10	0.25	37.96	
8	18.46	49.85	7.93	106.11	8.10	0.17	37.97	
9	18.40	49.76	7.99	106.77	8.11	0.14	37.95	
10	18.32	49.70	7.94	105.98	8.11	0.20	37.97	
11	18.31	49.69	7.96	106.21	8.11	0.18	37.97	

Profondità (m)	Temperatura (°C)	Conducibilità (mS/cm)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%sat)	pH	Clorofilla <i>a</i> (µg/l)	Salinità (‰)	Disco Secchi (m)
12	18.29	49.67	7.98	106.37	8.11	0.27	37.97	
13	18.26	49.62	7.95	105.97	8.11	0.24	37.95	
14	18.20	49.53	7.94	105.66	8.12	0.21	37.94	
15	17.99	49.31	7.99	105.95	8.12	0.23	37.93	
16	17.52	48.77	8.00	105.06	8.13	0.20	37.90	
17	17.32	48.66	7.93	103.88	8.13	0.23	37.99	
18	17.30	48.63	7.99	104.63	8.13	0.25	37.99	
19	17.28	48.61	8.02	104.93	8.13	0.26	37.99	
20	17.26	48.59	8.00	104.69	8.13	0.24	37.99	
21	17.24	48.56	7.99	104.53	8.13	0.28	37.99	
22	17.16	48.45	8.01	104.53	8.13	0.32	37.96	
23	16.95	48.24	7.90	102.69	8.14	0.25	37.97	
24	16.81	48.09	7.86	101.92	8.14	0.25	37.97	
25	16.72	48.02	7.88	102.06	8.14	0.35	37.99	
26	16.63	47.90	7.81	100.93	8.14	0.31	37.98	
27	16.46	47.75	7.81	100.67	8.15	0.41	38.00	
28	16.44	47.74	7.88	101.49	8.15	0.41	38.01	
29	16.43	47.72	7.87	101.34	8.15	0.44	38.01	
30	16.40	47.70	7.84	100.89	8.15	0.42	38.01	
2000 m								
0	19.02	50.32	7.91	106.83	8.01	0.11	37.86	
1	18.84	50.20	7.94	106.88	8.01	0.10	37.92	
3	18.79	50.17	7.87	105.96	8.01	0.00	37.94	
3	18.75	50.14	7.98	107.27	8.02	0.01	37.95	
4	18.48	49.82	8.13	108.83	8.02	0.01	37.93	
5	18.33	49.67	8.23	109.78	8.03	0.00	37.94	
6	18.20	49.55	8.14	108.31	8.03	0.01	37.96	
7	18.09	49.45	8.08	107.33	8.03	0.02	37.97	
8	18.08	49.44	8.10	107.54	8.03	0.02	37.97	
9	17.96	49.31	8.12	107.59	8.04	0.03	37.97	
10	17.91	49.21	8.07	106.87	8.04	< 0.01	37.93	
11	17.80	49.15	8.05	106.37	8.04	0.06	37.98	
12	17.70	49.03	8.08	106.60	8.05	0.06	37.96	
13	17.68	49.02	8.06	106.21	8.05	0.06	37.98	
14	17.65	48.98	8.09	106.60	8.05	0.08	37.97	
15	17.62	48.95	8.06	106.16	8.05	0.07	37.97	
16	17.52	48.85	8.08	106.21	8.06	0.13	37.97	
17	17.49	48.81	8.06	105.87	8.06	0.12	37.97	
18	17.38	48.69	8.07	105.77	8.06	0.12	37.97	
19	17.35	48.66	8.09	105.92	8.06	0.18	37.97	
20	17.32	48.63	8.10	106.01	8.06	0.15	37.97	
21	17.19	48.48	8.09	105.72	8.07	0.18	37.96	
22	17.15	48.45	8.06	105.22	8.07	0.25	37.97	
23	16.96	48.27	8.03	104.48	8.07	0.29	37.99	
24	16.95	48.26	8.03	104.41	8.07	0.37	37.99	
25	16.93	48.24	8.04	104.51	8.08	0.34	37.99	
26	16.92	48.22	8.04	104.51	8.08	0.43	37.99	
27	16.90	48.21	8.04	104.39	8.08	0.45	37.99	
28	16.84	48.10	8.02	104.07	8.08	0.43	37.96	
29	16.73	48.03	8.02	103.84	8.08	0.43	37.99	
30	16.71	48.00	8.06	104.28	8.08	0.44	37.99	
31	16.58	47.84	8.05	103.91	8.09	0.41	37.97	
32	16.49	47.75	8.00	103.12	8.09	0.40	37.97	
33	16.35	47.60	8.00	102.78	8.09	0.43	37.96	
34	16.12	47.36	7.94	101.59	8.10	0.47	37.98	
35	16.03	47.27	7.88	100.66	8.10	0.49	37.98	
36	15.94	47.20	7.87	100.43	8.10	0.47	38.00	

Profondità (m)	Temperatura (°C)	Conducibilità (mS/cm)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%sat)	pH	Clorofilla <i>a</i> (µg/l)	Salinità (‰)	Disco Secchi (m)
37	15.91	47.18	7.85	100.02	8.10	0.49	38.01	
38	15.84	47.10	7.86	100.05	8.10	0.49	38.01	
39	15.80	47.05	7.84	99.68	8.11	0.49	38.00	
40	15.71	46.96	7.82	99.32	8.11	0.41	38.01	
41	15.65	46.91	7.79	98.84	8.11	0.44	38.01	
42	15.56	46.80	7.86	99.52	8.11	0.42	38.00	
43	15.37	46.58	7.91	99.74	8.11	0.38	37.99	
44	15.17	46.45	7.84	98.55	8.12	0.25	38.05	
45	15.10	46.39	7.81	98.06	8.12	0.19	38.07	
46	15.06	46.36	7.79	97.76	8.12	0.13	38.08	
47	14.95	46.30	7.65	95.72	8.12	0.11	38.14	

Tabella 10: Parametri chimico-fisici rilevati nei campioni di acqua nel transetto D alle diverse distanze dalla costa (estate 2018)

Profondità (m)	Temperatura (°C)	Conducibilità (mS/cm)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%sat)	pH	Clorofilla <i>a</i> (µg/l)	Salinità (‰)	Disco Secchi (m)
500 m								
0	18.69	50.07	7.76	104.29	8.13	0.06	37.95	
1	18.69	50.07	7.76	104.29	8.13	0.06	37.95	
2	18.26	49.58	7.83	104.32	8.13	0.09	37.93	
3	18.08	49.44	7.76	103.12	8.14	0.07	37.97	
4	18.03	49.38	7.91	104.97	8.14	0.07	37.97	
5	17.91	49.24	7.97	105.46	8.14	0.08	37.96	
6	17.87	49.22	7.95	105.16	8.14	0.07	37.98	
7	17.82	49.18	8.06	106.58	8.14	0.10	37.98	
8	17.79	49.13	8.04	106.15	8.14	0.07	37.97	
9	17.75	49.09	8.08	106.67	8.15	0.12	37.98	
10	17.72	49.04	8.08	106.56	8.14	0.13	37.96	
11	17.63	48.97	8.06	106.19	8.15	0.14	37.98	
12	17.60	48.95	8.06	106.05	8.15	0.13	37.98	
13	17.59	48.91	8.05	105.89	8.15	0.15	37.96	
14	17.54	48.86	8.05	105.84	8.15	0.12	37.97	
15	17.52	48.85	7.96	104.69	8.15	0.19	37.98	
16	17.44	48.77	8.01	105.19	8.15	0.17	37.98	
17	17.40	48.70	7.95	104.22	8.15	0.18	37.96	
18	17.30	48.63	7.96	104.17	8.15	0.19	37.99	
19	17.27	48.60	7.97	104.28	8.15	0.17	37.98	
20	17.26	48.59	8.00	104.71	8.15	0.19	37.99	
21	17.22	48.54	8.00	104.55	8.16	0.19	37.99	
22	17.10	48.30	7.94	103.50	8.15	0.23	37.88	
23	16.90	48.20	7.79	101.25	8.16	0.23	37.99	
24	16.80	48.05	7.75	100.41	8.16	0.23	37.95	
25	16.54	47.80	7.75	100.02	8.16	0.25	37.97	
26	16.44	47.72	7.72	99.47	8.17	0.32	37.99	
27	16.28	47.52	7.70	98.79	8.16	0.28	37.97	
28	16.21	47.49	7.70	98.69	8.17	0.37	38.01	
29	16.19	47.45	7.93	101.58	8.17	0.43	38.00	
30	16.11	47.39	7.82	100.09	8.17	0.44	38.01	
1000 m								
0	18.64	50.05	7.90	106.09	8.15	0.05	37.98	
1	18.64	50.05	7.90	106.09	8.15	0.05	37.98	
2	18.57	49.95	7.83	105.00	8.15	0.06	37.96	
3	18.52	49.90	7.87	105.35	8.15	0.04	37.96	
4	18.50	49.88	7.94	106.29	8.15	0.06	37.96	
5	18.48	49.87	7.87	105.33	8.15	0.06	37.97	

Profondità (m)	Temperatura (°C)	Conducibilità (mS/cm)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%sat)	pH	Clorofilla <i>a</i> (µg/l)	Salinità (‰)	Disco Secchi (m)
6	18.45	49.83	7.92	105.91	8.15	0.06	37.96	
7	18.40	49.77	7.92	105.77	8.15	0.13	37.96	
8	18.37	49.73	7.90	105.56	8.15	0.13	37.95	
9	18.29	49.67	7.87	104.98	8.16	0.06	37.97	
10	18.14	49.46	7.98	106.07	8.16	0.06	37.93	
11	17.74	49.04	8.09	106.70	8.16	0.07	37.94	
12	17.60	48.93	8.06	106.12	8.17	0.06	37.97	
13	17.34	48.60	8.01	104.93	8.17	0.13	37.92	
14	17.07	48.38	7.99	104.18	8.17	0.17	37.99	
15	17.02	48.32	7.92	103.13	8.17	0.18	37.98	
16	16.91	48.25	7.98	103.67	8.17	0.25	38.03	
17	16.88	48.12	7.95	103.20	8.17	0.24	37.94	
18	16.79	48.10	7.96	103.13	8.17	0.30	38.01	
19	16.63	47.84	7.93	102.47	8.18	0.37	37.93	
20	16.50	47.80	7.81	100.75	8.18	0.48	38.01	
21	16.50	47.79	7.84	101.07	8.18	0.48	38.01	
22	16.48	47.76	7.88	101.55	8.18	0.43	38.00	
23	16.35	47.63	7.88	101.30	8.18	0.43	38.00	
24	16.32	47.59	7.92	101.73	8.18	0.43	38.00	
25	16.27	47.55	7.94	101.97	8.18	0.41	38.01	
26	16.26	47.54	7.93	101.73	8.18	0.42	38.00	
27	16.22	47.50	7.93	101.63	8.18	0.42	38.01	
28	16.18	47.45	7.96	101.99	8.18	0.43	38.00	
29	16.16	47.44	7.94	101.75	8.18	0.48	38.01	
30	16.15	47.43	7.91	101.29	8.18	0.60	38.01	
31	16.15	47.42	7.94	101.64	8.18	0.61	38.01	
32	16.11	47.38	7.94	101.58	8.18	0.60	38.00	
33	16.04	47.31	7.92	101.25	8.18	0.65	38.01	
34	15.97	47.19	7.87	100.45	8.18	0.76	37.96	
35	15.80	47.06	7.77	98.88	8.18	0.53	38.02	
36	15.76	47.02	7.70	97.91	8.19	0.54	38.01	
37	15.73	46.99	7.71	97.88	8.19	0.43	38.02	
38	15.68	46.93	7.72	98.00	8.19	0.43	38.00	
39	15.63	46.89	7.63	96.77	8.18	0.36	38.02	
40	15.60	46.87	7.61	96.48	8.18	0.37	38.03	
2000 m								
0	18.72	50.07	7.66	102.96	8.15	0.12	37.92	
1	18.75	50.15	7.74	104.04	8.15	0.14	37.95	
2	18.78	50.13	7.51	100.97	8.15	0.15	37.91	
3	18.75	50.10	7.19	96.65	8.15	0.20	37.93	
4	18.70	50.10	7.60	102.14	8.15	0.18	37.97	
5	18.61	49.99	7.52	100.89	8.15	0.18	37.95	
6	18.30	49.74	7.46	99.52	8.16	0.18	38.03	
7	18.08	49.44	7.62	101.24	8.16	0.12	37.98	
8	17.93	49.33	7.77	102.93	8.16	0.12	38.01	
10	17.67	49.02	7.78	102.51	8.17	0.13	37.98	
10	17.58	48.88	7.78	102.38	8.17	0.13	37.95	
11	17.42	48.75	7.80	102.36	8.17	0.17	37.98	
12	17.37	48.69	7.85	102.90	8.17	0.21	37.99	
13	17.30	48.58	7.96	104.16	8.17	0.18	37.95	
14	17.08	48.38	8.02	104.56	8.18	0.25	37.97	
15	16.97	48.28	7.99	103.97	8.17	0.25	37.99	
16	16.93	48.24	7.93	103.12	8.18	0.30	38.00	
17	16.84	48.12	7.98	103.49	8.18	0.28	37.97	
18	16.71	48.00	7.95	102.92	8.18	0.32	37.99	
19	16.66	47.96	7.99	103.38	8.18	0.25	38.00	

Profondità (m)	Temperatura (°C)	Conducibilità (mS/cm)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%sat)	pH	Clorofilla <i>a</i> (µg/l)	Salinità (‰)	Disco Secchi (m)
20	16.63	47.91	7.98	103.09	8.18	0.26	37.99	
21	16.51	47.79	7.94	102.36	8.18	0.32	37.99	
22	16.43	47.70	7.94	102.20	8.18	0.25	37.99	
23	16.39	47.67	7.93	102.00	8.18	0.31	38.00	
24	16.37	47.66	7.94	102.11	8.18	0.32	38.00	
25	16.35	47.64	7.95	102.25	8.18	0.34	38.00	
26	16.33	47.60	7.94	102.07	8.18	0.31	37.99	
27	16.30	47.57	7.93	101.77	8.18	0.32	38.00	
28	16.26	47.49	7.92	101.63	8.18	0.30	37.95	
29	16.07	47.35	7.87	100.61	8.18	0.37	38.02	
30	16.07	47.34	7.80	99.72	8.18	0.37	38.01	
31	16.03	47.29	7.83	99.97	8.18	0.43	38.00	
32	15.88	47.14	7.81	99.52	8.18	0.48	38.00	
33	15.83	47.09	7.78	98.96	8.18	0.49	38.01	
34	15.82	47.09	7.75	98.62	8.19	0.57	38.01	
35	15.82	47.08	7.78	99.04	8.18	0.55	38.01	
36	15.81	47.07	7.80	99.17	8.18	0.49	38.01	
37	15.74	46.98	7.79	98.91	8.18	0.50	37.99	
38	15.64	46.90	7.72	97.84	8.19	0.42	38.02	
39	15.59	46.85	7.72	97.79	8.18	0.48	38.02	
40	15.55	46.77	7.70	97.46	8.19	0.50	37.99	

Tabella 11: Parametri chimico-fisici rilevati nei campioni di acqua nel transetto E alle diverse distanze dalla costa (estate 2018)

Profondità (m)	Temperatura (°C)	Conducibilità (mS/cm)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%sat)	pH	Clorofilla <i>a</i> (µg/l)	Salinità (‰)	Disco secchi (m)
500 m								
0	21.03	52.38	7.19	100.65	8.14	< 0.01	37.75	
1	21.02	52.34	7.21	100.91	8.14	0.01	37.73	
2	20.05	51.50	7.29	100.40	8.15	0.01	37.91	
3	19.54	50.97	7.34	100.14	8.16	0.04	37.93	
4	19.16	50.61	7.58	102.74	8.17	0.01	37.98	
5	19.09	50.54	7.65	103.56	8.17	< 0.01	37.97	
6	19.06	50.52	7.71	104.25	8.17	0.01	37.98	
7	19.05	50.49	7.71	104.28	8.17	0.00	37.97	
8	19.04	50.47	7.70	104.10	8.17	0.06	37.97	
9	18.92	50.32	7.82	105.49	8.17	0.06	37.94	
10	18.75	50.11	7.84	105.48	8.18	0.05	37.92	
11	18.58	49.93	7.81	104.72	8.18	0.08	37.92	
12	18.36	49.63	7.79	103.97	8.18	0.07	37.87	
13	17.94	49.29	7.77	102.95	8.19	0.07	37.97	
14	17.91	49.25	7.92	104.91	8.19	0.12	37.97	
15	17.87	49.22	7.91	104.69	8.19	0.14	37.98	
16	17.85	49.18	7.92	104.77	8.19	0.14	37.96	
17	17.68	49.00	7.92	104.40	8.19	0.08	37.96	
18	17.58	48.91	7.87	103.61	8.19	0.06	37.97	
19	17.52	48.85	7.93	104.28	8.19	0.07	37.98	
20	17.39	48.71	7.95	104.31	8.19	0.07	37.97	
1000 m								
0	20.81	52.17	7.43	103.68	8.13	< 0.01	37.79	
1	20.77	52.14	7.46	104.05	8.13	0.01	37.79	
2	19.91	51.17	7.45	102.21	8.15	0.02	37.76	
3	19.60	50.99	7.65	104.45	8.15	0.01	37.89	
4	19.21	50.63	7.84	106.33	8.15	0.01	37.95	
6	19.16	50.60	7.92	107.32	8.16	< 0.01	37.96	
6	19.15	50.59	7.94	107.58	8.16	< 0.01	37.96	
8	19.14	50.57	7.96	107.78	8.16	< 0.01	37.96	
8	19.10	50.52	7.94	107.52	8.16	< 0.01	37.95	
9	19.01	50.43	7.92	106.97	8.16	< 0.01	37.95	
10	18.81	50.15	7.97	107.33	8.16	< 0.01	37.90	
11	18.57	49.94	8.02	107.43	8.17	< 0.01	37.95	
12	18.40	49.79	8.05	107.58	8.17	0.01	37.97	
13	18.36	49.75	8.09	108.08	8.17	0.01	37.97	
14	18.31	49.67	8.10	108.01	8.17	0.01	37.95	
15	18.24	49.62	8.06	107.41	8.17	0.03	37.97	
16	18.20	49.58	8.09	107.70	8.17	0.04	37.97	
17	18.15	49.52	8.10	107.73	8.17	0.07	37.97	
18	18.06	49.42	8.10	107.54	8.17	0.09	37.97	
19	17.96	49.32	8.12	107.67	8.17	0.06	37.97	
20	17.75	49.09	8.13	107.37	8.17	0.13	37.97	
21	17.50	48.68	8.13	106.80	8.18	0.12	37.84	
22	17.14	48.43	8.07	105.36	8.18	0.13	37.97	
23	16.57	47.85	8.01	103.42	8.19	0.19	37.99	
24	16.40	47.69	8.06	103.78	8.19	0.30	38.01	
25	16.37	47.65	8.07	103.80	8.19	0.36	38.00	
26	16.23	47.49	8.02	102.83	8.19	0.44	37.99	
27	16.12	47.39	7.95	101.70	8.19	0.55	38.01	
28	16.06	47.32	7.97	101.93	8.19	0.49	38.00	
29	15.98	47.26	7.95	101.52	8.19	0.55	38.02	
30	15.95	47.22	7.88	100.57	8.19	0.48	38.02	

Profondità (m)	Temperatura (°C)	Conducibilità (mS/cm)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%sat)	pH	Clorofilla <i>a</i> (µg/l)	Salinità (‰)	Disco secchi (m)
31	15.88	47.14	7.86	100.19	8.19	0.50	38.01	
32	15.71	46.93	7.79	98.85	8.19	0.47	37.99	
33	15.50	46.80	7.61	96.23	8.19	0.43	38.06	
2000 m								
0	19.09	50.54	7.82	105.91	8.15	< 0.01	37.98	
1	19.08	50.50	7.83	105.99	8.15	< 0.01	37.96	
2	19.00	50.41	7.86	106.22	8.15	< 0.01	37.95	
3	18.90	50.33	7.86	106.07	8.15	< 0.01	37.97	
4	18.88	50.30	7.93	106.95	8.15	< 0.01	37.96	
5	18.86	50.27	7.97	107.42	8.15	< 0.01	37.96	
6	18.82	50.24	7.97	107.28	8.15	< 0.01	37.97	
7	18.76	50.16	7.98	107.31	8.16	< 0.01	37.95	
8	18.73	50.15	7.97	107.19	8.15	< 0.01	37.97	
9	18.72	50.14	8.01	107.64	8.16	< 0.01	37.97	
10	18.69	50.10	7.99	107.39	8.16	< 0.01	37.98	
11	18.68	50.08	8.00	107.43	8.16	0.01	37.96	
12	18.62	50.01	8.02	107.61	8.16	0.01	37.96	
13	18.59	49.98	8.03	107.65	8.16	0.01	37.95	
14	18.32	49.68	8.05	107.35	8.16	0.01	37.95	
15	18.26	49.63	8.09	107.85	8.16	0.02	37.96	
16	18.23	49.60	8.08	107.59	8.16	0.00	37.97	
17	18.22	49.57	8.08	107.59	8.16	0.02	37.95	
18	18.11	49.46	8.11	107.75	8.16	0.02	37.95	
19	18.07	49.44	8.05	106.90	8.17	0.01	37.98	
20	17.99	49.30	8.07	106.94	8.17	0.01	37.93	
21	17.91	49.22	8.05	106.59	8.17	0.07	37.94	
22	17.66	48.95	8.07	106.31	8.17	0.08	37.93	
23	17.59	48.92	8.09	106.46	8.17	0.08	37.98	
24	17.56	48.89	8.14	107.02	8.17	0.13	37.98	
25	17.47	48.74	8.13	106.78	8.17	0.14	37.92	
26	17.29	48.55	8.13	106.40	8.18	0.14	37.93	
27	16.86	48.00	8.11	105.12	8.18	0.14	37.84	
28	16.59	47.76	8.06	103.97	8.19	0.19	37.90	
30	16.35	47.62	8.00	102.86	8.19	0.32	38.00	
30	16.19	47.41	8.04	103.00	8.19	0.31	37.95	
31	15.91	47.18	7.92	100.98	8.19	0.48	38.02	
32	15.90	47.17	7.93	101.02	8.19	0.54	38.02	
33	15.88	47.14	7.93	101.08	8.19	0.56	38.01	
34	15.80	47.07	7.94	100.96	8.19	0.53	38.01	
35	15.75	46.98	7.88	100.13	8.19	0.49	37.99	
36	15.33	46.51	7.88	99.24	8.20	0.43	37.96	
37	15.09	46.37	7.61	95.52	8.20	0.31	38.06	
38	15.01	46.33	7.47	93.64	8.20	0.31	38.10	