

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II



DOTTORATO DI RICERCA IN SCIENZE DELLA TERRA
INDIRIZZO SCIENZE E INGEGNERIA DEL MARE
XXIII CICLO

I crostacei Anfipodi quali descrittori delle comunità bentoniche di ambienti marino costieri interessati da attività antropiche



Relatore
Prof. Vincenzo Saggiomo

Candidata
Monica Targusi

Anno Accademico 2010-2011

RINGRAZIAMENTI

Il mio primo ringraziamento va all'Università degli Studi di Napoli "Federico II" per avermi dato l'opportunità di svolgere la mia ricerca nell'ambito della Scuola di Dottorato in Scienze e Ingegneria del Mare. In particolare vorrei ringraziare la guida vigile e stimolante del Prof. Vincenzo Saggiomo, che tuttavia mi ha permesso di condurre questa ricerca in piena autonomia.

Vorrei ringraziare di cuore il Prof. Michele Scardi per i suoi preziosi suggerimenti che indubbiamente hanno contribuito a migliorare questo lavoro, ma che terrò da conto anche, e soprattutto, per ricerche future.

Parimenti vorrei ringraziare l'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) per avermi dato la possibilità di svolgere tale ricerca usufruendo di strumentazioni e banche dati adeguate. In particolare, poiché la presente ricerca si inserisce nell'ambito di un progetto multidisciplinare svolto da ISPRA per conto della Regione Marche, vorrei ringraziare tutto lo staff del laboratorio di Sedimentologia dell'ISPRA e lo staff del Prof. Antonio Pusceddu afferente all'Istituto di Scienze del Mare dell'Università delle Marche, per l'elaborazione dei dati chimico-fisici dei sedimenti.

Un ringraziamento particolare va alla mia responsabile Dott.ssa Luisa Nicoletti e alle mie colleghe e colleghi del Laboratorio di Ecologia del Benthos dell'ISPRA per aver contribuito alla realizzazione di questo lavoro di tesi sia da un punto di vista pratico, smistando ed identificando insieme a me quantitativi abnormi di materiale, sia da un punto di vista concettuale, consigliandomi e sostenendomi lungo l'intero percorso. In particolare ringrazio di cuore la Dott.ssa Loretta Lattanzi per i suoi preziosi e fondamentali consigli e per i suoi insegnamenti relativi al mondo dei crostacei, e degli anfipodi in particolare, e la Dott.ssa Barbara La Porta compagna di lavoro e amica sincera e preziosa fin dai tempi della tesi di laurea. Ringrazio inoltre la Dott.ssa Daria Vagaggini per i suoi preziosi suggerimenti e per la sua pazienza.

Un grazie di cuore va a Giacomo per essermi stato accanto con infinita dolcezza e infinita pazienza, soprattutto in questi ultimi mesi di lavoro.

Ringrazio infine la mia famiglia per aver sostenuto sempre le mie scelte e per aver avuto fiducia in me.

INDICE

1. INTRODUZIONE	1
1.1 Ruolo ed importanza dei popolamenti macrozoobentonici di fondo mobile	1
1.2 I popolamenti macrozoobentonici degli ambienti marino costieri	3
1.3 Scopo del lavoro	5
2. MATERIALI E METODI	8
2.1 Inquadramento dell'area di studio	8
2.2 I siti di campionamento	11
2.3 Il disegno di campionamento	15
2.4 Prelievo e trattamento di campioni di macrozoobenthos	24
2.5 Prelievo e trattamento di campioni di sedimento	24
2.6 Elaborazione dei dati	25
3. RISULTATI	29
3.1 Caratteristiche chimico-fisiche dei sedimenti	30
3.2 Il popolamento macrozoobentonico	35
3.2.1 Il popolamento macrozoobentonico <i>ante e post operam</i> a 2 m di profondità	37
3.2.2 Il Popolamento macrozoobentonico <i>ante e post operam</i> a 5 m di profondità	41
3.3 Il Popolamento ad Anfipodi	45
3.3.1 Il Popolamento ad Anfipodi <i>ante e post operam</i> a 2 m di profondità	46
3.3.2 Il Popolamento ad Anfipodi <i>ante e post operam</i> a 5 m di profondità	49
3.4 Analisi statistica del popolamento macrozoobentonico	52
3.4.1 Analisi statistica del popolamento macrozoobentonico <i>ante e post operam</i> a 2 m di profondità	57
3.4.2 Analisi statistica del popolamento macrozoobentonico <i>ante e post operam</i> a 5 m di profondità	62
3.5 Analisi statistica del popolamento ad Anfipodi	66
3.5.1 Analisi statistica del popolamento ad Anfipodi <i>ante e post operam</i> a 2 m di profondità	71
3.5.2 Analisi statistica del popolamento ad Anfipodi <i>ante e post operam</i> a 5 m di profondità	75

4. DISCUSSIONE	79
5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	86
BIBLIOGRAFIA	88
Allegato 1 (Matrice specie x stazioni del popolamento bentonico)	100
Allegato 2 (Matrice specie x stazioni del popolamento ad Anfipodi)	102
Allegato 3 (Output statistici: Permanovae e Pairwise tests)	104
Allegato 4 (Lista specie)	121

1. INTRODUZIONE

1.1 RUOLO ED IMPORTANZA DEI POPOLAMENTI MACROZOOBENTONICI DI FONDO MOBILE

Negli ultimi decenni gli studi di conservazione e gestione degli ecosistemi marino-costieri si sono rivolti sempre più verso lo studio delle componenti biologiche dell'ecosistema, poiché in grado di rispondere, con differente sensibilità, alle modificazioni dell'ambiente. Non a caso normative comunitarie come la Water Framework Directive (CEE 60/2000) e la Marine Strategy Framework Directive (CEE 56/2008) pongono particolare attenzione alle componenti biologiche dell'ecosistema, che rivestono un ruolo centrale sia per la valutazione dello stato e della qualità dell'ambiente marino che per mantenere e/o raggiungere un buono stato ambientale.

In tal senso, particolare attenzione è stata posta allo studio delle comunità macrozoobentoniche di fondi mobili, poiché considerate delle vere e proprie memorie biologiche, capaci di integrare nel tempo eventi distinti e di descrivere efficacemente specifiche modificazioni ambientali, sia di origine naturale che antropica (Bianchi e Zurlini, 1984; Damiani *et al.*, 1988). Gli effetti dei disturbi, intesi come variazioni dovute a fattori naturali e antropici, si ripercuotono sulle comunità biotiche sia direttamente sia indirettamente attraverso l'alterazione delle caratteristiche ambientali; quindi valutare l'entità delle perturbazioni attraverso la risposta degli organismi è una valida strategia per determinare, in un arco temporale idoneo, eventuali cambiamenti del sistema ecologico.

Le motivazioni per le quali gli invertebrati del macrozoobenthos rivestono un ruolo primario nello studio dei sistemi marino costieri sono diverse. Gli organismi macrozoobentonici rappresentano una delle vie principali nel ciclo dei nutrienti e partecipano allo scambio di sostanze tra i sedimenti, la colonna d'acqua ed i diversi livelli trofici attraverso vari meccanismi quali l'ingestione dei *pellets*, il trasporto verticale del detrito organico dallo strato ridotto all'interfaccia acqua-sedimento e la risospensione del sedimento (Bilyard, 1987). Anche la bioturbazione, operata dagli organismi macrozoobentonici, contribuisce allo scambio di sostanze tra i sedimenti, la colonna d'acqua e i diversi livelli trofici, rimettendo in circolo le sostanze mineralizzate nel sedimento (Montagna, 2005). Inoltre, l'estrema eterogeneità trofico-funzionale delle specie che compongono tali comunità e la presenza di cicli vitali lunghi e complessi (spesso con fasi meroplanctoniche), fa dello studio della comunità macrozoobentonica di fondo mobile un prezioso strumento di valutazione dell'integrità ecosistemica, sia da un punto di vista qualitativo che quantitativo (Pearson e Rosenberg, 1978). Gli organismi bentonici hanno generalmente una scarsa motilità e ciò aumenta la probabilità di una loro esposizione a fattori di stress e li rende, a differenza delle comunità pelagiche, ottimi indicatori locali di perturbazione. La comunità macrozoobentonica di fondo

mobile è poi costituita da specie che hanno tolleranze diverse ai vari stressori ed è in grado di offrire una risposta ad un'ampia gamma di fattori di perturbazione.

La struttura di tali comunità è strettamente dipendente da una serie di fattori biotici e abiotici caratterizzati da una notevole variabilità sia spaziale che temporale quali l'idrodinamismo, la granulometria dei sedimenti, la concentrazione di sostanza organica, le sostanze inquinanti e le caratteristiche biologiche delle stesse specie e la loro interazione (Castelli *et al.*, 2003). In particolare, secondo quanto riportato da Quintino *et al.*, (2006) il macrozoobenthos di fondo mobile riveste un ruolo chiave nei processi sedimentari, e risulta sensibile alle variazioni della qualità ambientale in particolar modo per ciò che riguarda le caratteristiche chimico-fisiche dei sedimenti. Le comunità bentoniche sono quindi particolarmente adatte a valutare la qualità dell'ambiente poiché rendono evidenti le modificazioni che in esso si verificano in relazione alle variazioni dei fattori suddetti (Pearson e Rosenberg, 1978; Gray, 1981; Gray *et al.*, 1990; Warwick e Clarke, 1991). Lo studio del macrozoobenthos di fondo mobile rappresenta dunque un importante strumento per il monitoraggio dell'ambiente marino, soprattutto per quel che riguarda gli ambienti costieri dove insistono la maggior parte delle attività antropiche e dove le fluttuazioni delle variabili ambientali sono più evidenti (Castelli *et al.*, 2003).

1.2 I POPOLAMENTI MACROZOOBENTONICI DEGLI AMBIENTI MARINO COSTIERI

L'ambiente di spiaggia è un ambiente estremamente dinamico, fisicamente stressato, fortemente esposto al moto ondoso e dominato dall'instabilità sedimentaria (McLachlan, 1990). Le comunità bentoniche degli ambienti costieri sono generalmente considerate comunità fisicamente controllate (Sanders, 1969; Covazzi-Harriague e Albertelli, 2007), ovvero comunità in cui i parametri fisici variano ampiamente e gli organismi che le compongono sono esposti ad un elevato grado di disturbo. I popolamenti dei fondi mobili di ambienti costieri, a differenza dei popolamenti del largo, sono ben adattati al disturbo e presentano un'elevata resilienza, ovvero un'elevata capacità di recuperare le condizioni antecedenti ad un disturbo.

In generale i popolamenti degli ambienti costieri sono costituiti, se confrontati con i popolamenti di altri ambienti, da comunità animali e vegetali semplificate, con un numero di specie relativamente basso. Le comunità bentoniche presenti mostrano, inoltre, specifici adattamenti sia morfologici sia ecologici per resistere all'idrodinamismo intenso e all'instabilità dei sedimenti. Generalmente, infatti, tali comunità sono caratterizzate dalla dominanza di organismi filtratori e detritivori (Sanders, 1956; Pérès e Picard, 1964; McIntyre e Eletheriou, 1968; McLachlan *et al.*, 1981; Dolbetti *et al.*, 2009) e da forme libere sia dell'epifauna che dell'infauna. Questi adattamenti, insieme all'eterogeneità spaziale e temporale dell'habitat, rivestono un ruolo essenziale nel regolare la distribuzione delle comunità ivi presenti (Brown e McLachlan, 1990; Mancinelli *et al.*, 1998), anche se gli specifici processi che regolano la distribuzione e l'abbondanza delle diverse comunità biotiche sono spesso difficili da discernere.

Inoltre, i popolamenti bentonici presenti in tale ambiente mostrano un'ampia variabilità stagionale nella crescita, riproduzione e abbondanza (Cardoso e Veloso, 1996, Veloso e Cardoso, 1999). Questa variabilità può essere collegata a fattori climatici (come la luce e la temperatura), biologici (come il ciclo vitale, il rifornimento larvale da altre aree, nel caso di specie a sviluppo larvale, e la riproduzione), ma anche a fattori fisici come la torbidità delle acque, l'erosione e/o l'accrescimento delle spiagge (Ansell e McLachlan, 1980, Jaramillo e McLachlan, 1993).

L'erosione costiera è un fenomeno naturale estremamente complesso, ampiamente diffuso lungo le nostre coste, che l'urbanizzazione e la concentrazione delle attività socio-economiche nelle aree costiere ha reso un fenomeno antropico di intensità crescente (French, 1997; Charlier, 2003). In passato, in risposta al fenomeno dell'erosione costiera sono state costruite strutture rigide di difesa quali barriere affioranti o soffolte, pennelli ed altro. Tali strutture, molto spesso, oltre ad influenzare l'ambiente e la struttura dei popolamenti naturali (Davis *et al.*, 1982; Barros *et al.*, 2001; Airoidi *et al.*, 2005; Martin *et al.*, 2005; Bertasi *et al.*, 2005) aggravano o semplicemente traslano spazialmente il problema dell'erosione piuttosto che risolverlo (French, 1997). Ultimamente, la

necessità di una gestione sostenibile di tale fenomeno ha stimolato l'attenzione e l'interesse della comunità scientifica e tecnica verso un approccio "soft" per la difesa costiera (Charlier, 2003). In tale ambito, la tecnica ultimamente più utilizzata è quella del ripascimento morbido, che consiste nella deposizione sulla spiaggia emersa e sommersa di sedimenti sabbiosi di diversa origine (terrestre, fluviale o marina).

Per contrastare il fenomeno erosivo sono necessari grandi quantitativi di sedimenti, che generalmente comportano una variazione del tasso di sedimentazione locale che eccede di molto le naturali fluttuazioni tipiche degli ambienti sedimentari costieri (Colosio *et al.*, 2007). Tali variazioni si riflettono quindi sulla morfologia del fondo, sull'idrodinamica costiera e sulle comunità bentoniche, influenzandone la composizione, l'abbondanza e la dinamica (Norkko *et al.*, 2002; Thrush *et al.*, 2003; Lohrer *et al.*, 2006). Le variazioni che insistono sugli ambienti marino costieri, siano esse di origine naturale o antropica, inducono cambiamenti nella struttura e nel funzionamento delle comunità bentoniche che popolano la sabbia (Della Croce *et al.*, 1997; Fabiano *et al.*, 2004).

1.3 SCOPO DEL LAVORO

Il macrozoobenthos del Mediterraneo è estremamente ricco di specie (Bianchi e Morri, 2000) e l'accurata identificazione di tutte le specie raccolte nel corso di uno studio oltre ad essere un compito impraticabile, poiché occorrerebbe disporre di tutte le competenze tassonomiche necessarie all'identificazione dei diversi taxa, è anche uno degli aspetti più costosi e limitanti dei programmi di ricerca bionomica (Morri *et al.*, 2003). Molto spesso, infatti, gli studi bionomici si limitano all'analisi dei gruppi dominanti, come i policheti, i molluschi, i crostacei e gli echinodermi sui fondi mobili e le macroalghe sui fondi duri. In ogni caso la generalizzazione delle informazioni tratte dall'analisi di una singola componente della comunità, sebbene dominante, non sempre è rappresentativa della reale condizione della comunità stessa (Morri *et al.*, 2003). Nell'ambito del riconoscimento delle grandi unità biocenotiche, per le quali esiste una ricca letteratura, la limitazione del numero di descrittori potrebbe non essere limitante, ma quando si intende studiare la dinamica o l'evoluzione in funzione di fattori naturali o antropici occorre utilizzare descrittori più significativi e completi (Morri *et al.*, 2003). A tal proposito Gambi *et al.*, (1982), in uno studio sul benthos di fondi mobili del Mar Tirreno, hanno introdotto il concetto di descrittore efficace, definito dagli stessi Autori come un syntaxon capace di fornire, in un ben determinato ambiente e da solo, una descrizione efficace della distribuzione dell'intera comunità in rapporto ai principali parametri ambientali.

Tra i requisiti che un syntaxon dovrebbe avere per essere considerato descrittore efficace, Bianchi (2002) menziona:

- La numerosità delle specie che lo compongono;
- Le dimensioni "cospicue";
- L'ampia ripartizione in diversi biotopi;
- L'identificazione agevole;
- Il campionamento agevole.

Non tutti i gruppi rispondono a questi requisiti poiché la maggior parte richiede, per l'identificazione, l'intervento di specialisti. Generalmente i molluschi e i pesci sono considerati i gruppi tassonomici più idonei. Tuttavia anche il taxon ad Anfipodi è considerato un gruppo tassonomico importante nel determinare la struttura delle comunità (Scipione *et al.*, 2005) e diversi Autori hanno evidenziato che la conoscenza della struttura e composizione di tale popolamento è un utile strumento per interpretare i cambiamenti nella comunità bentonica, soprattutto nell'ambito delle opzioni di gestione (Biernbaum, 1979; Conlan, 1994; Moreira *et al.*, 2008).

Dal lavoro di Gambi *et al.*, (1982) ad oggi molti studi hanno riguardato l'analisi dei popolamenti e/o delle singole specie che costituiscono le comunità bentoniche dei fondi mobili delle coste adriatiche

e tirreniche, in risposta a disturbi antropici (Nicoletti *et al.*, 2004; Martin *et al.*, 2005; Bertasi *et al.*, 2005; Simonini *et al.*, 2005;2007; Colosio *et al.*, 2007; Covazzi-Harriague e Albertelli, 2007; La Porta *et al.* 2009; La Valle *et al.*, 2011) mentre piuttosto scarsi sono gli studi rivolti all'analisi comparata di un singolo taxon rispetto all'intera comunità bentonica.

Il presente lavoro si propone dunque di valutare la possibilità di utilizzare il taxon degli Anfipodi quale descrittore delle comunità bentoniche di aree costiere interessate da attività antropiche. A tal fine è stato analizzato il popolamento ad Anfipodi di aree costiere della Regione Marche, interessate da attività di ripascimento. I risultati ottenuti dall'analisi di tale popolamento sono stati quindi confrontati con quanto osservato nelle stesse aree relativamente all'intera comunità bentonica (molluschi, policheti e crostacei).

Il presente lavoro si inserisce nell'ambito di un progetto che l'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) porta avanti dal 2008, su incarico della Regione Marche. Tale progetto è volto ad eseguire studi di monitoraggio, *ante operam* e *post operam*, sui principali comparti ambientali (sedimenti, colonna d'acqua e popolamenti bentonici), relativamente ad interventi di ripascimento, che si propongono di arginare il fenomeno erosivo dei litorali sabbiosi di 7 comuni (Civitanova Marche, Fermo, Pedaso, Campofilone, Massignano, Cupramarittima e Grottammare), mediante lo sfruttamento di sabbie marine.

Nella Regione Marche, l'intensa attività turistica che insiste lungo l'intero arco costiero, lo sviluppo urbano e gli inadeguati interventi effettuati lungo le coste (ad esempio le diverse tipologie di opere rigide di difesa costiera) hanno contribuito a degradare tali ambienti incrementando i fenomeni erosivi. La linea di costa marchigiana presenta infatti un trend evolutivo medio negativo già a partire dall'inizio del '900, con forti accelerazioni del fenomeno erosivo a partire dagli anni '60-'70 (Froglia *et al.*, 2001; ARPAM, 2003). Le opere marittime poste in opera per la protezione delle strutture, delle infrastrutture e della costa hanno ridotto gli effetti erosivi locali, trattenendo sotto costa i sedimenti, ma hanno altrettanto spesso innescato fenomeni di regressione nei tratti contigui ivi determinando una forte concentrazione di energia, lo spostamento longitudinale di materiale sabbioso e grossolano e la perdita netta di materiale sabbioso per trasporto trasversale verso il largo. Da quanto fin qui esposto appare evidente che i popolamenti bentonici presenti lungo i fondi costieri delle Marche sono fortemente influenzati sia dalle naturali variazioni di parametri ambientali quali idrodinamismo, granulometria dei sedimenti, torbidità, temperatura e salinità, sia da variazioni degli stessi parametri indotti però da attività umane (opere rigide di difesa costiera e ripascimenti).

Si è scelto di testare l'idoneità del taxon ad Anfipodi quale descrittore delle comunità bentoniche di aree costiere, poiché è noto che, nell'ambito delle opzioni di gestione ambientale, le conoscenze

delle caratteristiche di questo popolamento sono generalmente considerate utili nell'interpretazione dei cambiamenti che si verificano nella comunità bentonica (Biernbaum, 1979; Conlan, 1994; Moreira *et al.*, 2008) e perché è considerato un gruppo tassonomico importante nel determinare la struttura delle comunità (Scipione *et al.*, 2005).

Il taxon degli Anfipodi inoltre risponde a molti dei requisiti elencati da Bianchi (2002). Gli Anfipodi sono, infatti, un gruppo costituito da molte specie (circa 10.000 specie note, di cui circa 1.200 marine), filogeneticamente molto antico, con una notevole radiazione adattativa che rende tali organismi abili colonizzatori di diversi ambienti (marini, dulciaquicoli e terrestri). In ambiente marino, in particolare, sono un taxon ampiamente rappresentato (Moreira *et al.*, 2008; Luorido *et al.*, 2008), soprattutto nei sistemi bentonici costieri di fondi mobili e rocciosi (Desrosiers *et al.*, 1986). Il gruppo tassonomico degli Anfipodi è riconosciuto come particolarmente sensibile ai cambiamenti ambientali sia di natura chimica che fisica (Bellan-Santini, 1971; Grahame e Hanna, 1989; Scipione e Lattanzi 1995; Sanchez-Moyano e Garcia Gomez., 1998; Conradi *et al.*, 2000; Gómez-Gesteira e Dauvin, 2000) ed è costituito inoltre da molte specie appartenenti a diverse categorie trofiche ed etologiche (Scipione, 1989; Krapp-Schieckle, 1993; Bellan-Santini *et al.*, 1998). Indubbiamente le dimensioni corporee degli Anfipodi non possono considerarsi "cospicue" variando in generale tra i 3-4mm fino a 30-40mm, fattore questo che ne limita la possibilità di identificazione sempre e solo nell'ambito di un laboratorio dotato di un'opportuna strumentazione. Indubbiamente poi, l'identificazione delle singole specie richiede l'intervento di specialisti (Morri *et al.*, 2003). Tuttavia, per quel che riguarda l'identificazione delle specie appartenenti a questo taxon, l'esistenza per il Mar Mediterraneo, di chiavi dicotomiche ampiamente illustrate e di grande precisione (Bellan-Santini *et al.*, 1982;1989;1993;1998), è senza ombra di dubbio un valore aggiunto, che sopperisce in parte alle difficoltà oggettive di identificazione delle specie.

2. MATERIALI E METODI

2.1 INQUADRAMENTO DELL'AREA DI STUDIO

Il litorale marchigiano ha un'estensione totale di circa 170 km, di questi circa 50 km sono costituiti da coste articolate o di falesia, con un contatto terra mare comunemente in ghiaia, 108 km sono costituiti da coste di litorale diritto o stretto con spiaggia sabbiosa e ampia, e circa 9 km sono le coste armate, con la presenza di numerose infrastrutture portuali (Ferretti *et al.*, 2003).

Il litorale è suddiviso in due settori, uno settentrionale ed uno meridionale, dal promontorio del monte Conero. Il settore settentrionale, compreso tra la località di Gabicce e la città di Ancona, è lungo circa 90 km ed orientato lungo la direzione NO-SE. Il settore meridionale, che si estende tra Ancona e la foce del fiume Tronto, è lungo circa 80 km ed orientato lungo la direzione NNO-SSE. Secondo quanto riportato da Brondi *et al.*, (2003), il litorale marchigiano rientra nella tipologia costiera della pianura litoranea. In particolare, il litorale è caratterizzato dalla presenza di una costa bassa di origine sedimentaria formata da spiagge di ghiaia e sabbia (81%) interrotte da brevi tratti di costa alta a falesia (19%) costituita da rocce calcaree o marnoso arenacee. La costa alta marnoso-arenacea compresa tra Gabicce e Pesaro si estende per circa 10 km con altitudini inferiori ai 200 m, ed è orientata in direzione NO-SE. Tra Ancona e Numana, la falesia si presenta con aspetti diversi: dal Porto di Ancona a Mezzavalle è marnoso-arenacea, dal promontorio del Conero fino alla località i Sassi Neri è calcarea, mentre da quest'ultima località fino al Porto di Numana torna ad essere marnoso-arenacea. L'unico tratto di costa calcarea del litorale marchigiano è rappresentato dal nucleo centrale del Promontorio del Conero (Biondi *et al.*, 1991). Tra Pesaro e la foce del fiume Tronto, ad eccezione del Monte Conero, il litorale marchigiano è bordato da una serie di cuspidi di foce molto simili tra loro.

Ad esclusione della parte compresa fra il Monte Conero e Porto Recanati, la pendenza del fondale marino dalla battigia fino all'isobata di 5 m è intorno all'1%, con barre e/o cordoni sottomarini sia singoli che in serie (Ferretti *et al.*, 2003). La porzione sommersa del litorale, fino a pochi metri di profondità, è di tipo prevalentemente sabbioso. Il fondo sabbioso si estende per una lunghezza di alcune centinaia di metri dalla costa fino ad un massimo di 1 km. Verso il largo il fondo sabbioso si mischia al fango ed è possibile osservare una netta prevalenza di fango rispetto alla sabbia lungo i fondali antistanti le foci dei fiumi.

I fiumi marchigiani che sboccano nel bacino Adriatico sono: l'Arzilla, l'Aso, il Cesano, il Chienti, l'Esino, l'Ete, il Vivo, il Foglia, il Metauro, il Misa, il Musone, il Potenza, il Tavollo, il Tenna, il Tesino e il Tronto. I fiumi delle Marche presentano tutti la foce ad estuario, sono generalmente brevi e sono caratterizzati da una corrente abbastanza forte e da una portata d'acqua che varia moltissimo in funzione della stagione e delle precipitazioni. La portata è quasi nulla nel periodo

estivo ed è caratterizzata da piene improvvise e di breve durata in quello invernale. Il trasporto di questi fiumi è costituito prevalentemente da notevoli quantità di materiale grossolano, con alte percentuali di ghiaie, che si rinvencono principalmente in prossimità delle foci fluviali, mentre sui tratti intermedi tra le foci prevalgono le sabbie. Il trasporto solido netto lungo riva è diretto prevalentemente verso Nord (Ferretti *et al.*, 2003).

Come detto, per quanto riguarda la dinamica costiera, la linea di costa marchigiana presenta un trend evolutivo medio negativo già a partire dall'inizio del '900, con forti accelerazioni del fenomeno erosivo a partire dagli anni '60-'70. Le opere marittime poste in essere per la protezione delle strutture, delle infrastrutture e della costa hanno ridotto gli effetti erosivi locali, trattenendo sotto costa i sedimenti, ma hanno altrettanto spesso innescato fenomeni di regressione nei tratti contigui, determinando una forte concentrazione di energia e uno spostamento longitudinale di materiale sabbioso e grossolano con perdita netta di materiale sabbioso per trasporto trasversale verso il largo.

Dal punto di vista oceanografico la zona in esame è fortemente influenzata dal bacino settentrionale adriatico a causa della circolazione ciclonica che vi convoglia gli apporti fluviali commisti ad acque marine (Franco, 1973). Nella circolazione generale dell'Adriatico si possono distinguere due correnti principali: una da Sud verso Nord lungo la costa croata e l'altra in direzione opposta lungo la costa italiana (Russo e Artegiani, 1996). Questa circolazione contribuisce, in inverno, a confinare sotto costa gli apporti fluviali, ricchi di nutrienti, provenienti dai fiumi del Nord Italia (principalmente dal fiume Po); in estate, a causa della stratificazione verticale, disperde le acque dolci verso il largo (Andreoli *et al.*, 1985).

Diversi lavori, alcuni dei quali piuttosto datati, sono stati effettuati per valutare la distribuzione dei popolamenti bentonici lungo la costa del medio Adriatico. Fra questi si segnalano, ad esempio, lavori riguardanti l'intera comunità bentonica (Vatova, 1949; Gamulin-Brida, 1967; 1974; Scaccini, 1967; Ott, 1990; Simunovic, 1997; Alcaro *et al.*, 2002; Froglià, 2002) e quelli riguardanti specifici gruppi tassonomici quali i policheti (Katzmann, 1973; Pozar-Domac, 1978), i crostacei decapodi (Paolucci, 1909; Pesta, 1918) ed i molluschi (Froglià, 1989; Froglià e Fiorentini, 1989; Froglià, 1990; 1994; Cossignani *et al.*, 1992; Froglià *et al.*, 1998).

Per quel che riguarda nello specifico il popolamento ad Anfipodi, diversi studi sono stati condotti nel Mar Adriatico e la maggior parte di questi hanno riguardato soprattutto i popolamenti dell'Adriatico Settentrionale (Grube, 1861; Heller, 1866; Nardo, 1869; Giordani Soika, 1946; Ruffo, 1946; Krapp-Schieckel, 1969;1975; Diviacco *et al.*, 1983; Sconfietti, 1986; Diviacco e Bianchi, 1987). Pochi lavori sono stati svolti sui popolamenti del medio Adriatico (Taramelli *et al.*, 1988; Taramelli e Fassetta, 1990).

In generale, in prossimità della linea di costa e a pochi metri di profondità, la natura della maggior parte dei fondali marchigiani è di tipo sabbioso. Tali fondali si estendono per una lunghezza di alcune centinaia di metri fino ad un massimo di 1 km dalla costa. Procedendo verso il largo si incontrano fondi in cui la sabbia è mista al fango; il sedimento fangoso prevale su quello sabbioso davanti alle foci dei fiumi, mentre si osserva una prevalenza di sedimento sabbioso nelle zone interposte. La distribuzione delle biocenosi sui fondali dell'alto e medio Adriatico è strettamente connessa con la natura dei fondi stessi. Nella zona immediatamente prossima alla costa, dove l'acqua è poco profonda, e più al largo, su quelli sabbioso-fangosi con prevalenza di sabbia, è distribuita la zoocenosi del mollusco bivalve *Chamelea gallina*, accompagnato da altre specie di molluschi. Questa zoocenosi, che si estende da appena qualche metro di profondità fino a circa 10 m, si alterna, nell'ambito della stessa fascia di fondi, con la zoocenosi *C. gallina* + *Owenia fusiformis* (polichete tubicolo), che si colloca nelle zone fangoso - sabbiose, dove il fango prevale sulla sabbia, poste davanti alle foci dei fiumi (Scaccini, 1967). Queste biocenosi sono caratterizzate dall'assenza di vegetazione e dalla presenza di una ricca fauna comprendente molluschi bivalvi e gasteropodi, anellidi policheti, echinodermi e crostacei. La biocenosi *C. gallina* + *O. fusiformis* rientra nella biocenosi delle Sabbie Fini Ben Calibrate (SFBC) descritta per il Mar Mediterraneo da Pérès e Picard (1964), che si sviluppa in sedimenti sabbiosi di origine continentale e si può estendere fino a 25 m di profondità. In genere questa biocenosi viene gradualmente sostituita avvicinandosi alla battigia dalla biocenosi delle Sabbie Fini degli Alti Livelli (SFHN), che si può incontrare fino a circa 2,5 m di profondità ed ha come specie caratteristiche i molluschi bivalvi *Donax semistriatus*, *Lentidium mediterraneum* e *Tellina tenuis*, oltre ad alcuni policheti e al crostaceo decapode *Diogenes pugilator*.

Le diverse comunità bentoniche si presentano con un netto gradiente costa – largo che rispecchia la granulometria dei sedimenti ed il gradiente batimetrico. Contemporaneamente i fondali e le comunità bentoniche presentano una relativa uniformità, quando esaminati secondo un gradiente Nord – Sud (Froglià, 2002).

È importante sottolineare che nell'area prossima alla costa, caratterizzata da acque basse, le biocenosi marine bentoniche risentono di variazioni stagionali di temperatura e salinità (Vatova, 1949), quindi è probabile che gli organismi evidenzino una variabilità stagionale.

2.2 I SITI DI CAMPIONAMENTO

Il tratto di costa oggetto di studio si estende per circa 40 km lungo le coste della Regione Marche (Mar Adriatico) e comprende, da Nord a Sud, 7 siti localizzati in altrettanti comuni (Fig. 2.2.1):

- Civitanova Marche (MC)
- Fermo (AP)
- Pedaso (AP)
- Campofilone (AP)
- Massignano (AP)
- Cupramarittima (AP)
- Grottammare (AP)

Tali siti ricadono nelle province di Macerata (MC) e di Ascoli Piceno (AP).

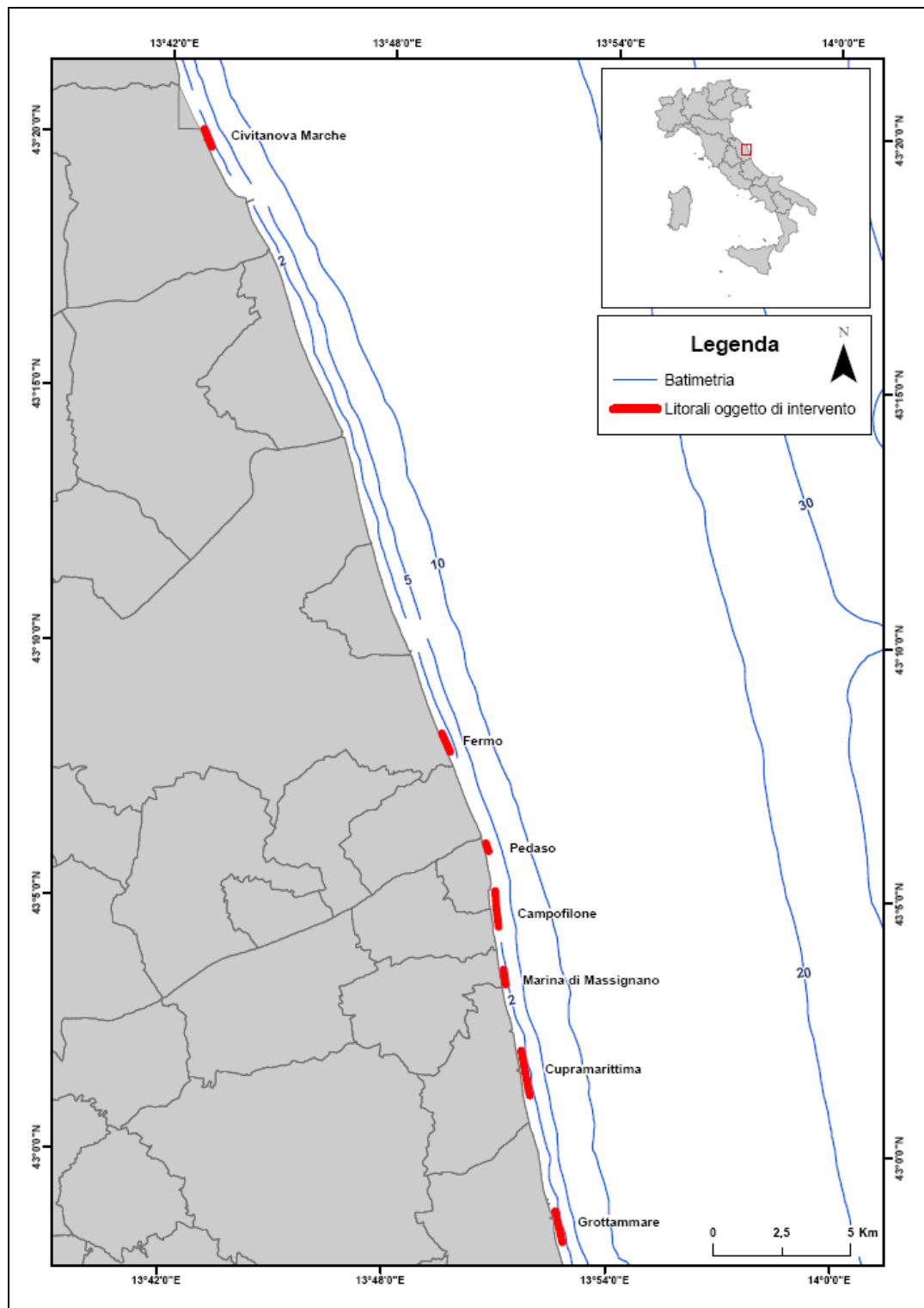


Figura 2.2.1 – Tratto di costa oggetto di studio e localizzazione dei 7 siti di indagine (in rosso).

I 7 siti di indagine fanno parte di 3 unità fisiografiche. La prima unità si estende dalla foce del fiume Potenza al porto di Civitanova Marche e comprende il sito localizzato nel comune di Civitanova Marche. La seconda unità fisiografica si estende dalla foce del fiume Tenna fino al porto di Porto San Giorgio e comprende il sito localizzato nel comune di Fermo. La terza unità fisiografica, la più estesa, va dalla foce del fiume Aso alla foce del torrente Tesino e comprende i rimanenti 5 siti localizzati nei comuni di Pedaso, Campofilone, Massignano, Cupramarittima e Grottammare. Tutte e tre le unità fisiografiche sono caratterizzate da una costa bassa, sabbiosa e con debole pendenza, alimentata da torrenti e corsi d'acqua.

L'intera area di studio è fortemente antropizzata ed è caratterizzata dalla presenza di diverse opere di difesa costiera, costituite da scogliere emerse e sommerse, scogliere radenti, opere miste, moli e pennelli, poste in essere per tentare di arginare il fenomeno dell'erosione costiera, divenuto, come detto, particolarmente intenso a partire dagli anni '60-'70 (Fig. 2.2.2).

Gli interventi di ripascimento a cui si fa riferimento nel presente lavoro sono stati eseguiti utilizzando sabbie relitte dragate a largo di Civitanova Marche. L'intervento di ripascimento è stato eseguito da mare mediante draga aspirante/refluente (Fig.2.2.3).

Nella Tabella 2.2.1 vengono riportati, per ogni sito di indagine, il nome del tratto di costa interessato dalle attività di ripascimento ed alcune caratteristiche tecniche degli interventi effettuati: estensione lungo costa (m), i metri cubi di sabbia utilizzati per il ripascimento (m^3) e i metri lineari del relativo avanzamento della spiaggia (m).

Tabella 2.2.1 - Siti di indagine e caratteristiche degli interventi: estensione lungo costa (m), m^3 di sabbia previsti per il ripascimento e relativo avanzamento (m).

Comune	Zona di intervento	Estensione (m)	Sabbia (m^3)	Avanzamento (m)
Civitanova Marche	Fontespina	700	53.000	76
Fermo	Porto Marina Palmense	800	80.000	100
Pedaso	Zona a sud del fiume Aso e litorale sud	300 700	81.000	81
Campofilone	Confine nord del comune (fosso Campofilone)	500	40.000	80
Massignano	Zona sud del litorale di competenza	600	45.000	75
Cupramarittima	Zona a nord dell'abitato e tratto più a sud	1300 200	90.000	60
Grottammare	Zona a nord e a sud del fiume Tesino	150 750	108.000	120



Figura 2.2.2 – Barriere frangiflutti (sinistra) e opere miste con pennelli (destra) lungo le coste oggetto di indagine.



Figura 2.2.3 – Le attività di ripascimento. In alto: draga aspirante/refluente che sversa il sedimento sulla spiaggia direttamente (sinistra) o per mezzo di una tubazione (destra). In basso: attività di distribuzione lungo la spiaggia del materiale sversato (sinistra) e accumulato sulla spiaggia (a destra).

2.3 IL DISEGNO DI CAMPIONAMENTO

Il piano di campionamento relativo agli studi di monitoraggio *ante operam* e *post operam* ha previsto l'esecuzione di campionamenti in 46 stazioni posizionate lungo 23 transetti perpendicolari alla linea di costa, indicati da Nord a Sud, con numeri progressivi (da 1 a 23). I siti di indagine sono stati indicati con una sigla identificativa relativa al comune di appartenenza: CM = Civitanova Marche, FE = Fermo, PE = Pedaso, CF = Campofilone, MS = Massignano, CU = Cupramarittima e GR = Grottammare.

In accordo con quanto previsto nella fase progettuale dell'intervento di ripascimento, in ciascun sito di indagine, i transetti sono stati posizionati sia in corrispondenza del tratto di litorale da ripascere (transetto e stazioni di impatto) sia in aree limitrofe (transetto e stazioni di controllo). Tuttavia, in alcuni siti, la fase operativa dell'intervento stesso ha interessato tratti di costa più estesi rispetto a quanto stabilito in fase progettuale. Di conseguenza, alcune delle stazioni precedentemente individuate come stazioni di controllo, di fatto sono state interessate dalle attività di ripascimento.

Il numero e la posizione dei transetti (variabile da 2 a 4), per ogni sito di indagine, sono stati stabiliti in funzione dell'estensione del tratto di costa interessato dall'intervento.

Lungo ogni transetto, a distanza crescente dalla costa, sono state posizionate 2 stazioni di campionamento: la prima, la più vicina alla costa, è stata indicata con la lettera "s" (superficiale). Questa stazione è posizionata lungo la batimetrica dei 2-3 m ed è localizzata in prossimità delle strutture di protezione della spiaggia (quando presenti). La seconda stazione, a circa 400-600 m dalla costa, è stata indicata con la lettera "p" (profonda). Questa stazione è localizzata in corrispondenza della batimetrica dei 5 m, ed in posizione generalmente esterna rispetto alle opere (quando presenti).

Nella Tabella 2.3.1 si riporta, per ogni sito di indagine, il numero totale dei transetti, la numerazione del singolo transetto, il numero totale di stazioni campionate e la loro sigla. Si riportano inoltre, per ogni area, le stazioni di impatto e le stazioni di controllo.

Nelle Figure 2.3.1-2.3.7 si riporta, per ogni sito di indagine, il disegno di campionamento utilizzato. In entrambe le fasi di studio ed in ognuna delle stazioni di campionamento sono stati eseguiti contestualmente prelievi per le analisi del popolamento macrozoobentonico e per le analisi chimico-fisiche dei sedimenti.

I campionamenti del popolamento bentonico e dei sedimenti, relativi alla fase di monitoraggio "*ante operam*" sono stati eseguiti nei mesi di maggio e giugno 2008. Le attività di ripascimento sono state eseguite tra marzo e novembre 2009 nei siti di Fermo, Pedaso, Campofilone, Massignano, Cupramarittima e Grottammare e nei mesi di febbraio e marzo 2010 nel solo sito di Civitanova Marche. I campionamenti del popolamento bentonico e dei sedimenti, relativi alla fase

di monitoraggio “*post operam*”, sono stati eseguiti nei mesi di giugno e luglio 2010. Tempi e modalità di esecuzione degli studi di monitoraggio sono conformi a quanto riportato in Nicoletti *et al.*, (2006).

Tabella 2.3.1 - Tabella riassuntiva dove, per ogni sito di indagine sono riportati: il numero di transetti e la relativa numerazione, il numero totale di stazioni e la sigla delle singole stazioni (in grassetto le stazioni di impatto).

Siti di indagine	Transetti	N. totale di stazioni	Stazioni (sigle)
Civitanova Marche	4 (1-4)	8	CM1s, CM1p, CM2s, CM2p, CM3s, CM3p , CM4s, CM4p
Fermo	3 (5-8)	8	FE5s, FE5p, FE6s, FE6p, FE7s, FE7p , FE8s, FE8p
Pedaso	3 (9- 11)	6	PE9s, PE9p , PE10s, PE10p, PE11s, PE11p
Campofilone	2 (12 e 13)	4	CF12s, CF12p, CF13s, CF13p
Massignano	2 (14 e 15)	4	MS14s, MS14p, MS15s, MS15p
Cupramarittima	4 (16-19)	10	CU15s, CU15p, CU16s, CU16p, CU17s, CU17p , CU18s, CU18p, CU19s, CU19p
Grottammare	4 (20-23)	8	GR20s, GR20p, GR21s, GR21p , GR22s, GR22p, GR23s, GR23p

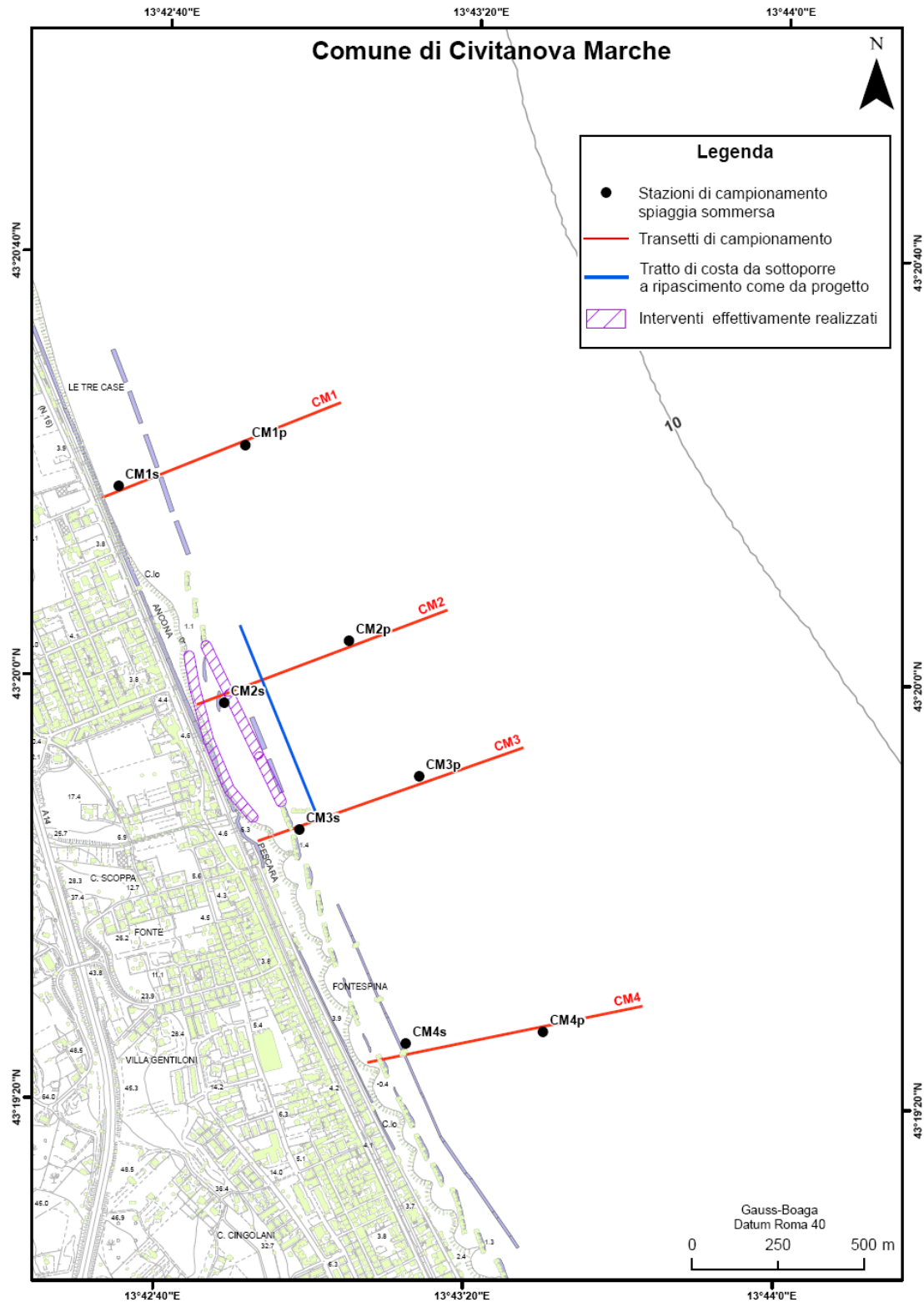


Figura 2.3.1 – Disegno di campionamento relativo al sito di Civitanova Marche (CM), in grigio le opere rigide di difesa costiera.

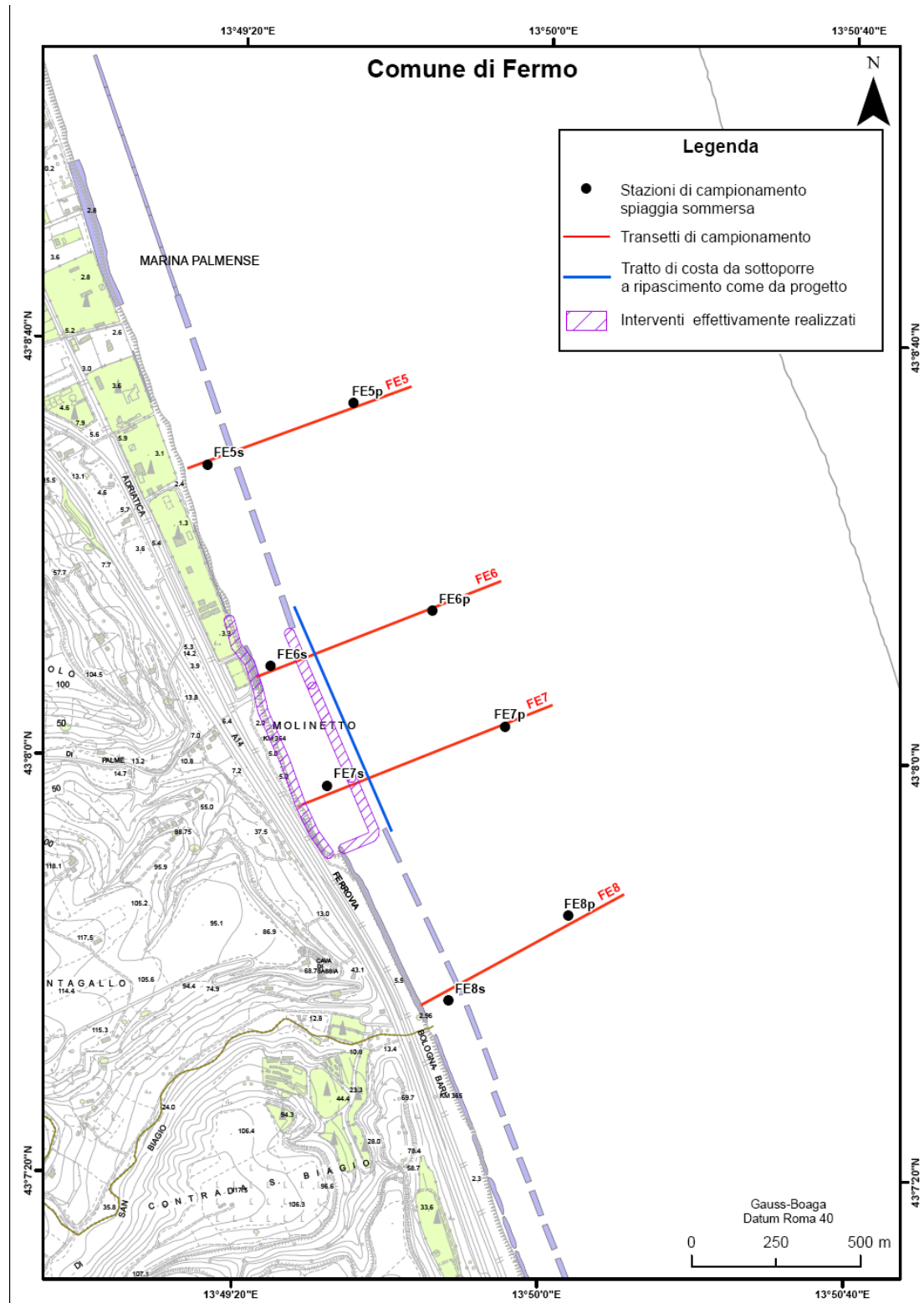


Figura 2.3.2 – Disegno di campionamento relativo al sito di Fermo (FE), in grigio le opere rigide di difesa costiera.

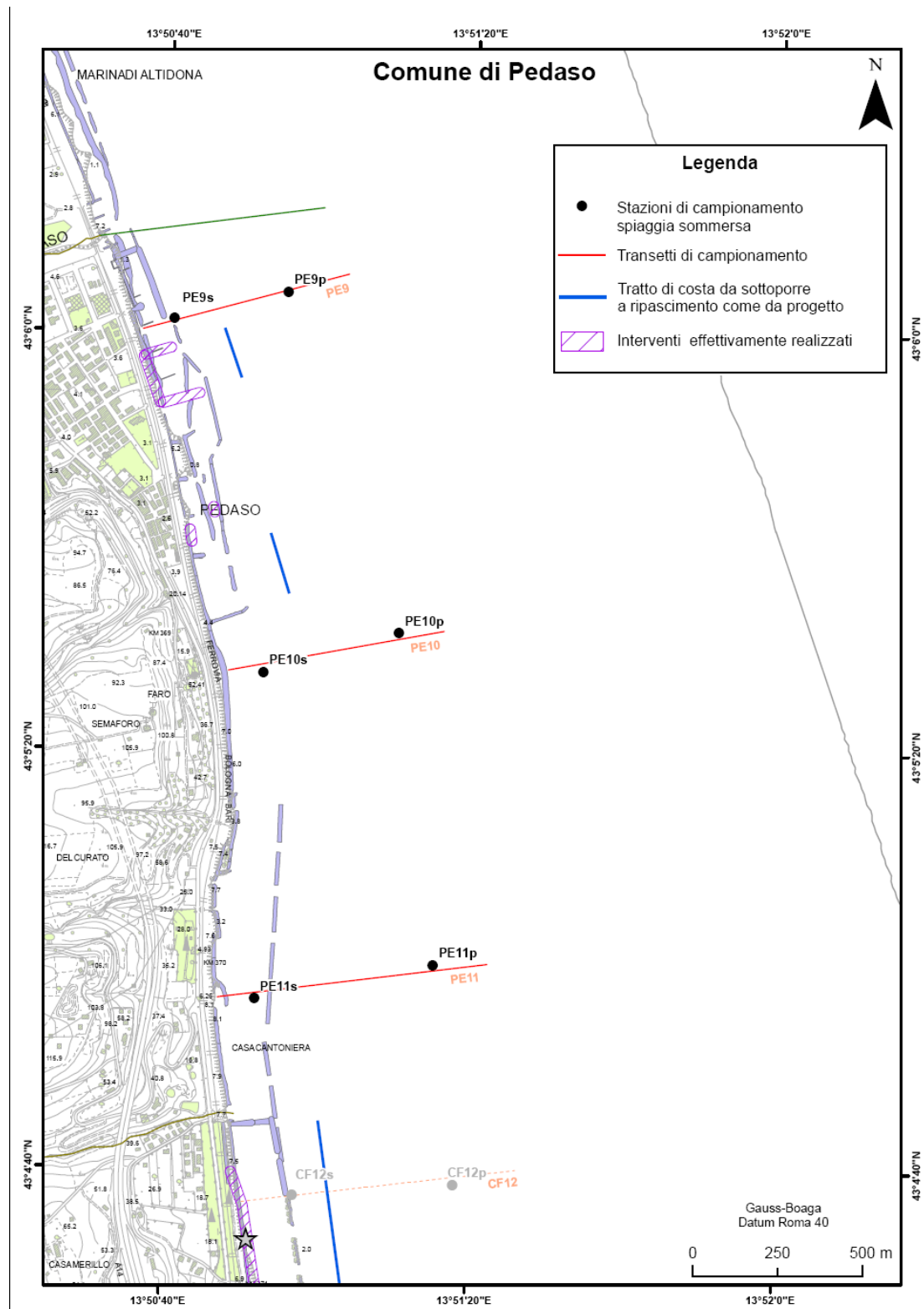


Figura 2.3.3 – Disegno di campionamento relativo al sito di Fermo (FE), in grigio le opere rigide di difesa costiera.

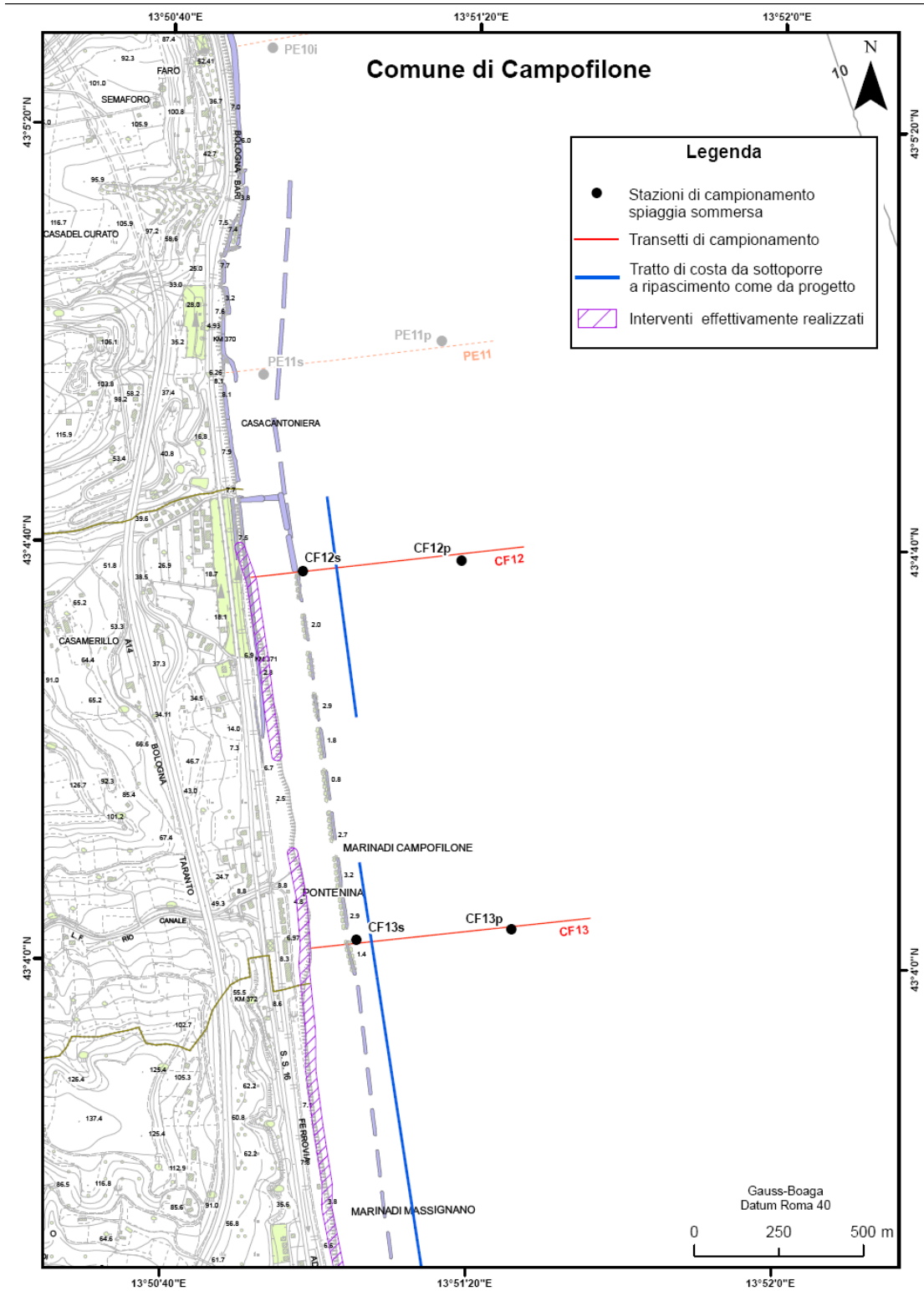


Figura 2.3.4 – Disegno di campionamento relativo al sito di Campofilone (CF), in grigio le opere rigide di difesa costiera.

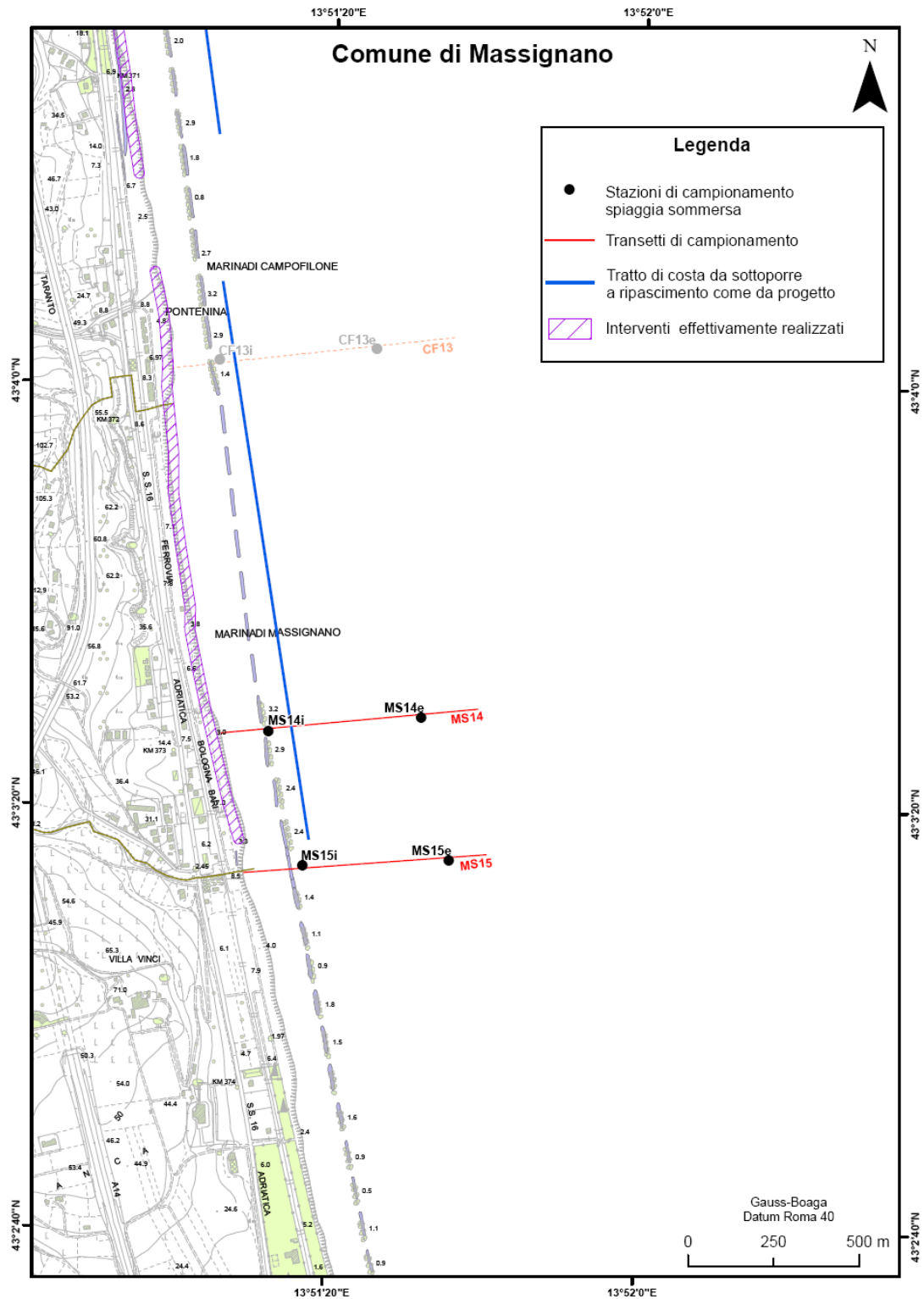


Figura 2.3.5 – Disegno di campionamento relativo al sito di Massignano (MS), in grigio le opere rigide di difesa costiera.

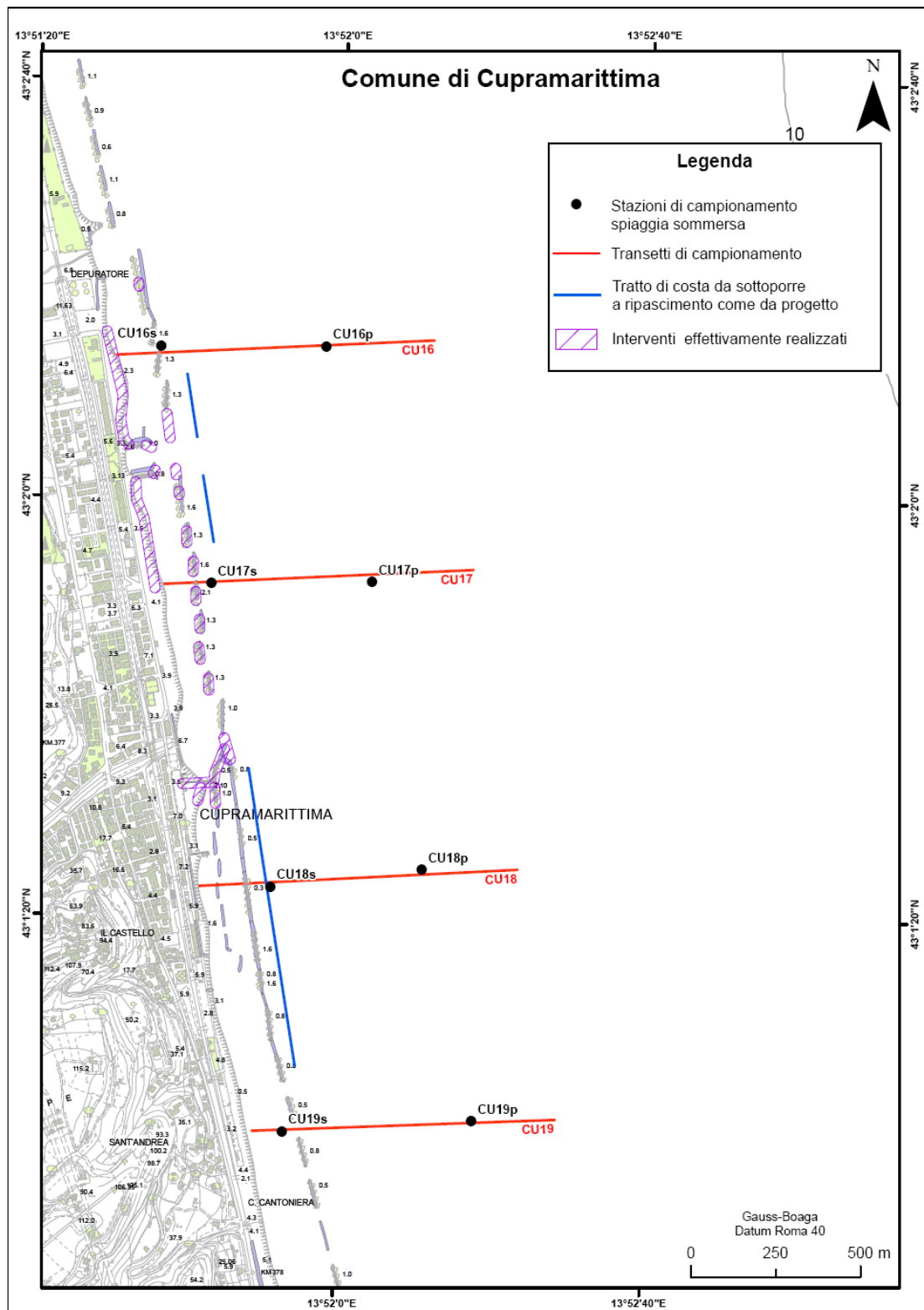


Figura 2.3.6 – Disegno di campionamento relativo al sito di Cupramarittima (CU), in grigio le opere rigide di difesa costiera.

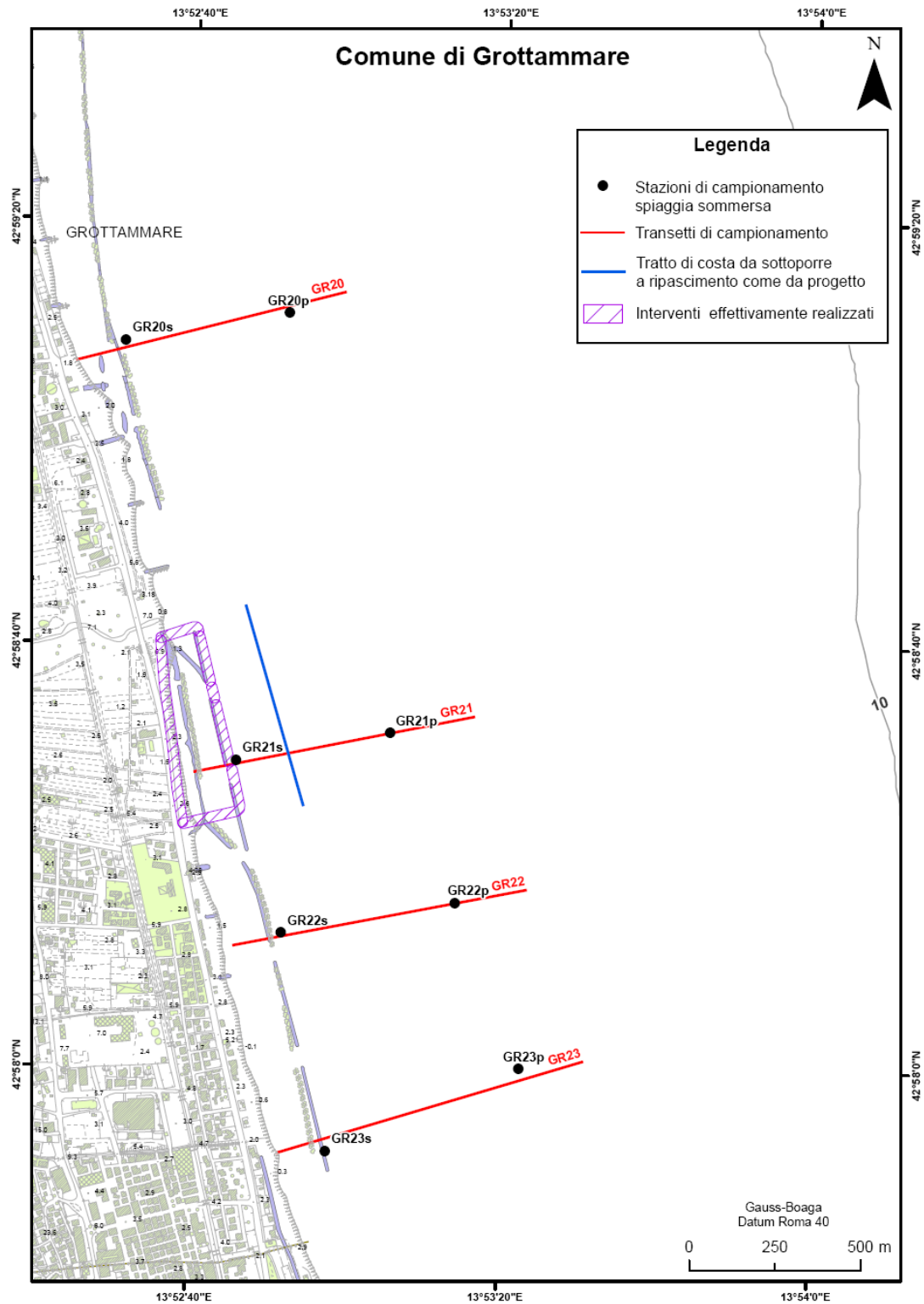


Figura 2.3.7 – Disegno di campionamento relativo al sito di Grottammare (GR), in grigio le opere rigide di difesa costiera.

2.4 PRELIEVO E TRATTAMENTO DEI CAMPIONI DI MACROZOOBENTHOS

Il prelievo dei campioni di macrozoobenthos è stato effettuato utilizzando una benna van Veen di 0,02 m². Al fine di ottenere un campione significativo sono state costruite le curve area/specie e, sulla base del risultato ottenuto, è stato scelto di effettuare in ogni stazione 3 repliche.

I campioni raccolti sono stati successivamente vagliati utilizzando un setaccio con vuoto di maglia di 1 mm e la frazione trattenuta (corrispondente alla definizione di macrozoobenthos di Stirn, 1982) è stata fissata in formalina al 4%, neutralizzata con carbonato di calcio.

In laboratorio è stato eseguito il *sorting* utilizzando un microscopio stereoscopico e i diversi taxa rinvenuti, appartenenti ai gruppi Molluschi, Policheti e Crostacei sono stati fissati in alcool al 70%. La determinazione degli organismi è stata effettuata, quando possibile, fino al più basso livello tassonomico possibile (LPT, *Lowest Possible Taxon*) (Castelli *et al.*, 2003).

Per la nomenclatura delle specie sono state utilizzate le nuove "*check-lists*" della fauna italiana, disponibili anche sul sito www.sibm.it e quelle del MarBEF *Data System* consultabili sul sito www.marbef.org.

2.5 PRELIEVO E TRATTAMENTO DEI CAMPIONI DI SEDIMENTO

Il prelievo dei campioni di sedimento per le analisi granulometriche è stato eseguito mediante box corer. Per ogni campione di sedimento recuperato è stato prelevato un subcampione di sedimento superficiale (0-3 cm) che è stato conservato in contenitori di plastica ad una temperatura di +4°C fino alle successive fasi di laboratorio.

L'attività analitica per la determinazione delle caratteristiche tessiturali del sedimento è stata eseguita dal Laboratorio di Sedimentologia dell'ISPRA, seguendo le metodiche riportate in Cicero e Di Girolamo (2001).

Il prelievo dei campioni di sedimento per le analisi chimiche è stato eseguito mediante benna. Per ogni campione di sedimento recuperato con la benna sono stati prelevati 3 subcampioni, mediante carotaggio manuale. Da ogni subcampione sono stati prelevati i primi 2 cm di sedimento che sono stati conservati in capsule Petri a -20°C fino alle successive analisi di laboratorio.

L'attività analitica relativa all'analisi della composizione biochimica dei sedimenti è stata eseguita dall'Istituto di Scienze del Mare dell'Università delle Marche, seguendo le metodiche riportate in Pusceddu *et al.*, (2003)

2.6 ELABORAZIONE DEI DATI

Il data-set relativo al popolamento macrozoobentonico è presumibilmente influenzato da diversi fattori quali: i “siti”(7 siti di indagine), le “profondità” (2 m e 5 m), le “fasi di monitoraggio” (*ante e post operam*) e il “controllo-impatto”.

Al fine di comprendere tra quali fattori si instaurasse la relazione più significativa è stata utilizzata l'analisi della PERMANOVA (Anderson, 2001) (9999 permutazioni) applicata alla matrice di presenza-assenza “specie x stazioni”, trasformata utilizzando l'indice di Jaccard. Poiché per il fattore “controllo- impatto” il disegno di campionamento è, di fatto, “sbilanciato”, ovvero il numero delle stazioni di controllo e di impatto non è risultato lo stesso in tutti i siti, tale fattore non è stato incluso nell'analisi. Una volta individuati i fattori tra i quali si verificava l'interazione più significativa, è stato effettuato un confronto a coppie (PAIRWISE TEST) per ogni fattore (sito, profondità e fase di monitoraggio) e per la loro interazione (sito x profondità; sito x fasi di monitoraggio; fasi di monitoraggio x profondità; sito x profondità x fasi di monitoraggio).

I dati ottenuti dall'analisi del popolamento macrozoobentonico sono stati utilizzati preliminarmente per effettuare un'analisi descrittiva sia dell'intero popolamento che del popolamento ad Anfipodi, prima e dopo le attività di ripascimento e alle diverse profondità di campionamento.

L'indice di diversità di Shannon-Weaner (Shannon e Weaner, 1949) e gli indici di ricchezza specifica di Margalef (Margalef, 1958) e di Pielou (Pielou,1966), componenti fondamentali della diversità, sono stati misurati prima e dopo le attività di ripascimento e alle diverse profondità, al fine di evidenziare modifiche strutturali nella comunità bentonica e nel popolamento ad Anfipodi.

Per determinare le proprietà del popolamento bentonico e di quello ad Anfipodi prima e dopo le attività di ripascimento e alle diverse profondità, e per determinare le forzanti che ne regolano la struttura, sono state utilizzate tecniche di statistica multivariata.

Tecniche di ordinamento come il non-metric Multi Dimensional Scaling (nMDS) sono state applicate su matrici quantitative “specie x stazioni”, previa trasformazione con radice quadrata ed utilizzando l'indice di similarità di Bray-Curtis (Krebs, 1989). Il metodo di nMDS non metrico è una tecnica di ordinamento che ha come punto di partenza una matrice triangolare di similarità tra campioni. E' una tecnica di ordinamento basata su un algoritmo iterativo che prevede un aggiustamento progressivo della posizione dei punti nel piano o nello spazio più o meno complesso in cui si desidera ottenere la configurazione dei campioni. L'algoritmo di nMDS mappa i vari punti campione tramite il perfezionamento successivo delle loro posizioni affinché essi soddisfino il più possibile le relazioni di similarità o dissimilarità. Quindi se sul grafico il punto che rappresenta la stazione 1 appare più vicino al punto che rappresenta la stazione 2, rispetto a quello che rappresenta la stazione 3, questo implica che nella matrice di similarità originale 1 risulta più simile a 2 che non

a 3. Non esiste però proporzionalità tra la distanza geometrica dei punti e l'effettivo valore del coefficiente di similarità. Il grado di corrispondenza tra la matrice di similarità e la disposizione dei punti nel diagramma nMDS è misurata dal Coefficiente di Stress.

Negli allegati 1 e 2 vengono riportate le matrici “specie x stazioni” relative al popolamento macrozoobentonico e al popolamento ad Anfipodi, rispettivamente.

L'Analisi delle Similarità (ANOSIM) ad una via, basata sull'indice di similarità di Bray-Curtis, è una procedura di permutazione (10.000 permutazioni) volta ad esaminare l'ipotesi nulla di assenza di differenze tra campioni nella struttura dei popolamenti. In questo lavoro l'ANOSIM è stata applicata per verificare la similarità tra i popolamenti macrozoobentonici e tra i popolamenti ad Anfipodi prima e dopo le attività di ripascimento e alle diverse profondità di campionamento.

Inoltre per valutare le specie del popolamento macrozoobentonico e del popolamento ad Anfipodi che maggiormente contribuiscono alla similarità intra-gruppo e alla dissimilarità inter-gruppi è stata applicata la SIMilarity PERcentage Analysis (SIMPER).

Infine, in questo lavoro l'nMDS affiancato al test di Mantel, utilizzando Jaccard come misura di distanza, ha permesso di stabilire il grado di coerenza esistente tra la struttura del popolamento macrozoobentonico generale e quella del solo popolamento ad Anfipodi. Il Test di Mantel consente di ottenere una misura del grado di correlazione esistente fra due matrici di distanze o di similarità (Mantel, 1967). L'ipotesi nulla che viene testata è quella di indipendenza fra le due matrici analizzate, mentre il livello di probabilità relativo al valore della statistica viene calcolato sulla base di una procedura iterativa.

I dati ottenuti dall'analisi delle caratteristiche tessiturali del sedimento sono stati elaborati e sono state ottenute le varie % di ghiaia sabbia, limo ed argilla; in tal modo sono state definite le tipologie dei sedimenti secondo la classificazione di Shepard (1954).

Sulla base dei risultati ottenuti sono state costruite le curve di distribuzione granulometrica, ovvero l'istogramma di frequenza semplice e la curva di frequenza cumulata. L'analisi di tali curve è di fondamentale importanza nello studio dei sedimenti, poiché la distribuzione dimensionale dei granuli è influenzata direttamente dalle condizioni energetiche del mezzo di trasporto e dall'ambiente di sedimentazione. Sono stati, inoltre, calcolati i principali parametri statistici proposti da Folk e Ward (1957) quali moda, mediana, diametro medio (Mz), classamento, asimmetria (*Skewness*) e curtosi (*Kurtosis*).

Tali parametri permettono di definire i caratteri fondamentali di ogni distribuzione e forniscono informazioni riguardo sia all'energia dell'ambiente che alle modalità di sedimentazione. In particolare i primi tre (moda, mediana e diametro medio) sono legati alle dimensioni dei granuli e rappresentano parametri di tendenza centrale; il quarto (classamento) è una misura di dispersione

attorno al valore centrale; gli ultimi due (asimmetria e curtosi) danno informazioni sulla distribuzione quantitativa dei granuli nelle varie classi dimensionali.

In particolare il diametro medio evidenzia il livello energetico ambientale (a sedimenti più grossolani e quindi ad M_z in ϕ più basso, corrispondono energie più elevate), mentre il classamento è il valore che esprime la dispersione attorno alla tendenza centrale, ossia quanto numerose sono le classi del campione. Se il valore è alto, si ha un alto numero di classi e quindi il campione è mal classato; se il valore è basso, si ha un modesto numero di classi e il campione è ben classato. Il classamento è un parametro di importanza fondamentale, poiché indica il grado di selezione a cui è stato sottoposto il sedimento ed è in stretto rapporto con le modalità di trasporto. L'asimmetria (o *Skewness*) esprime lo scostamento di una distribuzione granulometrica dalla simmetria, cioè lo spostamento del valore della media rispetto a quello della mediana. Curve asimmetriche suggeriscono una prevalenza, un eccesso di componenti fini o grossolani, rispetto alla moda. Questo parametro è correlabile con le oscillazioni dell'energia del mezzo di trasporto che alterano la teorica log-normalità della distribuzione granulometrica del sedimento; se le variazioni hanno come tendenza un aumento dell'energia si ha una troncatura nelle classi più fini (quanto dovrebbe essere depositato viene invece asportato), il contrario se la tendenza è in diminuzione (si deposita quanto dovrebbe essere allontanato). La mediana rappresenta il 50° percentile (ϕ_{50}), ovvero il punto che separa geometricamente a metà la distribuzione dei granuli (dimensione granulometrica corrispondente al 50 % dell'intera popolazione). La mediana è un parametro che può essere ingannevole, poiché rappresenta solamente un punto sulla curva cumulativa e può avere lo stesso valore per distribuzioni granulometriche diverse.

Infine i campioni analizzati sono stati suddivisi in classi granulometriche secondo la scala di Wentworth (1922), i cui limiti di classe sono espressi in ϕ , secondo la scala proposta da Krumbein (1934).

L'elaborazione dei dati relativi alle analisi biochimiche ha permesso di quantificare il contenuto di proteine, carboidrati e lipidi nel sedimento inoltre, la somma di proteine, carboidrati e lipidi totali, convertita in equivalenti di carbonio come riportato in Fabiano *et al.*, (1995), è stata riportata come carbonio biopolimerico (BPC) (Pusceddu *et al.*, 2009). E' stato calcolato infine il rapporto proteine:carboidrati (PRT:CHO), in quanto indicatore della qualità alimentare della materia organica sedimentaria (Pusceddu *et al.*, 2009). Quantità e composizione della materia organica nei sedimenti marini superficiali sono tra i principali fattori che controllano il metabolismo e la distribuzione del benthos (Graf, 1992; Alberelli *et al.*, 1999).

La procedura BIOENV (Clarke e Ainsworth, 1993) è stata applicata all'intero set di dati al fine di valutare quali parametri ambientali contribuissero maggiormente all'ordinamento dei popolamenti

osservati. Tale procedura è stata applicata alla matrice di similarità (indice di similarità di Bray-Curtis) previa trasformazione (radice quadrata) del popolamento macrozoobentonico e del popolamento ad Anfipodi, prima e dopo le attività di ripascimento, e alle diverse profondità di campionamento, e alla matrice relativa ai parametri ambientali, normalizzati (granulometria e chimica dei sedimenti).

Per l'analisi BIOENV, dall'insieme di tutti i dati ambientali a disposizione, sono stati selezionati quei parametri ambientali, relativi alla chimica e/o alla granulometria del sedimento, ritenuti significativi per il lavoro stesso e che mostravano variazioni tra i campioni prelevati prima e dopo le attività di ripascimento.

In questo lavoro i parametri fisici dei sedimenti considerati sono il diametro medio (ϕ), il classamento (ϕ), lo *Skewness*, la mediana (ϕ) e le classi sabbia molto grossolana (-1 e 0 ϕ), sabbia grossolana (0 e 1 ϕ), silt medio (5 e 6 ϕ), silt fine (6 e 7 ϕ), silt molto fine (7 e 8 ϕ).

I parametri chimici dei sedimenti utilizzati riguardano invece la concentrazione di carbonio organico nel sedimento ed in particolare le concentrazioni di proteine (mg/g), carboidrati (mg/g) e lipidi (mg/g), il rapporto proteine-carboidrati (PRT:CHO) e il carbonio biopolimerico (BPC) (mg/g).

Infine, per valutare la struttura dei popolamenti macrozoobentonici e ad Anfipodi, prima e dopo le attività e alle diverse profondità di campionamento, in relazione a gradienti ambientali o di altro tipo è stata utilizzata l'Analisi Canonica delle Corrispondenze (CCA). La CCA è un'analisi di corrispondenza di matrici siti/specie dove ogni sito ha associato uno o più variabili (Legendre e Legendre, 1998) e dove l'ordinamento degli assi è una combinazione lineare delle variabili. La CCA è una tecnica di analisi diretta di gradiente dove il gradiente ambientale è noto a priori e l'abbondanza delle specie o la loro presenza assenza è considerata una risposta a questo gradiente.

Per effettuare questa analisi è stata utilizzata una matrice quantitativa specie-stazione insieme a:

- ✓ fattori fisici: la profondità (m), il diametro medio (ϕ), il classamento (ϕ), lo *Skewness*, la mediana (ϕ) e le classi sabbia molto grossolana (-1 e 0 ϕ), sabbia grossolana (0 e 1 ϕ), silt medio (5 e 6 ϕ), silt fine (6 e 7 ϕ) e silt molto fine (7 e 8 ϕ);
- ✓ fattori biochimici: la concentrazione di carbonio organico nel sedimento, in termini di concentrazione di proteine (mg/g), carboidrati (mg/g) e lipidi (mg/g), rapporto proteine-carboidrati (PRT:CHO) e carbonio biopolimerico (BPC) (mg/g);
- ✓ fattori biotici: valori della diversità di Shannon-Weaner (H') e delle sue componenti ricchezza specifica di Margalef (d) ed equitabilità di Pielou (J).

Le analisi statistiche sono state effettuate utilizzando i software PRIMER v.6 (Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research) e PAST v 1.9b (PAleontological STatistic).

3. RISULTATI

Al fine di comprendere tra quali fattori si instaurasse la relazione più significativa l'analisi della PERMANOVA è stata applicata all'intero set di dati. I fattori a cui si fa riferimento sono infatti i "siti" (7 siti di indagine), le "profondità" (2 m e 5 m), le "fasi di monitoraggio" (*ante e post operam*) e il "controllo-impatto". Poiché per il fattore "controllo- impatto" il disegno di campionamento è, di fatto, "sbilanciato", ovvero il numero di stazioni di controllo e di impatto non è sempre lo stesso in tutti i siti, tale fattore non è stato incluso nell'analisi.

La PERMANOVA ha evidenziato che sia per i singoli fattori che per la loro interazione esistono differenze statisticamente significative ($p < 0,05$) (Tab. 3.1). E' stato pertanto effettuato a posteriori un confronto a coppie (PAIRWISE TEST) per ogni fattore ("sito", "profondità" e "fasi di monitoraggio") e per la loro interazione (sito x "profondità"; sito x "fasi di monitoraggio"; "fasi di monitoraggio" x "profondità"; sito x "profondità di campionamento" x "fasi di monitoraggio"). Tale confronto ha evidenziato che le relazioni più significative ($p < 0,001$) sono sempre a carico dei fattori "fasi di monitoraggio" e "profondità" e della loro interazione ("fasi di monitoraggio" x "profondità di campionamento").

Nell'allegato 3 si riportano nel dettaglio i risultati della PERMANOVA e del PAIRWISE TEST.

Tabella 3.1- Risultati della PERMANOVA x i fattori sito, profondità e fase di monitoraggio e della loro interazione.

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms	P(MC)
sito	6	13817	2302,9	1,9413	0,0001	9761	0,0001
monitoraggio	1	22552	22552	19,011	0,0001	9876	0,0001
profondità	1	15172	15172	12,79	0,0001	9896	0,0001
sitoxmonitoraggio	6	13203	2200,5	1,855	0,0001	9765	0,0001
sitoxprofondità	6	11296	1882,7	1,5871	0,0001	9771	0,0003
monitoraggioxprofondità	1	5980,5	5980,5	5,0415	0,0001	9899	0,0001
sitoxmonitoraggioxprofondità	6	9640,9	1606,8	1,3546	0,0035	9759	0,0101
Res	64	75919	1186,2				

Sulla base dei risultati ottenuti dalla PERMANOVA e dal PAIRWISE TEST si è deciso di trattare l'intero set di dati sulla base di profondità di campionamento omogenee (2 m e 5 m) e per fasi di monitoraggio (*ante e post operam*).

Di seguito vengono presentati i risultati relativi alle caratteristiche chimico-fisiche dei sedimenti e i risultati relativi all'analisi del popolamento macrozoobentonico e del popolamento ad Anfipodi prima e dopo il ripascimento, a 2 m e a 5 m di profondità.

3.1 CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DEI SEDIMENTI

La composizione granulometrica dei sedimenti prelevati prima delle attività di ripascimento è pressoché integralmente sabbiosa con percentuali di sabbia che oscillano fra il 90% e il 99,9% del totale; il sedimento è generalmente ben classato e composto prevalentemente da sabbia fine (2-3 ϕ) e molto fine (3-4 ϕ). L'incidenza della frazione pelitica (limo + argilla) risulta in generale piuttosto scarsa (< 5%). Occorre tuttavia segnalare che nelle stazioni superficiali di PE9s_a, CU17s_a, CU19s_a, GR20s_a e GR21s_a la frazione pelitica costituisce rispettivamente il 50, il 24,8, il 32,1, il 78,6 e il 70,8% della frazione totale del sedimento. La frazione ghiaiosa è pressoché assente.

Dopo le attività di ripascimento non si evidenziano sostanziali e significativi cambiamenti della composizione granulometrica del sedimento, che risulta sempre francamente sabbioso. I sedimenti analizzati sono, infatti, costituiti prevalentemente da sabbia (57,7%-99,9%) anche se in generale si registra un incremento della frazione pelitica (limo+argilla) dopo le attività di ripascimento. L'analisi delle distribuzioni di frequenza indica un sedimento generalmente ben classato e composto prevalentemente da sabbia fine (2-3 ϕ) e molto fine (3-4 ϕ).

L'analisi granulometrica dei sedimenti effettuata prima e dopo le attività di ripascimento a 2 m e 5 m di profondità non ha evidenziato sostanziali differenze nella composizione dei sedimenti, che risultano sempre francamente sabbiosi. Tuttavia, ad entrambe le profondità, dopo il ripascimento è possibile osservare un leggero decremento della frazione più grossolana del sedimento e un lieve incremento della frazione più fine.

Nella Tabella 3.1.1 vengono riportate le % di ghiaia, sabbia, limo e argilla e i valori dei principali parametri statistici dei sedimenti analizzati nelle diverse stazioni di campionamento e nelle diverse fasi di monitoraggio.

Tabella 3.1.1 – Parametri granulometrici e statistici dei sedimenti a 2 m (s) e a 5 m (p) di profondità e prima (_a) e dopo (_p) le attività di ripascimento (*=limo+argilla)

	Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	Diam. medio (phi)	Classazione (phi)	Skewness	Kurtosis	Moda (phi)	Mediana (phi)
CM1s_a	0,9	97,8	1,3*	-	2,479	0,485	-0,147	1,063	3	2,516
CM2s_a	0,9	96,1	3	-	2,853	0,463	0,078	1,122	3	2,816
CM3s_a	0	99,6	0,4	0	2,512	0,497	-0,221	1,195	3	2,563
CM4s_a	0,1	98,9	1	0	2,76	0,32	0,087	1,438	3	2,74
CM1s_p	-	99,9	0,1*	-	2,583	0,523	-0,134	1,177	3	2,62
CM2s_p	-	99,1	0,9*	-	2,827	0,56	0,08	1,104	3	2,815
CM3s_p	0,1	99,8	0,1*	-	2,784	0,37	0,084	1,358	3	2,749
CM4s_p	-	99,5	0,5*	-	2,698	0,394	0,003	1,347	3	2,71
FE5s_a	3,1	93,3	3,6*	-	2,956	0,0368	0,295	0,906	3	2,899
FE6s_a	0,3	99,3	0,4*	-	2,798	0,332	0,132	1,407	3	2,815
FE7s_a	0	98,7	1,3*	-	2,863	0,387	0,275	1,44	3	2,796
FE8s_a	0	97,5	2,5*	-	2,792	0,355	0,112	1,441	3	2,752
FE5s_p	0	99	1,0*	-	2,977	0,49	0,153	1,187	3	2,921
FE6s_p	0	99,6	0,4*	-	2,616	0,389	-0,083	1,155	3	2,662
FE7s_p	0	98,4	1,6*	-	2,934	0,377	0,268	0,939	3	2,878
FE8s_p	0	99,3	0,7*	-	3,082	0,415	0,082	0,922	3	3,088
PE9s_a	-	88,2	8,1	3,7	4,736	1,848	0,654	1,255	4	3,971
PE10s_a	-	97,6	2,4*	-	3,046	0,438	0,236	0,95	3	3,009
PE11s_a	-	89,2	8,3	2,6	3,062	0,749	0,567	1,881	3	2,919
PE9s_p	-	51,6	37,8	10,6	3,258	1,006	0,404	2,374	3,5	3,214
PE10s_p	-	95,3	4,7*	-	2,899	0,443	0,265	1,276	3	2,819
PE11s_p	-	89,5	8,2	2	3,152	0,85	0,563	1,694	3	2,995
CF12s_a	-	16,2	50,2	33,6	3,958	1,543	0,633	1,258	3,5	3,419
CF13s_a	-	95,7	3,4	0,9	3,042	0,419	0,221	0,909	3,5	3,005
CF12s_p	-	68,7	26	5,3	6,675	2,364	-0,049	0,768	4	6,823
CF13s_p	-	97,1	2,9*	-	3,03	0,432	0,297	0,944	3	2,971
MS14s_a	-	93,1	5,5	1,4	2,934	0,385	0,373	1,003	3	2,859
MS15s_a	-	98,4	1,6*	-	2,987	0,397	0,324	2,919	3	2,919
MS14s_p	-	98,1	1,9*	-	3,116	0,562	0,326	1,229	3	3,058
MS15s_p	-	98,4	1,6*	-	2,875	0,314	0,335	1,031	3	2,815
CU16s_a	0	89,6	8,8	1,6	3,03	0,573	0,495	1,414	3	2,92
CU17s_a	0	89,7	8,6	1,7	3,85	1,434	0,492	1,301	3	3,547
CU18s_a	0	96,4	3,6*	-	2,858	0,36	0,353	1,43	3	2,793
CU19s_a	0	97	3,0*	-	3,813	1,249	0,473	2,39	4	3,595
CU16s_p	-	94	4,1	1,9	3,087	0,699	0,559	1,64	3	2,936
CU17s_p	-	68	27,3	4,8	3,032	0,68	0,599	1,82	3	2,876
CU18s_p	-	97,9	2,1*	-	2,882	0,379	0,444	1,466	3	2,805
CU19s_p	-	75,2	20,5	4,3	2,941	0,399	0,352	1,006	3	2,873
GR20s_a	0	99,5	0,50*	-	6,308	2,27	0,012	0,838	4	6,38
GR21s_a	0	98,8	1,20*	-	3,773	1,271	0,378	1,509	4	3,619
GR22s_a	0	96,7	3,30*	-	2,82	0,341	0,169	1,374	3	2,774
GR23s_a	0,12	99,4	0,60*	-	2,781	0,352	0,14	1,475	3	2,774
GR20s_p	-	21,4	52,6	26	2,804	0,292	0,205	1,249	3	2,772
GR21s_p	-	70,8	25,4	3,8	2,863	0,351	0,197	1,15	3	2,806
GR22s_p	-	99,5	0,5*	-	2,961	0,459	0,273	1,096	3	2,883
GR23s_p	-	99,3	0,7*	-	2,755	0,302	0,073	1,485	3	2,743

	Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	Diam. medio (phi)	Classazione (phi)	Skewness	Kurtosis	Moda (phi)	Mediana (phi)
CM1p_a	0	96,3	3,7*	-	3,144	0,409	0,022	1,014	3,5	3,16
CM2p_a	0	96,8	3,2	0	3,121	0,408	0,028	0,966	3,5	3,139
CM3p_a	0	96,4	3,6	0	3,155	0,409	0,019	1,023	3,5	3,169
CM4p_a	0	96,2	2,8	1	3,085	0,401	0,059	0,934	3,5	3,098
CM1p_p	-	97,6	2,4*	-	3,184	0,413	0,033	1,181	3,5	3,193
CM2p_p	-	97,9	2,1*	-	3,112	0,398	0,013	1,046	3,5	3,141
CM3p_p	-	97,9	2,1*	-	3,115	0,418	0,04	1,064	3,5	3,168
CM4p_p	-	97,9	2,1*	-	3,118	0,423	0,085	0,973	3,5	3,122
FE5p_a	0	93,6	4,1	2,3	3,235	0,397	0,039	1,252	3,5	3,227
FE6p_a	0	95,8	4,2*	-	3,225	0,404	0,045	1,283	3,5	3,221
FE7p_a	0	95,8	4,2*	-	3,264	0,368	0,076	1,312	3,5	3,24
FE8p_a	0	97,3	2,7*	-	3,081	0,398	0,034	0,962	3,5	3,103
FE5p_p	0	97,3	2,7*	-	3,369	0,629	0,404	2,38	3,5	3,306
FE6p_p	0	96,3	3,7*	-	3,194	0,421	0,048	1,205	3,5	3,198
FE7p_p	0	97,3	2,7*	-	3,279	0,391	0,1	1,312	3,5	3,247
FE8p_p	0	99,3	0,7*	-	3,251	0,355	0,07	1,361	3,5	3,233
PE9p_a	-	90,5	6	3,5	3,294	0,717	0,336	2,032	3	3,252
PE10p_a	-	91,2	4,4	4,4	3,283	0,673	0,335	2,339	3,5	3,243
PE11p_a	-	92,7	5	2,3	3,168	0,708	0,333	2,178	3,5	3,153
PE9p_p	-	89,6	8,4	2	3,407	0,9	0,449	3,066	3,5	3,346
PE10p_p	-	90,7	7,6	1,7	3,251	1,007	0,414	4,163	3,5	3,222
PE11p_p	-	91,9	6,2	1,9	3,232	0,676	0,312	2,277	3,5	3,212
CF12p_a	-	86,7	9,7	3,6	3,14	0,391	-0,008	1,119	3,5	3,17
CF13p_a	-	92,6	5,2	2,2	3,209	0,412	0,039	1,221	3,5	3,209
CF12p_p	-	97	3,0*	-	3,366	0,952	0,469	3,131	3,5	3,288
CF13p_p	-	96,7	3,3*	-	3,335	0,713	0,455	3,267	3,5	3,267
MS14p_a	-	93,5	4,4	2,1	3,197	0,4	0,031	1,301	3,5	3,205
MS15p_a	-	93,7	4,1	2,2	3,227	0,405	0,057	1,298	3,5	3,221
MS14p_p	-	96,3	3,7*	-	3,287	0,574	0,334	2,471	3,5	3,247
MS15p_p	-	95,8	4,2*	-	3,334	0,535	0,344	2,078	3,5	3,272
CU16p_a	0	94,7	3,9	1,4	3,332	0,381	0,147	1,225	3,5	3,276
CU17p_a	0	94,9	3,5	1,6	3,289	0,618	0,332	2,514	3,5	3,254
CU18p_a	0	91,4	6,4	2,2	3,269	0,624	0,302	2,372	3,5	3,245
CU19p_a	0	94,1	4,3	1,6	3,225	0,407	0,052	1,279	3,5	3,22
CU16p_p	-	95,5	4,5*	-	3,263	0,503	0,237	1,941	3,5	3,238
CU17p_p	-	94,5	3,4	2,1	3,279	0,433	0,117	1,316	3,5	3,251
CU18p_p	-	94,6	3,6	1,8	3,389	0,712	0,453	2,67	3,5	3,316
CU19p_p	-	96	4,0*	-	3,34	0,464	0,28	1,624	3,5	3,278
GR20p_a	0	96,4	3,60*	-	3,255	0,428	0,065	1,199	3,5	3,238
GR21p_a	0	92,5	5,5	2	3,235	0,606	0,26	1,673	3,5	3,216
GR22p_a	0	91,6	5,8	2,6	3,304	0,552	0,233	1,587	3,5	3,275
GR23p_a	0	88,6	8,7	2,7	3,206	0,541	0,209	1,218	3,5	3,185
GR20p_p	-	95,4	4,6*	-	3,209	0,403	0,039	1,29	3,5	3,211
GR21p_p	-	94	4,1	1,9	3,343	0,615	1,979	3,292	3,5	3,292
GR22p_p	-	93,8	4,4	1,8	3,308	0,692	0,374	2,639	3,5	3,26
GR23p_p	-	94,5	3,8	1,7	3,283	0,834	0,394	2,481	3,5	3,233

In generale, prima e dopo le attività di ripascimento le analisi biochimiche non hanno evidenziato sostanziali differenze nella concentrazione di proteine, carboidrati, lipidi e carbonio biopolimerico (BPC) nei sedimenti e nel rapporto proteine:carboidrati (PRT:CHO).

L'analisi degli stessi parametri effettuata prima e dopo le attività di ripascimento, alla profondità di 2 m, evidenzia una diminuzione del contenuto di proteine, carboidrati, lipidi e di BPC nei sedimenti prelevati dopo il ripascimento, mentre il rapporto proteine:carboidrati (PRT:CHO) aumenta leggermente.

Alla profondità di 5 m, nei sedimenti prelevati durante il monitoraggio *post operam*, si osserva un aumento del contenuto di proteine e carboidrati, e del rapporto PRT:CHO, mentre il BPC rimane pressoché costante nelle due fasi di monitoraggio e il contenuto di lipidi diminuisce nei sedimenti del *post operam*.

Nella Tabella 3.1.2 vengono riportati i valori dei parametri biochimici analizzati nelle diverse stazioni di campionamento e nelle diverse fasi di monitoraggio.

Tabella 3.1.2 – contenuto di proteine, carboidrati, lipidi, carbonio biopolimerico (BPC) e del rapporto proteine:carboidrati (PRT:CHO) nei sedimenti a 2 m (s) e a 5 m (p) di profondità e prima (_a) e dopo (_p) le attività di ripascimento.

	Proteine (mg/g)	Carboidrati(mg/g)	Lipidi (mg/g)	BPC (mg/g)	PRT:CHO		Proteine (mg/g)	Carboidrati(mg/g)	Lipidi (mg/g)	BPC (mg/g)	PRT:CHO
CM1s_a	0,05	0,05	0,08	0,11	1,17	CM1p_a	0,29	0,17	0,10	0,29	1,68
CM2s_a	0,13	0,10	0,08	0,17	1,22	CM2p_a	0,28	0,19	0,11	0,30	1,53
CM3s_a	0,10	0,09	0,15	0,20	1,09	CM3p_a	0,26	0,13	0,09	0,25	1,98
CM4s_a	0,21	0,14	0,18	0,29	1,45	CM4p_a	0,31	0,34	0,16	0,41	0,91
CM1s_p	0,24	0,12	0,05	0,21	1,97	CM1p_p	0,26	0,18	0,07	0,25	1,5
CM2s_p	0,32	0,15	0,05	0,25	2,14	CM2p_p	0,32	0,19	0,05	0,27	1,65
CM3s_p	0,14	0,07	0,05	0,14	1,84	CM3p_p	0,34	0,22	0,06	0,30	1,57
CM4s_p	0,16	0,13	0,05	0,17	1,3	CM4p_p	0,39	0,22	0,06	0,33	1,75
FE5s_a	0,14	0,06	0,08	0,15	2,35	FE5p_a	0,34	0,20	0,08	0,31	1,7
FE6s_a	0,14	0,06	0,05	0,13	2,44	FE6p_a	0,30	0,06	0,19	0,31	5,05
FE7s_a	0,21	0,05	0,07	0,17	3,95	FE7p_a	0,23	0,19	0,09	0,25	1,24
FE8s_a	0,13	0,06	0,66	0,59	2,43	FE8p_a	0,23	0,10	1,00	0,91	2,21
FE5s_p	0,22	0,11	0,06	0,20	2,04	FE5p_p	0,49	0,20	0,06	0,37	2,44
FE6s_p	0,08	0,05	0,03	0,08	1,56	FE6p_p	0,39	0,12	0,05	0,28	3,19
FE7s_p	0,19	0,13	0,06	0,19	1,49	FE7p_p	0,38	0,17	0,10	0,33	2,29
FE8s_p	0,25	0,12	0,04	0,20	2,08	FE8p_p	0,31	0,16	0,05	0,25	1,96
PE9s_a	1,69	0,38	0,37	1,25	4,47	PE9p_a	0,36	0,27	0,23	0,46	1,32
PE10s_a	0,48	0,13	0,41	0,60	3,68	PE10p_a	0,53	0,14	0,40	0,62	3,73
PE11s_a	0,41	0,18	0,23	0,45	2,3	PE11p_a	0,41	0,16	0,46	0,61	2,57
PE9s_p	0,55	0,13	0,05	0,36	4,27	PE9p_p	0,38	0,14	0,04	0,28	2,69
PE10s_p	0,25	0,11	0,04	0,20	2,28	PE10p_p	0,41	0,15	0,03	0,27	2,67
PE11s_p	0,35	0,15	0,04	0,25	2,33	PE11p_p	0,55	0,25	0,05	0,39	2,25
CF12s_a	0,26	0,13	0,17	0,31	2,02	CF12p_a	0,33	0,13	0,19	0,36	2,63
CF13s_a	0,18	0,10	0,14	0,23	1,84	CF13p_a	0,33	0,17	0,18	0,36	1,97
CF12s_p	0,61	0,46	0,05	0,55	1,34	CF12p_p	0,39	0,14	0,03	0,28	2,8
CF13s_p	0,30	0,10	0,11	0,26	3,06	CF13p_p	0,48	0,26	0,16	0,46	1,85
MS14s_a	0,23	0,11	0,16	0,28	2,13	MS14p_a	0,32	0,14	0,17	0,34	2,31
MS15s_a	0,22	0,13	0,15	0,27	1,76	MS15p_a	0,58	0,16	0,13	0,45	3,71
MS14s_p	0,42	0,36	0,15	0,45	1,16	MS14p_p	0,53	0,31	0,18	0,51	1,72
MS15s_p	0,21	0,09	0,17	0,27	2,47	MS15p_p	0,46	0,19	0,15	0,41	2,41
CU16s_a	0,30	0,13	0,12	0,29	2,24	CU16p_a	0,25	0,13	0,15	0,29	1,99
CU17s_a	0,42	0,17	0,11	0,36	2,43	CU17p_a	0,44	0,26	0,15	0,43	1,7
CU18s_a	0,37	0,21	0,12	0,35	1,72	CU18p_a	0,95	0,34	0,16	0,73	2,8
CU19s_a	0,41	0,46	0,14	0,49	0,9	CU19p_a	0,34	0,24	0,19	0,40	1,39
CU16s_p	0,36	0,25	0,23	0,46	1,44	CU16p_p	0,35	0,24	0,15	0,39	1,49
CU17s_p	0,45	0,79	0,10	0,63	0,56	CU17p_p	0,47	0,83	0,12	0,64	0,56
CU18s_p	0,23	0,11	0,15	0,28	2,19	CU18p_p	1,23	0,45	0,21	0,96	2,72
CU19s_p	0,43	0,26	0,06	0,37	1,66	CU19p_p	0,44	0,38	0,15	0,48	1,15
GR20s_a	2,36	1,41	0,61	2,18	1,68	GR20p_a	0,19	0,18	0,15	0,28	1,05
GR21s_a	0,33	0,25	0,23	0,44	1,31	GR21p_a	0,22	0,16	0,14	0,27	1,34
GR22s_a	0,06	0,09	0,08	0,12	0,66	GR22p_a	0,27	0,18	0,18	0,34	1,53
GR23s_a	0,11	0,13	0,09	0,17	0,8	GR23p_a	0,33	0,24	0,14	0,36	1,37
GR20s_p	0,18	0,10	0,06	0,17	1,84	GR20p_p	0,29	0,18	0,18	0,35	1,66
GR21s_p	0,20	0,09	0,09	0,20	2,22	GR21p_p	0,65	0,33	0,10	0,52	1,98
GR22s_p	0,15	0,13	0,07	0,17	1,13	GR22p_p	0,39	0,20	0,12	0,36	1,94
GR23s_p	0,29	0,11	0,14	0,30	2,71	GR23p_p	0,43	0,22	0,12	0,39	1,93

3.2 IL POPOLAMENTO MACROZOOBENTONICO

Nel complesso sono stati prelevati 92 campioni (46 campioni nel monitoraggio *ante operam* e 46 nel monitoraggio *post operam*) e sono stati rinvenuti e analizzati 108.531 individui e 164 specie, appartenenti ai gruppi tassonomici dei molluschi (57.221 individui e 51 specie), dei policheti (38.375; 53) e dei crostacei (12.980; 60).

Nelle Tabelle 3.2.1 e 3.2.2 vengono riportati, per ogni gruppo tassonomico, il numero di individui e di specie rinvenuti nelle fasi di studio *ante* e *post operam*, nelle stazioni a 2 m (stazioni superficiali “s”) e a 5 m (stazioni profonde “p”).

In generale, nei popolamenti rinvenuti nel monitoraggio *post operam* è possibile rilevare un sostanziale incremento del numero di individui per tutti i taxa analizzati (Fig. 3.2.1). Il numero di specie invece, rimane pressoché costante nel gruppo dei molluschi, diminuisce nei policheti e aumenta nel gruppo dei crostacei (Fig. 3.2.2).

Nell'allegato 4 viene riportata la lista complessiva delle specie rinvenute nei 7 siti di campionamento e nelle 2 fasi di monitoraggio, a 2 e a 5 m di profondità.

Tabella 3.2.1 – Numero di individui rinvenuti nelle 2 fasi di studio e alle diverse profondità campionate, per ogni gruppo tassonomico.

Numero di individui	MOLLUSCHI			POLICHETI			CROSTACEI			Totale
	Ante operam	Post operam	Totale	Ante operam	Post operam	Totale	Ante operam	Post operam	Totale	
2 m	1.390	33.409	34.799	2.022	9.627	11.649	1.260	2.959	4.219	50.622
5 m	8.511	13.911	22.422	3.134	23.592	26.726	1.327	7.434	8.761	57.909
Totale	9.901	47.320	57.221	5.156	33.219	38.375	2587	10393	12.980	108.531

Tabella 3.2.2 - Numero di specie rinvenute nelle 2 fasi di studio e alle diverse profondità campionate, per ogni gruppo tassonomico.

Numero di specie	MOLLUSCHI			POLICHETI			CROSTACEI			Totale
	Ante operam	Post operam	Totale	Ante operam	Post operam	Totale	Ante operam	Post operam	Totale	
2 m	30	31	42	34	28	44	33	34	47	133
5 m	30	35	51	32	26	53	21	39	60	164
Totale	39	39	51	48	34	53	37	50	60	164

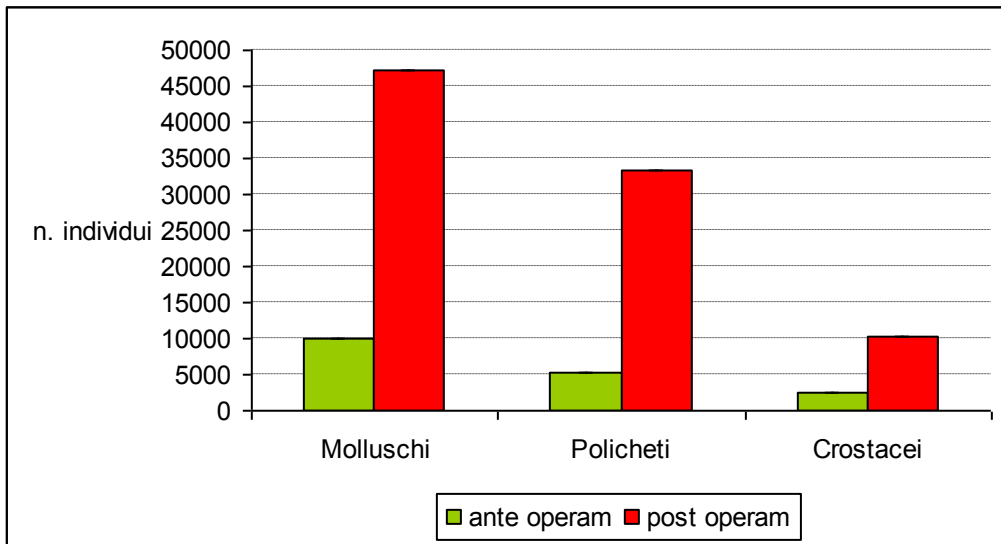


Figura 3.2.1 – Numero di individui per ogni gruppo tassonomico, *ante operam* (verde) e *post operam* (rosso).

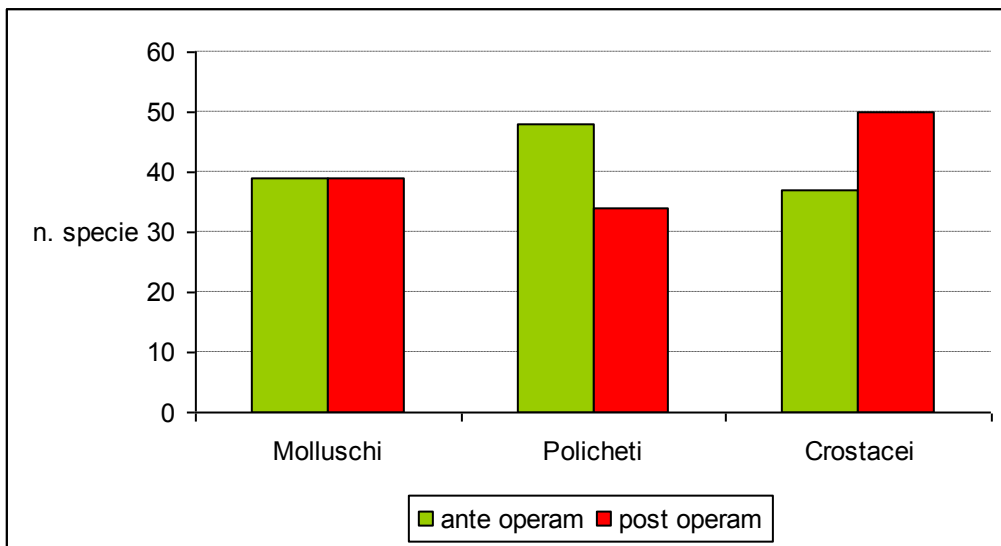


Figura 3.2.1 – Numero di specie per ogni gruppo tassonomico, *ante operam* (verde) e *post operam* (rosso).

3.2.1 IL POPOLAMENTO MACROZOOBENTONICO ANTE E POST OPERAM A 2 m DI PROFONDITÀ

Su un totale di 46 campioni prelevati alla profondità di 2 m, (23 campioni prelevati nel monitoraggio *ante operam* e 23 nel *post operam*), sono stati rinvenuti 50.622 individui e 133 specie appartenenti ai gruppi dei molluschi (34.799 individui e 42 specie), policheti (11.649; 44) e crostacei (4.219; 47).

Nelle Tabelle 3.2.1.1 e 3.2.1.2 sono riportati, per ogni gruppo tassonomico analizzato, il numero di individui e di specie prima e dopo le attività di ripascimento, alla profondità di 2 m.

L'analisi dei gruppi tassonomici mostra un generale incremento del numero di individui per tutti i gruppi dopo il ripascimento (Fig. 3.2.1.1), mentre il numero di specie rimane pressoché costante per i molluschi ed i crostacei e diminuisce per i policheti (Fig. 3.2.1.2).

Tabella 3.2.1.1 – Numero di individui rinvenuti a 2 m di profondità per ogni gruppo tassonomico nelle 2 fasi di monitoraggio.

Numero di individui nelle stazioni a 2 m di profondità				
Fasi di monitoraggio	MOLLUSCHI	POLICHETI	CROSTACEI	Totale
ANTE OPERAM	1.390	2.022	1.260	4.627
POST OPERAM	33.409	9.627	2.959	45.995
Totale	34.799	11.649	4.219	50.622

Tabella 3.2.1.2 – Numero di specie rinvenute a 2 m di profondità per ogni gruppo tassonomico nelle diverse fasi di monitoraggio.

Numero di specie nelle stazioni a 2 m di profondità				
Fasi di monitoraggio	MOLLUSCHI	POLICHETI	CROSTACEI	Totale
ANTE OPERAM	30	34	33	97
POST OPERAM	31	28	34	93
Totale	42	44	47	133

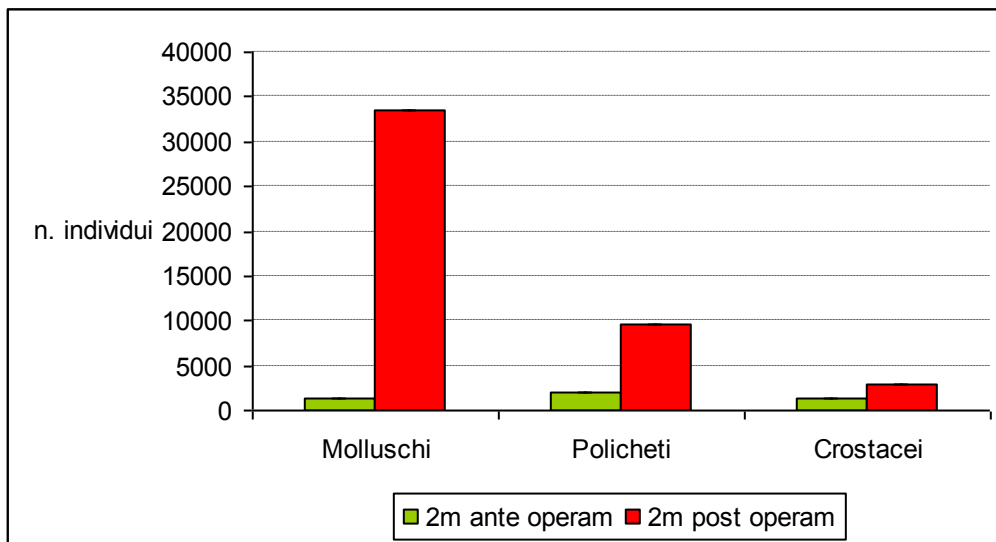


Figura 3.2.1.1 – Numero di individui per ogni gruppo tassonomico a 2 m di profondità, *ante operam* (verde) e *post operam* (rosso).

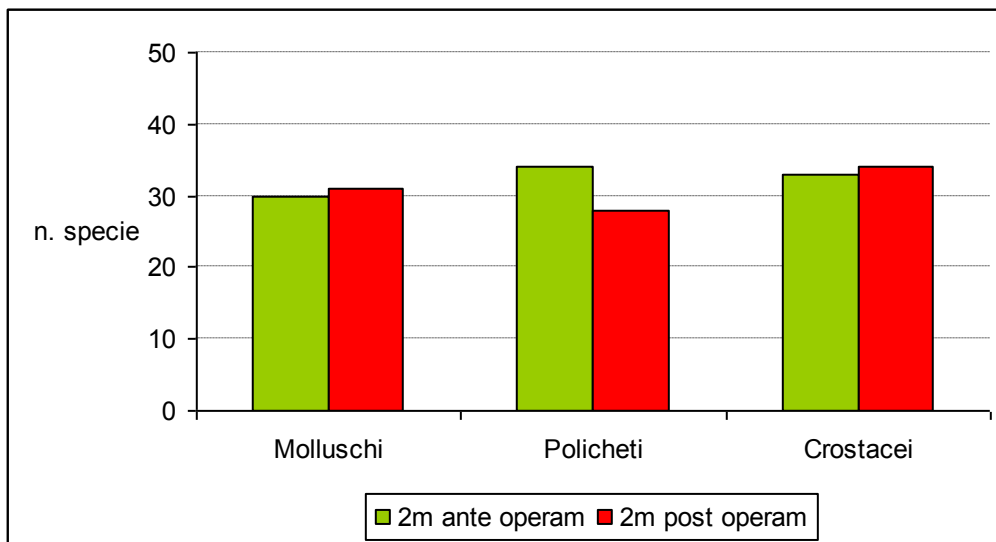


Figura 3.2.1.2 – Numero di specie per ogni gruppo tassonomico a 2 m di profondità, *ante operam* (verde) e *post operam* (rosso).

Nel popolamento a molluschi, prima e dopo le attività di ripascimento, si osserva un cambiamento delle specie più abbondanti (abbondanza % >4). In particolare nell'*ante operam* le specie che mostrano valori di abbondanza più elevati sono *Chamelea gallina* (51,5%), *Tellina tenuis* (15,3%), *Donax semistriatus* (10,7%) e *Phaxas adriaticus* (6,6%). Nel *post operam*, invece, le specie che mostrano i valori più elevati di abbondanza sono *Lentidium mediterraneum* (80,1%) e *D. semistriatus* (13,7%).

Anche per il popolamento a policheti si osserva un cambiamento nelle specie più abbondanti, prima e dopo le attività di ripascimento. *Spio decoratus* (56,2%), *Arenicola marina* (14,6%), *Micronephtys* spp (5,5%) e *Owenia fusiformis* (4,1%) sono le specie con i valori di abbondanza più elevati, prima dell'inizio delle attività. Dopo le attività di ripascimento le specie più abbondanti sono invece *Prionospio caspersi* (55,9%), *O. fusiformis* (20,2%), *S. decoratus* (11,4%) e *Magelona* sp. (5,5%).

L'analisi del popolamento a crostacei mostra un comportamento diverso da quanto osservato per i molluschi e per i policheti. Infatti, tra i crostacei le specie presenti con valori di abbondanza % > 4 sono pressoché le stesse prima e dopo le attività, anche se è possibile osservare un notevole cambiamento nelle rispettive abbondanze. Nel monitoraggio *ante operam* *Pseudocuma (Pseudocuma) simile* (19,7%), *Bathyporeia phaiophthalma* (17,3%), *Apseudopsis latreillei* (16,9%), *Pontocrates arenarius* (8,6%) e *Ampelisca brevicornis* (7,6%) sono le specie con valori di abbondanza più elevati. Nel monitoraggio *post operam* le specie che mostrano i valori più elevati di abbondanza sono *P. (Pseudocuma) simile* (25%), *Pariambus typicus* (18,7%), *A. brevicornis* (8,8%), *A. latreillei* (7,9%), *Megaluropus massiliensis* (7,8%), *B. phaiophthalma* (6,8%) e *Perioculodes longimanus longimanus* (4,9%).

La diversità di Shannon-Weaner ($H' \log_2$), la ricchezza specifica di Margalef (d) e l'equitabilità di Pielou (J) diminuiscono nel popolamento a molluschi rinvenuto nel monitoraggio *post operam* (Fig. 3.2.1.3 a,b,c). La diversità ($H' \log_2$) e l'equitabilità (J) aumentano invece nel popolamento a policheti rinvenuto nel monitoraggio *post operam*, mentre la ricchezza specifica (d) diminuisce (Fig. 3.2.1.3 a,b,c). La diversità ($H' \log_2$) e la ricchezza specifica (d) aumentano anche nel popolamento a crostacei rinvenuto dopo le attività di ripascimento, mentre l'equitabilità (J) rimane pressoché costante (Fig. 3.2.1.3 a,b,c).

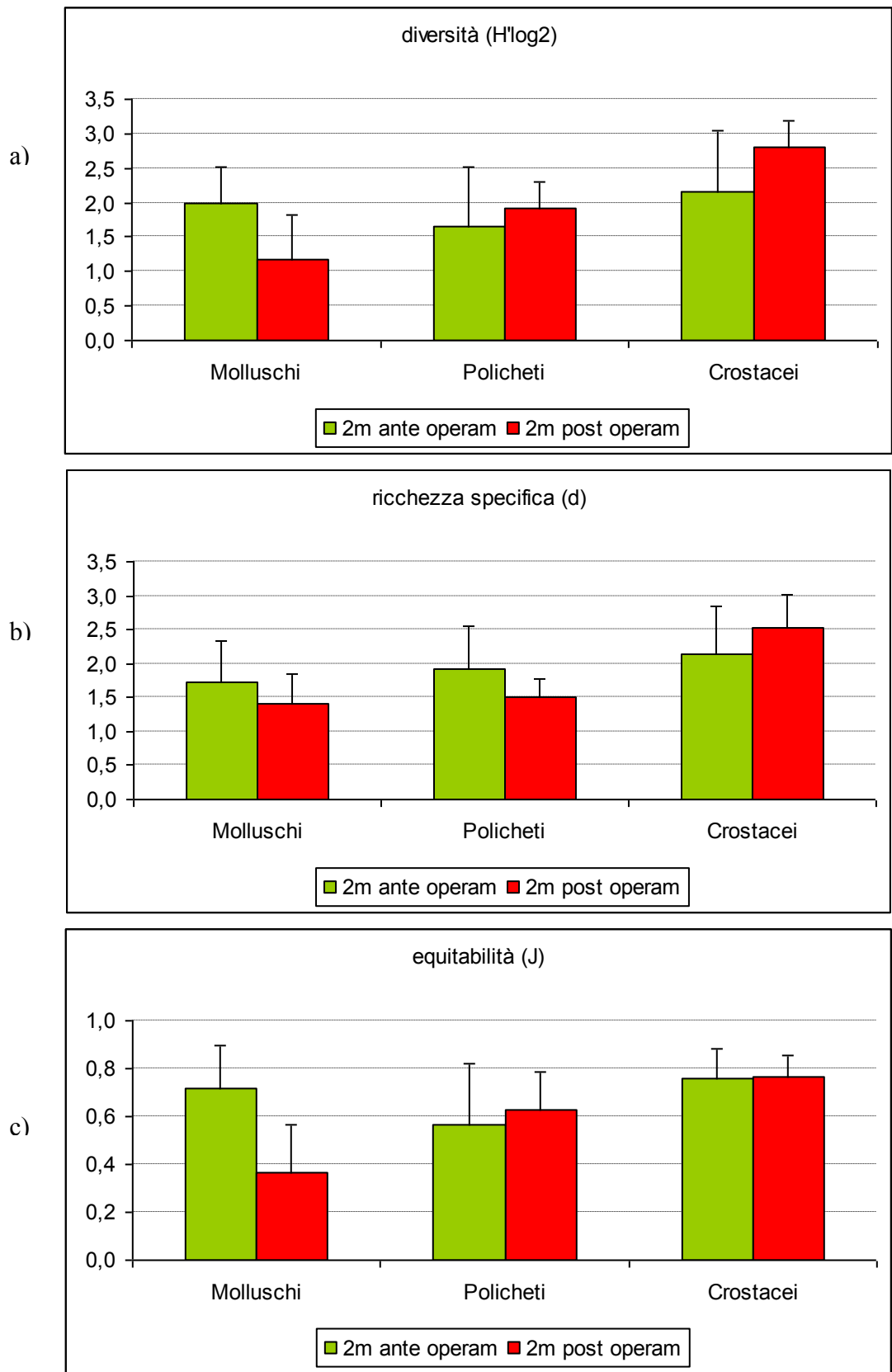


Figura 3.2.1.3- Indice di diversità (a), ricchezza specifica (b) ed equitabilità (c) per ogni gruppo tassonomico e relativa deviazione standard, *ante operam* (verde) e *post operam* (rosso), a 2 m di profondità.

3.2.2 IL POPOLAMENTO MACROZOOBENTONICO ANTE E POST OPERAM A 5 m DI PROFONDITÀ

Su un totale di 46 campioni prelevati a 5 m di profondità, (23 campioni prelevati nel monitoraggio *ante operam* e 23 nel *post operam*), sono stati rinvenuti 57.909 individui e 164 specie appartenenti ai gruppi dei molluschi (22.422 individui e 51 specie), policheti (26.727; 53) e crostacei (8761; 60). Nelle Tabelle 3.2.2.1 e 3.2.2.2 vengono riportati, per ogni gruppo tassonomico, il numero di individui e di specie rinvenuti nelle diverse fasi di monitoraggio.

L'analisi dei gruppi tassonomici mostra un generale incremento sia del numero di individui (Fig. 3.2.2.1) che di specie (Fig. 3.2.2.2).

Tabella 3.2.2.1 – Numero di individui rinvenuti a 5 m di profondità per ogni gruppo tassonomico nelle 2 fasi di monitoraggio.

Numero di individui nelle stazioni a 5 m di profondità				
Fasi di monitoraggio	MOLLUSCHI	POLICHETI	CROSTACEI	Totale
ANTE OPERAM	8.511	3.134	1.327	12.972
POST OPERAM	13.911	23.592	7.434	44.937
Totale	22.422	26.727	8.761	57.909

Tabella 3.2.2.2 – Numero di specie rinvenute a 5 m di profondità per ogni gruppo tassonomico nelle 2 fasi di monitoraggio.

Numero di specie nelle stazioni a 5 m di profondità				
Fasi di monitoraggio	MOLLUSCHI	POLICHETI	CROSTACEI	Totale
ANTE OPERAM	30	32	21	83
POST OPERAM	35	26	39	100
Totale	51	53	60	164

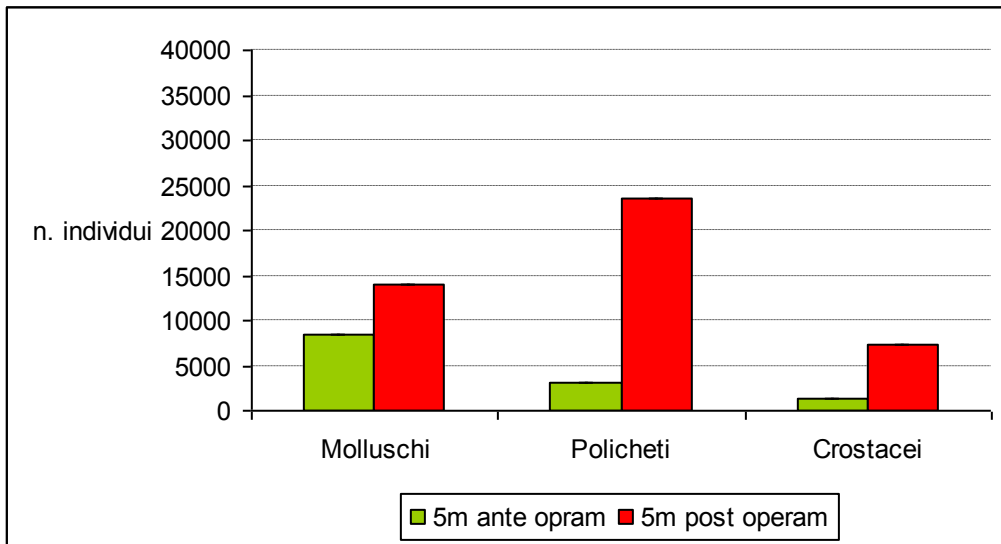


Figura 3.2.2.1– Numero di individui per ogni gruppo tassonomico a 5 m di profondità, *ante operam* (verde) e *post operam* (rosso).

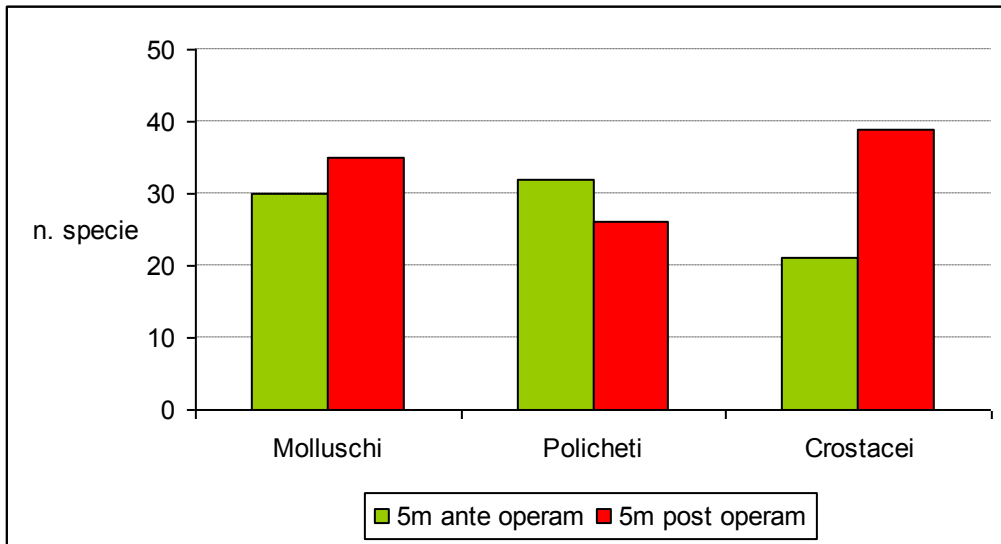


Figura 3.2.2.2– Numero di specie per ogni gruppo tassonomico a 5 m di profondità, *ante operam* (verde) e *post operam* (rosso).

Il popolamento a molluschi analizzato mostra un cambiamento delle specie più abbondanti (abbondanza >4%), prima e dopo le attività di ripascimento. In particolare nel monitoraggio *ante operam* la specie più abbondante è *Chamelea gallina* (86,9%). Nel monitoraggio *post operam*, invece, le specie che mostrano i valori di abbondanza più elevati sono *Donax semistriatus* (42,4%), *C. gallina* (39,5%), *Lentidium mediterraneum* (4,7%) e *Thracia papyracea* (4,5%).

Anche per il popolamento a policheti si osserva un cambiamento delle specie più abbondanti, prima e dopo le attività di ripascimento. *Spio decoratus* (39,4%), *Prionospio caspersi* (20,4%), *Owenia fusiformis* (14,6%), *Micronephtys* spp. (9,4%), *Magelona* sp. (5,4%) e *Sigalion mathildae* (4,6%) sono le specie più abbondanti, prima dell'inizio delle attività. Nel monitoraggio effettuato dopo le attività di ripascimento, invece, le specie più abbondanti sono *O. fusiformis* (48,1%), *P. caspersi* (31,3%), *Magelona* sp. (9,3%) e *S. decoratus* (4,9%).

Un cambiamento analogo è rilevabile anche nel popolamento a crostacei. Nel monitoraggio *ante operam* *Pseudocuma (Pseudocuma) simile* (26,9%), *Apseudopsis latreillei* (16,7%), *Pariambus typicus* (14,8%), *Deflexilodes acutipes* (13,4%) e *Iphinoe rhodaniensis* (10,4%) sono le specie con valori di abbondanza più elevati. Nel monitoraggio *post operam*, invece, le specie più abbondanti sono *P. typicus* (54%), *P. (Pseudocuma) simile* (20,7%), *Perioculodes longimanus longimanus* (4,9%), *Megaluropus massiliensis* (4,6%) e *I. armata* (4,1%).

La diversità di Shannon-Weaner ($H' \log_2$), la ricchezza specifica di Margalef (d) e l'equitabilità di Pielou (J) aumentano nel popolamento a molluschi rinvenuto nel monitoraggio *post operam*, mentre diminuiscono nel popolamento a policheti (Fig. 3.2.2.3 a,b,c). La diversità (H') e la ricchezza specifica (d) aumentano nel popolamento a crostacei rinvenuto dopo le attività di ripascimento, mentre l'equitabilità (J) diminuisce (Fig. 3.2.2.3 a,b,c).

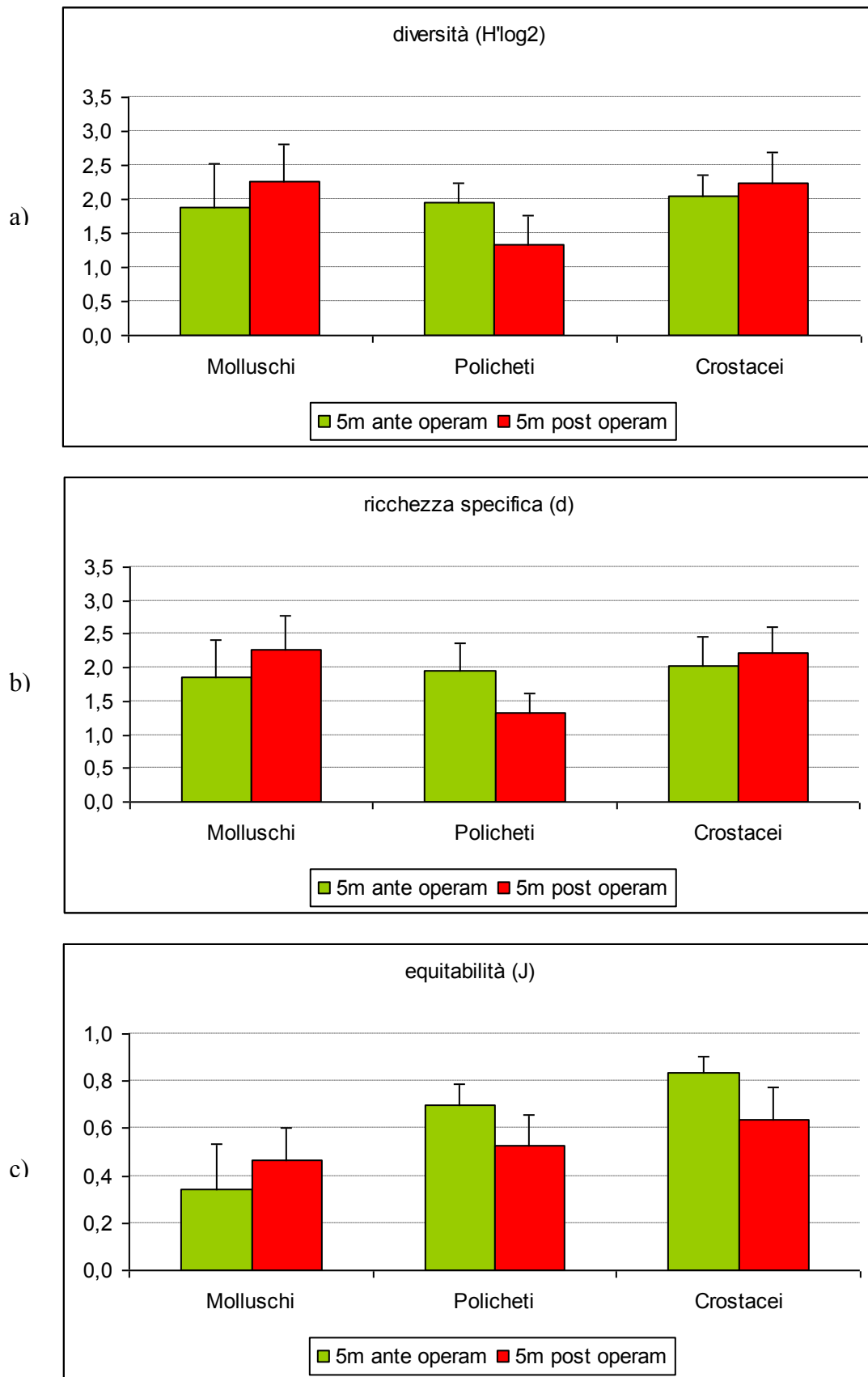


Figura 3.2.1.3- Indice di diversità (a), ricchezza specifica (b) ed equitabilità (c) per ogni gruppo tassonomico e relativa deviazione standard, *ante operam* (verde) e *post operam* (rosso), a 5 m di profondità.

3.3 IL POPOLAMENTO AD ANFIPODI

Su un totale di 92 campioni analizzati (46 campioni durante il monitoraggio *ante operam* e 46 durante il *post operam*) sono stati rinvenuti 8.254 individui appartenenti a 37 specie.

Nelle Tabelle 3.3.1 e 3.3.2 vengono riportati, rispettivamente, il numero di individui e di specie rinvenuti nelle 2 fasi di studio, nelle stazioni a 2 m e a 5 m di profondità.

Tabella 3.3.1 – Numero di individui appartenenti al taxon degli Anfipodi rinvenuti nelle 2 fasi di studio e alle diverse profondità campionate.

Numero di individui	ANTE OPERAM	POST OPERAM	Totale
2 m	700	1.706	2.406
5 m	574	5.274	5.848
Totale	1.274	6980	8.254

Tabella 3.3.2 - Numero di specie appartenenti al taxon degli Anfipodi rinvenute nelle 2 fasi di studio e alle diverse profondità campionate.

Numero di specie	ANTE OPERAM	POST OPERAM	Totale
2 m	19	19	26
5 m	14	28	30
Totale	23	31	37

3.3.1 IL POPOLAMENTO AD ANFIPODI ANTE E POST OPERAM A 2 m DI PROFONDITÀ

In generale, nel popolamento ad Anfipodi del monitoraggio *ante e post operam* a 2 m di profondità sono stati rinvenuti 2.406 individui e 26 specie (Tab. 3.3.1.1 e 3.3.1.2).

L'analisi del popolamento ad Anfipodi evidenzia un incremento del numero di individui dopo il ripascimento (Fig. 3.3.1.1) e una sostanziale uguaglianza del numero di specie rinvenute prima e dopo le attività (Fig. 3.3.1.2).

Tabella 3.3.1.1 – Numero di individui appartenenti al taxon degli Anfipodi rinvenuti a 2 m di profondità nelle 2 fasi di monitoraggio.

Fasi di monitoraggio	Numero di individui a 2 m
	ANFIPODI
ANTE OPERAM	700
POST OPERAM	1.706
Totale	2.406

Tabella 3.3.1.1 – Numero di specie appartenenti al taxon degli Anfipodi rinvenute a 2 m di profondità nelle 2 fasi di monitoraggio.

Fasi di monitoraggio	Numero di specie a 2 m
	ANFIPODI
ANTE OPERAM	19
POST OPERAM	19
Totale	26

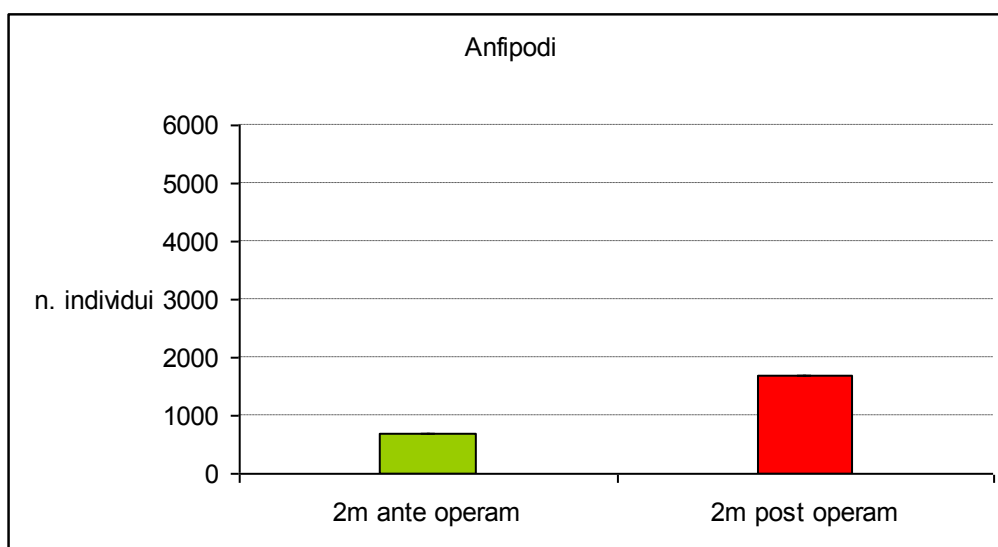


Figura 3.3.1.1– Numero di individui a 2 m di profondità, *ante operam* (verde) e *post operam* (rosso).

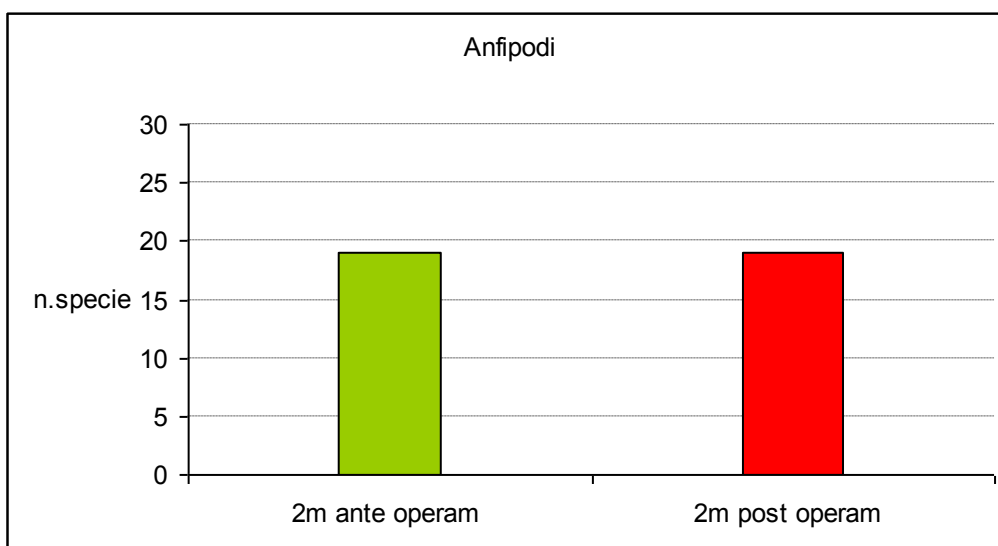


Figura 3.3.1.2– Numero di specie a 2 m di profondità, *ante operam* (verde) e *post operam* (rosso).

Le specie più abbondanti (abbondanza >4%) rinvenute nel popolamento ad Anfipodi prima dell'inizio delle attività sono *Bathyporeia phaiophthalma* (32,4%), *Pontocrates arenarius* (16,1%), *Ampelisca brevicornis* (14,2%), *B. guilliamsoniana* (6,24%), *Periculodes longimanus longimanus* (5,7%), *Pariambus typicus* (4,8%), *Hippomedon massiliensis* (4,7%), *Deflexilodes acutipes* (4,5%) e *Megaluropus massiliensis* (4,2%). Nel monitoraggio *post operam* il taxon ad Anfipodi mostra, invece, un numero ridotto di specie con abbondanza > 4% e una variazione delle specie più abbondanti. *P. typicus* (33,7%), *A. brevicornis* (15,8%), *M. massiliensis* (14,1%), *B. pahiothalma* (12,3%), *P. longimanus longimanus* (8,8%) e *Synchelidium longidigitatum* (7,2%) sono le specie dominanti.

La diversità di Shannon-Weaner ($H' \log 2$), la ricchezza specifica di Margalef (d) e l'equitabilità di Pielou (J) aumentano nel popolamento ad Anfipodi rinvenuto nel monitoraggio *post operam* (Fig. 3.3.1.3 a,b,c).

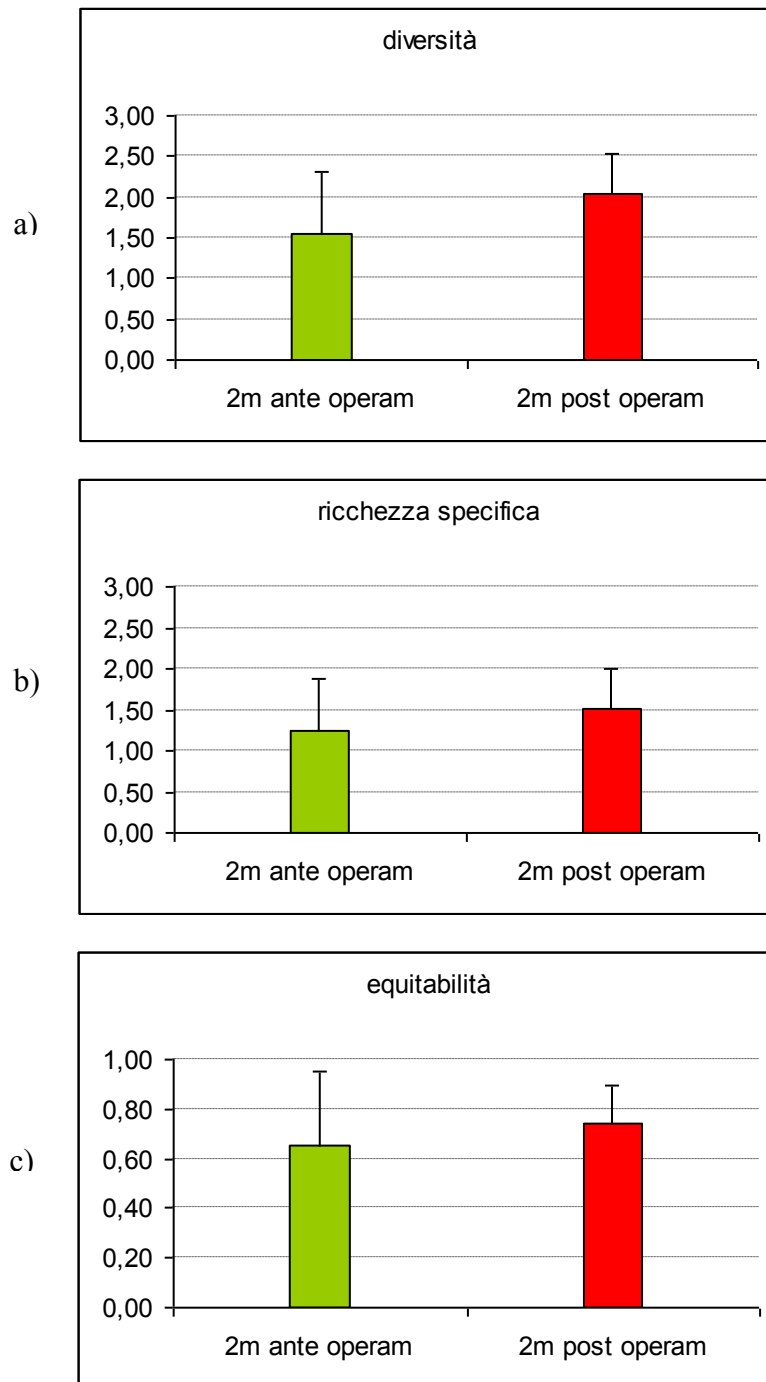


Figura 3.3.1.3- Indice di diversità (a), ricchezza specifica (b) ed equitabilità (c) e relativa deviazione standard del popolamento ad Anfipodi a 2 m di profondità, *ante operam* (verde) e *post operam* (rosso).

3.3.2 IL POPOLAMENTO AD ANFIPODI ANTE E POST OPERAM A 5 m DI PROFONDITÀ

Nel popolamento ad Anfipodi del monitoraggio *ante e post operam* a 5 m di profondità sono stati rinvenuti 5.848 individui e 30 specie (Tab. 3.3.2.1 e 3.3.2.2).

L'analisi del popolamento ad Anfipodi mostra un evidente incremento sia del numero di individui (Fig. 3.3.2.1) che di specie (Fig. 3.3.2.2) nel monitoraggio *post operam*.

Tabella 3.3.2.1 – Numero di individui appartenenti al taxon degli Anfipodi rinvenuti a 5 m di profondità nelle 2 fasi di monitoraggio.

Fasi di monitoraggio	Numero di individui a 5 m
	ANFIPODI
ANTE OPERAM	574
POST OPERAM	5.274
Totale	5.848

Tabella 3.3.2.1 – Numero di specie appartenenti al taxon degli Anfipodi rinvenute a 5 m di profondità nelle 2 fasi di monitoraggio.

Fasi di monitoraggio	Numero di specie a 5 m
	ANFIPODI
ANTE OPERAM	14
POST OPERAM	28
Totale	30

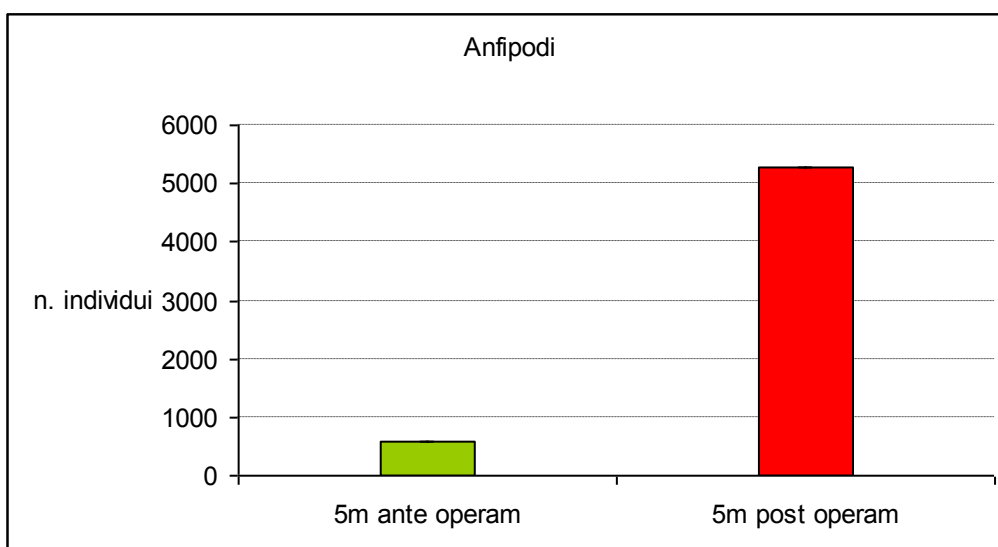


Figura 3.3.2.1– Numero di individui a 5 m di profondità, *ante operam* (verde) e *post operam* (rosso).

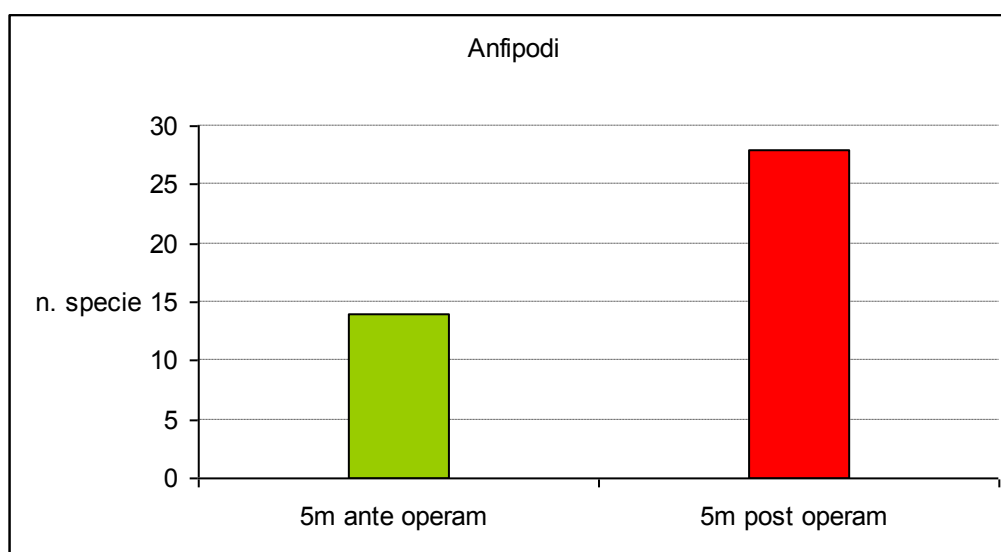


Figura 3.3.2.2– Numero di specie a 5 m di profondità, *ante operam* (verde) e *post operam* (rosso).

Nel monitoraggio *ante operam* le specie che mostrano un'abbondanza $> 4\%$ sono *Pariambus typicus* (35,1%), *Deflexilodes acutipes* (31,7%), *Ampelisca brevicornis* (8,6%), *Bathyporeia guilliamsoniana* (7,1%), *Perioculodes longimanus longimanus* (4,8%), *Megaluropus massiliensis* (4,3%) e *Hippomedon massiliensis* (4,1%). Nel monitoraggio *post operam* le specie più abbondanti risultano *P. typicus* (76,5%), *P. longimanus longimanus* (6,9%) e *M. massiliensis* (6,6%).

La diversità di Shannon-Weaner ($H' \log_2$) e la ricchezza specifica (d) rimangono pressoché costanti nelle 2 fasi di monitoraggio, mentre si osserva una sensibile diminuzione dell'indice di equitabilità di Pielou (J) nel monitoraggio *post operam* (Fig. 3.3.2.3 a,b,c).

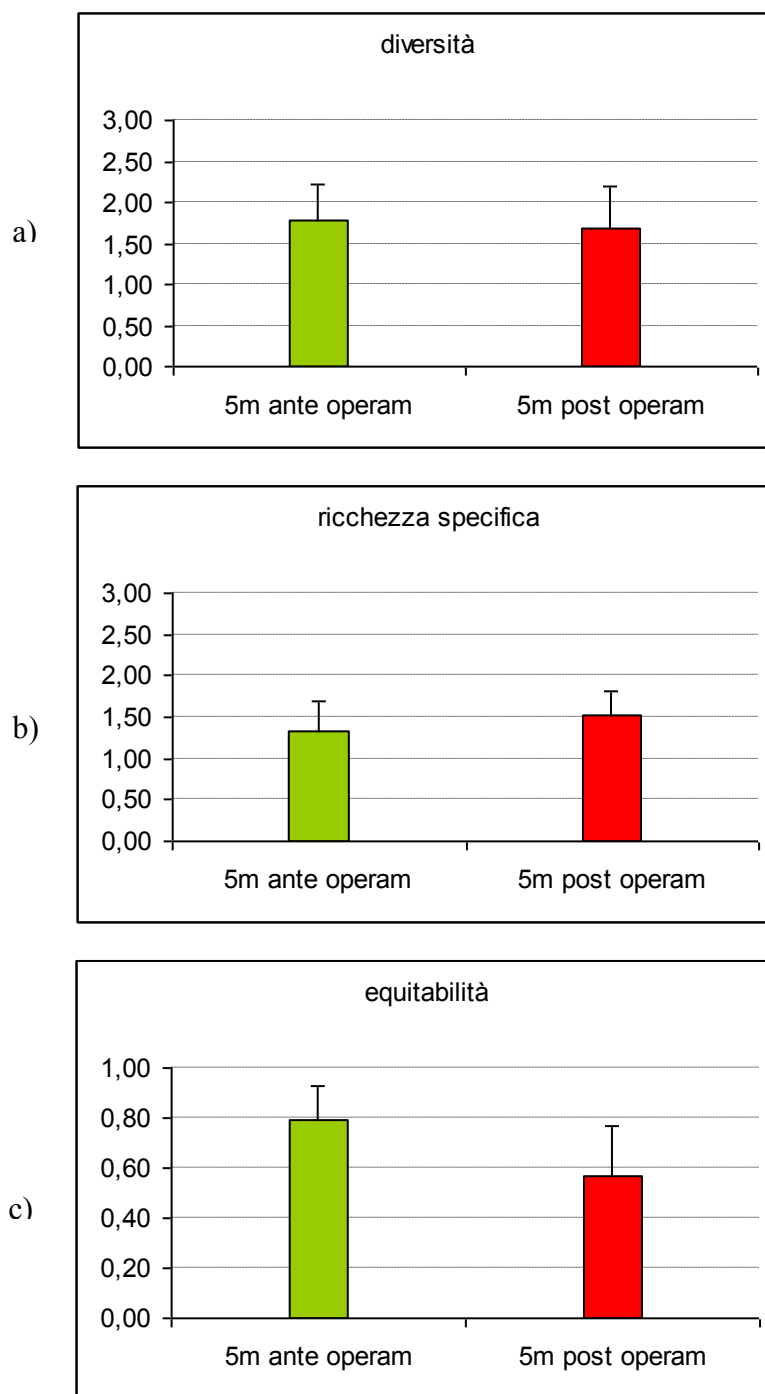


Figura 3.3.2.3- Indice di diversità (a), ricchezza specifica (b) ed equitabilità (c) e relativa deviazione standard, *ante operam* (verde) e *post operam* (rosso), del popolamento ad Anfipodi a 5 m di profondità.

3.4 ANALISI STATISTICA DEL POPOLAMENTO MACROZOOBENTONICO

L'analisi multivariata (Fig. 3.4.1) effettuata sull'intero popolamento bentonico evidenzia una netta differenza tra i popolamenti rinvenuti prima e dopo le attività di ripascimento e alle 2 profondità analizzate. Tale differenza risulta inoltre statisticamente significativa con valori di $p < 0,001$ (Tab. 3.4.1).

Nella Tabella 3.4.2 sono riportati i risultati della SIMPER analysis, dove si evidenziano le specie che maggiormente contribuiscono alla similarità dei popolamenti dell'ante e del post operam, a 2 e a 5 m di profondità, e le specie che maggiormente contribuiscono alla loro dissimilarità.

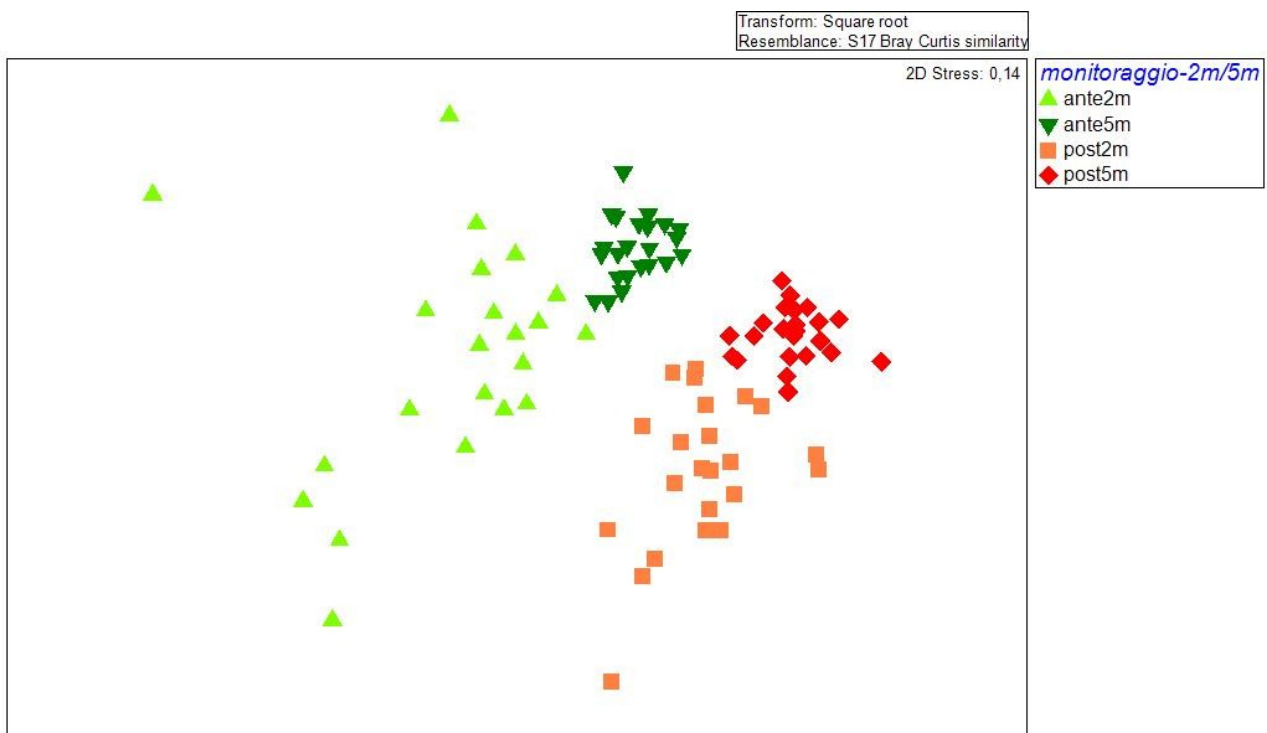


Figura 3.4.1 - non-metric Multi Dimensional Scaling relativo al popolamento macrozoobentonico a 2 m e 5 m di profondità, *ante operam* (verde) e *post operam* (rosso).

Tabella 3.4.1 –Analisi delle similarità (ANOSIM, ONE WAY) tra i popolamenti macrozoobentonici *ante operam* e *post operam*, a 2 e a 5 m di profondità

ANOSIM, ONE WAY ANALYSIS - Global test
Sample statistic (Global R): 0,719
Significance level of sample statistic: 0,01%
Number of permutations: 10000

Tabella 3.4.2 - SIMPER analysis: lista delle specie dell'ante e post operam a 2 m e a 5 m di profondità che contribuiscono alla similarità intra-gruppo (Average similarity) e alla dissimilarità inter -gruppi (Average dissimilarity).

ANTE OPERAM 2m- Average similarity: 43,46						
Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%	
<i>Spio decoratus</i>	5,74	6,21	1,47	14,3	14,3	
<i>Chamelea gallina</i>	4,86	6,07	2,34	13,96	28,25	
<i>Tellina tenuis</i>	2,79	3,98	1,78	9,15	37,4	
<i>Donax semistriatus</i>	2,28	2,9	1,67	6,67	44,07	
<i>Pseudocuma (Pseudocuma) simile</i>	2,33	2,1	1	4,83	48,9	
<i>Apseudopsis latreillii</i>	2,25	1,94	0,82	4,46	53,37	
ANTE OPERAM 5m- Average similarity: 67,07						
Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%	
<i>Chamelea gallina</i>	16,37	14,34	2,6	21,38	21,38	
<i>Spio decoratus</i>	6,78	6,49	2,85	9,67	31,05	
<i>Prionospio caspersi</i>	5	5,24	5,01	7,81	38,86	
<i>Pseudocuma (Pseudocuma) simile</i>	3,7	3,61	3,36	5,39	44,25	
<i>Micronephtys sp.pl.</i>	3,39	3,47	3,9	5,17	49,42	
<i>Thracia papyracea</i>	3,45	3,11	2,85	4,64	54,06	
POST OPERAM 2m- Average similarity: 56,74						
Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%	
<i>Lentidium mediterraneum</i>	27,92	11,69	1,23	20,6	20,6	
<i>Donax semistriatus</i>	11,71	5,8	1,44	10,23	30,83	
<i>Prionospio caspersi</i>	11,8	5,06	1,32	8,92	39,75	
<i>Pseudocuma (Pseudocuma) simile</i>	5,15	3,24	2,79	5,71	45,46	
<i>Chamelea gallina</i>	5,4	3,11	2,5	5,49	50,94	
POST OPERAM 5m- Average similarity: 65,31						
Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%	
<i>Owenia fusiformis</i>	19,83	8,4	1,79	12,86	12,86	
<i>Chamelea gallina</i>	14,49	6,97	2,7	10,67	23,53	
<i>Prionospio caspersi</i>	15,78	6,55	2,47	10,03	33,56	
<i>Magelona sp.</i>	9,29	4,5	3,53	6,9	40,46	
<i>Parambium typicus</i>	10,83	4,35	2,73	6,67	47,12	
<i>Pseudocuma (Pseudocuma) simile</i>	7,86	4,14	6,1	6,35	53,47	
ANTE E POST OPERAM 2m-Average dissimilarity = 67,32						
Species	Ante operam 2m		Post operam 5m		Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD		
<i>Lentidium mediterraneum</i>	0,92	27,92	13,82	1,52	20,52	20,52
<i>Donax semistriatus</i>	2,28	11,71	5,55	1,14	8,25	28,77
<i>Prionospio caspersi</i>	1,28	11,8	5,51	1,34	8,19	36,96
<i>Owenia fusiformis</i>	0,75	7,05	3,73	1,19	5,54	42,5
<i>Spio decoratus</i>	5,74	5,38	2,59	1,29	3,85	46,35
<i>Parambium typicus</i>	0,28	3,54	1,88	1,2	2,8	49,14
<i>Pseudocuma (Pseudocuma) simile</i>	2,33	5,15	1,88	1,56	2,79	51,94
ANTE E POST OPERAM 5m-Average dissimilarity = 54,22						
Species	Ante operam 5m		Post operam 5m		Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD		
<i>Owenia fusiformis</i>	3,68	19,83	6,5	1,64	11,98	11,98
<i>Prionospio caspersi</i>	5	15,78	4,25	1,53	7,83	19,81
<i>Donax semistriatus</i>	1,78	12,06	4,21	0,99	7,77	27,58
<i>Parambium typicus</i>	2,26	10,83	3,34	1,36	6,17	33,75
<i>Chamelea gallina</i>	16,37	14,49	2,91	1,36	5,37	39,13
<i>Magelona sp.</i>	2,48	9,29	2,71	2,27	4,99	44,12
<i>Spio decoratus</i>	6,78	5,19	1,94	1,51	3,58	47,7
<i>Lentidium mediterraneum</i>	0,1	4,18	1,68	1,33	3,09	50,79

Nessuna differenza è stata riscontrata, prima e dopo le attività di ripascimento e alle due profondità analizzate, nella struttura e nella composizione specifica dei popolamenti rinvenuti nelle stazioni di impatto (direttamente interessate dalle attività di ripascimento) e in quelli rinvenuti nelle stazioni di controllo (non interessate) (Fig.3.4.2).

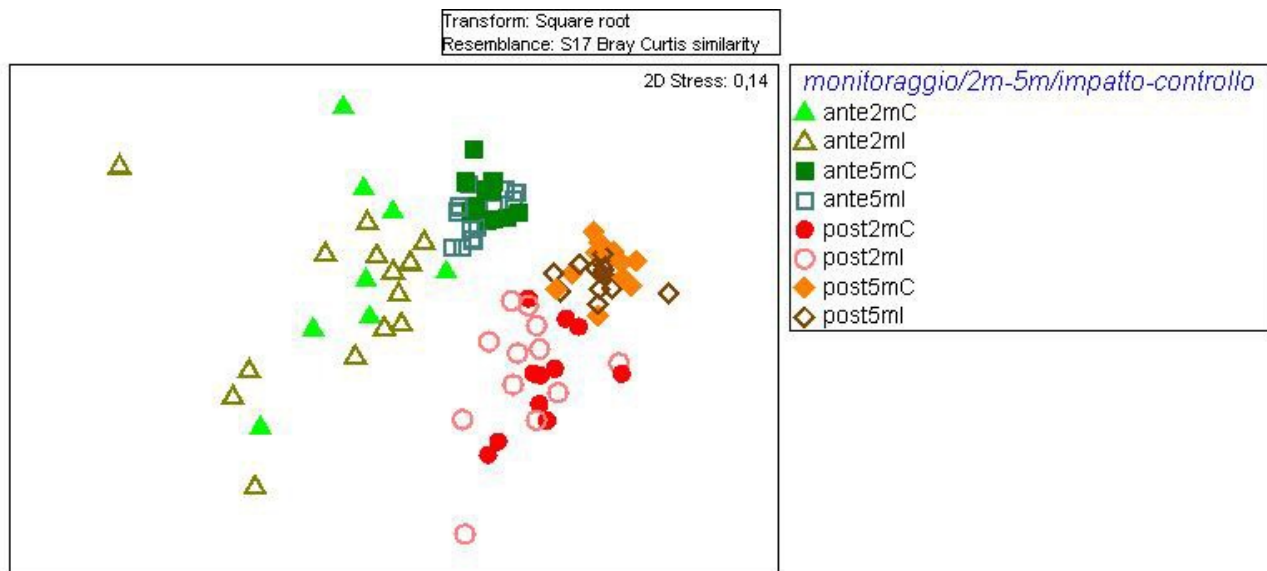


Figura 3.4.2 - non-metric Multi Dimensional Scaling relativo al popolamento macrozoobentonico a 2 m e 5 m di profondità, *ante operam* (verde) e *post operam* (rosso) e nelle stazioni di controllo (C) e di impatto (I).

Le variabili ambientali relative ai parametri granulometrici e chimici sono state investigate separatamente al fine di evidenziare quali di queste spiegassero meglio la distribuzione dei popolamenti prima e dopo le attività di ripascimento. In entrambi i casi è stata computata anche la variabile profondità, importante nello spiegare la distribuzione dei popolamenti. La correlazione tra la matrice delle specie e i parametri granulometrici è abbastanza alta e significativa ($\rho:0,51$ e livello di significatività del campione statistico: 0,1%). Per quel che riguarda la granulometria i parametri che meglio spiegano la distribuzione dei popolamenti sono il diametro medio e la mediana e, ovviamente, la profondità (Tab.3.4.3).

La correlazione tra la matrice delle specie e i parametri chimici è più bassa rispetto a quella dei parametri granulometrici, ma comunque significativa ($\rho:0,44$ e livello di significatività del campione statistico: 0,1%). Il parametro chimico che meglio spiega la distribuzione dei popolamenti è il contenuto di proteine, associato con la profondità (Tab. 3.4.4).

Tabella 3.4.3- migliori risultati della routine BIO-ENV eseguita tra la matrice del popolamento macrozoobentonico, prima e dopo le attività di ripascimento e i parametri granulometrici.

Variabili	No.Variabili	Migliore combinazione di variabili	Correlazione di Spearman
1 diametro Medio	3	1;4;10	0,508
2 classazione	2	1;10	0,503
3 skewness	2	4;10	0,487
4 mediana	4	1;4;6;10	0,475
5 sabbia molto grossolana	1	4	0,474
6 sabbia grossolana	4	1;2;4;10	0,47
7 silt media	2	1;4	0,466
8 silt fina	3	1;6;10	0,465
9 silt molto fina	4	1;4;9;10	0,464
10 profondità	5	1;2;4;6;10	0,461

Tabella 3.4.4 - migliori risultati della routine BIO-ENV eseguita tra la matrice del popolamento macrozoobentonico, prima e dopo le attività di ripascimento e i parametri chimici.

Variabili	No.Variabili	Migliore combinazione di variabili	Correlazione di Spearman
	2	1;2	0,441
	1	1	0,435
1 profondità	3	1;2;4	0,393
2 proteine	2	1;4	0,393
3 carboidrati	2	1;5	0,379
4 lipidi	3	1;2;5	0,374
5 BPC	2	1;6	0,359
6 PRT:CHO	3	1;2;6	0,358
	3	1;4;5	0,355
	4	1;2;4;5	0,353

L'analisi canonica delle corrispondenze (CCA), effettuata sull'intero popolamento bentonico, prima e dopo le attività di ripascimento, per verificare quali siano i fattori che maggiormente influenzano la distribuzione dei popolamenti, ha prodotto i primi 2 assi che assorbono rispettivamente il 58,2% e il 29,4% per un totale di 87,6% dell'inerzia totale del sistema (Fig. 3.4.3).

I punti stazione e punti specie relativi al monitoraggio *ante operam* (in verde) mostrano una distribuzione prevalente lungo valori positivi e negativi dell'asse 1, mentre i punti stazione e specie del monitoraggio *post operam* (in rosso) sono distribuiti prevalentemente lungo valori negativi e positivi dell'asse 1 e 2. La distribuzione dei punti stazione e specie lungo il primo asse è determinata prevalentemente da un gradiente di diversità ($H' \log 2$) e da un gradiente di profondità opposto al precedente.

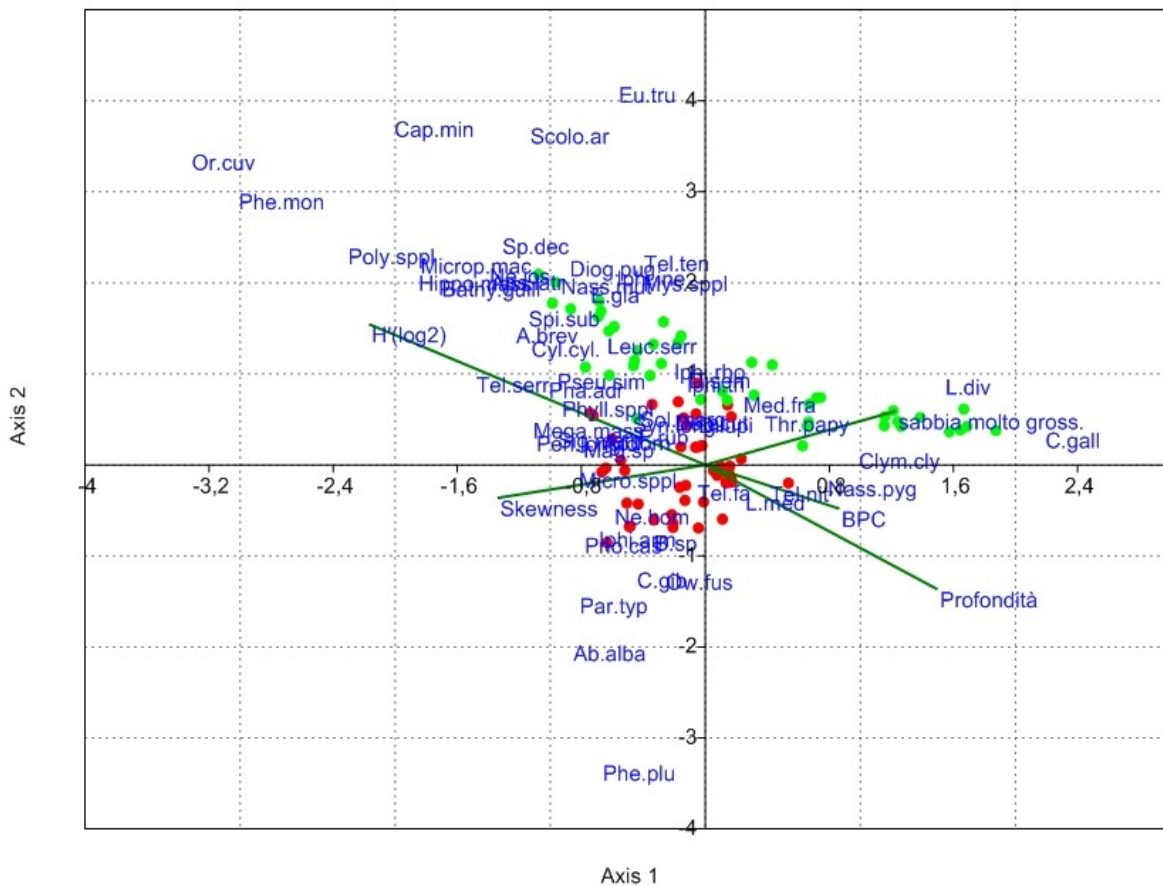


Figura 3.4.3 – Analisi canonica delle corrispondenze (CCA) relativa al popolamento macrozoobentonico (asse1/asse2): punti-stazione prima delle attività di ripascimento (verde) e dopo (rosso), sigla dei punti-specie (blu), vettori che rappresentano le variabili (verde).

3.4.1 ANALISI STATISTICA DEL POPOLAMENTO MACROZOOBENTONICO ANTE E POST OPERAM A 2 m DI PROFONDITA'

L'analisi multivariata condotta sul popolamento macrozoobentonico rinvenuto alla profondità di 2 m, nelle due fasi di studio, mostra marcate differenze tra i popolamenti (Fig. 3.4.1.1); tali differenze risultano, inoltre, statisticamente significative, con valori di $p < 0,001$ (Tab. 3.4.1.1). Le specie che maggiormente contribuiscono alla similarità intra-gruppo e alla dissimilarità inter-gruppi sono riportate nella Tabella 3.4.1.2, che mostra i risultati della SIMPER analysis (% cumulata fino al 50%).

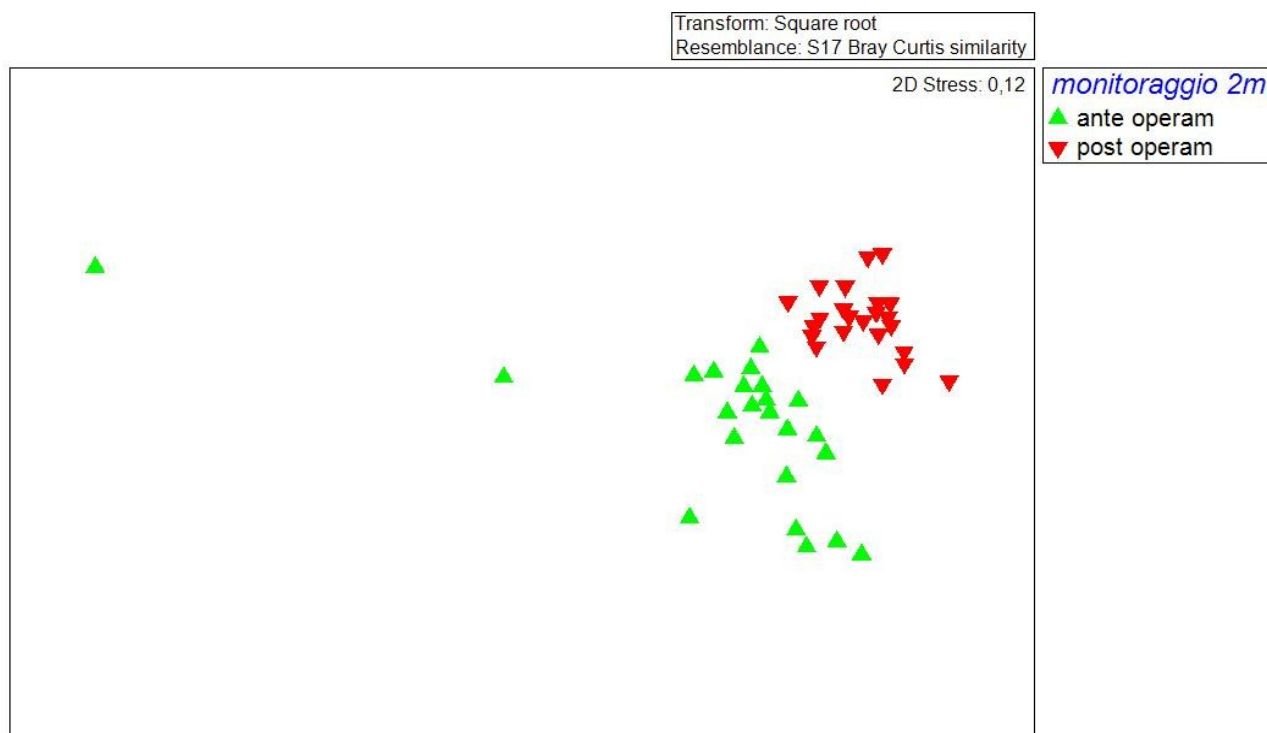


Fig. 3.4.1.1 - non-metric Multi Dimensional Scaling relativo al popolamento macrozoobentonico a 2 m di profondità, *ante operam* (verde) e *post operam* (rosso).

Tabella 3.4.1.1 – Analisi delle Similarità (ANOSIM, ONE WAY) tra i popolamenti macrozoobentonici prima e dopo le attività di ripascimento, a 2 m di profondità

ANOSIM, ONE WAY ANALYSIS - Global test
Sample statistic (Global R): 0,633
Significance level of sample statistic: 0,01%
Number of permutations: 10000

Tabella 3.4.1.2 - SIMPER analysis: lista delle specie dell'ante e post operam a 2 m di profondità che contribuiscono alla similarità intra-gruppo (Average similarity) e alla dissimilarità inter-gruppi (Average dissimilarity).

ANTE OPERAM Average similarity: 40,32						
Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%	
<i>Spio decoratus</i>	5,5	5,67	1,29	14,07	14,07	
<i>Chamelea gallina</i>	4,65	5,54	1,84	13,74	27,81	
<i>Tellina tenuis</i>	2,72	3,86	1,77	9,58	37,39	
<i>Donax semistriatus</i>	2,18	2,65	1,43	6,56	43,96	
<i>Pseudocuma (Pseudocuma) simile</i>	2,23	1,92	0,92	4,75	48,71	
<i>Apseudopsis latreillii</i>	2,15	1,77	0,76	4,39	53,1	
POST OPERAM Average similarity: 56,74						
Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%	
<i>Lentidium mediterraneum</i>	27,92	11,69	1,23	20,6	20,6	
<i>Donax semistriatus</i>	11,71	5,8	1,44	10,23	30,83	
<i>Prionospio caspersi</i>	11,8	5,06	1,32	8,92	39,75	
<i>Pseudocuma (Pseudocuma) simile</i>	5,15	3,24	2,79	5,71	45,46	
<i>Chamelea gallina</i>	5,4	3,11	2,5	5,49	50,94	
ANTE E POST OPERAM Average dissimilarity = 68,59						
Species	Ante operam		Post operam		Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD		
<i>Lentidium mediterraneum</i>	0,88	27,92	13,96	1,52	20,35	20,35
<i>Donax semistriatus</i>	2,18	11,71	5,67	1,14	8,26	28,62
<i>Prionospio caspersi</i>	1,22	11,8	5,59	1,35	8,16	36,77
<i>Owenia fusiformis</i>	0,72	7,05	3,78	1,18	5,5	42,28
<i>Spio decoratus</i>	5,5	5,38	2,62	1,28	3,83	46,1
<i>Pseudocuma (Pseudocuma) simile</i>	2,23	5,15	1,95	1,56	2,84	48,95
<i>Paramblius typicus</i>	0,27	3,54	1,9	1,2	2,77	51,72

Anche alla profondità di 2 m, prima e dopo le attività di ripascimento, non si evidenziano differenze tra i popolamenti delle stazioni di controllo e quelli delle stazioni di impatto (Fig. 3.4.1.2).

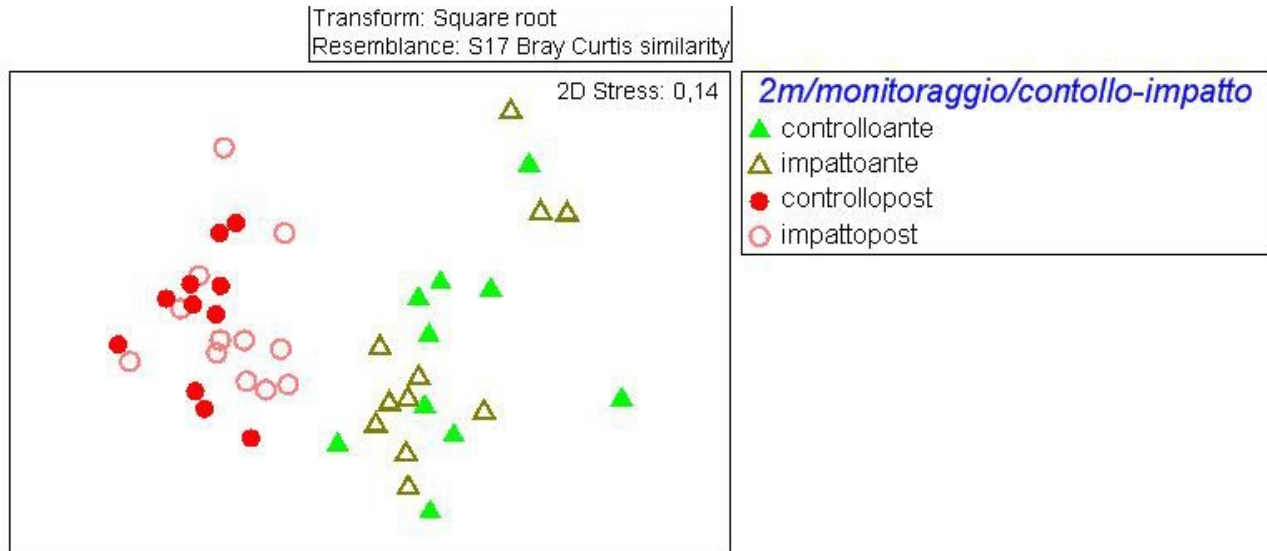


Figura 3.4.1.2 - non-metric Multi Dimensional Scaling relativo al popolamento macrozoobentonico a 2 m profondità, *ante operam* (verde) e *post operam* (rosso) e nelle stazioni di controllo e di impatto.

La correlazione tra la matrice delle specie e i parametri granulometrici è abbastanza alta e significativa ($\rho:0,43$ e livello di significatività del campione statistico: 0,1%). I parametri che meglio spiegano la distribuzione dei popolamenti sono il diametro medio, la sabbia molto grossolana e grossolana e il silt (Tab. 3.4.1.3).

La correlazione tra la matrice delle specie e i parametri chimici è bassa rispetto a quella dei parametri granulometrici ($\rho:0,33$ e livello di significatività del campione statistico: 0,2%). Relativamente ai parametri chimici sono le proteine, i lipidi e il rapporto proteine:carboidrati (PRT:CHO) a mostrare i valori più elevati del coefficiente di correlazione (Tab. 3.4.1.4).

Tabella 3.4.1.3 - migliori risultati della routine BIO-ENV eseguita tra la matrice del popolamento macrozoobentonico a 2 m di profondità, prima e dopo le attività di ripascimento e i parametri granulometrici.

Variabili	No.Variabili	Migliore combinazione di variabili	Correlazione di Spearman
1 diametro medio	4	1;5;6;8	0,432
2 classazione	4	1;5;6;9	0,431
3 skewness	5	1;2;5;6;8	0,43
4 mediana	5	1;2;5;6;9	0,429
5 sabbia molto grossolana	5	2;4-6;8	0,428
6 sabbia grossolana	5	1;4-6;9	0,428
7 silt media	5	1;5;6;8;9	0,428
8 silt fina	5	1;4-6;8	0,427
9 silt molto fina	5	2;4-6;9	0,427
	4	4-6;9	0,426

Tabella 3.4.1.4 - migliori risultati della routine BIO-ENV eseguita tra la matrice del popolamento macrozoobentonico a 2 m di profondità, prima e dopo le attività di ripascimento e i parametri chimici.

Variabili	No.Variabili	Migliore combinazione di variabili	Correlazione di Spearman
	3	1;3;5	0,332
	4	1;3-5	0,328
1 Proteine	3	3-5	0,317
2 Carboidrati	3	1;4;5	0,313
3 Lipidi	4	1-3;5	0,311
4 BPC	5	All	0,309
5 PRT:CHO	2	1;3	0,308
	2	1;5	0,306
	2	4;5	0,303
	4	2-5	0,301

La varianza totale spiegata dai primi due assi della CCA, relativa al popolamento bentonico rinvenuto a 2 m di profondità, è pari al 96,8,8%, di cui il primo asse spiega il 68,5% e il secondo il 28% (Fig. 3.4.1.3).

I punti stazione e i punti specie relativi al monitoraggio *ante operam* (in verde) mostrano una distribuzione lungo valori positivi dell'asse 2 mentre i punti stazione e specie del monitoraggio *post operam* (in rosso) sono distribuiti lungo valori negativi e positivi dell'asse 1 e 2. La distribuzione dei punti lungo il primo asse è determinata prevalentemente da un gradiente positivo di equitabilità (J), mentre la distribuzione degli stessi lungo l'asse 2 è influenzata da un gradiente positivo del contenuto di lipidi nel sedimento.

3.4.2 ANALISI STATISTICA DEL POPOLAMENTO MACROZOOBENTONICO ANTE E POST OPERAM A 5 m DI PROFONDITA'

Anche il popolamento bentonico rinvenuto alla profondità di 5 m prima delle attività di ripascimento è molto diverso dal popolamento presente dopo le attività (Fig. 3.4.2.1): tali differenze risultano statisticamente significative, con valori di $p < 0,001$ (Tab. 3.4.2.1). Le specie che maggiormente contribuiscono alla similarità intra-gruppo e alla dissimilarità inter-gruppi sono riportate nella Tabella 3.4.2.2, che mostra i risultati della SIMPER analysis (valore di % cumulata fino al 50%).

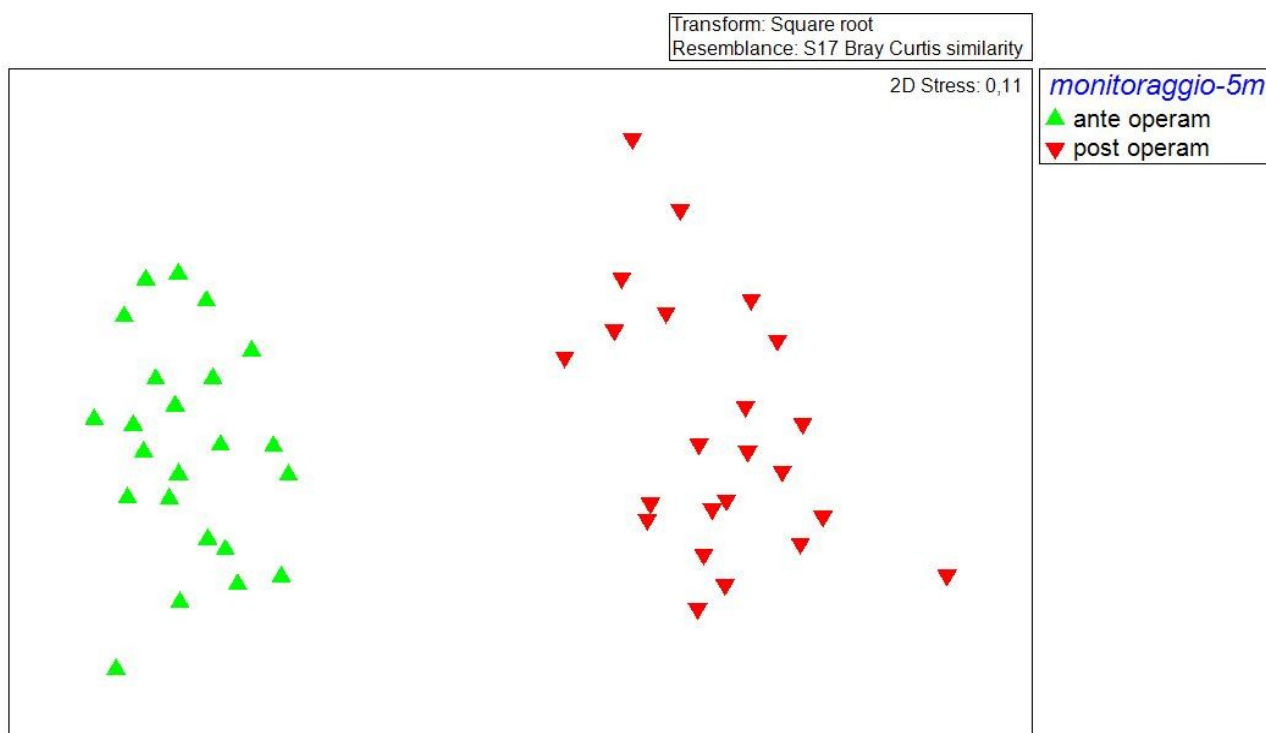


Figura 3.4.2.1 - non-metric Multi Dimensional Scaling relativo al popolamento macrozoobentonico a 5 m di profondità, *ante operam* (verde) e *post operam* (rosso).

Tabella 3.4.2.1 – Analisi delle Similarità (ANOSIM, ONE WAY) tra i popolamenti macrozoobentonici prima e dopo le attività di ripascimento, a 5 m di profondità

ANOSIM, ONE WAY ANALYSIS - Global test
Sample statistic (Global R): 0,975
Significance level of sample statistic: 0,01%
Number of permutations: 10.000

Tabella 3.4.2.2 - SIMPER analysis: lista delle specie dell'ante e post operam a 5 m di profondità che contribuiscono alla similarità intra-gruppo (Average similarity) e alla dissimilarità inter-gruppi (Average dissimilarity).

ANTE OPERAM Average similarity: 67,07						
Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%	
<i>Chamelea gallina</i>	16,37	14,34	2,6	21,38	21,38	
<i>Spio decoratus</i>	6,78	6,49	2,85	9,67	31,05	
<i>Prionospio caspersi</i>	5	5,24	5,01	7,81	38,86	
<i>Pseudocuma (Pseudocuma) simile</i>	3,7	3,61	3,36	5,39	44,25	
<i>Micronephtys sp.pl.</i>	3,39	3,47	3,9	5,17	49,42	
<i>Thracia papyracea</i>	3,45	3,11	2,85	4,64	54,06	
POST OPERAM Average similarity: 65,31						
Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%	
<i>Owenia fusiformis</i>	19,83	8,4	1,79	12,86	12,86	
<i>Chamelea gallina</i>	14,49	6,97	2,7	10,67	23,53	
<i>Prionospio caspersi</i>	15,78	6,55	2,47	10,03	33,56	
<i>Magelona sp.</i>	9,29	4,5	3,53	6,9	40,46	
<i>Pariambus typicus</i>	10,83	4,35	2,73	6,67	47,12	
<i>Pseudocuma (Pseudocuma) simile</i>	7,86	4,14	6,1	6,35	53,47	
ANTE E POST OPERAM Average dissimilarity = 54,22						
Species	Ante operam		Post operam		Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD		
<i>Owenia fusiformis</i>	3,68	19,83	6,5	1,64	11,98	11,98
<i>Prionospio caspersi</i>	5	15,78	4,25	1,53	7,83	19,81
<i>Donax semistriatus</i>	1,78	12,06	4,21	0,99	7,77	27,58
<i>Parambicus typicus</i>	2,26	10,83	3,34	1,36	6,17	33,75
<i>Chamelea gallina</i>	16,37	14,49	2,91	1,36	5,37	39,13
<i>Magelona sp.</i>	2,48	9,29	2,71	2,27	4,99	44,12
<i>Spio decoratus</i>	6,78	5,19	1,94	1,51	3,58	47,7
<i>Lentidium mediterraneum</i>	0,1	4,18	1,68	1,33	3,09	50,79

A 5 m di profondità i popolamenti delle stazioni di impatto e di controllo non mostrano differenze nella struttura e nella composizione in specie prime e dopo le attività di ripascimento (Fig. 3.4.2.2)

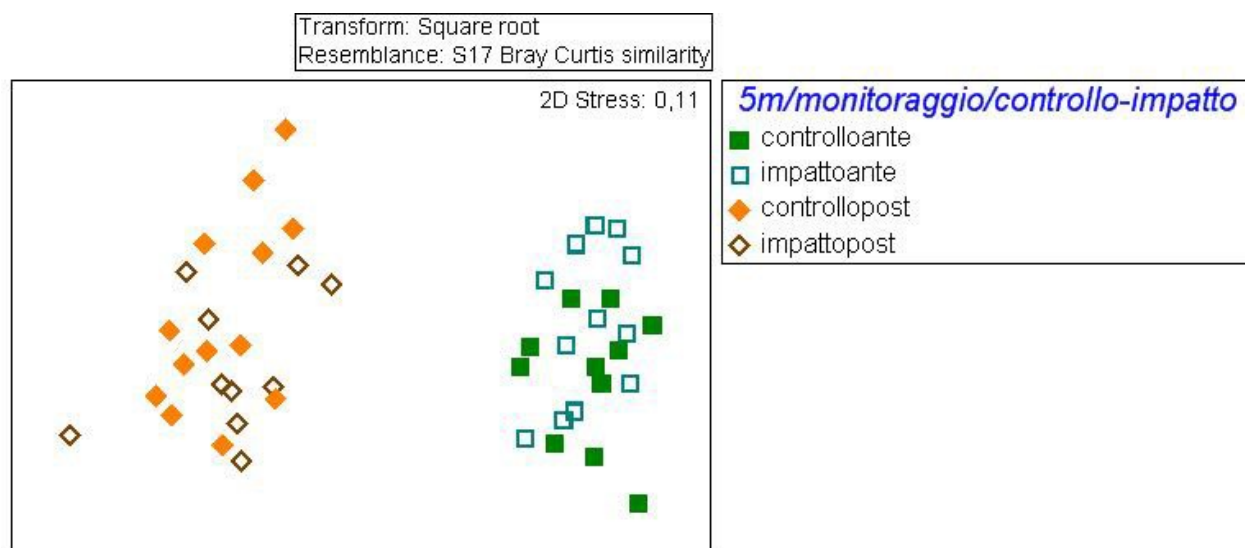


Figura 3.4.2.2 - non-metric Multi Dimensional Scaling relativo al popolamento macrozoobentonico a 5 m di profondità *ante operam* (verde) e *post operam* (rosso) e nelle stazioni di controllo e di impatto.

La correlazione tra la matrice delle specie rinvenute prima e dopo le attività di ripascimento a 5 m di profondità e i parametri granulometrici è piuttosto bassa ($\rho:0,19$ e livello di significatività del campione statistico: 0,2%). I parametri che meglio spiegano la distribuzione dei popolamenti sono il diametro medio, la classazione, lo *Skewness* e la mediana della distribuzione granulometrica (Tab. 3.4.2.3).

La correlazione tra la matrice delle specie e i parametri chimici è piuttosto bassa ($\rho:0,17$ e livello di significatività del campione statistico: 0,2%). Relativamente ai parametri chimici sono le proteine e i lipidi a mostrare i valori più elevati del coefficiente di correlazione (Tab. 3.4.2.4).

Tabella 3.4.2.3 - migliori risultati della routine BIO-ENV eseguita tra la matrice del popolamento macrozoobentonico a 5 m di profondità, prima e dopo le attività di ripascimento e i parametri granulometrici.

Variabili	No.Variabili	Migliore combinazione di variabili	Correlazione di Spearman
1 diametro medio	4	1-4	0,196
2 classazione	3	1-3	0,196
3 skewness	1	3	0,196
4 mediana	2	1;2	0,195
5 sabbia molto grossolana	3	1;2;4	0,195
6 sabbia grossolana	3	2-4	0,193
7 silt media	2	2;4	0,188
8 silt fina	2	1;3	0,182
9 silt molto fina	3	1;2;9	0,179
	4	1-3;9	0,178

Tabella 3.4.2.4 - migliori risultati della routine BIO-ENV eseguita tra la matrice del popolamento macrozoobentonico a 5 m di profondità, prima e dopo le attività di ripascimento e i parametri chimici.

Variabili	No.Variabili	Migliore combinazione di variabili	Correlazione di Spearman
	2	1;3	0,174
1 proteine	1	1	0,164
	2	1;2	0,113
2 carboidrati	3	1-3	0,112
3 lipidi	3	1;3;4	0,106
4 BPC	3	1;3;5	0,104
5 PRT:CHO	2	1;5	0,104
	3	1;2;5	0,086
	4	1-3;5	0,086
	1	3	0,085

L'analisi canonica delle corrispondenze, effettuata sul popolamento macrozoobentonico a 5 m di profondità, ha prodotto i primi due assi che spiegano rispettivamente il 52,1% e il 21% dell'inerzia totale del sistema che è pari al 73,1% (Fig. 3.4.2.3). I punti stazione e i punti specie relativi al popolamento prima delle attività di ripascimento (in verde) sembrano distribuiti prevalentemente lungo valori positivi degli assi 1 e 2, mentre i punti stazione e specie, relativi al popolamento dopo le attività (in rosso), sono distribuiti prevalentemente lungo valori negativi dell'asse 1 e lungo valori negativi e positivi dell'asse 2. La diversità di Shannon-Weaner (H') influenza la distribuzione dei popolamenti lungo il primo asse. Inoltre, lungo il primo asse, altri fattori che influenzano la distribuzione dei popolamenti sono risultati la concentrazione di lipidi nel sedimento, la sabbia grossolana e lo *Skewness*.

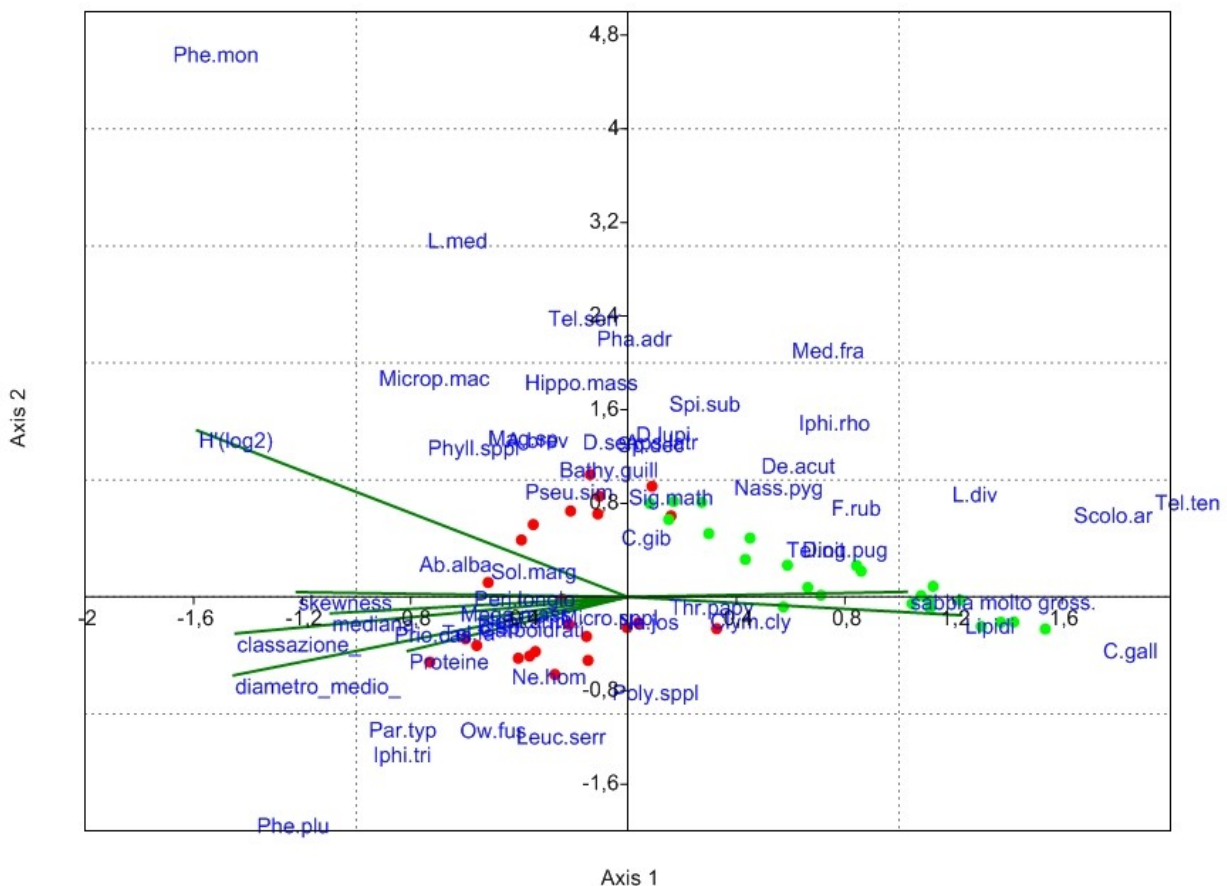


Figura 3.4.2.3 – Analisi canonica delle corrispondenze (CCA) relativa al popolamento macrozoobentonico a 5 m di profondità (asse1/asse2): punti-stazione prima delle attività di ripascimento (verde) e dopo (rosso), sigla dei punti-specie (blu), vettori che rappresentano le variabili (verde).

3.5 ANALISI STATISTICA DEL POPOLAMENTO AD ANFIPODI

L'analisi multivariata mette in evidenza che i popolamenti ad Anfipodi presenti nell'area prima e dopo le attività di ripascimento e alle due profondità campionate sono diversi (Fig. 3.5.1). Tali differenze risultano, inoltre, statisticamente significative, con valori di $p < 0,001$ (Tab. 3.5.1). Le specie che maggiormente contribuiscono alla similarità dei popolamenti dell'*ante* e del *post operam*, a 2 e a 5 m di profondità, e le specie che maggiormente contribuiscono alla loro dissimilarità sono riportate nella tabella 3.5.2, che riporta i risultati della SIMPER analysis.

La coerenza osservata tra la struttura del popolamento macrozoobentonico (Fig. 3.4.1) e quella del popolamento ad Anfipodi (Fig. 3.5.1) è confermata dai risultati del test di Mantel ($R = 0,5491$; $p = 0$)

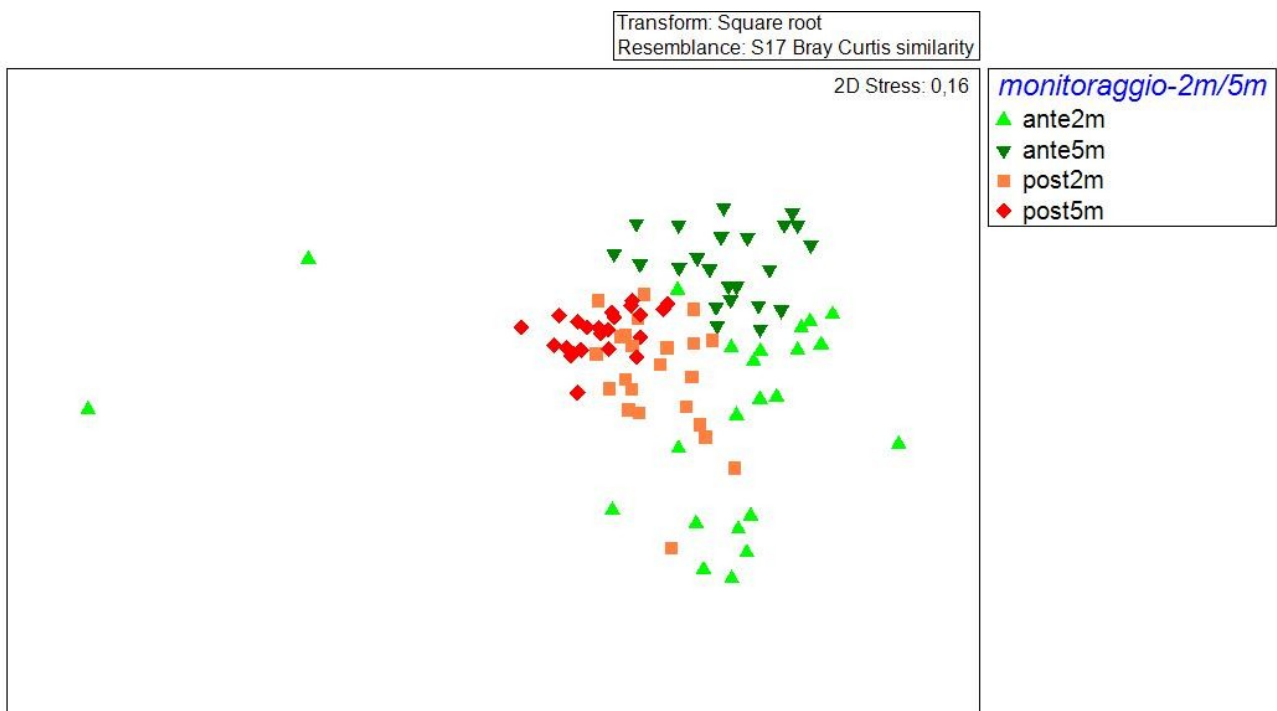


Figura 3.5.1 - non-metric Multi Dimensional Scaling relativo al popolamento ad Anfipodi a 2 m e 5 m di profondità, *ante operam* (verde) e *post operam* (rosso).

Tabella 3.5.1 – Analisi delle Similarità (ANOSIM, ONE WAY) tra i popolamenti ad Anfipodi prima e dopo le attività di ripascimento, a 2 e a 5 m di profondità

ANOSIM, ONE WAY ANALYSIS - Global test
Sample statistic (Global R): 0,468
Significance level of sample statistic: 0,01%
Number of permutations: 10.000

Tabella 3.5.2 - SIMPER analysis: lista delle specie dell'ante e post operam a 2 e a5 m di profondità che contribuiscono alla similarità intra -gruppo (Average similarity) e alla dissimilarità inter-gruppi (Average dissimilarity).

ANTE OPERAM 2m-Average similarity: 28,70						
Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%	
<i>Ampelisca brevicornis</i>	1,33	6,8	0,59	23,7	23,7	
<i>Bathyporeia phaiophthalma</i>	1,73	4,07	0,42	14,19	37,89	
<i>Hippomedon massiliensis</i>	0,81	4,01	0,7	13,99	51,87	
<i>Megaluropus massiliensis</i>	0,74	3,59	0,6	12,52	64,39	
<i>Deflexilodes acutipes</i>	0,7	3,14	0,51	10,96	75,35	
<i>Pontocrates arenarius</i>	1,2	2,81	0,48	9,8	85,15	
<i>Bathyporeia guilliamsoniana</i>	0,79	2,47	0,5	8,59	93,74	
ANTE OPERAM 5m-Average similarity: 51,30						
Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%	
<i>Deflexilodes acutipes</i>	2,52	21,01	2,07	40,95	40,95	
<i>Parambius typicus</i>	2,26	13,88	1,65	27,06	68,01	
<i>Ampelisca brevicornis</i>	1,07	5,81	0,78	11,32	79,34	
<i>Bathyporeia guilliamsoniana</i>	0,89	3,41	0,57	6,64	85,97	
<i>Megaluropus massiliensis</i>	0,73	3,38	0,64	6,6	92,57	
POST OPERAM 2m-Average similarity: 51,18						
Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%	
<i>Ampelisca brevicornis</i>	3,07	14,57	2,56	28,48	28,48	
<i>Megaluropus massiliensis</i>	2,69	10,18	1,91	19,89	48,37	
<i>Parambius typicus</i>	3,54	10,01	1,13	19,55	67,92	
<i>Periocolodes longimanus longimanus</i>	2,05	7,37	1,17	14,4	82,32	
<i>Bathyporeia phaiophthalma</i>	1,89	3,92	0,73	7,67	89,99	
<i>Hippomedon massiliensis</i>	0,72	1,82	0,64	3,55	93,54	
POST OPERAM 5m- Average similarity: 64,20						
Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%	
<i>Parambius typicus</i>	10,83	26,04	3,72	40,56	40,56	
<i>Megaluropus massiliensis</i>	3,64	11,27	3,63	17,56	58,11	
<i>Periocolodes longimanus longimanus</i>	3,74	11,19	2,97	17,43	75,54	
<i>Ampelisca brevicornis</i>	2,7	7,64	2,64	11,89	87,44	
<i>Bathyporeia guilliamsoniana</i>	1,53	2,85	0,96	4,44	91,88	
ANTE E POST OPERAM 2m- Average dissimilarity = 70,74						
Species	Ante operam 2m		Post operam 2m		Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD		
<i>Parambius typicus</i>	0,27	3,54	13,08	1,22	18,49	18,49
<i>Bathyporeia phaiophthalma</i>	1,73	1,89	8,7	1,07	12,3	30,79
<i>Ampelisca brevicornis</i>	1,33	3,07	7,97	1,39	11,26	42,05
<i>Megaluropus massiliensis</i>	0,74	2,69	7,87	1,45	11,12	53,17
<i>Periocolodes longimanus longimanus</i>	0,64	2,05	7,09	1,31	10,03	63,2
<i>Pontocrates arenarius</i>	1,2	0,24	4,26	0,83	6,02	69,22
<i>Deflexilodes acutipes</i>	0,7	0,72	3,55	1,04	5,02	74,24
<i>Synchelidium longidigitatum</i>	0	0,94	3,29	0,48	4,65	78,89
<i>Hippomedon massiliensis</i>	0,81	0,72	3,04	1,07	4,29	83,18
<i>Bathyporeia guilliamsoniana</i>	0,79	0,3	2,93	0,94	4,14	87,32
<i>Leucothoe serraticarpa</i>	0,12	0,33	1,87	0,53	2,64	89,96
<i>Urothoe pulchella</i>	0,21	0,3	1,48	0,52	2,09	92,05
ANTE E POST OPERAM 5m-Average dissimilarity = 65,27						
Species	Ante operam 5m		Post operam 5m		Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD		
<i>Parambius typicus</i>	2,26	10,83	21,2	1,87	32,48	32,48
<i>Periocolodes longimanus longimanus</i>	0,43	3,74	9,26	2,42	14,19	46,67
<i>Megaluropus massiliensis</i>	0,73	3,64	8,03	2,43	12,31	58,97
<i>Deflexilodes acutipes</i>	2,52	1,18	5,18	1,54	7,94	66,91
<i>Ampelisca brevicornis</i>	1,07	2,7	5,01	1,37	7,68	74,59
<i>Bathyporeia guilliamsoniana</i>	0,89	1,53	3,54	1,29	5,42	80,01
<i>Hippomedon massiliensis</i>	0,65	0,8	2,28	1,09	3,49	83,51
<i>Leucothoe serraticarpa</i>	0	0,72	1,92	0,95	2,93	86,44
<i>Amphilocheus brunneus</i>	0	0,48	1,22	0,7	1,87	88,31
<i>Microtopus maculatus</i>	0,04	0,48	1,16	0,64	1,77	90,08

Come osservato per il popolamento macrozoobentonico, anche per il popolamento ad Anfipodi non si evidenziano differenze nella struttura e composizione in specie nelle stazioni di controllo e di impatto, prima e dopo le attività di ripascimento e alle due profondità campionate (Fig. 3.5.2).

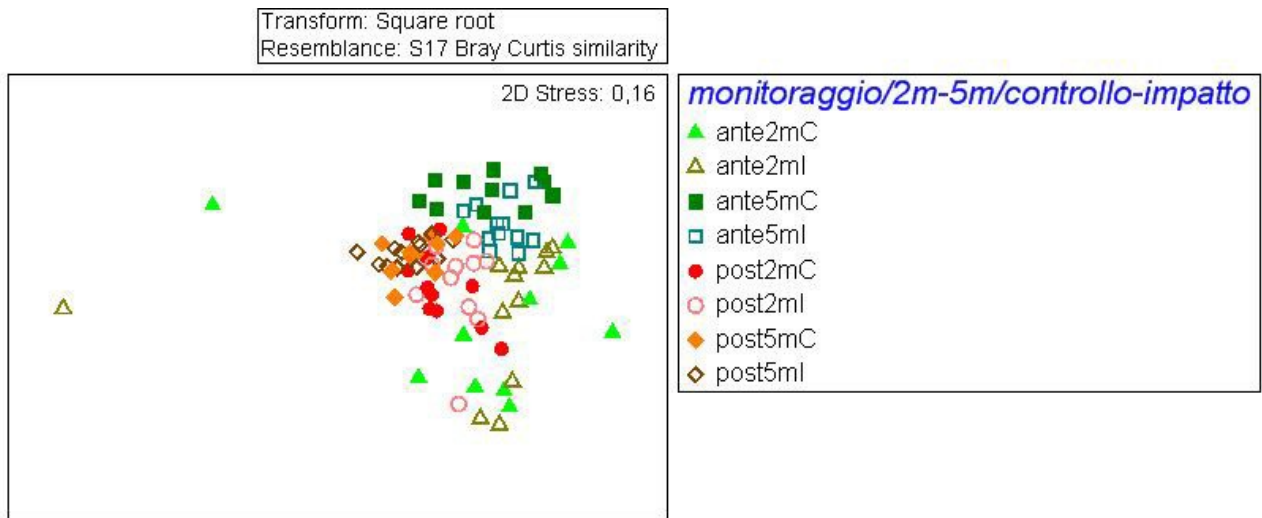


Figura 3.5.2 - non-metric Multi Dimensional Scaling relativo al popolamento ad Anfipodi a 2 m e a 5 m di profondità, *ante operam* (verde) e *post operam* (rosso) e nelle stazioni di controllo (C) e di impatto (I).

La correlazione tra la matrice delle specie di Anfipodi rinvenute prima e dopo le attività di ripascimento e i parametri granulometrici è piuttosto alta e significativa ($\rho:0,43$ e livello di significatività del campione statistico: 0,1%). Il parametro profondità, computato anche in questo caso sia nell'analisi dei parametri granulometrici che nei parametri chimici, risulta fondamentale poiché contribuisce, in entrambi i casi, all'ordinamento del popolamento osservato. I parametri fisici che meglio spiegano la distribuzione dei popolamenti sono il diametro medio, la mediana della distribuzione granulometrica e la profondità (Tab. 3.5.3).

Anche la correlazione tra la matrice delle specie e i parametri chimici è piuttosto alta ($\rho:0,45$ e livello di significatività del campione statistico: 0,1%). Relativamente ai parametri chimici sono le proteine e i lipidi, insieme alla profondità, a mostrare i valori più elevati del coefficiente di correlazione (Tab. 3.5.4).

Tabella 3.5.3 - migliori risultati della routine BIO-ENV eseguita tra la matrice del popolamento ad Anfipodi, prima e dopo le attività di ripascimento e i parametri granulometrici.

Variabili	No.Variabili	Migliore combinazione di variabili	Correlazione di Spearman
1 diametro medio	3	1;4;10	0,427
2 classazione	2	1;10	0,425
3 skewness	4	1;4;9;10	0,418
4 mediana	3	1;9;10	0,414
5 sabbia molto grossolana	5	1;4;5;9;10	0,413
6 sabbia grossolana	4	1;4;5;10	0,411
7 silt media	4	1;5;9;10	0,405
8 silt fina	3	1;5;10	0,402
9 silt molto fina	5	1;2;4;5;10	0,401
10 profondità	4	1;4;8;10	0,4

Tabella 3.5.4 - migliori risultati della routine BIO-ENV eseguita tra la matrice del popolamento ad Anfipodi, prima e dopo le attività di ripascimento e i parametri chimici.

Variabili	No.Variabili	Migliore combinazione di variabili	Correlazione di Spearman
1 profondità	3	1;2;4	0,453
	4	1;2;4;5	0,441
	3	1;4;5	0,434
2 proteine	2	1;2	0,43
3 carboidrati	3	1;2;5	0,424
4 lipidi	4	1;2;4;6	0,415
5 BPC	2	1;5	0,414
6 PRT:CHO	2	1;4	0,411
	5	1;2;4-6	0,409
	4	1-4	0,404

L'analisi canonica delle corrispondenze (CCA) ha prodotto i primi 2 assi che assorbono rispettivamente l'83,2% e il 16,7% per un totale di 99,9% dell'inerzia totale del sistema (Fig. 3.5.3). I punti stazione e punti specie relativi al monitoraggio *ante operam* (in verde) mostrano una distribuzione prevalente lungo valori positivi dell'asse 1 e positivi e negativi dell'asse 2, mentre i punti specie e stazione del monitoraggio *post operam* (in rosso) sono distribuiti prevalentemente lungo valori positivi e negativi dell'asse 1 e 2. I gradienti di profondità e sabbia grossolana sono i parametri che influenzano la distribuzione dei punti lungo l'asse 1 e 2 rispettivamente.

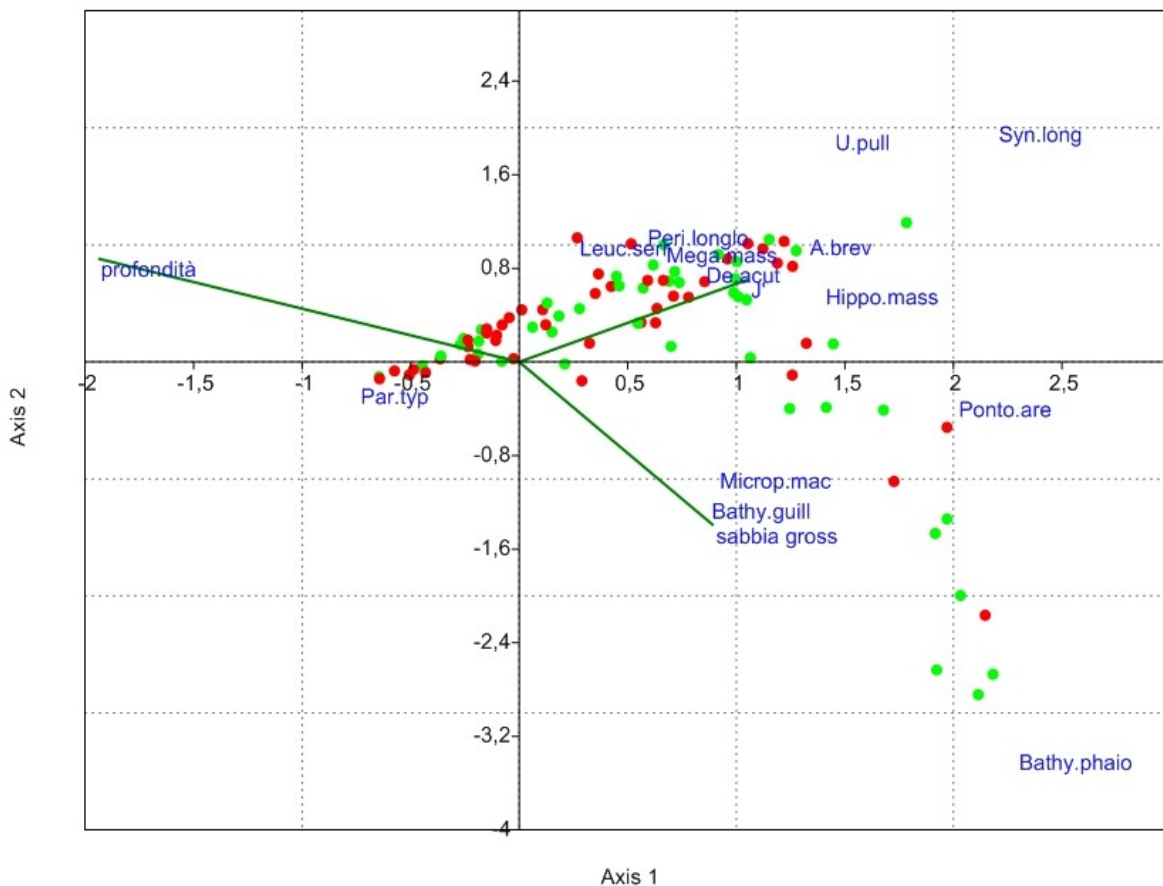


Figura 3.5.3 – Analisi canonica delle corrispondenze (CCA) relativa al popolamento ad Anfipodi (asse1/asse2): punti-stazione prima delle attività di ripascimento (verde) e dopo (rosso), sigla dei punti-specie (blu), vettori che rappresentano le variabili (verde).

3.5.1 ANALISI STATISTICA DEL POPOLAMENTO AD ANFIPODI ANTE E POST OPERAM A 2 m DI PROFONDITA'

L'ordinamento nMDS evidenzia che il popolamento ad Anfipodi rinvenuto a 2 m di profondità, nelle 2 fasi di monitoraggio, sono diversi (Fig. 3.5.1.1) e tali differenze sono statisticamente significative, con valori di $p < 0,001$ (Tab. 3.5.1.1). Le specie che maggiormente contribuiscono alla similarità intra-gruppo e alla dissimilarità tra gruppi sono riportate nella Tabella 3.5.1.2, che mostra i risultati della SIMPER analysis (%cumulata fino al 50%).

Anche alla profondità di 2 m la coerenza osservata tra la struttura del popolamento macrozoobentonico (Fig. 3.4.1.1) e quella del popolamento ad Anfipodi (Fig. 3.5.1.1) è confermata dai risultati del test di Mantel ($R = 0,6498$; $p = 0$).

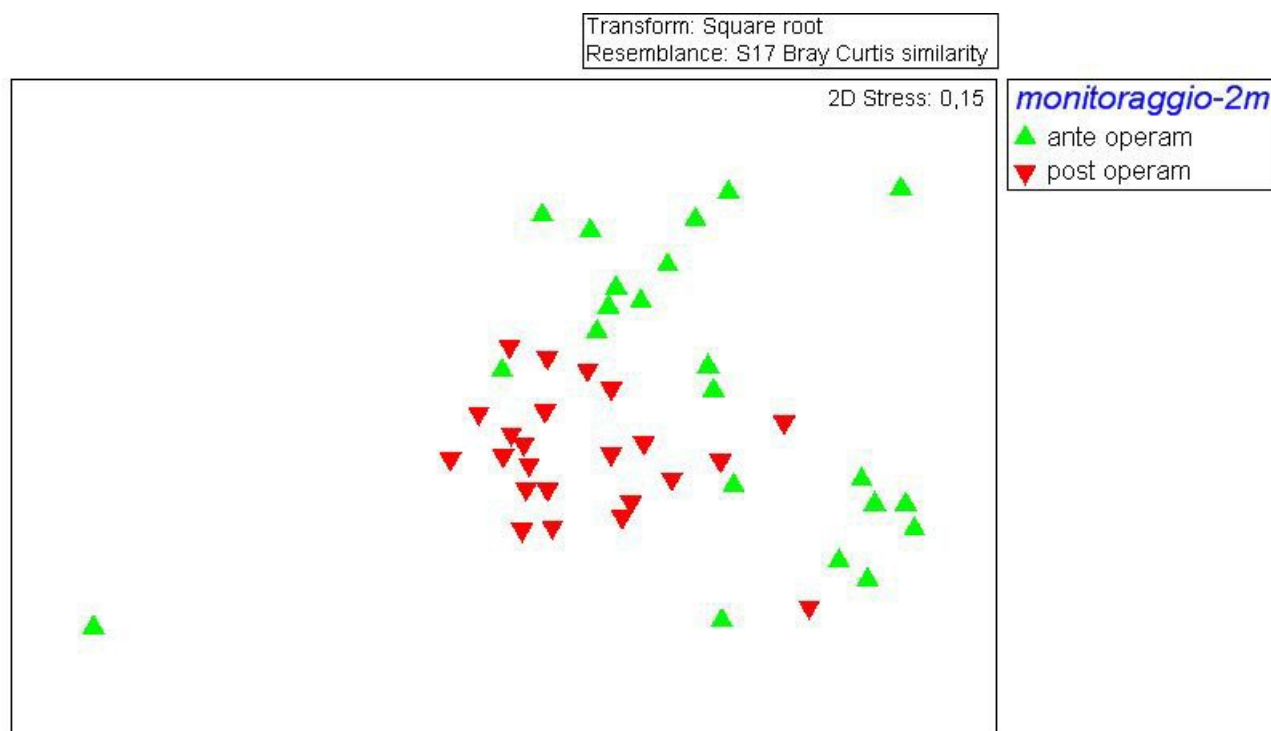


Fig. 3.5.1.1 - non-metric Multi Dimensional Scaling relativo al popolamento ad Anfipodi a 2 m di profondità, *ante operam* (verde) e *post operam* (rosso).

Tabella 3.5.1.1 – Analisi delle Similarità (ANOSIM, ONE WAY) tra i popolamenti ad Anfipodi prima e dopo le attività di ripascimento, a 2 m di profondità

ANOSIM, ONE WAY ANALYSIS - Global test
Sample statistic (Global R): 0,347
Significance level of sample statistic: 0,01%
Number of permutations: 10.000

Tabella 3.5.1.2 - SIMPER analysis: lista delle specie dell'ante e post operam a 2 m di profondità che contribuiscono alla similarità intra-gruppo (Average similarity) e alla dissimilarità inter-gruppi (Average dissimilarity).

ANTE OPERAM-Average similarity: 31,43						
Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%	
<i>Ampelisca brevicornis</i>	1,39	7,45	0,63	23,7	23,7	
<i>Bathyporeia phaiophthalma</i>	1,81	4,46	0,45	14,19	37,89	
<i>Hippomedon massiliensis</i>	0,85	4,4	0,76	13,99	51,87	
POST OPERAM-Average similarity: 51,18						
Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%	
<i>Ampelisca brevicornis</i>	3,07	14,57	2,56	28,48	28,48	
<i>Megaluropus massiliensis</i>	2,69	10,18	1,91	19,89	48,37	
<i>Paramblus typicus</i>	3,54	10,01	1,13	19,55	67,92	
ANTE E POST OPERAM-Average dissimilarity = 69,43						
Species	Ante operam Av.Abund	Post operam Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Paramblus typicus</i>	0,28	3,54	12,83	1,23	18,48	18,48
<i>Bathyporeia phaiophthalma</i>	1,81	1,89	8,66	1,09	12,48	30,96
<i>Megaluropus massiliensis</i>	0,77	2,69	7,58	1,46	10,92	41,88
<i>Ampelisca brevicornis</i>	1,39	3,07	7,54	1,41	10,86	52,74

Anche nel popolamento ad Anfipodi a 2 m di profondità non si osservano differenze tra i popolamenti delle stazioni di controllo e di impatto (Fig. 3.5.1.2).

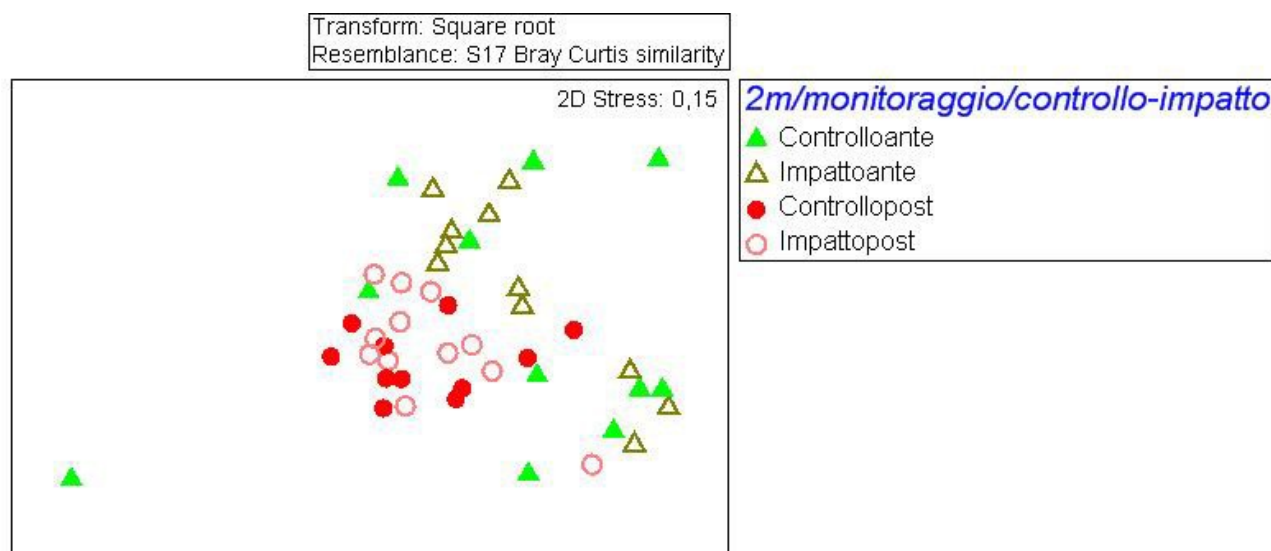


Figura 3.5.1.2 - non-metric Multi Dimensional Scaling relativo al popolamento macrozoobentonico a 2 m di profondità, *ante operam* (verde) e *post operam* (rosso), e nelle stazioni di controllo e di impatto.

Alla profondità di 2 m, la correlazione tra la matrice delle specie di Anfipodi, rinvenute prima e dopo le attività di ripascimento, e i parametri granulometrici è discretamente alta e significativa ($\rho:0,38$ e livello di significatività del campione statistico: 0,1%). I parametri che meglio spiegano la distribuzione dei popolamenti sono il diametro medio, la classazione, lo *Skewness*, la sabbia molto grossolana e il silt (Tab. 3.5.1.3).

Anche la correlazione tra la matrice delle specie e i parametri chimici è piuttosto alta e significativa ($\rho:0,42$ e livello di significatività del campione statistico: 0,1%). Relativamente ai parametri chimici sono le proteine, i lipidi, il carbonio biopolimerico (BPC) e il rapporto proteine:carboidrati (PRT:CHO) a mostrare i valori più elevati del coefficiente di correlazione (Tab. 3.5.1.4).

Tabella 3.5.1.3 - migliori risultati della routine BIO-ENV eseguita tra la matrice del popolamento ad Anfipodi alla profondità di 2 m, prima e dopo le attività di ripascimento e i parametri granulometrici.

Variabili	No.Variabili	Migliore combinazione di variabili	Correlazione di Spearman
1 diametro medio	5	1-3;5;8	0,387
2 classazione	4	1;3;5;8	0,386
3 skewness	5	2-5;8	0,384
4 mediana	5	1-3;5;7	0,384
5 sabbia molto grossolana	4	2;3;5;8	0,383
6 sabbia grossolana	5	1-3;5;9	0,382
7 silt media	5	1;3-5;8	0,382
8 silt fina	5	2-5;7	0,381
9 silt molto fina	4	3-5;8	0,38
	4	1;3;5;7	0,38

Tabella 3.5.1.4 - migliori risultati della routine BIO-ENV eseguita tra la matrice del popolamento ad Anfipodi alla profondità di 2 m, prima e dopo le attività di ripascimento e i parametri chimici.

Variabili	No.Variabili	Migliore combinazione di variabili	Correlazione di Spearman
	4	1;3-5	0,42
	3	1;3;5	0,409
	5	All	0,407
1 proteine	4	1-3;5	0,405
2 carboidrati	3	3-5	0,4
3 lipidi	2	1;3	0,397
4 BPC	4	2-5	0,396
5 PRT:CHO	3	1;4;5	0,391
	3	1;3;4	0,391
	1	1	0,386

La CCA relativa al popolamento ad Anfipodi rinvenuto a 2 m di profondità evidenzia una varianza totale pari al 90,1%, di cui il 66,2% è spiegata dal primo asse e il 23,9% dal secondo (Fig. 3.5.1.3). I punti stazione e i punti specie relativi ai popolamenti ad Anfipodi prima (in verde) e dopo (in rosso) le attività di ripascimento si distribuiscono lungo valori positivi e negativi dei due assi. Lo *Skewness* e la concentrazione di carbonio biopolimerico nel sedimento (BPC) sono i fattori che maggiormente influenzano la distribuzione dei popolamenti lungo il primo e il secondo asse rispettivamente.

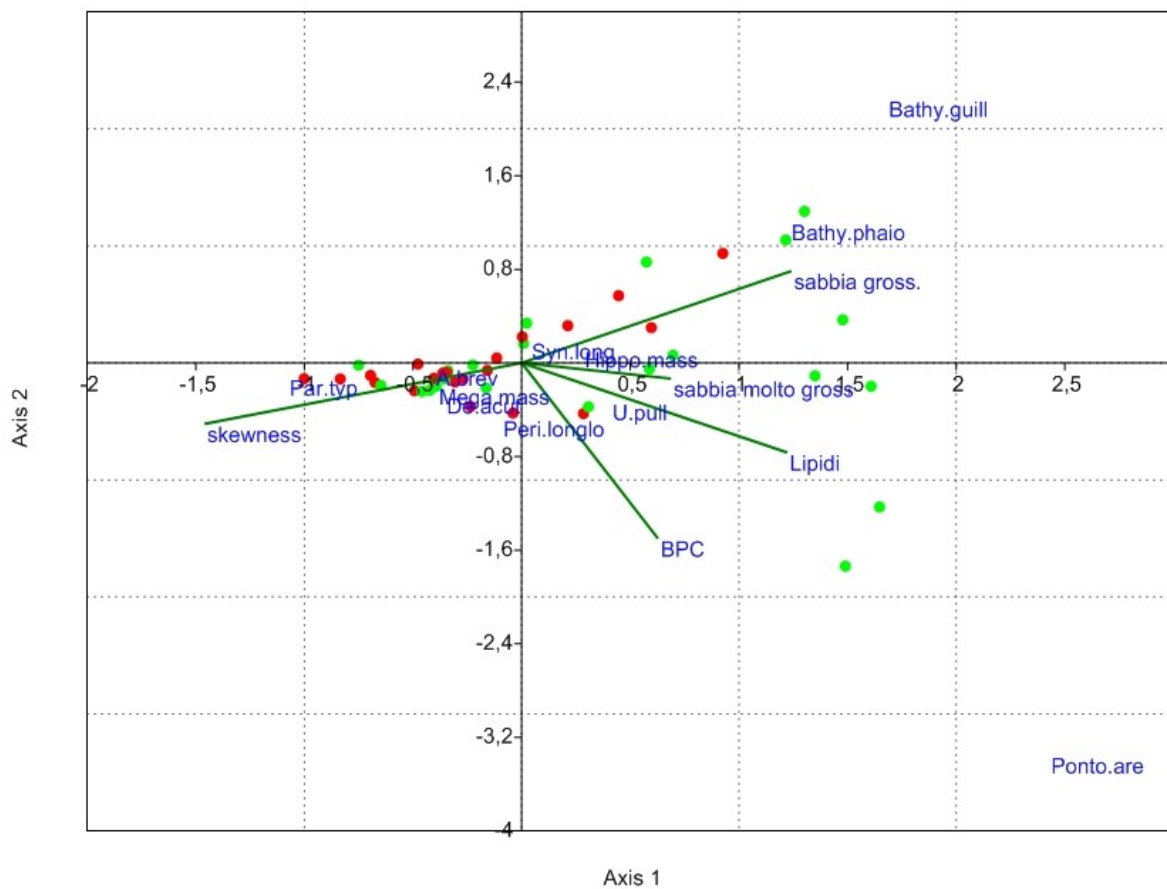


Figura 3.5.1.3 – Analisi canonica delle corrispondenze (CCA) relativa al popolamento ad Anfipodi a 2 m di profondità (asse1/asse2): punti-stazione prima delle attività di ripascimento (verde) e dopo (rosso), sigla dei punti-specie (blu), vettori che rappresentano le variabili (verde).

3.5.2 ANALISI STATISTICA DEL POPOLAMENTO AD ANFIPODI ANTE E POST OPERAM A 5 m DI PROFONDITA'

Anche a 5 m di profondità l'analisi multivariata evidenzia delle differenze tra il popolamento ad Anfipodi rinvenuto nel monitoraggio *ante operam* e quello rinvenuto nel *post operam* (Fig. 3.5.2.1) e tali differenze sono statisticamente significative (Tab. 3.5.2.1). Nella Tabella 3.5.2.2 sono riportate le specie che, prima e dopo le attività di ripascimento, contribuiscono maggiormente alla similarità tra i popolamenti e alla loro dissimilarità.

La coerenza osservata tra la struttura del popolamento macrozoobentonico a 5 m di profondità (Fig. 3.4.2.1) e quella del popolamento ad Anfipodi (Fig. 3.5.1.1) è confermata dai risultati del test di Mantel ($R= 0,4035$; $p=0$).

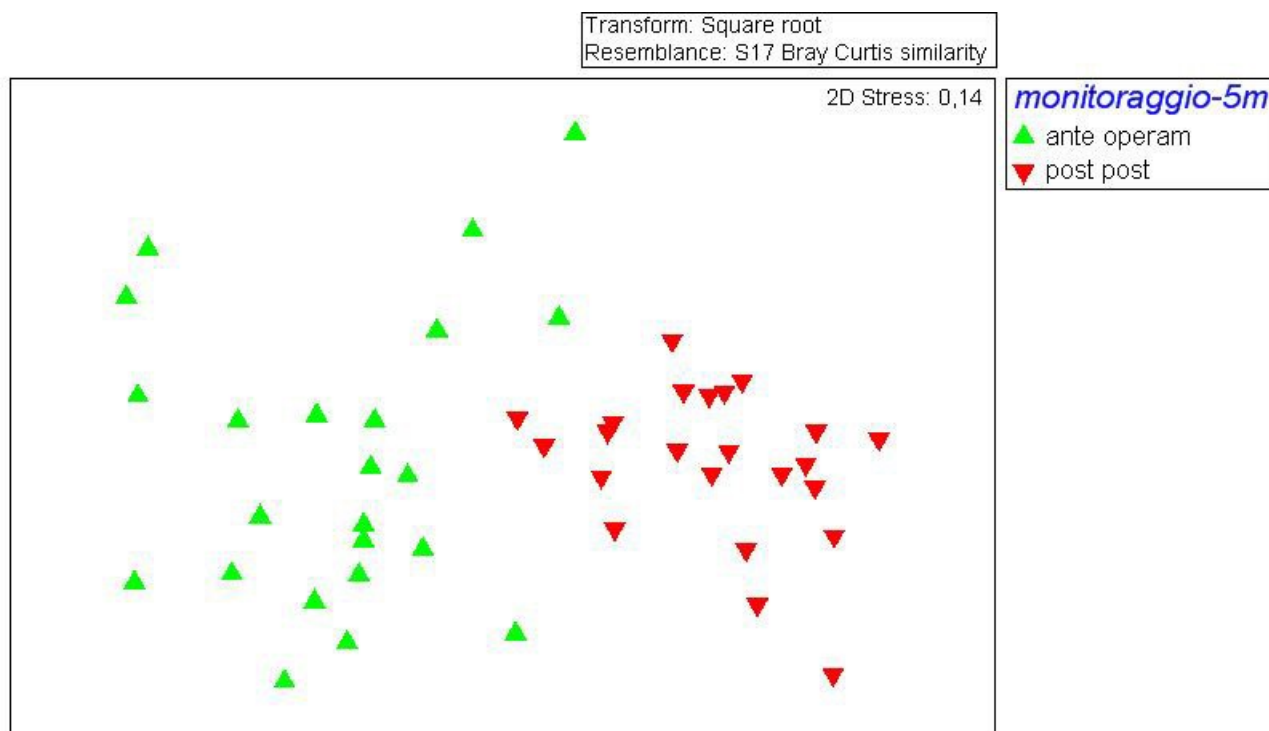


Fig. 3.5.2.1 - non-metric Multi Dimensional Scaling relativo al popolamento ad Anfipodi a 5 m di profondità, *ante operam* (verde) e *post operam* (rosso).

Tabella 3.5.2.1 – Analisi delle Similarità (ANOSIM, ONE WAY) tra i popolamenti ad Anfipodi prima e dopo le attività di ripascimento, a 5 m di profondità.

ANOSIM, ONE WAY ANALYSIS - Global test
Sample statistic (Global R): 0,733
Significance level of sample statistic: 0,01%
Number of permutations: 10.000

Tabella 3.5.2.2 - SIMPER analysis: lista delle specie dell'ante e post operam a 5 m di profondità che contribuiscono alla similarità intra-gruppo (Average similarity) e alla dissimilarità inter-gruppi (Average dissimilarity).

ANTE OPERAM-Average similarity: 51,30						
Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%	
<i>Deflexilodes acutipes</i>	2,52	21,01	2,07	40,95	40,95	
<i>Parambius typicus</i>	2,26	13,88	1,65	27,06	68,01	
POST OPERAM-Average similarity: 64,20						
Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%	
<i>Parambius typicus</i>	10,83	26,04	3,72	40,56	40,56	
<i>Megaluropus massiliensis</i>	3,64	11,27	3,63	17,56	58,11	
ANTE E POST OPERAM-Average dissimilarity = 65,27						
Species	Ante operam		Post operam		Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Sim	Av.Diss	Diss/SD		
<i>Parambius typicus</i>	2,26	10,83	21,2	1,87	32,48	32,48
<i>Perioculodes longimanus longimanus</i>	0,43	3,74	9,26	2,42	14,19	46,67
<i>Megaluropus massiliensis</i>	0,73	3,64	8,03	2,43	12,31	58,97

Anche alla profondità di 5 m nessuna differenza è emersa relativamente ai popolamenti ad Anfipodi delle stazioni di controllo e di impatto (Fig.3.5.2.2).

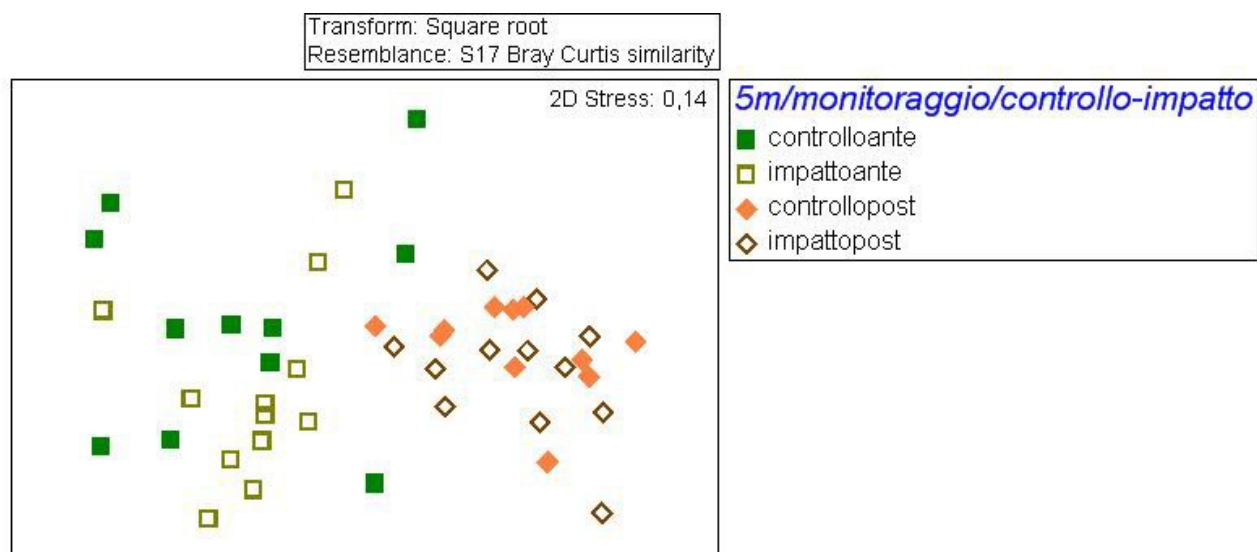


Figura 3.5.2.2 - non-metric Multi Dimensional Scaling relativo al popolamento ad Anfipodi a 5 m profondità, *ante operam* (verde) e *post operam* (rosso) e nelle stazioni di controllo e di impatto.

Alla profondità di 5 m la correlazione tra la matrice delle specie di Anfipodi, rinvenute prima e dopo le attività di ripascimento, e i parametri granulometrici è piuttosto bassa e non risulta essere significativa ($\rho:0,2$ e livello di significatività del campione statistico: 5,2%).

Nella tabella 3.5.2.3 vengono riportati i risultati della routine BIOENV.

La correlazione tra la matrice delle specie e i parametri chimici è piuttosto bassa ma significativa ($\rho:0,25$ e livello di significatività del campione statistico: 0,3%). Relativamente ai parametri chimici, le proteine e i lipidi mostrano i valori più elevati del coefficiente di correlazione (Tab. 3.5.2.4).

Tabella 3.5.2.3 - migliori risultati della routine BIO-ENV eseguita tra la matrice del popolamento ad Anfipodi alla profondità di 5 m, prima e dopo le attività di ripascimento e i parametri granulometrici.

Variabili	No.Variabili	Migliore combinazione di variabili	Correlazione di Spearman
1 diametro medio	4	1;4;5;9	0,206
2 classazione	4	1;4;5;8	0,199
3 skewness	5	1;4;5;8;9	0,197
4 mediana	3	1;5;9	0,191
5 sabbia molto grossolana	3	4;5;9	0,19
6 sabbia grossolana	5	1;4-6;9	0,189
7 silt media	5	1;4-6;8	0,184
8 silt fina	2	4;9	0,182
9 silt molto fina	3	1;4;9	0,182
	3	1;5;8	0,18

Tabella 3.5.2.4 - migliori risultati della routine BIO-ENV eseguita tra la matrice del popolamento ad Anfipodi alla profondità di 5 m, prima e dopo le attività di ripascimento e i parametri chimici.

Variabili	No.Variabili	Migliore combinazione di variabili	Correlazione di Spearman
	2	1;3	0,249
	3	1-3	0,206
	3	1;3;5	0,197
1 proteine	3	1;3;4	0,189
2 carboidrati	4	1-4	0,181
3 lipidi	4	1;3-5	0,179
4 BPC	4	1-3;5	0,176
5 PRT:CHO	1	1	0,169
	5	All	0,165
	2	1;5	0,16

L'analisi canonica delle corrispondenze, relativa al popolamento ad Anfipodi rinvenuto a 5 m di profondità, evidenzia una varianza totale pari al 99,9%, di cui l'89,4% è spiegato dall'asse 1 e il restante 10,5% dall'asse 2 (Fig. 3.5.2.3). I punti stazione e i punti specie relativi ai popolamenti del monitoraggio *ante operam* (in verde) sono distribuiti prevalentemente lungo valori positivi dell'asse 1 e negativi del 2. I punti stazione e specie, relativi ai popolamenti del monitoraggio *post operam* (in rosso), sono distribuiti prevalentemente lungo valori positivi degli assi 1 e 2. L'equitabilità (J') e lo *Skewness* sono i fattori che maggiormente influenzano la distribuzione dei popolamenti lungo il primo e il secondo asse rispettivamente.

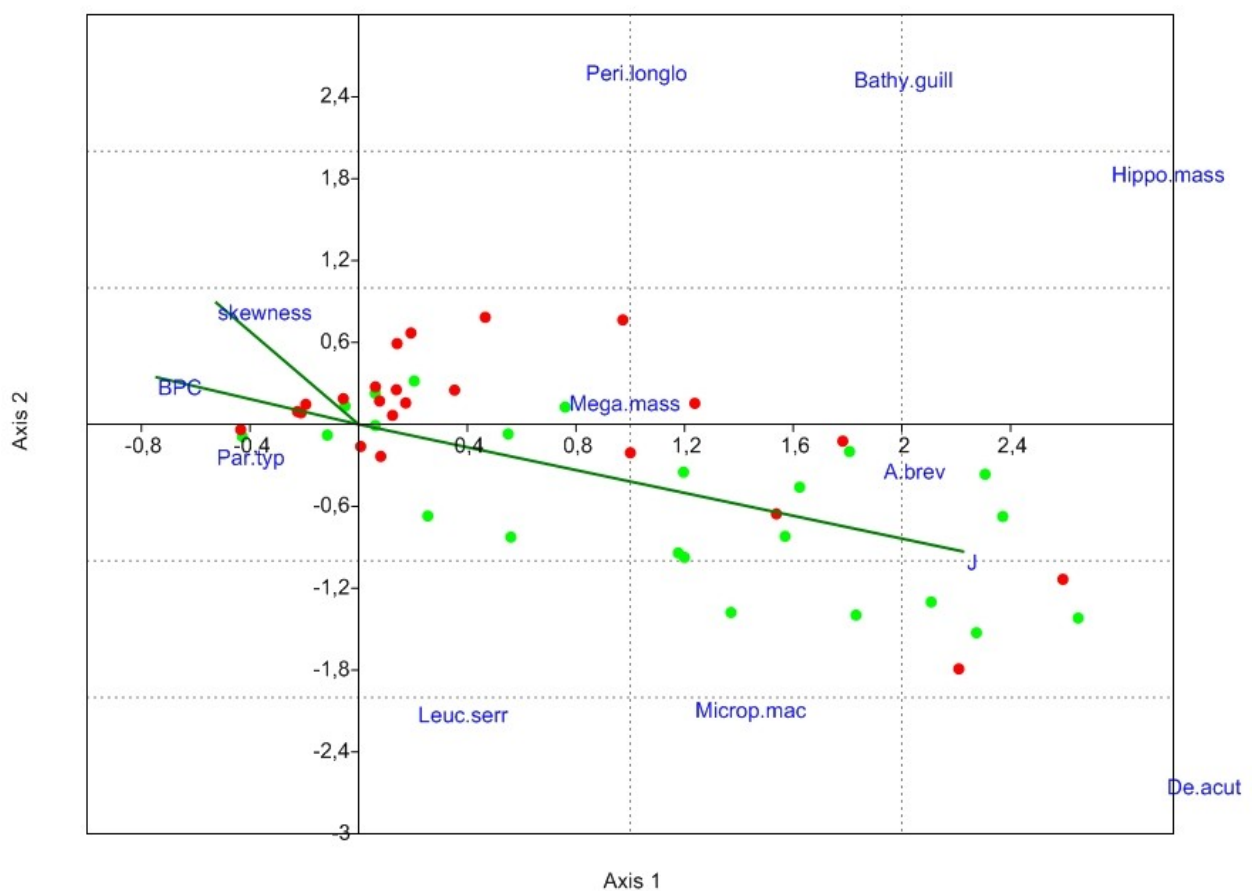


Figura 3.5.2.3 - Analisi canonica delle corrispondenze (CCA) relativa al popolamento ad Anfipodi a 5 m di profondità (asse1/asse2): punti-stazione prima delle attività di ripascimento (verde) e dopo (rosso), sigla dei punti-specie (blu), vettori che rappresentano le variabili (verde).

4. DISCUSSIONE

I popolamenti bentonici rinvenuti nel corso del presente lavoro sono generalmente ascrivibili alla biocenosi delle Sabbie Fini degli Alti Livelli (SFHN) e delle Sabbie Fini Ben Calibrate (SFBC).

La composizione faunistica di tali popolamenti, sia prima che dopo le attività di ripascimento, è coerente con la composizione granulometrica dell'area di indagine e con quanto osservato relativamente alla fauna di fondo mobile in studi precedenti (Frogliata et al., 2001; Frogliata 2002; ARPAM, 2003).

Sono presenti, infatti, specie caratteristiche dell'SFHN come ad esempio i molluschi *Lentidium mediterraneum*, *Tellina tenuis* e *Donax semistriatus* e specie caratteristiche dell'SFBC come il mollusco *Chamelea gallina*, i policheti *Prionospio caspersi* e *Owenia fusiformis*, e i crostacei *Pseudocuma (Pseudocuma) simile*, *Pariambus typicus* e *Ampelisca brevicornis*. In accordo con quanto osservato da Frogliata, (2002) la presenza di specie limicole quali ad esempio *Abra alba*, *Lucinella divaricata*, *Capitella capitata* e *Jassa marmorata* denota la presenza di un certo grado di infangamento, così come la presenza del bivalve *Corbula gibba* e del polichete *C. capitata* sembrerebbe indicare ambienti caratterizzati da instabilità sedimentaria e arricchimento organico (Frogliata, 2002; Nicoletti et al., 2004; Dean, 2008).

Tra i parametri ambientali che maggiormente influenzano la distribuzione dei popolamenti la granulometria del sedimento e il contenuto di sostanza organica rivestono un ruolo primario (Castelli et al., 2003; Lorenti e De Falco, 2003; Pusceddu et al., 2003; Quintino et al., 2006).

Dal presente lavoro è emerso che la composizione granulometrica del sedimento, prima e dopo le attività di ripascimento, non mostra sostanziali differenze e risulta nel complesso conforme a quanto osservato in studi pregressi riguardanti le caratteristiche granulometriche degli arenili del medio Adriatico (Dal Cin e Simeoni, 1993; 1994). Tuttavia dopo il ripascimento, ad entrambe le profondità campionate, si osserva un leggero incremento della componente fine del sedimento a discapito della componente più grossolana.

Anche i carichi organici del tratto di costa oggetto di studio mostrano, sia prima che dopo le attività di ripascimento, valori mediamente confrontabili con quelli noti dalla letteratura (Dell'Anno et al. 2003) anche se i valori del rapporto proteine:carboidrati, utilizzati come indicatore della qualità alimentare della materia organica sedimentaria (Pusceddu et al. 2009), risultano assai elevati nella maggior parte delle stazioni indagate e in entrambe i periodi di campionamento, con differenze solo minime tra stazioni sotto costa e stazioni al largo.

Come evidenziato anche dall'analisi multivariata, alcuni dei parametri granulometrici indagati sembrano influenzare la distribuzione dei popolamenti bentonici osservata prima e dopo le attività di ripascimento e alle diverse profondità di campionamento. Infatti, la presenza di sedimento più

grossolano prima delle attività di ripascimento e di sedimento più fine dopo sembra influenzare sia i popolamenti bentonici a 2 m di profondità che quelli a 5 m. L'analisi multivariata evidenzia inoltre come anche i carichi organici del sedimento concorrono ad influenzare la distribuzione dei popolamenti bentonici osservata, anche se in misura minore rispetto a quanto osservato per i parametri granulometrici. In particolare la diminuzione del contenuto di lipidi nel sedimento influenza la distribuzione dei popolamenti sia a 2 m che a 5 m di profondità, dopo il ripascimento. Le differenze osservate nella distribuzione di tali popolamenti possono essere ricondotte non solo a variazioni dei parametri granulometrici e chimici del sedimento, ma anche a variazioni strutturali dei popolamenti stessi (diversità ed equitabilità) e agli adattamenti trofico-funzionali ed etologici delle singole specie che compongono il popolamento. Come riportato da Castelli *et al.*, (2003), infatti, la struttura delle comunità costiere di fondi mobili è strettamente dipendente da una serie di fattori biotici e abiotici come l'idrodinamismo, la granulometria dei sedimenti, la concentrazione di sostanza organica e le sostanze inquinanti, ma tale struttura dipende anche dalle caratteristiche biologiche delle stesse specie e dalla loro interazione. Inoltre le caratteristiche dei sedimenti, sia chimiche che fisiche, concorrono a strutturare i popolamenti bentonici dei fondi mobili, selezionando le specie che mostrano gli adattamenti trofici ed ecologici più convenienti (Mancinelli *et al.*, 1998). I popolamenti bentonici analizzati in questo lavoro hanno mostrato differenze nella composizione in specie e nella struttura prima e dopo le attività di ripascimento e alle diverse profondità campionate. Alla profondità di 2 m prima delle attività di ripascimento il popolamento bentonico presente è caratterizzato dalla dominanza delle specie *Chamelea gallina*, *Donax semistriatus* e *Tellina tenuis* (molluschi), *Spio decoratus*, *Arenicola marina* e *Owenia fusiformis* (policheti) e *Pseudocuma (Pseudocuma) simile*, *Bathyporeia phaiophthalma* e *Apeudopsis latreillei* (crostacei). Da un punto di vista bionomico queste specie sono tipiche di ambienti sabbiosi e/o caratteristiche delle biocenosi dell'SFHN e SFBC. Anche dopo le attività di ripascimento il popolamento presente è caratterizzato da specie tipiche delle biocenosi dell'SFHN e dell'SFBC, anche se, per tutti i gruppi tassonomici analizzati è stato osservato un cambiamento delle specie dominanti. I bivalvi *Lentidium mediterraneum* e *D. semistriatus*, dominano il popolamento a molluschi del monitoraggio *post operam*, *Prionospio caspersi* e *O. fusiformis* sono le specie che dominano il popolamento a policheti, mentre *P. (Pseudocuma) simile*, *Pariambus typicus* e *Ampelisca brevicornis* dominano il popolamento a crostacei. Ad eccezione delle due specie di molluschi tipiche della biocenosi dell'SFHN, le rimanenti specie sono invece ascrivibili alla biocenosi dell'SFBC. In particolare, i molluschi bivalvi *L. mediterraneum* e *D. semistriatus* sono stati segnalati in quest'area da diversi Autori (Frogliata *et al.*, 2001; Frogliata, 2002; ARPAM, 2003) e, secondo quanto riportato da Frogliata, (2002), lungo le coste delle Marche il bivalve *L.*

mediterraneum è in grado di costituire delle vere e proprie *facies*. Un certo grado di instabilità ambientale, dopo le attività di ripascimento, è indicata dalla massiccia presenza del polichete spionide *P. caspersi* (Ambrogi *et al.*, 1995; Froglija, 2002). Infine la presenza cospicua di individui del polichete *S. decoratus* e del cumaceo *P. (Pseudocuma) simile*, generalmente considerate specie tolleranti e ben adattate alle variazioni di salinità (Vader e Wolff, 1973; Giangrande *et al.*, 1992), potrebbe essere ricondotta alle variazioni di questo parametro osservate in quest'area anche da Froglija, (2002) e riconducibile sia ad *pattern* stagionale sia alla presenza dei diversi corsi d'acqua che sfociano lungo le coste dell'area oggetto di studio. Da segnalare inoltre che, come riportato da Massè, (1972), i molluschi *L. mediterraneum*, *D. semistriatus* e *T. tenuis* hanno cicli vitali piuttosto brevi (1 massimo 2 anni) e questo potrebbe aver comportato fluttuazioni nella struttura delle loro popolazioni. Dal punto di vista ecologico-funzionale le specie che compongono il popolamento bentonico prima e dopo le attività di ripascimento a 2 m di profondità sono per lo più specie sospensivore e/o detritivore.

Da un punto di vista strutturale, alla profondità di 2 m, per tutti i gruppi tassonomici è stato osservato un sostanziale incremento del numero di individui dopo il ripascimento, mentre il numero di specie è rimasto pressoché costante. L'elevato rapporto tra abbondanza e numero di specie osservato dipende dalla presenza di un elevato numero di individui appartenenti a poche specie. Questo è particolarmente evidente nel gruppo dei molluschi dove, dopo le attività di ripascimento, il bivalve *L. mediterraneum* è la specie che domina il popolamento. L'elevata abbondanza di questa specie rispetto alle abbondanze medie del resto delle specie presenti, fa sì che la comunità a molluschi appaia squilibrata e che gli indici di diversità, ricchezza specifica e di equitabilità siano generalmente più bassi dopo le attività. Anche per il popolamento a policheti, dopo le attività di ripascimento, è stato evidenziato un incremento del numero di individui, ma in questo caso è stata osservata, contestualmente, una migliore ripartizione degli individui stessi tra le specie, come testimonia l'incremento degli indici di diversità e di equitabilità. Nel popolamento a crostacei rinvenuto dopo le attività di ripascimento si osserva un generale incremento del numero di specie e di individui che si riflette in un aumento dei valori di ricchezza specifica e diversità, osservati per questo gruppo tassonomico dopo le attività di ripascimento.

Alla profondità di 5 m il popolamento bentonico osservato prima delle attività di ripascimento è caratterizzato dalla presenza specie sabulicole e/o tipiche della biocenosi delle SFBC quali *Chamelea gallina*, *P. caspersi*, *P. (Pseudocuma) simile* e *Apseudopsis latreillei*. Dopo le attività di ripascimento il popolamento è comunque caratterizzato da specie tipiche delle biocenosi dell'SFBC, anche se, per tutti i gruppi tassonomici analizzati è stato osservato un cambiamento delle specie dominanti. Il mollusco *D. semistriatus* domina il popolamento del monitoraggio *post operam*,

Owenia fusiformis è la specie che domina il popolamento a policheti, mentre *P. typicus* è l'anfipode che domina il popolamento a crostacei. In particolare il polichete tubicolo *O. fusiformis* segnala ambienti costieri con elevato idrodinamismo, notevole stress meccanico e variabilità delle condizioni di flusso (Gambi e Giangrande, 1986). Per quanto riguarda la sua affinità biocenotica Bianchi *et al.* (1993) e Picard (1965) la indicano come preferenziale della biocenosi SFBC, anche se Gambi e Giangrande (1985) rilevano che nei popolamenti a policheti di sabbia fine, un aumento della quantità di silt o argilla può provocare l'incremento di questa specie fino alla netta dominanza. L'anfipode *P. typicus* è una specie in grado di adattarsi a diversi tipi di sedimenti, da quelli a tessitura più grossolana fino ai sedimenti più sottili (Marques e Bellan-Santini, 1993; Guerra-Garcia e Garcia-Gomez, 2006) e ricchi di materia organica (Guerra-Garcia e Garcia-Gomez, 2004). Da un punto di vista ecologico-funzionale, queste specie, sia prima che dopo le attività di ripascimento, sono generalmente caratterizzate da abitudini trofiche di tipo sospensivoro e/o detritivoro. Anche alla profondità di 5 m da un punto di vista strutturale è stato osservato per tutti i gruppi tassonomici un sostanziale incremento del numero di individui e di specie, dopo il ripascimento. Il popolamento a molluschi è caratterizzato dalla presenza di un numero più elevato di specie ed individui ed una migliore ripartizione degli individui stessi tra le specie; infatti la diversità, la ricchezza specifica e l'equitabilità aumentano nel popolamento a molluschi rinvenuto nel monitoraggio post operam. Il popolamento a policheti è caratterizzato, invece, dalla presenza di poche specie costituite da un elevato numero di individui, come ad esempio *O. fusiformis* e *P. caspersi*, che determinano la diminuzione della diversità, della la ricchezza specifica e dell'equitabilità osservata dopo le attività di ripascimento. Sebbene per il popolamento a crostacei si osservi un lieve incremento del numero di specie e di individui dopo le attività di ripascimento, questo gruppo tassonomico è comunque caratterizzato dalla presenza di poche specie costituite da un elevato numero di individui come *P. typicus* e *P. (Pseudocuma) simile*; ciò è in accordo con la diminuzione del valore dell'indice di equitabilità (J), osservata dopo le attività di ripascimento.

In generale anche l'analisi del popolamento ad Anfipodi ha evidenziato differenze nella composizione in specie e nella struttura, nelle 2 fasi di monitoraggio e alle diverse profondità campionate. Le differenze osservate sembrano riconducibili non soltanto alla presenza dei gradienti ambientali emersi dall'analisi multivariata (gradiente di sabbia grossolana, sedimenti sottili, concentrazione di lipidi e di carbonio biopolimerico nel sedimento), ma anche alle caratteristiche strutturali del popolamento stesso (ad es. l'equitabilità) e agli adattamenti trofico-funzionali ed etologici delle singole specie che lo compongono.

Alla profondità di 2 m le specie più abbondanti rinvenute nel popolamento prima dell'inizio delle attività, sono *Bathyporeia phaiophthalma*, *Pontocrates arenarius*, *Ampelisca brevicornis*, B.

guilliamsoniana, *Perioculodes longimanus longimanus*, *Pariambus typicus*, *Hippomedon massiliensis*, *Deflexilodes acutipes* e *Megaluropus massiliensis*. Queste specie sono prevalentemente sabulicole e/o tipiche della biocenosi SFBC (Pérès e Picard, 1964; Picard, 1965; Ledoyer, 1968; Diviacco *et al.*, 1983; Bedulli *et al.*, 1986; Diviacco e Bianchi, 1987; Bianchi *et al.*, 1993). In particolare, *B. guilliamsoniana* e *P. arenarius* prediligono sedimenti costituiti prevalentemente da sabbia media e sabbia fine (Marques e Bellan-Santini, 1993), come sono risultati, di fatto, i sedimenti rinvenuti prima del ripascimento. Dopo le attività di ripascimento le specie più abbondanti sono *P. typicus*, *A. brevicornis*, *M. massiliensis*, *B. phaiophthalma*, *P. longimanus longimanus* e *Synchelidium longidigitatum*. Anche queste specie sono prevalentemente sabulicole e ascrivibili alla biocenosi SFBC. In particolare, alcune di esse, come ad esempio *P. typicus*, *A. brevicornis* e *P. longimanus longimanus* sono in grado di adattarsi a diversi tipi di sedimenti, da quelli a tessitura più grossolana fino ai sedimenti più sottili (Marques e Bellan-Santini, 1993). L'esuberanza di queste specie, in grado di vivere in sedimenti a diversa tessitura, concorda con la presenza, dopo il ripascimento di sedimenti a tessitura variabile, dalle sabbie grossolane fino ai sedimenti più fini.

Da un punto di vista ecologico-funzionale, sia prima che dopo le attività di ripascimento, le specie rinvenute sono generalmente caratterizzate da abitudini trofiche di tipo sospensivoro o detritivoro. Prima delle attività di ripascimento sono presenti specie appartenenti alla categoria etologica degli scavatori liberi endopsammici (*infaunal free burrowing*), come ad esempio le specie del genere *Bathyporeia* (Scipione e Lattanzi, 1995), la cui presenza, nelle zone più costiere, è favorita dall'apporto di materiale in sospensione e dal continuo rimaneggiamento del sedimento che, generalmente, impedisce l'instaurarsi di specie endopsammiche costruttrici di tubi (*infaunal tube building*) (Scipione, 1989). Dopo il ripascimento, invece, predominano sia specie epipsammiche libere (*epifaunal free living*) come ad esempio *P. typicus* sia specie tubicole come *A. brevicornis*.

Da un punto di vista strutturale il popolamento ad Anfipodi rinvenuto a 2 m di profondità mostra un considerevole incremento del numero di individui (appartenenti per lo più alla specie *P. typicus*), mentre il numero di specie rimane pressoché costante. Questo si riflette sugli indici di comunità per i quali è stato osservato un generale incremento nel popolamento del monitoraggio *post operam*.

Nel monitoraggio *ante operam* alla profondità di 5 m le specie più abbondanti sono *P. typicus*, *D. acutipes*, *A. brevicornis*, *B. guilliamsoniana*, *P. longimanus longimanus*, *M. massiliensis* e *H. massiliensis*, specie sabulicole e/o tipiche della biocenosi SFBC. Nel monitoraggio *post operam* le specie più abbondanti risultano *P. typicus* e *P. longimanus longimanus*, specie in grado di adattarsi a diversi tipi di sedimenti, da quelli a tessitura più grossolana fino ai sedimenti più sottili (Marques e Bellan-Santini, 1993) e *M. massiliensis*, segnalato come specie che predilige sedimenti sottili da

Falciai e Spadini, (1985). In particolare *P. typicus* è una specie che predilige i sedimenti misti costituiti da sabbia e silt (Guerra-Garcia e Garcia –Gomez, 2006) e ricchi di materia organica (Guerra-Garcia e Garcia-Gomez, 2004), come quelli osservati alle stesse profondità dopo le attività di ripascimento. Come anche altre specie di anfipodi, *P. typicus* è in grado di nuotare attivamente e compiere migrazioni tra la colonna d'acqua e il sedimento e viceversa (Guerra-Garcia *et al.*, 2002), comportamento che potrebbe aver permesso a questa specie, come ad altre, di sfuggire agli effetti diretti delle attività di ripascimento. Anche a questa profondità il popolamento ad Anfipodi analizzato è costituito, sia prima che dopo le attività di ripascimento, da specie con abitudini trofiche di tipo prevalentemente sospensivoro e/o detritivoro. Dopo le attività di ripascimento le categorie etologiche più rappresentate sono quelle dell'*epifaunal free living* (*P. typicus*) a differenza di quanto osservato prima delle attività dove erano ben rappresentate anche le specie dell'*infaunal tube building* (*A. brevicornis*) e *epifaunal domicolous* (*D. acutipes*).

La struttura del popolamento ad Anfipodi rinvenuto a 5 m di profondità è fortemente influenzata dall'esuberanza numerica della specie *P. typicus*, che si riflette sull'intero popolamento caratterizzato, in generale, da bassi valori dell'indice di equitabilità dopo le attività di ripascimento. Infine la coerenza osservata tra la struttura del popolamento macrozoobentonico e la struttura del popolamento ad Anfipodi, alle diverse profondità campionate e prima e dopo le attività di ripascimento, risulta statisticamente significata, come confermato dal del test di Mantel.

Nessuna sostanziale differenza è emersa tra i popolamenti bentonici rinvenuti nelle stazioni di controllo e di impatto a 2 e a 5 m di profondità dopo le attività di ripascimento, né tra i popolamenti ad Anfipodi. I popolamenti bentonici e ad Anfipodi delle stazioni di controllo sono, infatti, del tutto comparabili ai popolamenti rinvenuti nelle stazioni direttamente interessate dalle attività, sia in termini di composizione specifica che di struttura del popolamento. Quanto osservato potrebbe indicare un effetto diffuso delle attività di ripascimento, che potrebbero aver interessato anche i popolamenti delle stazioni di controllo. E' probabile, infatti, che nell'arco di tempo trascorso tra le attività di ripascimento e lo studio di monitoraggio (compreso tra 6 mesi e 1 anno), parte del sedimento, soprattutto le frazioni più fini, sia stato ridistribuito naturalmente lungo costa andando ad influenzare anche i popolamenti delle stazioni di controllo. Una situazione analoga è stata rilevata anche da Gorzelany e Nelson, (1987) in uno studio relativo agli effetti del ripascimento sui popolamenti bentonici di ambienti costieri della Florida. Anche in questo caso gli Autori non hanno riscontrato differenze nella composizione in specie e nella struttura dei popolamenti nelle stazioni di controllo e di impatto, prima e dopo le attività, ed hanno imputato ciò ad una ridistribuzione naturale di sedimenti lungo costa, avvenuta nell'intervallo di tempo tra il ripascimento e lo studio di monitoraggio (circa 1 anno). Infine non è da escludere che la presenza di barriere frangiflutti e

pennelli lungo le coste oggetto di studio potrebbe aver contribuito a modificare la dinamica sedimentaria costiera e a rendere omogenei gli effetti delle attività di ripascimento tra i popolamenti delle stazioni di controllo e di impatto. Tali strutture, infatti, interrompono la naturale dinamica costiera delle onde (Zyserman *et al.*, 2005) e il naturale trasporto costa-largo (Thomalla e Vincent, 2003; Cuadrado *et al.*, 2005) con conseguenti variazioni della topografia del fondo, della granulometria e del contenuto organico dei sedimenti (Agnew e Taylor, 1986; Correggiari *et al.*, 1990; Bull *et al.*, 1998). Tali variazioni influenzano l'abbondanza delle specie, i modelli di distribuzione e la composizione della fauna dei fondi mobili adiacenti (Zyserman *et al.*, 2005).

5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il popolamento ad Anfipodi analizzato nel presente lavoro è risultato un buon descrittore delle comunità bentoniche di ambienti marino costieri interessati da attività antropiche. Infatti quanto osservato analizzando il popolamento bentonico nel suo complesso (molluschi, policheti e crostacei), prima e dopo le attività di ripascimento, concorda con quanto osservato per il solo popolamento ad Anfipodi.

In particolare, prima delle attività di ripascimento, a 2 m di profondità, il popolamento ad Anfipodi presente appare come un popolamento fisicamente controllato, così come accade generalmente nei popolamenti bentonici di ambienti costieri ad elevata energia ambientale (Sanders, 1969; Scipione, 1989; Martin *et al.*, 2005; Covazzi-Harriague e Albertelli, 2007). Dopo le attività di ripascimento, alla medesima profondità, tale popolamento appare controllato prevalentemente da fattori biologico-ecologici ed etologici (Sanders, 1969). Il popolamento ad Anfipodi a 5 m di profondità, sia prima che dopo le attività di ripascimento è risultato per lo più un popolamento biologicamente controllato.

Come emerso anche da questo lavoro, la capacità degli Anfipodi di descrivere le variazioni della comunità bentonica in risposta a variazioni ambientali sia naturali che antropiche, ben si accorda con la nota sensibilità di questo gruppo tassonomico ai cambiamenti ambientali sia di natura chimica che fisica (Bellan-Santini, 1971; Grahame e Hanna, 1989; Scipione e Lattanzi 1995; Sanchez-Moyano e Garcia Gomez., 1998; Conradi *et al.*, 2000; Gómez-Gesteira & Dauvin, 2000) e con il fatto che tali organismi siano costituiti da specie appartenenti a diverse categorie trofiche ed etologiche (Scipione, 1989; Krapp-Schieckle, 1993; Bellan-Santini *et al.*, 1998) e che in molti casi sono in grado di adottare strategie trofiche alternative, soprattutto in condizioni ambientali mutevoli (Scipione, 1989).

In questo lavoro gli Anfipodi si sono dimostrati un gruppo tassonomico importante nel determinare la struttura delle comunità bentoniche, in accordo con quanto già osservato da Scipione *et al.*, (2005), e hanno permesso di evidenziare che la conoscenza della struttura e composizione di tale popolamento è un utile strumento per interpretare i cambiamenti nella comunità bentonica, soprattutto nell'ambito delle opzioni di gestione, così come riportato da altri Autori (Biernbaum, 1979; Conlan, 1994; Moreira *et al.*, 2008)

Tuttavia, sia per quel che riguarda il popolamento bentonico generale che il popolamento ad Anfipodi, è d'obbligo sottolineare il fatto che, in sistemi fortemente antropizzati, come quello oggetto del presente studio, appare molto difficile comprendere con certezza se il contributo alle variazioni dei popolamenti osservati sia direttamente e/o elusivamente riconducibile alle attività di ripascimento. Come precedentemente argomentato, infatti, sia le attività di ripascimento, sia la

presenza di opere di difesa rigide potrebbero aver contribuito ad influenzare la distribuzione dei popolamenti bentonici osservata durante le due fasi di monitoraggio. Secondo quanto osservato da Colosio *et al.*, (2007), infatti, gli effetti del ripascimento sui popolamenti bentonici in aree costiere caratterizzate dalla presenza di barriere, potrebbero essere minimi se confrontati con gli effetti indotti sugli stessi popolamenti dalla presenza delle opere rigide di difesa. Occorre sottolineare ancora che le comunità bentoniche degli ambienti costieri sono caratterizzate da peculiari adattamenti morfologici ed ecologici (Sanders, 1956; Pérès e Picard, 1964; McIntyre e Eletheriou, 1968; McLachlan *et al.*, 1981; Dolbetti *et al.*, 2009) che, insieme all'eterogeneità spaziale e temporale dell'habitat, rivestono un ruolo essenziale nel regolare la distribuzione delle comunità stesse (Brown e McLachlan, 1990; Mancinelli *et al.*, 1998). Inoltre, i popolamenti bentonici presenti in tali ambienti mostrano un'ampia variabilità stagionale nella crescita, riproduzione e abbondanza (Cardoso e Veloso, 1996, Veloso e Cardoso, 1999) che può essere collegata a fattori climatici (ad esempio luce e temperatura), biologici (ad esempio il ciclo vitale, il rifornimento larvale da altre aree, nel caso di specie a sviluppo larvale, e la riproduzione), ma anche a fattori fisici come la torbidità delle acque, l'erosione e/o l'accrescimento delle spiagge (Ansell e McLachlan, 1980, Jaramillo e McLachlan, 1993).

In conclusione, data la complessità dei fattori naturali e antropici che influenzano la distribuzione e la composizione delle comunità bentoniche costiere in generale, e quelle del presente studio in particolare, appare piuttosto evidente che il ripascimento non è l'unico fattore che ha contribuito ad influenzare la distribuzione e la composizione in specie sia del popolamento bentonico generale che del popolamento ad Anfipodi. Altri fattori, infatti, come la presenza di opere rigide di difesa costiera, i diversi cicli biologici delle specie e l'elevata intensità delle attività antropica che insiste lungo le coste oggetto di studio, potrebbero aver contribuito a determinare le variazioni osservate nei popolamenti prima e dopo le attività.

Se da un lato la componente ingegneristica e geologica delle attività di ripascimento è stata ampiamente studiata in diverse condizioni ambientali sia naturali che di laboratorio, poco è noto circa gli effetti di queste attività sui popolamenti bentonici costieri, soprattutto lungo le coste adriatiche e tirreniche (Covazzi-Harriague e Albertelli, 2007; Colosio *et al.*, 2007; La Valle *et al.*, 2011).

Ulteriori studi risultano pertanto necessari al fine di comprendere al meglio le variazioni indotte da tali attività sui popolamenti bentonici costieri in generale, e sui popolamenti ad Anfipodi in particolare, e per poter valutare al meglio gli effetti a breve e lungo termine di tali attività.

BIBLIOGRAFIA

- AGNEW, D. J., TAYLOR A. C. (1986) - Seasonal and diel variations of some physico-chemical parameters of boulder shore habitats. *Ophelia* **25**: 83–95.
- AIROLDI L., ABBIATI M., BECK M.W., HAWKINS S.J., JONSSON P.R., MARTIN D., MOSCHELLA P.S., SUNDELOF A., THOMPSON R.C., ABERG P. (2005) - An ecological perspective on the deployment and design of lowcrested and other hard coastal defence structures. *Coastal Engineering* **52**: 1073–1087.
- ALBERTELLI G., COVAZZI-HARRIAGUE A., DANOVARO R., FABIANO M., FRASCHETTI S., PUSCEDDU A. (1999) – Differential responses of bacteria, meiofauna and macrofauna in a shelf area (Ligurian Sea, NW Mediterranean): role of food availability. *Journal of Sea Research*, **42**: 11-26.
- ALCARO L., BATALONI S., BERGAMINI N., BIDDITTU, BISTACCHIA M., MAGNIFICO M., PANNOCCHI A., PENNA M., TRABUCCO B., AMATO E., FRESI E. (2002) – Macrozoobenthos dei fondi mobili del Molise: analisi biocenotica. *Biologia Marina Mediterranea*, **9**(1): 501-507.
- AMBROGI R., FONTANA P., CECCHERELLI V.U., GAIANI V. & COLANGELO M.A. (1995) – Reclutamento di *Prionospio caspersi* (Polychaeta: spionidae) in un ambiente instabile. *Atti S.I.T.E.*, **16**: 169-171.
- ANDERSON M.J. (2001) - “A new method for non-parametric analysis of variance”. *Austral Ecology* **26**: 32-46.
- ANDREOLI M. G., ARTEGIANI A., AZZOLINI R., BOMBACE G., GIORGI U., MARZOCCHI M., MASSERA BOTTAZZI E., MONTRESOR M., SOLAZZI A. E TOLOMIO C., (1985) – Evoluzione annuale dei parametri idrobiologici su un transetto a sud-est di Ancona in corrispondenza delle barriere artificiali dell’I.R.Pe.M. (campagna di rilevamento ZO.RI. 1980-81). *Quad. Ist. Ric. Pesca Marittima*, **4**.
- ANSELL A.D., LAGARDÈRE F. (1980) - Observations on the biology of *Donax trunculus* and *Donax vittatus* at Ile d’Oléron (French Atlantic coast). *Mar. Biol.*, **57** (4): 287-300.
- ARPAM (2003) – Rapporto sullo stato di qualità della fascia costiera marchigiana: balneabilità e biocenosi. Rapporto conclusivo, febbraio 2003: 138pp.
- BARROS F., UNDERWOOD A.J., LINDEGARTH M. (2001) - The influence of rocky reefs on structure of benthic macrofauna in nearby soft sediments. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **52**: 191–199.
- BEDULLI D., BIANCHI C.N., ZURLINO G., MORRI C. (1986) - Caratterizzazione biocenotica e strutturale del macrobenthos delle coste pugliesi. Rapp. ENEA: 227-255.

- BELLAN- SANTINI D. (1971) – Etude des Crustacés amphipodes de la biocénose des Algues photophiles dans la région provençale. *Rapp. comm. int. Mer. Medit.*, **20**(3) : 221-223.
- BELLAN-SANTINI D., KARAMAN G., KRAPP-SCHICKEL G., LEDOYER M., MYERS A.A., RUFFO S., SCHIECKE U. (1982) – The amphipoda of the Mediterranean. Parte 1. Gammaridea (Acanthozomatidae to Gammaridae). *Memoire de l' Institute Oceanographic de Monaco*, **13**: 364pp + I-XIII.
- BELLAN-SANTINI D., KARAMAN G., KRAPP-SCHICKEL G., LEDOYER M., MYERS A.A., RUFFO S. (1989) – The amphipoda of the Mediterranean. Parte 2. Gammaridea (Haustoriidae to Lysianassidae). *Memoire de l' Institute Oceanographic de Monaco*, **13**: 365- 576 + XIV-XIX.
- BELLAN-SANTINI D., KARAMAN G., KRAPP-SCHICKEL G., LEDOYER M., RUFFO S. (1993) – The amphipoda of the Mediterranean. Parte 3. Gammaridea (Melphidippidae to Talitridae), Ingolfiellidae, Caprellidae. *Memoire de l' Institute Oceanographic de Monaco*, **13**: 577- 813 + XX-XXV.
- BELLAN-SANTINI D., KARAMAN G., LEDOYER M., MYERS A.A., RUFFO S., VADER W. (1998) – The amphipoda of the Mediterranean. Parte 4. Localities and maps, addenda to parts 1-3 key to families, ecology, faunistics and zoogeography, bibliography index. *Memoire de l' Institute Oceanographic de Monaco*, **13**: 815-959 + XXVII- XLIV.
- BERTASI F., COLANGELO M.A., ABBIATI M., CECCHERELLI V.U. (2007) – Effects of an artificial protection structure on the sandy shore macrofaunal community. THE SPECIAL CASE OF Lido di Dante (northern Adriatic sea). *Hydrobiologia* **586**(1): 277-290.
- BIANCHI C.N. (2002) – Il monitoraggio della biodiversità nelle aree marine protette: considerazioni scientifiche e metodologiche. *Notiziario della Società Italiana di Biologia Marina*, **41**:89-95.
- BIANCHI C.N., MORRI C. (2000) – Marine biodiversity of the Mediterranean Sea: situations, problems and prospects for future research. *Marine Pollution Bulletin*, **40**(5):367-376.
- BIANCHI C.N., ZURLINI G. (1984) - Criteri e prospettive di una classificazione ecotipologica dei sistemi marini costieri italiani. *Acqua aria*, **8**: 785-796.
- BIANCHI C.N., CEPPODOMO I., GALLI C., SGORBINI S., DELL'AMICO F., MORRI C. (1993) - Benthos dei mari toscani I: Livorno - Isola d'Elba - Montecristo (Crociera Enea 1986). In: Arcipelago Toscano. Studio oceanografico, sedimentologico, geochimica e biologico. A cura di O. Ferretti, F. Immordillo e V. Damiani, ENEA Serie studi ambientali: 317-337.

- BIERNBAUM, C.K. (1979) - Influence of sedimentary factors on the distribution of benthic amphipods of Fishers Island Sound, Connecticut. *Journal of Experimental Marine Biology & Ecology*, **38** (3): 201-223.
- BILYARD G.R. (1987) - The value of benthic infauna in marine pollution monitoring studies. *Marine Pollution Bulletin*, **18**:581-585.
- BIONDI E., BRUGIAPAGLIA E., BALDONI M. (1991) – Caratteristiche ambientali della costa marchigiana. Atti del convegno “Salvaguardia e gestione dei beni ambientali nelle Marche” Accademia di scienze, lettere ed arti, Ancona: 127-143.
- BRONDI A., CICERO A. M, MAGALETTI E., GIOVANARDI F., SCARPATO A., SILVESTRI C., SPADA E., CASAZZA G. (2003) - “Italian Coastal Typology for the European Water Framework Directive” *Proceedings of the Sixth International Conference on the Mediterranean Coastal Environment. MEDCOAST '03*. E. Oznan Editor. 7-11 October 2003. Ravenna, ITALY
- BROWN A.C., MCLACHLAN A. (1990) - Ecology of sandy shores. Elsevier, Amsterdam: 328 pp.
- BULL C. F. J., DAVIS A. M., JONES R. (1998) - The influence of fish-tail groynes (or breakwaters) on the characteristics of the adjacent beach at Llandudno, North Wales. *Journal of Coastal Research* **14**: 93–105.
- CARDOSO R.S., VELOSO V.G. (1996) - Population biology and secondary production of the sand hopper *Pseudorchestoidea brasiliensis* (Amphipoda: Talitridae) at Prainha Beach, Brazil. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **142**: 11-119.
- CASTELLI A., LARDICCI C., TAGLIAPIETRA D. (2003) – Il macrobenthos di fondo molle. In “Manuale di metodologia di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo”. Gambi M.C. e Dappiano M. (eds.). *Biol. Mar. Medit.*, **10** (Suppl.): 109-144.
- CHARLIER R.H. (2003) – Hold the sea back – is it sustainable ? Retrospective and proiection. *Journal of Coastal Research* **19**: 875-883.
- CICERO A.M., DI GIROLAMO I. (2001) – Metodologie analitiche di riferimento. Programma di monitoraggio per il controllo dell’ambiente marino-costiero (triennio 2001-2003). ICRAM con la collaborazione di ANPA per conto del Ministero dell’Ambiente e della tutela del Territorio – Servizio Difesa Mare.
- CLARKE K. R., AINSWORTH M. (1993) - A method of linking multivariate community structure to environmental variables. *Marine Ecology Progress Series*, **92**: 205–219.
- CONLAN, K.E. (1994) - Amphipod crustaceans and environmental disturbance: a review. *Journal of Natural History*, **28** (3): 519-554.

- CORREGGIARI A., FRASCARI F., MISEROCCHI S., FONTANA D. (1990) - Breakwaters and eutrophication along the Emilia-Romagna coast. In Vollenweider, R. A., R. Marchetti & R. Viviani (eds), *Marine Coastal Eutrophication* Elsevier, Amsterdam, 277–290.
- COLOSIO F., ABBIATI M., AIROLDI L. (2007) – Effects of beach nourishment on sediments and benthic assemblages. *Marine Pollution Bulletin*, 54: 1197-1206.
- CONRADI M., LOPEZ-GONZALEZ P.J., CERVERA J.L., GARCIA-GOMEZ J.C. (2000) – Seasonality and spatial distribution of peracarids associated with the bryozoan *Bugula neritina* in Algeciras Bay, Spain. *Journal of Crustacean Biology*, **20**(2):334-349.
- COSSIGNANI T., COSSIGNANI V., DI NISIO A., PASSAMONTI M. (1992) – Atlante delle conchiglie del Medio Adriatico. L'Informatore Piceno ed., Ancona: 120 pp
- COVAZZI-HARRIAGUE A., ALBERTELLI G. (2007) – Environmental factors controlling macrofaunal assemblages on six microtidal beaches of the Ligurian Sea (NW Mediterranean). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **73**: 8-16.
- CUADRADO D. G., GOMEZ E. A., GINSBERG S. S. (2005) - Tidal and longshore sediment transport associated to a coastal structure. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **62**: 291–300.
- DAL CIN R., SIMEONI U. (1993) - The distribution of sediments and the identification of residual materials on the sea-bottom southern Marche. *Marine Geology* **113**: 273-281.
- DAL CIN R., SIMEONI U. (1994) - Degrado, ricerche di sabbie in mare e possibili interventi nei litorali fra Ancona e San Benedetto del Tronto (medio Adriatico). *Bollettino Della Società Geologica Italiana* **113-1** : 95-104.
- DAMIANI V., BIANCHI N.C., FERRETTI O., BEDULLI D., MORRI C., VIEL M., ZURLINO G. (1988) - Risultati di una ricerca ecologica sul sistema marino costiero pugliese. *Thalassia Salentina* **18**: 153-169.
- DAVIS N., VANBLARICOM G.R., DAYTON P.K. (1982) - Man-made structures on marine sediments: effects on adjacent benthic communities. *Marine Biology* **70**: 295–303.
- DEAN H.K. (2008) - The use of polychaetes (Annelida) as indicator species of marine pollution: a review. *Rev. Biol. Trop.* (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744), **56** (4): 11-38.
- DELLA CROCE N., CATTANEO-VIETTI R., DANOVARO R. (1997) - Ecologia e protezione dell'ambiente marino costiero. UTET, Torino: 446 pp.
- DELL'ANNO A., INCERA M., MEI M.L., PUSCEDDU A. (2003) - Mesoscale variability of organic matter composition in NW Adriatic sediments. *Chemistry and Ecology*, **19**: 33-45.
- DESROSIERS G., BELLAN-SANTINI D., BRETHERS J.C. (1986) – Organisation trophique de quatre peuplements de substrats rocheux selon un gradient de pollution industrielle (Golfe de Fos, France). *Marine Biology*, **91** :107-120.

- DIVIACCO G., BIANCHI C.N. (1987) - Faunal interrelationships between lagoonal and marine Amphipod Crustacean communities of the Po River Delta (Northern Adriatic). *An. Biol.*, **12** (Biologia Ambiental, 3): 67-77.
- DIVIACCO G., AMBROGI R., BEDULLI D., BIANCHI C.N. (1983) - Bionomia dei Crostacei Anfipodi dei fondi mobili infralitorali antistanti la Sacca del Canarin (Delta del Po). *Estratto Atti Mus. Civ. St. Nat.* - Trieste, **35**: 173-183.
- DOLBETTI M., TEIXEIRA H., MARQUES J.C., PARDAL M.A. (2009) – Feeding guild composition of a macrobenthic subtidal community along a depth gradient. *Scientia Marina*, **73**(2): 225-237.
- FABIANO M., R. DANOVARO, FRASCHETTI S. (1995) - A three-year time series of elemental and biochemical composition of organic matter in subtidal sediments of the Ligurian Sea (northwestern Mediterranean). *Continental Shelf Research* **15**:1453-1469.
- FABIANO M., MARIN V., MISIC C., MORENO M., SALVO V.S., VEZZULLI L. (2004) - Sedimentary organic matter and bacterial community in microtidal mixed beaches of the Ligurian Sea (NW Mediterranean). *Chemistry and Ecology* **20**: 423-435.
- FALCIAI L., SPADINI V. (1985) - Gli Anfipodi del Pianio Infralitorale del Tirreno Centro-Settentrionale. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem.*, Serie B, **92**: 145-163.
- FERRETTI O., BARSANTI M., DELBONO I., FURIA S. (2003) – Elementi di gestione costiera, Parte I: Tipi morfo-sedimentologici dei litorali italiani. ENEA, Ente per le Nuove tecnologie l’Energia e l’Ambiente 2003.
- FOLK R.L., WARD W.C. (1957) – Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal Sedimentary Petrology*, **27**: 3-26.
- FRANCO P. (1973) – Influenza del Po sui caratteri oceanografici e sulla distribuzione della biomassa planctonica dell’Adriatico settentrionale. *Ann. Univ. Ferrara*, n.s., **1**.
- FRENCH P.W. (1997) – Coastal and estuarine Management. Routledge, London.
- FROGLIA C. (1989) – Valutazione della consistenza dei banchi di vongole nei Compartimenti Marittimi di Ancona e San Benedetto del Tronto. *Relazione finale per il triennio 1984-86 per il Ministero della Marina Mercantile – Direzione Generale Pesca Marittima*: 48 pp.
- FROGLIA C. (1990) – Valutazione della consistenza dei banchi di vongole nei Compartimenti Marittimi di Ancona e San Benedetto del Tronto. *Relazione finale per il 1987 per il Ministero della Marina Mercantile – Direzione Generale Pesca Marittima*: 26 pp.
- FROGLIA C. (1994) – Valutazione della consistenza dei banchi di vongole nei Compartimenti Marittimi di Ancona e San Benedetto del Tronto. *Relazione finale per il triennio 1991-93 per il*

Ministero delle Risorse Agricole Alimentari e Forestali – Direzione Generale Pesca e Acquacoltura: 40 pp.

- FROGLIA C. (2002) - Studio biologico – ambientale dell'area proposta per l'istituzione della riserva marina "Parco Marino del Piceno" - II FASE: Fase Implementativa. C.N.R. -Istituto di Ricerche sulla Pesca Marittima. Ancona, 2002.
- FROGLIA C. E FIORENTINI L. (1989) – Valutazione dei banchi di vongole nei Compartimenti Marittimi di Ancona e San Benedetto del Tronto. *Nova Thalassia*, **10**.
- FROGLIA C., POLENTA R., ARNERI E. E ANTOLINI B. (1998) – Osservazioni sulle fluttuazioni del reclutamento di *Anadara inaequalis* (Bruguière, 1789) e *Chamelea gallina* (L., 1758) nel medio Adriatico. *Biol. Mar. Medit.*, **5**.
- FROGLIA C., MARABINI F., MARINI M., SOLUSTRI C. (2001) - Studio biologico – ambientale dell'area proposta per l'istituzione della riserva marina "Parco Marino del Piceno" - I FASE: Fase Conoscitiva. C.N.R. -Istituto di Ricerche sulla Pesca Marittima. Ancona, 2002.
- GAMBI M.C., GIANGRANDE A. (1985) - Analisi della struttura trofica del popolamento dei policheti nei fondi mobili di due aree del mar tirreno. *Oebalia*, **11**: 215-222.
- GAMBI M.C., GIANGRANDE A. (1986) - Distribution of soft bottom Polychaetes in two coastal areas of the Tyrrhenian Sea (Italy): structural analysis. *Estuar. Coast. and Shelf Sc.*, **23**: 847-862.
- GAMBI M.C., FRESI E., GIANGRANDE A. (1982) – Descrittori efficaci di comunità bentoniche. *Naturalista Siciliano* S4, **6** (Suppl 3): 489-497.
- GAMULIN-BRIDA H. (1967) – The benthic fauna of the Adriatic Sea. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, **5**.
- GAMULIN-BRIDA H. (1974) – Biocoenosis benthiques de la mer Adriatique. *Acta Adriatica*, **15**.
- GIANGRANDE A., QUARTA S. & CAROPPO C. (1992) – Observations of *Spio decoratus* (Polychaeta Spionidae) life history under laboratory conditions, with taxonomic considerations. *Oebalia*, **18** (N.S.): 83-93.
- GIORDANI-SOIKA A. (1946) – Gli Anfipodi Gammarini nella Laguna di Venezia. *Arch.Ocean.Limnol.*, **6**: 165-212.
- GÓMEZ-GESTEIRA J. L., DAUVIN J. C. (2000) - Amphipods are good bioindicators of the impact of oil spills on soft-bottom macrobenthic communities. *Marine Pollution Bulletin*, **40**: 1017- 1027.
- GORZELANY J.F., NELSON W.G. (1987)- The effects of beach replenishment on the benthos of a sub-tropical Florida beach. *Marine Environmental Research*, **21**:75-94

- GRAF G. (1992) – Benthic-pelagic coupling: a benthic view. *Oceanography and Marine Biology Annular Review*, **30**:149-190.
- GRAHAME J., HANNA F. S. (1989) - Factors affecting the distribution of the epiphytic fauna of *Corallina officinalis* (L.) on an exposed rocky shore. *Ophelia*, **30**: 113-119.
- GRAY J.S. (1981) – The ecology of marine sediments. Cambridge University Press, Cambridge: 185pp.
- GRAY J.S., CLARKE K.R., WARWICK R.M., HOBBS G. (1990) - Detection of initial effects of pollution on marine benthos: an example from the Ekofisk and Eldfisk oilfields, North Sea. *Marine Ecology Progress Series*, **66**: 285-299.
- GRUBE A.E. (1861) – Ein Ausflug nach Triest und dem Quarnero. Beitrage zur Kenntnis der Thierwelt dieses Gebites. Berlin.
- GUERRA-GARCÍA J. M., GARCÍA-GÓMEZ J. C. (2004) - Crustacean assemblages and sediment pollution in an exceptional case study: a harbour with two opposing entrances. *Crustaceana* **77** (3): 353-370.
- GUERRA-GARCÍA J. M., GARCÍA-GÓMEZ J. C. (2006) - Recolonization of defaunated sediments: Fine versus gross sand and dredging versus experimental trays. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **68**: 328-342.
- GUERRA-GARCÍA J.M, CORZO J., GARCÍA-GÓMEZ J.C. (2002) - Clinging behaviour of the Caprellidea (Amphipoda) from the Strait of Gibraltar. *Crustaceana*, **75**(1): 41-50.
- HELLER C. (1866) – Beitrage zur naheren Kenntnis der Amphipoden des adriatischen Meeres. K.k.Hof –und Staatsdruckerei, Wien:1-62.
- JARAMILLO E., MCLACHLAN A. (1993) - Community and population responses of the macroinfauna to physical factors over a range of exposed sandy beaches in South-Central Chile. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, **37**: 615-624.
- KATZMANN W. (1973) – Contributo alla conoscenza dei Policheti del Mare Adriatico (Medio Adriatico–Fondi mobili tra 10 e 230 metri di profondità). *Quad. Lab. Tecnol. Pesca*, **1**.
- KRAPP-SCHICKEL G. (1969) - Zur ökologie der Amphipoden aus dem phital der nord Adria. *Zool. Jb. Sys.*, **96**: 265-448.
- KRAPP-SCHICKEL G., KRAPP T. (1975) – Quelques traits de l'ecologie d'Amphipodes et de Pycnogonides provenant d'un ilot Nord Adriatique. *Vie Milieu*, **25**, fasc. 1, ser. B: 1-32.
- KRAPP-SCHICKEL G. (1993) – Do algal-dwelling amphipods react to the „critical zone“ of a cpastal slope? *Journal of Natural History*, **27**: 883-900.
- KREBS C.J. (1989) – Ecological methodology. *Harper Collins Publisher*, New York: 654pp.

- KRUMBEIN W.C. (1934) - Size frequency distributions of sediments. *Journal Sedimentary Petrology*, **4**: 65-77.
- LA PORTA B., TARGUSI M., LATTANZI L., LA VALLE P., PAGANELLI D., NICOLETTI L. (2009) - Relict sand dredging for beach nourishment in the central Tyrrhenian Sea (Italy): effects on benthic assemblages. *Marine Ecology* **30** (Suppl. 1): 97–104.
- LA VALLE P., NICOLETTI L., FINOIA M.G., ARDIZZONE G.D. (2011) - *Donax trunculus* (Bivalvia: Donacidae) as a potential biological indicator of grain-size variations in beach sediment. *Ecological Indicators*, **11**(5): 1426-1436.
- LEDOYER M. (1968) - Ecologie de la faune vagile des biotopes méditerranéens accessibles en scaphandre autonome (Région de Marseille principalement) – IV – Synthèse de l'étude écologique. *Rec. Trav. St. Mar. Endoume Bull.* **44** (60): 129-286.
- LEGENDRE, P. , LEGENDRE L. (1998) - Numerical Ecology, 2nd English ed. Elsevier: 853 pp.
- LOHRER A.M., THRUSH S.F., LUNDQUIST C.J., VOPEL K., HEWITT J.E., NICHOLLS P.E., (2006) - Deposition of terrigenous sediment on subtidal marine macrobenthos: response of two contrasting community types. *Marine Ecology Progress Series* **307**: 115–125
- LORENTI M., DE FALCO G. (2003) – Misura e caratterizzazione di variabili abiotiche. In “Manuale di metodologia di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo”. Gambi M.C. e Dappiano M. (eds.). *Biol. Mar. Medit.*, **10** (Suppl.): 1-41.
- LOURIDO, A., MOREIRA, J. & TRONCOSO, J.S. (2008) - Assemblages of peracarid crustaceans in subtidal sediments from the Ria de Aldan (Galicia, NW Spain). *Helgoland Marine Research*, **62**: 289-301.
- MANCINELLI G., FAZI S., ROSSI . (1998) – Sediment structural properties mediating dominant feeding types patterns in soft-bottom macrobenthos of the Northern Adriatic Sea. *Hydrobiologia*, **367**:211-222.
- MANTEL N. (1967) - The detection of disease clustering and a generalized Regression approach. *Cancer Res.* **27**: 209-220.
- MARGALEF R. (1958) - Information theory in ecology. *Gen. Syst.*, **3**: 36-71.
- MARQUES J. C., BELLAN-SANTINI D. (1993) - Biodiversity in the ecosystem of the Portuguese continental shelf: distributional ecology and the role of benthic amphipods. *Marine Biology* **115**: 555-564.
- MARTIN D., BERTASI F., COLANGELO M.A., DE VRIES M., FROST M., HAWKINS S.J., MACPHERSON E., MOSCHELLA P.S., SATTI M.P., THOMPSON R.C., CECCHERELLI V.U., (2005) - Ecological impact of coastal defence structures on sediment and mobile fauna:

- evaluating and forecasting consequences of unavoidable modifications of native habitats. *Coastal Engineering* **52**: 1027–1051.
- MASSE H. (1972) - Quantitative investigations of sand-bottom macrofauna along the Mediterranean north-west coast. *Marine Biology*, **15**:209-220.
- McINTYRE, A.D., ELEFThERIOU, A. (1968) - The bottom fauna of a flatfish nursery ground. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, **48**: 113-42.
- McLACHLAN A. (1990) - Sandy beach ecosystems. In: “*Ecology of sandy shores*”, A.C. Brown & A. McLachlan (eds.), Elsevier, Amsterdam-Oxford-New York–Tokyo: 197-226.
- McLACHLAN, A., WOOLDRIDGE T., DYE A.H. (1981) - The ecology of sandy beaches in Southern Africa. *South African Journal of Zoology*, **16**: 219-231.
- MONTAGNA P.A. (2005) - Measuring Marine Benthic Community Response http://vpr.tamu.edu/antarctic/workshop/files/WP_Montagna.doc
- MOREIRA, J., GESTSO, L., TRONCOSO, J.S. (2008) - Diversity and temporal variation of peracarid fauna (Crustacea: Peracarida) in the shallow subtidal of a sandy beach: Playa America (Galicia, NW Spain). *Marine Ecology*, **29** (1): 12-18.
- MORRI C., BELLAN-SANTINI D., GIACCONE G., BIANCHI C.N. (2003) - Principi di bionomia bentonica: definizione dei popolamenti e uso dei descrittori tassonomici (macrobenthos). In: Gambi M.C., Dappiano M. (eds), “Manuale di metodologie di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo”. *Biol. Mar. Medit.*, **10** (Suppl.): 605-634.
- NARDO G. (1869) – Annotazioni illustranti cinquantaquattro specie di crostacei Podottalmi, Endottalmi e Succhiatori del Mar Adriatico. *Mem. R. Ist. Veneto*, **14**:217-343.
- NICOLETTI L., LA VALLE P., CHIMENZ GUSSO C. (2004) - Specie indicatrici: il caso *Corbula gibba* (Olivi, 1792). *Biol. Mar. Med.*, **11**(2): 273-277.
- NICOLETTI L., PAGANELLI D., GABELLINI M. (2006) - Aspetti ambientali del dragaggio di sabbie relitte a fini di ripascimento: proposta di un protocollo di monitoraggio. Quaderno ICRAM n. 5: 159 pp.
- NORKKO A., THRUSH S.F., HEWITT J.E., CUMMINGS V.J., NORKKO J., ELLIS J.I., FUNNELL G.A., SCHULTZ D., MACDONALD I., (2002) - Smothering of estuarine sandflats by terrigenous clay: the role of wind-wave disturbance and bioturbation in site-dependent macrofaunal recovery. *Marine Ecology Progress Series* **234**: 23–41.
- OTT J.A. (1990) - The Adriatic benthos: problems and perspectives. In: *The Adriatic Sea: Papers*. 25th European Marine Biology Symposium, University of Ferrara: 45-56.
- PAOLUCCI C. (1909) - I podoftalmi decapodi del medio Adriatico italiano. *Riv. Mens. Pesca Idrobiol.*, **7-8**.

- PEARSON T.H., ROSENBERG R. (1978) - Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr. Marine Biology Annual Review*, **16**: 229-311.
- PESTA O. (1918) - *Die decapodenfauna der Adria*. F. Deuticke Ed., Leipzig-Wien: 499 pp.
- PERES J.M. & PICARD J., (1964) – Nouveau manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée. *Rec. Trav. St. mar. Endoume*, **31** (47): 1-137.
- PICARD J. (1965) - Recherches qualitatives sur le biocénoses marines des substrats meubles dragables de la région de Marseillaise. *Rec. Trav. St. Mar. Endoume*, **52** (36): 1-160.
- PIELOU E.C. (1966) - The measurement of diversity in different types of biological collections. *J. Theor. Biol.*, **13**: 131-144.
- POZAR-DOMAC A. (1978) - Catalogue of the polychaetous anellids of the Adriatic Sea. 1. Northern and Central Adriatic. *Acta Adriatica*, **19**.
- PUSCEDDU A., DELL'ANNO A., FABIANO M., DANOVARO R. (2003) - Quantità e composizione biochimica della materia organica nei sedimenti marini. In: Gambi M.C., Dappiano M. (eds), Manuale di metodologie di campionamento e studio del benthos marino Mediterraneo. *Biologia Marina Mediterranea*, **10** (Suppl. 1): 43-60.
- PUSCEDDU A., DELL'ANNO A., FABIANO M., DANOVARO R. (2009) - Quantity, biochemical composition and bioavailability of sediment organic matter as complementary signatures of benthic trophic status. *Marine Ecology Progress Series*, **375**: 41-52.
- QUINTINO V., ELLIOTT M., RODRIGUES A.M. (2006) - The derivation, performance and role of univariate and multivariate indicators of benthic change: case studies at differing spatial scales. *Journal of Experimental Biology and Ecology*, **330**:368-382.
- RUFFO S. (1946) – Gli Anfipodi bentonici di Rovigno d'Istria (nota preventiva). *Boll. Soc. Entomol. Ital.*, **76**:49-56.
- RUSSO A, ARTEGIANI A. (1996) – Adriatic Sea hidrography. *Sci. Mar.*, **60** (suppl. 2).
- SANCHEZ-MOYANO J.E., GARCIA-GOMEZ J.C., (1998) – The artropod community, especially crustacea, as a bioindicator in Algeciras Bay (Southern Spain) based on a spatial distribution.
- SANDERS H.L. (1956) - The biology of marine bottom communities. *Bulletin of the Bingham Oceanographic Collection*, **15**: 345-414.
- SANDERS H.L. (1969) – Benthic marine diversity and the stability time hypothesis. *Brookhaven Symp. Biol.*, **22**:71-80
- SCACCINI A. (1967) - Dati preliminari sulle zoocenosi bentoniche e sulla biomassa in una zona dell'alto e medio Adriatico. *Note Lab. Biol. Mar. Pesca Fano*, **2**.

- SCIPIONE M.B. (1989) – Comportamento trofico dei crostacei Anfipodi in alcuni sistemi bentonici costieri. *Oebalia* XV (I):249-260.
- SCIPIONE M.B., LATTANZI L. (1995) – Caratterizzazione del benthos di fondo mobile delle coste laziali: popolamenti ad Anfipodi. *Biologia Marina Mediterranea* 2 (2): 415-416.
- SCIPIONE M.B., LATTANZI L., TOMASSETTI P., CHIMENZ-GUSSO C., MAGGIORE F., MARINIELLO L., CIRONI R., TARAMELLI E. (2005) – Biodiversity and zonation patterns of crustacean peracarids and decapods of coastal soft-bottom assemblages (Central Thrrhenian Sea, Italy). *Vieu et Milieu*, 55:143-161.
- SCONFIETTI R. (1986) – Ecologia dinamica di popolamenti estuariali a Crostacei Peracaridi nel tratto lagunare del fiume Dese. Tesi di dottorato: 188pp.
- SHANNON C.E., WEAVER W. (1949) - The mathematical theory of communication. Urbana University of Illinois Press: 122 pp.
- SHEPARD F.P. (1954) – Nomenclature based on sand, silt, clay ratios. *Journal Sedimentary Petrology*, 24: 151-158.
- SIMONINI R., ANSALONI I., BONVICINI PAGLIAI A.M., CAVALLINI F., IOTTI M., MAURI M., MONTANARI G., PRETI M., RINALDI A., PREVEDELLI D. (2005) - The effects of sand extraction on the macrobenthos of a relict sands area (northern Adriatic Sea): results 12 months post-extraction. *Marine Pollution Bulletin*, 50: 768–777.
- SIMONINI R., ANSALONI I., BONINI P., GRANDI V., GRAZIOSI F., IOTTI M., MASSAMBA-N’SIALA G., MAURI M., MONTANARI G., PRETI M., DE NIGRIS N., PREVEDELLI D. (2007) - Recolonization and recovery dynamics of the macrozoobenthos after sand extraction in relict sand bottoms of the Northern Adriatic Sea. *Marine Environmental Research*, 64: 574–589.
- ŠIMUNOVIC A. (1997) – Quantitative and qualitative investigations of benthic communities in the areas of mobile bottoms of the Adriatic Sea. *Acta Adriatica*, 38.
- STIRN J. (1982) - Manuel des methodes de recherche sur l’environnement aquatique. *FAO Document technique n° 209*: 75 pp.
- TARAMELLI E., FASSETTA L. (1990) – Crostacei Anfipodi di Grottammare (Adriatico Centrale). *Oebalia*, 16(2): 773-775.
- TARAMELLI E., FASSETTA L., GENTILE G. (1988) - Osservazioni sui Crostacei Anfipodi dell’Adriatico Centrale (Grottammare-AP). *Riv. Idrobiol.*, 27, 2-3: 449-470.

- THRUSH S.F., HEWITT J.E., NORKKO A., CUMMINGS V.J., FUNNELL G.A., (2003) - Macrobenthic recovery processes following catastrophic sedimentation on estuarine sandflats. *Ecological Applications* **13**: 1433– 1455.
- THOMALLA F., VINCENT C. E. (2003) - Beach response to shore-parallel breakwaters at Sea Palling, Norfolk, UK. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **56**: 203–212.
- VADER W. WOLFF W.J. (1973) – The Cumacea of the estuarine area of the rivers Rhine, Meuse and Scheldt (Crustacea, Malacostraca). *Neth. J. Sea Res.*, **6**(3): 365-375.
- VATOVA A. (1949) - La fauna bentonica dell'alto e medio Adriatico. *Nova Thalassia*, **1**(3):1- 110.
- VELOSO V.G., CARDOSO R.S. (1999) - Population biology of the mole crab *Emerita brasiliensis* (Decapoda: Hippidae) at For a Beach, Brazil. *J. Crustac. Biol.*, **19**: 147-153.
- WARWICK RM, CLARKE KR. (1991) A comparison of some methods for analysing changes in benthic community structure. *J mar biol Ass UK* **71**, 225-244.
- WENTWORTH C.K. (1922) – A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, **30**: 377-392.
- www.sibm.it (data ultima consultazione 29-11-2011).
- www.marbef.org (data ultima consultazione 29-11-2011).
- ZYSERMAN J. A., JOHNSON H. K., ZANUTTIGH B., MARTINELLI L. (2005) - Analysis of far-field erosion induced by low-crested rubble-mound structures. *Coastal Engineering* **52**: 977–994.

ALLEGATO 1

**Matrice “specie x stazioni” del popolamento
macrozoobentonico e sigle delle specie**

ALLEGATO 2

**Matrice “specie x stazioni” del popolamento ad
Anfipodi e sigle delle specie**

ALLEGATO 3

Output statistici: PERMANOVA e PAIRWISE TESTS

PERMANOVA
Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem2
Data type: Similarity
Selection: All
Transform: Presence/absence
Resemblance: S7 Jaccard

Sums of squares type: Type III (partial)
Permutation method: Permutation of residuals under the full model
Number of permutations: 9999

FACTORS

Name	Type	Levels
sito	Fixed	7
monitoraggio	Fixed	2
profondità	Fixed	2

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P (perm)	Unique perms	P (MC)
sito	6	13817	2302,9	1,9413	0,0001	9761	0,0001
monitoraggio	1	22552	22552	19,011	0,0001	9876	0,0001
profondità	1	15172	15172	12,79	0,0001	9896	0,0001
sitoxmonitoraggio	6	13203	2200,5	1,855	0,0001	9765	0,0001
sitoxprofondità	6	11296	1882,7	1,5871	0,0001	9771	0,0003
monitoraggioxprofondità	1	5980,5	5980,5	5,0415	0,0001	9899	0,0001
sitoxmonitoraggioxprofondità	6	9640,9	1606,8	1,3546	0,0035	9759	0,0101
Res	64	75919	1186,2				
Total	91	1,7091E5					

Details of the expected mean squares (EMS) for the model

Source	EMS
sito	1*Res + 12,986*sito
monitoraggio	1*Res + 42*monitoraggio
profondità	1*Res + 42*profondità
sitoxmonitoraggio	1*Res + 6,4928*sitoxmonitoraggio
sitoxprofondità	1*Res + 6,4928*sitoxprofondità
monitoraggioxprofondità	1*Res + 21*monitoraggioxprofondità
sitoxmonitoraggioxprofondità	1*Res + 3,2464*sitoxmonitoraggioxprofondità

Numerator terms

Source	Terms included in the numerator
sito	1*sito
monitoraggio	1*monitoraggio
profondità	1*profondità
sitoxmonitoraggio	1*sitoxmonitoraggio
sitoxprofondità	1*sitoxprofondità
monitoraggioxprofondità	1*monitoraggioxprofondità
sitoxmonitoraggioxprofondità	1*sitoxmonitoraggioxprofondità

Denominator terms

Source	Terms included in the denominator
sito	1*Res
monitoraggio	1*Res
profondità	1*Res
sitoxmonitoraggio	1*Res
sitoxprofondità	1*Res
monitoraggioxprofondità	1*Res
sitoxmonitoraggioxprofondità	1*Res

COMPONENTS OF VARIATION

Source	Estimate	Sq.root
sito	85,99	9,2731
monitoraggio	508,71	22,555
profondità	333	18,248
sitoxmonitoraggio	156,22	12,499
sitoxprofondità	107,26	10,357
monitoraggioxprofondità	228,3	15,109
sitoxmonitoraggioxprofondità	129,55	11,382

PERMANOVA
Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem2
 Data type: Similarity
 Selection: All
 Transform: Presence/absence
 Resemblance: S7 Jaccard

Sums of squares type: Type III (partial)
 Permutation method: Permutation of residuals under the full model
 Number of permutations: 9999

FACTORS

Name	Type	Levels
sito	Fixed	7
monitoraggio	Fixed	2
profondità	Fixed	2

PAIRWISE TESTS

Term 'sito'

Groups	t	P (perm)	Unique perms	P (MC)
CM, FE	1,734	0,0001	9897	0,0012
CM, PE	1,6783	0,0001	9913	0,0028
CM, CF	1,3422	0,0254	9932	0,0756
CM, MS	1,5526	0,0003	9902	0,017
CM, CU	1,9596	0,0001	9916	0,0003
CM, GR	1,46	0,0003	9904	0,0208
FE, PE	1,3783	0,0088	9913	0,0452
FE, CF	1,0029	0,4729	9909	0,4226
FE, MS	1,3891	0,0043	9920	0,0443
FE, CU	1,4872	0,0002	9893	0,0121
FE, GR	1,3659	0,0044	9902	0,0507
PE, CF	1,0357	0,4186	9912	0,3664
PE, MS	1,1503	0,2166	9928	0,2377
PE, CU	1,3923	0,0089	9913	0,0411
PE, GR	1,2445	0,0822	9936	0,1253
CF, MS	0,78704	0,8086	9887	0,7308
CF, CU	1,0788	0,293	9929	0,3062
CF, GR	1,1557	0,2038	9920	0,2138
MS, CU	1,1298	0,1924	9916	0,2428
MS, GR	1,2912	0,0592	9922	0,1115
CU, GR	1,3393	0,0096	9898	0,0594

Average Similarity between/within groups

	CM	FE	PE	CF	MS	CU	GR
CM	36,634						
FE	37,502	41,994					
PE	36,529	40,684	40,548				
CF	37,915	42,203	41,211	39,878			
MS	38,575	42,387	42,759	44,403	43,859		
CU	37,414	41,771	41,128	42,318	44,232	43,078	
GR	37,164	40,022	39,527	39,661	40,852	40,657	39,386

PERMANOVA
Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem2
Data type: Similarity
Selection: All
Transform: Presence/absence
Resemblance: S7 Jaccard

Sums of squares type: Type III (partial)
Permutation method: Permutation of residuals under the full model
Number of permutations: 9999

FACTORS

Name	Type	Levels
sito	Fixed	7
monitoraggio	Fixed	2
profondità	Fixed	2

PAIRWISE TESTS

Term 'monitoraggio'

Groups	t	P (perm)	Unique perms	P (MC)
ante, post	4,3602	0,0001	9891	0,0001

Average Similarity between/within groups

	ante	post
ante	38,799	
post	35,815	49,919

PERMANOVA
Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem2
Data type: Similarity
Selection: All
Transform: Presence/absence
Resemblance: S7 Jaccard

Sums of squares type: Type III (partial)
Permutation method: Permutation of residuals under the full model
Number of permutations: 9999

FACTORS

Name	Type	Levels
sito	Fixed	7
monitoraggio	Fixed	2
profondità	Fixed	2

PAIRWISE TESTS

Term 'profondità'

Groups	t	P (perm)	Unique perms	P (MC)
2m, 5m	3,5763	0,0001	9896	0,0001

Average Similarity between/within groups

	2m	5m
2m	36,992	
5m	37,095	49,108

PERMANOVA
Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem2
 Data type: Similarity
 Selection: All
 Transform: Presence/absence
 Resemblance: S7 Jaccard

Sums of squares type: Type III (partial)
 Permutation method: Permutation of residuals under the full model
 Number of permutations: 9999

FACTORS

Name	Type	Levels
sito	Fixed	7
monitoraggio	Fixed	2
profondità	Fixed	2

PAIRWISE TESTS

Term 'sitoxmonitoraggio' for pairs of levels of factor 'sito'

Within level 'ante' of factor 'monitoraggio'

Groups	t	P(perm)	Unique perms	P(MC)
CM, FE	1,2434	0,068	9894	0,1537
CM, PE	1,3479	0,0345	9866	0,1132
CM, CF	1,1694	0,2096	8906	0,246
CM, MS	1,4613	0,0105	8952	0,0762
CM, CU	1,8505	0,0001	9924	0,0044
CM, GR	1,3076	0,0304	9907	0,1243
FE, PE	1,1167	0,2449	9871	0,2809
FE, CF	0,89553	0,6629	8967	0,5675
FE, MS	1,1673	0,1973	9008	0,2485
FE, CU	1,3809	0,0099	9886	0,0664
FE, GR	1,1245	0,231	9924	0,2579
PE, CF	0,93492	0,6001	4915	0,4835
PE, MS	1,2569	0,1496	4890	0,2026
PE, CU	1,346	0,0436	9889	0,1082
PE, GR	1,1226	0,2552	9879	0,2701
CF, MS	0,93678	0,5939	157	0,4949
CF, CU	1,113	0,273	8955	0,2916
CF, GR	0,95015	0,5524	8965	0,4609
MS, CU	0,97651	0,5492	8933	0,4607
MS, GR	1,1595	0,2752	8942	0,2567
CU, GR	1,2182	0,0939	9899	0,1829

Average Similarity between/within groups

	CM	FE	PE	CF	MS	CU	GR
CM	33,33						
FE	36,28	40,049					
PE	34,667	39,745	39,007				
CF	38,229	43,997	43,002	42,844			
MS	36,945	43,588	41,598	47,842	47,762		
CU	34,015	41,171	40,169	44,231	47,826	45,414	
GR	32,353	37,08	35,926	39,596	39,13	38,743	33,986

Within level 'post' of factor 'monitoraggio'

Groups	t	P(perm)	Unique perms	P(MC)
CM, FE	2,1196	0,0001	9927	0,0007
CM, PE	1,7119	0,0001	9872	0,0096
CM, CF	1,5258	0,0041	9006	0,0528
CM, MS	1,5398	0,0007	8943	0,0462
CM, CU	1,6639	0,0004	9901	0,0109
CM, GR	1,4826	0,0023	9917	0,0357
FE, PE	1,5314	0,0023	9856	0,0346
FE, CF	1,3383	0,0602	8941	0,1259
FE, MS	1,6365	0,0005	8960	0,0308
FE, CU	1,7857	0,0001	9912	0,0048
FE, GR	1,8346	0,0001	9895	0,0019
PE, CF	1,1957	0,1918	4911	0,2447
PE, MS	1,0279	0,4475	4902	0,3938
PE, CU	1,5343	0,0027	9873	0,0346
PE, GR	1,5245	0,0004	9859	0,0275
CF, MS	1,0183	0,4059	157	0,4135
CF, CU	1,4784	0,023	8969	0,0663

CF, GR	1,7818	0,0001	8922	0,0096
MS, CU	1,3105	0,0688	8936	0,135
MS, GR	1,6851	0,0001	8926	0,0185
CU, GR	1,7954	0,0001	9913	0,0038

Average Similarity between/within groups

	CM	FE	PE	CF	MS	CU	GR
CM	45,383						
FE	44,103	56,581					
PE	44,312	51,896	53,449				
CF	44,4	52,683	51,158	50,705			
MS	46,445	52,521	55,786	55,292	57,129		
CU	46,931	51,908	51,112	50,738	55	55,031	
GR	47,552	50,576	50,301	46,395	50,093	50,215	53,484

PERMANOVA
Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem2
Data type: Similarity
Selection: All
Transform: Presence/absence
Resemblance: S7 Jaccard

Sums of squares type: Type III (partial)
Permutation method: Permutation of residuals under the full model
Number of permutations: 9999

FACTORS

Name	Type	Levels
sito	Fixed	7
monitoraggio	Fixed	2
profondità	Fixed	2

PAIRWISE TESTS

Term 'sitoxmonitoraggio' for pairs of levels of factor 'monitoraggio'

Within level 'CM' of factor 'sito'

Groups	t	P(perm)	Unique perms	P(MC)
ante, post	1,7754	0,0001	9905	0,005

Average Similarity between/within groups

	ante	post
ante	33,33	
post	34,252	45,383

Within level 'FE' of factor 'sito'

Groups	t	P(perm)	Unique perms	P(MC)
ante, post	2,466	0,0001	9892	0,0001

Average Similarity between/within groups

	ante	post
ante	40,049	
post	36,463	56,581

Within level 'PE' of factor 'sito'

Groups	t	P(perm)	Unique perms	P(MC)
ante, post	1,9107	0,0001	8831	0,0103

Average Similarity between/within groups

	ante	post
ante	39,007	
post	35,814	53,449

Within level 'CF' of factor 'sito'

Groups	t	P(perm)	Unique perms	P(MC)
ante, post	1,9856	0,0001	157	0,0234

Average Similarity between/within groups

	ante	post
--	------	------

ante 42,844
 post 34,705 50,705

Within level 'MS' of factor 'sito'

Groups	t	P(perm)	Unique perms	P(MC)
ante, post	2,2512	0,0001	157	0,0145

Average Similarity between/within groups

	ante	post
ante	47,762	
post	37,419	57,129

Within level 'CU' of factor 'sito'

Groups	t	P(perm)	Unique perms	P(MC)
ante, post	2,6417	0,0001	9914	0,0001

Average Similarity between/within groups

	ante	post
ante	45,414	
post	36,826	55,031

Within level 'GR' of factor 'sito'

Groups	t	P(perm)	Unique perms	P(MC)
ante, post	1,9102	0,0001	9921	0,005

Average Similarity between/within groups

	ante	post
ante	33,986	
post	35,581	53,484

PERMANOVA
Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem2

Data type: Similarity

Selection: All

Transform: Presence/absence

Resemblance: S7 Jaccard

Sums of squares type: Type III (partial)

Permutation method: Permutation of residuals under the full model

Number of permutations: 9999

FACTORS

Name	Type	Levels
sito	Fixed	7
monitoraggio	Fixed	2
profondità	Fixed	2

PAIRWISE TESTS

Term 'sitoxprofondità' for pairs of levels of factor 'sito'

Within level '2m' of factor 'profondità'

Groups	t	P(perm)	Unique perms	P(MC)
CM, FE	1,7068	0,0001	9890	0,011
CM, PE	1,7645	0,0001	9866	0,0115
CM, CF	1,5093	0,0075	8960	0,0592
CM, MS	1,6417	0,0001	8930	0,0307
CM, CU	2,0697	0,0001	9913	0,0007
CM, GR	1,3669	0,0091	9912	0,0876
FE, PE	1,5199	0,0058	9858	0,0481
FE, CF	1,0382	0,403	8946	0,3774
FE, MS	1,4236	0,0168	8986	0,0867
FE, CU	1,4494	0,0022	9917	0,0477
FE, GR	1,0981	0,2832	9922	0,2961
PE, CF	1,0363	0,4401	4941	0,376
PE, MS	1,1331	0,3263	4902	0,2932
PE, CU	1,2544	0,0867	9879	0,1592
PE, GR	1,2496	0,1291	9883	0,1709
CF, MS	0,83264	0,754	157	0,5854
CF, CU	1,0043	0,4708	8898	0,4271
CF, GR	1,0355	0,4372	8933	0,3724
MS, CU	1,0112	0,4922	8954	0,4133

MS, GR	1,1623	0,2595	8964	0,2543
CU, GR	1,2191	0,0965	9902	0,1789

Average Similarity between/within groups

	CM	FE	PE	CF	MS	CU	GR
CM	34,967						
FE	33,594	42,941					
PE	27,864	36,045	35,969				
CF	32,694	43,309	39,451	41,008			
MS	30,371	39,007	38,187	44,284	39,354		
CU	31,023	41,591	39,329	44,198	43,791	44,575	
GR	32,484	39,055	33,599	38,021	35,797	38,916	35,669

Within level '5m' of factor 'profondità'

Groups	t	P(perm)	Unique perms	P(MC)
CM, FE	1,3263	0,0199	9896	0,0906
CM, PE	1,2195	0,0988	9869	0,171
CM, CF	1,1344	0,2418	8876	0,2722
CM, MS	1,0737	0,3626	8915	0,3355
CM, CU	1,4595	0,008	9918	0,0385
CM, GR	1,3224	0,0313	9912	0,0893
FE, PE	1,105	0,2569	9869	0,2881
FE, CF	0,95867	0,5308	8919	0,4832
FE, MS	1,1555	0,2104	8949	0,2572
FE, CU	1,2775	0,0516	9908	0,1208
FE, GR	1,4406	0,0074	9911	0,0455
PE, CF	0,99288	0,5275	4938	0,4367
PE, MS	0,84621	0,7379	4904	0,6164
PE, CU	1,3385	0,0332	9870	0,0946
PE, GR	1,3227	0,0376	9873	0,1021
CF, MS	0,97672	0,4876	157	0,4447
CF, CU	1,1617	0,1875	8950	0,2397
CF, GR	1,3017	0,074	8920	0,141
MS, CU	1,0588	0,3529	8954	0,3601
MS, GR	1,2179	0,1279	8902	0,1881
CU, GR	1,4653	0,0042	9902	0,0386

Average Similarity between/within groups

	CM	FE	PE	CF	MS	CU	GR
CM	53,04						
FE	49,168	47,79					
PE	49,703	48,153	47,048				
CF	49,425	48,736	48,249	44,245			
MS	52,564	49,735	52,082	50,931	50,551		
CU	48,653	47,614	47,022	47,189	51,05	47,897	
GR	51,119	48,058	48,517	47,787	51,01	48,125	50,966

PERMANOVA
Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem2
Data type: Similarity
Selection: All
Transform: Presence/absence
Resemblance: S7 Jaccard

Sums of squares type: Type III (partial)
Permutation method: Permutation of residuals under the full model
Number of permutations: 9999

FACTORS

Name	Type	Levels
sito	Fixed	7
monitoraggio	Fixed	2
profondità	Fixed	2

PAIRWISE TESTS

Term 'sitoxprofondità' for pairs of levels of factor 'profondità'
Within level 'CM' of factor 'sito'

Groups	t	P(perm)	Unique perms	P(MC)
2m, 5m	2,4973	0,0001	9893	0,0001

Average Similarity between/within groups

	2m	5m
2m	34,967	
5m	30,185	53,04

Within level 'FE' of factor 'sito'

Groups	t	P(perm)	Unique perms	P(MC)
2m, 5m	2,033	0,0001	9917	0,0004

Average Similarity between/within groups

	2m	5m
2m	42,941	
5m	39,043	47,79

Within level 'PE' of factor 'sito'

Groups	t	P(perm)	Unique perms	P(MC)
2m, 5m	1,3487	0,0373	8875	0,1215

Average Similarity between/within groups

	2m	5m
2m	35,969	
5m	39,747	47,048

Within level 'CF' of factor 'sito'

Groups	t	P(perm)	Unique perms	P(MC)
2m, 5m	1,6157	0,0135	157	0,0764

Average Similarity between/within groups

	2m	5m
2m	41,008	
5m	37,816	44,245

Within level 'MS' of factor 'sito'

Groups	t	P(perm)	Unique perms	P(MC)
2m, 5m	1,4625	0,1205	157	0,1309

Average Similarity between/within groups

	2m	5m
2m	39,354	
5m	43,039	50,551

Within level 'CU' of factor 'sito'

Groups	t	P(perm)	Unique perms	P(MC)
2m, 5m	1,9653	0,0001	9891	0,0012

Average Similarity between/within groups

	2m	5m
2m	44,575	
5m	40,314	47,897

Within level 'GR' of factor 'sito'

Groups	t	P(perm)	Unique perms	P(MC)
2m, 5m	1,8854	0,0001	9902	0,0089

Average Similarity between/within groups

	2m	5m
2m	35,669	
5m	35,946	50,966

PERMANOVA
Permutational MANOVA

Resemblance worksheet
Name: Resem2
Data type: Similarity

Selection: All
 Transform: Presence/absence
 Resemblance: S7 Jaccard

Sums of squares type: Type III (partial)
 Permutation method: Permutation of residuals under the full model
 Number of permutations: 9999

FACTORS

Name	Type	Levels
sito	Fixed	7
monitoraggio	Fixed	2
profondità	Fixed	2

PAIRWISE TESTS

Term 'monitoraggioxprofondità' for pairs of levels of factor 'monitoraggio'

Within level '2m' of factor 'profondità'

Groups	t	P(perm)	Unique perms	P(MC)
ante, post	2,7548	0,0001	9891	0,0001

Average Similarity between/within groups

	ante	post
ante	31,617	
post	33,117	50,469

Within level '5m' of factor 'profondità'

Groups	t	P(perm)	Unique perms	P(MC)
ante, post	4,4923	0,0001	9919	0,0001

Average Similarity between/within groups

	ante	post
ante	56,435	
post	42,096	56,443

PERMANOVA
Permutational MANOVA

Resemblance worksheet
 Name: Resem2
 Data type: Similarity
 Selection: All
 Transform: Presence/absence
 Resemblance: S7 Jaccard

Sums of squares type: Type III (partial)
 Permutation method: Permutation of residuals under the full model
 Number of permutations: 9999

FACTORS

Name	Type	Levels
sito	Fixed	7
monitoraggio	Fixed	2
profondità	Fixed	2

PAIRWISE TESTS

Term 'monitoraggioxprofondità' for pairs of levels of factor 'profondità'

Within level 'ante' of factor 'monitoraggio'

Groups	t	P(perm)	Unique perms	P(MC)
2m, 5m	2,9525	0,0001	9907	0,0001

Average Similarity between/within groups

	2m	5m
2m	31,617	
5m	33,8	56,435

Within level 'post' of factor 'monitoraggio'

Groups	t	P(perm)	Unique perms	P(MC)
2m, 5m	3,0431	0,0001	9915	0,0001

Average Similarity between/within groups

	2m	5m
--	----	----

2m 50,469
 5m 46,536 56,443

PERMANOVA
Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem2
 Data type: Similarity
 Selection: All
 Transform: Presence/absence
 Resemblance: S7 Jaccard

Sums of squares type: Type III (partial)
 Permutation method: Permutation of residuals under the full model
 Number of permutations: 9999

FACTORS

Name	Type	Levels
sito	Fixed	7
monitoraggio	Fixed	2
profondità	Fixed	2

PAIRWISE TESTS

Term 'sitoxmonitoraggioxprofondità' for pairs of levels of factor 'sito'
 Within level 'ante' of factor 'monitoraggio'
 Within level '2m' of factor 'profondità'

Groups	t	P (perm)	Unique perms	P (MC)
CM, FE	1,3432	0,0902	35	0,1488
CM, PE	1,5102	0,0001	35	0,0996
CM, CF	1,3341	0,0649	12	0,195
CM, MS	1,5274	0,067	12	0,1157
CM, CU	1,8007	0,0001	35	0,0245
CM, GR	1,184	0,1422	35	0,2479
FE, PE	1,2357	0,1164	35	0,2248
FE, CF	1,0605	0,4061	12	0,3694
FE, MS	1,1562	0,2753	12	0,3015
FE, CU	1,4162	0,0001	35	0,1135
FE, GR	1,0723	0,369	35	0,3383
PE, CF	0,97282	0,6065	10	0,4415
PE, MS	1,1852	0,3054	10	0,2993
PE, CU	1,175	0,2026	35	0,2711
PE, GR	1,0916	0,345	35	0,3289
CF, MS	1,107	0,6674	3	0,3844
CF, CU	0,98978	0,6099	12	0,4351
CF, GR	0,97991	0,4613	12	0,4321
MS, CU	1,0329	0,4657	12	0,4016
MS, GR	1,0814	0,2581	12	0,3521
CU, GR	1,1411	0,2505	35	0,28

Average Similarity between/within groups

	CM	FE	PE	CF	MS	CU	GR
CM	34,427						
FE	31,67	42,464					
PE	19,899	32,969	30,61				
CF	28,557	43,236	38,813	46,154			
MS	23,283	40,971	31,867	43,979	47,5		
CU	20,952	34,792	32,759	42,643	42,361	40,329	
GR	25,001	32,023	24,659	31,796	29,12	29,574	24,48

Within level 'ante' of factor 'monitoraggio'
 Within level '5m' of factor 'profondità'

Groups	t	P (perm)	Unique perms	P (MC)
CM, FE	1,2017	0,0894	35	0,2308
CM, PE	1,1708	0,1994	35	0,2762
CM, CF	1,0238	0,5254	12	0,4028
CM, MS	0,92767	0,6725	12	0,5012
CM, CU	1,5121	0,0601	35	0,0847
CM, GR	1,4094	0,0292	35	0,1059
FE, PE	1,1426	0,2348	35	0,2991
FE, CF	0,89103	0,598	12	0,532
FE, MS	0,89789	0,7363	12	0,5275
FE, CU	1,1755	0,1403	35	0,2494

FE, GR	1,1676	0,1964	35	0,2634
PE, CF	1,0608	0,5972	10	0,3877
PE, MS	1,0411	0,3999	10	0,4002
PE, CU	1,401	0,0567	35	0,1389
PE, GR	1,4671	0,0001	35	0,1038
CF, MS	0,89472	0,6675	3	0,5095
CF, CU	1,1746	0,2029	12	0,2873
CF, GR	0,98787	0,4683	12	0,4395
MS, CU	1,0282	0,4652	12	0,4007
MS, GR	1,1025	0,2648	12	0,3501
CU, GR	1,3059	0,0844	35	0,1674

Average Similarity between/within groups

	CM	FE	PE	CF	MS	CU	GR
CM	58,143						
FE	53,89	54,808					
PE	57,261	55,547	60,878				
CF	55,874	56,262	56,468	52,5			
MS	60,792	59,382	60,841	60,043	62,162		
CU	53,326	55,827	55,37	54,89	61,041	60,269	
GR	53,871	55,26	53,882	57,666	58,769	56,514	59,375

Within level 'post' of factor 'monitoraggio'

Within level '2m' of factor 'profondità'

Groups	t	P (perm)	Unique	
			perms	P (MC)
CM, FE	2,0712	0,0001	35	0,0085
CM, PE	1,5856	0,0001	35	0,0693
CM, CF	1,4213	0,0001	12	0,1444
CM, MS	1,4414	0,0001	12	0,1392
CM, CU	1,6358	0,0001	35	0,0493
CM, GR	1,43	0,031	35	0,1045
FE, PE	1,6124	0,0001	35	0,072
FE, CF	1,3879	0,0001	12	0,1696
FE, MS	1,6771	0,0001	12	0,0726
FE, CU	1,726	0,0001	35	0,0371
FE, GR	1,4788	0,0001	35	0,0846
PE, CF	1,1242	0,3024	10	0,3489
PE, MS	0,86539	0,6999	10	0,5487
PE, CU	1,3005	0,0562	35	0,1822
PE, GR	1,4525	0,0001	35	0,1058
CF, MS	1,0482	0,6682	3	0,4181
CF, CU	1,4064	0,1374	12	0,1612
CF, GR	1,5295	0,0001	12	0,1108
MS, CU	1,2718	0,2001	12	0,2251
MS, GR	1,5572	0,0001	12	0,0976
CU, GR	1,555	0,0297	35	0,0629

Average Similarity between/within groups

	CM	FE	PE	CF	MS	CU	GR
CM	49,472						
FE	39,949	62,536					
PE	40,383	48,311	51,632				
CF	42,256	52,822	49,942	53,659			
MS	43,946	50,104	58,003	55,7	60		
CU	48,444	55,7	54,684	54,852	59,684	65,421	
GR	46,815	53,332	47,247	45,289	47,081	54,073	56,025

Within level 'post' of factor 'monitoraggio'

Within level '5m' of factor 'profondità'

Groups	t	P (perm)	Unique	
			perms	P (MC)
CM, FE	1,5206	0,0001	35	0,0788
CM, PE	1,3556	0,0001	35	0,1451
CM, CF	1,2714	0,068	12	0,2386
CM, MS	1,3807	0,0001	12	0,1692
CM, CU	1,4863	0,0001	35	0,0828
CM, GR	1,1596	0,1997	35	0,2595
FE, PE	1,2146	0,1179	35	0,2333
FE, CF	1,1041	0,3285	12	0,3376
FE, MS	1,4177	0,0661	12	0,1659
FE, CU	1,4248	0,027	35	0,1061
FE, GR	1,592	0,0001	35	0,0642
PE, CF	1,0802	0,387	10	0,3726
PE, MS	0,86971	0,8003	10	0,5323
PE, CU	1,203	0,1451	35	0,2476
PE, GR	1,2553	0,1363	35	0,2137
CF, MS	1,2168	0,3403	3	0,3299

CF, CU	1,3232	0,0001	12	0,1919
CF, GR	1,6273	0,0001	12	0,0826
MS, CU	0,98834	0,531	12	0,4424
MS, GR	1,4362	0,07	12	0,1518
CU, GR	1,5377	0,0001	35	0,0629

Average Similarity between/within groups

	CM	FE	PE	CF	MS	CU	GR
CM	58,085						
FE	53,895	62,811					
PE	52,522	57,038	56,905				
CF	55,986	61,608	58,636	65,116			
MS	53,815	56,453	62,324	61,52	65,217		
CU	52,442	55,546	55,141	55,556	61,133	58,759	
GR	58,46	55,218	56,4	52,854	56,377	54,005	62,107

PERMANOVA
Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem2
Data type: Similarity
Selection: All
Transform: Presence/absence
Resemblance: S7 Jaccard

Sums of squares type: Type III (partial)
Permutation method: Permutation of residuals under the full model
Number of permutations: 9999

FACTORS

Name	Type	Levels
sito	Fixed	7
monitoraggio	Fixed	2
profondità	Fixed	2

PAIRWISE TESTS

Term 'sitoxmonitoraggioxprofondità' for pairs of levels of factor 'monitoraggio'

Within level 'CM' of factor 'sito'
Within level '2m' of factor 'profondità'

			Unique	
Groups	t	P(perm)	perms	P(MC)
ante, post	1,6224	0,0001	35	0,057

Average Similarity between/within groups

	ante	post
ante	34,427	
post	29,73	49,472

Within level 'CM' of factor 'sito'
Within level '5m' of factor 'profondità'

			Unique	
Groups	t	P(perm)	perms	P(MC)
ante, post	1,6973	0,0001	35	0,0296

Average Similarity between/within groups

	ante	post
ante	58,143	
post	49,234	58,085

Within level 'FE' of factor 'sito'
Within level '2m' of factor 'profondità'

			Unique	
Groups	t	P(perm)	perms	P(MC)
ante, post	1,9796	0,0001	35	0,0139

Average Similarity between/within groups

	ante	post
ante	42,464	
post	35,772	62,536

Within level 'FE' of factor 'sito'
Within level '5m' of factor 'profondità'

			Unique	
Groups	t	P(perm)	perms	P(MC)

ante, post	2,3055	0,0001	35	0,0021
------------	--------	--------	----	--------

Average Similarity between/within groups

	ante	post	
ante	54,808		
post	39,526	62,811	

Within level 'PE' of factor 'sito'
Within level '2m' of factor 'profondità'

			Unique	
Groups	t	P(perm)	perms	P(MC)
ante, post	1,3542	0,0001	10	0,1927

Average Similarity between/within groups

	ante	post	
ante	30,61		
post	32,535	51,632	

Within level 'PE' of factor 'sito'
Within level '5m' of factor 'profondità'

			Unique	
Groups	t	P(perm)	perms	P(MC)
ante, post	2,1213	0,0001	10	0,0169

Average Similarity between/within groups

	ante	post	
ante	60,878		
post	39,153	56,905	

Within level 'CF' of factor 'sito'
Within level '2m' of factor 'profondità'

			Unique	
Groups	t	P(perm)	perms	P(MC)
ante, post	1,4824	0,3367	3	0,2306

Average Similarity between/within groups

	ante	post	
ante	46,154		
post	36,559	53,659	

Within level 'CF' of factor 'sito'
Within level '5m' of factor 'profondità'

			Unique	
Groups	t	P(perm)	perms	P(MC)
ante, post	1,8927	0,0001	3	0,1283

Average Similarity between/within groups

	ante	post	
ante	52,5		
post	36,964	65,116	

Within level 'MS' of factor 'sito'
Within level '2m' of factor 'profondità'

			Unique	
Groups	t	P(perm)	perms	P(MC)
ante, post	1,8014	0,0001	3	0,1496

Average Similarity between/within groups

	ante	post	
ante	47,5		
post	32,156	60	

Within level 'MS' of factor 'sito'
Within level '5m' of factor 'profondità'

			Unique	
Groups	t	P(perm)	perms	P(MC)
ante, post	1,9454	0,0001	3	0,1172

Average Similarity between/within groups

	ante	post	
ante	62,162		
post	43,982	65,217	

Within level 'CU' of factor 'sito'
Within level '2m' of factor 'profondità'

			Unique	
Groups	t	P(perm)	perms	P(MC)
ante, post	1,8434	0,0001	35	0,023

Average Similarity between/within groups

	ante	post
ante	40,329	
post	38,351	65,421

Within level 'CU' of factor 'sito'
Within level '5m' of factor 'profondità'

Groups	t	P(perm)	Unique perms	P(MC)
ante, post	2,445	0,0001	35	0,0012

Average Similarity between/within groups

	ante	post
ante	60,269	
post	39,185	58,759

Within level 'GR' of factor 'sito'
Within level '2m' of factor 'profondità'

Groups	t	P(perm)	Unique perms	P(MC)
ante, post	1,3602	0,0272	35	0,1478

Average Similarity between/within groups

	ante	post
ante	24,48	
post	32,231	56,025

Within level 'GR' of factor 'sito'
Within level '5m' of factor 'profondità'

Groups	t	P(perm)	Unique perms	P(MC)
ante, post	2,2832	0,0001	35	0,0022

Average Similarity between/within groups

	ante	post
ante	59,375	
post	43,635	62,107

PERMANOVA Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem2
Data type: Similarity
Selection: All
Transform: Presence/absence
Resemblance: S7 Jaccard

Sums of squares type: Type III (partial)
Permutation method: Permutation of residuals under the full model
Number of permutations: 9999

FACTORS

Name	Type	Levels
sito	Fixed	7
monitoraggio	Fixed	2
profondità	Fixed	2

PAIRWISE TESTS

Term 'sitoxmonitoraggioxprofondità' for pairs of levels of factor 'profondità'

Within level 'CM' of factor 'sito'
Within level 'ante' of factor 'monitoraggio'

Groups	t	P(perm)	Unique perms	P(MC)
2m, 5m	2,1255	0,0001	35	0,0103

Average Similarity between/within groups

	2m	5m
2m	34,427	
5m	23,613	58,143

Within level 'CM' of factor 'sito'
Within level 'post' of factor 'monitoraggio'

Unique

Groups	t	P(perm)	perms	P(MC)
2m, 5m	1,971	0,0001	35	0,0098

Average Similarity between/within groups

	2m	5m
2m	49,472	
5m	39,086	58,085

Within level 'FE' of factor 'sito'
 Within level 'ante' of factor 'monitoraggio'

Groups	t	P(perm)	perms	P(MC)
2m, 5m	1,9011	0,0001	35	0,0145

Average Similarity between/within groups

	2m	5m
2m	42,464	
5m	33,61	54,808

Within level 'FE' of factor 'sito'
 Within level 'post' of factor 'monitoraggio'

Groups	t	P(perm)	perms	P(MC)
2m, 5m	1,8392	0,0001	35	0,0249

Average Similarity between/within groups

	2m	5m
2m	62,536	
5m	52,011	62,811

Within level 'PE' of factor 'sito'
 Within level 'ante' of factor 'monitoraggio'

Groups	t	P(perm)	perms	P(MC)
2m, 5m	1,4661	0,1015	10	0,1561

Average Similarity between/within groups

	2m	5m
2m	30,61	
5m	34,516	60,878

Within level 'PE' of factor 'sito'
 Within level 'post' of factor 'monitoraggio'

Groups	t	P(perm)	perms	P(MC)
2m, 5m	1,0835	0,3938	10	0,3544

Average Similarity between/within groups

	2m	5m
2m	51,632	
5m	52,903	56,905

Within level 'CF' of factor 'sito'
 Within level 'ante' of factor 'monitoraggio'

Groups	t	P(perm)	perms	P(MC)
2m, 5m	1,3721	0,3352	3	0,2556

Average Similarity between/within groups

	2m	5m
2m	46,154	
5m	39,602	52,5

Within level 'CF' of factor 'sito'
 Within level 'post' of factor 'monitoraggio'

Groups	t	P(perm)	perms	P(MC)
2m, 5m	1,5566	0,3416	3	0,2039

Average Similarity between/within groups

	2m	5m
2m	53,659	
5m	46,364	65,116

Within level 'MS' of factor 'sito'
 Within level 'ante' of factor 'monitoraggio'

Groups	t	P(perm)	perms	P(MC)

2m, 5m 1,4129 0,3367 3 0,2571

Average Similarity between/within groups

	2m	5m
2m	47,5	
5m	44,227	62,162

Within level 'MS' of factor 'sito'

Within level 'post' of factor 'monitoraggio'

Groups	t	P(perm)	Unique perms	P(MC)
2m, 5m	1,4021	0,3283	3	0,2505

Average Similarity between/within groups

	2m	5m
2m	60	
5m	54,389	65,217

Within level 'CU' of factor 'sito'

Within level 'ante' of factor 'monitoraggio'

Groups	t	P(perm)	Unique perms	P(MC)
2m, 5m	1,5143	0,0001	35	0,0764

Average Similarity between/within groups

	2m	5m
2m	40,329	
5m	41,751	60,269

Within level 'CU' of factor 'sito'

Within level 'post' of factor 'monitoraggio'

Groups	t	P(perm)	Unique perms	P(MC)
2m, 5m	1,9878	0,0001	35	0,0126

Average Similarity between/within groups

	2m	5m
2m	65,421	
5m	49,737	58,759

Within level 'GR' of factor 'sito'

Within level 'ante' of factor 'monitoraggio'

Groups	t	P(perm)	Unique perms	P(MC)
2m, 5m	1,6106	0,0001	35	0,0755

Average Similarity between/within groups

	2m	5m
2m	24,48	
5m	28,029	59,375

Within level 'GR' of factor 'sito'

Within level 'post' of factor 'monitoraggio'

Groups	t	P(perm)	Unique perms	P(MC)
2m, 5m	1,7555	0,0001	35	0,0215

Average Similarity between/within groups

	2m	5m
2m	56,025	
5m	49,298	62,107

ALLEGATO 4

Lista delle specie

MOLLUSCA

Gastropoda

- Neverita josephinia* Risso, 1826
Eulima glabra (Da Costa, 1778)
Bolinus brandaris (Linneus, 1758)
Nassarius (Hima) pygmaeus (Lamarck, 1822)
Nassarius (Hima) incrassatus (Stroem, 1768)
Nassarius (Hinia) nitidus (Jeffreys, 1867)
Nassarius (Sphaeronassa) mutabilis (Linnaeus, 1758)
Calyptraea chinensis (Linneus, 1758)
Bela nebula (Montagu, 1803)
Turbonilla rufa (Philippi, 1836)
Acteon tornatilis (Linnaeus, 1758)
Cylichnina umbilicata (Montagu, 1803)
Cylichna cylindracea (Pennant, 1777)

Bivalvia

- Nucula nitidosa* (Winckworth, 1930)
Saccula commutata (Philippi, 1844)
Scapharca demiri Piani, 1981
Scapharca inaequivalvis (Bruguiere, 1789)
Lucinella divaricata (Linnaeus, 1758)
Montacuta ferruginosa (Montagu, 1808)
Kurtiella bidentata (Montagu, 1803)
Mactra stultorum (Linnaeus, 1758)
Spisula subtruncata (Da Costa, 1778)
Solen marginatus Pulteney, 1799
Phaxas adriaticus (Coen, 1933)
Tellina fabula Linnaeus, 1758
Tellina incarnata Linnaeus, 1758
Tellina nitida Poli, 1791
Tellina pulchella (Lamarck, 1818)
Tellina serrata (Brocchi, 1814)
Tellina tenuis Da Costa, 1778
Donax semistriatus Poli, 1795
Abra alba (W. Wood, 1802)
Abra prismatica (Montagu, 1808)
Abra renieri Bronn, 1831
Chamelea gallina (Linnaeus, 1758)
Dosinia lupinus (Linnaeus, 1758)
Gouldia minima (Montagu, 1803)
Ruditapes philippinarum (Adams & Reeve, 1850)
Tapes rhomboides (Pennant, 1777)
Venerupis aurea (Gmelin, 1791)
Corbula gibba (Olivi, 1792)
Lentidium mediterraneus (O.G. Costa, 1839)
Thracia papyracea (Poli, 1791)
Antalis inaequicostata (Dautzenberg, 1891)
Fustiaria rubescens (Deshayes, 1825)

POLYCHAETA

- Arenicola marina* (Linnaeus, 1758)
Capitella capitata (Fabricius, 1780)
Capitomastus minimus (Langerhans, 1880)
Heteromastus filiformis (Claparede, 1864)
Mediomastus capensis Day, 1961
Mediomastus fragilis Rasmussen, 1973
Notomastus aberans Day, 1963
Peresiella clymenoides Harmelin, 1968
Clymenura clypeata (Saint-Joseph, 1894)
Euclymene palermitana (Grube, 1840)
Orbinia cuvieri (Audouin & Milne-Edwards, 1833)
Phylo ligustica (Orlandi, 1896)
Scoloplos (Scoloplos) armiger (O.F. Müller, 1776)
Caulleriella multibranchis (Grube, 1863)
Malmgreniella lunulata (Delle Chiaje, 1841)
Sigalion mathildae Audouin & Milne-Edwards, 1832
Sthenelais boa (Johnston, 1833)
Sthenelais limicola (Ehlers, 1864)
Ophiodromus flexuosus (Delle Chiaje, 1825)
Sigambra tentaculata (Treadwell, 1941)
Glycera rouxi Audouin & Milne Edwards, 1833)
Glycera tessellata Grube, 1863)
Glycera tridactyla Schmarda, 1861
Nephtys hombergi Savigny, 1818
Dorvillea (Schistomeringos) neglecta (Fauvel, 1923)
Dorvillea (Schistomeringos) rudolphi (Delle Chiaje, 1828)
Lumbrineris gracilis (Ehlers, 1868)
Scoletoma fragilis (O.F. Müller, 1776)
Scoletoma tetraura (Schmarda, 1861)
Aponuphis fauveli (Rioja, 1918)
Diopatra neapolitana Delle Chiaje, 1841
Myriochele oculata Zachs, 1923
Owenia fusiformis Delle Chiaje, 1841
Pherusa monilifera (Delle Chiaje, 1841)
Pherusa plumosa (O.F. Müller, 1776)
Dispio uncinata Hartman, 1951
Minuspio cfr. *cirrifera* Wiren, 1883
Prionospio caspersi Laubier, 1962
Prionospio fallax Soderstrom, 1920
Scolelepis foliosa (Audouin & Milne Edwards, 1833)
Spio decoratus Bobretzky, 1870
Spiophanes bombyx (Claparède, 1870)
Spiochaetopterus costarum (Claparède, 1868)

CRUSTACEA

Cumacea

- Bodotria arenosa* Goodsir, 1843
Bodotria pulchella G.O. Sars, 1878
Iphinoe armata Ledoyer, 1965
Iphinoe inermis Sars, 1878
Iphinoe meotica Sowinskyi, 1893
Iphinoe rhodaniensis Ledoyer, 1965
Iphinoe tenella Sars, 1878
Iphinoe trispinosa (Goodsir, 1843)
Vaunthompsonia cristata Bate, 1858
Eudorella nana Sars, 1879
Eudorella truncatula (Bate, 1856)
Bathycuma longicaudata Caiman, 1912
Pseudocuma (Pseudocuma) simile G.O. Sars, 1900

Tanidacea

- Apseudopsis latreillei* (Milne-Edwards, 1828)

Amphipoda

- Ampelisca brevicornis* (A. Costa, 1853)
Amphilochus brunneus Della Valle, 1893
Apolochus neapolitanus (Della Valle, 1893)
Aora spinicornis Afonso, 1976
Autonoe spiniventris (Della Valle, 1893)
Apocorophium acutum (Chevreux, 1908)
Corophium acherusicum A. Costa, 1851
Atylus guttatus (Costa, 1851)
Atylus massiliensis Bellan-Santini, 1975
Apherusa chiereghinii Giordani- Soika, 1949
Microprotopus maculatus Norman, 1867
Jassa marmorata Holmes, 1903
Jassa ocia (Bate, 1862)
Microjassa cumbrensis (Stebbing & Robertson, 1891)
Leucothoe incisa Robertson, 1892
Leucothoe oboa Karaman, 1971
Leucothoe occulta Krapp-Schickel, 1975
Leucothoe pachycera Della Valle, 1893
Leucothoe serraticarpa Della Valle, 1893
Leucothoe spinicarpa (Abildgaard, 1789)
Hippomedon massiliensis Bellan-Santini, 1965
Lysianassa costae Boeck, 1871
Megaluropus massiliensis Ledoyer, 1976
Deflexilodes acutipes (Ledoyer, 1983)
Perioculodes longimanus longimanus (Bate & Westwood, 1868)
Pontocrates arenarius (Bate, 1858)
Synchelidium haplocheles (Grube, 1864)
Synchelidium longidigitatum Ruffo, 1947
Bathyporeia borgi D'Udekem D'Acoz, 2005
Bathyporeia guilliamsoniana (Bate, 1857)

Bathyporeia phaiophthalma Bellan-Santini, 1973
Urothoe pulchella (Costa, 1853)
Pseudolirius kroyeri (Haller, 1879)
Pariambus typicus (Krøyer, 1844)

Decapoda

Processa modica Williamson & Rochanaburanon, 1979
Philocheras monacanthus (Holthuis, 1961)
Diogenes pugilator (Roux, 1829)
Liocarcinus depuratur (Linneus, 1758)
Liocarcinus maculatus (Risso, 1827)
Liocarcinus vernalis (Risso, 1827)