

ENI S.p.A. - DIVISIONE E&P

**SINTESI DEI MONITORAGGI VOLTI A VALUTARE
GLI IMPATTI DI NUOVE PIATTAFORME OFFSHORE
NELL'AREA INTERESSATA ALLA REALIZZAZIONE
DELLA PIATTAFORMA ELETTRA**

OPERATORE SCIENTIFICO:
CNR – ISMAR SEDE DI ANCONA

RAPPORTO A CURA DI:
GIANNA FABI
FABIO GRATI
SARINE MANOUKIAN
ALESSANDRA SPAGNOLO

ANCONA, APRILE 2011

INDICE

1.	INTRODUZIONE	1
2.	INQUADRAMENTO DELL'AREA DELLA FUTURA PIATTAFORMA ELETTRA	3
2.1.	CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA	3
2.1.1.	CIRCOLAZIONE	7
2.2.	CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI.....	7
2.3.	COMUNITA' MACROZOOBENTONICHE	8
2.4.	COMUNITA' ITTICA	9
3.	SINTESI DEI RISULTATI CONSEGUITI NEL CORSO DEI MONITORAGGI AMBIENTALI CONSEGUENTI L'INSTALLAZIONE DELLE PIATTAFORME BARBARA NW E CALPURNIA	12
3.1.	CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA(piattaforma BARBARA NW)	13
3.2.	CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI.....	15
3.3.	RICERCA DI INQUINANTI E STUDIO DEI BIOMARKERS NEI MITILI INSEDIATI SULLE PARTI SOMMERSI DELLE PIATTAFORME.....	20
3.4.	COMUNITA' MACROZOOBENTONICHE.....	20
3.5.	COMUNITA' ITTICA (piattaforma BARBARA NW).....	24
3.6.	PASSAGGIO DI CETACEI E TARTARUGHE MARINE	27
3.7.	INFLUENZA DELLE PIATTAFORME OFFSHORE SULLE COMPONENTI PLANCTONICHE	29
4.	CONCLUSIONI	31
5.	INQUADRAMENTO DELL'AREA DEL FUTURO SEA-LINE ELETTRA - BARBARA C / BONACCIA	35
5.1.	CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI.....	36
5.2.	COMUNITA' MACROZOOBENTONICHE	36
6.	SINTESI DEI RISULTATI CONSEGUITI NEL CORSO DEI MONITORAGGI AMBIENTALI CONSEGUENTI L'INSTALLAZIONE DELLE CONDOTTE SOTTOMARINE BARBARA NW - BARBARA B e CLARA NORD - CALPURNIA	38
6.1.	CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI.....	38
6.2.	COMUNITA' MACROZOOBENTONICHE	41
6.3.	PASSAGGIO DI CETACEI E TARTARUGHE MARINE	48
7.	CONCLUSIONI	50
8.	BIBLIOGRAFIA	52

1. INTRODUZIONE

Nella presente relazione vengono riassunte le caratteristiche oceanografiche, sedimentologiche e biologiche (comunità bentonica e comunità ittica) dell'area interessata dall'installazione della piattaforma di estrazione Elettra e del sea-line di collegamento tra tale piattaforma e le esistenti strutture Barbara C-Bonaccia. I dati derivano da:

- survey ambientali condotti dalla Società GAS nel 2010;
- monitoraggi ambientali multidisciplinari condotti negli anni 2000-2002 dal CNR-ISMAR di Ancona presso le piattaforme Barbara NW e Calpurnia (Fabi *et al.*, 2002; 2004a) e i sea-line Barbara NW - Barbara B e Clara Nord – Calpurnia installati nello stesso areale e sulla medesima tipologia di fondale in cui verrà posta in opera Elettra e distanti dalla stessa rispettivamente 9 e 51 km (fig. 1.1);
- monitoraggi ambientali multidisciplinari condotti dal CNR-ISMAR di Ancona presso altre piattaforme offshore situate in Adriatico centro-settentrionale;
- altri progetti svolti dal CNR-ISMAR di Ancona nell'area;
- fonti bibliografiche.

Vengono anche descritti i risultati conseguiti nel corso degli studi di impatto ambientale riguardanti Barbara NW e Calpurnia che, sulla base delle esperienze condotte da questo Istituto nel settore dei monitoraggi ambientali di piattaforme offshore in Adriatico a partire dal 1998, possono ragionevolmente fornire informazioni utili sugli eventuali impatti che si possono attendere dall'installazione della piattaforma Elettra. Tali monitoraggi hanno preso in considerazione i seguenti comparti:

- oceanografico (caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua e misure correntometriche);
- sedimentologico (caratteristiche fisiche e chimiche);
- ecotossicologico (saggi biologici con *Corophium orientale* e *Paracentrotus lividus*, bioaccumulo di metalli pesanti in *Hediste diversicolor*);
- qualità della colonna d'acqua (analisi di inquinanti e biomarker in *Mytilus galloprovincialis*);
- biologico (comunità bentonica e ittica presenti nell'area circostante la piattaforma e in siti di controllo).

Presso altre piattaforme presenti nel medesimo areale di Elettra oggetto di più recenti monitoraggi rispetto a Barbara NW e Calpurnia (Clara Est, Clara Nord, Calipso; Fabi *et al.*, 2006; 2010a; 2010c) sono stati inoltre effettuati censimenti periodici sul passaggio di cetacei nell'area interessata dalla presenza delle strutture.

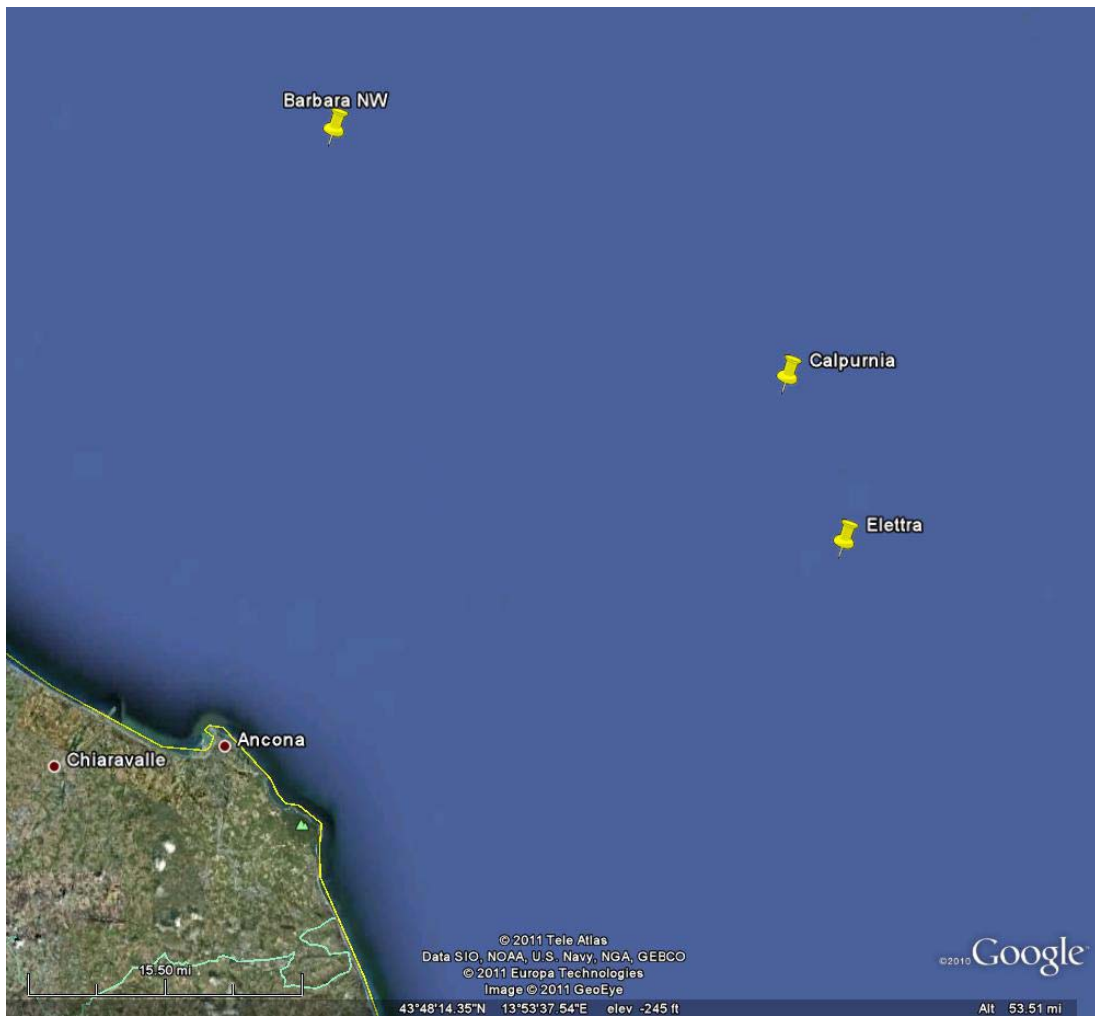


Fig. 1.1 - Posizione delle piattaforme Barbara NW e Calpurnia monitorate dal CNR-ISMAR negli anni 2000-2002 e della futura piattaforma Elettra.

2. INQUADRAMENTO DELL'AREA DELLA FUTURA PIATTAFORMA ELETTRA

La futura piattaforma Elettra verrà installata in Adriatico centrale, a 59 km a Nord di Ancona (profondità: 79 m; Tab. 2-I). Dal punto di vista sedimentologico, la struttura sarà allocata in un'area caratterizzata dalla presenza di sabbie pelitiche (fig. 2.1).

Tab. 2-I - Coordinate geografiche della futura piattaforma Elettra.

Futura piattaforma ELETTRA			
Roma Monte Mario 1940		Gauss Boaga Fuso Est	
43°45'49.461''N	14°12'55.024''E	4846020N	2456834E

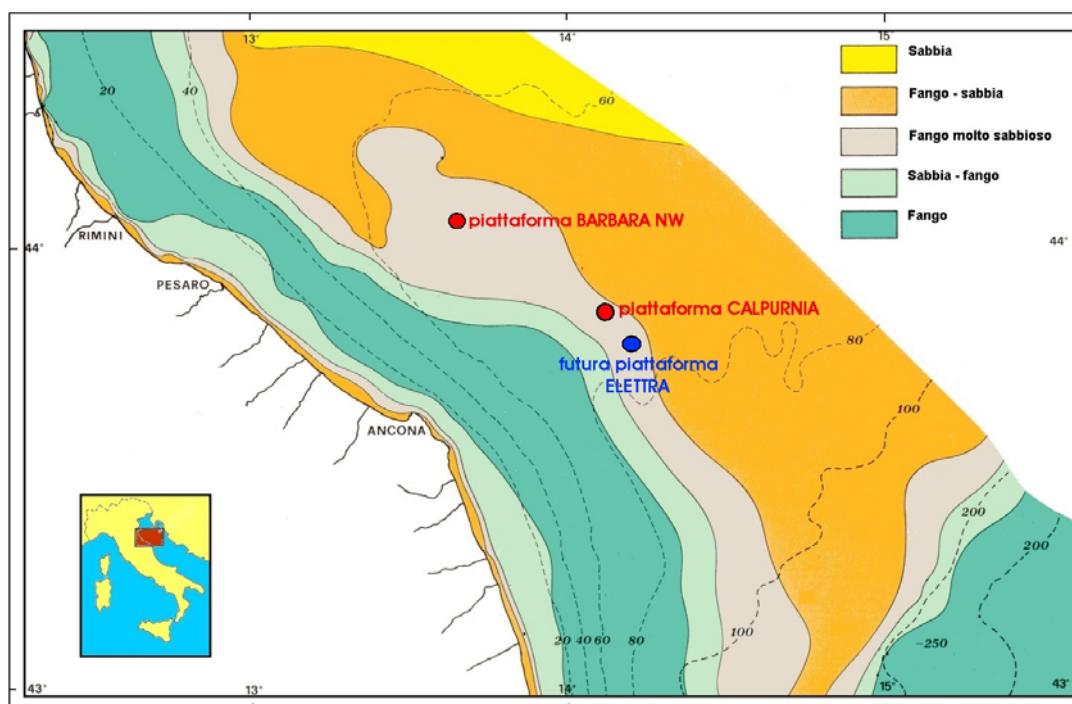


Fig. 2.1 - Carta sedimentologica dell'Adriatico centrale con riportata la posizione della futura piattaforma Elettra nel mare Adriatico modificata da Brambati *et al.*, 1983). Sono anche riportate le posizioni delle piattaforme Barbara NW e Calpurnia monitorate dal CNR-ISMAR.

2.1. CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

Nell'area interessata dalla posa della futura piattaforma Elettra sia la temperatura che la salinità sono soggette a un'evidente stagionalità, che si manifesta con la

formazione di un termoclino e un aloclino verso il mese di giugno, caratteristici del medio Adriatico (Russo e Artegiani, 1996).

Per quanto concerne la temperatura, generalmente nei mesi invernali la colonna d'acqua appare omogenea, con valori prossimi a 12-14°C. In primavera inizia la formazione del termoclino intorno a 20 m di profondità, che porta a raggiungere 22-25°C negli strati più superficiali e 12°C in quelli più profondi (figg. 2.2 e 2.3).

La salinità presenta valori minimi nei periodi estivi (36-37 psu in superficie e 38,5 psu sul fondo), da giugno a settembre, e massimi in quelli invernali (~38,5 psu).

In generale, la colonna d'acqua è caratterizzata durante tutto l'anno da quantità di particolato molo basse, intorno a 0,1-0,2 FTU, che tendono ad aumentare in prossimità del fondo (1,4 FTU).

Le percentuali di saturazione di ossigeno risultano generalmente più basse negli strati più profondi ma, anche nelle stagioni estive, durante le quali potrebbero verificarsi fenomeni di ipossia dovuti alla stratificazione termica, non si raggiungono mai valori al di sotto del 60%. Spesso, nei mesi più caldi si possono avere sovrassaturazioni di ossigeno negli strati sub-superficiali determinate da una maggiore attività fotosintetica rispetto ai periodi più freddi.

Per quanto concerne la presenza di nutrienti (nitriti, nitrati, ammonio, ortofosfati, ortosilicati), tutta l'area risulta oligotrofica per la scarsa quantità di sali nutritivi durante tutto l'anno. Nitriti e nitrati raggiungono in genere le concentrazioni maggiori in prossimità del fondo (sino a circa 0,45 µM/L e 1,1 µM/L rispettivamente). L'ammonio presenta una maggiore variabilità lungo la colonna, con valori comunque quasi sempre attorno a 1 µM/L, mentre gli ortofosfati oscillano tra 0,1 e 0,4 µM/L. Analogamente a nitriti e nitrati, le concentrazioni degli ortosilicati sono generalmente maggiori in prossimità del fondo (sino a circa 6-7 µM/L) dove l'attività di mineralizzazione è più marcata.

Anche le scarse quantità di clorofilla *a*, *b*, *c* confermano la situazione oligotrofica dell'area. Le concentrazioni di clorofilla *a* si aggirano generalmente intorno a 0,01-0,32 µg/L in superficie e a 0,05-1,05 µg/L in prossimità del fondo. Quelle di clorofilla *b* possono oscillare tra 0,01 e 1,00 µg/L in superficie e tra 0,02 e 0,70 µg/L sul fondo, mentre quelle di clorofilla *c* tra 0,01 e 0,40 µg/L in superficie e tra 0,01 e 0,30 µg/L negli strati più profondi.

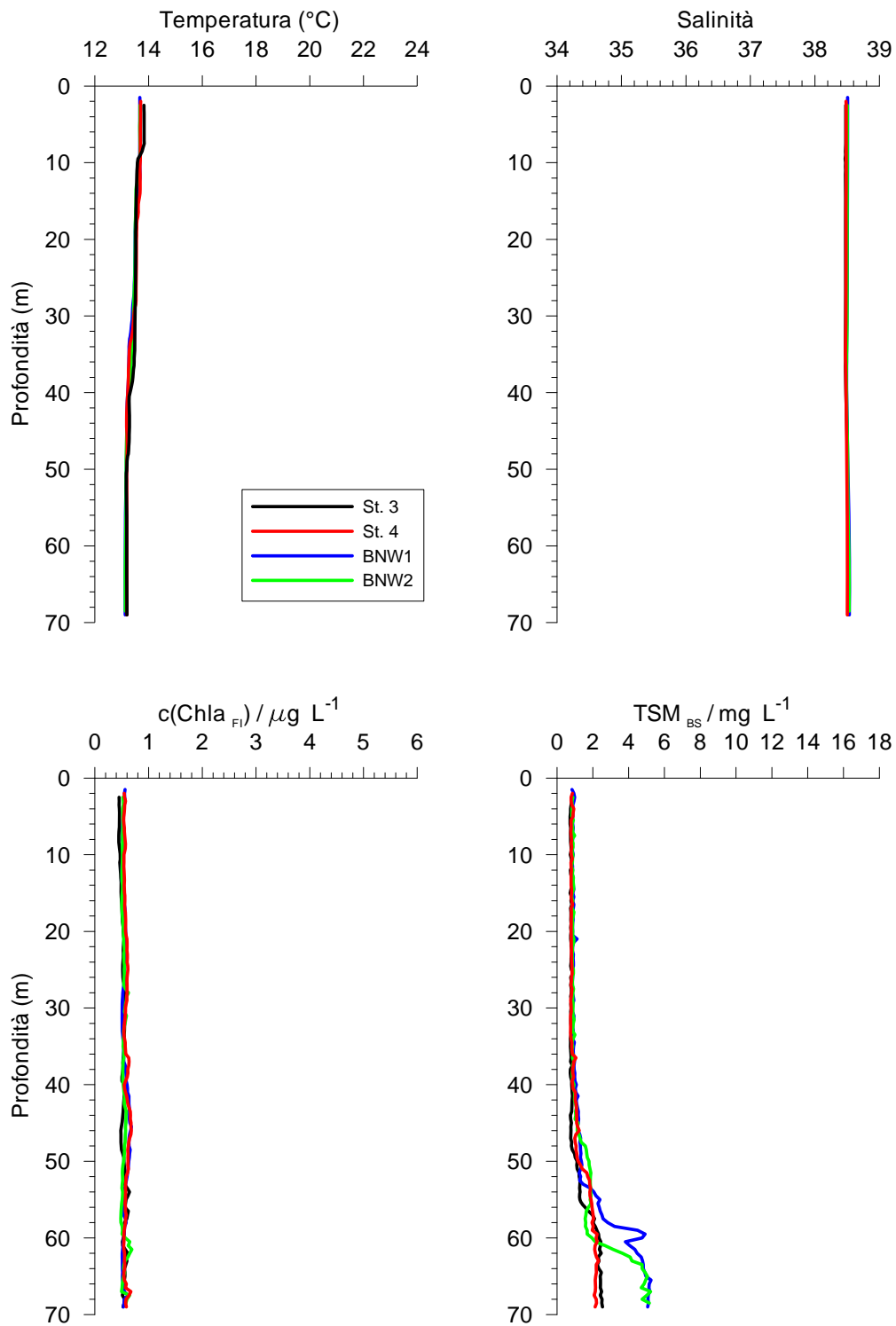


Fig. 2.2 - Profili di temperatura, salinità, clorofilla *a* misurata *in situ* (fluorescenza indotta) e total suspended matter (TSM) registrato con back-scattering nel marzo 2001 presso la piattaforma Barbara NW. E' evidente l'omogeneità della colonna d'acqua tipica dei periodi invernali. St 3 e St 4 = controlli; BNW1 e BNW2 = siti prossimi alla piattaforma. (dati CNR-ISMAR).

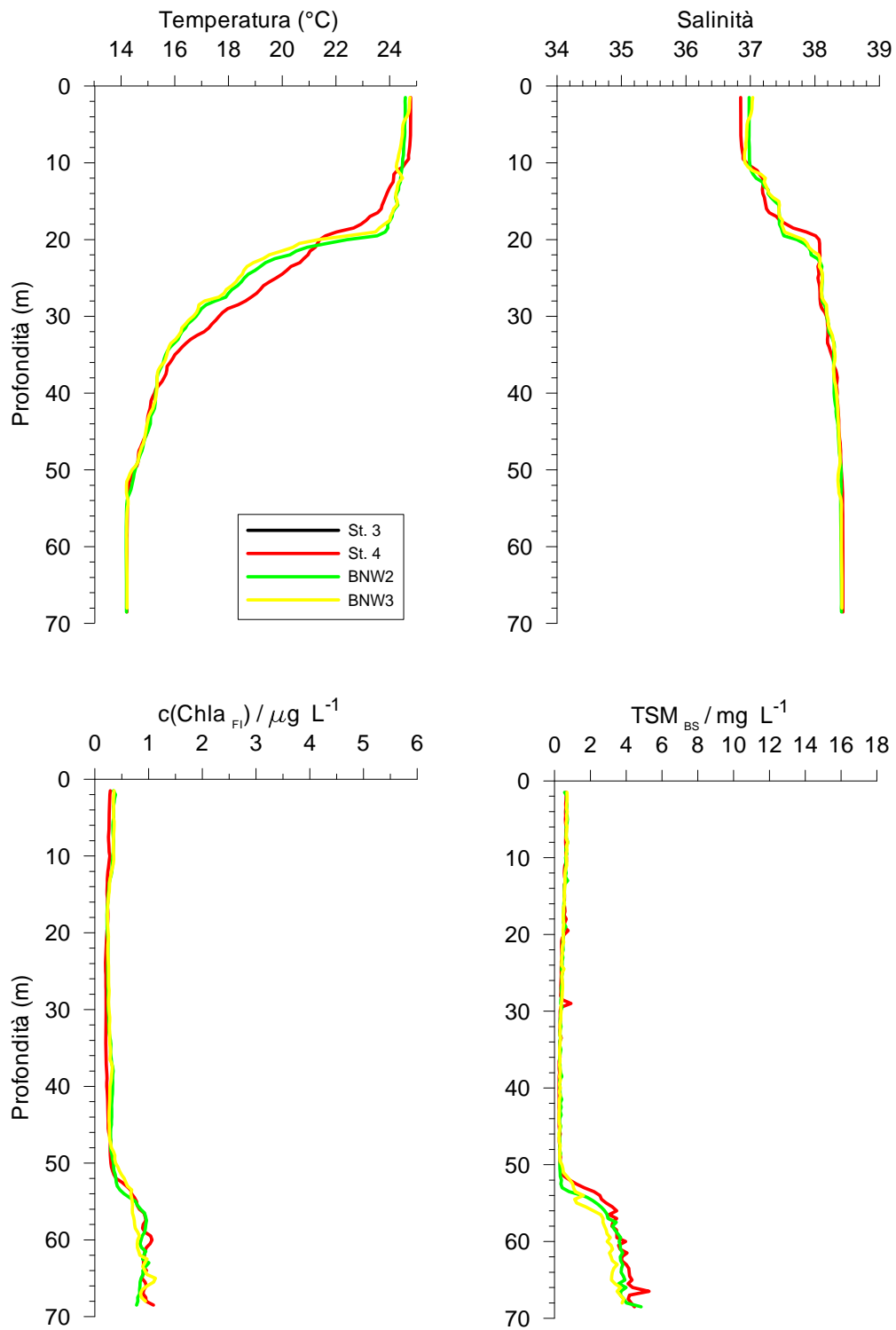


Fig. 2.3 - Profili di temperatura, salinità, clorofilla *a* misurata *in situ* (fluorescenza indotta) e total suspended matter (TSM) registrato con back-scattering nel luglio 2001 presso la piattaforma Barbara NW. Sono evidenti il termoclino e l'aloclino tipici delle stagioni estive. St 3 e St 4 = controlli; BNW1 e BNW2 = siti prossimi alla piattaforma. (dati CNR-ISMAR).

2.1.1 CIRCOLAZIONE

Nell'area interessata dalla futura piattaforma Elettra vi è una corrente prevalentemente di direzione ESE sia in superficie che in prossimità del fondo, dove si può però verificare un'alternanza delle componenti E-W. La velocità appare più variabile in superficie a causa dell'influenza dei venti (1,0-2,0 cm/s), mentre sul fondo si aggira attorno a 1,5 cm/s (fig. 2.4).

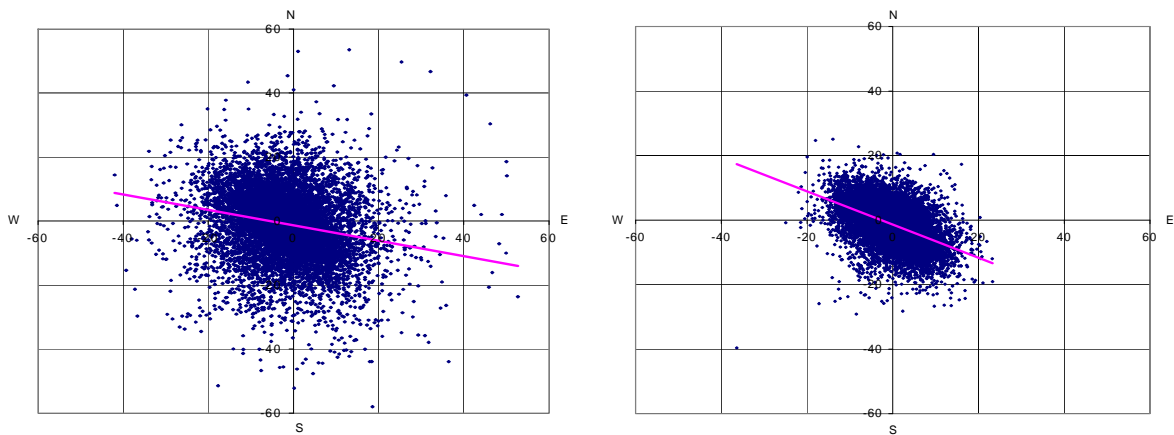


Fig. 2.4 - Dispersione dell'intensità delle correnti registrate presso la piattaforma Barbara NW in superficie (sinistra) e sul fondo (destra) negli anni 2000-2002 (dati CNR-ISMAR).

2.2. CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI

Come già anticipato nel Cap. 2, i sedimenti sui quali sarà installata la piattaforma sono classificabili come sabbie siltose secondo Shepard. La percentuale di sabbia può oscillare tra il 52 e il 73%, il silt tra il 23 e il 42%, mentre l'argilla non supera il 7%.

Le concentrazioni di IPA nell'area in esame variano tra l'0,11-0,71 mg/kg s.s. e risultano pertanto inferiori al Livello Chimico di Base (LCB; 0,9 mg/kg) indicato nella Tab. 2.3A del Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini redatto da ICRAM-APAT (2006) per i sedimenti con pelite >25%.

Il contenuto dei metalli pesanti può presentare una certa stagionalità, con concentrazioni maggiori in inverno e inferiori in estate, verosimilmente a causa della stratificazione estiva e del rimescolamento invernale della colonna d'acqua.

In generale, il contenuto di metalli pesanti è da ritenersi basso. Ad esempio, le concentrazioni di Al si aggirano attorno a 10000-11000 mg/kg, mentre il bario

raggiunge 86 mg/kg. Il mercurio risulta al di sotto del limite di rilevabilità. Il contenuto di cromo è di 41-42 mg/kg (LCB: 100 mg/kg), quello di piombo di 15 mg/kg (LCB: 37 mg/kg) e quello del nichel di 38 mg/kg (LCB: 60 mg/kg).

Il carbonio organico totale presenta sempre concentrazioni inferiori all'1%, mentre la sostanza organica si aggira attorno al 2-5%.

2.3. COMUNITA' MACROZOOBENTONICHE

La comunità macrozoobentonica presente nell'area della futura piattaforma Eleetra è costituita in prevalenza da policheti (fino al 70% dell'intero popolamento in termini di abbondanza), crostacei e molluschi, soprattutto appartenenti alla Biocenosi dei Fanghi Terrigeni Costieri. Tra questi si annoverano il crostaceo anfipode *Harpinia dellavallei* e il mollusco bivalve *Mysella bidentata*. Ben rappresentate sono anche le specie indicatrici della presenza di materia organica nei sedimenti come il polichete *Levinsenia* sp. La ricchezza specifica totale è compresa tra 12 e 19 (dati Società Gas). In generale, si riscontra una buona diversificazione, come indicato dall'indice di diversità specifica H' di Shannon-Weaver (3,12-3,78) e dall'indice di equitabilità J (0,87-1,00), determinata dall'assenza di specie fortemente dominanti (indice di dominanza di Simpson: 0,10-0,16). L'indice AMBI, recentemente sviluppato per la determinazione dello stato di salute degli ecosistemi marini in accordo con la Direttiva 2000/60/EC e basato sulla collocazione delle diverse specie bentoniche in 5 diversi gruppi ecologici sulla base della loro sensibilità o tolleranza a particolari condizioni ambientali, ha collocato l'area della futura piattaforma nella categoria di stato ecologico buono. I valori ottenuti, compresi tra 1,2 e 3,3, corrispondono a un disturbo di lieve entità (Borja *et al.*, 2000).

Non sono presenti fanerogame marine.

Per quanto concerne il megabenthos che, secondo Lampitt *et al.* (1986), rappresenta una frazione distinta dell'ecosistema rispetto alla macrofauna e alla meiofauna, in fig. 2.5 è riportata una mappa della distribuzione delle principali aggregazioni presenti in un vasto areale comprendente anche la zona in cui verrà installata Eleetra, ricavata nel corso del 2007 durante survey di pesca con attrezzi al traino condotti nell'ambito del Progetto SOLEMON dal CNR-ISMAR di Ancona.

Si tratta di tutte specie di fondo mobile, appartenenti a diverse Biocenosi. Nell'area interessata dalla futura piattaforma Elettra vi è una predominanza del crostaceo decapode *Liocarcinu depurator* e dell'echinoderma asteroideo *Astropecten irregularis*, appartenenti rispettivamente alle biocenosi dei Fanghi Batiali e del Detritico Costiero.

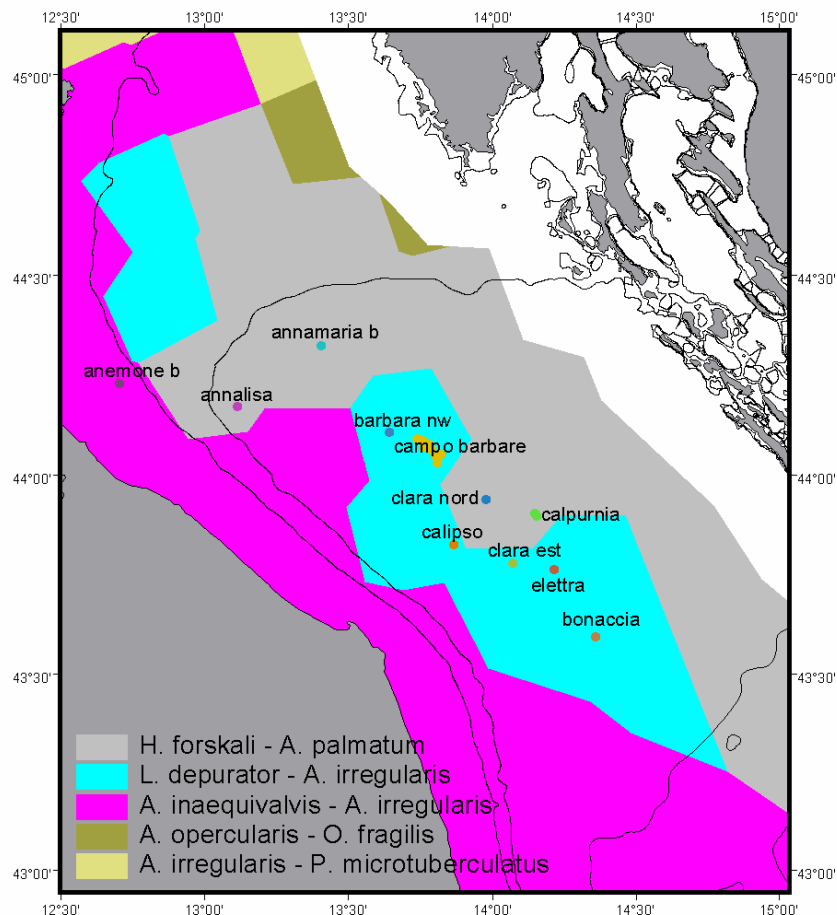


Fig. 2.5 - Distribuzione delle principali specie di megabenthos nell'Adriatico centro-settentrionale. Sono anche riportate numerose piattaforme estrattive offshore oggetto di monitoraggi ambientali condotti dal CNR-ISMAR e la posizione della futura piattaforma Elettra (dati CNR-ISMAR Ancona).

2.4. COMUNITÀ ITTICA

L'area di mare interessata dall'installazione della piattaforma Elettra è caratterizzata da fondi mobili in cui numerose specie ittiche demersali trovano un habitat idoneo. Dati raccolti nel corso di numerosi survey di pesca (Progetto SOLEMON) hanno evidenziato, in tale area, un popolamento caratterizzato dalla presenza di numerose

specie di pesci, molluschi e crostacei che rivestono un importante ruolo economico per le marinerie del medio e alto Adriatico (Tab. 2-II).

In termini di ricchezza specifica sono state rilevate 31 specie, di cui 22 pesci, 6 molluschi e 3 crostacei.

Tab. 2-II - Lista delle specie ittiche rinvenute nel corso del Progetto SOLEMON nell'area interessata dalla futura piattaforma Elettra. Sono anche riportate le percentuali di ciascuna specie in termini di peso e numero (dati CNR-ISMAR).

Specie	% in peso	% in numero
Pesci		
<i>Merluccius merluccius</i>	30.90	18.02
<i>Uranoscopus scaber</i>	9.03	3.60
<i>Eutrigla gurnardus</i>	7.79	26.35
<i>Trachinus draco</i>	5.99	4.73
<i>Solea solea</i>	4.94	0.90
<i>Lophius budegassa</i>	4.61	0.68
<i>Serranus hepatus</i>	2.39	14.19
<i>Chelidonychtys lucernus</i>	1.67	0.68
<i>Lepidotrigla cavillone</i>	1.20	6.53
<i>Cepola macrophtalma</i>	0.94	1.80
<i>Arnoglossus laterna</i>	0.75	3.38
<i>Lophius piscatorius</i>	0.48	0.23
<i>Microchirus variegatus</i>	0.40	1.13
<i>Mullus barbatus</i>	0.36	0.68
<i>Trisopterus minutus capelanus</i>	0.36	0.45
<i>Citharus linguatula</i>	0.34	1.80
<i>Pagellus erythrinus</i>	0.22	0.68
<i>Blennius ocellaris</i>	0.20	0.45
<i>Spicara maena</i>	0.19	0.23
<i>Scorpaena notata</i>	0.08	0.23
<i>Antonogadus megalokynodon</i>	0.05	0.45
<i>Zeus faber</i>	0.04	0.23
Molluschi		
<i>Sepia officinalis</i>	14.12	2.70
<i>Sepia elegans</i>	0.64	2.25
<i>Eledone moschata</i>	0.56	0.23
<i>Eledone cirrosa</i>	0.36	0.45
<i>Bolinus brandaris</i>	0.08	0.23
<i>Illex coindettii</i>	0.40	0.90
Crostacei		
<i>Maja squinado</i>	9.61	0.45
<i>Nephrops norvegicus</i>	0.79	1.13
<i>Parapenaeus longirostris</i>	0.56	4.28

In particolare, per quanto concerne i pesci, il nasello *Merluccius merluccius* risulta la specie più importante nei rendimenti di pesca in termini di biomassa, costituendo più

del 30% dell'intera cattura, seguito dal pesce prete *Uranoscopus scaber* (9,03%) e dal Triglide *Eutrigla gurnardus* (7,79%; Tab. 2-II). Quest'ultima specie, in virtù del basso peso medio degli individui catturati, domina la categoria dei pesci in termini numerici (26,35% del totale), seguita da *M. merluccius* (18,02%) e *Serranus hepatus* (14,19%), anche quest'ultimo rappresentato da individui di esigue dimensioni.

Tra i molluschi la seppia *Sepia officinalis* risulta la specie più abbondante sia in termini numerici che ponderali, costituendo rispettivamente il 2,70% e il 14,12% della cattura totale, mentre tra i restanti taxa solo *Sepia elegans* assume una certa importanza come numero di individui (2,25% della cattura totale).

Tra i crostacei, le specie più comuni nell'area oggetto di studio sono la grancevola *Maja squinado* e il gambero rosa *Parapenaeus longirostris* seguiti dallo scampo *Nephrops norvegicus*.

La maggior parte delle specie sopra citate non mostra affinità nei confronti dei substrati duri naturali e/o artificiali essendo tipiche di fondali sabbio-fangosi.

3. SINTESI DEI RISULTATI CONSEGUITI NEL CORSO DEI MONITORAGGI AMBIENTALI CONSEGUENTI L'INSTALLAZIONE DELLE PIATTAFORME BARBARA NW E CALPURNIA

La piattaforma Barbara NW è installata a circa 30 mn al largo di Ancona su una profondità di circa 68 m e, come già anticipato nel Cap. 1, dista 59 km dalla futura Elettra. Tale piattaforma è collegata tramite una condotta sottomarina alla piattaforma Barbara B.

I lavori di installazione sono terminati nel giugno 1999. Sia la piattaforma che il sea-line sono stati sottoposti, nel periodo 2000-2002, a un monitoraggio ambientale comprendente indagini oceanografiche nell'area circostante la piattaforma, sedimentologiche condotte sia nell'area di influenza della piattaforma che del sea-line e biologiche (comunità bentonica nell'area della piattaforma e del sea-line e ittica nell'area della piattaforma). Sono state svolte anche analisi di biomarker e bioaccumulo di metalli pesanti in mitili insediati nelle parti sommerse della piattaforma (Fabi *et al.*, 2004a).

La piattaforma Calpurnia è situata alla stessa distanza da Ancona, ma su un fondale di 74 m e dista 15 km da Elettra. I lavori di posa in opera sono terminati nel luglio 2000 e il monitoraggio ha avuto una durata di 2 anni (2000-2001). Sono stati indagati i medesimi comparti investigati su Barbara NW eccetto le caratteristiche oceanografiche e la comunità ittica (Fabi *et al.*, 2002). La scelta di effettuare in questo caso un monitoraggio ridotto è stata dettata dal fatto che Calpurnia è situata nello stesso areale di Barbara NW, per cui si è ritenuta sufficiente un'indagine limitata a descrivere gli eventuali cambiamenti indotti sul fondo, sia sui sedimenti che sulla comunità bentonica presente attorno alla piattaforma, mentre per ciò che riguarda i parametri chimici e fisici della colonna d'acqua e l'evoluzione della comunità ittica associata alla struttura sono da ritenere validi i risultati conseguiti per Barbara NW.

3.1. CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA (piattaforma BARBARA NW)

Il piano di campionamento delle caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua ha previsto prelievi bimensili presso 4 stazioni poste entro 500 m dalla piattaforma e 2 stazioni di controllo situate a oltre 4 mn di distanza (fig. 3.1). Presso tutti i siti sono stati registrati i parametri fisici tramite sonda multiparametrica CTD e sono stati prelevati campioni d'acqua per le analisi dei sali nutritivi e delle clorofille a 5 quote (superficie, -10m, -20m, -40m e in prossimità del fondo).

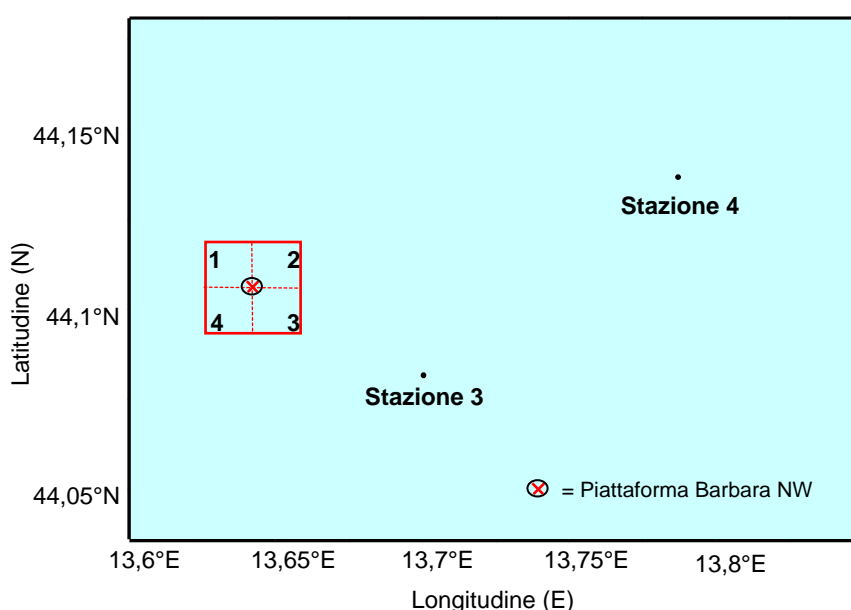


Fig. 3.1 - Schema di campionamento per le indagini idrologiche svolte nel 2001 e nel 2002: l'area di studio attorno alla piattaforma Barbara NW è stata suddivisa in quadranti (quadrante 1 a NW rispetto alla piattaforma, quadrante 2 a NE, quadrante 3 a SE, 4 a SW), nei quali sono rispettivamente posizionati i siti di campionamento 1BNW, 2BNW, 3BNW e 4BNW; sono anche indicate le stazioni di controllo 3 e 4.

Nel corso dell'intero studio non sono state riscontrate differenze tra l'area circostante la piattaforma e le zone di controllo per quanto concerne le caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua (fig. 3.2). Solo per le clorofille *a*, *b* e *c* sono stati registrati sporadici picchi in prossimità della piattaforma dopo tre anni dalla fine dei lavori di installazione della struttura, presumibilmente determinati da una maggiore attività fotosintetica rispetto ai controlli; analogamente, l'ammonio è risultato maggiore nei pressi di Barbara NW probabilmente a causa della maggiore attività biologica rispetto ai controlli (fig. 3.3).

Per le misure correntometriche registrate presso Barbara NW, vedere Cap. 2.1.1.

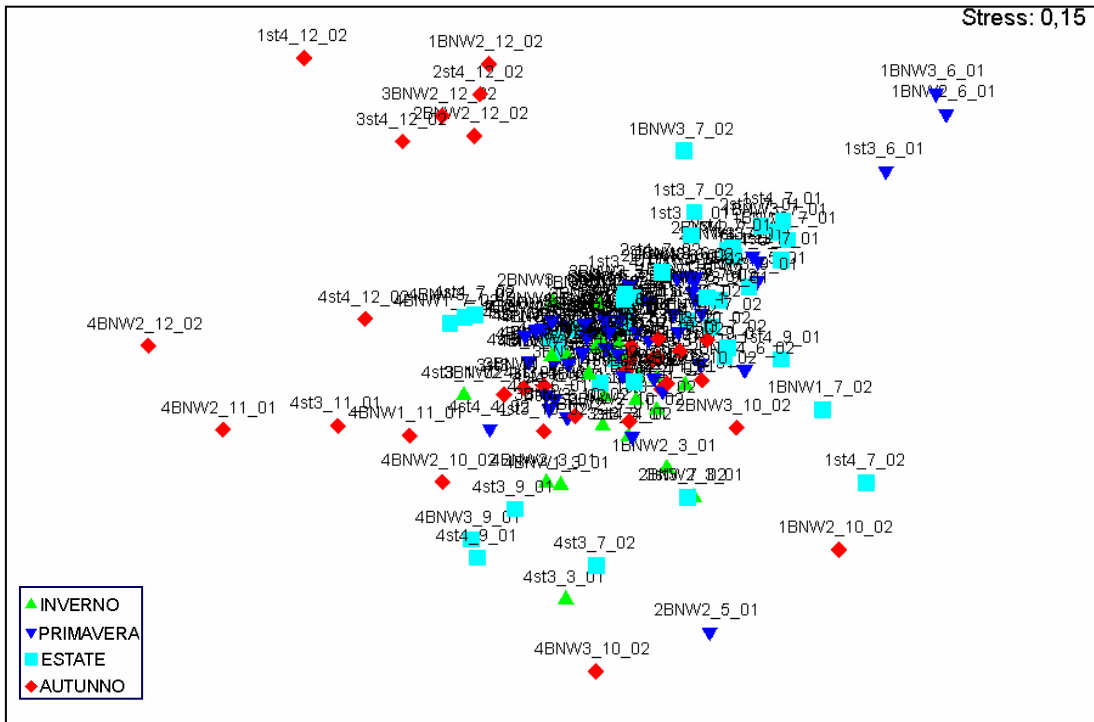


Fig. 3.2 - Multidimensional scaling applicato ai dati fisici e chimici della colonna d'acqua raccolti nel corso dell'intero periodo di monitoraggio. Ogni sigla indica il nome della stazione (per la posizione rispetto alla piattaforma vedere fig. 3.1) e la data del campionamento.

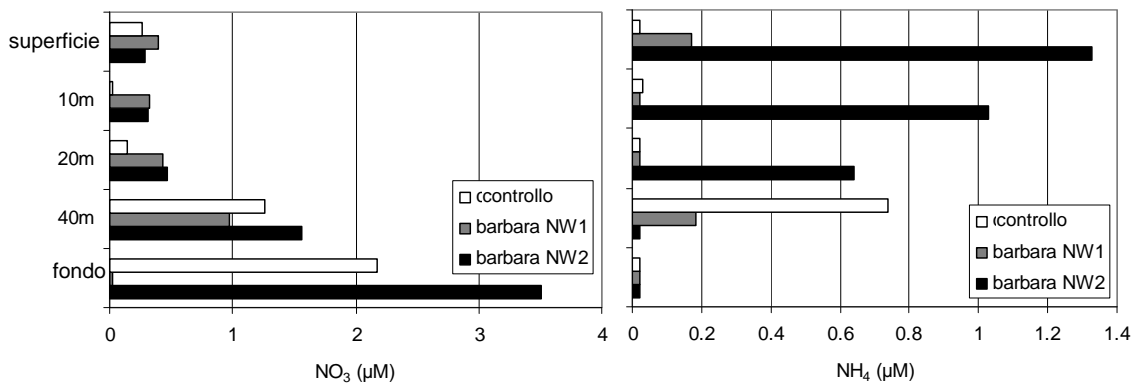


Fig. 3.3 - Concentrazioni di nitrati (a sinistra) e ammonio (a destra) registrati in due siti prossimi alla piattaforma Barbara NW (NW1 e NW2) e in un controllo a diverse profondità lungo la colonna d'acqua (da Fabi *et al.*, 2005a).

3.2. CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI

I campionamenti attorno ad entrambe le piattaforme sono stati effettuati in corrispondenza delle strutture (siti P), lungo due transetti perpendicolari intersecanti gli impianti (transetti A e B), uno in direzione NW-SE e l'altro in direzione NE-SW, lungo i quali sono state posizionate stazioni di prelievo a distanze crescenti (30m, 60m e 120m verso NW o NE e verso SE o SW), e presso i siti di controllo aventi le stesse caratteristiche geomorfologiche delle aree in esame ma posti sufficientemente lontano da non essere influenzati né dalle piattaforme oggetto di monitoraggio né da altre strutture. Le indagini sono state svolte due volte l'anno, inverno ed estate, che, come spiegato in precedenza, dal punto di vista oceanografico rappresentano situazioni "limite" in quanto caratterizzate, la prima da basse temperature e completo rimescolamento della colonna d'acqua e la seconda da elevate temperature e stratificazione orizzontale.

Dal punto di vista granulometrico l'installazione delle piattaforme non ha determinato variazioni nelle percentuali delle frazioni granulometriche nelle aree ad esse adiacenti, essendo sempre prevalente la frazione sabbiosa (fig. 3.4).

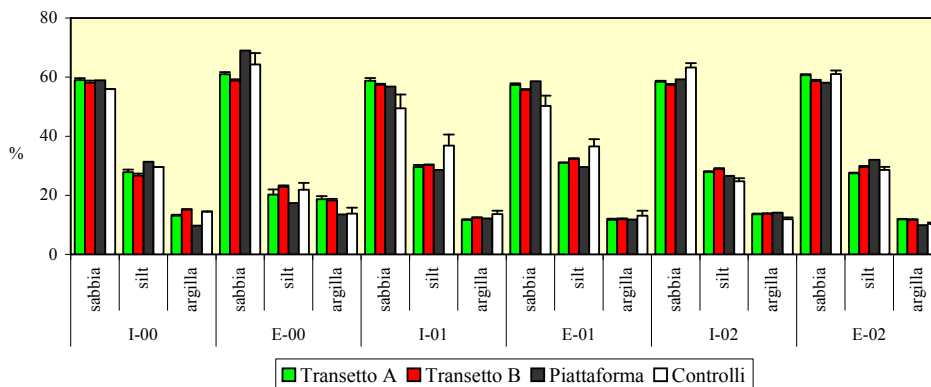


Fig. 3.4 - Piattaforma Barbara NW. Andamento delle principali frazioni granulometriche nell'arco dei tre anni di studio. Per i transetti e i siti di controllo è riportato il valore medio (\pm e.s.) per ogni stagione di monitoraggio.

Durante tutta la durata dei monitoraggi relativi a Barbara NW e Calpurnia, nonostante alcuni picchi sporadici, sono state riscontrate concentrazioni medie di IPA totali generalmente confrontabili nelle aree circostanti le piattaforme e i relativi controlli eccetto nell'inverno 2001 per Calpurnia (fig. 3.5). Si ritiene inoltre opportuno precisare che i monitoraggi condotti negli ultimi dieci anni su altre

piattaforme offshore di nuova installazione in diverse aree adriatiche (Clara Nord, Clara Est, Naide, Tea, Calipso, Annamaria B) hanno evidenziato una netta riduzione di questa tipologia di impatto (Fabi *et al.*, 2006; 2010a; 2010b; 2010c; 2011), probabilmente in seguito all'adozione di tecnologie più avanzate o migliori accorgimenti durante la fase di posa in opera delle strutture.

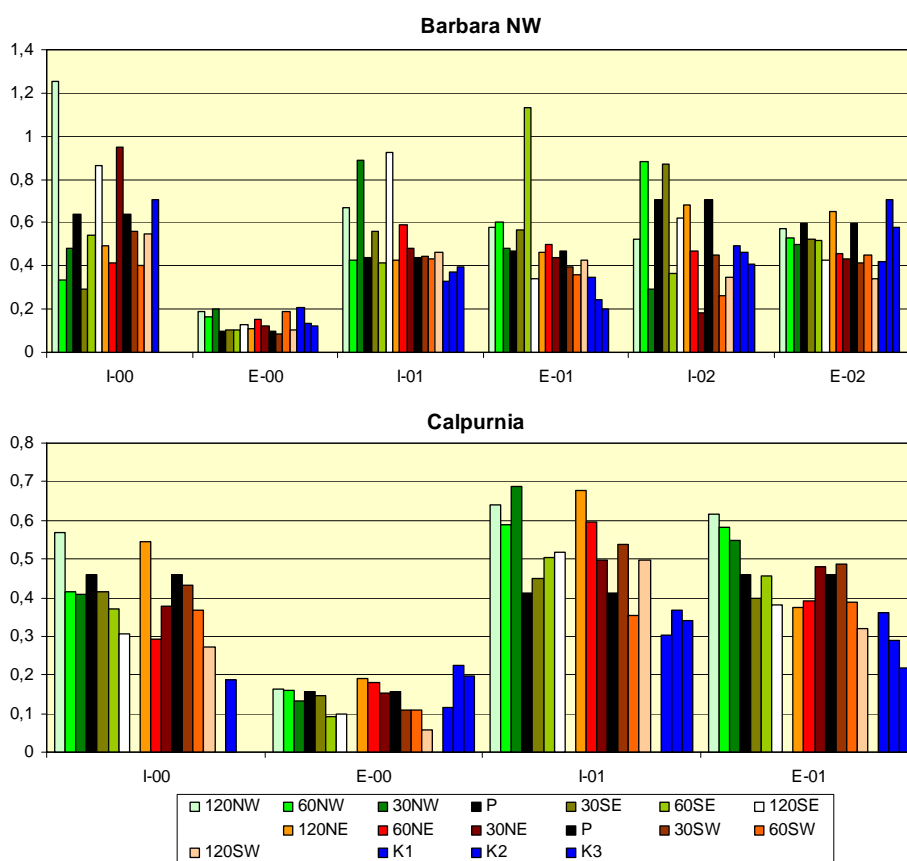


Fig. 3.5 - Concentrazioni degli IPA (mg/kg) rilevate in corrispondenza delle piattaforme Barbara NW e Calpurnia (P), lungo i rispettivi transetti A (siti NW - SE) e B (siti NE - SW) e presso i controlli (K1-K3; in blu).

I metalli pesanti hanno presentato alcuni picchi sia attorno a Barbara NW che attorno a Calpurnia nel primo monitoraggio condotto dopo la loro installazione che, in alcuni casi (alluminio, nichel, cadmio, bario), sono scomparsi entro il secondo anno di indagine. Tuttavia, picchi anomali di rame, piombo, mercurio e zinco sono stati rilevati anche nel III anno attorno a Barbara NW entro un raggio di 30-60 m di

distanza dalla struttura, indicando un certo impatto, pur spazialmente limitato, da parte della piattaforma o delle operazioni ad essa associate.

A titolo di esempio, in fig. 3.6 sono riportati gli andamenti di alcuni metalli pesanti registrati presso Barbara NW.

Per la sostanza organica, seppure con qualche eccezione, sono stati generalmente registrati valori maggiori in estate e inferiori in inverno sia nelle aree interessate dalla presenza delle piattaforme che nei controlli, a causa della normale intensificazione dei processi biologici che avviene con l'aumento della temperatura (fig. 3.7). Comunque, mentre presso Calpurnia con poche eccezioni non sono state registrate particolari differenze tra l'area circostante la piattaforma e i controlli, nel caso di Barbara NW la percentuale di sostanza organica è spesso risultata maggiore in piattaforma rispetto ai transetti, a loro volta superiori ai controlli, indicando una più intensa attività biologica nelle vicinanze della struttura.

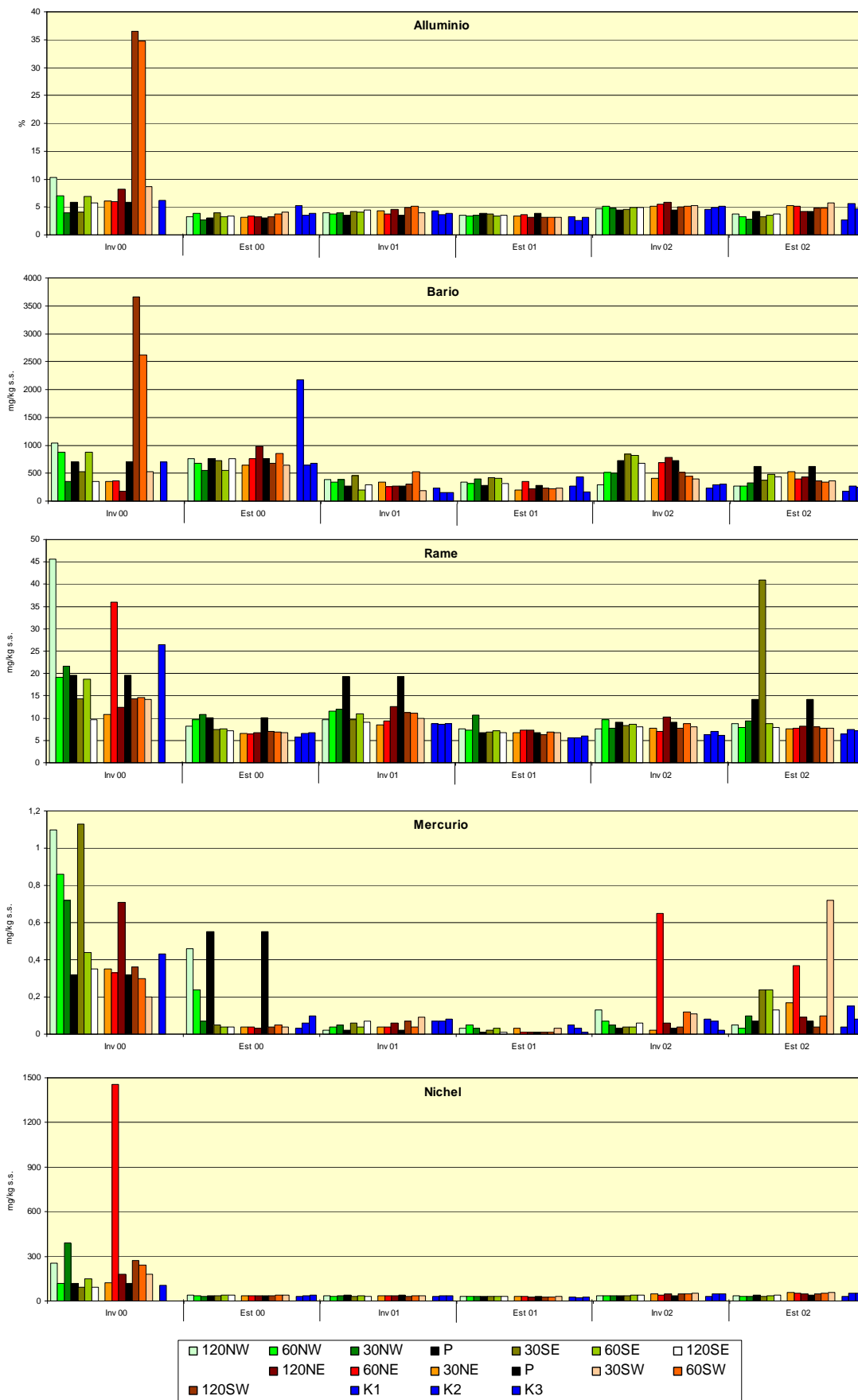


Fig. 3.6 - Concentrazioni di Al, Ba, Cd, Cr Cd e Ni rilevate durante il monitoraggio ambientale di Barbara NW. P = piattaforma. K = controlli; siti NW-SE = transetto A; siti NE-SW = transetto B.

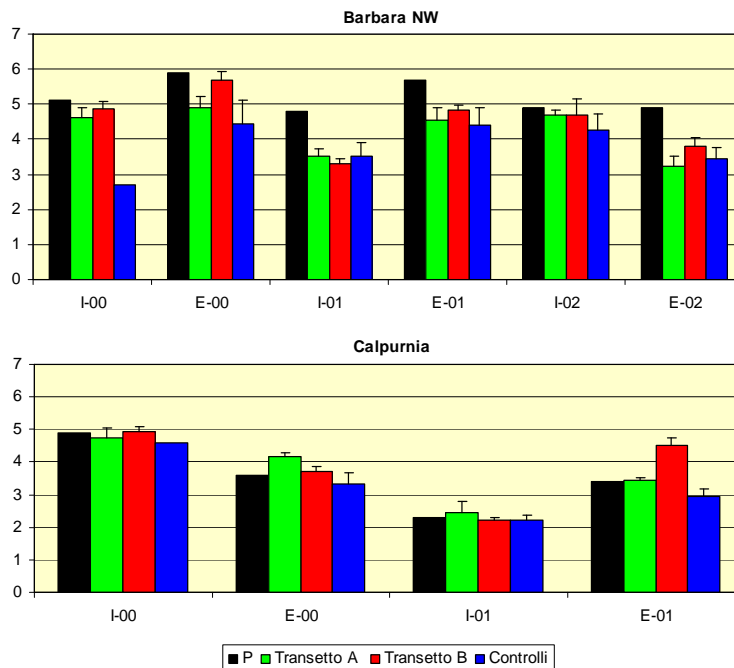


Fig. 3.7 - Valori medi di sostanza organica (espressa in %; \pm e.s.) rilevati presso le piattaforme Barbara NW e Calpurnia (siti P), lungo i transetti A e B e nei siti di controllo durante i monitoraggi ambientali.

Considerando comunque nell'insieme tutti i parametri fisici e chimici analizzati, è stata riscontrata una discreta omogeneità tra piattaforme, aree circostanti e controlli, eccetto le già citate anomalie di alcuni metalli pesanti nel corso del primo anno di indagine (fig. 3.8).

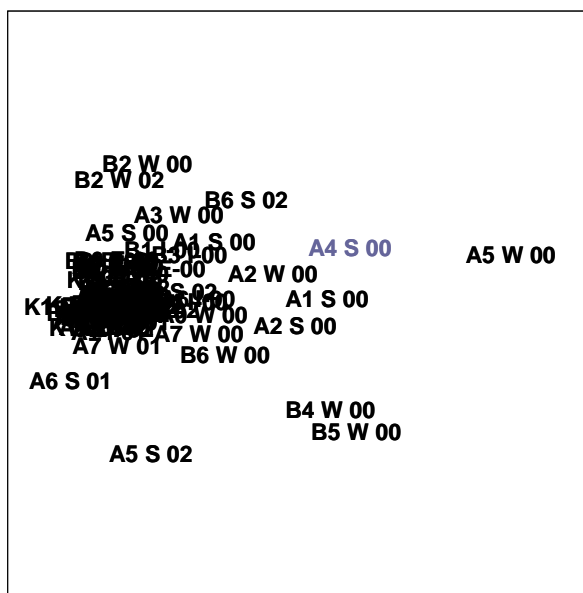


Fig. 3.8 - Barbara NW. Multidimensional scaling applicato ai dati sedimentologici (granulometria, IPA totali, metalli pesanti e sostanza organica) registrati nei tre anni di indagine presso la piattaforma (A4), i transetti A e B e i controlli K. W = inverno; S = estate (da Fabi *et al.*, 2005a).

3.3. RICERCA DI INQUINANTI E STUDIO DEI BIOMARKERS NEI MITILI INSEDIATI SULLE PARTI SOMMERSE DELLE PIATTAFORME

Lo studio è stato condotto sia presso Barbara NW che Calpurnia utilizzando campioni di mitili (*Mytilus galloprovincialis*) prelevati due volte l'anno (estate e inverno) dalle parti sommerse delle piattaforme vicino e lontano dagli anodi di sacrificio e da un sito non contaminato da utilizzare come controllo.

Su tali campioni sono state registrate le concentrazioni di alcuni metalli pesanti (Cd, Cr, Cu, Hg, Pb e Zn) e sono state condotte analisi di biomarker (Glutazione totale, Acido ascorbico, Vitamina E, Superossido dismutasi, Glutazione redattasi, Glutazione per ossidasi, Glutazione S-transferasi, TOSC perossilici, TOSC idrossilici, TOSC perossinitrite, stabilità lisosomiale, Metallotioneine, Test della Cometa).

In generale, non sono state riscontrate differenze rilevanti nei contenuti di metalli pesanti nei mitili prelevati in piattaforma e quelli del controllo. Inoltre, le concentrazioni sono risultate simili a quelle riportate per mitili provenienti da altre aree dell'Adriatico (UNEP/FAO, 1986a; 1986b; Fowler, 1990; Regoli e Orlando, 1994).

Le analisi di biomarker hanno indicato una moderata condizione di stress ossidativo determinata da una maggiore disponibilità di sostanze pro-ossidanti (metalli di transizione, dioli aromatici, chinoni, ecc.). In generale, comunque, non sono state evidenziate gravi alterazioni, come suggerito dall'assenza di alterazioni genotossiche. Risultati analoghi sono stati anche ottenuti presso altre piattaforme offshore utilizzando sia la stessa che altre batterie di biomarker (Clara Nord, Clara Est, Calipso, Naide, PCMS-1, Naomi-Pandora; Fabi *et al.*, 2005b; 2005c; 2006; 2009; 2010a; 2010b).

3.4. COMUNITA' MACROZOOBENTONICHE

Analogamente a quanto riportato per l'area interessata dalla futura installazione di Elettra, le comunità bentoniche rilevate attorno a Barbara NW e Calpurnia sono tipiche degli alti fondali del medio Adriatico, poco ricche e diversificate, costituite prevalentemente da policheti, crostacei e molluschi appartenenti per lo più alla

Biocenosi dei fanghi terrigeni costieri. Una certa rilevanza è anche rivestita da taxa indicatori della presenza di sostanza organica nei sedimenti.

Nel primo anno dopo l'installazione, in corrispondenza di entrambe le piattaforme è stato evidenziato un iniziale impoverimento in termini di densità e ricchezza specifica e una predominanza di specie opportuniste quali il polichete *Prionospio malmgreni* (fig. 3.9) Già a 30 m di distanza era però evidente un recupero delle comunità con valori simili a quelli riscontrati presso i siti di controllo. Entro il secondo anno dalla costruzione delle piattaforme si è assistito a una riduzione delle specie opportuniste e a una similitudine tra piattaforme, transetti e rispettivi controlli in termini di densità, ricchezza specifica e diversità specifica (fig. 3.9).

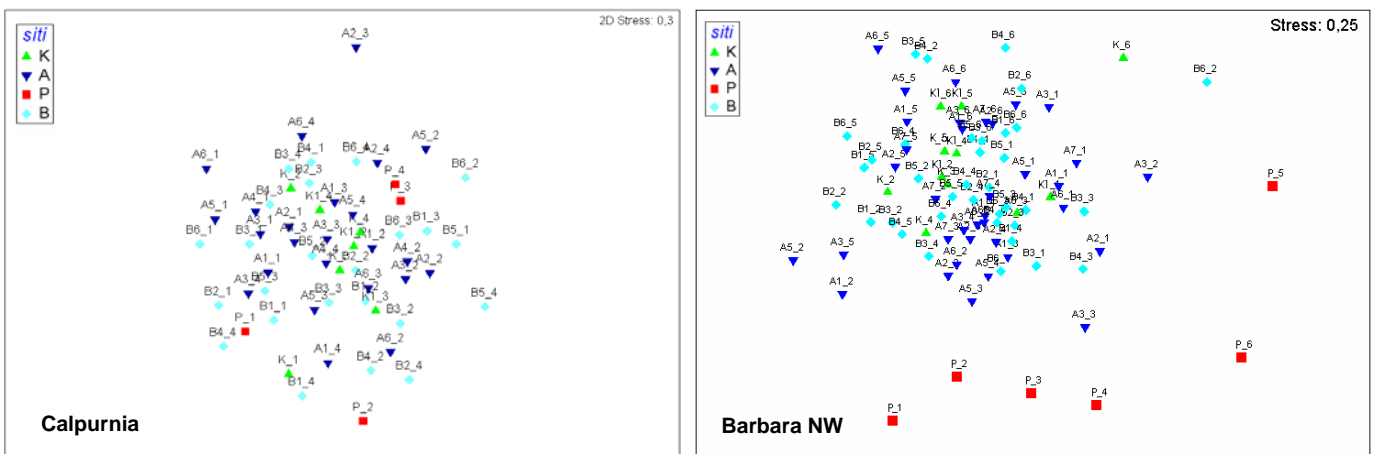


Fig. 3.9 - Multidimensional scaling applicato ai dati di densità delle singole specie rinvenute nel corso dei due (Calpurnia) e dei tre anni di monitoraggio (Barbara NW) in corrispondenza delle strutture (siti P), dei transetti A e B e dei siti di controllo K. E' evidente la differenziazione nel tempo del sito P Barbara NW dai transetti e controlli risultati invece omogenei.

Nel secondo semestre del secondo anno dopo l'installazione, nelle immediate vicinanze di Barbara NW sono comparsi i primi esemplari di *M. galloprovincialis* staccatisi dai piloni del jacket, la cui presenza è andata aumentando nel corso del terzo anno con la formazione di veri e propri *mussel mounds* che hanno favorito la formazione di una comunità molto più ricca rispetto a quelle rinvenute lungo i transetti e ai controlli essendo costituita, oltre che da specie di fondo mobile tipiche dell'area, anche da organismi di substrato duro (es.: *Balanus improvisus*, *Hiatella arctica*, *Modiolarca subpicta*, *Pilumnus hirtellus*) che trovano nelle valve dei mitili

un supporto idoneo al loro insediamento. Le curve di dominanza cumulativa riportate in fig. 3.10 evidenziano la graduale evoluzione della comunità rinvenuta nelle immediate vicinanze della piattaforma. Infatti, nel primo campionamento il popolamento presso la struttura era caratterizzato da poche specie fortemente dominanti. Nel tempo è avvenuta una differenziazione della comunità sino all'ultimo periodo in cui numerose specie hanno acquisito la medesima importanza.

E' presumibile che tale situazione si sia verificata anche presso Calpurnia, essendo stata osservata anche in altre strutture estrattive offshore oggetto di analoghi monitoraggi e posizionate a varie distanze dalla costa e varie latitudini in Adriatico (Fabi *et al.*, 2001a; 2005b; 2006; 2010a).

Per quanto concerne lo stato ecologico dell'ambiente valutato mediante l'applicazione dell'indice AMBI, durante l'intera durata dei monitoraggi è stato riscontrato uno stato tra buono ed elevato. In fig. 3.11 si riporta l'esempio della piattaforma Calpurnia, per la quale i valori dell'indice sono variati tra 0,7 (stazione A2, posta a 60 m a NW della piattaforma, campionata nell'inverno 2001) e 3,0 (stazione A4, corrispondente alla piattaforma, campionata nell'inverno 2000).

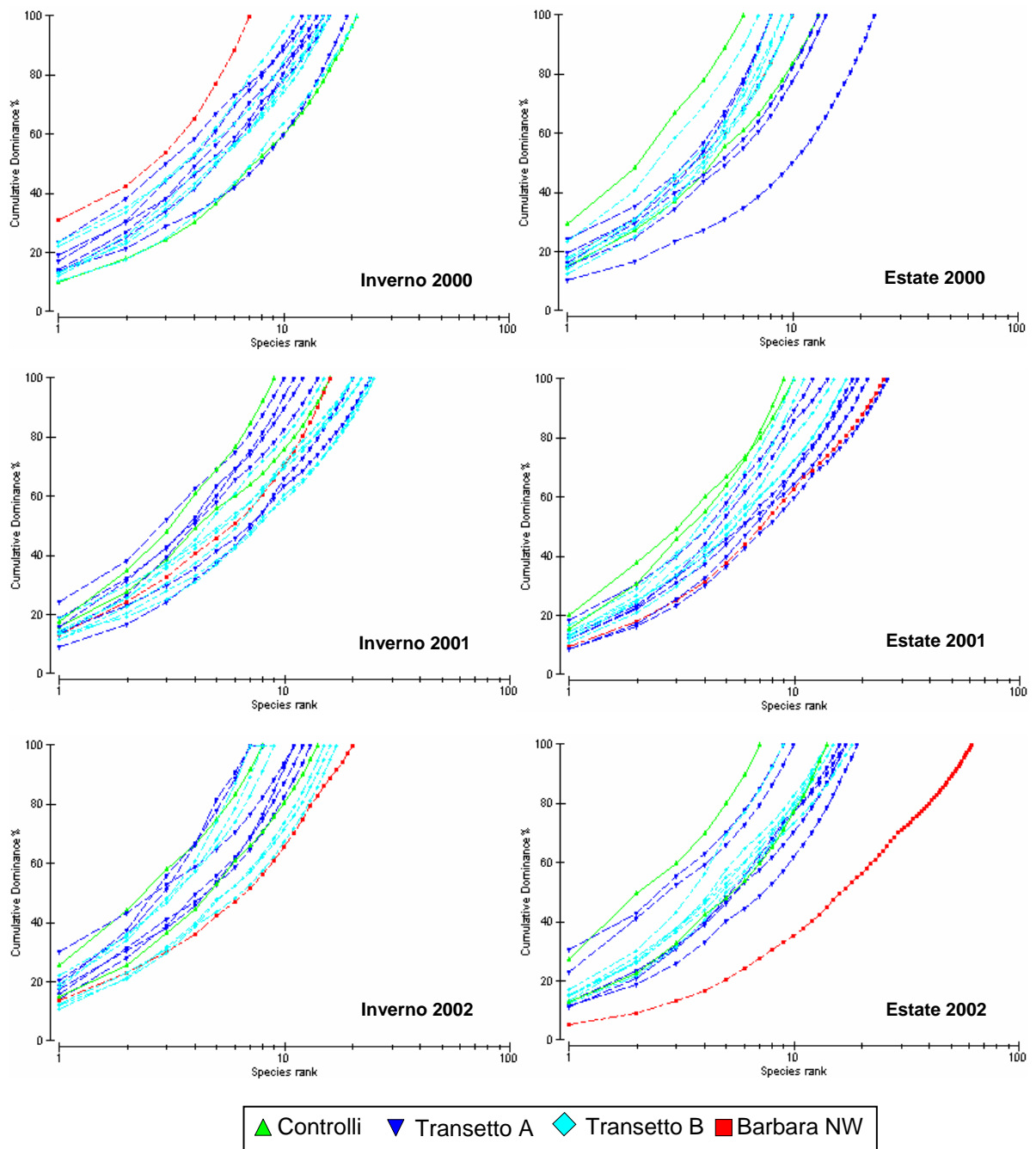


Fig. 3.10 - Barbara NW. Curve di dominanza cumulative (%) delle comunità bentoniche riscontrate nelle stazioni dei transetti A e B, presso la piattaforma e presso i controlli nelle singole stagioni di campionamento. E' evidente la differenziazione del sito della piattaforma nel III anno di indagine.

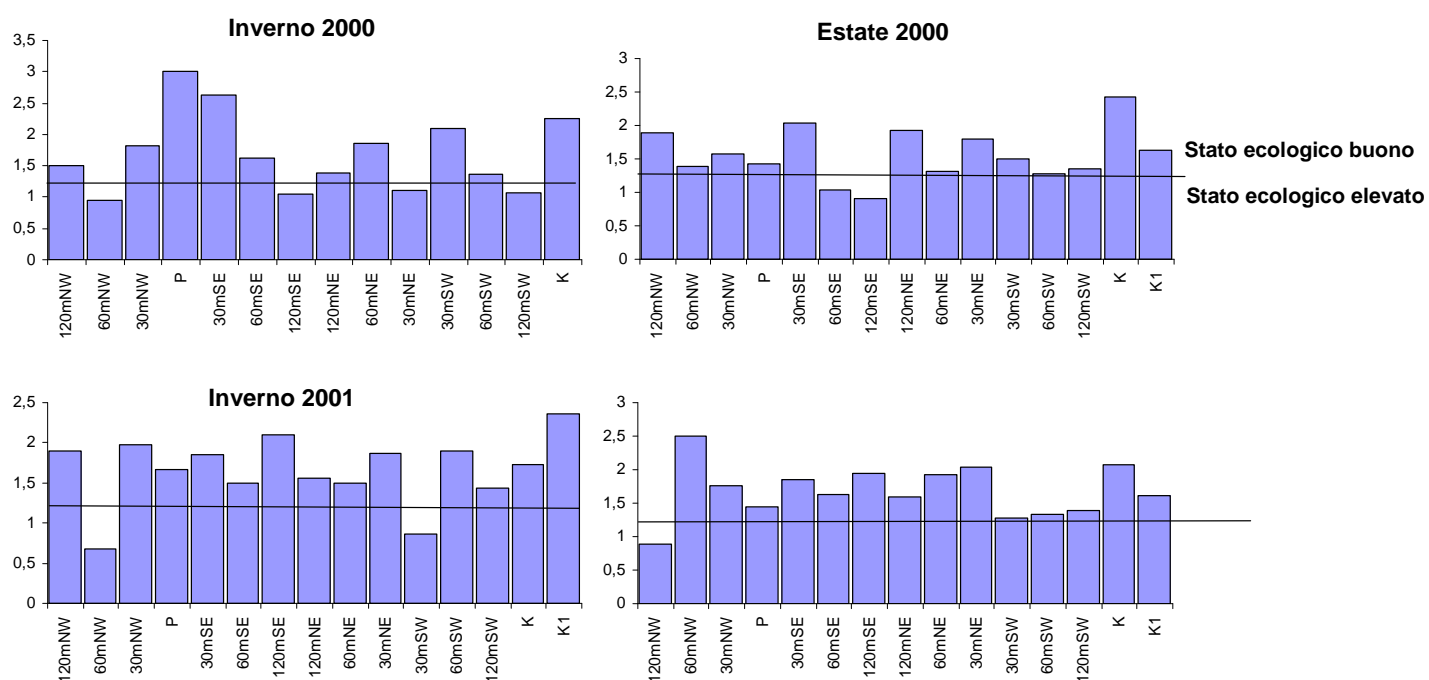


Fig. 3.11 - Piattaforma Calpurnia. Valori dell'indice AMBI ottenuti nel corso dei due anni di monitoraggio. P = sito posto in corrispondenza della piattaforma; K e K1 = controlli.

3.5. COMUNITA' ITTICA (piattaforma BARBARA NW)

Le indagini concernenti la comunità ittica sono state condotte tramite campionamenti di pesca mensili effettuati per tutta la durata del monitoraggio (3 anni) sia nei pressi della piattaforma (entro un raggio di 50 m dalla struttura) sia in un'area di controllo, priva di substrati duri naturali o artificiali, situata alla stessa batimetrica di Barbara NW a una distanza (2 mn) tale da non esserne influenzata. La zona di controllo è stata utilizzata per ottenere informazioni quali-quantitative riguardo il popolamento ittico dell'habitat originario. I campionamenti sono stati effettuati tramite rete tremaglio, un attrezzo da posta che, a differenza delle reti a traino, può essere utilizzato nelle immediate vicinanze della piattaforma e, pertanto, è in grado di fornire informazioni sito-specifiche riguardo la comunità ittica strettamente associata alla struttura (Bombace *et al.*, 1997; Løkkeborg *et al.*, 2002; Soldal *et al.*, 2002).

I risultati ottenuti nel corso dei tre anni di indagine hanno evidenziato un popolamento ittico nei pressi della piattaforma Barbara NW diverso in termini di abbondanza e biomassa rispetto a quello tipico dell'habitat originale (fig. 3.12); in particolare, sia i rendimenti di pesca che la ricchezza specifica sono sempre apparsi

statisticamente superiori nelle vicinanze della struttura estrattiva rispetto alla zona di controllo.

Questo risultato, associato a quelli ottenuti nei monitoraggi sin qui condotti presso altre piattaforme adriatiche (Fabi *et al.*, 2001; 2003; 2004b; 2005b), suggeriscono che le piattaforme estrattive poste a diverse distanze dalla costa aggregano diverse specie ittiche determinando un arricchimento e una maggiore diversificazione del popolamento originario.

Questi effetti sono principalmente determinati dall'elevata quantità attorno alla piattaforma di specie che hanno affinità nei confronti dei substrati duri e sono poco comuni nell'habitat naturale, dove invece dominano specie pelagiche e da specie bentoniche e necto-bentoniche tipiche di fondo mobile, come ad esempio *Chelidonichthys lucernus*, *Merluccius merluccius* e *Sardina pilchardus* (fig. 3.13). La presenza del jacket e la maggiore disponibilità di prede e di rifugi sono i principali fattori che inducono alcune specie ad aggregarsi attorno alle piattaforme. Un recente studio condotto presso Barbara NW ha evidenziato che il raggio di influenza della struttura sul popolamento ittico è pari a circa 170 m (Scarcella *et al.*, in stampa).

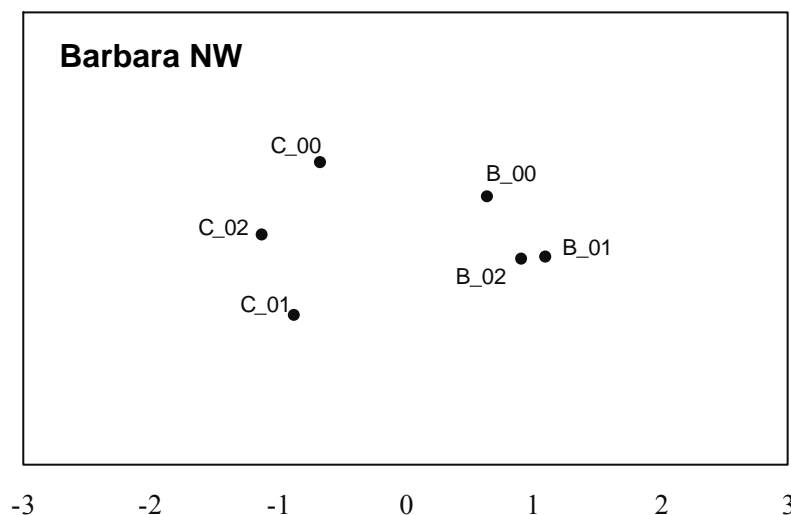


Fig. 3.12 - Barbara NW. Multidimensional scaling applicato ai dati di densità e biomassa delle specie ittiche catturate presso l'impianto di estrazione (B) e nel sito di controllo (C) negli anni 2000-2002.

Da non sottovalutare anche che, in aree di mare aperto come quella in cui è installata Barbara NW, tali strutture che si estendono lungo l'intera colonna d'acqua possono

costituire un punto di riferimento e/o orientamento per varie specie pelagiche (Grove *et al.*, 1991).. I rendimenti più elevati registrati presso Barbara NW rispetto all'area di controllo sono stati determinati essenzialmente dall'elevata cattura di specie pelagiche e necto-bentoniche, che probabilmente si aggregano in questo sito sia per attrazione tigmotropica che per la maggiore disponibilità di cibo. Una di queste è *Trisopterus minutus capelanus*, i cui esemplari adulti tendono ad aggregarsi nelle vicinanze di substrati duri sommersi.

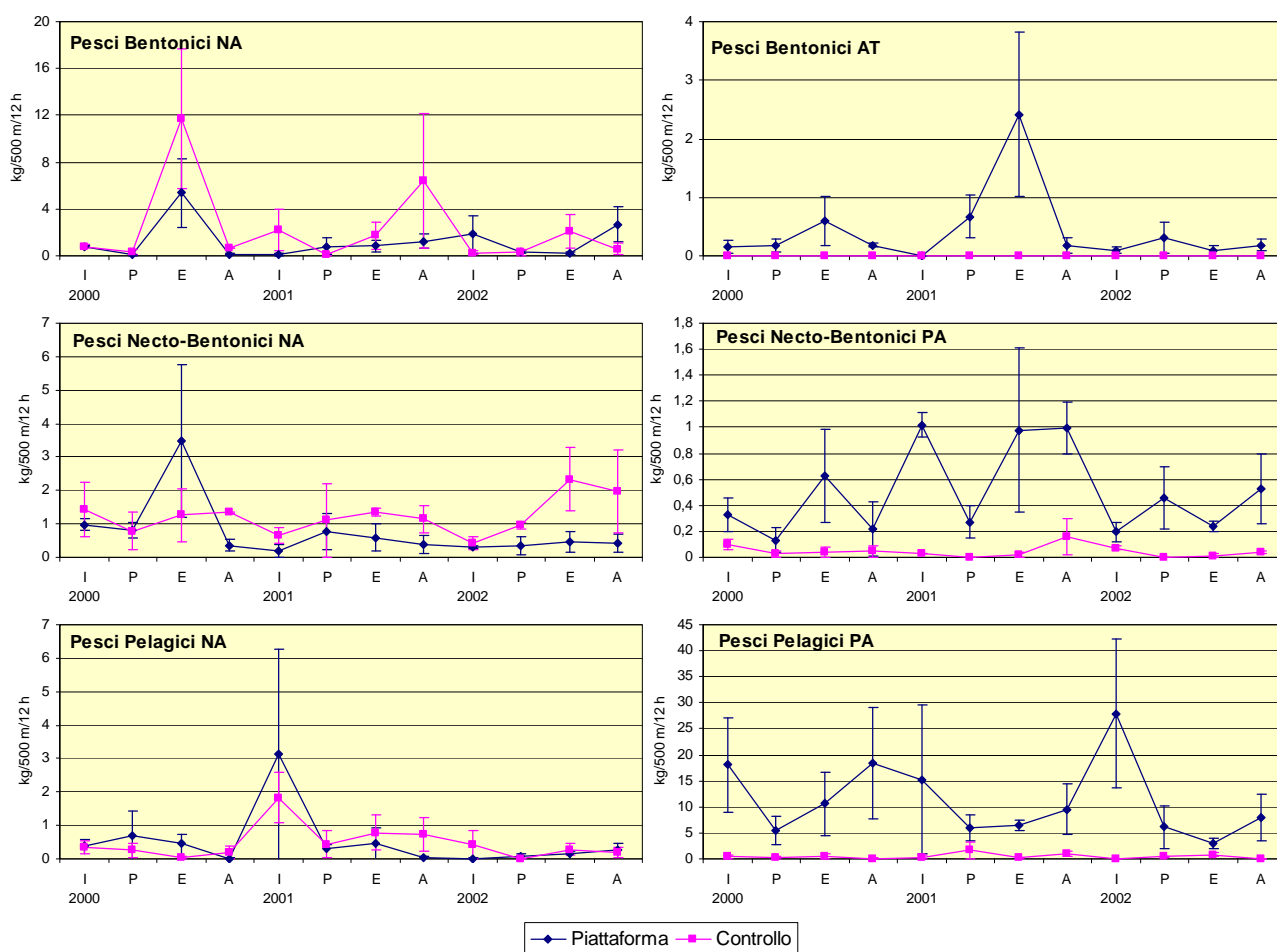


Fig. 3.13 - Barbara NW. Biomassa (\pm e.s.) delle categorie di pesci più rappresentative catturate presso la piattaforma e al controllo nei tre anni di studio. AT = attratto da substrati duri; PA = Parzialmente Attratto; NA = Non Attratto. I = inverno; P = primavera; E = estate; A = autunno.

La grande disponibilità di prede e rifugi esercita un potere attrattivo anche su specie bentoniche tipiche di fondali rocciosi (es.: *Scorpaena porcus* e *Scorpaena notata*), che trovano attorno al jacket e soprattutto nei *mussel mounds* circostanti la piattaforma un habitat particolarmente idoneo. La maggior parte degli scorpenidi

catturati nei pressi della piattaforma era rappresentata da individui adulti che avevano un'età sicuramente maggiore della struttura. Ciò è probabilmente dovuto al fatto che Barbara NW non è spazialmente isolata dagli altri impianti che costituiscono il “Campo Barbare” e che la sua installazione può aver determinato una “ridistribuzione” della popolazione di scorpenidi presenti nell'area. Infatti, nonostante le due specie rinvenute siano caratterizzate da una scarsa motilità, è presumibile che possano percorrere distanze considerevoli utilizzando i sea-line e altre condotte sottomarine come guide verso habitat più opportuni. Relativamente a *S. porcus*, è stato anche evidenziato che questa specie mostra una migliore performance di crescita e maggiore longevità presso le piattaforme offshore che in aree di mare aperto (La Mesa *et al.*, 2010).

3.6. PASSAGGIO DI CETACEI E TARTARUGHE MARINE

Dati storici sulla distribuzione dei cetacei in Adriatico provengono da censimenti visivi effettuati dal 1988 al 2000 (Manoukian *et al.*, 2001a, 2001b e 2001c) tramite imbarcazioni mercantili della compagnia “Adriatica” durante tutto l'arco dell'anno, e da survey ad hoc effettuati durante la stagione estiva lungo il settore occidentale dell'Adriatico. Sono stati individuati circa 330 branchi di delfini, per lo più tursiopi (75%; Manoukian *et al.*, 2001b).

Studi effettuati in zone di particolare interesse ecologico-ambientale, come piattaforme estrattive in acque basse (Triossi e Tizzi, 2003), hanno mostrato una frequenza relativamente alta di tursiopi in comparazione a zone di mare aperto e prive della presenza di particolari strutture.

Per ciò che riguarda l'area in questione entro un raggio di circa 1000 m dalle piattaforme Calipso, Clara Est e Clara Nord, sono stati periodicamente avvistati esemplari e piccoli branchi di *Tursiops truncatus* (fig. 3.14; Fabi *et al.*, 2006; 2010a; 2010c).

E' da evidenziare che la maggior parte delle specie finora individuate nell'area non possono essere considerate “migratorie” per quanto riguarda il loro ciclo vitale, ma compiono spostamenti essenzialmente legati all'abbondanza e distribuzione delle prede.

Dati aggiornati sulla distribuzione dei cetacei (in particolare tursiopi) potranno essere disponibili in futuro grazie a un progetto condotto in collaborazione tra ISPRA e il Blue World Institute of Marine Research and Conservation (Croazia), consistente in un survey aereo volto a valutare la distribuzione e l'abbondanza di *Tursiops truncatus* e altre specie protette in Adriatico.

Per quanto riguarda la popolazione di tartarughe, due delle sette specie marine, la *Caretta caretta* e la *Chelonia mydas*, si riproducono in Mediterraneo, soprattutto nel settore orientale. La morfologia del fondale influisce sull'habitat delle tartarughe marine, e per esempio le aree di alimentazione degli individui adulti si trovano in aree geografiche relativamente ristrette di acqua bassa della piattaforma continentale e della scarpata. Vaste aree di piattaforma, come il centro-nord Adriatico, sono comunemente utilizzate dalle tartarughe marine come zone di riposo o svernamento. Nel periodo 1980-2008 sono stati ritrovati 1282 esemplari di *Caretta caretta* arenati o fluttuanti nel nord Adriatico, con una frequenza più alta durante il periodo estivo quando aumentano anche le attività antropiche in mare, come ad esempio imbarcazioni da diporto, pesca ricreativa, turismo balneare e inquinamento ad esso associato, ecc. (Casale et al., 2010).

Anche in questo caso, nel corso dei monitoraggi ambientali condotti presso le piattaforme Calipso, Clara Est e Clara Nord sono stati avvistati alcuni esemplari di *Caretta caretta* nei pressi delle strutture (fig. 3.15).



Fig. 3.14 - Piattaforma Calipso. Esemplari di *Tursiops truncatus* rilevati nelle vicinanze della piattaforma nell'inverno 2003.

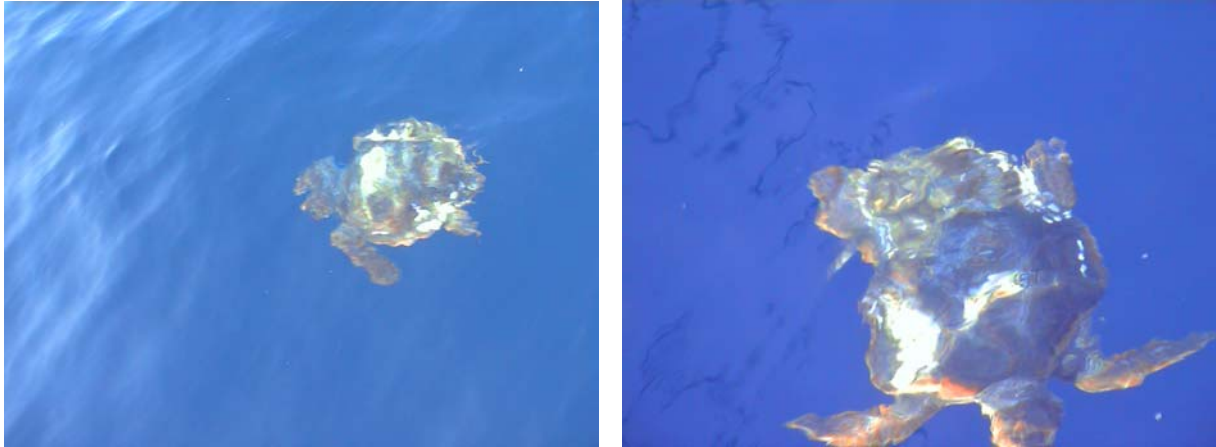


Fig. 3.15 - Piattaforma Clara Nord. Esemplare di *Caretta caretta* avvistato nei pressi della piattaforma nell'estate 2005.

3.7. INFLUENZA DELLE PIATTAFORME OFFSHORE SULLE COMPONENTI PLANCTONICHE

Numerosi studi hanno dimostrato un incremento della sopravvivenza di larve e giovanili di specie ittiche nelle vicinanze di piattaforme estrattive offshore rispetto alle acque circostanti o a barriere naturali. Ad esempio Hernandez *et al.* (2003) hanno evidenziato la frequente presenza di larve di engraulidi, clupeidi, gobidi e blennidi presso alcune piattaforme posizionate sul delta del Mississippi, mentre Neira (2005) ha individuato la presenza di larve e giovanili di una grande quantità di specie di fondo mobile epipelagiche, batipelagiche e oceaniche e di specie di fondo duro attorno a piattaforme di estrazione di idrocarburi gassosi e petrolifere nel Sud-Est dell'Australia.

Le cause della maggiore abbondanza di giovanili (e adulti) nei pressi delle piattaforme offshore è da ricercare nella funzione che tali strutture svolgono come nursery e nella disponibilità di substrato per l'insediamento, di rifugi dalla predazione e di risorse addizionali di cibo (Aabel *et al.*, 1997; Stanley e Wilson, 1997; 2003; Love *et al.*, 2003). L'estensione lungo la colonna d'acqua fornisce dei microhabitat alternativi dalla superficie al fondo, inclusi i *mussel mounds* tipici del fondale limitrofo, incrementando la diversificazione dell'ambiente e scoraggiando la predazione. Le strutture possono anche funzionare da "trappole fisse per il plancton", concentrando le larve di invertebrati e pesci che vengono trasportati passivamente

dalle correnti locali e rappresentano dei punti di riferimento visivi, tattili e/o uditivi in un ambiente di mare aperto (Aabel *et al.*, 1997; Love *et al.*, 2003).

Per quanto concerne il fitoplancton, come già spiegato nel Cap. 2.1, l'area interessata dall'installazione delle piattaforme Elettra è da considerare oligotrofica per i bassi contenuti di nutrienti e clorofille; pertanto, anche la quantità di fitoplancton è da ritenere scarsa. Generalmente, le maggiori concentrazioni di questa componente biotica nell'area in cui sarà installata Elettra si rinvencono attorno a 30-40 m di profondità e in prossimità del fondo, rispettando la normale aggregazione fitoplanctonica nell'Adriatico centro-settentrionale (Pugnetti *et al.*, 2006). E' stato dimostrato nel corso di monitoraggi ambientali condotti presso piattaforme estrattive offshore ubicate nel medesimo areale di Elettra (Barbara NW, Calpo; Clara Est; Fabi *et al.*, 2004a; 2006; 2009) che le strutture tendono a concentrare maggiormente il fitoplancton rispetto ad aree di mare aperto per una maggiore disponibilità di nutrienti, con conseguente ossigenazione dell'intera colonna d'acqua a seguito dell'attività fotosintetica. Non sono mai stati evidenziati fenomeni di bloom fitoplanctonici.

E' altresì da considerare che il fitoplancton rientra, assieme a numerosi batteri anch'essi fotosintetici, nella categoria dei produttori primari degli ecosistemi marini, mentre lo zooplancton costituisce quella dei consumatori primari. La maggiore presenza di queste due componenti biotiche attorno alle piattaforme offshore rispetto ad aree di mare aperto determina l'innesco di reticoli trofici aggiuntivi importanti per la produttività marina.

4. CONCLUSIONI

La futura piattaforma Elettra verrà installata al largo di Ancona a 59 km di distanza su fondali costituiti da sabbie pelliche.

La zona presenta le caratteristiche degli alti fondali del medio Adriatico dal punto di vista sia oceanografico (condizioni di oligotrofia determinate da bassi contenuti di nutrienti e clorofilla, stratificazione alino-termica stagionale, buona ossigenazione, deboli correnti a volte di direzione variabile, ecc.), sia sedimentologico (bassi contenuti di IPA, metalli pesanti, carbonio organico totale), sia biologico, essendo le comunità sia bentonica che ittica tipiche di fondali mobili.

E' stato evidenziato (Fabi *et al.*, 2002; 2004a; 2004b; 2005a; 2005b) che, dal punto di vista oceanografico, la presenza di piattaforme in tali aree dell'Adriatico centro-settentrionale non altera le caratteristiche chimiche e fisiche della colonna d'acqua, salvo lievi incrementi di clorofille in certi periodi dell'anno a causa di una maggiore attività fotosintetica da parte degli organismi fitoplanctonici in prossimità degli impianti e di ammonio probabilmente a causa della maggiore attività biologica rispetto ai controlli.

Per quanto concerne i parametri sedimentologici, non sono state riscontrate variazioni nella tessitura dei sedimenti, nè sul contenuto di IPA, mentre è stata osservata un'influenza da parte delle piattaforme sulla distribuzione di metalli pesanti, che appaiono maggiormente concentrati nei pressi degli impianti. In particolare, sono stati registrati alcuni picchi nelle vicinanze delle strutture nel periodo subito successivo alla loro installazione determinati dalle operazioni di posa in opera, che sono rientrati dopo circa un anno. Le sporadiche anomalie rinvenibili anche dopo circa 3 anni dall'inizio della produzione sono apparse comunque molto limitate spazialmente (al massimo 60 m di distanza dalla piattaforma). E' stato osservato che la presenza delle strutture può incrementare i contenuti di sostanza organica nelle immediate vicinanze. Infatti, una piattaforma installata in aree di mare aperto, che simula un substrato roccioso lungo tutta la colonna d'acqua, determina una diversificazione e una maggiore complessità delle componenti biotiche, dai batteri degradativi alla comunità ittica, con l'innescò di nuovi reticoli trofici e maggiore attività biologica.

Lo studio del bioaccumulo di metalli pesanti in esemplari di *Mytilus galloprovincialis* insediati sulle parti sommerse delle piattaforme non ha evidenziato discordanze con quanto riportato per mitili provenienti da altre aree dell'Adriatico (UNEP/FAO, 1986a; 1986b; Fowler, 1990; Regoli e Orlando, 1994). I biomarker hanno indicato una moderata condizione di stress ossidativo ma senza gravi alterazioni, come suggerito dall'assenza di alterazioni genotossiche.

Nell'area in esame i lavori di posa in opera inducono un'iniziale impoverimento del comparto bentonico molto limitato sia dal punto di vista spaziale che temporale. Già dopo circa un anno, infatti, nell'area circostante la struttura si verifica il ripristino delle comunità originarie e nel corso del terzo anno successivo all'inizio della fase di produzione avviene una forte diversificazione a ridosso delle piattaforme determinata dalla presenza di mitili caduti dalle parti sommerse più superficiali. Alcune specie mobili utilizzano questi bivalvi come fonte di cibo e le valve degli esemplari morti come rifugio. Alcune specie sessili, invece, si insediano sulle conchiglie utilizzandole come substrato. Questo scenario è comune nell'Adriatico centro-settentrionale ed è già stato osservato presso molte piattaforme estrattive installate a varie distanze dalla costa e profondità (Fabi *et al.*, 2007; Spagnolo *et al.*, 2002; 2006). La valutazione della qualità ambientale effettuata mediante l'indice AMBI (Borja *et al.*, 2000), applicato da Muxica *et al.* (2005) oltre che in ambienti marino-costieri, anche in aree più profonde (costa occidentale svedese) o interessate dalla presenza di piattaforme petrolifere (Mare del Nord), indica complessivamente uno stato ecologico da buono a elevato nelle aree interessate dalla presenza di piattaforme in fase di produzione. L'applicazione combinata di più indici specifici (AMBI, BENTIX e W; Pianka, 1970; EC, 2003; Simboura *et al.*, 2005) suggerita da Teixeira *et al.* (2007) ed effettuata più recentemente presso altre strutture estrattive offshore indica la presenza di uno stato ecologico da buono a elevato anche durante le fasi di posa in opera delle strutture (Fabi *et al.*, 2011a).

Un notevole arricchimento viene anche indotto nella comunità ittica, che appare molto più abbondante e diversificata nei pressi degli impianti estrattivi rispetto all'habitat originario per la presenza di specie attratte o parzialmente attratte dai substrati rocciosi.

Pertanto, da un punto di vista ecologico, è lecito affermare che la presenza di strutture offshore presenti in Adriatico, incrementa la complessità dei fondali piatti e monotoni che caratterizzano il bacino fornendo un habitat idoneo a specie caratteristiche di fondali duri. Infatti, l'incremento dell'eterogeneità del fondale determinato dalla presenza di conchiglie e organismi morti sul fondo caduti per fattori naturali o per le pulizie periodiche delle strutture, associato all'estensione fisica delle piattaforme lungo la colonna d'acqua, rende questi impianti un habitat unico. Considerando inoltre che attorno a ciascun impianto è presente un'area di 0,5 km entro la quale è interdetta qualunque attività di pesca e che gli stock adriatici sono soggetti ad un elevato sforzo di pesca, le piattaforme offshore possono rappresentare delle piccole aree protette dove diverse specie, in stadi differenti del loro ciclo vitale, possono avere buone possibilità di sopravvivenza. A tale proposito, l'effetto indotto da strutture installate a breve distanza tra loro potrebbe andare a sommarsi con quello di altri impianti. Un esempio in tal senso è fornito dalle piattaforme del "Campo Barbare". L'importanza degli effetti biologici indotti da queste strutture è stata percepita anche a livello di Pubblica Amministrazione, tanto che recentemente è stata istituita la zona di tutela biologica "Area Barbare" (DM del 16/03/2004, G.U. n. 77 del 01/04/2004).

Infine, la presenza delle piattaforme non sembra disturbare lo stazionamento o il passaggio di tartarughe marine o cetacei. Anzi, è verosimile che l'abbondanza di specie ittiche nei pressi delle strutture rappresenti una fonte di cibo più facilmente disponibile per questi animali.

Pertanto, in sintesi, si può ragionevolmente affermare che:

- a) gli impatti indotti dall'installazione di piattaforme offshore nell'areale in cui verrà posizionata la piattaforma Elettra riguardano soprattutto i sedimenti e le comunità bentoniche.
- b) Tali impatti risultano spazialmente e temporalmente limitati, essendo determinati essenzialmente dai lavori di installazione delle strutture e di perforazione dei pozzi. Dopo tre anni circa dalla fine di tali lavori si verifica infatti il ripristino delle condizioni originarie, ad eccezione di un'area circoscritta alla piattaforma stessa dove, come ampiamente spiegato, in seguito alla formazione di *mussel*

mounds si ha una diversificazione del fondo naturale e delle comunità bentoniche ad esse associate.

- c) Un generale effetto positivo di verifica invece sulla comunità ittica nell'area circostante la piattaforma sin dal primo anno dopo la fine dei lavori di posa in opera.
- d) La presenza delle piattaforme offshore non influenza negativamente il comportamento di cetacei e tartarughe marine.

5. INQUADRAMENTO DELL'AREA DEL FUTURO SEA-LINE ELETTRA - BARBARA C / BONACCIA

Il futuro sea-line che collegherà Elettra all'esistente piattaforma Barbara B avrà una lunghezza di circa 2,4 km (profondità: 75-78 m; fig. 5.1). Dal punto di vista sedimentologico, la struttura sarà allocata nella medesima area di Elettra, caratterizzata dalla presenza di sabbie pelitiche.



Fig. 5.1 - Posizione del futuro sea-line (in rosso) collegante la piattaforma Elettra all'esistente sea-line Barbara C - Bonaccia (in bianco), e delle condotte (in celeste) colleganti le piattaforme Barbara NW - Barbara B e Clara Nord - Calpurnia monitorate dal CNR-ISMAR rispettivamente negli anni 2000-2002 e 2005-2008 e collocati sulla medesima tipologia di fondale della condotta Elettra - Barbara C / Bonaccia.

5.1. CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI

Come già anticipato nel Cap. 3, i sedimenti sui quali sarà installata la condotta sottomarina sono classificabili come sabbie silteose secondo Shepard. La percentuale di sabbia si aggira attorno al 59-73%, quella di silt attorno al 23-41% e quella di argilla non raggiunge il 6%.

Le concentrazioni di IPA nell'area in esame sono risultate inferiori al limite di rilevabilità strumentale (0,05 mg/kg).

In generale, il contenuto di metalli pesanti appare basso. Ad esempio, su campione secco all'aria (dati Società GAS) le concentrazioni di Al si aggirano attorno a 13000-15000 mg/kg, mentre il mercurio risulta al di sotto del limite di rilevabilità. Il contenuto di cromo è di 45-50 mg/kg (LCB: 100 mg/kg), quello di piombo di 12-15 mg/kg (LCB: 37 mg/kg) e quello del nichel di 31-1 mg/kg (LCB: 60 mg/kg).

Le concentrazioni della sostanza organica totale si aggirano attorno al 9-11%.

5.2. COMUNITA' MACROZOOBENTONICHE

La comunità macrozoobentonica presente nell'area interessata dalla posa del futuro sea-line Elettra - Barbara C / Bonaccia è costituita prevalentemente da policheti (24 specie; fino al 60% dell'intero popolamento in termini di abbondanza), crostacei (9 specie) e molluschi (5 specie), soprattutto appartenenti alla Biocenosi dei Fanghi Terrigeni Costieri. Tra questi si annoverano il crostaceo decapode *Jaxea nocturna* e il mollusco bivalve *Mysella bidentata*. Ben rappresentate sono anche le specie indicatrici della presenza di materia organica nei sedimenti come i policheti Paraonidae nd e *Levinsenia* sp. Non mancano organismi tipici di fondi sabbiosi come ad esempio il polichete *Nephtys hombergi* e il crostaceo anfipode *Periculodes longimanus*.

La ricchezza specifica totale è compresa tra 13 e 22 (dati Società Gas). In generale, si riscontra una buona diversificazione, come indicato dall'indice di diversità specifica H' di Shannon-Weaver (3,19-4,19) e dall'indice di equitabilità J (0,92-0,96), determinata dall'assenza di specie fortemente dominanti (indice di dominanza di Simpson: 0,06-0,12).

I risultati forniti dall'indice AMBI, compresi tra 1,34 e 2,19, collocano l'area del futuro sea-line nella categoria di stato ecologico buono e corrispondono a un disturbo di lieve entità. Non sono presenti fanerogame marine.

6. SINTESI DEI RISULTATI CONSEGUITI NEL CORSO DEI MONITORAGGI AMBIENTALI CONSEGUENTI L'INSTALLAZIONE DELLE CONDOTTE SOTTOMARINE BARBARA NW - BARBARA B e CLARA NORD - CALPURNIA

Per fornire indicazioni sugli eventuali effetti indotti dall'installazione della condotta sottomarina Elettra - Barbara C / Bonaccia, si riportano i risultati conseguiti nel corso di monitoraggi ambientali effettuati dal CNR-ISMAR presso i sea-line Barbara NW - Barbara B e Clara Nord - Calpurnia (Fabi *et al.*, 2004a; 2010a), posizionati sulla medesima tipologia di fondale (sabbie siltose) della futura condotta e campionati rispettivamente negli anni 2000-2002 e 2005-2008.

6.1. CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI

Lungo i sea-line Barbara NW - Barbara B e Clara Nord - Calpurnia, entrambi orientati da NE a SW (fig. 5.1), è stato posizionato un transetto in direzione NE-SW perpendicolare e intersecante la condotta, lungo il quale sono stati posti 7 siti di campionamento a distanze crescenti (100m, 60m e 30m verso NE o SW) e un sito in corrispondenza del sea-line stesso. Sono state inoltre campionate 3 stazioni di controllo poste a una distanza tale da non essere influenzate da strutture artificiali.

Dal punto di vista granulometrico non sono state osservate variazioni nella tessitura dei sedimenti riconducibili alla presenza delle condotte (fig. 6.1).

Il contenuto di IPA rilevato presso il sea-line Barbara NW - Barbara B e l'area ad esso circostante non ha mostrato alterazioni riconducibili alla presenza della condotta, essendo generalmente comparabile con i valori registrati nei siti di controllo (fig. 6.2). Inoltre, nell'intero periodo di indagine le concentrazioni raggiunte sono sempre risultate inferiori al Livello Chimico di Base (LCB; 0,9 mg/kg) indicato nella Tab. 2.3A del Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini redatto da ICRAM-APAT (2006). Solo in un caso (sito a 100 m a NE campionato nell'inverno 2000; 0,92 mg/kg) è stato raggiunto l'LCB.

Durante il monitoraggio riguardante il sea-line Clara Nord – Calpurnia, invece, non è

mai stata rilevata la presenza di IPA nei sedimenti.

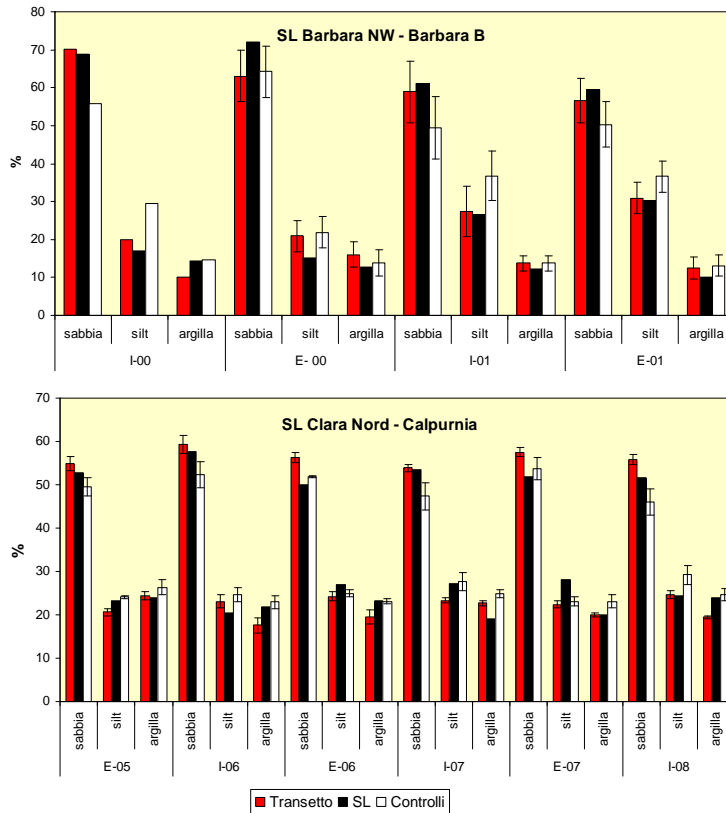


Fig. 6.1 - Andamento delle principali frazioni granulometriche registrate durante i monitoraggi condotti presso i sea-line Barbara NW - Barbara B e Clara Nord - Calpurnia. Per i transetti e i siti di controllo è riportato il valore medio (\pm d.s.) per ogni stagione di monitoraggio. I = inverno; E = estate.

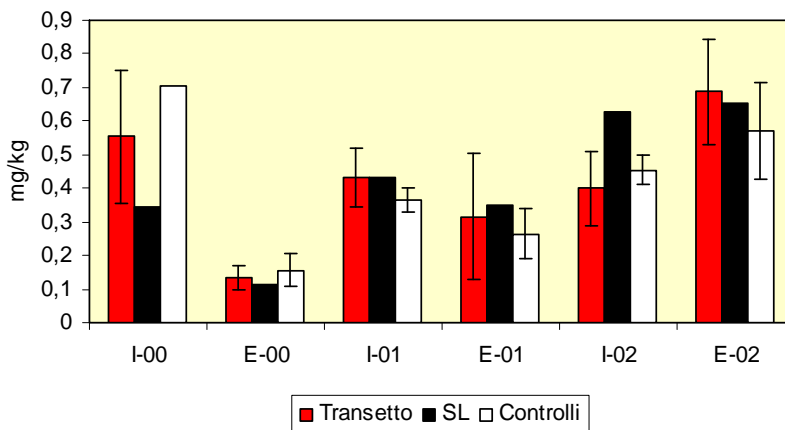


Fig. 6.2 - Sea-line Barbara NW - Barbara B. Concentrazioni di IPA rilevate lungo il transetto, nel sito posto sul sea-line (SL) e nei controlli nel periodo 2000-2002. Per transetto e controlli è riportato il valore medio (\pm d.s.) per ogni stagione di monitoraggio. I = inverno; E = estate.

I metalli pesanti hanno mostrato sempre concentrazioni modeste lungo entrambi i sea-line, quasi sempre inferiori agli LCB (ICRAM-APAT, 2006). Gli elevati valori registrati presso la condotta Barbara NW - Barbara B nell'inverno 2000 non sono riconducibili alla presenza del sea-line in quanto rilevati anche nei siti di controllo e pertanto determinati da un impatto generalizzato dell'areale. A titolo di esempio, in fig. 6.3 si riportano gli andamenti di alcuni metalli pesanti relativi ai due sea-line.

Anche le concentrazioni di sostanza organica registrate presso i due sea-line sono risultate conformi con quelle dei rispettivi controlli (fig. 6.4) indicando, anche per questo parametro, l'assenza di effetti da parte delle strutture.

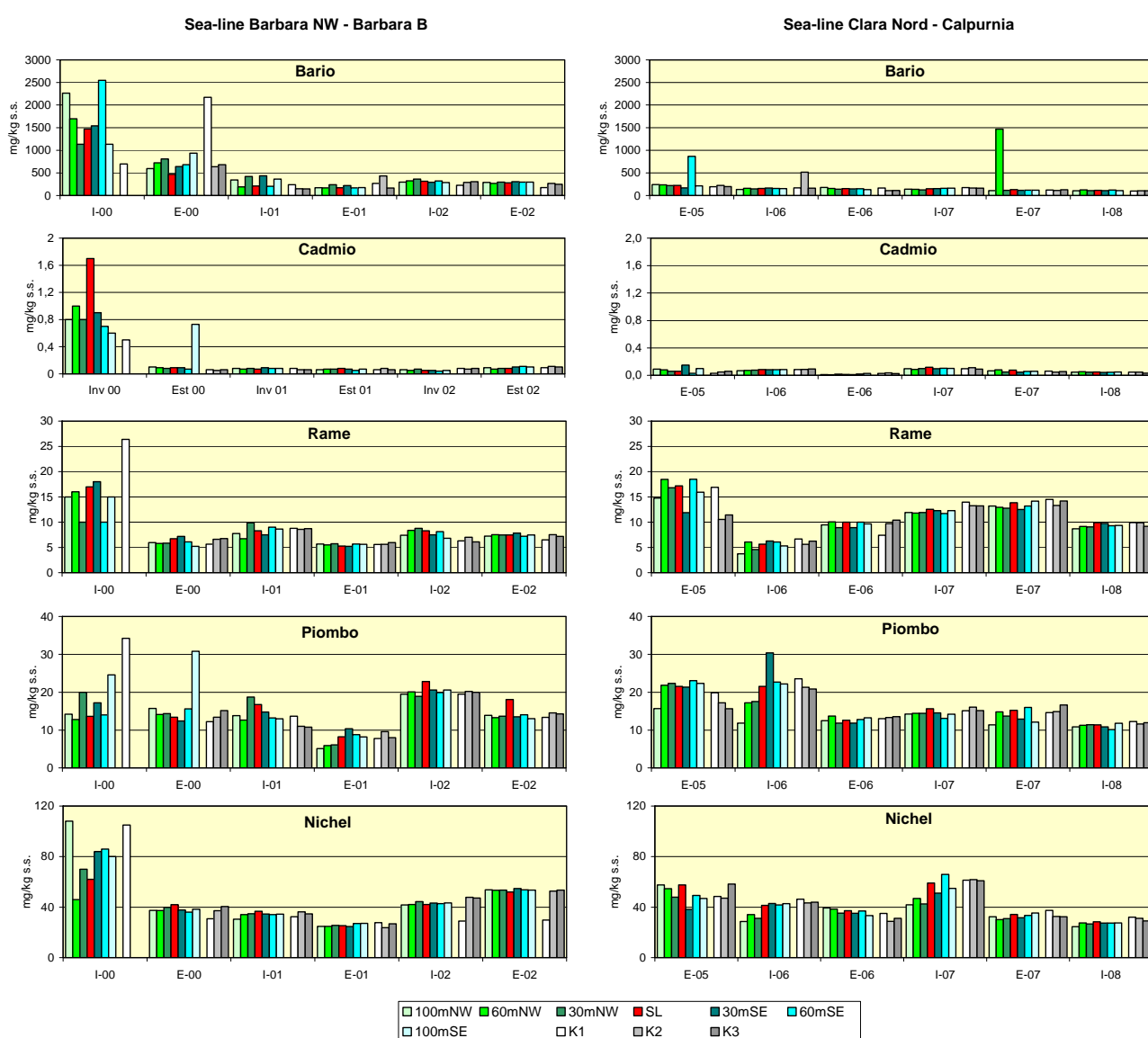


Fig. 6.3 - Andamenti di alcuni metalli relativi ai sea-line Barbara NW - Barbara B e Clara Nord - Calpurnia ottenuti nel corso dei monitoraggi ambientali condotti dal CNR-ISMAR di Ancona. SL = stazione posta in corrispondenza della condotta sottomarina; K1-K3 = controlli. I = inverno; E = estate.

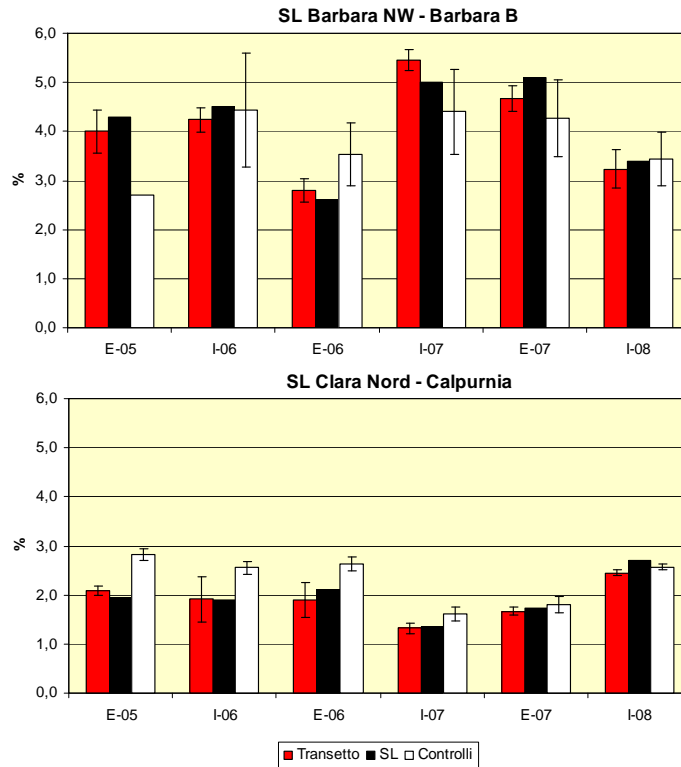


Fig. 6.4 - Percentuali di sostanza organica rilevata nei sedimenti prelevati nel corso dei monitoraggi ambientali riguardanti i sea-line Barbara NW - Barbara B e Clara Nord - Calpurnia. SL = stazione posta in corrispondenza della condotta sottomarina. I = inverno; E = estate.

6.2. COMUNITA' MACROZOOBENTONICHE

Analogamente a quanto osservato per le piattaforme offshore ubicate su alti fondali del medio Adriatico (Fabi *et al.*, 2002; 2004; 2006; 2010a; 2010c), anche le comunità bentoniche rilevate nelle aree occupate dai sea-line Barbara NW - Barbara B e Clara Nord - Calpurnia sono apparse poco ricche e diversificate, costituite prevalentemente da policheti, crostacei e molluschi appartenenti per lo più alla Biocenosi dei fanghi terrigeni costieri. Una certa rilevanza è anche rivestita da taxa indicatori della presenza di sostanza organica nei sedimenti.

Per quanto concerne il sea-line Barbara NW - Barbara B, le specie principali durante tutto il periodo di survey, sia lungo il transetto che nei siti di controllo, sono state rappresentate dai policheti *Nephtys histricis* e *Nothria conchilega*, il primo limicolo della biocenosi dei fanghi terrigeni costieri e il secondo sabulicolo, e dal crostaceo decapode limicolo *Callianassa subterranea*. La buona omogeneità tra tutte le stazioni appare evidente dalle curve di dominanza cumulativa riportate in fig. 6.5.

Nel corso del primo campionamento effettuato nell'inverno 2000 è stato registrato un basso numero di specie in corrispondenza della condotta (10) e un recupero già a 30-60 m di distanza da essa, dove sono stati raggiunti valori (16-19 specie) molto simili a quello del controllo (21). A partire dall'estate seguente, quindi entro un anno dalla fine dei lavori di posa in opera della struttura, non sono più state riscontrate differenze tra transetto, sea-line e controlli, come anche evidenziato dall'applicazione dell'MDS ai dati di densità delle singole specie (fig. 6.6).

Per quanto riguarda il sea-line Clara Nord - Calpurnia, per tutto il periodo di indagine è stata riscontrata una buona omogeneità tra l'area interessata dalla presenza della condotta e i siti di riferimento (figg. 6.7 e 6.8). Anche in questo caso, le specie principali nell'intero periodo di studio sono state *C. subterranea* e *N. hystericis*, accanto ai policheti *Marphysa bellii*, *Glycera rouxi* e *Paralacidonia paradoxa*, limicolo il primo e indicatori della presenza di materia organica nei sedimenti gli altri.

In generale la ricchezza specifica totale non ha mai presentato differenze tra transetto, sea-line e controlli, eccetto nell'inverno del terzo anno di indagine (inverno 2007) quando, in corrispondenza della condotta, è stato riscontrato un numero di specie (39) superiore rispetto al transetto (21-30 specie) e ai controlli (23-26 specie). Tale aumento è stato determinato dalla presenza di specie per lo più *deposit feeders* o *filter feeders* (es.: *Cerianthus membranaceus*, *Ophelina* sp, *Minuspio cirrifera*) che, probabilmente, trovavano maggiore disponibilità di particelle detritiche e organiche in quell'area, e di carnivori (es.: *Athanas nitescens*, *Ceratonereis costae*) probabilmente attratti dalla maggiore quantità di prede rispetto alle altre stazioni. Tale peculiarità del sito sul sea-line ha evidenziato un certo effetto, seppur spazialmente e temporalmente molto limitato, da parte della condotta.

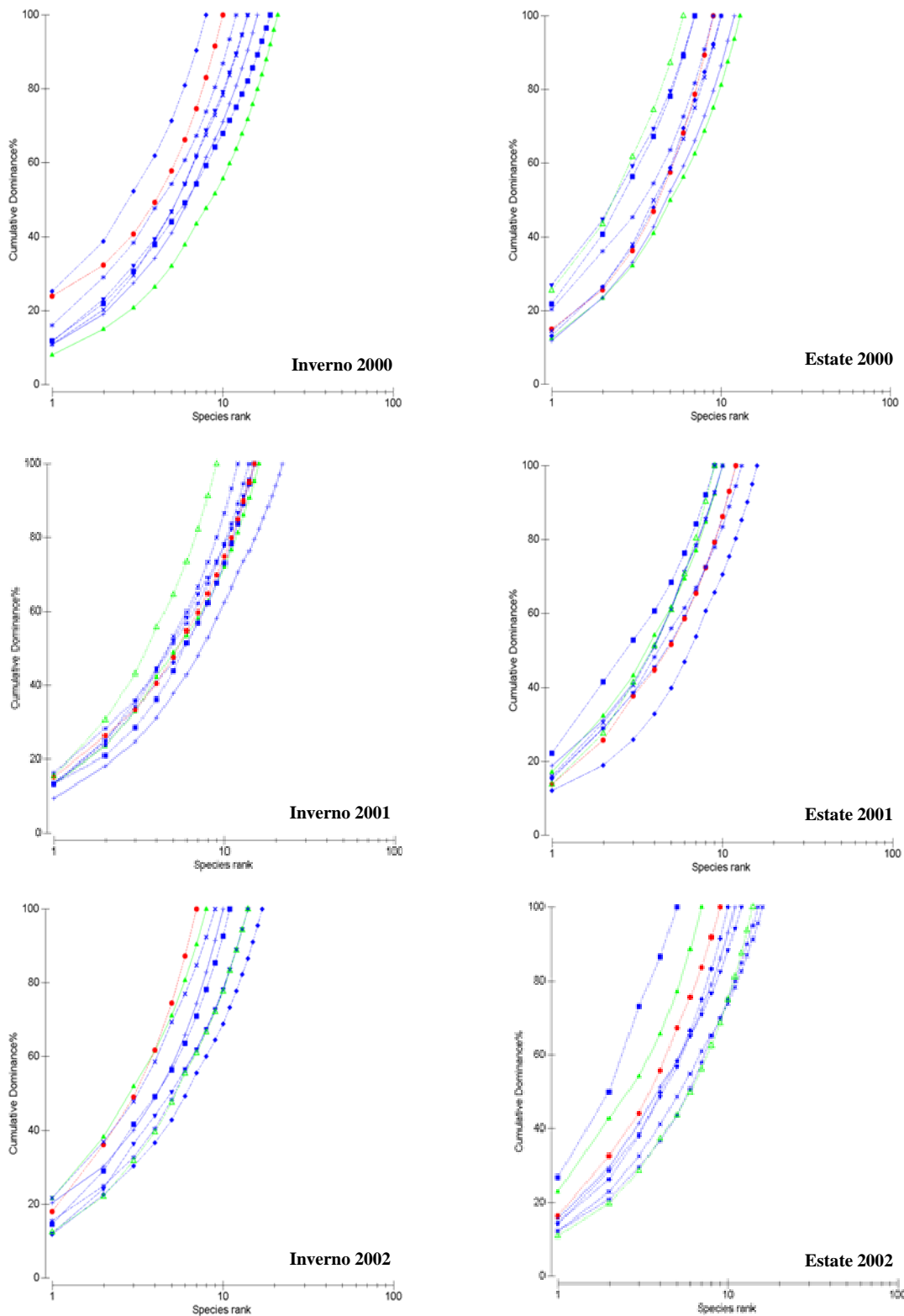


Fig. 6.5 - Sea-line Barbara NW - Barbara B. Curve di dominanza cumulativa (%) delle comunità bentoniche riscontrate nelle stazioni del transetto (in blu), presso sea-line (in rosso) e presso i controlli (in verde) nelle singole stagioni di campionamento. E' evidente l'omogeneità tra tutti i siti nell'intero periodo di indagine.

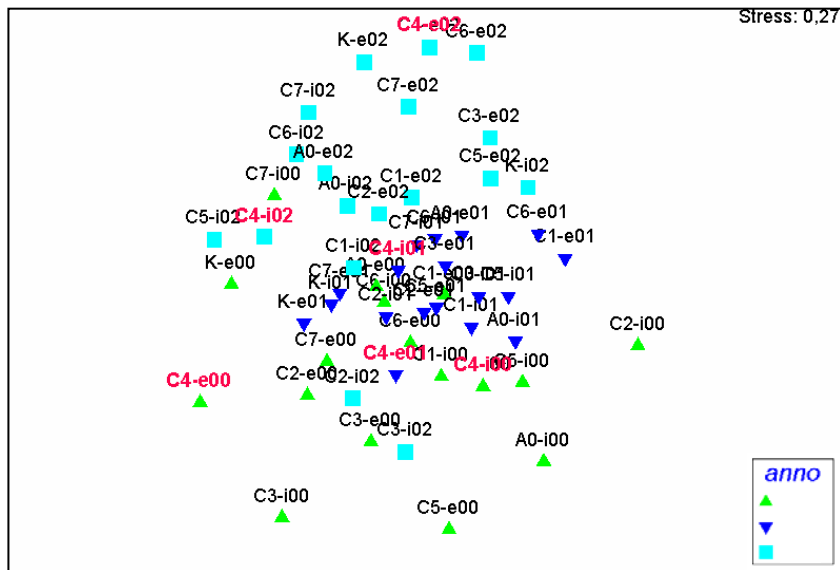


Fig. 6.6 – Sea-line Barbara NW - Barbara B. Rappresentazione bidimensionale dei siti posti lungo il transetto C e dei controlli tramite il metodo del MultiDimensional Scaling, in cui è evidenziato l'anno di campionamento. C4 = sito posto sul sea-line. I = inverno; e = estate.

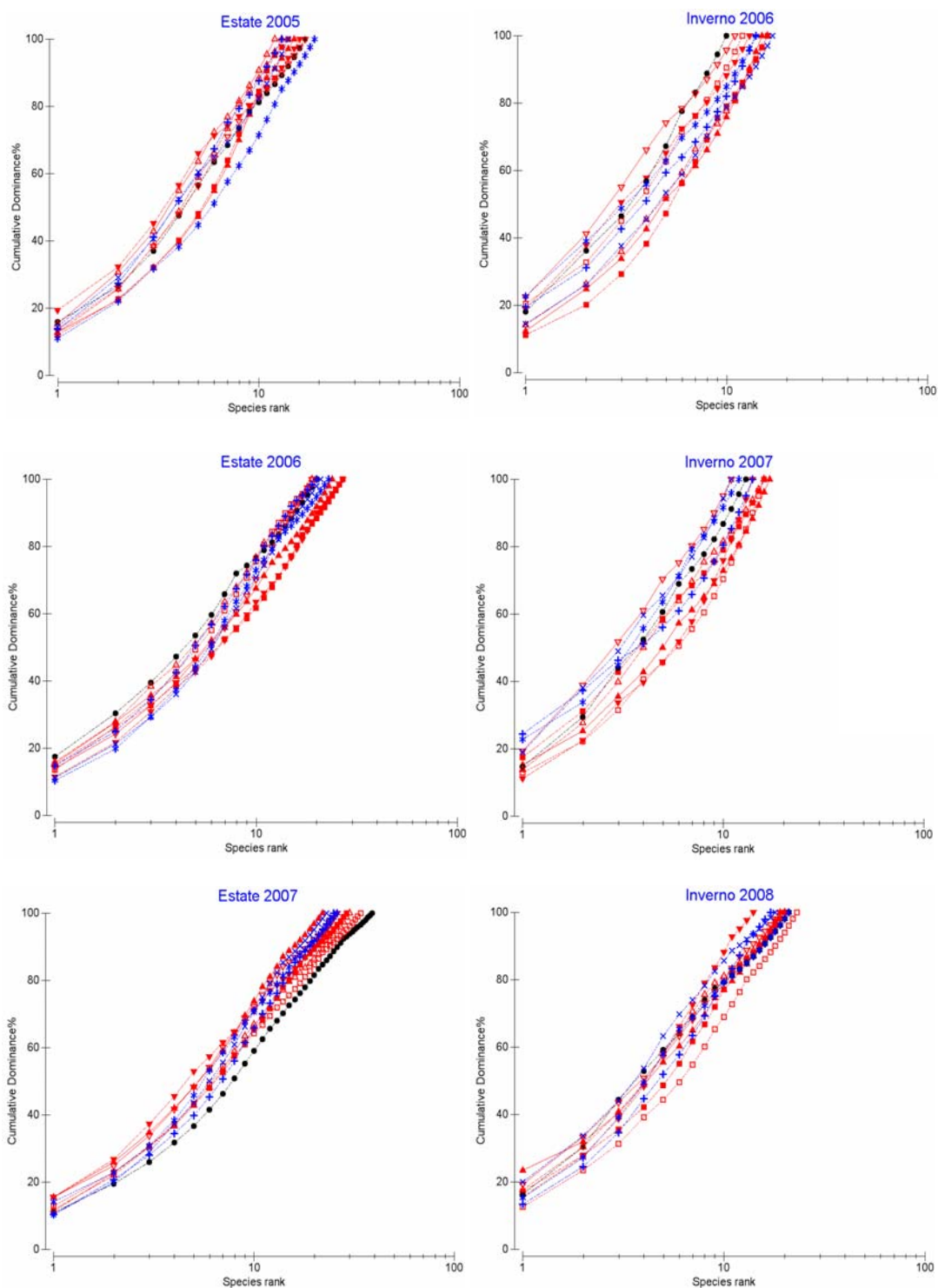


Fig. 6.7 - Sea-line Clara Nord - Calpurnia. Curve di dominanza cumulative (%) delle comunità bentoniche riscontrate nelle stazioni del transetto (in rosso), presso sea-line (in nero) e presso i controlli (in blu) nelle singole stagioni di campionamento. E' evidente l'omogeneità tra tutti i siti nell'intero periodo di indagine.

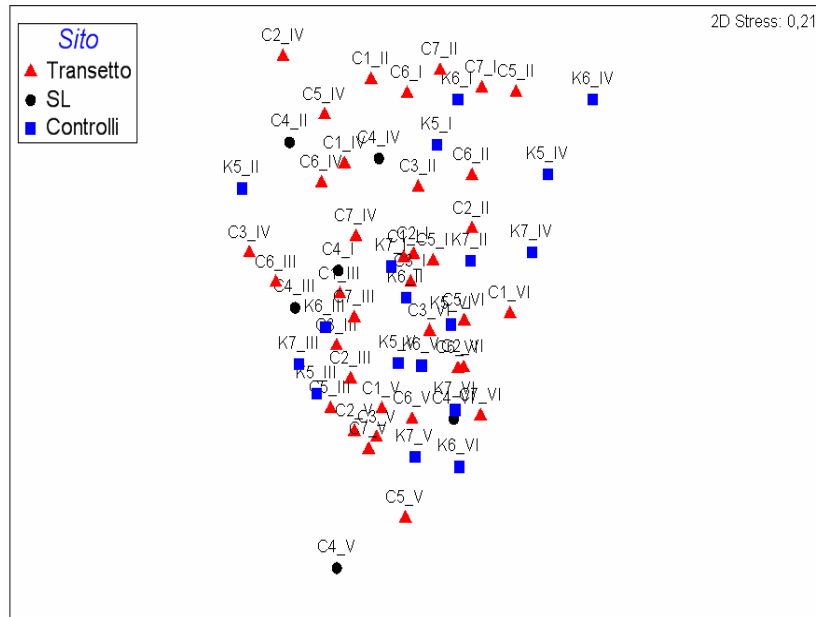


Fig. 6.8 – Sea-line Clara Nord - Calpurnia. Rappresentazione bidimensionale dei siti posti lungo il transetto C e dei controlli tramite il metodo del MultiDimensional Scaling. C1 = sito a 100 m a NE; C2 = sito a 60 m a NE; C3 = sito a 30 m a NE; C4 = sito posto sul sea-line; C5 = sito a 30 m a SW; C6 = sito a 60 m a SW; C7 = sito a 100 m a SW; K = controlli. I = estate 2005; II = inverno 2006; III = estate 2006; IV = inverno 2007; V = estate 2007; VI = inverno 2008.

Per quanto concerne la valutazione dello stato ecologico dell'ambiente mediante l'indice AMBI, per entrambi i sea-line è stato registrato uno stato ecologico buono negli interi periodi di survey, sia lungo i transetti che nei siti corrispondenti alle condotte e nei controlli (figg. 6.9 e 6.10), essendo l'indice oscillato tra 1,3 (sito C5, inverno 2002) e 3,3 (sito C6, estate 2001) nel caso della condotta Barbara NW - Barbara B e tra 1,3 (sito C5, inverno 2006) e 2,6 (siti C76, estate 2006 e C3, estate 2007) nel caso della condotta Clara Nord - Calpurnia.

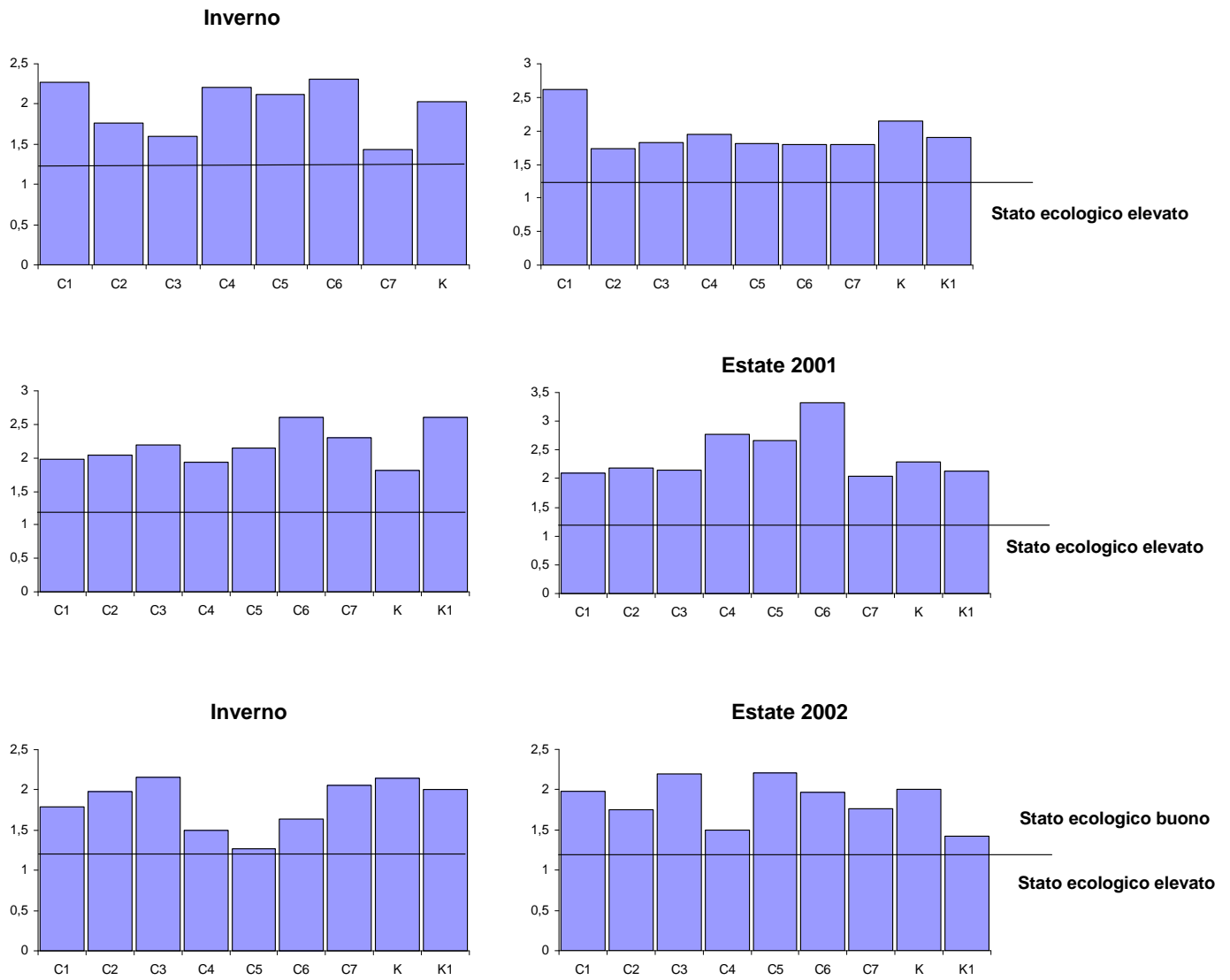


Fig. 6.9 - Sea-line Barbara NW - Barbara B. Valori dell'indice AMBI ottenuti nel corso dei tre anni di monitoraggio. C4 = sito posto in corrispondenza della condotta; K e K1 = controlli.

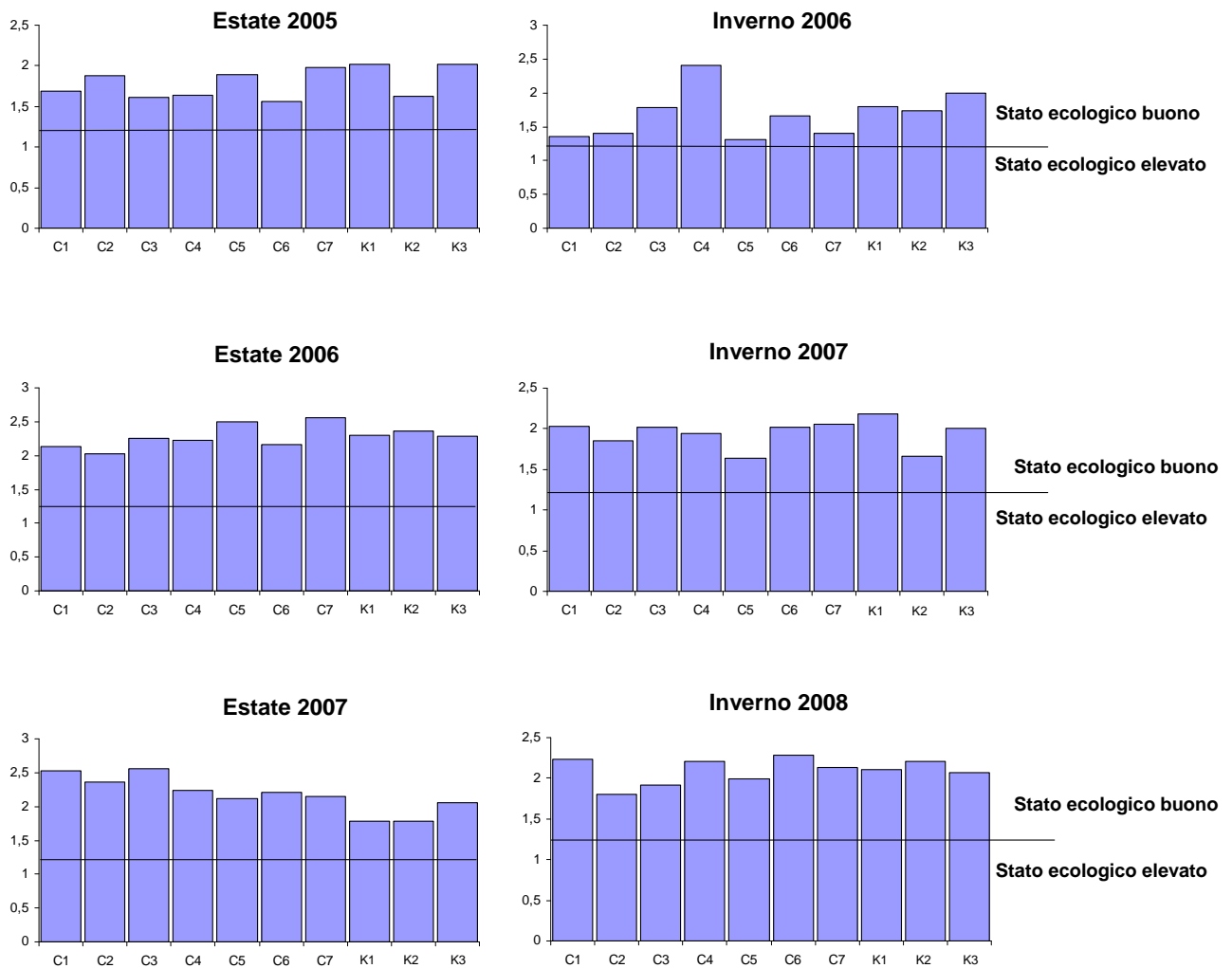


Fig. 6.10 - Sea-line Clara Nord - Calpurnia. Valori dell'indice AMBI ottenuti nel corso dei tre anni di monitoraggio. C4 = sito posto in corrispondenza della condotta; K e K1 = controlli.

6.3. PASSAGGIO DI CETACEI E TARTARUGHE MARINE

Come già descritto nel Cap. 3.6., in Adriatico sono stati individuati circa 330 branchi di delfini, per lo più tursiopi (75%; Manoukian *et al.*, 2001b).

Per quanto concerne invece le tartarughe marine, nel periodo 1980-2008 sono stati ritrovati 1282 esemplari di *Caretta caretta* arenati o fluttuanti nel nord Adriatico, con una frequenza più alta durante il periodo estivo (Casale *et al.*, 2010).

Durante la posa in opera di un sea-line, i lavori e le imbarcazioni di supporto operano per molte ore ogni giorno ed emettono rumori che possono potenzialmente interferire con il comportamento di mammiferi marini che comunicano e/o si muovono utilizzando sistemi di ecolocalizzazione. La luce utilizzata durante tali operazioni

può determinare effetti sulla navigazione di tartarughe marine, consistenti in una deviazione della rotta, che possono rivelarsi negativi quando questi animali si dirigono o provengono da aree utilizzate per la deposizione delle uova, cosa che però non riguarda la zona in questione che, come già spiegato nel Cap. 3.6, rappresenta un'area di svernamento per questi rettili marini.

Tali effetti sono comunque limitati alla breve durata dell'installazione della struttura. Infatti, nel corso dei monitoraggi condotti dal CNR-ISMAR di Ancona presso condotte sottomarine ubicate in alto e medio Adriatico, sono stati avvistati branchi di tursiopi e tartarughe marine già dopo un mese dalla posa dei sea-line (Fabi *et al.*, 2008; 2010b).

7. CONCLUSIONI

La futura condotta sottomarina che collegherà la piattaforma Elettra all'esistente sea-line Barbara C / Bonaccia avrà una lunghezza di circa 2,4 km (profondità: 75-78 m) e sarà posizionata nella medesima area di Elettra, caratterizzata dalla presenza di sabbie pelitiche.

La zona presenta le caratteristiche degli alti fondali del medio Adriatico dal punto di vista sia oceanografico (condizioni di oligotrofia determinate da bassi contenuti di nutrienti e clorofilla, stratificazione alino-termica stagionale, buona ossigenazione, deboli correnti a volte di direzione variabile, ecc.), sia sedimentologico (bassi contenuti di IPA, metalli pesanti, carbonio organico totale), sia biologico, essendo la comunità bentonica tipica di fondali mobili. Le comunità bentoniche si presentano generalmente poco ricche e diversificate e costituite prevalentemente da policheti, crostacei e molluschi appartenenti soprattutto alla Biocenosi dei fanghi terrigeni costieri. Una certa rilevanza è anche rivestita da taxa indicatori della presenza di sostanza organica nei sedimenti

Studi precedentemente condotti dal CNR-ISMAR presso sea-line installati in tale area dell'Adriatico centro-settentrionale (Fabi *et al.*, 2004a; 2010a) hanno evidenziato che, dal punto di vista sedimentologico, non viene alterata la tessitura dei sedimenti, né avviene un accumulo di idrocarburi policiclici aromatici, le cui concentrazioni sono spesso al di sotto della rilevabilità strumentale, o metalli pesanti riconducibile alla presenza delle condotte.

Analogamente, i contenuti di sostanza organica nell'area interessata dalla presenza dei sea-line non presentano divergenze con quanto riscontrato in aree di controllo aventi le medesime caratteristiche geomorfologiche.

I lavori di posa in opera delle condotte possono determinare un iniziale depauperamento del popolamento macrozoobentonico molto limitato sia spazialmente, non essendo evidente già a 30 m di distanza, sia dal punto di vista temporale, poiché entro un anno dalla fine delle operazioni di installazione non si riscontrano più differenze con le aree di controllo. Un altro effetto che può verificarsi per la presenza dei sea-line, anche questo molto limitato spazialmente interessando esclusivamente un'area molto ristretta a ridosso delle condotte, consiste in un arricchimento della comunità determinato dalla presenza di specie per lo più *deposit*

feeders o *filter feeders* che, probabilmente, trovano maggiore disponibilità di particelle detritiche e organiche in quell'area, e di carnivori probabilmente attratti dalla maggiore quantità di prede rispetto alle aree limitrofe.

La valutazione della qualità ambientale effettuata mediante l'indice AMBI (Borja *et al.*, 2000), applicato da Muxica *et al.* (2005) oltre che in ambienti marino-costieri, anche in aree più profonde (costa occidentale svedese) o interessate dalla presenza di piattaforme petrolifere (Mare del Nord), indica complessivamente uno stato ecologico da buono a elevato nelle aree interessate dalla presenza di condotte sottomarine, confermato anche nel caso di sea-line più recenti tuttora sottoposti a studi di monitoraggio ambientale (Fabi *et al.*, 2011b; 2011c) per i quali è stata effettuata l'applicazione combinata di più indici specifici (AMBI, BENTIX e W; Pianka, 1970; EC, 2003; Simboura *et al.*, 2005).

Infine, la presenza delle sottomarine non sembra disturbare lo stazionamento o il passaggio di tartarughe marine o cetacei.

Pertanto, in sintesi, si può ragionevolmente affermare che nell'area in questione:

- a) gli eventuali impatti indotti dall'installazione di condotte sottomarine nell'areale in cui verrà posizionato il sea-line Elettra - Barbara C / Bonaccia riguardano soprattutto le comunità bentoniche e sono legati essenzialmente alla movimentazione del fondale per la posa delle strutture.
- b) Tali impatti risultano spazialmente e temporalmente molto limitati, verificandosi esclusivamente a ridosso della condotta e scomparendo entro circa un anno dalla fine dei lavori di posa in opera della struttura.

8. BIBLIOGRAFIA

- Aabel J.P., Cripps S., Kjeilen G. 1997. Oil and gas production structures as artificial reefs. Pagg. 391-404, *in*: Jensen A.C. (Ed.), *Proceedings of the 1st Conference of the European Artificial Reef Research Network*, Ancona, Italy, 26e30 March. Southampton Oceanography Centre.
- Bombace G., Fabi G., Fiorentini L., Spagnolo A. 1997. Assessment of the ichthyofauna of an artificial reef through visual census and trammel net: comparison between the two sampling techniques. Pagg. 291-305, *in*: Hawkins LE, Hutchinson S (Eds.) *The responses of marine organisms to their environments*. Southampton Oceanographic Centre, University of Southampton, UK.
- Borja A., Franco J., Pérez V. 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environment. *Mar. Poll. Bull.*, 40(12): 1100-1114.
- Brambati A., Ciabatti M., Fanzutti G.P., Marabini F., Marocco R. 1983. A new sedimentological textural map of the Northern and Central Adriatic Sea. *Boll. Ocean. Teor. Appl.*, 1(4). 7 pp.
- Casale P., Affronte M., Insacco G., Freggi D., Vallini C., D'astore P., Basso R., Paolillo G., Abbate G., Argano R. 2010. Sea turtle strandings reveal high anthropogenic mortality in Italian waters. *Aquat. Cons: Mar. and Freshw. Ecosyst.*, 20: 611-620.
- European Commission. 2003. *Towards a guidance on establishment of the intercalibration network and the processes on the intercalibration exercise*. CIS Working Group 2.5 (Intercalibration), Common Implementation Strategy of the Water Framework Directive, European Commission. 54 pp.
- Fabi G., Ausili S., Campanelli A., De Biasi A., Fornasiero P., Grati F., Grilli F., Marini M., Panfili M., Puletti M., Scarcella G., Spagnolo A. 2005a. Evaluation of the ecological impact of gas platforms in the Adriatic Sea. II° Congresso Internacional de Ciencia y Tecnología Marina - Oceanos III Millennium. Alicante, Spagna, 22-26 aprile 2003. *Libro de Ponencias II Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología Marina - Oceanos III Millennium, Tomo I. Editorial C.P.D., Madrid*: 127-139.
- Fabi G., Ausili S., De Ranieri S., Nasci C., Spagnolo A. 2005b. *Servizi di monitoraggio ambientale piattaforma di estrazione di idrocarburi gassosi "Porto Corsini Mare Sud 1 (PCMS-1)". Rapporto conclusivo di due anni di indagine*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 95 + XI pp.
- Fabi G., Boldrin A., De Ranieri S., Manoukian S., Nasci C., Scarcella G., Spagnolo A. 2005c. *Servizi di monitoraggio ambientale Piattaforma di estrazione di idrocarburi gassosi "Naomi-Pandora". Rapporto conclusivo di due anni di indagine (2002-2003)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 201 + XXVIII pp.
- Fabi G., Bolognini L., De Ranieri S., Marini M. Nasci C., Spagnolo A. 2009. *Servizi*

- di monitoraggio ambientale Campo Naide. III anno di monitoraggio dopo la posa in opera – Rapporto semestrale (Luglio - Dicembre 2007). Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 201 + XLVI pp.*
- Fabi G., Campanelli A., De Ranieri S., Nasci C., Polidori P., Punzo E. 2010c. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara Est. Rapporto conclusivo di tre anni di indagine (estate 2005 - inverno 2008). Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 353+ XLI pp.*
- Fabi G., Campanelli A., De Ranieri S., Nasci C., Spagnolo A. 2011. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Annamaria B. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. Piano nazionale. I semestre 2010. Indagini idrologiche, fisiche e chimiche dei sedimenti, ecotossicologia e indagini sulla comunità bentonica. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 157 + XXVII pp.*
- Fabi G., Campanelli A., De Ranieri S., Nasci C., Spagnolo A. 2011a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Annamaria B. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. Piano nazionale. I semestre 2010. Indagini idrologiche, fisiche e chimiche dei sedimenti, ecotossicologia e indagini sulla comunità bentonica. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 157 + XXVII pp.*
- Fabi G., Da Ros L., De Biasi A.M., Manoukian S., Nasci, C., Puletti M., Punzo E., Spagnolo A., 2007. Environmental impact of gas platforms in the Northern Adriatic Sea: a case study. *Rapport de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée*, 38 : 471.
- Fabi G., De Ranieri S., Manoukian S., Marini M., Scarcella G., Spagnolo A. 2004a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Barbara NW. Rapporto conclusivo di tre anni di indagine (2000–2002). Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 228+XLIX pp.*
- Fabi G., De Ranieri S., Manoukian S., Panfili M. 2002. *Servizi di monitoraggio ambientale Calpurnia. Rapporto conclusivo di due anni di indagine (2000–2001). Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 65+IX pp.*
- Fabi G., De Ranieri S., Grati F., Marini M., Spagnolo A. 2001. *Servizi di monitoraggio ambientale campo Regina. III Anno di indagine. Rapporto finale. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione AGIP, Distretto di Ravenna. 185 + XXVII pp.*
- Fabi G., De Ranieri S., Grilli F., Nasci C., Spagnolo A. 2010a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara Nord. Rapporto conclusivo di tre anni di indagine (estate 2005 - inverno 2008). Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 240 + XLIII pp.*
- Fabi G., De Ranieri S., Manoukian S., Marini M., Meneghetti F., Paschini E., Scarcella G., Spagnolo A. 2006. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Calipso. Rapporto finale di 4 anni di studio (2002-2005). Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 224 + XLII pp.*
- Fabi G., De Ranieri S., Marini M., Spagnolo A. 2010b. *Servizi di monitoraggio*

- ambientale Campo Tea. I anno di monitoraggio - Rapporto finale.* Rapporto per ENI S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 157 + XXIX pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Nasci C., Spagnolo A. 2011b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Annamaria B. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione del sea-line Annamaria B - Annamaria A - I survey dopo i lavori di installazione - inverno 2010.* Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 75 + XX pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Nasci C., Spagnolo A. 2011c. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Annamaria B. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione del sea-line Annamaria B - Brenda - I survey dopo i lavori di installazione - inverno 2010.* Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 81 + XXX pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Panfili M., Scarcella G., Spagnolo A. 2003. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Annalisa – III Anno di indagine. Rapporto finale.* Rapporto per ENI S.p.A – Divisione AGIP. 123+XLVI pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Panfili M., Scarcella G., Spagnolo A. 2001b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Anemone (1999-2000). Rapporto finale.* Rapporto per ENI S.p.A – Divisione AGIP. 119+XI pp.
- Fabi G., Grati F., Puletti M., Scarcella G. 2004b. Effects on fish community induced by the installation of two gas platforms (Adriatic sea). *Mar. Ecol. Progr. Series*, 273: 187-197.
- Fabi G. De Ranieri S., Marini M. Nasci C., Sarappa A., Scarcella A., Spagnolo A. 2008. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Naide. II anno di monitoraggio dopo la posa in opera (2006 - 2007) – Rapporto finale.* Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 309 + XLVI pp.
- Fowler S.W. 1990. Critical review of selected heavy metal and chlorinated hydrocarbon concentrations in the marine environment. *Mar. Environ. Res.*, 29: 1-64.
- Grove R.S., Sonu C.J., Nakamura M. 1991. Design and engineering of manufactured habitats for fisheries enhancement. Pagg. 109-152, in: Seaman W. Jr., Sprague L.M. (Eds.), *Artificial habitats for marine and freshwater fisheries.* Academic Press, San Diego.
- Hernandez F.J.Jr., Shaw R.F., Cope J.S., Ditty J.G., Farooqi T., Benfield M.C. 2003. The across-shelf larval, postlarval, and juvenile fish assemblages collected at offshore oil and gas platforms west of the Mississippi river delta. Pagg. 39-72, in: Stanley D.R., Scarborough- Bull A. (Eds.), *Fisheries, Reef, and Offshore Development.* American Fisheries Society, Symposium 36, Bethesda, Maryland.
- International Association of Oil & Gas Produces. 2005. *Fate and effects of naturally occurring substances in produced water on the marine environment.* Report No.364.
- ICRAM-APAT. 2006. *Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini.* Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. 67 pp.

- La Mesa M., Scarcella G., Grati F., Fabi G. 2010. Age and growth of the black scorpionfish, *Scorpena porcus* (Pisces, Scorpaenidae) from artificial structures and natural reef in the Adriatic Sea. *Sci. Mar.*, 74(4): 677-685.
- Lampitt R.S., Billet D.S.M., Rice A.L. 1986. Biomass of the invertebrate megabenthos from 500 to 4100 m in the Northeast Atlantic. *Mar. Biol.*, 93: 69-81.
- Løkkeborg S., Humborstad O.B., Jørgensen T., Soldal A.V. 2002. Spatio-temporal variations in gillnet catch rates in the vicinity of North Sea oil platform. *ICES J. Mar. Sci.*, 59: 294-299.
- Love M.S., Schroeder D.M., Nishimoto M.M. 2003. *The ecological role of oil and gas production platforms and natural outcrops on fishes in southern and central California: a synthesis of information*. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, Biological Resources Division, Seattle, Washington, 98104, OCS Study MMS 2003-032.
- Manoukian S., Azzali M., Farchi C., Giovagnoli L., La Bella G., Rivas G. 2001a. Sightings distribution and variability in species composition of cetaceans in the Adriatic Sea ecosystem in one decade of study. *Rapp. Comm. Int. Mer Medit.*, 36: 297.
- Manoukian S., Azzali M., Giovagnoli L. 2001b. Features of cetacean herds, observed in the Adriatic sea from 1988 to 2000. Pagg. 78-90, in: Evans P.G.H., Cruz J., Raga J.A. (Eds.), *Proceedings of the 15th Annual Conference of the European Cetacean Society*.
- Manoukian S., Azzali M., Giovagnoli L., Mancusi C. 2001c. An overview of geographical distribution of cetaceans in the Adriatic Sea with a particular attention on the Western side situation. *Proceedings of the 14th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals*, Vancouver, Canada, 28 Nov. – 3 Dic., 2001. 134 pp.
- Muxica I., Borja A., Bonne W. 2005. The suitability of the marine biotic index (AMBI) to new impact sources along European coasts. *Ecological Indicators*, 5: 19-31.
- Pianka E.R. 1970. On r- and k-selection. *Amer. Nat.*, 104: 592-597.
- Pugnetti A., Camatti E., Mangoni O., Morabito G., Oggioni A., Saggoimo V. 2006. Phytoplankton production in Italian freshwater and marine ecosystems: state of the art and perspectives. *Chemistry and Ecology*, 22 (S1): 49- 69.
- Regoli F., Orlando E. 1994. Accumulation and subcellular distribution of metals (Cu, Fe, Mn, Pb and Zn) in the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* during a field transplant experiment. *Mar. Poll. Bull.*, 28: 592-600.
- Russo A., Artegiani A. 1996. Adriatic Sea Hydrography. *Sci. Mar.*, 60(2): 33-43.
- Scarcella G, Grati F, Fabi G (in stampa) Temporal and spatial variation of the fish assemblage around a gas platform in the northern Adriatic Sea, Italy. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*.
- Simboura N., Panayitodus P., Papathanassiou E. 2005. A synthesis of the biological quality elements for the implementation of the European Water Framework

- Directive in the Mediterranean Ecoregion: the case of Saronikos Gulf. *Ecol. Ind.*, 5: 253-266.
- Soldal A.V., Svelline I., Jorgensen T., Løkkeborg S. 2002. Rigs-to-reefs in the North Sea: hydroacoustic quantification associated with a “semi-cold” platform. *ICES J. Mar. Sci.*, 59: 281-287.
- Spagnolo A., Ausili S., Fabi G., Manoukian S., Puletti M., 2006. Realizzazione di una piattaforma estrattiva offshore: effetti sul macrozoobenthos di fondo mobile. *Biol. Mar. Medit.*, 13(1): 60-61.
- Spagnolo A., Panfili M., Giampieri A., Spegne R., Trovatelli L., 2002. Cambiamenti indotti sulla comunità bentonica di fondo mobile da una piattaforma estrattiva offshore (Adriatico settentrionale). *Biol. Mar. Medit.*, 9(1): 191-198.
- Stanley D.R., Wilson C.A., 1997. Seasonal and spatial variation in the abundance and size distribution of fishes associated with a petroleum platform in the northern Gulf of Mexico. *Can. J. Fish. Aqu. Sci.*, 54: 1166-1176.
- Stanley D.R., Wilson C.A., 2000. Variation in the density and species composition of fishes associated with three petroleum platforms. *Fish. Res.*, 47: 161-172.
- Teixeira H., Salas F., Pardal M.A., Marques J.C. 2007. Applicability of ecological evaluation tools in estuarine ecosystem : a case of the lower Mondego estuary (Portugal). *Hydrobiologia*, 587: 101-112.
- Triossi F., Tizzi R. 2003. A cetacean survey in north Adriatic Sea. Pagg. 282-285, in: Evans P.G.H., Cruz J., Raga J.A. (Eds.) *Proceedings of the 17th Annual Conference of the European Cetacean Society*.
- UNEP/FAO. 1986a. *Baseline studies and monitoring of metals, particularly mercury and cadmium, in marine organisms (MED/POL II)*. MAP Technical Reports Series N° 2. UNEP, Athens.
- UNEP/FAO. 1986b. *Assessment of the present state of pollution by cadmium, copper, zinc and lead in the Mediterranean sea*. UNEP/WG. 144/11. Fourth meeting of the Working Group for Scientific and Technical Co-operation for MED POL. Athens.