



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PISA
Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali
TESI DI LAUREA in SCIENZE NATURALI
(vecchio ordinamento)

ECOLOGIA DEGLI OSTRACODI
DI
UN'AREA PROSPICIENTE LA CITTA'
DI LIVORNO



Anno Accademico 2006-2007

**Fatti non foste a viver come bruti ma
per seguire virtude e canoscenza...**

Dante Alighieri
Inferno XXVI canto
Ulisse, Divina Commedia.

Riassunto

E' datato 1977, ad opera di Bonaduce *et al.*, il più recente lavoro dedicato all'ostracofauna bentonica del Mar Ligure ed erano quindi circa trenta anni che non venivano pubblicati lavori riferiti a tale argomento; in base a queste considerazioni, essendo venuti a disposizione di un numero sufficientemente rappresentativo di campioni, relativi ad un'area prospiciente la città di Livorno, comprendente oltre al Porto e le Secche della Meloria due piccole zone di transizione si è deciso di studiarne l'ecologia dell'ostracofauna attuale. In base a ciò si è focalizzato l'attenzione sulle peculiarità e diversità ambientali dell'area Portuale e delle Secche, considerabili come due unità fisiografiche distinte, con l'obiettivo di evidenziare (associando anche dati sui Foraminiferi), l'esistenza di un trend nella distribuzione delle associazioni ad Ostracodi che le caratterizzano, passando attraverso l'analisi delle subaree di transizione sopra citate.

In ultima analisi i dati ottenuti da questa indagine, che rappresenta il primo studio con tale intento per l'area in esame, hanno consentito di ampliare le conoscenze sulle Ostracofaune del piano infralitorale del Mar Ligure fornendoci un range di informazioni ad ampio spettro, quali:

- a) caratterizzazione delle associazioni ad Ostracodi in un ambiente paralico artificiale, contaminato e con limitati scambi verso l'esterno come il Porto,
- b) studio dell'ostracofauna di un habitat geomorfologicamente peculiare, con elevata ricchezza biotica (vegetale ed animale) e con elevato idrodinamismo come le Secche, sottoposto inoltre all'azione "stressante" del Porto stesso e dall'influenza dei corsi d'acqua che sfociano in mare nelle sue vicinanze (in particolare il Fiume Arno ed il Torrente Ugione).
- c) indicazioni sulle correlazioni sia tra le ostracofaune del Porto e delle subaree esterne di mare franco, sia nell'ambito del Porto stesso, in zone dove si immettano direttamente scarichi reflui urbani/industriali o corpi idrici (variazioni di salinità, inquinanti etc.)

E' da sottolineare inoltre che a tali considerazioni deve essere aggiunto un ulteriore elemento di interesse scientifico in quanto rappresentando questa indagine uno lavoro pionieristico per l'area in esame, i risultati ottenuti possono costituire un primo momento di conoscenza da usarsi per il monitoraggio futuro.

Abstracts

Launched them to 1977, to work of Bonaduce *et al*, the most recent job dedicated to the benthic ostracofauna from Ligurian Sea and they were therefore approximately thirty years that did not come publish reported jobs on such argument; in reference to these considerations, being come on hand of a sufficiently representative number of samples, pertaining to on area near the city of Leghorn, comprising beyond to subarea small in front of Calambrone and one outside of the outer dams, the two main habitats, that is the Harbour and the Meloria Shoals, have been decided to study of the ecology of the actual ostracofauna. Basing to house on that, the attention has been focused on the peculiarities and diversity acclimatizes them of this last two habitat, considered like two distinguished physiographic units, with the objective to evidence (associating data on the Foraminifera), the existence of a trend in the distribution of the Ostracoda association that characterize to them, passing through the analysis of the subarea of transition over cited.

In last analysis the data obtained from this surveying, that represents the first study with such attempt for the area, have concurred to widen the acquaintances on the upper-neritic ostracofaune from Ligurian Sea being supplied a range to us of information to wide phantom, which:

- a) characterization of the associations to Ostracodia in an artificial paralic habitat, contaminated and with it limits exchanges to you towards the outside, like the Port,
- b) study of the ostracofauna of a particular geomorphological habitat, with elevated biotica wealth (vegetable and animal) and with elevated idrodinamismo like Meloria Shoals, subordinate moreover to “the stressful” action of the same harbour and from the influence of the water course that in sea in its vicinities (in particular Arno and the Ugione river
- c) indications on the correlations between the ostracofaune of the harbour and the external subarea of frank sea, is in the within of the same harbour, in zones where directly industrial city drainages reflui/or water bodies (variations of salinità, polluting etc.) And' to emphasize moreover that to such considerations a pioneering job for the area must under investigation be added an ulterior element of scientific interest in how much representing this surveying, it turns out obtained to you can constitute a first moment of acquaintance to use itself for the future monitoring.

INDICE

CAPITOLO 1

1.1 INTRODUZIONE.....	7
1.2 SCOPO DELLA TESI	7
1.3 POSIZIONE GEOGRAFICA E CLIMA.....	9
1.4 SISTEMA DELLA CORRENTI MARINE.....	11

CAPITOLO 2

2.1 MATERIALI E METODI

CAPITOLO 3

3.1 PORTO DI LIVORNO

3.2 INQUADRAMENTO AMBIENTALE

3.3 FAUNA

CAPITOLO 4

4.1 SECCHIE DELLA MELORIA

4.2 FLORA

4.3 FAUNA

CAPITOLO 5 :OSTRACODI

5.1 GENERALITA', ANATOMIA e FISIOLOGIA degli OSTRACODI

5.2 AUTOECOLOGIA DEGLI OSTRACODI

CAPITOLO 6: ANALISI DEI RISULTATI

6.1 TABELLA GENERALE DELLE SPECIE

6.2 TABELLA SPECIE AREA PORTO

6.3 TABELLA SPECIE FUORI DIGHE

6.4 TABELLA SPECIE AREA CALAMBRONE

6.5 TABELLA SPECIE SECCHIE DELLA MELORIA

CAPITOLO 1

1.1 INTRODUZIONE

La prima pubblicazione, relativa allo studio degli Ostracodi attuali del Bacino del Mediterraneo in assoluto, e nella fattispecie della piattaforma italiana, fu la monografia di Müller (1894), sull'ostracofauna del Golfo di Napoli, alla quale seguirono dei lavori relativi a varie aree del Mediterraneo, quali i lavori di Rome (1939;1942;1965), Hartman (1953), Reys (1961 b; 1963; 1965), Wouters (1972), Carbonel (1973), Bonaduce *et al.*, (1977) sull' Alto Tirreno (Mar Ligure), Puri *et al.*, (1964) sempre sul Golfo di Napoli, quelli di Ascoli (1964), Masoli (1968, 1969), Breman (1975), Bonaduce *et al.*, (1975) sull'Adriatico e quelli di Bonaduce & Gervasio (1966) sul Golfo di Salerno.

Lo studio dell'ostracofauna del Bacino del Mediterraneo non si è limitato alla sola piattaforma italiana, ma la letteratura è ricca di lavori riguardanti altre aree del Mediterraneo quali ad esempio gli ambienti di piattaforma africana studiati da Yassini (1979) e Bonaduce *et al.*, (1979, 1988), i fondali antistanti il Libano, da Bonaduce *et al.*, (1970) ed i fondali di Cipro da Athersuch (1979).

1.2 SCOPO DELLA TESI

Dall'introduzione si evince che è datato 1977, ad opera di Bonaduce *et al.*, il più recente lavoro dedicato all'ostracofauna bentonica del Mar Ligure ed erano quindi circa trenta anni che non venivano pubblicati lavori riferiti a tale argomento; in base a queste considerazioni, essendo venuti a disposizione di un numero sufficientemente rappresentativo di campioni, relativi ad un'area prospiciente la città di Livorno, comprendente una piccola zona antistante il Calambrone in vicinanza dello sbocco del canale Scolmatore dell'Arno, una situata all'esterno delle dighe foranee, il Porto e le Secche della Meloria si è deciso di studiarne l'ostracofauna attuale, dal punto di vista ecologico. In base a ciò si è focalizzata l'attenzione sulle caratteristiche ambientali del Porto e l'ambiente esterno a questo, situato oltre le dighe foranee, costituito essenzialmente dall'area delle Secche della Meloria (considerata di mare franco).

Il Porto e le Secche possono essere inquadrabili come due unità fisiografiche distinte anche per caratteristiche ambientali e di sedimentazione, delimitate dalla presenza di barriere artificiali (il Porto) e geomorfologiche (le Secche). In base a questi elementi l'obiettivo è di verificare oltre l'analisi dell'ostracofauna dei due habitat principali, cioè il Porto e le Secche, l'esistenza di un trend nella variazione delle associazioni ad Ostracodi tra questi due ambienti (associando anche dati sulla fauna a Foraminiferi presente) passando attraverso l'analisi delle due subaree di transizione. Quindi in ultima analisi in base a tali considerazioni l'interesse scientifico di questa indagine è molteplice:

- a) rappresenta per l'area in esame il primo lavoro con tale intento,
- b) consente di rilevare il comportamento delle associazioni ad Ostracodi in un ambiente, tipicamente seminaturale (paralico artificiale), contaminato e con limitati scambi verso l'esterno come il Porto,
- c) fornisce indicazioni su di un habitat geomorfologicamente peculiare e con elevato idrodinamismo come le Secche, sottoposto inoltre all'azione "stressante" del Porto stesso e dall'influenza dei corsi d'acqua che sfociano in mare nelle sue vicinanze (in particolare il Fiume Arno ed il Torrente Ugione).
- d) Consente di evidenziare le possibili correlazioni sia sulle ostracofaune del Porto e delle subaree esterne di mare franco, sia nell'ambito del Porto stesso, in zone dove si immettano direttamente scarichi reflui urbani/industriali o corpi idrici (variazioni di salinità, inquinanti etc.)

d) I risultati di questo lavoro possono costituire un primo momento di conoscenza da usarsi per il monitoraggio dell'area in esame.

1.3 POSIZIONE GEOGRAFICA E CLIMA

L'area in esame, prospiciente la città di Livorno, è situata nel Mar Ligure meridionale ed è compresa tra 43° 36' latitudine Nord, 43° 32' latitudine Sud; 10° 19' di longitudine Est; 10° 12' di longitudine Ovest, coprendo una superficie di circa 32 km².

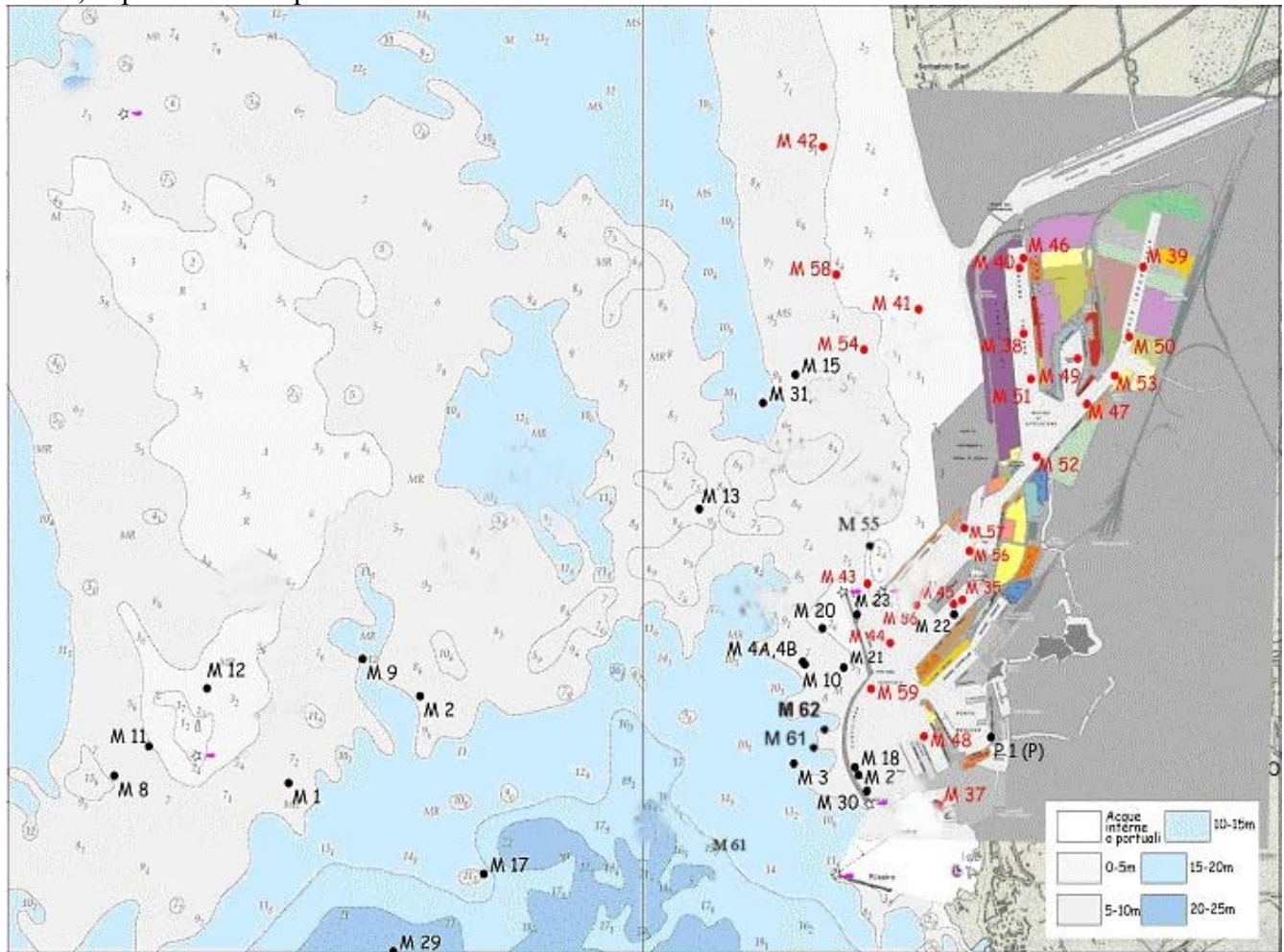
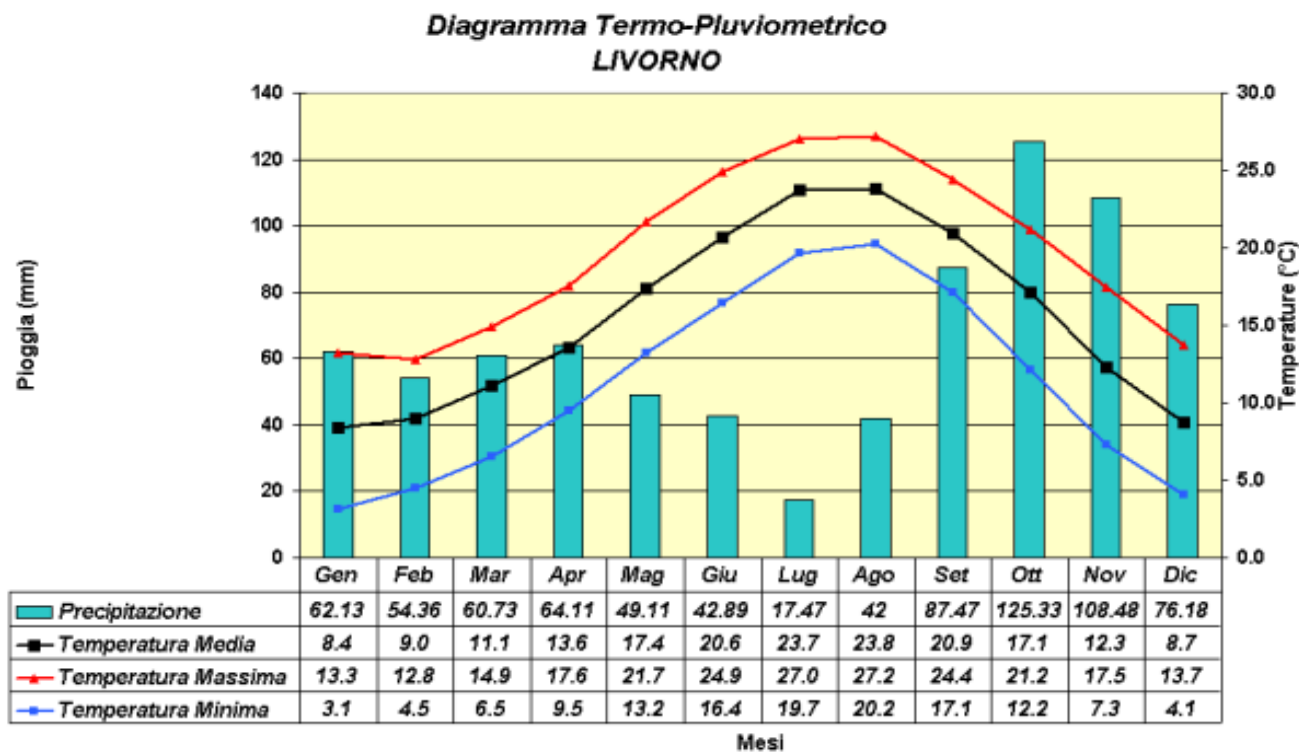


Fig 1.1: visione d'insieme dell'area di studio e relative stazioni di campionamento (i campioni delle stazioni colorate in nero sono stati raccolti dal 2003 al 2005, quelle in rosso nel 2006)

L'area, come è tipico delle zone litoranee italiane, può essere inquadrata nell'ambito del clima Mediterraneo (Tipo Mediterraneo, sottotipo Cs di W. Köppen, 1940 e Litoraneo Subumido di tipo C secondo Vittorini, 1972).



Precipitazioni			
Periodo	Media (mm)	Massimo (mm)	Minimo (mm)
Anno	790,3	1163,6 (1984)	462 (1998)
Primavera	174	272,6 (1984)	56,8 (1973)
Estate	102,4	249,4 (1970)	16,6 (1962)
Autunno	321,3	596 (1966)	75,2 (1970)
Inverno	192,7	382,2 (1960)	49,6 (1991)

Indici climatici		
	Numero di giorni di gelo	Numero giorni T > 34°C
Media	5,3	1,5
Massimo	24 (1956)	4 (1992)

Fig. 1.2: Caratteristiche climatiche di Livorno. Lat: 43.55 Lon: 10.31 Quota: 3 m s.l.m. Periodo Dati: 1960-2000, Dati del Servizio Idrologico Regionale (dal sito web: laMMA)

Quindi, in base ai dati della fig.2, le temperature medie durante i mesi dell'anno, vanno da un minimo di **8,4 °C** in Gennaio a **23,8 °C** in Agosto.

Le precipitazioni mediamente sono più intense durante l'autunno (generalmente aumentano in modo graduale da agosto). Seguono l'inverno, la primavera ed in ultima analisi i mesi estivi. Tale incremento delle precipitazioni durante l'autunno ed in misura minore in inverno, ha comunque, solo dei lievi effetti sulla salinità dell'acqua marina causa il rapido miscelamento verticale determinato dai forti e sostenuti venti che spirano in questi mesi (libeccio o garbino e maestrale) (laMMA, 2007)

Detto ciò la variazione di salinità è essenzialmente determinata, dall'apporto delle acque fluviali e variabilmente in funzione della loro portata. In particolare il corso d'acqua principale che essenzialmente ha un'azione di modificazione della salinità nell'area in esame è l'Arno.

Per quanto riguarda l'influenza di questo fiume in Porto, qui il fenomeno è diretto, con l'immissione delle acque dolci tramite il canale dei Navicelli, del canale dello Scolmatore. Mentre per la Meloria, l'influenza sulla salinità, è indiretta ed è determinata dall'azione delle correnti che verranno trattate nel paragrafo seguente.

I venti dominanti che caratterizzano l'area in studio, sono quelli di NE (Grecale), intensi e frequenti particolarmente in inverno ed i venti di burrasca che spirano prevalentemente dai settori W (Ponente) e SW (Libeccio) conseguenza dell'approfondimento dei nuclei ciclonici provenienti dal Golfo ligure. Questi venti sono in grado di sollevare onde che possono superare i 4 metri di altezza (Mare forza 6, con punte massime di forza 8) e che si abbattono sulla costa con forza distruttiva. (Barsotti, 1999)

Le temperatura media e la salinità relative al **Mar Ligure**, calcolate nel periodo compreso tra il 2000-2006 ed integrate in un range di profondità compreso tra 0 e 2000 metri variano rispettivamente tra **13-13.6 °C** e tra **38.45-38.7 ‰** (rispettivamente inverno-estate), mentre nel **Mar Tirreno** si calcolano temperature e salinità medie rispettivamente comprese tra **13.6- 14.1 °C** e **38.62-38.75 ‰** (Barbanti & Poulai, 2007).

Altresì studi effettuati sulla determinazione delle temperature medie intraannuali relativi ad un intervallo della colonna d'acqua compreso tra 0 e 100-200 m evidenziano che la temperatura media invernale oscilla intorno ai 13-14 °C in tutta la colonna d'acqua considerata mentre in estate la temperatura varia dai 26 °C in superficie ai 13-14 °C alla profondità di circa 100 m, con il termocline che si istaura a livello della batimetrica dei 10-50 m (fonte: www.rete.toscana.it).

Ovviamente le temperature superficiali delle acque seguono parzialmente le variazioni della temperatura atmosferica. A tale riguardo uno studio relativo al Mar Ligure ha registrato ad una profondità media di 10 m, in una fascia larga un km lungo la costa, riferito ai mesi invernali (novembre-Marzo) una temperatura superiore di circa **5 °C** rispetto alla media delle temperature giornaliere dell'aria (Dati Area Ricerca CNR, Genova).

1.4 SISTEMA DELLA CORRENTI MARINE

Ai fini dell'analisi delle correnti che caratterizzano il Mar Ligure meridionale, riveste un particolare interesse lo studio dell'andamento stagionale e della variabilità interannuale dei due rami (Occidentale e Orientale) della corrente che percorre il canale di Corsica diretta verso Nord, iniziato da Le Floch nel 1963 e proseguito da Astraldi e Gasparini (1992).

In riferimento alla corrente Occidentale, il trasporto d'acqua nel canale di Corsica si presenta equamente distribuito lungo la colonna d'acqua e mostra una variabilità stagionale e interannuale trascurabile. Viceversa il trasporto legato alla corrente Orientale è molto più marcato nella stagione invernale e nello strato d'acqua superficiale, con una forte variabilità interannuale. Come conseguenza di quest'ultimo fenomeno il risultato consiste in uno scambio d'acqua tra il bacino ligure e quello tirrenico. Tale condizione idrodinamica è stata spiegata prendendo in considerazione le diverse caratteristiche di temperatura e salinità dei due Mari: a causa della sua esposizione ai venti freddi e asciutti continentali (Maestrale e Tramontana) il **Mar Ligure (negli strati superficiali)** è

sensibilmente più freddo rispetto al Tirreno con un gradiente di temperatura e densità che tende ad accentuarsi in inverno (quindi segue un andamento stagionale funzione delle condizioni atmosferiche). Questo gradiente determina il passaggio della corrente Orientale, quasi sempre in direzione del Mar Ligure, con intensità massima che si estende dal periodo invernale fino a primavera.

Questa ipotesi, è stata ripresa in studi più recenti (Vignudelli et al., 1999; Vignudelli et al., 2000) e verificata con l'ausilio di un altimetro satellitare (TOPEX/Poseidon) in grado di misurare le variazioni di livello della superficie del Mare con elevata precisione. A tale riguardo è stata trovata una semplice relazione lineare tra il trasporto d'acqua operato dalla corrente e le misure del dislivello sterico tra Mar Ligure e Mar Tirreno che suggerisce la possibilità di monitorare il trasporto d'acqua utilizzando le misure ottenute con l'altimetro. Allo stato attuale è difficile stabilire se il dislivello sterico sia il meccanismo prevalente che si trova all'origine della corrente che attraversa il canale di Corsica anche se è accertato che i movimenti delle masse d'acqua nell'area considerata dipendono essenzialmente dal rapporto esistente tra il bacino ligure e quello tirrenico e dalle variazioni stagionali.

La presenza di numerose isole e la variabilità della batimetria fanno sì che la circolazione generale assuma localmente aspetti particolari. Ad esempio i canyons esterni all'Arcipelago toscano e le Secche della Meloria contribuiscono a creare una strozzatura che rallenta, e in qualche caso impedisce, il passaggio dell'acqua verso Nord, causando la formazione di strutture vorticose (Gasparini et al., 1987). Localmente quindi possono prevalere (tipicamente in Autunno), questi movimenti in senso rotatorio (inversioni della traiettoria) che fluiscono verso Sud oltre le Secche della Meloria e che contribuiscono anche alla redistribuzione delle acque. Più dettagliatamente per quanto concernono le correnti costiere (Drift) distinte in distali e prossimali dall'isobata dei 10 m (secondo la definizione di Aiello *et al.*, 1975), queste sono importanti per l'eventuale trasporto di sospensioni contenute nelle acque.

A Nord del Porto, il drift costiero distale prevalente, sembra diretto da Nord verso Sud, da Bocca d'Arno a Tirrenia-Calambrone e da Sud verso Nord tra Livorno e l'area in esame.

Quello prossimale, entro l'isobata dei 10 m, molto più variabile, sembra prevalentemente diretto da Sud a Nord, tra Livorno e il Calabrone e Tirrenia e la foce dell'Arno, mentre tra Tirrenia e il Calambrone è diretto da Nord a Sud (Aiello et al, 1975).

Quindi il drift (distale e prossimale) presenta direzioni variabili lungo la costa, è probabile però che sia orientato verso Nord almeno durante gran parte dell'anno, anche a causa dei venti prevalenti che provengono dal III quadrante (Ovest-SudOvest)

Sempre in riferimento all'influenza delle correnti ed tenendo conto che l'area esaminata (Secche e Porto) è caratterizzata dall'immissione di corsi d'acqua, fra i quali in primis, il Fiume Arno, tramite il canale dello scolmatore direttamente in Porto è opportuno riportare anche l'andamento pluviometrico del Bacino del Fiume Arno

Quest'ultimo quando sfocia in Mare distribuisce le sue acque generalmente lungo la fascia costiera a Nord della foce, formando un esteso ventaglio centrato sulla costa viareggina.

Durante il periodo estivo la mancanza di una componente settentrionale delle correnti Marine consente alle acque dell'Arno di allargarsi verso Ovest/Sud-Ovest. La consistenza degli apporti del fiume dipende dalla sua portata (Astraldi et al., 1993). A tale riguardo dall'esame dei dati pluviometrici riportati negli Annali Idrologici del Ministro dei Lavori Pubblici si deduce che le precipitazioni atmosferiche nell'ambito del bacino sono generalmente distribuite nell'arco dell'anno in due periodi. Nel primo, compreso tra i mesi di gennaio e maggio inclusi, si hanno precipitazioni abbondanti e di norma regolari, nel secondo, che va da ottobre a dicembre, si hanno precipitazioni rilevanti ed intense ma irregolarmente distribuite nel tempo. Tra questi due periodi piovosi si inserisce un intervallo caratterizzato da scarse, e a volte scarsissime, piogge. Il mese con più abbondanti precipitazioni è risultato quello di Novembre, mentre in luglio si sono registrate le minori quantità di piogge. Per quanto concerne la distribuzione dei giorni piovosi si può affermare che per tutto il bacino gli eventi meteorici sono distribuiti in parti pressoché uguali nelle stagioni autunnali, invernali e primaverili, in ragione del 90% circa del totale annuo. Il bacino è prevalentemente impermeabile per cui i deflussi seguono le caratteristiche delle precipitazioni nella loro irregolarità di distribuzione. I deflussi sono pure

caratterizzati da due massimi (Dicembre-Marzo) e da un minimo assoluto (Agosto). Lo sfasamento del regime dei deflussi da quello delle precipitazioni è dovuto alle condizioni stagionali del terreno e alle portate di esaurimento. Il deflusso totale medio annuo dell'intero bacino è pari a circa 3 miliardi di mc con una portata media di 100 mc/sec a San Giovanni alla Vena (Fonte: Autorità di bacino del fiume Arno).

STAZ	Bat	LAT NORD 43°	LONG EST 10°	TIPO sedim	Gr sed osserv.	Zona
M1	7,2	32,711	13,781	S.m.	44,7	MELORIA
M2	9,7	33,112	14,611	S.g.	30,6	MELORIA
M3	11	32,811	17,111	S.g.m.	5	FUORI DIGHE
M4a,b	7	33,211	17,121	S.f.P	34,8	MELORIA
M8	10	32,713	12,651	G.m	52,8	MELORIA
M9	10	33,221	14,311	G.m.	40,6	MELORIA
M10	5,3	33,211	17,112	S.f.P.	34,7	FUORI DIGHE
M11	5	32,911	12,921	G.f.S.	51,3	MELORIA
M12	3,8	33,112	13,254	G.f.S	53,9	MELORIA
M13	10	33,886	16,346	S.f.P.	5,8	MELORIA
M15	8,2	34,448	16,766	S.f.P.	4	CALAMBRONE
M17	17,3	32,37	16,946	S.f	25,7	MELORIA
M18	7,3	32,78	17,311	P.S.	2,7	PORTO
M20	2,6	33,203	17,544	S.f.P	86,4	FUORI DIGHE
M21	4,9	32,78	17,268	S.f.P	13,3	FUORI DIGHE
M22	10,6	34,42	17,971	P.S.f.	4,8	PORTO
M23	2,3	33,398	17,311	S	8,3	PORTO
M29	22	32,016	14,424	G.org	4,4	MELORIA
M31a	9,6	34,318	16,765	S.f.P.	6	CALAMBRONE
M35	11,2	33,52	18,111	S.g.	21,5	PORTO
M37	9	32,56	17,756	P (veg)	4	PORTO
M39	11	34,91	19,151	P	18,8	PORTO
M40	4	34,91	18,321	P (veg)	3,4	PORTO
M42	4,8	35,406	17,144	G (S.f)	8,7	CALAMBRONE
M43	7,53	33,48	17,345	S.f.	48,7	PORTO
M44	10,5	33,3	17,545	P	3,8	PORTO
M45	11,3	33,45	17,951	S.g.	36,7	PORTO
M46	11	34,96	18,341	P (veg)	1	PORTO
M48	8,5	32,885	17,734	S.P.	2,4	PORTO
M49	7,9	34,406	18,711	P	1,6	PORTO
M50	9,4	34,549	19,001	S.P.	15,1	PORTO
M51	12,6	34,35	18,397	P.S.	9,1	PORTO
M53	13	34,408	18,942	P	3,6	PORTO
M54	4,5	34,537	17,384	S.f.P.	20,6	CALAMBRONE
M55	6	33,744	17,396	S.g.f	6,6	FUORI DIGHE
M56	2,5	33,638	17,987	P	2,3	PORTO
M57	4	33,744	17,961	P.S.	13,6	PORTO
M58	4,5	34,895	17,212	G.g	14,5	CALAMBRONE
M59	10	33,1	17,811	P (veg)	15,1	PORTO
M61	8	32,8	17,21	S.P	15,2	FUORI DIGHE
M62	8	32,9	17,23	S.P.	15,3	FUORI DIGHE
M63	10,2	32,85	18,21	S.f.P.	21	CALAMBRONE

CAPITOLO 2

2.1 MATERIALI E METODI

I campioni utilizzati per questa ricerca, sono stati raccolti nell'ambito di un programma didattico di campagne svoltesi dall'autunno del 2003 all'aprile del 2006 nell'area prospiciente la città di Livorno.

Il campionamento è stato effettuato tramite una piccola draga (campionatore), una sorta di cilindro di acciaio lungo circa 40 cm e 10 cm di diametro, chiuso ad una estremità. Dal lato aperto venivano agganciate delle catene (per appesantire la struttura alla quale era legata una corda che collegava il campionatore all'imbarcazione). Lo strumento una volta preparato veniva calato in mare dalla poppa della barca sino a raggiungere il fondo; dopodiché veniva trascinato sul substrato e dal lato aperto così che il sedimento poteva entrarvi dentro. Il capo libero della corda veniva portato a prua e da qui il campionatore era lentamente recuperato. Per ogni stazione sono stati registrati i parametri chimico-fisici, quali salinità, temperatura e pH, tramite conducimetro, phometro e termometro ad alcol, relativi alla porzione basale della colonna d'acqua prelevata (tramite un apposita pompa) in prossimità del sedimento raccolto. In seguito sono state effettuate altre tre campagne di controllo relative ai suddetti parametri. I valori chimico-fisici riportati in questa tesi sono la media di queste quattro campagne di misure.

Quindi i campioni, sono pervenuti al Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Siena, dove il prof. Luca M. Foresi ha provveduto ad effettuare, in laboratorio, tutte le operazioni di preparazione per l'indagine dei medesimi.

Essi sono stati lavati, essiccati con lampade ad infrarosso. Quindi è stata attuata una duplice operazione di setacciatura con setacci a maglie quadrate da 0,125 mm e 0,35 mm.

Sono stati esaminati tutti i campioni prelevati per la ricerca dei Foraminiferi.

Successivamente gli stessi mi sono stati resi disponibili per lo studio delle ostracofaune presenti; il sedimento residuo è stato osservato tramite binoculare a luce riflessa WILD M5A. Gli esemplari presi in considerazione, una volta effettuato il picking dei campioni a disposizione, sono stati, quelli ritenuti autoctoni, secondo dei criteri specificati in seguito, nel capitolo dedicato all'autoecologia degli Ostracodi. Quindi è stato pesato il sedimento residuo e si è effettuata la normalizzazione al valore standard di 10 g ed quindi è stata eseguita l'indagine statistica che sarà descritta nel capitolo dei risultati.

TABELLA 2.1: Dati relativi ai campioni raccolti nell'area in esame; G.g.= Ghiaia grossolana, G.m.= Ghiaia media, G.f.= Ghiaia fine, S.g.= Sabbia grossolana, S.g.m.= Sabbia grossolana/media, S.m.= Sabbia media, S.f.P.= Sabbia fine pelitica; P= Pelite, P.s.= Pelite sabbiosa, P.veg.= Pelite ricca in vegetali

CAPITOLO 3

3.1 PORTO DI LIVORNO (ARPAT, 2006 MODIFICATO)

Il porto di Livorno presenta una superficie acquea pari a 1.600.000 mq ed una profondità dei fondali che raggiunge l'isobata dei 13 m.

L'intera area è sottoposta ad un imponente impatto antropico, in quanto al suo interno si svolgono oltre alle attività commerciali legate al trasporto marittimo, attività produttive di tipo chimico, deposito e stoccaggio di rinfuse, prodotti chimici, solventi ed oli minerali, di prodotti alimentari, forestali e carta. Sono inoltre presenti aree dedicate al traffico di rame e materiali non ferrosi ed aree specializzate nel trattamento di rifiuti tossici. Annualmente circa 5000 navi passano attraverso il Porto e vengono movimentate circa 20 milioni di tonnellate di merce. In particolare l'area industriale e portuale di Livorno è caratterizzata dalla presenza di importanti insediamenti produttivi classificati come "industrie a rischio di incidente rilevante" e da uno scalo ferroviario per la movimentazione di sostanze pericolose. Ciò ha determinato il riconoscimento di tutta l'area come "area critica ad elevata concentrazione di attività industriali" (D.L. 137/97).

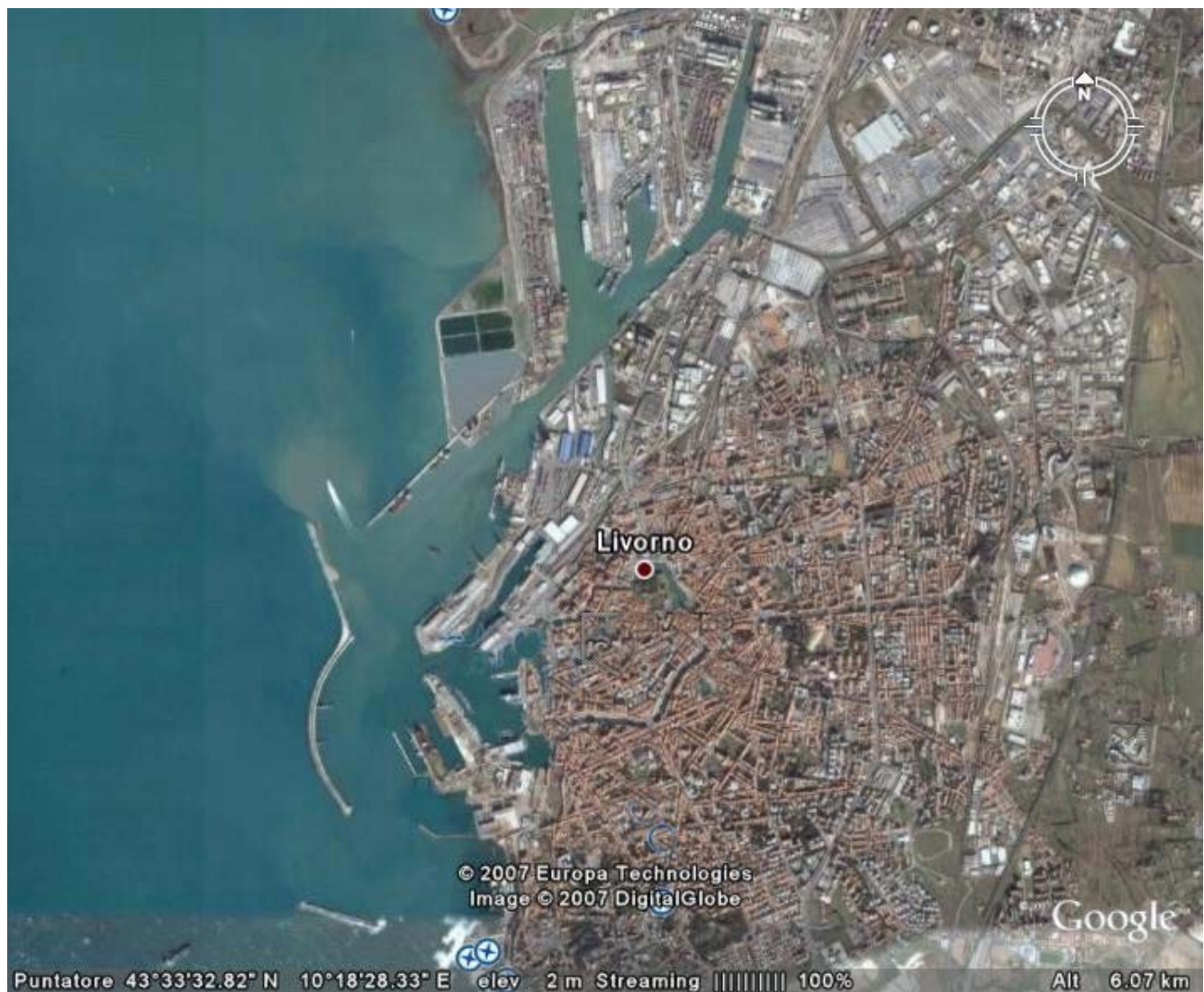


Fig. 3.1: veduta satellitare del Porto di Livorno (Google Earth, 2007)

3.2 INQUADRAMENTO AMBIENTALE (AUTORI VARI; CTM - CENTRO TEMATICO NAZIONALE & AIM - ACQUE INTERNE E MARINO COSTIERE - ARPAT, MODIFICATO, 2000)

Dal punto di vista sedimentologico il porto di Livorno è caratterizzato (Bianchi, 2005) da una matrice essenzialmente pelitica, limoso-argillosa, generalmente scura, con esigue percentuali di sabbia (in specie a livello dell'ingresso del mare in porto) e materiale vegetale filamentoso derivante principalmente da *Posidonia oceanica* (Margelli *et al*, 2001).

L'analisi autoecologica e sinecologica dei complessi portuali in genere e quindi anche dello scalo labronico, evidenzia che questi ambienti rappresentano degli ecosistemi peculiari "semi-naturali", con prerogative che li accomuna capaci di influenzare la flora e la fauna che li popola.

In termini rigorosi l'ambiente portuale, rientra nel cosiddetto **dominio paralico artificiale**.

Il dominio paralico è definito come quella striscia di estensione variabile tra il mare ed il continente, talora qualificata di intermediazione o transizione, costituita da ambienti più o meno scavati nel dominio continentale, apparentemente molto differenti l'uno dall'altro, dove si esercita una certa influenza del dominio marino (Perthuisot & Guelorget, 1992, modificato).

Caratteristiche salienti di questi ambienti sono:

- ampie variazioni spazio-temporali di salinità,
- forte escursione termica stagionale,
- idrodinamismo ridotto (possono essere considerate delle vasche di calma),
- mescolamento verticale per principale azione del vento (e, nel nostro caso della circolazione navale),
- massa idrica a struttura laminare (in specie nell'estate dove l'elevata temperatura associata alle migliori condizioni meteoMarine determinano l'istaurarsi del Termocline),
- apporti continui di materiale detritico organico e inorganico (in riferimento al Porto anche agenti inquinanti),
- grande sviluppo dell'area sedimentaria rispetto al volume delle acque,
- bassa profondità,
- sedimenti fini - questi sono tipicamente caratterizzati da una minor possibilità di circolazione negli interstizi e quindi si ha una ridotta quantità di ossigeno, per cui si presentano anossici già a piccole profondità dalla superficie; quando l'ossigeno viene a mancare la demolizione della sostanza organica continua, anche se con minore intensità ad opera dei batteri anaerobi, la maggior parte dei quali ossidano la sostanza organica utilizzando certi composti inorganici come accettori di idrogeno; infatti è tramite questa via che il solfato viene ridotto ad idrogeno solforato, il nitrato ad ammoniaca e l'anidride carbonica a metano. Il passaggio tra strato ossidato e anossico è definito, strato di discontinuità redox o RPD layer (*Redox Potential Discontinuity Layer*), dove il valore del potenziale redox (Eh) passa da circa 500 mV in superficie a circa - 200 mV in profondità. Se l'apporto di sostanza organica è intenso e persistente, la zona anossica può iniziare in coincidenza della superficie del sedimento (ed in seguito estendersi alla colonna d'acqua), e l'intero ambiente diviene estremamente riducente a causa del rilascio di idrogeno solforato da parte dei solfobatteri. L'habitat peculiare così creato, inizialmente noto come "*Faulschlamm*" e successivamente denominato "*Sapropel*", ospita numerose specie di protozoi ciliati, specificamente adattate per tollerare pH bassi e condizioni di microaerofilia o completa anaerobiosi. Tali organismi formano un popolamento caratteristico di tali ambienti, tanto da essere state definite in passato "sapropelobionti" o "saprobionti" (il fatto che la maggior parte di esse sia stata successivamente ritrovata in ambienti con parametri chimicofisici simili, ma non sapropelici, ha portato alla nuova denominazione di "*sulfide fauna*"). La presenza della

meiofauna che si nutre di batteri e protozoi, è limitata allo strato soprastante quello di discontinuità redox,

- ricchezza in materia organica (nel Porto a differenza delle Secche, sono stati riscontrati valori elevati di nitriti, indice di un'intensa attività di decomposizione della materia organica ad opera dei batteri aerobi)
- concentrazioni elevate di nutrienti e a rapido riciclo,
- alta produttività primaria (superficializzazione della profondità di compensazione dell'ossigeno),
- tendenza marcata a rapidi cambiamenti ambientali,
- biota variabile,
- In relazione al Porto, l'effetto sinergico di alcuni dei fattori sopracitati, determinano nel complesso l'incremento del parametro torbidità dell'acqua di tali ambienti ed in particolare, in specie per l'effetto degli agenti inquinanti come oli ed idrocarburi in genere, che vanno a costituire un film superficiale, questo fenomeno è accentuato. A tale riguardo studi effettuati (Basso, Della Croce & Picone, 1978) sulla colonna d'acqua indicano marcato assorbimento della luce tra la superficie e 4 m di profondità, con valori minimi in estate. Più precisamente nella stagione estiva il valore medio si attesta su 2,4 m mentre in autunno a 2,7 m.

(Guelorget & Michel, 1979; Colombo *et al.*, 1983-84; Knox, 1986; Bramanti, 1988; Perthuisot & Guelorget, 1992; Sacchi & Occhipinti Ambrogi, 1992).

Premettendo che le acque che caratterizzano habitat influenzati dall'apporto di acque dolci, rientrano nelle **acque di transizione**, definite *come tutti i corpi idrici, ubicati lungo le coste marine, in cui si verifica l'incontro ed il mescolamento delle acque dolci provenienti dal drenaggio continentale (acque fluviali e freatiche) con le acque salate marine* (Tomasino, in "Marchetti, 1995, *Ecologia Applicata*, Ed. Città Studi). Quindi in tale definizione rientra anche l'ambiente portuale (M. Tomasino, 1995).

A tale riguardo i corpi idrici principali che si immettono nel Porto sono rappresentati da:

- a) Canale Scolmatore dell'Arno che si immette nella Darsena Toscana
- b) Scarico dell'impianto di depurazione cittadino del Rivellino (che comporta comunque un carico di inquinanti "a norma di legge").
- c) Torrente Ugione
- d) Fossi Medicei (Fosso Reale e Fosso Venezia)
- e) Inoltre è presente dal 2002 una vasca di contenimento (o di colmata) di materiali di risulta di escavi e dragaggi con sfiori all'interno dell'area.

Per quanto riguarda l'idrodinamismo è necessario premettere che la profondità dei vari bacini interni è generalmente ridotta e come limite massimo non superiore ai 13 metri. Il livello delle acque Marine interne varia essenzialmente in funzione delle condizioni meteomarine in quanto i fenomeni di Marea (la Marea sigiziale nello scalo labronico non supera i 30 cm) ed i fenomeni di **sesse** interni al bacino portuale sono più o meno ampie in funzione che le onde Marine entrino in condizione di fase positiva o non rispetto ai moti interni. Il livello delle acque portuali raggiunge la massima quota in condizioni di risonanza e nella fattispecie nel porto di Livorno si può avere una variazione positiva di circa 60 cm. Da queste considerazioni si evince che il Porto è caratterizzato, da un regime idrodinamico di quiete. In un porto non sono distinguibili le tre fasce idrodinamiche descritte da Riedl (2005) che condizionano lo sviluppo delle comunità bentoniche negli ambienti costieri liberamente soggetti ai movimenti del Mare. In conseguenza di ciò negli ecosistemi confinati le comunità bentoniche mostrano una disposizione ben diversa rispetto agli ambienti aperti, e nei bacini meno trafficati gli organismi si dispongono soprattutto in relazione al fattore luce.

Ciò non vuol dire che all'interno di un porto domini una calma assoluta. A parte i movimenti sopra citati esiste un idrodinamismo del tutto causale dovuto al traffico Marittimo, al quale gli organismi del *fouling* mostrano un adattamento stupefacente (*to foul*, che significa letteralmente incrostare, pertanto indica appunto l'insieme delle incrostazioni quali batteri, micro e macro alghe, balanidi, briozoi etc., rilevabili nei corpi sommersi). Soprattutto nelle aree destinate alle grandi navi di linea i movimenti delle eliche durante le operazioni di attracco e di partenza causano moti vorticosi e violentissimi delle acque a ridosso delle banchine, che provocano il distacco delle incrostazioni, la loro dispersione negli specchi d'acqua ed in aree portuali non particolarmente profonde diventa importante causa di tali moti vorticosi anche il fenomeno della risospensione.

Un'ulteriore conseguenza è la selezione di forme e genotipi in grado di resistere questo tipo di idrodinamismo violento e del tutto sconosciuto in natura.

Dall'analisi dei sedimenti fangosi e delle acque interne portuali (Autorità Portuale, 2003; ARPAT, 2004) è stata evidenziata una condizione di alterazione **Medio-Elevata**, in base ai principali parametri microbiologici e chimico-fisici ambientali.

Per valutare i livelli di contaminazione dei sedimenti portuali si è fatto riferimento al **Quaderno ICRAM** "Aspetti tecnico scientifici per la salvaguardia ambientale nelle attività di movimentazione dei fondali Marini: Dragaggi Portuali" (Pellegrini *et al.*, 2002).

Nella pubblicazione vengono riportate le concentrazioni dei metalli pesanti nei sedimenti Marini relativamente incontaminati delle coste comprese tra la foce del Tevere e La Spezia, definiti **Livelli Chimici di Base (LCB)**, tenendo conto della percentuale di frazione pelitica. Pertanto per la valutazione dei livelli di contaminazione dei sedimenti portuali si è tenuto conto della percentuale di frazione pelitica misurata.

I Livelli Chimici di Base per il vanadio non sono riportati nelle Linee Guida dell'ICRAM e sono pertanto difficili da valutare.

Per quanto riguarda i contaminanti organici essendo assenti dati nazionali di riferimento, è stato preso in considerazione il TEL canadese, basato su dati ecotossicologici, ed utilizzato come Livello Chimico di Base (Pellegrini *et al.*, 2002).

Per avere un quadro generale della contaminazione dei sedimenti sono state calcolate, escludendo gli *outliers*, le concentrazioni medie dei singoli metalli relative all'intera area e considerati i valori massimi delle concentrazioni.

Le concentrazioni medie (ponderate) espresse in $\mu\text{g/g}$ dei metalli pesanti nel Porto di Livorno (in rapporto con i valori di LCB) e degli IPA, relative all'intervallo temporale 1993-2002 (ARPAT, 2006), sono:

METALLI ED IPA**CONCENTRAZIONE ($\mu\text{g/g}$) / LCB**

1) Cadmio (1,33 $\mu\text{g/g}$)	12,0
2) Rame (66,2 $\mu\text{g/g}$)	2,5
3) Zinco (207,7 $\mu\text{g/g}$)	2,5
4) Piombo (73,2 $\mu\text{g/g}$)	2,0
5) Mercurio (0,58 $\mu\text{g/g}$)	1,9
6) Nichel (90,8 $\mu\text{g/g}$)	1,4
7) Cromo (176,3 $\mu\text{g/g}$)	1,3
8) Vanadio (99,7 $\mu\text{g/g}$ Canale Industriale, 1994; 76,33 $\mu\text{g/g}$ C. Industriale, 2002)	
9) IPA, Idrocarburi Policiclici Aromatici (Naftalene, Acenaftene, Fenantrene, Antracene, Fluorantene, Pirene, Crisene, Benzo(a)antracene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(a)pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Benzo(g,h,i)perilene, Indeno(1,2,3,c,d)pirene)	> 1000 $\mu\text{g/g}$

Quindi nei sedimenti del porto si assiste a valori medi molto elevati di IPA (in particolar modo) e di metalli pesanti.

In riferimento anche alla tabella precedente le concentrazioni massime (acme puntuale) in relazione al luogo in cui sono state rinvenute, sono:

- 1) **IPA:** 1574,0 $\mu\text{g/g}$ (Avamporto, 1996) e 1604,0 $\mu\text{g/g}$ (molo Mediceo, 1997)
- 2) **Piombo:** 1132,38 $\mu\text{g/g}$ (Imboccatura Nord, 1996), 1496 $\mu\text{g/g}$ (Canale Industriale, Sponda Ovest, 1999) e 2529 $\mu\text{g/g}$ (Canale Industriale, Sponda Est, 1999) e di 13638 $\mu\text{g/g}$ (Bacino di Carenaggio, 1998).
- 3) **Cromo:** 882 (Bacino di Carenaggio, 1998), 1201 $\mu\text{g/g}$ (Canale Industriale, Sponda Ovest, 1999) e 1516 $\mu\text{g/g}$ (Canale Industriale, Sponda Est, 1999).
- 4) **Zinco:** 768,73 $\mu\text{g/g}$ (Darsena Toscana, 1996), 907 $\mu\text{g/g}$ (Molo Mediceo, 1998), 803 $\mu\text{g/g}$ (Bacino di Carenaggio, 1998) e 2228 $\mu\text{g/g}$ e 18758 $\mu\text{g/g}$ (Canale Industriale, 1999)
- 5) **Vanadio** 143,0 $\mu\text{g/g}$ (Canale Industriale 1994; 134 $\mu\text{g/g}$ C. Industriale, 2002)
- 6) **Nichel:** 740 $\mu\text{g/g}$ (Canale Industriale, Sponda Est, 1999), 603 $\mu\text{g/g}$ (Canale Industriale, Sponda Ovest, 1999) e 655 $\mu\text{g/g}$ (Bacino di Carenaggio, 1998)
- 7) **Rame:** 676 $\mu\text{g/g}$ (Calata Alto Fondale, 1998), 764 $\mu\text{g/g}$ Canale Industriale, Sponda Ovest, 1999) e 2200 $\mu\text{g/g}$ Canale Industriale, Sponda Evest, 1999) e ben 16333 $\mu\text{g/g}$ (Bacino di Carenaggio, 1998)
- 8) **Vanadio** 143,0 $\mu\text{g/g}$ (Canale Industriale 1994; 134 $\mu\text{g/g}$ C. Industriale, 2002)
- 9) **Cadmio** 13,3 $\mu\text{g/g}$ (Bacino di Carenaggio, 1998), 33,6 $\mu\text{g/g}$ (Canale Industriale, Sponda Ovest, 1999) e di ben 851,7 $\mu\text{g/g}$ (Canale Industriale, Sponda Est, 1999).
- 10) **Mercurio** 2,40 $\mu\text{g/g}$ (Darsena Pisa, 1997), 4,7 $\mu\text{g/g}$ (Molo Italia, 1999) e di 13 $\mu\text{g/g}$ (Canale Industriale 1999).

I composti organici inquinanti, più comuni sono i **Paraclorobifenili**, i **Pesticidi** e i gli **Organostannici**. I **paraclorobifenili (PCB)**, sono sostanze ampiamente usate nell'industria elettrica, delle plastiche e delle vernici. Sono state vietate negli anni 70 a seguito dell'accertamento della loro tossicità e dell'accumulo nell'ambiente Marino con un tempo di eliminazione, dalle catene alimentari, molto

lento. Per questo motivo, alcuni tratti di Mare in cui versavano effluenti industriali con elevate concentrazione di tali sostanze, sono stati interdetti alla pesca per lunghissimi periodi. I sedimenti inquinati, infatti, consentivano attraverso gli organismi detritivori una continua reimmissione in circolo di tali sostanze.

I **pesticidi**, includono una vasta categoria di sostanze usate per uccidere gli insetti che sono poi dilavate e concentrate nell'ambiente marino. Le forme di resistenza che sviluppano i diversi insetti producono una immissione di sostanze sempre nuove e ad elevata tossicità. Il più noto, anche se attualmente vietato, tra i pesticidi è stato il DDT (diclorodifeniltricloroetano)

Mentre per i PBC ed i Pesticidi non vi sono dati relativi sulle loro concentrazioni nell'area in esame, per i cosiddetti composti **Organostannici** le informazioni ci provengono da campionature effettuate da Greenpeace. Questi composti sono utilizzati ad ampio raggio, sia in campo industriale come catalizzatori e stabilizzatori o in agricoltura come pesticidi oppure in passato come prodotti antifouling come ad esempio il TBT (Tributilstagno) ed i suoi derivati.

I valori di TBT sono stati registrati da Greenpeace nell'estate del 2000, in seguito al prelievo di 3 campioni di sedimenti due dei quali nell'area del porto di Livorno ed uno all'esterno del porto. I campioni, analizzati presso il laboratorio Galag di Amburgo specializzato nell'identificazione del TBT e dei suoi prodotti di degradazione, sono stati indicativi della prevalenza di diverse attività, quelle cantieristiche e quelle dei terminal a più elevato traffico..

I risultati ottenuti hanno evidenziato concentrazioni di TBT (più i suoi prodotti di degradazione quali il dibutilstagno e butilstagno) pari a **8,8 g/g** nell'area cantieristica, di **0,402 g/g** nei terminal e **0,01 g/g** all'esterno del porto. La Convenzione di Oslo e Parigi che regola gli scarichi nell'Atlantico Nord-Orientale, indica come limite massimo accettabile **0,5 g/kg**. Quindi i valori (in base a tale criterio di riferimento) nel Porto di Livorno raggiungono (nell'area cantieristica) un livello di concentrazione circa 17600 volte superiore.

Più precisamente il TBT è un composto utilizzato, fino dagli inizi degli anni settanta, come biocida nelle vernici antivegetative. Esso è molto stabile e difficilmente degradabile nell'acqua di mare. In condizioni normali, in presenza di ossigeno, le concentrazioni di TBT si dimezzano a seguito dell'attività batterica in un periodo compreso tra i 120 e i 670 giorni. Questo lo rende disponibile per un lungo arco di tempo agli organismi che popolano i fondali marini che possono assumerlo in concentrazioni fino a 7.000 volte superiori rispetto alle quantità presenti nell'ambiente circostante. Gli studi di Greenpeace hanno inoltre rilevato concentrazioni di 38 g/kg anche nei vermi del Mare di Wadden, mentre nel fegato di cuccioli di foca artica sono stati riscontrati 20 g/kg dei prodotti di degradazione del TBT, il dibutilstagno (DBT) ed il butilstagno (MBT). Greenpeace ha trovato alti livelli di TBT persino nella vescica dei capodogli che si nutrono nelle profondità dell'Atlantico. E' stato dimostrato tramite studi effettuati sui molluschi che questa sostanza, anche in dosi minime, può causare mortalità e deformazioni nelle caratteristiche strutturali delle valve, delle loro larve ed alterazioni sessuali di diverse specie di molluschi (gasteropodi e mitili). Uno degli effetti notati e' l'insorgenza dell'imposex, cioè quella patologia che provoca in animali femmine lo sviluppo di organi sessuali maschili, causandone la sterilità. Essa è stata riscontrata nel mondo in 72 specie marine. Inoltre, pesci esposti al TBT nello stadio giovanile possono presentare alterazioni nel sistema immunitario esponendo la popolazione all'insorgenza di patologie. Per tali motivi l'uso del TBT nelle vernici è stato bandito dall'UE sin dal 1990 per i natanti di lunghezza inferiore ai 25 m, ma è tuttora usato per le imbarcazioni

di lunghezza superiore. In Olanda è stato verificato che i due quinti delle emissioni di TBT avvengono nei porti, aree dove questo composto si deposita ed accumula nei sedimenti. La sua presenza nell'ambiente è quindi indice di contaminazione portuale.

Sono presenti inoltre valori elevati di **contaminanti organici** quali **fosfati, nitrati** ed altri **composti dell'azoto e tensioattivi**. A tale riguardo sono stati determinati (Autorità Portuale, 2003) i valori di **TRIX (TRophic IndeX o Indice Trofico)**, in base alla formula stabilita dal D.lgs. 152/99 (Tabella 17 Allegato 1), di 6 stazioni di campionamento nell'area portuale Labronica relative agli sbocchi dei fossi Medicei, Torrente Ugione, Canale Scolmatore e Canale dei Navicelli.

L'indice viene calcolato utilizzando i valori di clorofilla *a* (parametro indice indiretto della biomassa fitoplanctonica), ossigeno, azoto inorganico e fosforo totale secondo la seguente formula:

$$\text{TRIX} = \frac{\text{Log}_{10}(\text{Chla} \times \text{D}\% \text{O}_2 \times \text{N} \times \text{P})}{1.2} + 1.5$$

nella quale: Chla = clorofilla *a* ($\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$); D%O₂ = ossigeno disciolto espresso come deviazione % assoluta dalla saturazione (100 - %O₂ D); N = azoto totale disciolto inorganico: NO₃ + NO₂ + NH₃ ($\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$); P = fosforo totale ($\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$); esso è la somma delle forme organiche e non, disciolte e particellate (ovvero legate a particelle come detrito, alghe ecc).

Nella fattispecie i valori riscontrati indicano acque fortemente produttive tipiche delle aree costiere con livello di trofia molto elevato (eutrofizzate tendenti all'ipereutrofizzazione), elevata torbidità associato a diffuse e persistenti colorazioni della colonna d'acqua con conseguenti ipossie/anossie sul fondo e quindi i risultati ottenuti hanno evidenziato valori di TRIX elevati, che si estendono da un minimo di 7,92 ad un massimo di 9,54 (numericamente il valore della scala TRIX può variare da 0 a 10, andando dalla oligotrofia con TRIX=0 all'ipereutrofia, TRIX=10). elevata probabilità (in senso lato) di **morie degli organismi bentonici**.

In ultima analisi i risultati delle indagini relative al Porto di Livorno sia di carattere microbiologico-ecologico, nonché chimico-fisiche sui metalli pesanti e gli idrocarburi aromatici (IPA), descritte rispettivamente nella relazione dell'Autorità Portuale nel 2003 e nella relazione finale del progetto Interreg Moniqua del 2006 dall'ARPAT (in collaborazione con il C.I.B.M di Livorno), indicano una situazione ambientale compromessa, con grado di alterazione medio-elevato, in specie, nelle zone limitrofe allo sbocco nell'area portuale dei principali corpi idrici.

3.3 FAUNA:

La fauna dal punto di vista dimensionale viene distinta in tre grandi categorie ecologiche: a) Macrofauna b) Meiofauna c) Microfauna

Per Macrofauna si intendono quegli invertebrati la cui taglia (alla fine dello sviluppo larvale o dello stadio immaginale) è raramente inferiore al millimetro (Ghetti, 1997) e che in ogni caso hanno dimensioni maggiori di 0.5 mm (Holland A.F. *et al.*, 1987; Dauer D.M., 1993) (si tratta quindi di organismi facilmente visibili e osservabili ad occhio nudo). I macroinvertebrati sono esattamente definiti come quegli organismi visibili ad occhio nudo che vengono trattenuti da un setaccio US Standard n. 30 (con maglie di 0.595 mm pari a 21 maglie/cm) (Pantaleoni R.A. *et al.*, 1988).

In base alla definizione proposta da Pantaleoni, quindi conseguentemente per Meiofauna si intende quella componente del benthos che riesce ad attraversare un setaccio con vuoto di maglia superiore a 0,595 mm e non supera un vuoto di maglia tra 0,063-0,1 mm (in funzione dei vari autori). Nella meiofauna sono tipicamente annoverati anche gli Ostracodi anche se in termini rigorosi in funzione del range dimensionale appartengono anche alla componente più piccola del Macrobenthos.

Per Microfauna si intende quella componente faunistica che attraversa un vuoto di maglia inferiore ai 0,063-0,1 mm sopracitati.

Il primo lavoro che tratta la fauna del Porto di Livorno, consiste in un lavoro pubblicato da Bacci *et al.*, (1969) nell'ambito di uno studio più ampio che comprendeva anche le Secche della Meloria. L'indagine attuata, relativa ad una stazione del Molo Nuovo, estesa in profondità da 0 a 4,5 m, rese evidente la presenza un tipica biocenosi portuale. La fascia superficiale del substrato era costituita da *Ulva lactuca* (tipica alga verde di ambienti nitrofilo) a cui sottostava una facies a *Mytilus edulus*. Le valve dei mitili costituivano il supporto di numerose forme sessili, quali in particolare *Balanus amphirite* e *Eudendrium racemosum*. Frammiste ai mitili vi sono rigogliose colonie di Briozoi, quali *Bugula neritina* e *Zoobotryon verticillatum*. Sulle alghe e sui Briozoi inoltre, sono presenti in abbondanza gli Anfipodi Caprellidi e gli Isopodi Sferoidi. Verso la base del Molo sono state rinvenute altre specie di Briozoi e l'ascidia *Styela plicata*.

La successiva pubblicazione relativa al Porto uscì nel 1970 ad opera di Barsotti & Frilli, in relazione alla presenza del Bivalve *Panopea glycymeris* (Born, 1778) presente sin dal Pliocene nelle nostre acque che vive profondamente infossato nel fango e quindi di difficile individuazione (infatti tale specie era ritenuta scomparsa dalle acque litoranee labroniche sino al suo rinvenimento del 1970 in seguito ad un dragaggio profondo).

In seguito esce uno studio sulla componente zooplanctonica del Porto di Livorno (Basso, Della Croce & Picone, 1978). L'analisi dei campioni raccolti con rete e con bottiglia ha permesso di osservare che in autunno, come in estate, i Crostacei Copepoda (66 % del popolamento) — con i generi *Acartia*, *Oithona*, *Centropages* ed *Euterpina* — risultano costituire la componente di base del popolamento planctonico. In questo momento stagionale tale popolamento si arricchisce dei generi *Clausocalanus* e *Paracalanus*.

Altre forme quali *Calanus* sp., *Calocalanus contractus*, *Parapontella brevicornis*, *Acartia negligens* e *Lucicutia flavicornis* suggeriscono apporti di acque costiere.

Partecipano a definire il quadro zooplanctonico soprattutto Appendicolarie, larve di Policheti, di Molluschi e Cirripedi. Dal punto di vista qualitativo in autunno il porto è caratterizzato anche dalla presenza dei Chetognati.

È tuttavia da segnalare che di massima, in autunno lo zooplancton è caratterizzato qualitativamente dagli elementi del popolamento a Copepodi, mentre in estate è caratterizzato da altre forme olo e mero-planctoniche.

Nel 1998, viene pubblicato uno studio multidisciplinare (Pulcini *et al.*, 1998) in collaborazione tra CIBM e ICRAM sui sedimenti del Porto di Livorno destinati a dragaggio, che comprende anche la

caratterizzazione macrobentonica relativa ad un transetto, costituito da cinque stazioni che si sviluppa dall'imboccatura Nord del Porto di Livorno, verso l'interno (stazioni da A ad E; per ogni stazione sono state eseguite quattro repliche. La stazione B si trova a 200 m dalla A, mentre le altre tre, si trovano a 100 m l'una dall'altra). L'indagine biologica ha permesso di identificare 27 specie, delle quali però non viene riportata la lista, con un totale di 128 esemplari così distribuiti: 72% Policheti, 21% Molluschi e 7% Crostacei. Sulla base dell'analisi multivariata è stato possibile discriminare le stazioni più esterne da quelle più interne. Più precisamente mentre per la stazione più esterna (A) si evince un basso livello strutturale ed ampia patchiness comprovata dalla variabilità tra le repliche, nelle stazioni B e C si individua una situazione di transizione con un locale aumento della ricchezza e diversità specifica tipica di ambienti ecotonali. Infine le stazioni interne D ed E ospitano un popolamento omogeneo, confermato dalla scarsa variabilità tra le repliche ed aumento di abbondanza di specie opportunistiche quali i policheti *Phylo foetida* (Claparède) e *Cirrophorus furcatus* (Hartman) indicanti una situazione ambientale perturbata (Pearson e Rosenberg, 1978).

Nel 2006, il Gruppo Malacologico Livornese pubblica un lavoro (Coppini *et al.*, 2006) che riguarda i Gastropoda e gli Scaphopoda (Coppini *et al.*, 2006). Dall'analisi dei dati sono state rinvenute 74 specie viventi, delle quali 69 di Gastropoda e 5 di Scaphopoda. Fra questi i più abbondanti sono il Gasteropodi *Bittium reticulatum* (Da Costa, 1778) e *Nassarius pygmaeus* (LaMarck, 1822) e gli Scafopodi *Fustiaria rubescens* (Deshayes, 1826) specie tipica dei fondi mobili instabili (Péres & Picard, 1964).

L'ultimo lavoro pubblicato sul porto è uno studio recente (Margelli *et al.*, 2006) sempre del Gruppo Malacologico Livornese, che ha caratterizzato la Malacofauna a Lamellibranchi o Bivalvia evidenziando la presenza di 59 specie viventi; fra queste, eccetto poche stazioni entro il porto, nelle quali sono risultati dominanti due Bivalvi invasivi "alieni" *Theora (Endopleura) lubrica* (Gould, 1861) e *Musculista senhousia* (Benson in Cantor, 1842) (immessi nelle nostre acque con modalità non chiarite ma sicuramente antropiche, tipici del Mar del Giappone e della Cina), la più abbondante è risultata in particolar modo *Corbula gibba* (Olivi, 1792), ma anche *Mytilus galloprovincialis* LaMarck, 1819, *Spisula subtruncata* (Da Costa, 1778), *Timoclea ovata* (Pennant, 1777), *Pitar rudis* (Poli, 1795). Significativa inoltre è la presenza di *Myrtea spinifera* (Montagu, 1803), nota per essere indicatrice di instabilità dei fondi (Perès & Picard, 1964).

Segnalo inoltre che nei fondali mobili del Porto è stata riscontrata la presenza del polichete *Spirographus spallanzanii* e dell'antozoo fossorio solitario *Cerianthus membranaceus* (Barsotti, comunicazione personale)

CAPITOLO 4

4.1 SECCHIE DELLA MELORIA



Fig. 4.1 : Veduta d'insieme dell'area delle Secche dal Porto di Livorno

Le Secche della Meloria, localizzate a circa 3 miglia al largo di Livorno ed estese per circa 30 km², rappresentano un alto tettonico strutturale, caratterizzato da bassi fondali eterogenei coperti da un sedimento bimodale, (Bacci *et al.*, 1969; Fierro *et al.*, 1969; Leoni *et al.*, 1992; Todaro, 1998; De Biasi & Gai, 2000) composto prevalentemente da:

- a) **sedimento grossolano**, costituito da sabbia (da fine a grossolana) e ghiaia fine più o meno frammiste con dominanza della componente biogenica (in primis frammenti di molluschi). Il sedimento si accumula in prevalenza in tipiche depressioni subcircolari, circolari od a losanga più o meno allungata. Tali depressioni denominate “catini” sono profonde dai 6 ai 15 metri e presentano pareti che differiscono per il grado di inclinazione, variando da una giacitura quasi orizzontale ad una totalmente verticale. Il termine “catini” è stato coniato dai pescatori locali, ma è utilizzato diffusamente in letteratura già dagli anni '60 (Bacci *et al.*, 1969; Fierro *et al.*, 1969).
- b) **sedimento fine limoso-argilloso** con prevalenza di argille. La componente argillosa è costituita da illite e clorite e in minor misura, da caolinite, smectite, intergrades cloritici e minerali a strati misti illite-smectite.

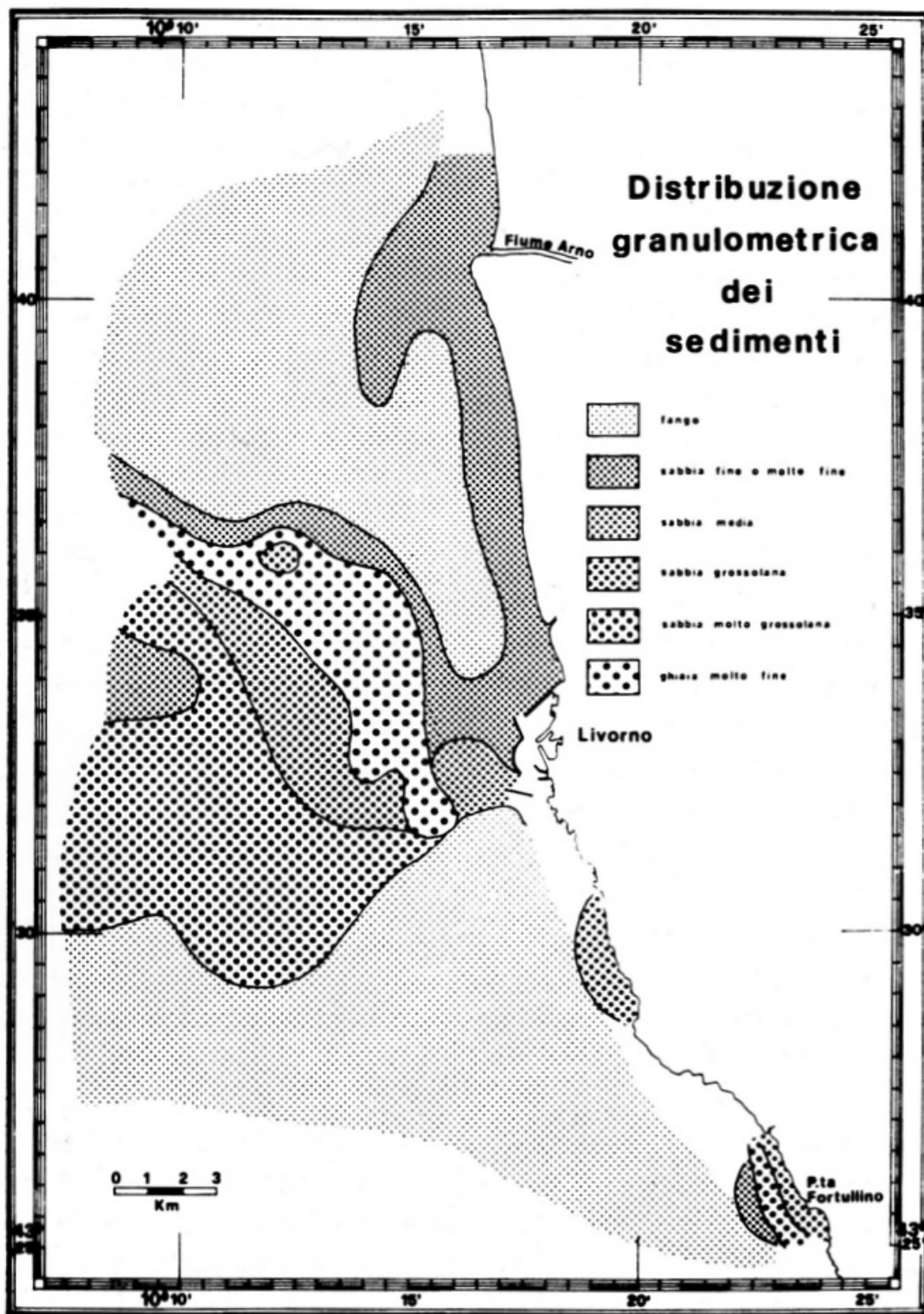
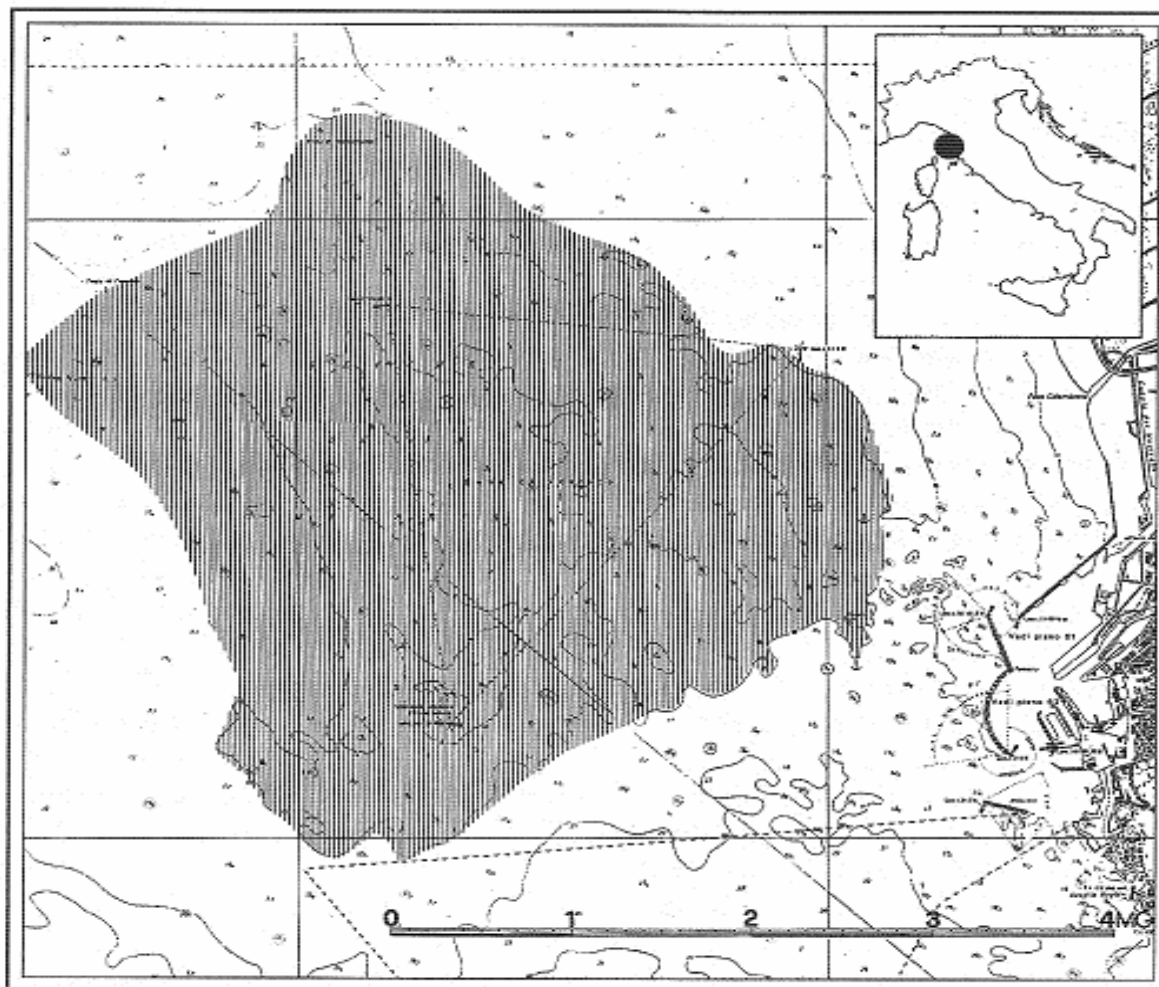


Fig. 4.2 : Distribuzione dei sedimenti nell'area della Meloria (da Fierro *et al.*, 1969)

L'area si attesta prevalentemente su un range di profondità compreso tra i 2 e 10 metri, anche se si considerano appartenenti ad essa batimetriche che vanno da un minimo di 1,5 metri sino a valori di 25-30 metri. In realtà in senso stretto le Secche, rappresentate nella Carta n. 120 dell'Istituto Idrografico della Marina in scala 1:30.000 e nella Tavoleta 111 I SO della Carta Topografica d'Italia in scala 1:25.000 dell'Istituto Geografico Militare Italiano sono definite convenzionalmente secondo la rappresentazione seguente:



RUOTARE

L'utilizzo del termine convenzionale nella fattispecie è tanto più idoneo in quanto l'area come già detto è caratterizzata da depressioni, dove la batimetria può superare i 14 metri.

In questa tesi si considerano appartenenti alle Secche anche stazioni non precisamente inquadrabili nella definizione di cui sopra, in quanto eccetto una piccola variazione batimentrica, di cui comunque viene tenuto conto, si possono considerare anch'esse di mare franco.

Dal punto di vista ecologico-ambientale, l'area della Meloria è sottoposta a molteplici condizioni di stress antropico sia dirette che indirette. Le prime sono legate essenzialmente al fenomeno della nautica

da diporto ed i relativi ancoraggi, all’impatto delle reti a strascico ed alla navigazione, mentre per le seconde i dati in letteratura relativi alla circolazione Marina hanno messo in evidenza che l’area delle Secche della Meloria può essere sottoposta a condizioni di stress da contaminanti derivati da sorgenti antropiche.

Per stabilire i livelli di concentrazione dei metalli pesanti nell’area della Meloria è stata effettuata una campagna di campionamenti nel 2005 attuata dall’ARPAT nell’ambito del progetto Moniqua. I campioni sono stati prelevati intorno la Meloria, dal momento che all’interno dell’area non sono presenti sedimenti con una percentuale di frazione fine sufficientemente elevata da consentire le analisi chimiche. I livelli di concentrazione ($\mu\text{g/g}$) dei singoli metalli nell’area della Meloria sono stati confrontati con i valori di LCB tenendo conto della percentuale di frazione pelitica. Gli LCB sono definiti secondo i criteri stabiliti nell’realzione ICRAM citata in precedenza nel capitolo del Porto.

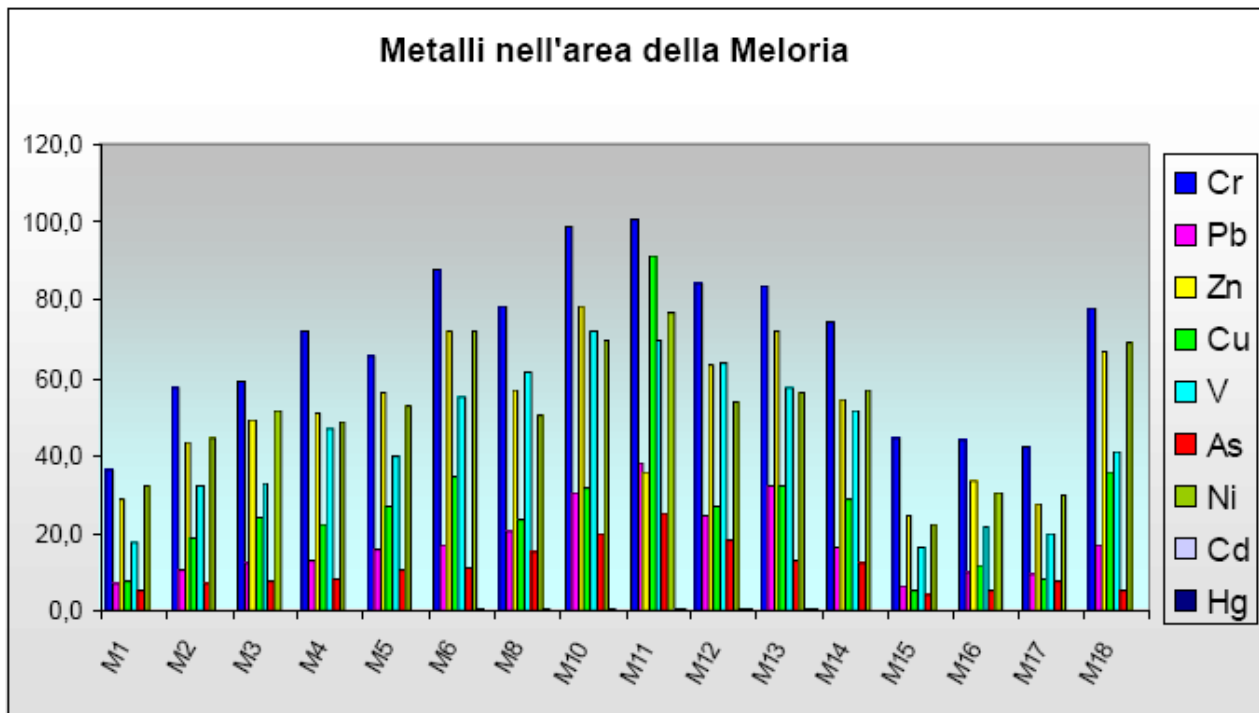


Tabella 4.1: Le concentrazioni del Cadmio superano i valori di LCB in tutte le stazioni, il Mercurio, nelle stazioni poste più a Sud, il Rame in alcune stazioni, l’Arsenico in una stazione situata a largo. In linea generale comunque (eccetto il Cadmio), i metalli pesanti (considerando anche il Cromo ed il Nichel) sono presenti in basse concentrazioni.

In base ai risultati ottenuti sono state ipotizzate le seguenti fonti di contaminazione:

a) dal Bacino dell’Arno a NORD: tramite lo sbocco del Canale Scolmatore e la foce dell’Arno rispettivamente a circa 2 e 10 miglia dalle Secche. In questo caso oltre al dato idrodinamico si è associata l’analisi delle frazioni mineralogiche sopra citate della componente argillosa che confermano l’inquinamento del Mare dovuto all’Arno. In particolare, gli intergradati cloritici, specifici delle alluvioni dell’Arno (Sartori et al., 1979), sono stati rinvenuti in tutti i sedimenti dell’area ad eccezione

di un campione raccolto vicino alla costa che risulta caratterizzato da una granulometria prevalentemente sabbiosa)

L'inquinamento dovuto all'Arno non è solo di carattere microbiologico ma anche causato dalla presenza di contaminanti organici, fosfati, nitrati ed altri composti dell'azoto, tensioattivi e da metalli pesanti di origine industriale (es. il **cadmio** potrebbe derivare anche dalle attività industriali presenti nel bacino del fiume, trasportato dalla corrente). D'altra parte l'assenza in quest'area di fasi mineralogiche che contengono cadmio in concentrazioni rilevanti (Leoni et al., 1991) fa ipotizzare che la presenza di questo elemento nelle stazioni di campionamento esaminate sia prevalentemente di origine antropica piuttosto che geologica. Anche per la presenza del **rame** nell'area della Meloria, sembra che vi possa essere una derivazione (parziale) dal bacino dell'Arno.

Il materiale che arriva dall'Arno determina inoltre una riduzione della trasparenza della colonna d'acqua.

A conferma della relativa abbondanza di sali nutritivi nelle acque della Meloria è la presenza della Rhodophyta nitrofila *Halopytis incurvus*, la cui abbondanza è sicuramente indicatrice di un notevole arricchimento in nitrati e fosfati. Questa specie sembra anche indicare una situazione di progressivo interrimento dovuto ad intensa sedimentazione (Cinelli, 1971).

b) dall'area industriale di Rosignano Solvay a SUD : La distribuzione dei metalli pesanti nei sedimenti e le conoscenze relative alle correnti Marine e ai fenomeni di dispersione e trasporto dei solidi sospesi e dei contaminanti ad essi legati, hanno confermato l'ipotesi iniziale che il **mercurio** presente alle Secche, possa provenire da Rosignano Solvay. Infatti gli studi sulla circolazione delle acque (Astraldi e Gasparini, 1986; Leoni et al., 1992), attuati nel sottobacino ligure delimitato a Nord dalle Secche della Meloria e a Sud dall'Isola d'Elba, che quindi comprende la piattaforma costiera oggetto di studio indicano uno schema di circolazione Marina che evidenziano la presenza non solo di una corrente prevalente diretta verso Nord di possibili inversioni (generalmente in Autunno) ma anche di periodici movimenti circolari con senso antiorario nell'area delle Secche, dovuti all'orografia dei fondali. Quindi la circolazione vorticoso ed il drift costiero potrebbero determinare il trasporto del **mercurio** dall'area antistante Rosignano Solvay verso Nord lungo la costa e il suo maggior accumulo nella parte meridionale delle Secche (Scerbo, 2004). Questo si verificherebbe per un fenomeno sinergico delle correnti Marine sia di drift che quelle a largo, come descritto nel capitolo relativo all'analisi delle correnti Marine.

Nei sistemi acquatici il mercurio, a causa della sua affinità per la fase solida, tende ad accumularsi nei sedimenti, legandosi principalmente al particolato organico in sedimenti ossidati e ai solfuri in sedimenti anossici. Oltre al mercurio inorganico i sedimenti acquatici contengono anche specie organiche tra cui il metilmercurio, generalmente in percentuali comprese tra 0.01 e 1 % rispetto al mercurio totale. Il metilmercurio rappresenta, come è noto, la forma più tossica di questo metallo, e viene prodotto nei sedimenti marini per metilazione batterica (Summers e Silver, 1978).

Questi valori percentuali sono paragonabili a quelli risultanti da molti studi presenti in letteratura, e si può quindi affermare che le percentuali di mercurio organico rispetto al totale siano quelle normalmente presenti nei sedimenti marini. Ciò è probabilmente dovuto al fatto che il processo di metilazione, oltre che dal contenuto di mercurio totale e di carbonio organico, sembra essere controllato da numerosi parametri chimico-fisici tra cui i valori del potenziale di ossidoriduzione dei sedimenti e la presenza di solfuri. La sintesi di metilmercurio è favorita da condizioni fortemente riducenti ma risulta limitata da un'elevata concentrazione di solfuri disciolti, che attraverso processi di precipitazione o adsorbimento del mercurio inorganico ne diminuiscono la biodisponibilità per i batteri metilanti. Probabilmente a causa delle condizioni chimico-fisiche dell'ambiente anche i sedimenti che presentano i contenuti di mercurio più elevati, non hanno un'alta contaminazione da mercurio organico.

C) dal Porto di Livorno: localizzato davanti all'area medesima. Sicuramente la vicinanza del porto rappresenta una cospicua fonte di disturbo. Un elemento di stress dominante è determinato almeno da un duplice fattore: 1) Inquinamento, 2) Risospensione dei sedimenti

1) Inquinamento: a tale riguardo l'analisi dei dati raccolti sulla contaminazione dei sedimenti portuali dal 1993 al 2002 (ARPAT,2004), hanno evidenziato la presenza in passato di concentrazioni generalmente alte di metalli pesanti, in particolare di **piombo, rame e cadmio**. Quindi questi metalli sono stati presi in considerazione come possibili traccianti di contaminazione delle Secche della Meloria. Di seguito vengono riportati alcuni dati sulla modalità e distribuzione di questi metalli in tale area, sulla base dei risultati ottenuti dall'applicazione della metodica di speciazione sequenziale, proposta da Tessier (Tessier et al., 1979).

Il **piombo** - è comune in molti processi industriali in quanto presente come additivo dei carburanti, nelle batterie, nelle vernici. Dai dati ricavati comunque questo metallo nelle Secche è presente in concentrazioni non rilevanti, sempre inferiori ai valori di LCB. Più precisamente si può osservare (tramite speciazione in frazioni) che le concentrazioni più alte sono legate alla sostanza organica, mentre le frazioni legate ai carbonati e agli ossidi di ferro e manganese presentano valori più bassi. E' possibile che a seguito di variazioni delle condizioni di ossido-riduzione dei sedimenti il metallo legato alla sostanza organica possa essere rilasciato nella colonna d'acqua ed avere effetti negativi sugli organismi.

In riferimento alla sua distribuzione nelle secche sono state rilevate quantità più elevate sia nella parte Nord, in corrispondenza dei due siti di ex sversamento dei fanghi portuali, nonché nella parte Sud (in questo caso probabilmente unfluiscono anche le correnti).

Il **rame** - presenta una distribuzione simile al piombo ma con livello di contaminazione più elevato, in particolare in corrispondenza dei due siti di ex sversamento. Questo metallo nelle matrici solide si trova fortemente complessato alla sostanza organica, agli ossidi di Fe, Al e Mn ed alle argille (Allen e Hansen, 1996; Kim *et al.*,1999). Modificazioni delle condizioni di ossido-riduzione, della quantità di sostanza organica presente e soprattutto delle condizioni di acidità, possono indurre la mobilitazione determinando un seppur parziale trasferimento del metallo alle altre matrici ambientali. Tuttavia nei sedimenti marini le condizioni di pH si mantengono costanti con valori vicini alla neutralità e quindi la mobilitazione del metallo diventa trascurabile.

La presenza del rame è sicuramente di origine antropica e probabilmente risente anche del contributo del bacino dell'Arno; la frazione residua presenta i valori più alti (dal 90% al 50% circa del totale) e poiché non risulta nell'area una consistente presenza di rame di origine geologica, è probabile che il metallo presente in questa frazione possa essere di origine industriale, legato a composti suscettibili solo all'attacco di acidi forti come il fluoridrico.

E' da rilevare che dal momento in cui è entrato in vigore il divieto dell'impiego dei composti organostannici nelle vernici antivegetative, il rame è stato progressivamente reintrodotta, a partire dal 1980 come biocida nelle vernici antivegetative in sostituzione dei composti organostannici. In queste vernici il principio attivo è rappresentato da rame puro in elevate concentrazioni (fino al 99%) che a contatto con l'acqua di mare si trasforma in un composto insolubile (in genere l'ossido rameoso o un suo derivato, il tiocianato di rame) che viene rilasciato nell'ambiente, dove si accumula nei sedimenti e negli organismi. Bisogna tener presente che al contaminante rilasciato dalle vernici si aggiunge quello presente nei residui derivanti dalla pulizia degli scafi che possono contenere concentrazioni ancora elevate del biocida.

Il **cadmio** - pur essendo questo elemento ubiquitario nei minerali che compongono la crosta terrestre è presente normalmente in basse concentrazioni lungo la costa livornese (le concentrazioni nelle prime quattro frazioni sequenziate sono risultate sempre al di sotto dei limiti di rilevabilità della metodica).

E' improbabile che siano presenti fasi mineralogiche che contengono questo elemento, per cui la sua presenza nell'area è da ritenersi prevalentemente di origine antropica.

Per quanto riguarda gli altri metalli, si ricorda che il rapporto Ni/Cr è generalmente costante nella crosta terrestre e la sua variazione fornisce indicazioni su una possibile contaminazione. Dai risultati ricavati sulla loro speciazione si evidenzia una costante correlazione fra **romo** e **nicel**, la quale associata alle loro basse concentrazioni, suggerisce, anche per tale area, una possibile contaminazione di origine naturale (Bowen, 1979).

Il **nicel** - potrebbe derivare dalla presenza di rocce magmatiche basiche ed ultrabasiche ricche di questo metallo ed a tale riguardo da punto di vista geologico l'area costiera del Romito presenta materiali ricchi di cloriti derivanti dal disfacimento di rocce ofiolitiche. Anche i diabasi dell'Elba ed i frammenti di rocce ofiolitiche provenienti dal fiume Cecina e dal Fine (Leoni *et al.*, 1991 e Gandolfi e Paganelli, 1975) potrebbero contribuire all'arricchimento di nichel di natura geologica a causa della particolare circolazione marina dell'area.

Alla stessa stregua anche il **romo** potrebbe derivare dal bacino del Cecina, dove sono stati trovati addirittura arricchimenti locali di cromite. Nelle acque dolci il cromo disciolto si trova prevalentemente nella forma esavalente e il perossido di idrogeno presente in soluzione svolge un ruolo fondamentale nell'ossidazione del cromo III a cromo VI (Pettine e Millero 1990). E' necessario sottolineare però che il trasporto di questo inquinante è essenzialmente legato al particolato portato in carico nei corsi d'acqua che, a seconda delle condizioni idrologiche tende a depositarsi nei sedimenti o viene trasportato fino al mare. Nei nostri corsi d'acqua, le condizioni sono spesso riducenti e la sostanza organica abbondante, pertanto il cromo esavalente è ridotto alla forma trivalente e si lega al particolato organico in sospensione (Losi *et al.*, 1994). Il cromo III forma infatti complessi polinucleati poco solubili, che possono rimanere in sospensione nelle acque sotto forma colloidale per poi precipitare nel sedimento (Losi *et al.*, 1994), inoltre gli ossidi di ferro e di alluminio legandosi al cromo ne favoriscono l'adsorbimento al particolato (Pettine *et al.*, 1992; Mayer e Kenneth, 1980) ed in generale Fe, Mg, e Al sembrano influenzare la formazione di cromo particolato (Mayer e Kenneth 1980, Pettine *et al.*, 1996). Alle foci dei corsi d'acqua le concentrazioni di cromo esavalente diminuiscono con l'aumentare della salinità (Pettine *et al.*, 1994a) a causa dell'aumento nelle acque marine di agenti riducenti come HS⁻ e Fe⁺⁺ (Pettine *et al.*, 1994b) e della diminuzione di quelli ossidanti come H₂O₂ (Pettine e Millero, 1990). Pertanto lungo i corsi d'acqua che, in special modo, alle foci dei fiumi, nella mixing area, si osserva una precipitazione di cromo nei sedimenti, ed anche il cromo esavalente che arriva al Mare si accumula nei sedimenti sotto forma ridotta (WHO 1988). I sedimenti agiscono come matrice di deposito del cromo e, rilasciandolo, come fonte secondaria di contaminazione del sistema acquatico (Calmano *et al.*, 1993) e della componente biotica (Suriya e Branica, 1995).

La concentrazione massima di questi elementi si trova comunque a Nord delle secche, denunciando gli effetti delle due aree in cui in passato sono stati sversati i fanghi portuali (il Nichel è presente anche negli oli e carbone mentre il cromo oltre che nell'industria conciaria, viene utilizzato anche nell'acciaieria e nei processi di cromatura).

E' necessario premettere che i Bacini portuali tendono all'interramento più o meno graduale e quindi prima che venisse attuato il divieto di scarico in Mare dei sedimenti provenienti dai dragaggi portuali nell'area Marina denominata "Santuario dei Cetacei" con la Conferenza di Servizi del 14/12/2000 del Ministero dell'Ambiente, questi processi erano attuati in varie aree portuali e quindi anche a Livorno. Furono scelte due siti di sversamento situati a Nord-Ovest delle Secche.

Dal 1998 al 2001, l'ICRAM effettuò una serie di monitoraggi dell'area mediante analisi chimicofisiche e delle comunità bentoniche, nonché saggi ecotossicologici e di bioaccumulo allo scopo di studiarne l'evoluzione nel tempo (Autorità Portuale, 2001).

Le conclusioni del monitoraggio dell'ICRAM misero in evidenza che l'area, nonostante la deposizione di materiali portuali molto diversi si presentava complessivamente omogenea soprattutto dal punto di vista chimico e da quello biologico.

Complessivamente, quindi, le due aree nel giro di pochi anni sembrano essere andate verso una situazione di omogeneità e quasi di normalità. Questo può essere avvenuto solo grazie ad un rimescolamento superficiale del fondale operato dalle correnti che possono avere distribuito sedimenti esterni all'area sull'area stessa e viceversa dalle due aree verso le Secche della Meloria o altre zone contigue.

Per quanto sopra, sono state scelte alcune stazioni di campionamento in grado di fornire indicazioni sui possibili effetti delle due aree sulle secche. Eccetto che per due stazioni, le altre si trovano intorno alle Secche della Meloria, dal momento che all'interno dell'area non sono presenti sedimenti con una percentuale di frazione fine sufficientemente elevata da consentire le analisi chimiche.

La maggior contaminazione in linea generale della porzione Sud delle Secche può essere attribuita anche al traffico Marittimo, dal momento che le navi entrano ed escono dal porto passando per l'imboccatura Sud del porto, attraverso il settore circolare indicato sulle carte nautiche come *zona di precauzione* e per le rotte dirette a Nord, girano invece intorno alle Secche mantenendosi sulla batimetrica dei 50 m. I contaminanti la cui origine può essere ricondotta al traffico marittimo sono da considerarsi in particolare il **tributilstagno**, lo **zinco** ed il **vanadio**.

Il **tributilstagno** è stato già trattato nel Capitolo 3, relativo al porto di Livorno.

Lo **zinco** - la sua concentrazione media nella crosta terrestre è di 70 mg/kg. Esso viene utilizzato principalmente nei processi galvanici, come strato protettivo su altri metalli (es.ferro) e nella produzione di varie leghe, tra cui bronzo e ottone ; altri utilizzi riguardano la produzione di fungicidi, gomme, vernici, ceramiche e vetri. Lo zinco può esistere in due stati di valenza: (0) e (II). Nelle acque naturali è presente, oltre che come ione idrato, in specie inorganiche quali $ZnCO_3$, $ZnOH_2$, $ZnHCO_3$, $ZnCl_2$, in complessi organici stabili (Zn-cisteinato), adsorbito od occluso in collodi inorganici (Zn^{2+} -argille) o organici (Zn^{2+} -acidi umici). Al di sopra di pH 6 lo zinco può essere adsorbito da idrossidi di ferro e manganese, da argille, materiali umici e biogenici e successivamente depositato nei sedimenti per coprecipitazione. Ad elevate alcalinità può invece verificarsi la coprecipitazione ad opera di $CaCO_3$. Criteri di qualità proposti da vari enti internazionali (ente di protezione ambientale canadese, US EPA, WRC-UK) per la protezione della vita acquatica, forniscono per lo zinco solubile un intervallo di valori compreso tra 30-110 $\mu g/L$. In condizioni riducenti e in presenza di solfuro si forma solfuro di zinco, altamente insolubile.

Per acque dolci incontaminate viene indicata una concentrazione di riferimento di 0,6 $\mu g/L$, mentre per le acque di mare il valore è leggermente più basso, 0,3 $\mu g/L$.

Il **vanadio** - è presente nei sedimenti distribuito in modo uniforme intorno all'area; ciò è probabilmente dovuto al fatto che questo metallo che si trova in benzine, carbone ed altri combustibili deriva dall'impiego di gasolio e quindi dal traffico navale commerciale e dalla nautica da diporto locale, molto presente nell'area delle Secche durante tutto l'anno; i valori rilevati comunque sono bassi rispetto alla concentrazione media della crosta oceanica -252 $\mu g/g$ - riportata da Byerrum, 1991; è da tener presente che un certo arricchimento di questo metallo è stato osservato in prossimità della foce del fiume Cecina (Leoni *et al.*, 1991), dove tendono ad accumularsi i minerali pesanti delle sabbie di questo corso d'acqua. In quest'area sono stati trovati sedimenti con elevati livelli di magnetite, minerale che contiene vanadio. Non è facile capire quanto la foce del Cecina possa influenzare la Meloria per quanto riguarda la presenza di questo metallo. Va sottolineato che le concentrazioni elevate trovate davanti alla foce dell'Arno e la presenza di questo elemento nel gasolio portano a ipotizzare una contaminazione di origine antropica, legata al traffico marittimo ed al fallout atmosferico.

Per quanto riguarda i contaminanti organici, mancano dati sugli:

a) **organostannici**: sono composti chimici utilizzati in svariati settori, ad esempio in

campo industriale come catalizzatori e stabilizzatori o in agricoltura come pesticidi. Esempi di questi composti sono il dialchil- e trialchil-derivati, tra cui il DBTC ed il TBTC).

b) **paraclorobifenili (PCB):** sono state sostanze ampiamente usate nell'industria elettrica, delle plastiche e delle vernici. Sono state vietate negli anni 70 a seguito della comprensione della loro tossicità e dell'accumulo nell'ambiente marino con un tempo di eliminazione, dalle catene alimentari, molto lento. Per questo motivo, alcuni tratti di Mare in cui versavano effluenti industriali con elevate concentrazioni di tali sostanze, sono stati interdetti alla pesca per lunghissimi periodi. I sedimenti inquinati, infatti, consentivano attraverso gli organismi detritivori una continua reimmissione in circolo di tali sostanze).

c) **pesticidi:** includono una vasta categoria di sostanze usate per uccidere gli insetti che sono poi dilavate e concentrate nell'ambiente Marino. Le forme di resistenza che sviluppano i diversi insetti producono una immissione di sostanze sempre nuove, ad elevata tossicità ed ad ampio spettro d'azione. Non possiamo trattare tutti i diversi composti, storicamente ed ancora oggi impiegati. Qui viene ricordato soltanto che il più noto tra i pesticidi, anche se attualmente vietato, è stato il DDT (diclorodifeniltricloroetano)

2) Risospensione dei sedimenti: data la limitata profondità il passaggio delle navi di elevato tonnellaggio determina in tutta l'area fenomeni di forte risospensione dei sedimenti con conseguente aumento della torbidità che, come è noto, rappresenta una delle principali cause della diminuzione della copertura della prateria nonché di ripercussioni sull'ecosistema generale. Secondo alcuni autori il danno può essere tale da impedire anche un futuro recupero (Peirano & Bianchi, 1995).

Per avere un quadro generale della contaminazione determinata dai sedimenti portuali (ARPAT, 2006) sono stati considerati i valori massimi delle concentrazioni dei singoli metalli e calcolate le concentrazioni medie relative all'intera area. I risultati analitici sulle concentrazioni dei metalli pesanti nei sedimenti Marini, hanno evidenziato una maggior contaminazione della parte meridionale delle Secche della Meloria dove sembra che i contaminanti si accumulino a causa delle correnti (presenza di strutture vorticose durante alcuni periodi dell'anno) e soprattutto della granulometria più fine dei sedimenti. Infatti la frazione fine è costituita da minerali argillosi, ossidi ed idrossidi di ferro e manganese, composti organici come gli acidi umici e fulvici che sono in grado di complessare i metalli con legami più o meno stabili.

L' **arsenico** ed i suoi composti trovano impiego come pesticidi, erbicidi ed insetticidi. È inoltre usato in alcune leghe. In ambiente marino è presente in varie forme chimiche. La forma prevalente in acqua di mare è l'arsenato, nei sedimenti prevalgono le forme inorganiche (As(III) e As(V)), nelle alghe si riscontra, invece, la presenza di composti organici arsenoribosidici, mentre negli animali marini la specie chimica più abbondante è l'arsenobetaina (AB) con quantità significative di arsenocolina (AC), delle specie metilate semplici e di arsenozuccheri [Edmonds & Francesconi, 1992]. L'assenza nel processo di speciazione di fasi mineralogiche che contengono questo elemento ci fa ritenere che la sua presenza sia di origine antropica.

Infine l'area delle Secche è caratterizzata da un'elevata energia ambientale (Fierro *et al.*, 1969), sia per la posizione e la conformazione che per il regime dei venti.

Questo elevato idrodinamismo si riflette sulla prateria a *Posidonia* che, in alcuni tratti, mostra evidenti canali di erosione che interrompono la "matte" (termine francese con il quale si indica una struttura a terrazza costituita da un fitto intreccio di rizomi e radici ormai morte che imbrigliano i sedimenti fortemente compattati e solo la sommità è costituita da fasci viventi) e, zone a mosaico, con la presenza di fasci isolati alternati a tratti di "matte". Gli evidenti segni di alterazione della prateria nel tratto prossimo alla torre della Meloria, sono presumibilmente causati dall'ancoraggio delle piccole e medie imbarcazioni presenti particolarmente durante i mesi estivi (Toccaceli, 1990; De Biasi e Aliani, 1998). Per quanto riguarda lo studio delle praterie a *Posidonia oceanica* localizzate alla Meloria, i risultati

ottenuti in base alla scala Giraud e la più recente scala Pergent (che prende in considerazione oltre alla superficie fogliare anche la batimetria, associandola al fattore luminosità) indicano una situazione di normalità, e quindi un ambiente non particolarmente degradato.

E' da rilevare che uno studio (ARPAT, 2006), relativo al bioaccumulo dei metalli pesanti nelle parti molli dei mitili (*Mytilus galloprovincialis*) ha evidenziato che in generale esiste una rispondenza tra le concentrazioni negli organismi e quelle nei sedimenti. La stazione più contaminata è risultata il porto di Livorno per entrambi i campionamenti e per quasi tutti i metalli analizzati. In particolare sono risultati molto elevati i valori di rame (rispettivamente 181 e 99 µg/g a Marzo e Settembre).

Dall'elaborazione dei dati è emersa l'importanza di scegliere il periodo di campionamento in rapporto alle fasi del ciclo vitale dei mitili e di applicare un appropriato Indice di Condizione basato sulle caratteristiche morfometriche degli organismi legate ai parametri ambientali che ne influenzano il metabolismo.

Per quanto riguarda il popolamento vegetale ed animale delle Secche in riferimento alla zonazione batimetrica in piani del Dominio Bentonico introdotto dalla Scuola di Endoume ed utilizzato dalla quasi totalità degli Ecologi (Perès e Picard, 1964), eccetto che un breve tratto prospiciente il faro e la orre della Meloria, che può essere inserito nel piano Mesolitorale (Barsotti, 2006), la restante area è inquadrabile in un unico piano, cioè l'Infralitorale, con il limite inferiore intorno ai 30 metri.

4.2 FLORA

Le Secche sono caratterizzate dalla presenza di molte entità floristiche endemiche del Mediterraneo e di specie rare o rarissime.

Per quanto riguarda le Tallofite, le fitocenosi fotofile, costituite da specie che richiedono ambienti caratterizzati da un buon livello di intensità luminosa (tipicamente in aree pianeggianti del fondale) sono costituiti prevalentemente da Phaeophyceae (alghe brune). Queste alghe sono ampiamente distribuite sulle superfici orizzontali della Secca, sia a bassa profondità che a profondità maggiori dove le acque, particolarmente limpide, consentono loro un habitat idoneo per lo sviluppo. I rilevamenti effettuati mostrano la presenza di popolamenti ad alghe brune come *Padina pavonia* e *Dilophus fasciola*, associate ad altre specie fotofile tra cui *Cladostephus verticillatus*, *Boergesenella fruticulosa*, *Laurencia obtusa*, *Dictyota linearis*, *Amphiroa rigida*, *Acetabularia acetabulum*. Nel sottostrato sciafile le specie più diffuse sono quelle appartenenti ai generi *Cladophora*, *Peyssonnelia* e *Dasyopsis*, mentre tra le specie diverse vengono riportate quelle appartenenti ai generi *Lithophyllum*, *Melobesia* e *Diatomee*. Alcuni autori hanno evidenziato in questi popolamenti l'esuberanza di specie che possono raggiungere valori elevati di ricoprimento, come quelle cosiddette ad affinità calda (termofile ad attività subtropicale), tra cui *Anadyomene stellata*, *Acetabularia acetabulum*, *Dasycladus vermicularis*, che in alcuni casi formano popolamenti monospecifici (Cinelli, 1971; Barsotti, 2006)

Fra le biocenosi sciafile, la più sviluppata e maggiormente distribuita è quella caratterizzata dalle Clorophyta (alghe verdi) *Udotea petiolata* e *Halimeda tuna* e dalla Rhodophyta (alga rossa) *Peyssonnelia squamaria*. In particolare questa biocenosi, oltre che sulle rocce riparate, ha un grande sviluppo sui rizomi di *Posidonia*, dato che le foglie le assicurano un ottimo schermo di protezione dalla luce solare. Oltre alle specie caratteristiche della biocenosi se ne rilevano diverse altre, definite come sciafile in senso lato: *Halopteris filicina*, *Ceramium bertholdii*, *Gelidium latifolium*, *Botryocladia botryoides* (Molinier, 1960; Augier & Boudouresque, 1968).

Alla estremità della piattaforma della Secca, ad una profondità di circa 25-30 m è stata rilevata una prateria di Phaeophyceae qui rappresentata da *Cystoseira spinosa* Sauvagau.

Tale prateria viene considerata da alcuni autori (Peres e Picard, 1964) una facies del coralligeno mentre da altri (Laubier, 1966; Cinelli, 1971) come una biocenosi distinta dovuta alla presenza di importanti

correnti di fondo, confermate dai canali tra i rizomi della prateria di *Posidonia*. E' da segnalare assieme alla *Cystoseira spinosa* la presenza di un certo numero di specie sciafile (la *Pseudolithophyllum expansum*, le già citate *Halimeda tuna* e *Udotea petiolata*, la *Peyssonnelia rubra* ed il *Ceramium codii*); alcuni autori considerano questo popolamento come una vera e propria associazione.

Peculiare è la presenza delle Clorophyta *Caluerpa prolifera* e *C. racemosa*. Quest'ultima si è recentemente introdotta nell'area (Piazzi et al., 1994) per migrazione lessepsiana, cioè una migrazione unidirezionale di specie dal Mar Rosso al Mediterraneo (Por, 1978), fenomeno avvenuto a seguito dell'apertura del Canale di Suez nel 1869. Quest'alga colonizza di preferenza le pareti ma anche il fondo dei catini, purchè sia presente un feltro algale che costituisce il substrato ideale per il suo insediamento.

Nelle zone in cui le condizioni termiche si mantengono abbastanza uniformi, si sviluppano facies in cui predominano nettamente le alghe termofile ad attività subtropicale come: *Penicillus capitatus*, *Anadyomene stellata*, *Dasycladus vermicularis*, *Acetabularia acetabulum*.

Per quanto riguarda le Fanerogame vi è il *Posidonietum oceanicae* (associazione Climax mediterranea) costituito dalla prateria a *Posidonia oceanica* (L.) Delile, che rappresenta l'elemento dominante delle Secche della Meloria colonizzando vaste aree dai primi metri di profondità fino alla batimetrica dei 30 metri (in alcune aree del Mediterraneo, si può raggiungere i 40 metri ed oltre) (De Biasi, 1999, modificato). Il rizoma, la cui parte più esterna va incontro ad una graduale lignificazione, può accrescersi sia in senso orizzontale, plagiotropo, sia in senso verticale, ortotropo. Una singola pianta è in genere caratterizzata da un rizoma plagiotropo tracciante, che cresce alla velocità di circa 7 cm/anno e origina altri rizomi orizzontali; quando lo spazio disponibile inizia ad essere limitato, i rizomi entrano in competizione e inizia l'accrescimento verticale di quelli ortotropi. Accanto a questo sviluppo, detto "stolonizzazione". La *Posidonia oceanica* presenta anche una riproduzione sessuata mediante fiori e frutti: dopo la fecondazione, il frutto, simile ad una oliva giunge a maturità staccandosi dalla pianta, in seguito il seme cadrà sul fondo dove potrà germinare.

La riproduzione sessuata è piuttosto rara, ma nel 2004 si è registrato (in generale) un evento straordinario con una presenza eccezionale di fiori e frutti che galleggiavano sulla superficie del mare. Questo fenomeno è forse legato alle temperature delle acque insolitamente elevate dell'anno precedente.

La caratteristica di avere un rizoma con due tipi di crescita determina un innalzamento del fondo originando una struttura "a terrazza" (in francese "matte"), che può raggiungere i 6 metri di altezza: essa è costituita da un fitto intreccio di rizomi e radici ormai morte che imbriglia i sedimenti fortemente compattati e solo la sommità è costituita da fasci viventi. Dalla parte superiore di questa terrazza si eleva una distesa di foglie lunghe anche fino ad un metro di colore verde brillante che ondeggiavano sospinte dalle correnti (prateria). Il range batimetrico di estensione delle praterie è essenzialmente legato alla trasmissione della radiazione luminosa in profondità. Nelle Secche della Meloria il limite inferiore si attesta sui 30 metri circa

4.3 FAUNA

Fra gli Invertebrati vi si annoverano i Poriferi *Petrosia ficiformis* e *Ircinia variabilis* (entrambe specie emisciafile) e le numerose colonie del Porifero incrostante *Chondrilla nucula*. Nell'ambito degli Antozoi vengono segnalati *Parazoanthus axinellae* (specie sciafila), il madreporario *Cladocera caespitosa*, che appartiene alle specie minacciate di rarefazione secondo Augier.

Le gorgoniacee *Eunicella singularis* e *E. cavolinii* che colonizzano le rocce libere dal posidonieto e le pareti verticali. Su alcune gorgonie è presente l'alcionaceo *Paraerythropodium coralloides*, che solitamente colonizza queste specie.

Fra i Molluschi è stata rilevata la presenza del Gasteropode opistobranco *Aplysia depilans*, dei tubuliformi vermetidi *Vermetus triqueter*, *Serpulorbis arenarius*. I vermetidi incrostano le pareti dei catini assieme ai bivalvi o lamellibranchi come *Spondylus gaederopus* e *Chama gryphoides*, *Pseudochama gryphina* ed ai tubi calcarei dei Policheti serpulidi *Serpula vermicularis*, *Potamoceros triqueter*, *Protula tubularia*. Tra i Cefalopodi vi sono *Octopus vulgaris*, *Octopus macropus*, *Sepia officinalis* etc.

Fra gli Anellidi che costituiscono il gruppo maggiormente rappresentato, oltre ad i Policheti serpulidi sopraccitati, le specie *Aricidea cerrutii*, *Odontosyllis gibba*, *Protodorvillea kefersteini* e *Pseudosyllis brevipennis* sono alcune delle specie più diffuse.

Fra gli Echinodermi sono numerosi gli esemplari di echinoidi *Arbacia lixula*, *Paracentrotus lividus*, *Sphaerechinus granularis*, gli Ofiuridi, *Ophioderma longicauda*, *Ophiotrix fragilis* e l'Oloturia *Holoturia tubulosa*.

La fauna ittica dei catini (Biagi et al., 1998) mostra un popolamento caratterizzato, in termini qualitativi, dalle famiglie Labridae (11 specie, tra cui *Coris julis*) e Sparidae (6 specie, tra cui *Diplodus vulgaris*, *Diplodus sargus* e *Sarpa salpa*). Le tre specie più abbondanti sono *Aphia minuta*, *Coris julis* e il Pomacentride *Chromis chromis*; questo popolamento riflette la struttura tipica delle comunità ittiche del piano infralitorale superiore descritte in altre zone del Mediterraneo.

Parallelamente allo studio dei catini sono state condotte altre prospezioni subacquee in altre zone delle Secche; l'immagine globale, sebbene preliminare, estrapolabile a tutta l'area delle Secche è quella di un popolamento ittico povero e poco diversificato. Al contrario, focalizzando l'indagine sui soli catini, il risultato è quello di un popolamento assai ricco e diversificato per cui i valori degli indici univariati (ricchezza specifica di Margalef, diversità di Shannon-Wiener ed equitabilità di Pielou) sono paragonabili a quelli riportati in letteratura per aree non protette (Biagi et al., 1998).

Sono stati effettuati anche degli studi sulla Meiofauna, delle Secche della Meloria risultata particolarmente ricca. In questo gruppo ecologico sono tipicamente annoverati anche gli Ostracodi oggetto di questa tesi, anche se in termini rigorosi in funzione del range dimensionale appartengono anche alla componente più piccola del Macrobenthos.

CAPITOLO 5 :OSTRACODI

5.1 GENERALITA', ANATOMIA e FISILOGIA degli OSTRACODI

Gli Ostracodi (Ostracoda, Latreille, 1806) costituiscono, in base ad una rivisitazione sistematica (Martin & Davis, 2001) dei Crostacei attuali, una Classe del Subphylum Crustacea nell'ambito del Phylum Arthropoda. Le forme attuali sono incluse in due Sottoclassi, cioè Myodocopa ed il più ampio Podocopa. Si conoscono oltre 8000 specie attuali e dalle 40 alle 50 mila specie fossili (Schram, 1986; Maddocks, 1992).

Essi sono dotati di un esoscheletro cuticolare chitinoso bivalve impregnato da calcite basso-magnesiaca secreto dall'epidermide (quest'ultima è responsabile anche della formazione e deposizione del carbonato di calcio). Nelle rare forme planctoniche la mineralizzazione può essere assente oppure lieve. Le due valve (dx e sn) sono connesse dorsalmente, a livello della cosiddetta regione del **cardine** o **cerniera** (significato sistematico), da una porzione nastriforme di cuticola non calcificata, detta

legamento. Esistono (Pokorný, 1978) tre tipologie di cardine o cerniera, cioè Unipartito, Merodonte e Anfidonte a loro volta suddivisi in sottogruppi in funzione della presenza oltre della barra (*bar*) e della doccia (*groove*) corrispondente, di dentelli (*teeth*), cavità o tasche complementari (*sock*) e della loro ornamentazione (solo nella cerniera unipartita, la barra si trova nella valva destra e la doccia nella sinistra, mentre nelle altre tipologie indipendentemente dalla variabilità di dentelli e tasche la barra principale si trova nella valva sinistra). Quindi considerando la regione cardinale dorsale le porzioni rimanenti si definiscono extracardinale anteriore, posteriore e ventrale. C'è un tipo di chiusura delle valve nella quale le regioni cardinale ed extracardinale non sono differenziate, tipica di alcuni Platicopina (*Cytherella sp.*) ed è stata chiamata holosolenica (si ritiene un carattere secondario). La superficie esterna di ogni valva si definisce **lamella esterna** cui si accolla internamente lungo i Margini anteriore, ventrale e posteriore la **lamella interna**. La zona di fusione totale o parziale tra le due lamelle si definisce **zona Marginale** (significato sistematico) che è delimitata internamente da una **linea di concrescenza**. La porzione periferica di lamella interna è generalmente calcificata e da qui la parte non calcificata si continua rivestendo il corpo molle dell'organismo. Quando la fusione a livello della zona Marginale è parziale rimane uno spazio detto **vestibolo** (significato sistematico) dove possono essere contenuti alcuni degli organi interni.

Le valve degli Ostracodi sono punteggiate da microscopici forellini di forma variabile denominati **poro canali**. In funzione della loro posizione si distinguono i porocanali normali (laterali) ed i porocanali radiali (Marginali). I primi si distinguono a loro volta in due forme base: a) porocanali laterali normali (aperti e sono attraversati da setae, che sono organi sensori) b) porocanali laterali a setaccio (alcuni contengono cellule pigmentate con probabile funzione fotorecettiva). I poro canali che non presentano setae possono aver la funzione di dotti di ghiandole come suggerisce Van Morkhoven (1962) od una funzione sconosciuta.

L'insieme delle due valve unite dal legamento costituiscono il **carapace**, il quale ingloba le parti molli. Ogni valva può essere osservata in vista (o norma) esterna, interna, dorsale e ventrale. La superficie esterna di ogni valva può essere liscia oppure caratterizzata variabilmente da punteggiature, lobi, solchi, reticoli, creste, spine etc. (alcuni elementi dell'ornamentazione delle valve possono essere di origine fenotipica in risposta alla variazione di vari parametri ambientali, es. salinità). Nella zona marginale (oltre alle eventuali strutture suddette) è presente una frangia chitinoso con base calcificata, lungo il margine extracardinale con la funzione di chiudere le valve ermeticamente (overlap).

Le due valve inoltre sono connesse da muscoli adduttori che attraversano le parti molli nella regione anteromediana. Tali muscoli, insieme ai muscoli mandibolari e quelli frontali determinano un gruppo di impronte, detto **campo di impronte muscolari**, variamente conformate sulla superficie interna delle valve che assumono un ruolo importante ai fini diagnostici sistematici (Van Morkhoven, 1962). Il gruppo più distintivo di impronte muscolari è comunque quello degli adduttori (è anche più resistente alla fossilizzazione) ed è caratteristico a livello di famiglia o sottofamiglia e nei dettagli più fini (Pokorný, 1978) può essere usato talvolta per diagnosi a livello generico o specifico.

Il corpo molle è compatto, sospeso dalla regione dorsale, privo di segmentazione e più o meno lateralmente compresso. Si può dividere in due regioni, cioè la regione **cefalica** o **cephalon** e quella **postcefalica** o **thorax**. separata da una lieve costrizione. L'esistenza dell'originale segmentazione è indicata dalla presenza di 5 o 7 paia di appendici, delle quali 4 paia si trovano nella regione cefalica e 3 (oppure due od una) nel **thorax**. Le appendici possono differire per struttura, forma e funzione ma possono essere ricondotte ad una comune ed ancestrale condizione di appendice biramosa. Quest'ultima è tipicamente composta da tre porzioni: a) una porzione basale o protopodite b) due rami che originano da tale porzione detti endopodite ed esopodite (sia il protopodite che l'endo e l'esopodite sono formati da articoli o podomeri);

Per quanto riguarda il **cephalon**, il primo paio di appendici vengono dette **antennulae** o **prime antenne** (svolgono funzione locomotoria e sensoria), il secondo paio, cioè le **secondo antenne** (funzione sensoria o di ausilio al nuoto nelle forme pelagiche), mentre il terzo e quarto paio rispettivamente

mandibole e mascelle o *maxillae* (principalmente funzione di assunzione del cibo e le mascelle con l'esopodite anche funzione circolatoria). Nella regione toracica si possono avere da **tre ad un solo arto toracico** come condizione limite. Le appendici toraciche possono avere varia morfologia e funzione: locomotoria, nutritiva, sessuale (nel maschio per afferrare le femmine nell'atto della copula), per la pulizia interna del carapace o per creare una corrente d'acqua all'interno del carapace. **L'esopodite manca nelle antennulae, è rudimentale nelle seconde antenne mentre il protopodite è trasformato strutturalmente nelle mascelle.**

Il corpo di molti Ostracodi termina con una coppia di strutture appendiciformi dette nel loro insieme *furca*, generalmente interne ma che possono protrudere dalle valve ed essere ausiliarie della locomozione. La furca può essere assente.

Il sistema nervoso è caratterizzato da un cerebrum, un anello circumesofageo di gangli, una catena di gangli ventrali ed una rete di nervi motori connessi ai vari muscoli della regione cefalica e postcefalica. Il tratto digestivo presenta una bocca, un esofago, uno stomaco (al quale in genere è connesso il fegato) ed un intestino che termina con l'ano. La digestione è facilitata da ghiandole salivari e dal secreto prodotto dal fegato.

La maggior parte degli Ostracodi attuali non presentano organi speciali per la circolazione del sangue (soli in alcuni membri dei Myodocopa è presente un cuore; tale presenza è considerata un carattere di primitività).

La respirazione avviene attraverso la superficie del corpo molle e lo scambio di gas è facilitato dal movimento di palette vibratorie (l'esopodite delle mascelle, funzionalmente analogo allo scafognatide degli altri crostacei) per favorire l'ingresso di una corrente d'acqua. Solo in alcuni Cyprididae l'esopodite del primo arto toracico è modificato in speciali branchie. Lo scafognatide è controllato da quattro muscoli innervati da nervi che originano dal ganglio circumesofageo ed è molto probabile che i movimenti ed il ritmo siano controllati da un generatore centrale degli schemi dei movimenti (**Central Pattern Generator**) entro il sistema nervoso centrale (Harris-Warrick et al., 1992; Murder & Bucher, 2001)

Gli Ostracodi sono privi di meccanismi regolatori in grado di modificare la ventilazione in funzione della variazione della concentrazione di ossigeno nell'acqua, presentano però delle strategie adattative etologiche utili per adattarsi a situazioni di "stress", (es. migrazioni verticali nel sedimento, ritmi di moto circadiani etc.) che differiscono fra i Podocopa ed i Myodocopa.

Fra i recenti Ostracodi solo i membri del gruppo Myodocopa hanno una coppia di occhi laterali, altri Ostracodi presentano un occhio mediano tripartito nella parte anterodorsale del corpo oppure sono ciechi.

Nell'ambito dei Crostacei gli Ostracodi furono il primo gruppo in cui fu osservato il fenomeno della luminescenza. Tre generi marini, quali *Cypridina*, *Pyrocypris* e *Conchoecia* contengono le specie luminescenti più comuni. Più precisamente una nuvola di luce bluastra è prodotta esternamente da secrezioni di una ghiandola del labrum; questa luminescenza compare come dei bagliori della durata di uno o due secondi. Questa luce viene prodotta soltanto in risposta ha degli stimoli (es. un raggio di luce) da un riflesso di contrazione muscolare.

Gli Ostracodi sono tipicamente dioici anche se esistono alcune specie dove i maschi sono assenti e si riproducono quindi per partenogenesi oppure attuano una partenogenesi geografica cioè modulano la modalità riproduttiva in funzione di determinati parametri fisici. Il dimorfismo sessuale è spesso evidente nelle valve. Gli organi sessuali sono pari. Nelle femmine consistono di ovari, uteri, vagine e ricettacoli seminali. Nei maschi sono complessi e voluminosi e consistono di testicoli, vasi deferenti e generalmente due peni. La parte distale del dotto eiaculatore è muscolosa ed in alcuni taxa essa è conosciuta come Organo di Zenker, una specie di pompa necessaria per espellere gli spermatozoi che sono di enormi dimensioni (possono raggiungere una lunghezza otto volte superiore a quella dell'esemplare).

5.2 AUTOECOLOGIA DEGLI OSTRACODI

Le quasi totalità degli Ostracodi è bentonica e varia dimensionalmente tra gli 0,4 mm ed i 2 mm, anche se si conoscono specie di dimensioni estremamente ridotte, quale ad esempio *Nannokliella dictyoconcha* Schaefer, della lunghezza di 0,14 mm ed altre come l'attuale specie planctonica nuotatrice (di mare profondo), il *Gigantocypris muelleri* che raggiunge i 25-30 mm. Le maggior dimensioni sono comunque attribuibili a forme Paleozoiche (Ordine *Lepertidicopida*, Pokorný, 1978) che raggiungevano gli 80 mm di lunghezza.

Gli Ostracodi viventi o le loro uova possono essere trasportati passivamente dagli uccelli, su zattere di vegetazione, dalle correnti, forse dal vento e dall'attività umana tramite navi (es. nelle *ballast waters*) od altri mezzi di trasporto. La dispersione attiva è possibile nelle specie di Ostracodi nuotatrici (limitativamente nelle forme bentoniche vagili) (Breman, 1978).

Per quanto riguarda il trofismo degli Ostracodi, questo viene trattato in seguito nell'ambito dei fattori biologi.

Molti Ostracodi depositano le loro uova fuori dal carapace; solo pochi (tutti i Cypridinidae, i generi *Cytherella*, *Xestoleberis*, *Cyprideis* ed il genere di acqua dolce *Darwinula*) trasportano le uova e qualche volta anche le giovani larve in una cavità di allevamento entro il carapace, sino alla zona di deposizione e schiusa.. La scelta di quest'ultima sembra in elevata correlazione alla concentrazione di ossigeno (alcuni depongono le uova sulla superficie dell'acqua). Il numero di uova prodotte varia generalmente da due a sei. Le uova vengono liberate singolarmente. Il tasso di sviluppo è molto variabile ed è essenzialmente funzione del livello di disseccamento a cui le uova sono soggette. Comunque queste sono costituite da due strati concentrici di chitina contenenti un liquido acquoso e lo strato esterno è frequentemente impregnato di carbonato di calcio in modo da ridurre il disseccamento. Tale proprietà, insieme al fatto che contengono un elevato quantitativo di tuorlo o lecite, conferisce la capacità alle uova degli Ostracodi di poter rimanere vitali anche per diversi anni. Un altro fattore che interviene nel tasso di sviluppo è la temperatura e sembra che le uova siano molto tolleranti al freddo mentre a temperature elevate si schiudono più velocemente.

Hanno una distribuzione cosmopolita ed ubiquitaria. Infatti essi sono presenti in ambiente marino, in acque salmastre (es. lagune, delta, estuari etc.) nonché in acque dolci (stagni, laghi, torrenti e fiumi) ed esistono anche forme terrestri rinvenute nell'humus di molte foreste tropicali (Mesocypridini, Terrestrocyprididae). Mentre le forme marine appartengono sia ai Podocopa che ai Myodocopa, le forme di acque dolci appartengono solo ai Podocopa. La presenza di questi organismi in tutti i sopracitati ambienti ha fatto sì che assumessero nel tempo un importante ruolo sia in ambito ecologico e paleoecologico sia come *Markers* biostratigrafici (sono conosciuti dal Cambriano all'Attuale). Studi effettuati da Ruggieri (1967), che mettono in relazione l'Ostracofauna attuale e fossile del bacino del Mediterraneo e la sua biogeografia sulla base degli eventi tettonici e climatici, evidenziano che: la presente fauna ad Ostracodi del Mediterraneo, deriva principalmente dalle specie del Pliocene Inferiore che invasero il Mediterraneo dall'Atlantico dopo l'apertura dello Stretto di Gibilterra (5,2 My). In seguito durante le fasi Glaciali ed Interglaciali, rispettivamente molte faune Boreali e di acque calde sub-tropicali o tropicali colonizzarono il Mediterraneo, molte di queste successivamente si estinsero. Inoltre in stretta connessione con le fasi interglaciali si verifica in molte area la totale estinzione della fauna bentonica degli strati stagnanti d'acqua profondi (piano batiale ed abissale) causa la costituzione di condizioni euxiniche, cioè anossiche. L'ultimo momento geologico in cui si verificarono tali condizioni è riferibile allo stadio climatico detto Atlantico (da circa 6000 a 5000 anni fa), quando specie come *Macrocypris adriatica* (Breman), *Krithe monosteracensis* (Sequenza), *Echinocythereis echinata* (Sars), *Bytocypris reflexa* (Breman), *Microxestoleberis profunda* (Breman) e *Bathycythere vanstraateni* (Sissingh) probabilmente scomparvero in tutto o parte del Mediterraneo.

I fattori fisico, chimici (denominati nel loro insieme fattori abiotici) e biologici fondamentali, definiti nel complesso, fattori limitanti o critici, che controllano più o meno ampiamente la distribuzione degli Ostracodi (Puri, 1964; Breman, 1975; Pokorný, 1978), sono:

FATTORI CHIMICI:

- a) SALINITA'
- b) MATERIA ORGANICA E NUTRIENTI
- c) PERCENTUALE DI OSSIGENO DISCIOLTO
- d) CONCENTRAZIONE DEI CARBONATI DISCIOLTI
- e) pH
- f) AGENTI INQUINANTI

FATTORI FISICI:

- a) TEMPERATURA
- b) FATTORI EDAFICI (Perès, 1964)
- c) PROFONDITA'
- d) TRASPARENZA
- e) TRASPORTO

FATTORI BIOLOGI:

- a) TROFISMO e RAPPORTI SINECOLOGICI CON IL BIOTA DELL'HABITAT IN CUI VIVONO.

FATTORI CHIMICI

a) SALINITA': La salinità è definita come la percentuale di sali inorganici totali in acqua, espressi come massa in grammi, ottenuto da 1 kg di acqua quando il residuo secco viene portato a peso costante a 480 °C. A questa temperatura la materia organica viene completamente ossidata, i carbonati sono stati convertiti in ossidi, i bromuri e gli ioduri sono stati sostituiti dai cloruri (approvata da: Standard Methods Commitee, 1985, modificata).

La salinità può, pertanto, essere assunta quale indicatore di stato che definisce il contenuto di sali disciolti nell'acqua. Tenendo conto che nel presente lavoro viene trattato anche il Porto di Livorno, si fa cenno anche alla salinità delle acque di transizione. Questa può oscillare negli ambienti paralici naturali tra 3.5 e 40 ‰ - Tomasino, 1995 – ciò non si verifica nei Porti dove al massimo si raggiungono in superficie salinità di tipo polialino; infatti presenta spesso una stratificazione verticale o addirittura carattere di “cuneo salino” (nel Porto di Livorno sono stati registrati, in questo lavoro, valori minimi del 27 ‰ e del 34 ‰ rispettivamente nelle acque superficiali ed in profondità, in prossimità dello sbocco del Canale Scolmatore dell'Arno); inoltre presenta un'accentuata variabilità spazio-temporale. Generalmente l'aloclino (strato di acqua marina in corrispondenza del quale si ha una rapida variazione della salinità che passa dai valori bassi dello strato di acqua superficiale a quelli più alti dello strato profondo) si instaura nel periodo primaverile-estivo causa la maggior stabilità delle condizioni meteomarine. Per quanto riguarda l'area della Meloria si sono registrate in questo lavoro valori di salinità inquadabili nei valori di salinità media riportati in letteratura riferibili al Mar Ligure.

Nell'ambito del simposio internazionale per la classificazione delle acque di transizione, svoltosi dall'8 al 14 aprile del 1958 a Venezia, denominato “*Venice System*”, è stata introdotta, per estensione, una scala classificatoria che ha suddiviso, in base alla salinità, le acque. Qui viene proposta tale scala,

riportando i valori soglia, anche se è necessario puntualizzare che nell'ambito dell'ambiente di transizione salmastro (nella scala definito con il prefisso Mixo), in funzione di vari input esogeni, i limiti fissati, assumono solo un ruolo di comodità classificatoria in quanto non sono statici ma vi è può essere uno stato dinamico (anche ampio) tra le categorie saline che lo definiscono raggiungendo anche valori di acque molto iperaline, ben oltre i limiti convenzionali di acque salmastre:

Acque dolci:

- **limnetiche** (0,2-0,5 ‰)

Acque salmastre (Mixo):

- **(Mixo) oligoaline** (salinità > 0,5, < 5 ‰),
- **(Mixo) mesoaline** (salinità 5-18 ‰),
- **(Mixo) polialine** (salinità 18-30 ‰)

Acque salate:

- **eualine o marine** (30-40 ‰).
- **iperaline** (> 40 ‰)

La conoscenza del grado di salinità consente di definire, a livello spaziale, l'ampiezza dell'intervallo delle acque di transizione. I valori di salinità dipendono dal regime idraulico di un bacino, dalle diverse situazioni di deflusso, dalla situazione mareale e dalla portata. Sono importanti anche la profondità della foce, le condizioni meteo, la densità delle acque marine e di quelle dolci fluviali, ecc. (Tomasino., 1995). Rapide variazioni di salinità si registrano a seguito del moto ondoso che omogeneizza la colonna d'acqua oppure in particolari situazioni idrodinamiche, quali i processi di upwelling, che inducono il trasporto verso costa delle acque di fondo a salinità più elevata.

Le variazioni di salinità sono legate a tre fondamentali processi: l'evaporazione, le precipitazioni ed il mescolamento. Le modalità di rilievo del cuneo salino consistono nel misurare la salinità in alcune sezioni fisse e nell'inseguire il vertice del cuneo salino fino alla sua massima estensione.

La salinità (Pokorný, 1978), è il fattore fisico fondamentale determinante la distribuzione degli Ostracodi poiché interviene in modo decisivo sulla fisiologia dell'organismo. Gli Ostracodi come i Crostacei in genere, sono **omeostaci**, cioè mantengono la loro concentrazione salina interna indipendentemente da quella dell'ambiente esterno.

Ciò comporta che gli Ostracodi sono osmoregolatori. In acqua dolce sono regolatori iperosmotici, mentre le forme che vivono in acque polialine sono regolatori ipoosmotici. Alcune specie eurialine sono regolatori ipoosmotici in salinità superiore a 8 g/l e iperosmotici sotto. (Aladin & Potts, 2004).

La regolazione iperosmotica è parzialmente dipendente dai sali consumati nell'alimentazione mentre la regolazione iposmotica è dipendente solo dall'escrezione dei sali portati da speciali cellule localizzate all'interno del carapace. Infatti le associazioni di acqua dolce sono ben distinte da quelle marine e solo un numero limitato di specie è in grado di vivere in entrambi gli habitat. Le specie di piattaforma del piano infralitorale superiore sono generalmente **Eurialine**, cioè tollerano ampie variazioni della concentrazione salina, che in tale ambiente litoraneo può modificarsi cospicuamente causa le piogge o l'influenza dei corsi d'acqua che si immettono in mare. A tale riguardo è stato evidenziato nel Golfo di Policastro (Montenegro *et al*, 1998), in zone corrispondenti all'immissioni di corsi d'acqua in mare un evidente dominanza ed abbondanza di alcune specie, quali: *Neocytherideis fasciata*, *Semicytherura incongruens*, *Semicytherura su/cata* e subordinatamente, *Leptocythere ramosa* e *Loxoconcha affinis* entro i 10 m, mentre oltre tale batimetria queste specie sono sempre presenti ma subordinate a *Carinocythereis whitei*, *Cistacythereis (H.) turbida*, *Cytheretta subradiosa*, *Leptocythere bacescoi*, *Leptocythere rara*, *Loxoconcha subrugosa* e *Pontocythere turbida*.

Alla stessa stregua gli ambienti salmastri come lagune, estuari, paludi etc., sono abitati da caratteristiche associazioni che comprendono sia forme eurialine, nonché specie tipiche dell'ambiente di transizione. Nel complesso comunque le comunità che vivono in questi ambienti salmastri sono generalmente oligotipiche, conseguenza dell'elevata instabilità dell'ambiente e quindi in linea generale in questi habitat le popolazioni sono caratterizzate da poche specie con un numero elevato di individui.

A tale riguardo una specie tipicamente eurialina, rinvenuta anche in questo lavoro cioè *Cyprideis torosa*, frequente in acque sottosalate, è stata osservata anche in ambienti con salinità superiore ad 80 ‰ (Van Morkhoven, 1962). Infine il numero di specie diminuisce passando dal mare franco ad ambienti di transizione salmastri raggiungendo il loro minimo ad una concentrazione salina pari o sotto al 5 ‰ (Breman, 1978).

Un fenomeno peculiare legato alle variazioni di salinità consiste nella formazione di elementi tubercolari fenotipici, riscontrati sulle valve in alcune forme di ambiente salmastro. Un caso ben documentato è quello della sopracitata *Cyprideis torosa*. Quest'ultima in habitat con bassa salinità, sviluppa tubercoli su una od entrambe le valve; in questo modo l'animale incrementa il suo volume e si adatta al minore peso specifico delle acque circostanti. La loro posizione sulle valve è variabile da un esemplare ad un altro. Possono essere presenti in uno o più stadi giovanili e scomparire nello stadio maturo (Van Morkhoven, 1962).

b) MATERIA ORGANICA e CONTAMINANTI ORGANICI (FOSFATI E NITRATI)

Entro certi limiti l'incremento quantitativo di materia organica (proteine, carboidrati, lipidi, cellulosa etc.) può determinare effetti positivi sulla densità di popolazione degli Ostracodi (Noguera & Hendrickx, 1997) ma studi dei sedimenti di fondo sia in impianti di allevamento di pesci (Handerson *et al.*, 1997) che in habitat naturali (Carbonel & Hoiban, 1988) evidenziano che elevati contenuti di materia organica comportano una drastica riduzione od addirittura la scomparsa dell'ostracofauna. Tale processo è strettamente connesso all'azione dei batteri che attuano l'ossidazione della materia organica e quindi la riduzione del contenuto di O₂, conseguente incremento della CO₂ e riduzione del Ph. Questi tre fattori chimici sono considerati critici per lo sviluppo degli Ostracodi come viene descritto in seguito.

Per quanto riguarda i nitrati ed i fosfati (nutrienti fondamentali insieme al ferro, manganese, zinco, rame e cobalto per la crescita dei vegetali) la loro importanza nasce dal fatto che la disponibilità in ambiente marino, diversamente dall'ambiente terrestre, è limitata, perciò questi possono diventare fattori limitanti per lo sviluppo vegetale. Il Carbonio ad esempio è sicuramente il principale elemento necessario alla vita ma la sua disponibilità in mare è praticamente illimitata per cui non è un fattore critico per la crescita algale.

L'effetto dei nitrati e dei fosfati, in linea generale, negli ambienti dove si verificano fenomeni di upwelling di acque fredde ricche di questi due composti (oppure i aree nelle quali vi si immettano scarichi ricchi di nutrienti) si manifesta in prima istanza, con una elevata produttività ed un incremento della comunità faunistica, ma se si raggiunge l'eutrofizzazione, alla stessa stregua di quello che è stato citato sopra, si verifica un progressivo decremento della fauna. In riferimento agli Ostracodi non sono stati fatti studi approfonditi a riguardo. Puri *et al.* (1964), in relazione allo studio dell'ostracofauna nel Golfo di Napoli rilevarono una ridotta quantità di fosfati e non evidenziarono particolari correlazioni a riguardo.

c) OSSIGENO: Tra i gas disciolti nelle acque naturali, l'ossigeno riveste un ruolo fondamentale per la sua importanza come elemento vitale per la flora e la fauna. E' uno dei parametri idrologici che influenza la distribuzione e l'organizzazione delle comunità bentoniche nelle acque di transizione, come ad esempio il Porto (Holland *et al.*, 1987, modificato). Il tenore di OD (ossigeno disciolto) di una massa d'acqua dipende dal carico organico presente nell'acqua (stato saprobio), dalla produzione fotosintetica (stato trofico) e dall'aerazione degli strati superficiali per gli scambi gassosi all'interfacies aria-acqua. Il consumo dell'OD è operato dalla respirazione algale ed animale e dai processi di ossidazione chimica e biologica che intervengono nell'acqua e nei sedimenti (Volterra L. *et al.*, 1998). La solubilità dell'Ossigeno in una soluzione acquosa in equilibrio con l'atmosfera, è proporzionale alla pressione parziale nella fase gassosa (legge di Henry) e diminuisce, in modo non lineare, al crescere della temperatura e della salinità dell'acqua.

L' Ossigeno Disciolto (OD) è, inoltre, principalmente correlato alla velocità dell'acqua, al grado di trofia, al rimescolamento stagionale delle acque ed al volume di ricambio annuale. In effetti, a parità di condizioni fisiche e chimiche, il contenuto di OD nelle acque non è statico: esso è in continuo equilibrio dinamico, essendo in ogni momento la risultante del bilancio tra il consumo provocato dai processi biologici (respirazione) e biochimici (demolizione aerobica, nitrificazione, etc.) e la riossigenazione, dovuta alla produzione fotosintetica e/o agli scambi con l'atmosfera. Le sue fluttuazioni naturali possono anche essere drasticamente modificate dall'apporto di sostanze inquinanti a forte richiesta di ossigeno che, accelerandone il consumo, rendono in molti casi l'ambiente acquatico inidoneo alla vita (Barbanti et al., 1995); un esempio è costituito dall'immissione di acque reflue, con il conseguente apporto di materia organica, che comporta sempre una sottrazione di ossigeno alla massa d'acqua. Bassi livelli di OD esaltano i casi di tossicità, che potrebbero essere tollerati dagli animali solo per brevi esposizioni e solo in assenza di altri inquinanti (Volterra et al., 1998).

Sinergie si stabiliscono tra contenuto di OD e:

- la presenza di anidride carbonica, che riduce l'assunzione di ossigeno,
- la quantità di $N-NO_2^-$ (azoto, come ione nitroso), che limita la capacità dell'emoglobina di fissare l'ossigeno,
- la temperatura che, tra l'altro interferisce sull'affinità dell'emoglobina con l' O_2 (Volterra L. et al., 1998).

Misure di concentrazione di OD, effettuate mediante i metodi classici riportati in letteratura, vanno corrette in funzione dei parametri temperatura e salinità (Parisi, 1995). La misura della concentrazione dell'OD assume allora un notevole rilievo, non soltanto per trarre importanti indicazioni sull'interpretazione dei cicli biochimici, ma anche per il controllo e la gestione diretta dei corpi idrici "a rischio" che necessitano di adeguate misure di protezione dall'inquinamento (Barbanti L. et al., 1995). Si stima che concentrazioni di OD, <5 mg/L cominciano ad essere limitanti per il mantenimento delle forme di vita (Volterra L. et al., 1998). Al di sotto di 2-1 mg/L, siamo in condizioni di anossia o anaerobiosi. In questa condizione nei sistemi acquatici, predominano batteri anaerobici, che non necessitano di ossigeno per la respirazione. Questi batteri producono solfuro di idrogeno (H_2S) ammoniaca e metano, sostanze tossiche per le specie animali.

Negli strati superficiali generalmente l'OD assume valori variabili di sovrasaturazione nel periodo primaverile-estivo, come conseguenza dall'attività fotosintetica del fitoplancton, e valori di sottosaturazione nel periodo autunno-invernale.

Le acque marine per il loro movimento in superficie hanno valori prossimi al 100% di saturazione. Nelle acque di fondo i valori di OD tendenti alla sottosaturazione – soprattutto durante la stratificazione della colonna d'acqua (generalmente in Estate) - sono invece dovuti per lo più alla richiesta di ossigeno legata ai processi di rigenerazione ossidativa ed a quelli respiratori. Titoli costantemente bassi di OD sono indicatori di anossie conseguenti ad eccessiva presenza di sostanza organica da immissione di reflui ovvero derivanti dal deposito dei resti delle fioriture algali o, in ultima analisi, da regimi di stratificazione termica. La misura della concentrazione dell'ossigeno (procedura estendibile anche per altri parametri) va effettuata secondo un piano di campionamento che tenga conto delle complesse strutture spaziotemporali che si instaurano negli ambienti salmastri e che possono essere così sinteticamente elencate: a) variazioni temporali legate alle diverse tipologie di ritmi biologici, idrodinamici e stagionali; b) variazioni spaziali determinate dalla stratificazione di acque a densità diversa (a causa della salinità attuale determinata dalle acque di ingresso); c) variazioni spaziotemporali connesse alla presenza di cospicui banchi di macrovegetali bentonici (all'interno della massa vegetale, ad esempio, si hanno più alti valori di ossigeno durante il giorno e più bassi valori nella notte, rispetto a quanto si ha nell'acqua libera). La concentrazione dell'ossigeno durante la giornata è a tal punto influenzata dai moti di marea, da presentare escursioni nel livello di saturazione che possono passare, nel ciclo delle 24 h, dal 230% al 4%; tale effetto può essere amplificato da processi metabolici (fotosintesi e respirazione) e da processi idrodinamici (marea), indipendentemente da temperatura e salinità che rimangono relativamente costanti (Parisi V., 1995). Quanto sopra esposto costituisce una

importante informazione metodologica che evidenzia la necessità di effettuare una serie ripetuta di misure nell'arco delle 24 ore, al fine di procedere ad una realistica classificazione di tali ambienti.

In ultima analisi, in riferimento agli Ostracodi, la concentrazione di Ossigeno disciolto, può avere una considerevole influenza sulla loro presenza in un particolare ambiente; più precisamente se il deficit è lieve, in genere non si hanno effetti, ma se si raggiungono condizioni ipossiche estreme, dovute ad inquinanti, elevato contenuto di materia organica, oppure ha determinate condizioni idroclimatologiche (es. fasi interglaciali e glaciali) si può verificare la scomparsa totale della fauna bentonica (Bremen, 1978). Studi effettuati in acque ipolimniche dove la concentrazione di O.D. era < 1 mg/l (stato anossico) mostravano l'assenza dell'ostracofauna in zone dove la durata di tale condizione superava i quattro mesi consecutivi (Rieradevall & Roca, 2004).

c) CARBONATI DISCIOLTI: la presenza di Ostracodi in un determinato habitat può essere limitata dalla concentrazione e dall'equilibrio in soluzione dei carbonati necessari nel processo di formazione delle valve per bioprecipitazione. A tale riguardo il fattore idrochimico e nella fattispecie la concentrazione idrogenionica, riveste un ruolo fondamentale.

Un altro fenomeno legato all'equilibrio dei carbonati a livello dell'interfaccia acqua/sedimento è il cosiddetto *agradation/degradation phenomenon* (Peypoquet et al., 1980; Farmer & Carbonel, 1984).

Questo fenomeno si riflette sul maggior o minor grado di scultura delle valve. In un habitat sottosaturato in carbonati gli organismi spendono molta energia per bioprecipitare la calcite, le loro valve presentano un basso grado di ornamentazione. Viceversa in habitat sovrassaturi, l'ornamentazione è molto più elaborata. Questo fenomeno è quindi alla base della presenza di polimorfismi morfostretturali nella stessa specie.

f) PH (concentrazione idrogenionica): diventa importante solo in area dove si possono verificare ampie variazioni di questo parametro chimico (generalmente in acque dolci od in aree di transizione, Neale 1964, modificato).

Studi effettuati con lo scopo di determinare il tempo di sopravvivenza su Ostracodi di acqua dolce in funzione del range di pH, evidenziano che generi come *Cypria* e *Cyprinotus* possono sopravvivere 1-2 giorni in pH uguale a 4 e da 1-7 giorni con pH pari a 10. Con valori di pH compresi tra 6 ed 8 non si verifica alcun fenomeno particolare (Klugh, 1927).

Vari lavori (es. Carbonel & Hoibian, 1985; Gonzales-Regalado et al., 1996) evidenziano che in habitat caratterizzati da ridotti valori del Ph (< 5), non si riscontra la presenza dell'ostracofauna. Tale fenomeno, è da imputare negli esemplari immaturi in corso di sviluppo ontogenetico, nell'impossibilità, causa la loro assenza, di fissare i carbonati (praticamente è presente solo CO₂ libera) prelevandoli dall'ambiente idrico.

f) AGENTI INQUINANTI: La letteratura riferita agli effetti subletali o letali, degli agenti inquinanti sugli Ostracodi dal 1990, si è arricchita di alcuni importanti contributi per la comprensione di tale fenomeno anche se necessita di ulteriori approfondimenti.. Tale condizione deriva dal fatto che in alcuni casi i livelli del tasso di inquinamento non sono comparabili tra le varie aree in esame determinati studi sono stati eseguiti prendendo in considerazione l'effetto di alcuni degli agenti inquinanti, come i metalli pesanti, ma trascurandone altri come ad esempio gli IPA e/o i PBC. Non di meno sarebbe opportuno approfondire l'azione negativa sugli Ostracodi in relazione anche all'effetto sinergico degli inquinanti come dimostrato da uno studio italiano attuato dall'ARPA di Alessandria, che mette in luce l'effetto cumulativo della tossicità subletale di tre metalli pesanti ciascuno in concentrazioni non tossiche sull'*Heterocypris incongruens*.

Comunque l'analisi dei risultati di alcuni lavori (Bodergat, 1978; Rosenfeld and Ortal, 1983; Plenet et al., 1992; Bodergat et al., 1997, Bodergat, Ikeya, Irzi, 1998; Eagar, 1999; Samir, 2000; Ruiz et al., 2005) che relazionano gli effetti dell'inquinamento idrico causato da metalli pesanti, idrocarburi,

pesticidi etc., sugli Ostracodi, sia di acqua dolce, di transizione che marini evidenziano che possono essere considerati dei buoni indicatori del livello d'inquinamento di un determinato habitat.

In sintesi le indicazioni che abbiamo ad oggi a disposizione sono le seguenti:

a) E' stato osservato nell'estuario del Tinto Odiel nel Sud-Ovest della Spagna, in seguito a biomonitoraggio, che composti riversati negli anni nelle acque da processi di lavorazione in ex miniere dimesse hanno acidificato le acque e scarichi di tipo industriale ed urbano recenti (idrocarburi, metalli, fertilizzanti, liquame, etc.), con un forte tasso di metalli pesanti hanno determinato la scomparsa dell'Ostracofauna a livello del canale principale vicino alle sorgenti dei siti di scarico.

Tuttavia si è visto che in alcune aree protette da barriere costituite da isole, paludi salate o da particolari condizioni idrodinamiche dove si è verificata un'estensione minore di queste contaminazioni, vi è stato un incremento sia del numero di specie che di individui durante il periodo con maggior tasso di inquinamento (1960-1985) (Ruiz et al., 1997a,b, 2004a). L'introduzione (1997-2000) di normative con l'intento di ridurre gli scarichi nell'Estuario hanno fatto sì che il livello di inquinanti ed in particolare di metalli pesanti rimanesse in molti casi al di sotto di 200 ppm (Ruiz, 1994) per specie chimica. Ciò ha determinato la ricolonizzazione di quest'area ad opera della specie *Loxiconcha elleptica* mostrando quindi una buona capacità di vivere in ambiente contaminato ma con bassi livelli di inquinamento da metalli (Ruiz et al., 2004a).

Uno studio effettuato nell'estuario del Gernika nella Baia di Biscaglia ha mostrato che l'analisi dei sedimenti depositatisi durante il più elevato periodo di contaminazione da metalli pesanti (riferito come livello medio-elevato) quali As e Pb (1940-1980), hanno evidenziato un'elevata abbondanza del foraminifero *Ammonia tepida* forma C, e l'assenza di Ostracodi (Pasqual et al., 2002).

Un fenomeno simile è stato riportato in un lavoro recente relativo alla Baia di Hiroshima, in Giappone. In quest'area si è assistito in campioni riferiti al periodo compreso tra il 1940-1950, caratterizzati da un livello medio-basso di contaminazione da metalli pesanti (Cu, Zn, Pb) e da acque eutrofiche e ipossiche, ad una rapida riduzione della densità e semplificazione delle associazioni ad Ostracodi. Tale conseguenza è stata imputata ad un incremento della industrializzazione ed agli effetti della Seconda Guerra Mondiale. In quest'area alcune specie (es. *Callistocythere alata*), erano sensibili, mentre altre come *Bicornucythere bisanensis* erano fortemente resistenti all'impatto antropico (Yasuhara et al., 2003).

Studi che mettano in relazione gli effetti sull'Ostracofauna dei metalli pesanti relativi a scarichi industriali in contrapposizione agli scarichi urbani o derivati da processi agricoli mostrano che i metalli pesanti esercitano degli effetti deleteri sulle biocenosi in misura maggiore rispetto a composti come il liquame, pesticidi o fertilizzanti. I metalli attuano tale impatto negativo poiché si ritiene che i metalli pesanti interagiscano negativamente sul processo di sviluppo, ritardandolo o addirittura provocando la morte dell'organismo (Samir, 2000).

Più specificatamente in riferimento alle contaminazioni da scarichi di produzioni agricole, come ad esempio in Louisiana, dove le acque basse di piattaforma sono cronicamente caratterizzate da uno stato di ipossia conseguente ad un fenomeno di eutrofizzazione, determinato dall'immissione del Mississippi si è visto che la famiglia Loxoconchidae ben tollera tali condizioni (Alvarez Zarikian et al., 2000) e l'abbondanza è aumentata dal 1900 in poi coincidente con l'incremento dell'attività agricole e lo stesso trend si osserva per *Leptocythere nikraveshae* nell'estuario del Patuxent e nella Baia di Chesapeake (Brusch, 1984; Cronin & Vann, 2003).

Per quanto riguarda l'immissione in acque di pesticidi, vari studi evidenziano ad esempio che l'impatto locale di questi composti non altera significativamente la struttura delle comunità ad Ostracodi in quanto le associazioni sono comparabili a quelle di aree corrispondenti non inquinate (Samir, 2000; Carbonel, 1980).

Lavori effettuati sugli effetti relativi a fenomeni di sversamento di ingenti quantitativi di idrocarburi nelle acque (oli, petrolio etc.), conseguenti ad esempio ad incidenti di navi cisterne, eventi bellici etc., evidenziano una drastica o totale riduzione della presenza dell'Ostracofauna nei giorni o pochi mesi successivi all'evento. Nel Golfo Persico sono stati rinvenuti su 3114 individui solo due forme viventi

(Mostafawi, 2001). Questo fenomeno è conseguente alla formazione di un film o pellicola superficiale che ferma la crescita algale. Se in seguito le condizioni di contaminazione cessano si verifica una progressiva ricomparsa degli Ostracodi anche se nell'area vengono generate nuove strutture trofiche e ciò comporta cambiamenti anche nella associazione ad Ostracodi (Danovaro, 2000).

c) L'analisi della diversità faunistica, espressa sia dal numero di specie che dall'indice di Shannon-Wiener evidenzia una progressiva riduzione del suo valore in relazione all'intensità dell'inquinamento. Nell'ambito di un ecosistema "stressato", gli Ostracodi adottano una modalità o strategia riproduttiva di tipo R, cioè più elevato è il tasso di inquinamento ambientale, più probabile è il rinvenimento di associazioni oligotipiche. Si evidenzia inoltre che specie anche parzialmente resistenti come *Cyprideis torosa* o *Cyteromorpha acupunctata* mostrano in vicinanza delle sorgenti inquinate la sola presenza di stadi giovanili mentre allontanandosi da queste un progressivo incremento di tutti i vari stadi ontogenetici (Samir, 2000; Bodergat & Ikeya, 1988). In riferimento a *Cyprideis torosa* si ritiene che questa specie sia altamente opportunistica, tollerante e con elevata capacità di colonizzare habitat con alti livelli di metalli pesanti. Già Schweitzer and Lohman (1990), trovarono che *C. torosa*, era capace di adattarsi in varie tipologie di habitat in riferimento al range di variazione delle caratteristiche chimico-fisiche e questo studio indica che è anche capace di adattarsi in siti altamente contaminati da metalli pesanti come Piombo, Zinco, Rame, Cromo e Cadmio.

Sempre in riferimento alla maggior resistenza ai metalli pesanti relativa di alcuni taxa di Ostracoda uno studio effettuato a Lagos, in Nigeria (Oyewo & Don-Pedro, 2002) evidenzia che il genere *Cypris* sp. è quello più tollerante nell'ambito all'associazione ad Ostracodi rinvenuta.

d) Alcuni autori (Hartman & Kuhl, 1978) documentano una variazione dell'ornamentazione della superficie delle valve dovuta alla contaminazione ambientale con sviluppo di forme teratogene.

e) Sappiamo che gli Ostracodi presentano uno sviluppo discontinuo caratterizzato da stadi di muta o ecdisi. All'atto dell'ecdisi, il tempo di formazione dell'intero carapace varia da alcune ore ad alcuni giorni (Tetard, 1975). È stato dimostrato (Turpin & Angell, 1971) che la componente dominante delle valve, cioè il CaCO_3 cristallizzato come calcite basso magnesiana, gli altri componenti addizionali (Na, Al, K, Fe, S, P) e gli elementi presenti in tracce (Cr, Mn, Cu, Zn, As, Sr) non sono immagazzinati nell'organismo nel periodo di preecdisi e vengono ogni volta ricavati dall'ambiente circostante. Studi effettuati da Bodergat et al. (1991) e Rio et al. (1997) mostrano che i componenti chimici sopracitati vengono intrappolati passivamente nel reticolo cristallino della calcite.

Solo pochi studi hanno messo in relazione la comparsa di tracce di metalli od altri componenti delle valve di Ostracodi rinvenuti in siti recenti caratterizzati da variabili livelli di contaminazione e la natura dei contaminanti. È stato dimostrato che carapaci di *Cyprideis* spp., presentano una significativa differenza in Mn, Fe ed elementi delle terre rare contenuti in lagune inquinate e non inquinate dell'America ed Europa, consentendo una discriminazione, mentre Cd e Pb non mostrano tale distinzione (Palacios-Fest et al., 2003). In CaMargue (Francia), la composizione del carapace di *C. torosa* cambia in funzione della più o meno vicinanza di scarichi industriali ricchi in Cloruri e Fe (Bodergat et al., 1991). Inoltre è stato messo in risalto anche il valore degli stadi giovanili come *Markers* delle condizioni istantanee ambientali. Infatti un carapace di *Aurila speyeri*, raccolto in un campione vicino all'emissario Cortiou presentava un'elevata concentrazione di Ce dovuta ad fuoriuscita di liquido da una grande conduttura nel periodo di muta di questo esemplare (Bodergat, 1978a).

In conclusione gli Ostracodi rientrano a pieno titolo nei criteri stabiliti dalla "Committee on Animals as Monitors of Environmental Hazards of U.S. National Research Council" nel 1991, sulle caratteristiche degli organismi utilizzati come sistema sentinella, per i seguenti motivi:

- 1) Hanno un'ampia distribuzione negli ambienti acquatici,
- 2) Sono facilmente raccolti e prelevati in campioni superficiali di sedimento,
- 3) La maggior parte delle volte la densità di popolazione è statisticamente significativa per consentire la determinazione dell'associazione di specie e quindi la caratterizzazione dell'Ostracofauna di un determinato habitat,

- 4) La loro risposta agli effetti dell'inquinamento è misurabile sia dagli indici di ricchezza (densità, diversità) e/o dalla loro composizione chimica.

Inoltre tutte le caratteristiche sopracitate sono chiaramente applicabili per indagini di tipo storico sull'impatto antropico semplicemente studiando i campioni di sedimento.

f) Molti lavori sono stati effettuati prendendo in considerazione oltre all'Ostracofauna anche i Foraminiferi. Da tali studi si evince che gli Ostracodi (come anche i Molluschi) sono più tolleranti o resistenti dei Foraminiferi all'azione dell'inquinamento. Ciò si manifesta con il fatto che i foraminiferi presentano a parità di livello di inquinamento alterazioni morfostrutturali che non si evidenziano negli Ostracodi (Samir, 2000).

FATTORI FISICI

a) TEMPERATURA: In riferimento alla **Temperatura** (Breman, 1978; Pokorný, 1978) molte specie sono ampiamente tolleranti, cioè **euriterme**, mentre un numero limitato è ristretto a determinati intervalli di temperatura (**stenoterme**). Più precisamente, tra quest'ultime, si distinguono:

a) specie **psicrosferiche** che vivono nelle fredde (temperatura inferiore ai 10 °C, prevalentemente tra 5-8 °C) e profonde acque Marine (oltre 500 m).

b) specie **criofile** che popolano le fredde acque marine.

c) specie **termofile** tipiche di acque calde.

In riferimento al comportamento del parametro temperatura nelle acque di transizione, di cui fa parte il porto, esso presenta una stratificazione verticale e/o orizzontale in funzione della stagione. La temperatura varia da valori minimi invernali di 3 °C a valori di 27°-30°C in estate. Nel periodo invernale non c'è stratificazione grazie ai continui movimenti della massa d'acqua, nella restante parte dell'anno si creano diversi strati alle varie altezze della colonna d'acqua in seguito a fenomeni di stagnazione o comunque di ridottissimo idrodinamismo (Tomasino, 1995; Guelorget. & Perthuisot., 1992). Tale fenomeno non si manifesta con un semplice termoclino, ma si traduce in una più complessa stratificazione termoalina, con strati che differiscono per densità, salinità e temperatura.

In linea generale l'esatta determinazione di un range di temperatura di una singola specie è molto difficoltoso e sono necessarie più informazioni ricavate da molti e differenti habitat.

Si è cercato relazionare il fattore temperatura e le dimensioni delle valve degli Ostracodi, i risultati ottenuti evidenziano in linea generale come la loro misura sia influenzata dalla temperatura. Più specificatamente si è visto che in habitat freddi le valve assumono dimensioni superiori rispetto a quelle di esemplari che vivono in ambienti caldi.

b) FATTORI EDAFICI, cioè la diversa tipologia e le caratteristiche del substrato rivestono un ruolo importante sugli effetti della composizione delle comunità ad Ostracodi (Benson, 1959; Puri, 1966, 1971a; Benda & Puri, 1962; Huling & Puri, 1964; Kyleni, 1969; Whatley & Wall, 1969). Le forme bentoniche vivono sul fondo, all'interno del sedimento, sui vegetali Marini o su altri animali. Quindi si distinguono rispettivamente, specie EPIFAUNALI, INFAUNALI ed EPIBIONTI. Esiste anche un'altra categoria ecologica riferita all'ambiente di vita degli Ostracodi, cioè le forme FITOFILIE, che vivono sul substrato ma che possono muoversi tra i popolamenti vegetali.

Il sedimento a grana grossolana contiene solo piccole comunità, mentre quello a grana mista sabbioso-fangoso o pelitico, generalmente presenta una più ampia e diversificata ostracofauna. Anche la morfologia delle particelle sedimentarie, così come il grado della loro compattazione, sono fattori che controllano la distribuzione dell'ostracofauna.

A tale riguardo Kyleni (1969), studiando i sedimenti dell'Estuario del Tamigi, trova una relazione tra la morfologia dei granuli e l'abbondanza dell'ostracofauna. In sintesi egli evidenzia che il sedimento con un'alta percentuale di ghiaia con dimensioni variabili tra 0,25-0,50 mm sono privi di Ostracodi. Tale

condizione non può essere messa in relazione alle correnti poiché sono presenti abbondanti foraminiferi. Questo fenomeno è in accordo con la teoria di Wieser (1959) la quale spiega il fatto che granuli caratterizzati da dimensioni medie pari a 0,2 mm costituiscono una sorta di barriera, in grado di separare gli organismi che vivono negli scivolosi (lisci ed arrotondati) granuli grossolani da quelli che si infossano o strisciano sul fondo.

Williams (1969) arriva a conclusioni comparabili. Alla stessa stregua Kornicker (1958, 1964b) attribuisce la presenza di un ridotto numero di specie di Ostracodi nelle sabbie ad ooliti delle Bahamas alla difficoltà che presentano questi organismi nel muoversi e scalare questi granuli lisci ed arrotondati. Hulings & Puri (1964) osservando che un più elevato numero di specie ed individui sono state trovate in tipologie granulometriche rappresentate da miscele variabili di sabbia e limo rispetto a sabbie pulite. Tipicamente le specie infaunali sono più numerose nelle porzioni superiori del sedimento (la maggioranza entro i primi 5 millimetri), quindi alla superficie dello strato ossidato, anche se possono trovarsi fino a 15 cm di profondità (Ikeya & Shiozaki, 1993). Riguardo la compattazione, la misura degli spazi interstiziali influenza le forme infaunali nella sabbia, ma non sembra avere effetti nel fango. In *latu sensu*, gli studi che hanno cercato di mettere in relazione la tipologia del substrato con i caratteri morfologici del carapace quali forma, spessore delle valve, ornamentazione etc. hanno portato a risultati non ben definiti, comunque in linea generale e nell'ambito del range batimetrico della provincia neritica interna (piano infralitorale superiore) si possono trovare (Van Morkhoven, 1962; Breman, 1975) i seguenti tre gruppi morfologici:

- 1) Il gruppo principale presenta caratteristiche morfostrutturali del carapace che non sono comuni nelle forme di ambienti di transizione e mare profondo. Più precisamente il carapace è fortemente ornamentato, cardine anfidonte ben strutturato, cospicui porocanali Marginali ramificati, tubercoli oculari ben sviluppati. Questo gruppo comprende specie appartenenti a taxa come i Trachileberididae, Hemicytherinae, Cytherurinae e Loxoconchinae.
- 2) Un secondo gruppo dotato di carapace liscio o lievemente punteggiato, moderatamente spesso e cardine talvolta poco strutturato, al quale appartengono taxa come: Cytherideidae, Neocytherideidae e specie dei generi *Polycope*, *Leptocythere*, *Loxoconcha* e *Bairdia*.
- 3) Un terzo gruppo caratterizzato da specie con carapace liscio, sottile, ialino, allungato e con cardine poco strutturato, è costituito da specie appartenenti principalmente a forme fitali, relative a taxa come Paradoxostomatidae, Xestoleberididae, Pontocyprididae e Krithidae (la stessa tipologia di carapace è possibile trovarla in poche specie che vivono esclusivamente in fondi a granulometria elevata, es. frammenti di conchiglie e/o ghiaia). Le specie che si infossano mostrano generalmente un carapace liscio ma ben calcificato mentre le specie epibentoniche, che si muovono sul fondo (i *crawler* degli anglosassoni) mostrano (indipendentemente dall'ornamentazione) la superficie ventrale ben appiattita.

Montenegro *et al* (1998) in riferimento al lavoro sull'ostracofauna della piattaforma italiana evidenziano tramite un processo di integrazione della batimetria e del substrato che molte forme dell'infralitorale e dell'infralitorale/circalitorale superiore non mostrano preferenza ad alcuna classe granulometrica, alcune si trovano in due o tre classi ad infinite altre in una sola classe granulometrica.

Qui prendo solo in considerazione i due casi estremi, cioè le forme non selezionate e quelle selezionate. Le prime, cioè quelle forme che si rinvencono nelle varie classi granulometriche (sabbia-pelite) sono: *Carinocythereis whitei*, *Cistacythereis (H.) turbida*, *Cytheretta adriatica*, *Cytheretta subradiosa*, *Cytheridea neapolitana*, *Leptocythere bacescoi*, *Loxoconcha affinis*, *Loxoconcha ovulata*, *Neocytherideis fasciata*, *Pontocythere turbida*, *Propontocypris pirifera*, *Semicytherura incongruens* e *Semicytherura ruggierii*. Le sole specie che hanno evidenziato preferenza ad una sola classe granulometrica, cioè la Pelite sono *Argilloecia caudata*, *Argilloecia robusta*, *Cytheropteron monoceros*, *Cytheropteron sulcatum*, *Cytheropteron vespertilio* e *Parakrithe dimorpha*

Sempre in questo lavoro viene evidenziato che la presenza o l'assenza di vegetazione non ha effetti marcati sulla distribuzione dell'ostracofauna del piano infralitorale anche se comunque in letteratura vi sono dati di lavori precedenti (Carbonel, 1980) i quali sottolineano che la presenza di vegetazione riveste un ruolo importante nelle zone di mare basso o intertidale come protezione dal moto ondoso e dai fenomeni di emersione. Nelle praterie a *Posidonia* delle isole Egadi (Melis & Pugliese, 1985) è stato riscontrato lo sviluppo di una ricca associazione ad Ostracodi (sino a 40 specie a 5 metri di profondità) mentre in alcuni casi la prateria può ospitare poche specie tipiche dell'ambiente sciafile del circalitorale (*Argilloecia acuminata* e *Bosquetina dentata* nel Golfo di Policastro; *Acanthocythereis hystrix*, *Cytheropteron /atum* e *Phycocythere pellucida* nelle Isole Egadi).

b) **BATIMETRIA:** per quanto riguarda questo parametro molteplici osservazioni suggeriscono che nel controllo delle comunità ad Ostracodi siano molto importanti i fattori correlati che variano con la profondità, quali idrodinamismo, granulometria del sedimento, penetrazione della luce e copertura vegetale. In linea generale esistono forme adattate a specifiche condizioni di profondità, cioè **stenobatiche** ed altre che tollerano ampie variazioni cioè, **euribatiche**. Una sintesi sulla distribuzione degli Ostracodi della piattaforma italiana, in riferimento alla batimetria è descritta sempre nel lavoro pubblicato da Montenegro *et al.* (1998). Qui vengono riportate, tre gruppi di associazioni, che in funzione anche dell'interesse di comparazione per questa tesi, comprendono specie che compaiono a profondità vicine allo zero anche se si estendono batimetricamente sino a 150 m:

- **Associazione 1 (0-50 m):** *Bairdia longevaginata*, *Callistocythere flavidofusca*, *Callistocythere intricatoides*, *Caudites calceolatus*, *Costa batei*, *Cytheretta adriatica*, *Cytheretta subradiosa*, *Heterocythereis voraginosa*, *Leptocythere rara*, *Loxoconcha affinis*, *Neocytherideis fasciata*,

Paradoxostoma spp., *Pontocythere turbida*, *Procytherideis subspiralis*, *Semicytherura sulcata*, *Tenedocythere prava*, *Urocythereis flexicauda*.

- **Associazione 2 (0-100 m):** *Aurila convexa*, *Aurila fallax*, *Bairdia gr. mediterranea*, *Buntonia subulata*, *Callistocythere adriatica*, *Callistocythere pallida*, *Callistocythere rastrifera*, *Carinocythereis antiquata*, *Carinocythereis whitei*, *Cistacythereis (H.J turbida, Costaedwardsi, Cytherella vandenboldi, Cytheridea neapolitana, Cytheroma variabilis, Hemicytherura defiorei, Hemicytherura gracilicosta, Hemicytherura videns, Leptocythere bacescoi, Leptocythere levis, Leptocythere ramosa, Loxoconcha ovulata, Loxoconcha rhomboidea, Occultocythereis dohrni, Palmoconcha turbida, Paracytheridea gr. depressa, Pseudocytherura calcarata, Pseudopsammocythere reniformis, Pseudopsammocythere similis, Semicytherura acuticostata, Semicytherura incongruens, Semicytherura paradoxa, Semicytherura ruggierii, Xestoleberis communis, Xestoleberis dispar, Xestoleberis plana.*

- **Associazione 3 (0-125/150):** *Cytherois frequens*, *Buntonia sublatissima*, *Loxoconcha subrugosa*, *Sagmatocythere napoliana*, *Pterygocythereis siveteri*.

Da questo lavoro si evince che vi è un cambio dell'ostracofauna autoctona alla batimetrie di 50-60 m e 90-100 e 100-125 m che consente di suddividere i piani in funzione dell'associazioni in infralitorali da quelle del circalitorale in superiore (50-100 m) e medio (100-150 m)

Le specie che rientrano nell'intervallo di profondità da 0 a 90-100 m e 0-150 m, possono essere inquadrare in associazioni dell'infralitorale-circalitorale superiore e infralitorale-circalitorale medio.

d) **TRASPARENZA:** viene definita come la profondità in metri di scomparsa del Disco di Secchi, oppure, in alternativa, con il TRBIX.

Il TRBIX è un indice definito come il \log_2 del rapporto torbidità/clorofilla, inteso come rapporto tra trasparenza potenziale (TRSP) e trasparenza reale (TRSR), dove la trasparenza potenziale è uguale al rapporto 30/Chl.

Il TRBIX è un indice formulato per caratterizzare la torbidità dell'acqua, essendo la trasparenza il risultato di almeno tre componenti che determinano l'assorbimento della luce e la sua dispersione (scattering):

- 1) l'acqua e le sostanze in essa disciolte o sospese (con il termine di solidi sospesi si intendono tutte le sostanze particolate e indissolte, sedimentabili o colloidali),
- 2) la biomassa fitoplanctonica e zooplanctonica,
- 3) la torbidità minerale.

Eccetto che in particolari situazioni, il primo effetto non contribuisce essenzialmente alla variabilità della trasparenza in acqua di mare, perciò si considerano soltanto le altre due funzioni.

Se l'assorbimento della luce e la dispersione sono dovute esclusivamente alla biomassa presente nella colonna d'acqua, allora le acque per ogni valore di trasparenza sono otticamente "sature di biomassa", cioè a dire che esiste una relazione quantificabile tra la misura della trasparenza con il Disco di Secchi e la massima quantità di biomassa planctonica che può essere presente nella colonna d'acqua.

In presenza di torbidità minerale, l'acqua non può essere saturata otticamente dalla biomassa: le concentrazioni effettive di fitoplancton rimangono quindi sotto il livello potenziale di saturazione.

La prima e semplice interpretazione di questo indice è che le acque sono otticamente saturate dalla biomassa, in termini di clorofilla, quando $TRBIX = 0$; se $TRBIX = 1$, l'effetto della clorofilla sarà uguale a quello di altre forme di torbidità; se $TRBIX = 2$, la clorofilla contribuirà con circa $\frac{1}{4}$; ecc.

La trasparenza delle acque di transizione è nettamente inferiore a quella delle acque Marino-costiere a causa di fenomeni erosivi e per gli apporti fluviali (gli apporti fluviali come già detto interessano direttamente il Porto di Livorno ed in qualche stagione dell'anno le Secche della Meloria)

Il particolato rappresenta pur sempre un elemento di vulnerabilità per l'ecosistema acquatico, anche nel caso in cui non sia costituito da sostanze inquinanti. Infatti, i materiali in sospensione comportano un aumento della temperatura dell'acqua oltre ad essere in grado di adsorbire sulla sua superficie sostanze inquinanti (metalli pesanti, sostanze tossiche, composti e microrganismi) che successivamente possono essere concentrati dagli organismi bentonici filtratori (es. molluschi lamellibranchi).

La torbidità impedisce la penetrazione della luce solare, limitando la produzione priMarina.

In genere un ambiente torbido, anche in assenza di contaminanti, non è favorevole al mantenimento delle forme di vita. I pesci in acque torbide manifestano il loro stress aumentando la produzione di muco, e divengono più facilmente vulnerabili ai parassiti (Volterra *et al.*, 1998). L'eccesso di torbidità o di un elevato tasso di sedimentazione di particolato può soffocare i molluschi impedendone i movimenti filtratori oltre a contribuire all'instaurarsi di situazioni di deficit di ossigeno per l'innescarsi dei processi di mineralizzazione biologica (Volterra. *et al.*, 1998). Va sottolineato, comunque, lo stretto legame esistente tra torbidità e produttività priMarina ed il relativo effetto sulla fauna bentica e, in definitiva, sulla capacità dell'area a sostenere le popolazioni dei consumatori (pesci, uccelli) degli anelli terminali delle catene trofiche (Tomasino, 1995).

e) In riferimento al **TRASPORTO** degli Ostracodi, secondo Kileny (1969, 1971), solo in determinati ambienti e fra questi l'infra-litorale superiore, sottoposto a correnti litoranee più o meno intense e variamente direzionate si deve prendere in considerazione l'eventuale possibilità di una distorsione dell'originale biocenosi nell'analisi della tanatocenosi osservata. **Tale condizione deve essere messa in relazione anche alle particolari condizioni geomorfologiche locali. Infatti sono possibili fenomeni di trasporto in un ambiente, dai vari microhabitat che lo costituiscono ma gli esemplari possono comunque rimanere per la situazione geomorfologia sopracitata sempre all'interno del macrohabitat che costituisce l'area in esame.**

Le varie associazioni ad Ostracodi vengono selettivamente trasportate (Breman, 1975) in funzione di fattori, quali: il modo di vita, dimensioni, morfologia (incluso dimorfismo sessuale e differenze tra valva destra e sinistra). In linea generale l'azione delle correnti diventa significativa quando sono in

grado di spostare granuli per dimensioni e peso comparabili con le valve ed i carapaci presenti in quel determinato habitat.

Più precisamente le valve degli Ostracodi planctonici, nuotatori (che sono anche più aerodinamiche) o che si muovono sul fondo, sono più facilmente trasportate delle forme fossorie od interstiziali (infaunali) che si trovano più o meno internamente al sedimento. Le specie fitali sono facilmente trasportabili (possono essere trasportate anche da “zattere vegetali”).

Kileny (1971) evidenzia che la presenza di un significativo numero di forme giovanili assieme alle adulte in una associazione deve essere preso (con cautela) come indicativo di una biocenosi.

La mancanza di forme adulte (Pokorný, 1978) è facilmente indice di un'associazione trasportata, ma inversamente la presenza di sole forme adulte non necessariamente significa selezione da trasporto, ma può essere semplicemente il risultato di una preservazione selettiva strutturale. In depositi attuali vi sono specie a valve sottili che non presentano stadi larvali mentre altre con valve spesse, come i *Platicopina Cytherellidae*, sono caratterizzate da forme giovanili abbondanti.

Per quanto riguarda la preservazione è dimostrato ampiamente (Bremner, 1975) l'assenza di specie con valve sottili in molte associazioni fossili. Pokorný (1971) distingue quattro stadi nei quali le forme con valve sottili possono essere distrutte:

- a) prima della definitiva copertura del sedimento
- b) durante la compattazione e diagenesi del sedimento
- c) durante l'azione degli agenti esogeni sul sedimento
- d) dall'erosione durante il trasporto
- e) durante i processi tecnici usati per la preparazione ed il lavaggio dei campioni

FATTORI BIOLOGICI

a) Per quanto riguarda il **TROFISMO** e la **SINECOLOGIA**, gli Ostracodi dal punto di vista trofico (Pokorný, 1978) hanno evoluto un'ampia varietà di modalità nutrizionali. Esistono forme filtratrici (filter-feeders), limivore (deposit-feeders), plantivore (plant-eaters) ed alcune sono carnivore (predators) cibandosi di piccoli animali come foraminiferi, anellidi, turbellari, nemertini od altri piccoli crostacei. Altre si nutrono tramite l'apparato buccale modificato e strutturato per pungere e succhiare della linfa dei vegetali (*Paradoxostomatidae*). Circa trenta generi sono inquadrati nella categoria simbiotica dei commensali in quanto si trovano sulle appendici e/o sulle cavità branchiali di altri crostacei (isopodi, anfipodi) o sulla superficie del corpo di echinodermi. Altri sono interpretati come simbiotici parassiti e vivono ad es. sulle branchie e narici dei pesci. Altri hanno delle ghiandole lungo il margine delle valve che secernano una sostanza collosa alla quale vi aderisce il cibo. Quest'ultimo viene prelevato dal palpo mandibolare e portato alla bocca. Anche gli Ostracodi sono parassitati sia da endoparassiti, come larve di Cestodi, Acantocefali e Copepodi e da ectoparassiti come protozoi ciliati ed alghe.

Ciò premesso, la categoria tassonomica che deve essere solitamente usata, negli studi ecologici, è la specie. Tale considerazione deriva dal fatto che nell'ambito di uno stesso genere vi possono essere specie che vivono in ambienti diversi e conseguentemente ciò può portare ad avere dei risultati non attendibili. Quindi in questo lavoro viene presa come riferimento per l'analisi dei dati, la specie.

Comunque in linea generale, alcuni autori hanno tentato di attuare degli studi sulle ostracofaune attuali (**PURI et al, 1964; BONADUCE et al, 1975; BREMAN, 1975**) con l'intento di fornire la valenza ecologica dei vari generi e delle associazioni tipiche dei diversi biotopi relativi all'area mediterranea.

In sintesi con riferimento anche allo schema batimetrico proposto da Wright (1978), tali autori hanno concluso, che la provincia neritica interna (piano sopralitorale superiore, 0-50 m circa) è caratterizzata dai seguenti generi: *Cytheretta*, *Cytheridea*, *Loculicytheretta*, *Cytheroidea*, *Neocytherideis*, *Cytheroma* e *Procytherideis* presenti con elevata frequenza; a questi si possono associare in misura minore generi

quali: *Aurila*, *Callistocythere*, *Loxoconcha*, *Leptocythere*, *Hemicytherideis*, *Pterygocytherideis*, *Buntonia* e *Xestoleberis* la cui frequenza aumenta spostandosi verso la provincia neritica esterna.

L'analisi di una Biocenosi (o di una Tanatocenosi I secondo Peypoquet) ad Ostracodi, dal punto di vista della diversità e della densità di popolazione, ci può fornire un'importante indicazione sulla tipologia dell'ambiente di vita. Questo perché la dominanza (o abbondanza) di individui è inversamente relazionata alla biodiversità specifica. Si ritiene che la preponderanza di una o poche specie di Ostracodi in una associazione caratterizzi ambienti instabili Marginali. Gli ambienti batiali ed abissali sono poveri in specie ed esemplari. Il numero elevato di individui è funzione della ridotta specificità. Questo criterio potrebbe essere applicato anche a tanatocenosi fossili con l'intento di ipotizzare l'evoluzione di un bacino Marino. Secondo alcuni autori, es. Pokorný (1978), è necessario dedicare molta cura all'interpretazione di tali dati a causa di fattori di disturbo, come la selettiva preservazione delle specie dotate di carapace caratterizzato da un elevato spessore delle valve.

CAPITOLO 6: ANALISI DEI RISULTATI

6.1 TABELLA GENERALE DELLE SPECIE

6.2 TABELLA SPECIE AREA PORTO

6.3 TABELLA SPECIE FUORI DIGHE

6.4 TABELLA SPECIE AREA CALAMBRONE

6.5 TABELLA SPECIE SECCHIE DELLA MELORIA

5.6 ELENCO DELLE SPECIE RINVENUTE E LORO DISTRIBUZIONE AREALE IN FUNZIONE DEI PARAMETRI AMBIENTALI

***Aurila convexa* (BAIRD, 1850)**

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 2,6–22 m; optimum (in riferimento alla sola abbondanza): 2,6 m (M20)

Salinità: 36-38,8 ‰

Temperatura: 13,2-15 °C

Substrato: pelite (ricca in Posidonia), sabbia fine (abbondante), sabbia grossolana.

Ulteriori aree di distribuzione geografica sulla piattaforma italiana (da Montenegro *et al*, 1988):

Golfo di Napoli: 20-75 m

Mar Ligure: 10 m

Golfo di Salerno: <10 m

Golfo di Noto: 10-75 m

Golfo di Taranto: 34-90 m

Mar Adriatico: 10-100 m

Isole Egadi: 2-20 m

Substrato: sabbia, pelite sabbiosa, pelite molto sabbiosa.

Arcipelago de la Maddalena (Arbulla, Tesi di Dottorato, 2005): 2-46 m; substrato: sabbia, sabbia pelitica e pelite molto sabbiosa, pelite sabbiosa.

Distribuzione geografica in altre aree del Mediterraneo:

Costa di Montenegro (Sokac, 1977): 49 m; substrato: sabbia grossolana

Tutto il Mediterraneo (Puri *et al*, 1969): nelle Isole Baleari con associazione alle alghe calcaree

Baia di Bou-Ismaïl (Algeria) (Yassini, 1979): 2-220 m; substrato: alla batimetria di 2 m associata ad alghe calcaree; a 75 m su sabbie fangose con detrito conchigliare; a 220 m su fanghi sabbiosi.

Piattaforma Tunisina (Bonaduce *et al*, 1988): 2-48 m; substrato: 0-1 m su sabbie costiere con *Posidonia* e detrito algale; 15-48 m nella prateria a *Caluierpa prolifera*.

Golfo di Gabès (Tunisia) (Bonaduce & Masoli, 1968): rara nelle sabbie di spiaggia.

Tripoli (Libia) (Bonaduce & Pugliese, 1975): abbondante nelle sabbie di spiaggia.

Naxos (Arcipelago delle Cicladi) (Barbeito-Gonzales, 1971): 0-50 m.

Cipro (Athersuch, 1979): 1-18 m; substrato: 1m alghe calcaree; 1-4 m e 17 m alghe filamentose; 5 e 10 m alghe incrostanti; 12 m su *Posidonia oceanica* e *Zostera Marina*; 12-18 m su sabbia.

Baia di Saint Gorge (Jun el Khudr, Libano) (Bonaduce *et al*, 1970): 27-247 m; substrato: 247 m pelite sabbiosa (immatura); 75 m silt sabbioso; 27 m sabbia ghiaiosa organogena (optimum); 53 m pelite molto sabbiosa (la componente sabbiosa è sempre organogena).

Malta (Bonaduce & Masoli, 1970): 54-110 m (a 54 m un individuo).

Tutto il Mediterraneo (Puri *et alii*, 1969): Malta, fino a 108 m su fango sabbioso con alghe calcaree, comune.

Delta del Nilo (Ippoliti, 1993-94, tesi di Laurea): 4-8 m (rr); substrato: sabbia molto fine.

Aurila Cymbaeformis (Seguenza, 1883)

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 2,3-11 m; optimum (in riferimento alla sola abbondanza): 6 m (M55)

Salinità: 37,8-38,8 ‰

Temperatura: 11,8-12,9 °C

Substrato:

Aurila fallax (Ruggieri, 1984)

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 3,8-17,3 m; optimum (in riferimento alla sola abbondanza): 17,3 m (M17)

Salinità: 37,8-38,8 ‰

Temperatura: 11,8-12,9 °C

Substrato:

:

Aurila speyeri (Brady, 1868)

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 4-22 m; optimum (in riferimento alla sola abbondanza): 17,3 m (M17)

Salinità:

Temperatura:

Substrato:

Aurila prasina (Barbeito-Gonzalez, 1971)

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 4-22 m; optimum (in riferimento alla sola abbondanza): m (M37)

Salinità:

Temperatura:

Substrato:

Aurila sp1

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 4-22 m; optimum (in riferimento alla sola abbondanza):

Salinità:

Temperatura:

Substrato:

Bairdia conformis (TERQUEM, 1878)

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 2,6 - 22 m; optimum (in riferimento alla sola abbondanza): 7,3 m (M18)

Salinità:

Temperatura:

Substrato:

Bairdia corpulenta (G.W. MÜLLER, 1894)

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 6-22 m; optimum (in riferimento alla sola abbondanza): 11 m (M3)

Salinità:

Temperatura:

Substrato:

Bairdia formosa (BRADY, 1868)

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 4,5-17,3 m; optimum (in riferimento alla sola abbondanza): 17,3 m (M17)

Salinità:

Temperatura:

Substrato:

Bairdia longevaginata (G.W. MÜLLER, 1894)

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 7,2-22 m; optimum (in riferimento alla sola abbondanza): 22 m (M29)

Salinità:

Temperatura:

Substrato:

Bairdia sp1

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 17,3 m; presente in un solo campione (M17)

Salinità:

Temperatura:

Substrato:

Bythocythere turgida (SARS, 1866)

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 10 m , presente solo in M13

Salinità: 38,4 ‰

Temperatura: 13,3 °C

Substrato:

Bosquetina carinella (REUSS, 1850)

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 2,6-10 m ; non determinabile (stesso numero e tipologia di esemplari in vari campioni)
Sailnità:
Temperatura:
Substrato:

Callistocythere flavidofusca (RUGGIERI, 1950)

Area prospiciente LIVORNO:
Batimetria: 6-8,5 m ; optimum (in riferimento alla sola abbondanza): 6 m (M55)
Sailnità: 38,4 ‰
Temperatura: 13,3 °C

Callistocythere lobiancoi (G.W. MÜLLER, 1912)

Area prospiciente LIVORNO:
Batimetria: 6-11 m ; optimum non determinabile
Sailnità:
Temperatura:
Substrato:

Callistocythere pallida (G.W. MÜLLER, 1894)

Area prospiciente LIVORNO:
Batimetria: 11 m ; presente in un solo campione (M3)
Sailnità:
Temperatura:
Substrato:

Candona parallela (G.W. MÜLLER, 1900)

Area prospiciente LIVORNO:
Batimetria: 2,6-10 m; optimum non determinabile
Salinità:
Temperatura:
Substrato:

Carinocythereis antiquata (BAIRD, 1850)

Area prospiciente LIVORNO:
Batimetria: 4-10,5 m; optimum (in riferimento alla sola abbondanza): 11 m (M39)
Salinità:
Temperatura:
Substrato:

Caudites calceolatus (O.G. COSTA, 1850)

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 4,5-11 m; optimum (in riferimento alla sola abbondanza): 8,2 m (M15)

Salinità:

Temperatura:

Substrato:

Centrocythere sp1

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 7m ; presente in un solo campione (M4)

Salinità:

Temperatura:

Substrato:

Costa batei (BRADY, 1866)

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 6-17,3 m ; optimum (in riferimento alla sola abbondanza): 6 m (M55)

Salinità: 38,4 ‰

Temperatura: 13,3 °C

Substrato:

Costa edwardsi (ROEMER, 1838)

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 2,6-10 m ; optimum non determinabile

Salinità:

Temperatura:

Substrato:

Costa sp1

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 6-17,3 m ; optimum (in riferimento alla sola abbondanza): 11,3 m (M45)

Sailnità:

Temperatura:

Substrato:

Costa subrugosa (

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: m ; optimum (in riferimento alla sola abbondanza): 4,5 m (M58)

Sailnità:

Temperatura:

Substrato:

Cyprideis torosa (JONES, 1850)

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 2,3-13 m ; optimum (in riferimento alla sola abbondanza): 2,6 m (M20)

Sailnità:

Temperatura:

Substrato:

Cyprinotus salinus (BRADY, 1868)

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 7,53-13 m ; optimum (in riferimento alla sola abbondanza): 13 m (M53)

Sailnità:

Temperatura:

Substrato:

Cytherella vandeboldi (SISSINGH, 1971)

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 9-10 m ; optimum non determinabili

Sailnità:

Temperatura:

Substrato:

Cytherella sp1

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 2,6-7,3 m ; optimum non determinabile
Sailnità:
Temperatura:
Substrato:

Cytherelloidea sordida (G.W. MÜLLER, 1894)

Area prospiciente LIVORNO:
Batimetria: 10 m ; presente in un solo campione (M10)
Sailnità:
Temperatura:
Substrato:

Cytheretta adriatica (Ruggieri, 1952)

Area prospiciente LIVORNO:
Batimetria: 4-22 m ; optimum (in riferimento alla sola abbondanza): 4,5 m (M58), 7,3 (M18)
Sailnità:
Temperatura:
Substrato:

Cytheretta subradiosa (Roemer, 1838)

Area prospiciente LIVORNO:
Batimetria: 2,6-10 m ; optimum (in riferimento alla sola abbondanza): 4,5 m (M58)
Sailnità:
Temperatura:
Substrato:

Cytheridea neapolitana (Kollmann, 1960)

Area prospiciente LIVORNO:
Batimetria: 2,3-13 m ; optimum (in riferimento alla sola abbondanza): 5,3 (M10), 4,5 m (M54)
Sailnità:
Temperatura:
Substrato:

Distribuzione geografica sulla piattaforma italiana da Montenegro *et al*, (1988):

Golfo di Napoli: <60 m

Mar Ligure: 10-50 m

Golfo di Salerno: 10-50 m

Golfo di Policastro: 5-50 m

Golfo di Noto: 50-70 m

Golfo di Taranto: 33-90 m

Mar Adriatico: 20-90 m

Substrato: presente su tutte le tipologie di substrato

Nord Adriatico (Golfo di Trieste) (Melis e Montenegro, 1994): 5 m; substrato: pelite molto sabbiosa con elevata frazione organogena.

Arcipelago della Maddalena (Arbulla, tesi di dottorato): 37 m; substrato: sabbia poltica.

Livorno:

Distribuzione geografica in altre aree del Mediterraneo:

Monaco (Rome, 1964): 28-60 m; substrato: 28 m, fanghi; 40-60 m, fanghi con detrito a *Posidonia*.

Baia di Bou-Ismaïl (Algeria) (Yassini, 1979): 20-88 m; substrato: 20 m, sabbie; 54-55 m, fanghi; 88 m sabbie fangose con detrito conchigliare.....

Flexus affinis F. triebeli (RUGGIERI, 1962)

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 5,3 m; presente in una sola stazione (M21)

Sailnità:

Temperatura:

Substrato:

Henryhowella sarsi (G.W. MÜLLER, 1894)

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 4-11 m ; optimum non determinabile

Sailnità:

Temperatura:

Substrato:

Hiltermannicythere gr. rubra (G.W. MÜLLER, 1894)

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 9-12,6 m ; optimum (in riferimento alla sola abbondanza): 11 m (M3)

Sailnità:

Temperatura:

Substrato:

Iliocypris gibba (RAMDHOR, 1808)

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 9,4-10,6 m ; optimum (in riferimento alla sola abbondanza): 10 m (M13)

Sailnità:

Temperatura:

Substrato:

Iliocypris sp1

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 17,3 m; presente in una sola stazione (M17)

Sailnità:

Temperatura:

Substrato:

Leptocythere bacescoi (ROME, 1942)

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 7-11 m ; optimum non determinabile

Sailnità:

Temperatura:

Substrato:

Leptocythere multipunctata (SEGUENZA, 1884)

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 10,5 m ; presente in un solo campione (M44)

Sailnità:

Temperatura:

Substrato:

Leptocythere ramosa (ROME, 1942)

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 8-11 m ; optimum (in riferimento alla sola abbondanza): 11 m (M46)

Sailnità:

Temperatura:

Substrato

Leptocythere rosalinae (

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 9-11 m ; optimum (in riferimento alla sola abbondanza): 11 m (M46)

Sailnità:

Temperatura:
Substrato

Loxoconcha affinis (BRADY, 1866)

Area prospiciente LIVORNO:
Batimetria: 2,6-22 m ; optimum (in riferimento alla sola abbondanza): 7,3 m (M18)
Sailnità:
Temperatura:
Substrato

Loxoconcha bairdi (G.W. MÜLLER, 1912)

Area prospiciente LIVORNO:
Batimetria: 2,3-17,3 m ; optimum (in riferimento alla sola abbondanza): 7,3 m (M18)
Sailnità:
Temperatura:
Substrato

Loxoconcha elliptica (Brady. 1868)

Area prospiciente LIVORNO:
Batimetria: 4-11 m ; optimum (in riferimento alla sola abbondanza): 11 m (M46)
Sailnità:
Temperatura:
Substrato

Loxoconcha exagona (BCM, 1975)

Area prospiciente LIVORNO:
Batimetria: 7,53 m ; presente in una sola stazione (M43)
Sailnità:
Temperatura:
Substrato

Loxoconcha napoliana (Puri, 1963)

Area prospiciente LIVORNO:
Batimetria: 10,5 m ; presente in una sola stazione (M44)
Sailnità:
Temperatura:
Substrato

Loxoconcha ovulata (COSTA, 1853)

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 2,6-11 m ; optimum (in riferimento alla sola abbondanza): 8 m (M61)

Salinità:

Temperatura:

Substrato

Loxoconcha rhomboidea (Fischer, 1855)

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 4,5-22 m ; optimum (in riferimento alla sola abbondanza): 22 m (M29)

Salinità:

Temperatura:

Substrato

Loxoconcha subrugosa (RUGGIERI, 1967)

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 7,3-10,6 m ; optimum (in riferimento alla sola abbondanza): 7,3 m (M18)

Salinità:

Temperatura:

Substrato

Metacypris cordata (BRADY & ROBERTSON, 1870)

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 11 m ; presente in una sola stazione (M46)

Salinità:

Temperatura:

Substrato

Neocytherideis cfr. N. subspiralis

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 10,6 m ; presente in una sola stazione (M22)

Temperatura:

Substrato

Neocytherideis fasciata (BRADY e ROBERTSON, 1874)

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 4-11 m ; optimum (in riferimento alla sola abbondanza): 4,8 m (M42)

Salinità:

Temperatura:

Substrato:

Distribuzione geografica sulla piattaforma italiana da Montenegro *et al.*, (1988):

Golfo di Napoli: 5-50 m

Mar Ligure: 10-50 m

Golfo di Salerno: 5-35 m

Golfo di Policastro: 10-50 m

Golfo di Noto: 10 m

Golfo di Taranto: 18 m

Mar Adriatico: 5-20 m

Isole Egadi: 2 m

Substrato: presente su tutte le tipologie di substrato.

Arcipelago della Maddalena (Arbulla, tesi di dottorato) : 3-37 ; substrato: sabbia, sabbia pelitica.

Livorno:

Distribuzione geografica in altre aree del Mediterraneo:

Baia di Bou-Ismaïl (Algeria) (Yassini, 1979): 2-54 m; substrato: 2 m e 20 m su alghe calcaree; 54-55 m, fanghi.

m

Golfo di Policastro: 2-20 m

Golfo di Noto: 10-70 m

Palmoconcha turbida (G.W. MÜLLER, 1894)

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 2,3-17,3 m ; optimum (in riferimento alla sola abbondanza): 4 m (M40)

Salinità:

Temperatura:

Substrato:

Paracytheroidea sp1

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 11 m ; presente in un solo campione (M18)

Sailnità:

Temperatura:

Substrato:

Paradoxostoma cfr. P. striatum

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 7,3-10,6 m ; optimum non determinabile

Sailnità:

Temperatura:

Substrato

Pontocypris acuminata (G.W. MÜLLER, 1894)

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 8,5-17,3 m ; optimum (in riferimento alla sola abbondanza): 10,5 m (M44)

Sailnità:

Temperatura:

Substrato

Pontocypris acuta (BCM, 1976)

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 2,6-11 m ; optimum (in riferimento alla sola abbondanza): 2,6 m (M20)

Sailnità:

Temperatura:

Substrato

Propontocypris intermedia (G.W. MÜLLER, 1894)

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 7,3-9,6 m ; optimum non determinabile

Sailnità:

Temperatura:

Substrato

Propontocypris pirifera (G.W. MÜLLER, 1894)

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 4,5-22 m ; optimum (in riferimento alla sola abbondanza): 7,3 m (M18)

Sailnità:

Temperatura:

Substrato

Pterigocythereis jonesii (BAIRD, 1850)

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 7,3-11 m ; optimum (in riferimento alla sola abbondanza): 7,3 m (M18)

Sailnità:

Temperatura:

Substrato:

Semicytherura alifera (RUGGIERI, 1959)

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 11 m ; presente in un solo campione (M3)

Sailnità:

Temperatura:

Substrato:

Semicytherura amorfa (

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 22 m ; presente in un solo campione (M29)

Sailnità:

Temperatura:

Substrato:

Semicytherura incongruens (G.W. MÜLLER, 1894)

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 2,6-11 m ; optimum (in riferimento alla sola abbondanza): 7,3 m (M3)

Sailnità:

Temperatura:

Substrato:

Semicytherura sp1 aff S. rarecostata

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 4-11 m ; optimum (in riferimento alla sola abbondanza): 11 m (M46)

Sailnità:

Temperatura:

Substrato

Tenedocythere prava (BAIRD, 1850)

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 2,6-22 m ; optimum (in riferimento alla sola abbondanza): 10 m (M9)

Sailnità:

Temperatura:

Substrato

Tetracytherura angulosa (SEGUENZA, 1880)

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 5,3-11 m ; optimum (in riferimento alla sola abbondanza): 11 m (M46)

Sailnità:

Temperatura:

Substrato

Urocythereis gr. margharitifera (

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 2,6-22 m ; optimum (in riferimento alla sola abbondanza): 17,3 m (M17)

Sailnità:

Temperatura:

Substrato

Xestoleberis agilis (

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 8,5 m ; presente in un solo campione (M48)

Sailnità:

Temperatura:

Substrato

Xestoleberis communis (G.W. MÜLLER, 1894)

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 4-22 m ; optimum (in riferimento alla sola abbondanza): 7,3 m (M3)

Sailnità:

Temperatura:

Substrato:

Distribuzione geografica sulla piattaforma italiana da Montenegro *et al*, (1988):

Golfo di Napoli: 10-40 m

Mar Ligure: 10-50 m

Golfo di Salerno: <18 m

Golfo di Policastro: 20-110 m

Golfo di Noto: 10 -70 m

Golfo di Taranto: 34-107 m

Mar Adriatico: 26-60 m

Isole Egadi: 1-20 m

Substrato: sabbia, sabbia pelitica

Laguna di Marano e Grado (Bonaduce *et al*, 1973-74): ben rappresentato

Laguna di Marano e Grado (Montenegro e Pugliese, 1996): presente su substrati con pelite sabbiosa

Laguna di Venezia (Ruiz *et al*, 1999): comune sulle peliti.

Nord Adriatico (Golfo di Trieste) (Melis & Montenegro, 1994): 5 m; substrato: pelite molto sabbiosa con abbondante frazione organogena.

Nord Adriatico (Muggia, Golfo di Trieste) (Arbulla *et al*, 2000): 40 cm – 1 m; substrato: 40 cm sabbia pelitica; 60 cm-1 m pelite molto sabbiosa.

Arcipelago della Maddalena (Arbulla, tesi di dottorato) : 2-46 m; substrato: sabbia, sabbia pelitica, pelite molto sabbiosa, pelite sabbiosa.

Distribuzione geografica in altre aree del Mediterraneo:

Baia di Banyus (Golfo del Leone) (Hartmann, 1953°, Hartmann, 1953b): nella zona ad alghe (comune); sulle sabbie ad anfiosso (comune).

Baia di Bou-Ismaïl (Algeria) (Yassini, 1979): 2-220 m; substrato: alla batimetria di 2 m associata ad alghe calcaree; a 75 m su sabbie fangose con detrito conchigliare; a 220 m su fanghi sabbiosi.

Piattaforma Tunisina (Bonaduce *et al*, 1988): 2-48 m; substrato: 0-1 m su sabbie costiere con *Posidonia* e detrito algale; 15-48 m nella prateria a *Caluerpa prolifera*.

Golfo di Gabès (Tunisia) (Bonaduce & Masoli, 1968): rara nelle sabbie di spiaggia.

Tripoli (Libia) (Bonaduce & Pugliese, 1975): abbondante nelle sabbie di spiaggia.

Naxos (Arcipelago delle Cicladi) (Barbeito-Gonzales, 1971): 0-50 m.

Cipro (Athensuch, 1979): 1-18 m; substrato: 1m alghe calcaree; 1-4 m e 17 m alghe filamentose; 5 e 10 m alghe incrostanti; 12 m su *Posidonia oceanica* e *Zostera Marina*; 12-18 m su sabbia.

Baia di Saint Gorge (Jun el Khudr, Libano) (Bonaduce *et al*, 1970): 27-247 m; substrato: 247 m pelite sabbiosa (immatura); 75 m silt sabbioso; 27 m sabbia ghiaiosa organogena (optimum); 53 m pelite molto sabbiosa (la componente sabbiosa è sempre organogena).

Malta (Bonaduce & Masoli, 1970): 54-110 m (a 54 m un individuo).

Tutto il Mediterraneo (Puri et alii, 1969): Malta, fino a 108 m su fango sabbioso con alghe calcaree, comune.

Delta del Nilo (Ippoliti, 1993-94, tesi di Laurea): 4-8 m (rr); substrato: sabbia molto fine.

Xestoleberis gr. dispar (G.W. MÜLLER, 1894)

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 4-22 m ; optimum (in riferimento alla sola abbondanza): 9 m (M37)

Sailnità:

Temperatura:

Substrato:

Xestoleberis plana (G.W. MÜLLER, 1894)

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 5,3-8,2 m ; optimum (in riferimento alla sola abbondanza): 11 m (M3)

Salinità:

Temperatura:

Substrato

Xestoleberis sp1

Area prospiciente LIVORNO:

Batimetria: 5,3-8,2 m ; optimum (in riferimento alla sola abbondanza): 5,3 m (M10)

Salinità:

Temperatura:

Substrato

5.7 ANALISI DEI RISULTATI OTTENUTI DAI PARAMETRI AUTOECOLOGICI

Vari autori (Puri *et al.*, 1964; Bonaduce *et al.*, 1975.; Breman, 1975; Kamiya, 1988; Arbulla, 2005 etc.) in riferimento al bacino del Mediterraneo, hanno messo in relazione gli Ostracodi con la batimetria, il substrato ed il rapporto tra la morfologia del carapace ed il loro adattamento.

Anche in questo lavoro si è cercato di trovare delle relazioni tra l'ostracofauna ed i parametri sopracitati, nonché in riferimento all'area in cui sono stati prelevati i campioni, influenzata dallo sbocco in Mare di corsi d'acqua, anche dal loro comportamento in funzione della salinità e dell'inquinamento.

Causa la limitata estensione dell'area in esame, nonché le particolari caratteristiche geomorfologiche delle "Secche", non è stato possibile indagare un ampio intervallo di profondità. Infatti il range batimetrico si estende da circa 2 a 22 metri.

Il termine associazione in questa tesi viene usato in senso generale senza alcun riferimento a definizioni specifiche che si rinvengono nella letteratura ed ha il significato di gruppo di microrganismi (~~micro~~) fossili o subfossili, presenti in un campione o in una determinata area.

Come già scritto nel capitolo di autoecologia, una problematica fondamentale consiste nello stabilire se un'associazione rappresenti una biocenosi o una tanatocenosi, ricordando che una biocenosi è un gruppo di organismi che vivono insieme (in o su sedimenti di fondo) e che sono presumibilmente adattati alle condizioni ambientali in cui sono stati raccolti, che differisce da gruppi di associazioni coeve (da Kaesler, 1966)

Qui viene proposta una classificazione di cenosi che ci consente di assegnare ad uno dei gruppi distintivi che la caratterizzano (biocenosi, tanatocenosi etc.) gli esemplari (valve, carapaci) rinvenuti nei campioni raccolti in una determinata area. Tale classificazione è in relazione sia alle caratteristiche dell'area in esame e consta di una sintesi modificata ed integrata di quattro versioni proposte da Wagner (1964), Kileny (1969), Peypoquet (1971a) e Breman (1975) inquadrata nello schema ideato da Peypoquet:

1) Biocenosi *latu sensu*:

a) **Biocenosi s.s** caratterizzata da organismi viventi all'atto della raccolta

b) **Tanatocenosi I**: individui morti (subfossili) rappresentativi dell'ambiente in cui vivono

2) Tanatocenosi II: campioni trasportati (individui morti, subfossili, mal preservati, es. frammentati, erosi etc., originati in altri ambienti, “rimaneggiati”)

3) Paleotanatocenosi I: valve fossili di specie attualmente viventi in altre provincie climatologiche

4) Paleotanatocenosi II: valve o carapaci fossili di specie presenti attualmente nella stessa area, ma in differenti zone di profondità come risultato delle variazioni glacioeustatiche Marine durante il Quaternario.

5) Paleotanatocenosi III: valve o carapaci fossili di specie estinte.

Il linea generale stabilire se un esemplare è alloctono (cioè rimaneggiato, appartenete alla Tanatocenosi II, di cui sopra) è un'operazione di non facile attuazione; comunque fattori utili “necessari ma non sufficienti”, sono lo stato di preservazione del carapace, opacità del carapace, presenza di calcite spatica che riempie le valve, l'idrodinamismo dell'ambiente o la diretta conoscenza di specie tipiche di altre epoche o periodi geologici. La difficile interpretazione di questo fenomeno è confermata da studi effettuati da vari autori (Kileny, 1969, Peypoquet, 1971, Breman, 1975), i quali evidenziano che la condizione di trasparenza o viceversa l'opacità (valve gialle, bianche etc.) oppure lo stato di erosione delle valve non può essere indice di definizione dello stato di autoctonia o alloctonia, di quelle specie caratterizzate da ampio range stratigrafico appartenenti a forme attuali od estinte, in quanto tale condizione può essere dovuta dalla tipologia del sedimento e dal grado di disturbo del deposito in cui fossilizzano. A tale riguardo Breman focalizza l'attenzione su degli esemplari rinvenuti nei sedimenti del Mar Adriatico riferibili sicuramente al Pleistocene od addirittura al Pliocene che sono trasparenti come gli esemplari rinvenuti in campioni attuali.

In relazione al fattore idrodinamismo connesso all'ambiente di raccolta dei campioni, alcuni autori (Wagner, 1957, Kornicker, 1965a, Puri et alii, 1964) hanno cercato di stabilire se un associazione può essere inquadrata con buona probabilità, in una Tanatocenosi di tipo I o II. Si è arrivati alla conclusione che in aree di Mare basso litoranee, negli estuari, nei delta con correnti ad elevata energia le tanatocenosi rinvenute (eccetto in alcune situazioni particolari) non sono rappresentative (Tanatocenosi II) mentre in laghi, piane tidali, lagune (probabilmente anche in habitat artificiali come i Porti) ed ambienti di mare profondo dovrebbero essere rappresentative o comunque poco contaminate (Tanatocenosi I).

In base a queste considerazioni, in questo lavoro sono considerate autoctone sia le valve (od i carapaci) di individui morti nelle quali risultava conservata la parte organica (appendici, setae, tracce della cuticola) nonchè gli esemplari morti, rappresentati da valve o carapaci di esemplari adulti assieme alle mute giovanili; un altro parametro da prendere in considerazione per valutare l'autoctonia è il rapporto tra valve disarticolate e carapaci articolati tenuto conto della complessità delle strutture di connessione (cerniera, saum etc.) cioè maggiore è il grado di complessità strutturale degli elementi di connessione, minore è la probabilità di disarticolazione; nel complesso queste forme possono essere inquadrate nella definizione di Tanatocenosi I; I criteri di autoctonia sopracitati sono avvalorati dalle particolari condizioni geomorfologiche delle Secche (che in linea generale caratterizzano anche l'avamposto) ed idrodinamiche del Porto. Infatti eccetto che per una piccola fascia antistante la zona del Calambrone, maggiormente soggetta all'influsso dell'Arno, per quanto riguarda le le Secche, pur essendo un'area caratterizzata da elevato idrodinamismo, parametro che limita la condizione di autoctonia si deve focalizzare l'attenzione su quattro punti: a) rappresentano un alto strutturale; tale condizione comporta che probabilisticamente è favorito l'*output* dall'area rispetto all'*input* anche per la tipologia della fauna

ad Ostracodi studiata che è bentonica. b) a causa dell'estensione dell'area delle Secche e della tipologia dell'ambiente, nel complesso relativamente monotono, eventuali trasporti dai microhabitat fanno sì che gli esemplari, comunque, permangano nell'ambito del macrohabitat e quindi, eccetto alcune situazioni particolari, da valutare caso per caso, in condizioni ecologiche simili c) Inoltre le secche come citato nella loro descrizione sono ricche di anfratti e depressioni, i "catini" dove sono stati raccolti gran parte dei campioni e tale morfologia limita sicuramente il trasporto d) la presenza di una rigogliosa prateria a Posidonia "smorza", l'effetto delle correnti e quindi le potenzialità di trasporto.

In riferimento al Porto inoltre esso, come già detto, è tipicamente un ambiente di relativa "calma", con caratteristiche chimico-fisiche peculiari e limitati scambi con l'area marina esterna (protezione dighe foranee) e ciò aumenta la probabilità di rinvenire la presenza di associazioni autoctone. Non è improbabile comunque rinvenire nei sedimenti relativi a determinate aree portuali, la presenza di frammenti di vegetali, fenomeno, questo, che ci fornisce un ben individuabile indice di trasporto (per l'assenza di questa vegetazione in Porto) così da fornirci un elemento di attenzione e di valutazione di altri parametri, sull'effettiva autoctonia della fauna rinvenuta.

5.7.1 OSTRACODI E SUBSTRATO

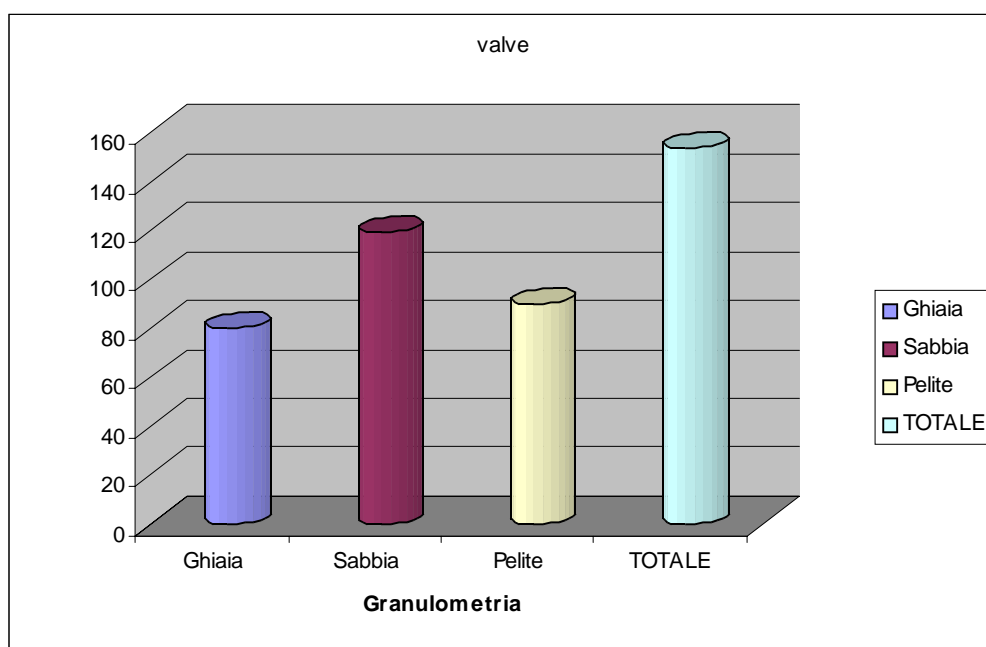


Fig. 5.1: relazione tra numero di valve e substrato. C

5.7.2 OSTRACODI E BATIMETRIA

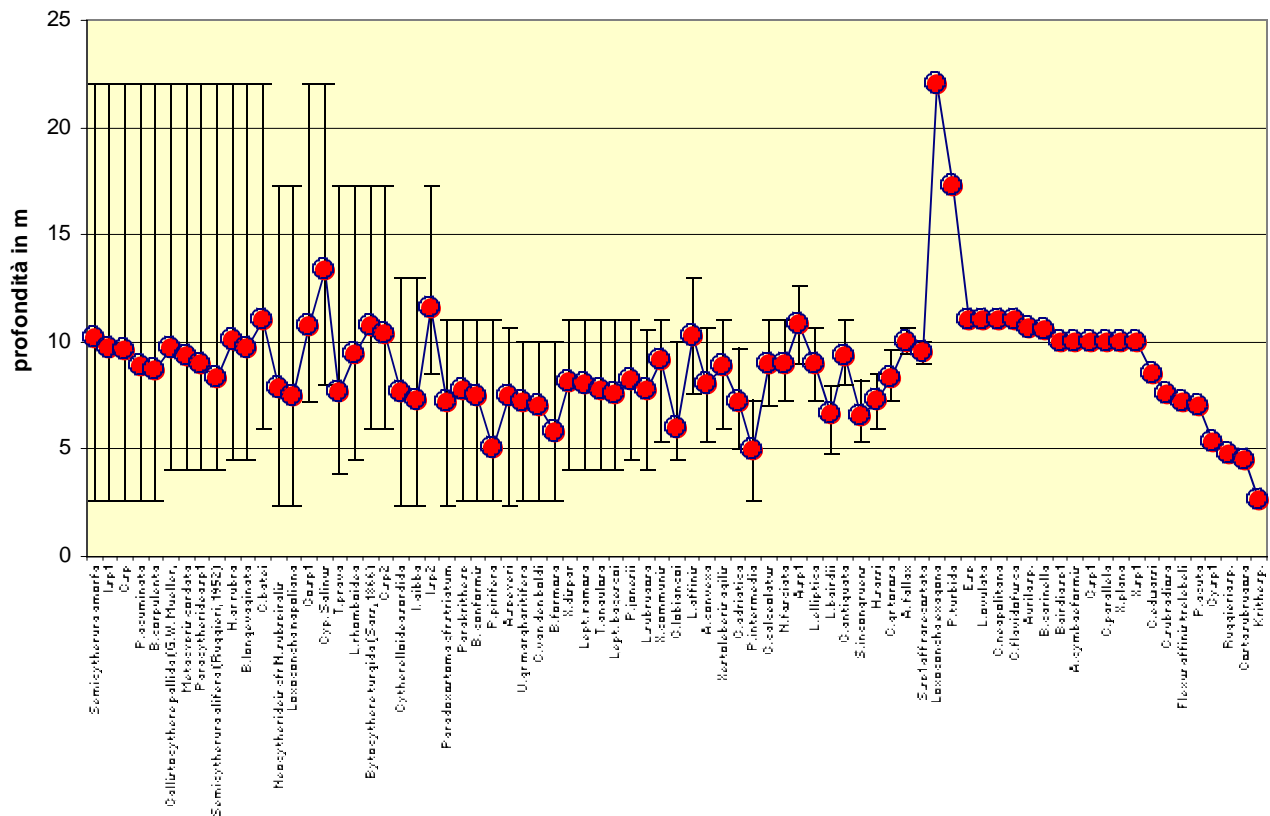


Fig.5.2: distribuzione batimetrica delle specie rilevate nell'area in esame

5.7.3 OSTRACODI ED INQUINAMENTO

L'analisi di oltre 10.000 dati sui metalli pesanti e gli IPA relativi ai sedimenti alle varie subaree portuali (ARPAT, 2006) evidenziano che il trend dei valori rilevati presenta una netta riduzione delle concentrazioni di questi agenti inquinanti nei periodi successivi alle operazioni di dragaggio portuale. Quest'ultime, effettuate la prima nel 1993 e la seconda dal 1997 al 2000, hanno avuto un'intensità di prelievo variabile ed hanno interessato varie zone. Questa condizione è dimostrata dai bassi valori (in senso relativo) di questi contaminanti nel 2002, in aree, prima di tale periodo, molto inquinate (es. canale industriale) o indirettamente in aree nelle quali non è stato effettuato il dragaggio. In base a queste considerazioni, comunque, non essendo fundamentalmente variate le condizioni di possibili input di inquinanti nell'area portuale (industrie, traffico navale etc.) è probabile che il livello di contaminazione nei sedimenti si sia progressivamente innalzato, raggiungendo dei livelli simili a quelli riscontrati ad esempio nel 1999. Tenendo conto però, che per questa tesi, i campioni sono stati raccolti dal 2003 al 2006 non è possibile stabilire l'influenza dell'inquinamento da metalli pesanti ed IPA sull'ostracofauna attuale in quanto tale situazione è solo ipotizzabile.

Riguardo ai composti organostannici ed i contaminanti organici, la situazione dei livelli di inquinamento, non avendo rilevato in letteratura dati su un'inversione di tendenza, dovrebbero essere ancora molto elevati.

Per quanto riguarda l'area comprendente anche le Secche della Meloria, i valori delle concentrazioni sono riferiti al 2005 ed evidenziano, come detto nella parte generale, solo per alcuni metalli valori lievemente superiori agli LCB. Le Secche come già precedentemente citate sono caratterizzate da elevato idrodinamismo e fenomeni di risospensione dei sedimenti e quindi da rapidi intervalli temporali di riciclo e ripristino delle condizioni. Tale fenomeno è confermato dall'indagine, effettuata dall'ICRAM dal 1998 al 2001, nell'area dei due siti di sversamento (Nord-Ovest delle Secche) la quale ha evidenziato, che i livelli di bioaccumulo e le concentrazioni nei sedimenti dei contaminanti potevano essere considerati caratteristici di aree non impattate.

In ultima analisi l'indagine comparativa sulle associazioni ad Ostracodi relativa alle varie subaree del Porto e tra quest'ultimo nel suo insieme e l'area della Meloria, non ha evidenziato né alterazioni morfostrutturali delle valve (fenomeno riscontrato in ambienti altamente inquinati) né nette variazioni di associazioni tra le zone in questione. Questa situazione può essere considerata un elemento di condizione preliminare per eventuali monitoraggi futuri.

TABELLA 5.1: profondità media, minimo, massimo e range batimetrico delle specie di Ostracodi rinvenute

	prof.media	min	max	Rinf	Rsup
Semicytherura amorfa	22	22	22	0	0
Iliocypris sp1	17,3	17,3	17,3	0	0
C.sp	13,33333333	8	22	5,333333	8,666667
Pontocypris acuminata	11,575	8,5	17,3	3,075	5,725
Bairdia corpulenta	11,03833333	6	22	5,038333	10,96167
Callistocythere pallida (G.W. Mueller, 1894)	11	11	11	0	0
Metacypris cordata	11	11	11	0	0
Paracytheridea sp1	11	11	11	0	0
Semicytherura alifera (Ruggieri, 1952)	11	11	11	0	0
Hiltermannicythere gr rubra	10,86666667	9	12,6	1,866667	1,733333
Bairdia longevaginata	10,72875	7,2	22	3,52875	11,27125
Costa batei	10,71666667	6	17,3	4,716667	6,583333
Neocytherideis cfr N. subspiralis	10,6	10,6	10,6	0	0
Loxoconcha napoliana	10,5	10,5	10,5	0	0
Costa sp1	10,4	6	17,3	4,4	6,9
Cyprnotus. Salinus	10,265	7,53	13	2,735	2,735
Tenedocythere prava	10,133	2,6	22	7,533	11,867
Loxoconcha rhomboidea	10,04714286	4,5	22	5,547143	11,95286
Bytocythere turgida (Sars, 1866)	10	10	10	0	0
C.sp2	10	10	10	0	0
Cytherelloidea sordida	10	10	10	0	0
Iliocypris gibba	10	9,4	10,6	0,6	0,6
Iliocypris .sp2	10	10	10	0	0
Paradoxostoma cfr P. striatum	8,95	7,3	10,6	0	0
Parakrithe sp	10	10	10	0	0
Bairdia conformis	9,71	2,6	22	7,11	12,29
Propontocypris pirifera	9,69222222	4,5	22	5,192222	12,30778
Aurila speyeri	9,682352941	4	22	5,682353	12,31765
Urocythereis gr. margaritifera	9,571428571	2,6	22	6,971429	12,42857
Cytherella vandenboldi	9,5	9	10	0,5	0,5
Bairdia formosa	9,4	4,5	17,3	4,9	7,9
Xestoleberis gr. dispar	9,34	4	22	5,34	12,66
Leptocythere ramosa	9,33333333	8	11	1,333333	1,666667
Tetracytherura angulosa	9,1	5,3	11	3,8	1,9
Leptocythere bacescoi	9	7	11	2	2
Pterigocythereis jonesii	8,966	7,3	11	1,666	2,034
Loxoconcha subrugosa	8,95	7,3	10,6	1,65	1,65
Xestoleberis communis	8,946666667	4	22	4,946667	13,05333
Callistocythere lobiancoi	8,9	6	11	2,9	2,1
Loxoconcha affinis	8,825	2,6	22	6,225	13,175
Aurila convexa	8,655555556	2,6	22	6,055556	13,34444
Xestoleberis agilis	8,5	8,5	8,5	0	0
Cytheretta adriatica	8,32875	4	22	4,32875	13,67125
Propontocypris intermedia	8,275	7,3	9,6	0,975	1,325
Caudites calceolatus	8,175	4,5	11	3,675	2,825
Neocitherides fasciata	8,109090909	4	11	4,109091	2,890909
A.sp1	8,04	5,3	10,6	2,74	2,56
Loxoconcha elliptica	8	4	11	4	3
Loxoconcha bairdii	7,816666667	2,3	17,3	5,516667	9,483333

Carinocythereis antiquata	7,788888889	4	10,5	3,788889	2,711111
Semicytherura incongruens	7,739090909	2,6	11	5,139091	3,260909
Henryowella sarsi	7,7375	4	11	3,7375	3,2625
Cyprideis gr torosa	7,692608696	2,3	13	5,392609	5,307391
Aurila fallax	7,65	3,8	17,3	3,85	9,65
S.sp1 aff rarecostata	7,6	4	11	3,6	3,4
Loxoconcha exagona	7,53	7,53	7,53	0	0
Palmoconcha turbida	7,491428571	2,3	17,3	5,191429	9,808571
E.sp	7,475	2,3	10,6	5,175	3,125
Loxoconcha ovulata	7,425	2,6	11	4,825	3,575
Cytheridea neapolitana	7,31875	2,3	13	5,01875	5,68125
C.flavidofusca	7,25	6	8,5	1,25	1,25
Aurila sp.	7,225	5	9,7	2,225	2,475
Bosquetina carinella	7,2	2,6	10	4,6	2,8
Bairdia sp1	17,3	17,3	17,3	0	0
Aurila cymbaeformis	7,158125	2,3	11	4,858125	3,841875
C.sp1	7	7	7	0	0
Candona parallela	6,95	2,6	10	4,35	3,05
Xstoleberis plana	7,9	4,8	11	1,833333	1,266667
Xestoleberis sp1	6,5	5,3	8,2	1,2	1,7
Costa edwarsi	5,95	4,5	10	1,45	4,05
Cytheretta subradiosa	5,8	2,6	10	3,2	4,2
Flexus affinis trelebeli	5,3	5,3	5,3	0	0
P.acuta	5,05	2,6	11	2,45	5,95
Cytherella sp1	4,95	2,6	7,3	2,35	2,35
Ruggieria sp.	4,8	4,8	4,8	0	0
Costa subrugosa	4,5	4,5	4,5	0	0
Krithe sp.	2,6	2,6	2,6	0	0
Leptocythere multipunctata	10,5	10,5	10,5	0	0
Leptocythere rosalinae	10	9	11	1	1
Pontocythere acuta	6,8	2,6	11	1	1

5.7.3. INDICE DI SHANNON APPLICATO ALL'OSTRACOFAUNA

L'indice di Shannon-Wiener o H' (1949; 1963), è uno dei parametri statistici più utilizzati in ambito ecologico. Esso consente di misurare il contenuto di diversità specifica ed equitabilità in un determinato ambiente.

L'espressione matematica che lo caratterizza è la seguente:

$$H' = - \sum_{j=1}^s p_j \log p_j$$

dove p_j è la proporzione di abbondanza della j -esima specie ($\sum_j p_j = 1$) cioè il rapporto tra il numero di individui di una j -esima specie ed il numero di individui totali del campione ed s è il numero delle specie rinvenute.

Tale indice varia da un valore minimo pari a zero quando è presente un'unica specie, ad un valore massimo quando tutte le specie del campione sono equamente distribuite. La presenza della funzione logaritmica determina che i valori dell'indice non siano mai elevati e solitamente compresi tra 1,5 e 3,5 e raramente superiori a 4,5 (Margalef 1972, in Evangelista, 1998).

5.7.4 SPECIE GENERALISTE (OPPORTUNISTE) ED ESCLUSIVE COME INDICATRICI DI AREE STABILI/INSTABILI

Secondo il concetto espresso da Dodd & Stanton (1990), per definire un specie in “equilibrio” in un determinato habitat è necessario che essa:

- non sia soltanto, per lo più esclusiva o preferenziale di una determinata associazione,
- non sia mai dominante all'interno di quella associazione,
- l'associazione deve presentare un'elevata diversità specifica.

La risoluzione ha tale condizione può essere ricavata attraverso l'applicazione dell'indice di Shannon, tramite il quale le **specie opportuniste possono essere considerate indicatrici di instabilità ambientale solo se dominanti all'interno dell'associazione.**

5.8 RELAZIONE TRA OSTRACODI E FORAMINIFERI

5.9 CONCLUSIONI

FORME AD AMPIA DISTRIBUZIONE MEDITERRANEA

Aurila convexa, *Callistocythere lobiancoi*, *Callistocythere flavidofusca*, *Costa batei*, *Costa edwarsi*, *Cytheretta adriatica*, *Cytheretta subradiosa*, *Cytheridea neapolitana*, *Leptocythere ramosa*, *Loxoconcha affinis*, *Loxoconcha rhomboidea*, *Neocytherideis fasciata*, *Pontocythere turbida*, *Semicytherura salifera*, *Semicitherura dispar*, *Semicytherura incongruens*, *Xestoleberis communis*, *Xestoleberis gr. dispar*.

BIBLIOGRAFIA

- AIELLO E., BARTOLINI C., CAPUTO C., D'ALESSANDRO L., FANUCCI F., FIERRO G., GNACCOLINI M., LA MONICA G.B., PALMIERI E.L., PICAZZO M., PRANZINI E., 1975** - Il trasporto litoraneo lungo la costa toscana tra la foce del fiume Magra e i Monti dell'Uccellina. *Boll. Soc. Geol. It.*, 94: 1519-1571.
- ALADIN N.V. & POTTS T.W., 2004** - *Journal of Comparative Physiology B: Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology*; Volume 166, Number 3 / July, 1996
- ALLEN H.E. & HANSEN D.J., 1996** - The importance of trace metal speciation to water quality criteria. *Wat. Environ. Res.*, 68, 42-54. proceedings of the 17th International Conference of the Coastal Society. Coasts at the Millennium. Portland, pp. 896-905.
- ALVAREZ ZARIKIAN, C.A., BLACKWELDER, P.L., HOOD, T., NELSEN, FEATHERSTONE, C., 2000** - Ostracods as indicators of natural and anthropogenically induced changes in coastal Marine environments.
- ARPAT, 2006** - PROGETTO INTERREG IIIA SARDEGNA-CORSICA-TOSCANA, **MONIQUA** (Monitoraggio della qualità delle acque e dell'ambiente Marino); Relazione finale. Autorità Portuale di Livorno (Novembre 2003). Dichiarazione Ambientale Ed.1/Rev.4
- ARBULLA D., PUGLIESE N., COLONNELLO B., 2000** - Ostracodi peritidali dell'area di S.Bartolomeo (Muggia, Italia). *Hydrores*, 20, 78-84.
- ARBULLA D., PUGLIESE N., RUSSO A., 2001** - Ostracodi del Golfo delle Saline (Sardegna Nord-orientale). *St.Trent.Sc.Nat., Acta Geol.*, 77, 25-35.
- ARUTA L., RUGGIERI G. 1983** - Il genere *Aurila* (Ostracoda, Podocopa) nel Pleistocene inferiore di Olivella (Palermo). *Boll. Soc. Paleont. Ital.*, 22 (3), 287-295.
- ASCOLI P., 1964** - Preliminary ecological study on Ostracoda from bottom cores of the Adriatic Sea. *Pubbl. Staz. Zool. Napoli*, 33 suppl., 213-246.
- ASTRALDI M., GASPARINI G.P. 1992** - The seasonal characteristics of the circulation in the North Mediterranean basin and their relationship with the atmospheric-climatic conditions. *J. Geophys. Res.*, 97: 9531-9540.
- ASTRALDI M., FACCIOLA D., BORGHINI M., DELL'AMICO F., GALLI C., GASPARINI G.P., LAZZONI E., NERI P.L., RASO G., 1993** - Caratteristiche stagionali delle masse d'acqua nell'Arcipelago Toscano. In: Arcipelago Toscano, Studio oceanografico, sedimentologico e biologico. ENEA, 7-28, Ferretti O., Immordino F. e Damiani V. editori.
- ATHERSUCH J., 1977** - The genus *Urocythereis* (Crustacea: Ostracoda) in Europe, with particular references to Recent Mediterranean species. *Bull. Br. Mus. Nat. Hist. (Zool.)*, 32 (7), 247-283.
- ATHERSUCH J., 1979** - The ecology and distribution of the littoral ostracods of Cyprus. *Journ. of Nat. History*, 13, 135-160.
- BACCI G., BADINO G., LODI E., ROSSI L., 1969** - Biologia delle secche Secche della Meloria . I. Prime ricerche e problemi di conservazione e di ripopolamento. *Boll.Pesca Pisc. Idrobiol.* - Vol. XXIV - f. 1 - 1969
- BARBETO-GONZALES P.J., 1971** - Die ostracoden des Küstenbereiches von Naxos (Griechenland) und ihre Lebensbereiche. *Mitt. Hamburg Zool. Mus. Inst.*, 67, 255-326.
- BARRA D., 1991** - Studio del Pliocene superiore - Olocene delle aree vulcaniche campae. Tesi di dottorato, Univ. Di Napoli, 1-298.
- BARRA D. & BONADUCE G., 1996** - The Genus *Cistacythereis* Uliczny, 1969 (Ostracoda, Trachyleberididae) in the Recent of the Mediterranean Sea with a taxonomic revision. *Boll. Soc. Paleont. Ital.*, 34 (3), 275-282.
- BARSOTTI G., 1999** - Storia Naturale dei Monti Livornesi, Geologia: I Minerali e le Rocce. Belforte Editore, Livorno.
- BARSOTTI G., 2006** - L'ambiente naturale delle secche della meloria (Tratto da "Un faro fra natura e storia nel Mediterraneo" G.Barsotti, Olimpia Vaccari, F.Quilici, M.Tangheroni)
- BARSOTTI G. & FRILLI G., 1970** - *Panopea Glycimeris* (BORN, 1778) nel Porto di Livorno. Estratto da "ATTI DELLA UNIONE MALACOLOGICA ITALIANA". Anno 1 - fasc. 1. Novembre-Dicembre 1970
- BARBANTI R. & POULAI P-M., 2007** - Misure di Temperatura e Salinità mediante profilatori Lagrangiani. ISTITUTO NAZIONALE di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale Trieste
- BASSO M.P., DELLA CROCE N. & PICONE P., 1978** - Ecologia e Biologia dei Porti del Mar Ligure e Alto Tirreno. 8. Popolamento Zooplanctonico (OTTOBRE-NOVEMBRE 1974), Estratto da "ATTI DEL 3° CONGRESSO DELLA ASSOCIAZIONE ITALIANA DI OCEANOLOGIA E LIMNOLOGIA"
- BENSON R. H., 1975** - The origin of psychrosphere as recorded in changes of deep sea ostracode assemblage. *Lethaia*, 8, 64-83.
- BENSON R. H., 1981** - Form, function and architecture i ostracode shells. *Annual reviews, Earth and Planetary Science*, 9, 59-80.
- BIAGI F., GAMBACCINI S., ZAZZETTA M. (1998)** - Secche della Meloria: la fauna ittica dei "catini". *Biol. Mar. Medit.*, 5 (1): 614-617.

- BIANCHI V., 2005** - Valutazione teorica e sperimentale di tecniche di fitobiorimediazione applicate a sedimenti di dragaggio. Tesi di laurea. Facoltà Ing. Univ. Pisa.
- BODERGAT, A.M., 1978** - Un Marquer instantané de la pollution en ce´rium dans la zone de Cortiou (rade Sud de Marseille, Bouches-du-Rhone): *Aurila speyeri* Brady 1868 (Ostracoda, Podocopida). Documents des Laboratoires de Geologie de la Faculte des Sciences de Lyon 4, 71e85.
- BODERGAT, A.M., IKEYA, N., IRZI, Z., - 1998** - Domestic and industrial pollution use of ostracods (Crustacea) as sentinels in the Marine coastal environment. *Journal de Recherche Oce´anographique* 23, 139e144.
- BONADUCE G.,** Ostracodi del “Banco delle Vedove” (Golfo di Napoli). *Pubbl. Staz. Zool. Napoli*, 34, 240-246.
- BONADUCE G., BRAMBATI A. & MASOLI M., 1970** – Ostracoda and recent sediments of the Saint Gorge Bay (Jun el Khudr, Lebanon). *Pubbl. Staz. Zool. Napoli*, 38, 57-70.
- BONADUCE G., CIAMPO G. & MASOLI M., 1975** – Distribution of Ostracoda in the Adriatic Sea. *Pubbl. Staz. Zool. Napoli*, 40 (suppl.), 1-304.
- BONADUCE G., CILIBERTO B., MASOLI M., MINICHELLI G. & PUGLIESE N., 1983** – Systematics and distribution of the Family Poycopodae in the Gulf of Naples. In: BATE R.H., ROBINSON E. & SHEPPARD L.P. (eds): *Fossils and recent ostracods*, 344-364.
- BONADUCE G., CILIBERTO B., MASOLI M., MINICHELLI G. & PUGLIESE N., 1983** – The deep-water benthic ostracodes of the Mediterranean.- In: MADDOCKS, R.F. (ed.): *Applications of Ostracoda*. Univ. Houston Geosc., 459-471
- BONADUCE G. & DANIELOPOL D.L., 1988** – To see and not to be seen: The evolutionary problems of Ostracoda Xestoleberididae. In: HANAI T., IKEYA, N. & ISHIZAKI, K. (eds): *Evolutionary Biology of Ostracofaune delle lagune di Marano e Grado*. Ostracoda. *Proceed. 9th Int. Symp. On Ostracoda*, Shizuoka, 375-398.
- BONADUCE G. & GERVASIO A.M., 1966** – Ostracodi della Cala degli Infreschi (Marina di Camerota, Salerno). *Pubbl. Staz. Zool. Napoli*, 35, 1-135.
- BONADUCE G., MASCELLARO P., MASOLI M. & PUGLIESE N., 1981** –Ostracodi. – In: BELFIORE et al. *La sedimentazione recente del Golfo di Taranto (Alto Ionio, Italia)*. *Ann. Fac. Sci. Nautiche Napoli*, 49-50, App.3, 77-88.
- BONADUCE G. & MASOLI M., 1970**- Benthic Marine Ostracoda from Malta. *Pubbl. Staz. Zool. Napoli*, 38, 47-56.
- BONADUCE G., MASOLI M. & MINICHELLI G., 1973-74** –Diffusione ed Ecologia. *Boll. Soc. Adr. Sci. Trieste*, 59 (1), 33-105.
- BONADUCE G., MASOLI M., MINICHELLI G., & PUGLIESE N., 1979** – The benthic Ostracods. In *La Mer Pelagienne*, *Geol. Medit.*, 6 (1), 280-284.
- BONADUCE G., MASOLI M. & PUGLIESE N., 1977** – Ostracodi bentonici dell’alto Tirreno. *St. Trent. Sci. Nat. Trento, biol.*, 54, 243-261.
- BONADUCE G., MASOLI M. & PUGLIESE N., 1988** – ReMarks on the benthic Ostracoda of the Tunisian shelf. – In: Hanai T., IKEYA N. & ISHIZAKI K. (eds): *Evolutionary biology of Ostracoda*. *Proceed. 9th Int. Symp. On Ostracoda*, Shizuoka, 449-466.
- BONADUCE G. & PUGLIESE N., 1975** – Ostracoda from Lybia. *Publ. Staz. Zol. Napoli*, 39, 129-135.
- BONADUCE G. & PUGLIESE N., 1975** – Benthic ostracods as depth indicators. *App. Comm. Int. Mer Medit.* 25/26,4, 167-169.
- BONADUCE G., PUGLIESE N. & MINICHELLI G., 1976** – *Buntonia subulata* Ruggirei **GENERE MUTILIS e altri Miocene**
- BOWEN H.J.M., 1979** - Environmental chemistry of the elements. Academic Press Inc., London Ltd.
- BRAMANTI A., 1988.** – Lagune e stagni costieri: due ambienti a confronto – *In: G.C. Carrada, F. Cicogna e E. Fresi* (Eds). “Le lagune costiere: ricerca e gestione”. *CLEM pubbl.*, Massa Lubrense (Napoli): 9-33
- BREMAN E., 1975** – The distribution of Ostracodes in the Bottom sediments of the Adriatic Sea. *Vrije Univeriteit te Amsterdam, Academisch Proefschrift*, 1-165.
- BREMAN E., 1975** – Ostracodes in a bottom core from the deep southeastern Basin of the Adriatic sea. II. *Koninkl.Nederl.Akademie van Wetenschappen, Asterdam*, 78 (3), 207-218.
- BRUSH G.S., 1984** - Patterns of recent sediment accumulation in Chesapeake Bay (Virginia-Maryland, U.S.A.) tributaries. *Chem. Geol.* 44, 227– 242.
- BUTTURINI F., 1990-1991** – Le ostracofaune Plioceniche del torrente Stirone (Parma). Tesi di Laurea, Univ. Parma.
- BYERRUM R.U., 1991** - In: *Metals and their compounds in the environment*. Merian E. Ed, VCH, Weinheim, Germany.
- CALMANO, W., HONG, J., FORSTENER, U. (1993)**. Binding and mobilization of heavy metals in contaminated sediments affected by pH and redox potential. *Wat. Sci. Tech.* 28 (8-9): 223-235.
- CARBONEL P., 1980** – Les Ostracodes et leur interet dans la definition des ecosystemes estuariens et de plateforme continentale. *Essais d’application a des domaines anciens*. *Mem.Ist.Geol.Bassin D’Aquitaine*, 11, 1-350.
- CARBONEL P & HOIBIAN T., 1985 -**
- CARBONEL P. & MOYES J., 1970**, - A propos du groupe specifique *Carinocythereis* gr. *Carinata* (Roemer). *Rev. Españ. Micropal*, 2 (3), 147-154.

- CARBONI M. G., BERGAMIN L., DI BELLA L., IAMUNDO F. & PUGLIESE N., 2002** – Paleocological evidences from foraminifers and ostracods on Late Quaternary sealevel changes in the Ombrone river plain (central Tyrrhenian coast, Italy). *Géobios, Mém.spéc.*, 24, vol.35, 40-50.
- CIAMPO G., 1971** – Gli Ostracodi delle argille Pleistoceniche del Mar Piccolo (Taranto). *Boll.Soc.Natur.Napoli*, 80, 1-41.
- CILIBERTO B.M., PUGLIESE N., 1981** – Ostracodi bentonici del tratto di Mare compreso tra Grado e Carole (Adriatico Settentrionale). *Gortania, Atti Mus. Friu. St. Nat.*, 2, 65-80.
- CINELLI F., 1971** - Biologia delle Secche della Meloria (Mar Tirreno). Contributo alla conoscenza della vegetazione bentonica Marina. *Poll. Pesca Piscic. Idrobiol.*, 26(1 e 2): 5-19.
- COLALONGO M.L., 1969** – Ricerche sugli Ostracodi nei fondali antistanti il Delta del Po. *Giorn. Geol. Bologna, ser. 2*, 36 (1), 335-362.
- COLOMBO G., CECCHERELLI V.U., FERRARI I., 1983-84.** – Lo zooplancton delle lagune – *NOVA THALASSIA*, 6 (suppl.): 185-200.
- COPPINI M., CUNEO F., MARGELLI A., CAMPANI E., 2006** - Gastropoda e Scaphopoda del Porto di Livorno *Bollettino Malacologico* 41: 1-8.
- COSTA R., 1984-1985** – Le ostracofaune bentoniche delle facies di fondo della piattaforma continentale del Golfo di Policastro: aspetti applicativi. Tesi di laurea, Univ. Trieste.
- CRONIN T.M., VANN C.D., 2003** - The sediment record of climatic and anthropogenic influence on the Patuxent estuary and Chesapeake Bay ecosystems. *Estuaries* 26, 196– 209.
- DANOVARO R., 2000** - Benthic microbial loop and meiofaunal response to oil-induced disturbance in coastal sediments: a review. *Int. J. Environ. Pollut.* 13, 380– 391.
- DANIELOPOL D.L., 1980** – On the carapace shape of some European freshwater interstitial Candoninae (Ostracoda). *Proc. Biol. Soc. Wash.*, 93 (3), 743-756.
- DAUER D.M., 1993** – Biological Criteria, Environmental Health and Estuarine Macrobenthic Community Structure – *Marine Pollution Bulletin*, Vol.26 (5): 249-257
- De BIASI A.M. & GAI F., 2000** - I “catini” delle Secche della Meloria carta dei fondali. *Atti Soc. tosc. Sci. Nat. Mem., Serie B*, 107: 63-69.
- DE MAURO S. & ULZEGA, 1985** – Il Golfo di Arzachena nella Sardegna settentrionale. *Ricerche di Geomorfologia costiera e sottoMarina. Boll. Soc. Geol. It.*, 104, 551-560.
- DODD J.R. & STANTON R.J., 1990** – Paleocology, concepts and applications, 2nd edition, John Wiley & Sons, 1-502.
- DUCASSE O. & MONDAIN-MONVAL J.Y., 1984** – Les genres Costa et Paleocosta (Ostracodes) du Paléogène Aquitain : les structures de populations, témoins des paléoenvironnements. *Description de Paleocosta Aquitanica nov.sp. Géobios*, 17 (5), 549-560.
- EAGAR, S.H., 1999** - Distribution of Ostracoda around a coastal sewer outfall: a case study from Wellington-New Zealand. *Journal of the Royal Society of New Zealand* 29, 257e 264.
- EDMONDS, J.S. & FRANCESCONI, K.A., 1992** - Arsenic metabolism in aquatic ecosystems. In: Langston W.J. and M.J. Bebianno (Editori), *Metal metabolism in Aquatic Environments*, pp.: 159-183, Chapman and Hall, London.
- EVANGELISTA V., 1998** – Diffusione e attinopaleontologia dell’ostracofauna infralitorale dell’Arcipelago de La Maddalena (Sardegna). Tesi di Laurea, Univ. Trieste.
- FANZUTTI G.P., PIANI R., CABRAS M., CABBOI N., LAI G., DE MURO S., 2000** – Variabilità tessiturale e distribuzione areale dei sedimenti superficiali nell’ Arcipelago del La Maddalena (Sardegna settentrionale): primi riscontri. *Convegno ConisMa 21-25 novembre 2000, Genova*, 190-191 (abstract e poster).
- FANZUTTI G.P., PIANI R. & DE MURO S., 2001** – Variabilità tessiturale e distribuzione dei sedimenti superficiali nel Golfo Saline (Sardegna settentrionale). *St.Trent.Sc.Nat., Acta geol.*, 15-23.
- FARMER & CARBONEL,.....**
- FIERRO G.**
- FURNARI 1989-1990** – Le ostracofaune bentoniche della piattaforma sicula tra Capo Murro e Capo Passero. Tesi di laurea, Univ. Parma.
- GAROFALO M.L., 1984-85** – Le ostracofaune bentoniche del Golfo di Salerno. Tesi di laurea, Univ. Trieste.
- GASPARINI G.P., AIELLO P., ROSSI C., Dell’AMICO F. 1987** - Il sistema marino livornese. Caratteristiche delle masse d’acqua. *Atti del I Convegno sullo Stato dell’Ambiente a Livorno, Livorno 7-8/11/1986*, pp. 177-178.
- GHETTI P.F., 1997.**– **INDICE BIOTICO ESTESO (I.B.E.):** I macroinvertebrati nel controllo della qualità degli ambienti di acque correnti. *Manuale di applicazione – Provincia Autonoma di Trento.*
- GHIRO M., 1985-86** – Ostracofaune Plioceniche di Castell’Arquato (Piacenza): cronostratigrafia, paleologia e paleogeografia. Tesi di laurea. Univ. Trieste.

- GUELORGET O., MICHEL P., 1979.** – Les peuplements benthiques d'un étang littoral languedocien, l'étang du Prevost (Hérault). I. Etude quantitative de la macrofaune des vases – *Téthys*, 9(1): 49-64
- GONZALES-REGALADO, Harris-Warrick et al., 1992**
- HARTMANN G., 1953a** – Les ostracodes de la zone d'agues de l'eulitoral de Banylus. *Vie et Milieu*, Paris, 4 (4), 608-612.
- HARTMANN G., 1953b** – Les ostracodes du sable a amphixoux de Banylus. *Vie et Milieu*, Paris, 4 (4), 648-658.
- HARTMANN G., 1953c** - Ostracodes des étangs Méditerranées. *Vie et Milieu*, Paris, 4 (4), 704-712
- HARTMANN G., 1960** - Ostracoden von Banyuls-sur-Mer. *Vie et Milieu*, Paris, 11 (3), 413-424.
- HOLLAND A.F., SHAUGHNESSY A.T., HIEGEL M.H., 1987.** – Long-Term; Variation in Mesohaline Chesapeake Bay Macrobenthos: Spatial and Temporal Patterns – *Estuaries*, Vol.10 (3): 227-245
- ICRAM, febbraio 2001** - Autorità Portuale Porto di Livorno. Risultati delle campagne di monitoraggio effettuate sul sito di scarico dei materiali provenienti dal dragaggio del Porto di Livorno. Anni 1998-1999.
- IKEYA N., SHIOZAKI M., 1993** - Characteristics of the inner bay ostracodes around the Japanese islands: the use of ostracodes to reconstruct paleoenvironments. *Mem. Geol. Soc. Jpn.* 39, 15– 32. (in Japanese with English abstract).
- IPPOLITI R., 1993-94** – Gli Ostracodi della laguna Idku e della Baia di Abu Quir (Delta del Nilo, Egitto) quali indicatori ambientali. Tesi di laurea Univ. Trieste.
- LEONI L., SARTORI F., DAMIANI V., FERRETTI O., VIEL M., 1991** - Trace elements distributions in surficial sediments of the Northern Tyrrhenian sea: contribution to heavy metal pollution assessment. *Environ. Geol. Water Sci.*, 17: 103-116.
- LEONI L., SARTORI F., BATISTONI A., CORTOPASSI P. 1992** - Contributo allo studio del trasporto e della distribuzione dei sedimenti recenti nell'Alto Tirreno-Mar Ligure (bacino compreso tra La Spezia e Livorno): dati granulometrici, mineralogici e chimici. *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Serie A. Vol. 99:* 109-151.
- LOSI, M.E., AMRHEIN, C., FRANKERBERGER, W.T. 1994** - Environmental biochemistry of chromium. *Res. Environ. Contam. Toxicol.* 136: 91-121.
- KAMIYA T., 1988** – Morphological and Ethological Adaptions of Ostracoda to Microbenthos in Zostera Beds. In: HANAI T., IKEYA N. & ISHIZAKI K. (eds): evolutionary Biology of Ostracoda. Proceed 9th Int. Symp. On Ostracoda, Shizuoka, 449-466.
- KLUGH, A.B., 1927** – The ecology, food relations and culture of freshwaters Entomostracs. *Trans. Roy. Can. Inst.*, 16: 15-99.
- KNOX G.A., 1986.** – *Estuarine Ecosystems: A Systems Approach* – Vol. I, Crc Press, Inc. Boca Raton, Florida
- KÖPPEN W.P. & GEIGER R., 1936** - Handbuch der klimatologie Berlin : Gebrën der Borntraeger
- Murder & Bucher, 2001**
- MARGELLI A., CAMPANI E., COPPINI M. & CUNEO F., 2006** - Bivalvia dei fanghi litorali di Livorno (in stampa).
- MARTIN J.W & DAVIS G.E., 2001** – An updated Classification of the Recent Crustacea. Natural History Museum of Los Angeles county Science Series 39. Los Angeles, CA.
- MASOLI M. 1967-68** – Ostracodi recenti dell'Adriatico settentrionale tra Venezia e Trieste. *Mem. Mus. Trid. Sc.Nat.*, 17 (1), 1-100.
- MASOLI M., 1968** – Ostracodi Tirreniani di Maria Pia Alghero (Sassari). *Boll. Soc. Sarda Sc. Nat.*, 3, 1-18.
- MASOLI M., 1969** – Distribution of species of the genus *Semicytherura* in the Northern Adriatic Sea Between Venice and Trieste, Italy. In: J.W. Neale (ed.): *The taxonomy, morphology and ecology of recent Ostracoda*, 334-335.
- MAYER L.M. & FINK KENNETH, L., 1980** - Granulometric dependence of chromium accumulation in estuarine sediments in Maine. *Estuar. Coastal Mar. Sci.*, 11: 491-503.
- MELIS R. & PUGLIESE N. 1985** - Le Ostracofaune bentoniche delle Isole Egadi (Sicilia). - *Atti Mus. Geol. Paleont. Monfalcone*, a. 3, 1-22.
- MOSTAFAWI N., 2001** - How severely was the Persian Gulf affected by oil spills following the 1991 Gulf War. *Environ. Geol.* 40, 1185– 1191
- MÜLLER G.W., 1894** – Die Ostracodem des Golfes von Neapel und der angrenzenden Meeresabschnitte. *Naples Staz. Zool. Fauna un Flora Golfes von Neapel*, Mo., 21, 1-104.
- PASQUAL A., RODRI'GUEZ LA'ZARO, J., WEBER, O., JOUANNEAU, J.M., 2002** - Late Holocene pollution in the Gernika estuary (southern Bay of Biscay) evidenced by the study of Foraminifera and Ostracoda. *Hydrobiologia* 475/476, 477– 491.
- PELLEGRINI D., ONORATI F., VIRNO LAMBERTI C., MERICO G., GABELLINI M., AUSILI A., 2002** - Aspetti tecnico scientifici per la salvaguardia ambientale nelle attività di movimentazione dei fondali marini. *Dragaggi Portuali. Quaderno ICRAM n. 1:* 201 pp.
- E.O., DON-PEDRO, K.N., 2002** - The toxicity ranking of four heavy metals of industrial source to six resident animals of a tropical estuarine lagoon. *Toxicol. Environ. Chem.* 83, 87– 97.
- PALACIOS-FEST M.R., PARK L.E., GONZA'LEZ-PORTA, J., DIX G.R., 2003** - Qui'mica de conchas de ostra 'codos: una alternativa para medir la contaminacio'n por metales en sistemas acua'ticos. *Rev. Mex. Cienc. Geol.* 20, 139– 153.

- PEARSON T., ROSEMBERG R. (1996)** – The influence of sediment quality on functional aspects of Marine benthic communities. In: Munawar M. e Dave G. (eds.) - Development and progress in sediment quality assessment: rationale, challenges, techniques e strategies, SPB Academic Pub.: 57-68.
- PEYPOQUET.....**
- PERES J.M. & PICARD, 1964** – Nouveau manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée. Recl. Trav. Stat. Mar. Eundoume, 47, 5.
- PERTHUISOT J.P., GUELORGET O., 1992.** – Morphologie, organisation hydrologique, hydrochimie et sédimentologie des bassins paraliques – *Vie Milieu*, 42 (2): 93-109
- PETTINE, M., CAMUSSO, M., MARTINOTTI, W., MARCHETTI, R., PASSINO, R., QUEIRAZZA, G. 1994a** - “Soluble and particulate metals in the Po river: factors affecting concentrations and partitioning.” *Sci. Tot. Environ.* 145: 243-265.
- PETTINE, M., MILLERO, F. J., 1990** - “Chromium speciation in seawater: the probable role of hydrogen peroxide.” *Limnol. Oceanogr.* 35 (3): 730-736.
- PLENET(NEW ZELAND)**
- POKORNÝ V., 1978** - Ostracodes, p. 109-149. In: Haq, Bilal U. & Anne Boersma, eds., Introduction to Marine Micropaleontology, Elsevier, New York, 376 p.
- PULCINI M., VIRNO LAMBERTI C., ONORATI F., DE BIASI A.M., PELLEGRINI D., MECOZZI M., GIULIANI S., 1998** – Studio multidisciplinare dei sedimenti del porto di Livorno destinati a dragaggio. *Biol. Mar. Medit.*, 5 (1): 583-586.
- REMANE A., 1933** – Verteilung und organisation der benthonischen mikrofauna der Kieler Bucht. *Wiss. Meeres. Kiel. N.F.*, 21 (2): 161-221, 10 tables, 6 figs.
- RIEDL. R., 2005** - "Fauna e flora del Mediterraneo" – Ed. Franco Muzzio
- RIERADEVALL M. & ROCAJ.R., 2004** – Distribution and population dynamics of ostracodes (Crustacea, Ostracoda) in a Karstic lake: Lake Banyoles (Catalonia, Spain); *Hydrobiologia*, Springer Netherlands, Volume 310, Number 3 / August
- ROME R., 1942** – Ostracodes marins des environs de Monaco. *Bull. Inst. Océanograph.*, 819, 1-28; **ROME R., 1964** – Ostracodes des environs de Monaco, leur distribution en profondeur, natures des fonds marins explorés. *Pubbl.Staz.Zool.Napoli*, 33, suppl., 200-272.
- ROSENFELD A., ORTAL R., 1983** - Ostracods as indicators of water pollution in Nahal Harod, northern Israel. In: Maddocks, R.F. (Ed.). Applications of Ostracoda. Proceedings of the Eighth International Symposium on Ostracoda, University of Huston Geosciences, pp. 229E237.
- RUIZ, F., GONZA'LEZ -REGALADO, M.L., BORREGO, J., MORALES, J.A., 1997a** - The response of ostracod assemblages to recent pollution and sedimentary processes in the Huelva Estuary, SW Spain. *Sci. Total Environ.* 207, 91– 103.
- RUIZ, F., GONZA'LEZ -REGALADO, M.L., BORREGO, J., MORALES, J.A., 1997b** - Multivariate analysis applied to total and living fauna: seasonal ecology of recent benthic Ostracoda off the North Ca'diz Gulf (SW Spain). *Mar. Micropaleontol.* 31, 183– 203.
- RUIZ, F., GONZA'LEZ -REGALADO, M.L., BORREGO, J., ABAD, M., PENDO'N J.G., 2004a** - Ostracoda and Foraminifera as short-term tracers of environmental changes in very polluted areas: the Odiel Estuary (SW Spain). *Environ. Pollut.* 129, 49– 61.
- SACCHI C.F., OCCHIPINTI AMBROGI A., 1992.** – Confinement et biocenoses paraliques – *Vie Milieu*, 42 (2): 207-214
- SAMIR, A., 2000** - The response of benthic foraminifera and ostracods to various pollution sources: a study from two lagoons in Egypt. *Journal of Foraminiferal Research* 30 (2), 83 e 98.
- SARTORI F., RIFFALDI R., LEVI-MINZI R., 1979** - Occurrence of chloritic intergrades in the recent sediments of the Arno river (Italy), *Clay Miner.*, 14: 47-65.
- SCERBO R., MAGRI M., BALOCCHI L., MUGNAI C., BARGHIGIANI C., 2004** - Mercurio nei sedimenti marini da Vada a Livorno (Mar Ligure). *Biol. Mar. Medit.* 11(2): 526-529.
- SUMMER & SILVER.....**
- SURJIA, B., BRANICA, M. 1995** - Distribution of Cd, Pb, Cu and Zn in carbonate sediments from Krka River Estuary obtained by sequential extraction. *Sci. Total Environ.* 17 (1-2): 101-118.
- SUMMERS, A., O. & SILVER, S. (1978)** - Microbial transformations of metals. *Ann. Rev. Microbiol.* 32: 637-672.
- TODARO M.A., 1998** - La meiofauna delle Secche della Meloria: i gastrotrichi, biodiversità e dinamica stagionale. *Biol. Mar. Medit.*, 5(1): 587-590.
- TOMASINO M., 1995.** – Acque di Transizione – In: R. Marchetti. “Ecologia Applicata. Società Italiana di Ecologia.” Ed. CittàStudi
- VAN MORKHOVEN F.P.C.M., 1962** – Post-Paleozoic Ostracoda. Their morphology, Taxonomy and Economic use: Generic descriptions. Elsevier Publ. Comp., Amsterdam, 2v., 1-204, 1-478.
- VIGNUDELLI S., GASPARINI G.P., ASTRALDI M., SSCHIANO M.E., 1999** - A possible influence of the North Atlantic Oscillation on the circulation of the Western Mediterranean Sea. *Geophys. Res. Lett.*, 26: 623-626.

- VIGNUDELLI S., CIPOLLINI P., ASTRALDI M., GASPARINI G.P., MANZELLA G., 2000** - Integrated use of altimeter and in situ data for understanding the water exchanges between the Tyrrhenian and Ligurian Seas. *J. Geophys. Res.*, 105: 19649-19663.
- VITTORINI S. , 1972** – Ricerche sul clima della Toscana in base all’evapotraspirazione potenziale ed al bilancio idrico. *Riv. Geogr. Ital.*, 79:1-30.
- VOLTERRA L., De NAVA V., MANCINI L., 1998.** – *Criteri e standard di qualità per la protezione della vita acquatica* – Rapporti ISTISAN 98/26, Istituto Superiore di Sanità
- WHO 1988** -Environmental Health Criteria 61: “Chromium.”
- WOUTERS K., 1972** – De Ostracoda uit enkele bodemmosters van de Golf van Calvi (Corsica). *Naturwet. Tijdschr.*, 54, 59-68.
- YASSINI I., 1979** – The littoral system Ostracodes from the Bay of Bou-Ismaïl, Algeria, Algeria. *Rev. Españ. Micropal.*, 11 (3), 354-416.
- YASUHARA, M., YAMAZAKY, H., IRIZUKI, T., YOSHIKAWA, S., 2003** - Temporal changes of ostracode assemblages during the last 100 years, in sediment cores from Hiroshima Bay, Japan. *Holocene* 13, 527– 536.

Ringraziamenti

Ringrazio:

per la realizzazione di questa tesi il Prof. Alessandro Bossio per la sua disponibilità e competenza oltre che per l’affetto dimostratomi.

Il Dott. Simone Da Prato per la disponibilità con cui mi ha seguito nel corso di questa tesi in tutti i vari aspetti che la caratterizzano e la pazienza che mi ha dimostrato nei molti colloqui che abbiamo avuto

Il Prof. Luca Maria Foresi per i molti consigli che mi ha fornito durante le discussioni nel corso del lavoro.

L’amico e “maestro” Gianfranco Barsotti per le informazioni autorevoli relative a molti argomenti della tesi.

Il Dott. Romano Baino (ARPAT), per il suo contributo nella stesura dei risultati.

La Dott.ssa Anna Maria De Biasi per le informazioni sulla fauna portuale e della Meloria e il Dott. David Pellegrini per i dati sugli agenti inquinanti.

Il signor Mario Satta per la sua collaborazione nella raccolta dei campioni.