

ANTONIO MAZZOLA & SALVATRICE VIZZINI

CARATTERISTICHE ECOLOGICHE,
FATTORI DI PRESSIONE ANTROPICA E SVILUPPO SOSTENIBILE
DI UN AMBIENTE COSTIERO MEDITERRANEO
(STAGNONE DI MARSALA, SICILIA OCCIDENTALE)

RIASSUNTO

Questo lavoro costituisce una revisione delle principali conoscenze ecologiche di una delle più importanti aree umide siciliane (Stagnone di Marsala, Trapani). Vengono anche valutate le principali cause di alterazione ambientale che, in particolare modo negli ultimi anni, hanno minacciato l'integrità ecologica del "sistema Stagnone" con l'obiettivo di indicare alcuni possibili interventi gestionali mirati alla valorizzazione, anche produttiva, dell'intero comprensorio. Lo Stagnone di Marsala è una laguna marina costiera con caratteristiche particolari dovute alla sua posizione rispetto al mare aperto, con un ricambio delle acque condizionato dall'ampiezza delle due bocche, dalle basse profondità, dalle elevate evaporazioni estive e dagli effetti delle isolette al suo interno sulle correnti superficiali. Aree con caratteristiche simili vanno considerate rare nell'intero bacino del Mediterraneo e devono la loro peculiarità alla concorrenza di un gran numero di fattori che, pur creando condizioni difficili di sopravvivenza, permettono la colonizzazione di specie tipicamente marine. Per ambienti di interfaccia di questo tipo è molto complicata la redazione di programmi di gestione che siano in sintonia con il mantenimento del loro valore naturalistico e nel contempo ne codifichino l'importanza sulla base anche del ritorno economico che possono offrire. Vi è, comunque, la consapevolezza che l'utilizzazione per attività produttive di aree ad elevata fragilità ambientale, se condotta con criteri di gestione sostenibile, può costituire molto spesso l'unico mezzo per una loro conservazione.

SUMMARY

Ecological aspects, effects of human activity and sustainable development of a Mediterranean coastal environment (Stagnone di Marsala, western Sicily). This paper reviews the main ecological features of one of the most important coastal areas of Sicily (Stagnone di Marsala, Trapani). Main anthropogenic activities causing changes in natural ecosystems are also evaluated, with the aim of suggesting appropriate management actions. The Stagnone di Marsala is a marine coastal lagoon that exhibits a distinctive circulation pattern, as a result of its location with respect to the open sea. Seawater inflow is influenced by the different widths of the two mouths, its low depth, high summer

evaporation levels and by the effect of islands inside the basin on surface currents. Similar environments are rare in the Mediterranean, since their distinctiveness is the result of a number of factors, which, while creating difficult survival conditions, allow for colonisation by typical marine species. The formulation of management programmes for such environments is complex. Furthermore, it is difficult to establish management actions that can both prevent environmental decline and allow for the sustainable resource exploitation, providing an economic return for coastal populations. Awareness exists, however, that exploitation of areas with high levels of environmental fragility, if managed in a sustainable fashion, often represents the only means to preserve them. The recovery and restoration of biotopes of naturalistic interest may also take place through the rational exploitation of natural resources (perhaps through a return to systems of cultivation that are currently no longer in use), provided that it is carried out with an awareness of their environmental value.

1. INTRODUZIONE

Le aree umide costiere, in cui è possibile includere lo Stagnone di Marsala (Trapani, Sicilia occidentale), sono ambienti di transizione che occupano la stretta fascia all'interno delle aree litorali e continentali. Il diffondersi negli ultimi tempi di una più profonda coscienza ecologica e di salvaguardia dell'ambiente ha consentito la rivalutazione dell'importanza della presenza nella biosfera di sistemi che fungono da interfaccia tra oceano e terre emerse. L'interesse per questi ambienti nasce dalla consapevolezza che essi sono il luogo ideale per la riproduzione o lo svezzamento di molte specie ittiche, nonché per la sosta di molte specie di uccelli durante le migrazioni, anche se risulta alquanto riduttivo immaginare per queste aree una destinazione esclusivamente naturalistica. Tuttavia, malgrado l'importante valore naturalistico ed ecologico degli ambienti umidi costieri, molto spesso si assiste all'incremento della pressione antropica su questi biotopi attraverso la realizzazione di opere di urbanizzazione, di coltivazioni agricole intensive, di attività industriali lungo i loro margini, di opere di trasformazione dei terreni circostanti, ecc...

Fortunatamente cresce anche la coscienza del ritorno economico che questi ambienti possono dare se ben tutelati e gestiti secondo uno sviluppo sostenibile e si fanno strada nuove filosofie di gestione dell' "ambiente per l'ambiente", al fine di salvaguardare le aree di pregio ambientale e ripristinare l'originale impronta naturale nelle zone soggette ad impatto antropico. È evidente che la realizzazione di adeguati programmi di gestione e di valorizzazione non può prescindere da una conoscenza scientifica delle caratteristiche ambientali e della sostenibilità delle aree in cui si intende operare un qualsiasi intervento. Infatti, ogni biotopo costiero, presentando caratteristiche peculiari, necessita, dal punto di vista gestionale, di interventi specifici mirati alla sua utilizzazione, con programmi di sviluppo rispettosi degli aspetti protezionistici, volti non solo alla valorizzazione, ma anche alla conservazione della biodiversità e degli equilibri originali.

Lo Stagnone di Marsala rappresenta una delle aree umide più caratteristiche ed interessanti dell'intero bacino del Mediterraneo. Esso è stato finora oggetto di numerosi studi che ne hanno messo in evidenza le caratteristiche abiotiche e biotiche. Quest'area, da sempre nota per il patrimonio storico e archeologico, si è posta, infatti, sin dal secolo scorso all'attenzione degli studiosi che intravedevano la possibilità di sfruttamento sia come luogo di acquacoltura intensiva, ostricoltura e mitilicoltura che di pesca (DODERLEIN, 1864; BULLO *et al.*, 1899). MOLINIER & PICARD (1953), ARENA (1961), CAVALLIERE (1961), GENOVESE (1969) e CAVALLARO *et al.* (1977) hanno descritto alcune caratteristiche della flora e della fauna dello Stagnone. Più recentemente sono stati approfonditi, attraverso molteplici studi aspetti inerenti la qualità delle acque (MAZZOLA & SARÀ, 1995; SARÀ *et al.*, 1996; PUSCEDDU *et al.*, 1997; CAMPOLMI, 1998), i popolamenti vegetali ed animali (PIRAINO & MORRI, 1990; RIGGIO & CHEMELLO, 1992; TUMBILOLO *et al.*, 1992; CALVO *et al.*, 1997; CAMPOLMI *et al.*, 1997; CAMPOLMI, 1998; MAIMONE *et al.*, 1998; SCILIPOTI, 1998; VIZZINI & SCILIPOTI, 1999; CALVO *et al.*, 2000), e i flussi della materia organica lungo le reti trofiche (VIZZINI & MAZZOLA, 2002; VIZZINI *et al.*, 2002). Esigue sono, invece, le conoscenze sugli aspetti geologici dell'area (AGNESI *et al.*, 1993).

I principali studi naturalistici hanno messo in risalto l'elevato valore ecologico dell'area che scaturisce da importanti peculiarità biologiche quali la formazione di alghe *aegagropile* (CALVO *et al.*, 1981) e la fauna invertebrata ad esse associata (SPARLA & RIGGIO, 1983-84; 1985; RIGGIO & SPARLA, 1990); la presenza all'interno della laguna di aree di *nursery* di numerose specie ittiche (SARÀ *et al.* 1996); l'evoluzione di specie endemiche (CATTANEO-VIETTI & CHEMELLO, 1991); il gigantismo delle spugne (CORRIERO, 1987; CORRIERO *et al.*, 1989); la presenza di *Posidonia oceanica* (L.) Delile in formazioni ad "atollo" (CALVO & FRADÀ-ORESTANO, 1984); la crescita di un *recife barrière* (BOMBELLI, 1984; CALVO & FRADÀ-ORESTANO, 1984); la presenza di specie ittiche rare e poco note quali *Pomatoschistus tortonesei* (Gobiidae) (MILLER, 1968) e *Opeatogenys gracilis* (Gobiesocidae) (VIZZINI & SCILIPOTI, 1999); la presenza all'interno dello Stagnone di aree di sosta durante la migrazione dell'avifauna, soprattutto di palmipedi e trampolieri, dall'Africa all'Europa (MASSA, 1973; MASSA, 1985; LO VALVO & MASSA, 1999).

Tutte queste particolarità ci permettono di considerare lo Stagnone un vero laboratorio a dimensione naturale e di porlo tra le zone umide di interesse mondiale (RIGGIO & CHEMELLO, 1992). Inoltre, lo Stagnone di Marsala si inserisce tra le Riserve Naturali Orientate in cui l'aspetto protezionistico va inquadrato nell'ambito dinamico che prevede sia la tutela di flora e fauna che la messa in atto di interventi di recupero nel caso in cui si verificano casi di sofferenza ambientale in seguito ad attività antropiche. La riserva è stata

istituita con Decreto n. 215 del 7 Luglio 1984 ed è stata, successivamente, affidata in gestione alla Provincia Regionale di Trapani con Decreto n. 360 del 14 Febbraio 1987. L'area protetta comprende sia il bacino lagunare che le isole Grande, Santa Maria, Scuola e S. Pantaleo. Inoltre, una parte della terraferma, di recente ridotta in modo sostanziale, costituisce la zona di pre-riserva. Per quanto riguarda l'utilizzo della laguna, nel territorio della riserva è consentito esercitare la salicoltura e le attività di acquicoltura, esclusivamente di tipo estensivo, nelle vasche di "fredda" delle saline. Nell'ambito delle pratiche colturali è, però, vietato attuare interventi che determinino variazioni nella profondità dei bacini salanti ed impoverimenti faunistici. La pesca, invece, viene regolamentata direttamente dall'Ente gestore.

2. PARAMETRI DESCRITTIVI DEL BACINO IDROGRAFICO

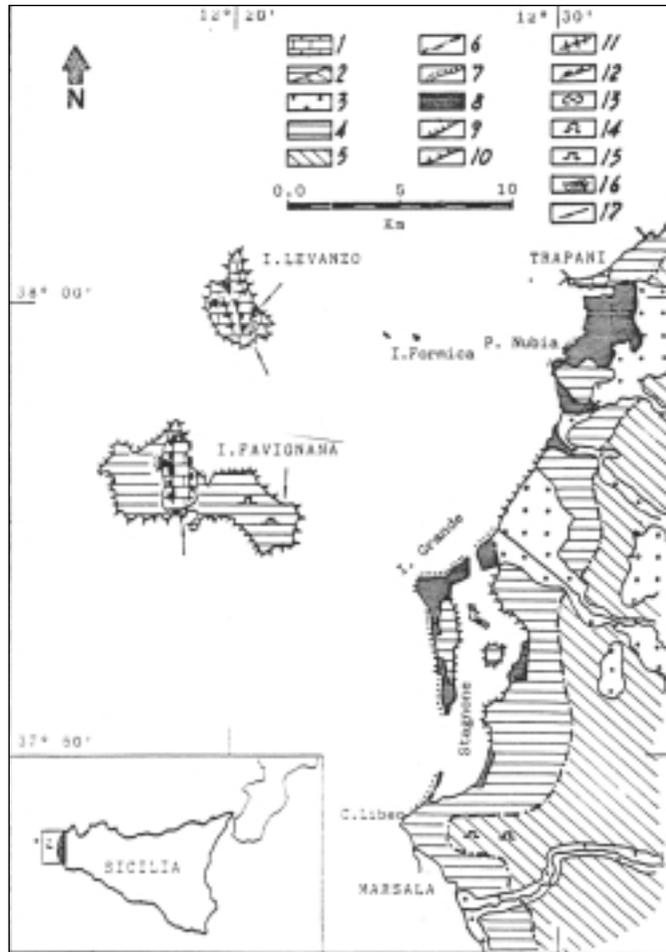
2.1 Caratteri geomorfologici

L'area che comprende la costa tra Trapani e Marsala appartiene ad un'ampia piattaforma di abrasione marina del Pleistocene superiore (calcareniti detritiche organogene di tipo a panchina), caratterizzata da estesi affioramenti di depositi pleistocenici, in parte ricoperti da alluvioni oloceniche ed attuali e da sabbie costiere (Fig.1) (AGNESI *et al.*, 1993). Attualmente all'interno del bacino delimitato dall'Isola Grande distante nel punto più ampio soltanto 3 Km dalla costa, è possibile distinguere tre isole: S. Maria, l'Isola della Scuola e S. Pantaleo, corrispondente all'antica *Mothya*, famosa per essere stata il primo insediamento fenicio in Sicilia e per la presenza della cosiddetta "Strada Romana" (in realtà di epoca fenicia, VIII-VII sec. a.C.), parzialmente sommersa, che la collega alla costa (Fig. 2).

Le linee di costa sono caratterizzate dalla presenza di una ripa di erosione impostata su depositi tirreniani, a cui, talvolta, si sostituiscono cordoni litorali (AGNESI *et al.*, 1993). L'attuale dinamica costiera è in primo luogo responsabile della dispersione dei sedimenti provenienti da nord, che tendono a colmare l'area favorendo la formazione di due tomboli tra l'Isola Grande e la costa. L'accrescimento delle frecce litorali dell'estremità meridionali dell'Isola Grande (Punta Stagnone), inoltre, sembra individuare una tendenza al collegamento tra questa e Punta d'Alga (AGNESI *et al.*, 1993) e prefigurare quindi la chiusura di questo braccio di mare.

Allo sviluppo delle attività di salicoltura si deve l'odierna conformazione dello Stagnone con l'unione in un solo corpo dell'attuale Isola Grande a partire dai tre isolotti (Borrone, Favilla, Cernisi) che, almeno fino ai primi del 1800, erano separati dalla presenza di canali artificiali.

Fig. 1 — Morfologia dell'area dello Stagnone di Marsala: 1) substrato mesozoico-terziario; 2) depositi pleistocenici; 3) alluvioni oloceniche ed attuali; 4) piattaforma di abrasione tirreniana; 5) piattaforma di abrasione pretirreniana; 6) probabile linea di riva tirreniana; 7) cordoni litorali; 8) saline; 9) ripe di erosione; 10) falesie; 11) creste; 12) scarpate di faglia; 13) depressione tettono-carsica; 14) grotte; 15) cave; 16) conoidi di detrito (da AGNESI *et al.*, 1993).



2.2 Caratteri meteorologici

Il clima della regione è prettamente mediterraneo con precipitazioni medie annue intorno ai 600 mm e temperature medie mensili comprese tra circa 10 e 27°C (dati reperiti presso il Servizio Tecnico Idrografico della Regione Sicilia e il Centro Nazionale di Meteorologia e Climatologia dell'Aeronautica Militare di Pratica di Mare, RM). Le precipitazioni risultano massime nel periodo autunnale ed inizio inverno mentre un picco secondario si riscontra generalmente all'inizio della primavera. L'umidità relativa (%) risulta in tutti i mesi piuttosto elevata (media annuale circa 70%) con picchi nel periodo autunnale ed inizio inverno. L'area dello Stagnone risulta caratterizzata da venti intensi e frequenti dal momento che i giorni di calma risultano

sporadici nell'arco annuale. L'intensità del vento mostra generalmente valori più elevati in inverno, primavera e tardo-autunno, mentre nel periodo compreso tra agosto e ottobre si registrano i valori minimi. L'analisi della frequenza oraria mette in evidenza picchi di intensità tra le 12 e le 15 del pomeriggio. I venti più frequenti ed intensi provengono dal II e dal IV quadrante.

3. PARAMETRI DESCRITTIVI DEL CORPO D'ACQUA

Lo Stagnone di Marsala (Lat. $37^{\circ}52'$ N, Long. $12^{\circ}28'$ E) è un braccio di mare semichiuso (Fig. 2), che si estende per circa 21 km^2 (ampiezza circa 1.8 km e lunghezza circa 11 km) lungo la costa della Sicilia occidentale. Il bacino

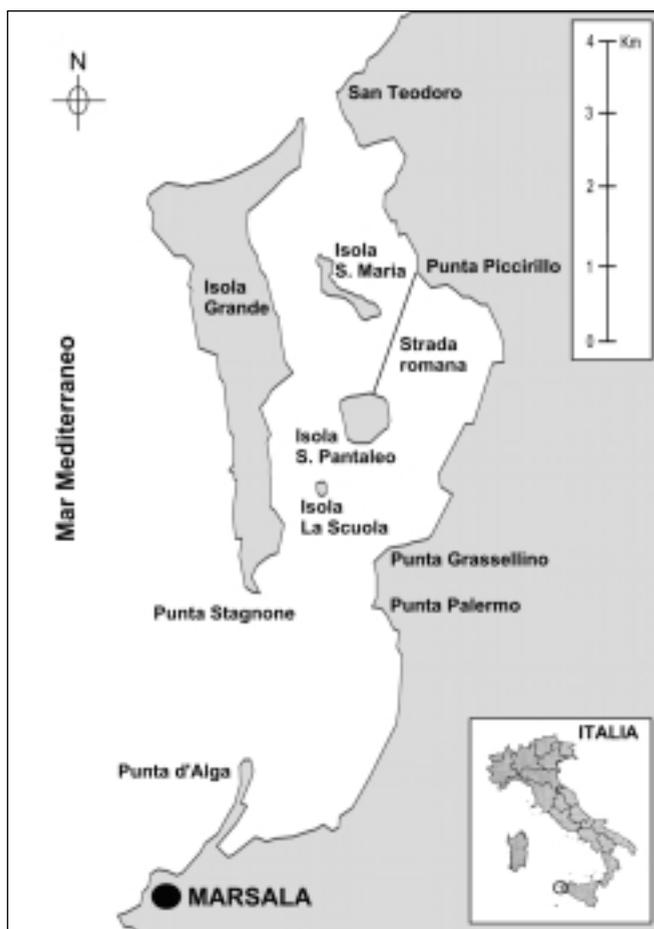


Fig. 2 — Lo Stagnone di Marsala (Sicilia occidentale).

è ubicato a nord della città di Marsala. L'intera zona è caratterizzata da basso fondale, di natura sabbioso-fangosa e detritica con rari affioramenti calcarei sparsi all'interno del bacino e più consistenti nell'area compresa tra S. Pantaleo e l'isolotto di S. Maria.

Il bacino dello Stagnone da un punto di vista strettamente geomorfologico può essere suddiviso nei due sottobacini settentrionale e meridionale. Il primo si estende per circa 1400 ettari, ha una profondità media di 0.5 m e costituisce il "vero" Stagnone di Marsala per le sue caratteristiche di ambiente confinato. Il bacino meridionale che è, invece, più aperto al mare, si estende per circa 600 ettari e ha una profondità media di 1.5 m.

L'apporto di acque dolci nello Stagnone di Marsala risulta molto limitato come è anche suggerito dall'elevato tenore alino del bacino, maggiore di quello del mare antistante (SARÀ *et al.*, 1995; PUSCEDDU *et al.*, 1997). Mancano corsi di acqua o altri apporti superficiali importanti, mentre per quanto riguarda gli apporti di acque profonde alcuni affioramenti di natura freatica sono presenti esclusivamente nella zona settentrionale in prossimità della bocca nord. Il corso d'acqua più vicino è rappresentato dal Fiume Birgi. Recentemente alcuni interventi di bonifica hanno rettificato il tracciato terminale del fiume determinando uno spostamento della foce verso sud.

Il regime idrico del bacino è condizionato dalla presenza delle due bocche tramite le quali è assicurato il collegamento con il mare antistante: la bocca nord, in corrispondenza di S. Teodoro, è ampia circa 450 m, con profondità che variano tra i 10 ed i 30 cm, e la bocca sud, compresa tra Punta Stagnone (sull'Isola Grande) e Punta d'Alga, è larga 1350 m con profondità media di 2 m. Nella regione occidentale della bocca settentrionale viene periodicamente scavato un canale (ampiezza 20 m e profondità 1 m) che migliora le condizioni idrologiche locali.

La bibliografia attuale riguardante lo Stagnone dispone di differenti ipotesi di circolazione. La prima, proposta da DI PISA & RIGGIO (1982), descrive la laguna come un sistema caratterizzato dall'ingresso di acque forzato da venti prevalenti da nord/ovest e da un meccanismo di carico e scarico attraverso le due bocche determinato dal continuo susseguirsi delle escursioni di marea. La seconda ipotesi è uno sviluppo della prima ed è proposta all'interno di un lavoro riguardante il ruolo delle lagune costiere nella segregazione di nuovi *taxa* marini (RIGGIO & CHEMELLO, 1992). Secondo questa ipotesi le masse di acqua vengono spostate dal bacino settentrionale verso sud a causa dei venti prevalenti di nord/ovest e delle basse profondità. Un volume d'acqua maggiore sarebbe, invece, portato dentro il bacino attraverso la bocca sud con i rari venti meridionali. Le maree contribuirebbero al ricambio delle acque specialmente creando un flusso di corrente in direzione nord. Con le alte maree primaverili si andrebbe incontro ad un

accrescimento delle masse d'acqua dell'intero bacino, mentre un sensibile abbassamento si manifesterebbe col declino della marea, compensato parzialmente da correnti guidate dal vento. Una terza ipotesi è proposta da MAZZOLA & SARÀ (1995) sulla base dell'analisi di variabili chimico-fisiche (temperatura, salinità, ossigeno disciolto, pH) e trofiche (clorofilla-*a* e feopigmenti, materia organica, inorganica e totale in sospensione; glucidi, lipidi e protidi) delle acque (Fig. 3). La bocca nord è caratterizzata da elevate velocità di flussi dell'acqua che crea importanti fenomeni di turbolenza che, a loro volta, causano una continua risospensione del sedimento. Il materiale particellato risospeso viene trasportato preferenzialmente lungo il canale ovest, lambendo l'Isola di S. Maria e convergendo nell'area compresa tra la stessa isola e S. Pantaleo, creando una importante zona di accumulo di

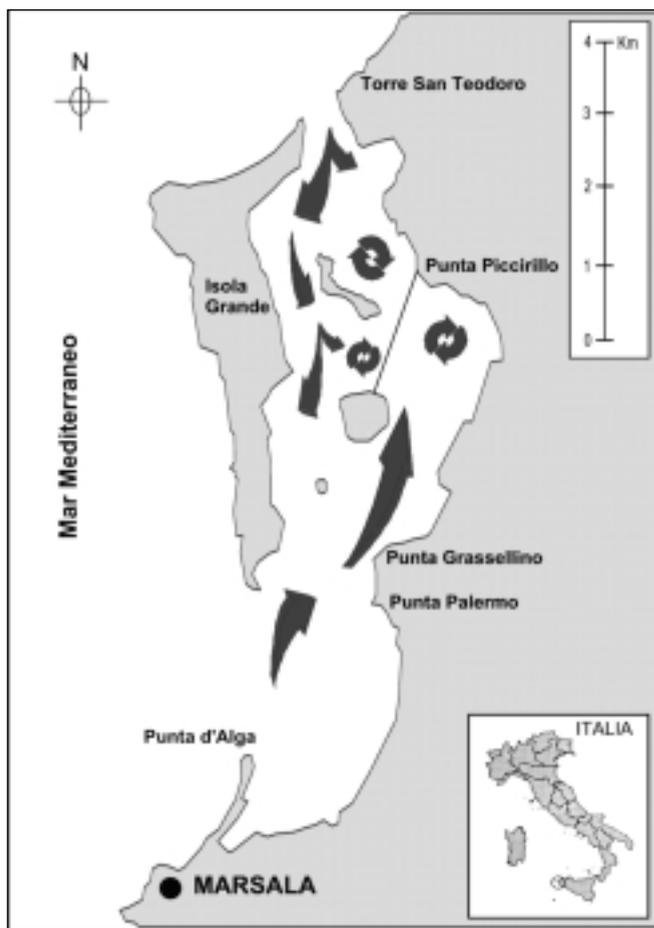


Fig. 3 — Schema della circolazione all'interno dello Stagnone di Marsala (da MAZZOLA & SARÀ, 1995).

materiale organico particellato associato ad elevate quantità di materiale inorganico. Il materiale organico viene poi trasportato verso sud, subendo una graduale riduzione a causa della pressione esercitata dagli organismi. Anche le caratteristiche chimico-fisiche dell'acqua in entrata a S. Teodoro vanno mutando proseguendo lungo il canale ovest. I valori di temperatura e salinità aumentano in direzione nord-sud. In corrispondenza della parte meridionale dell'Isola Grande la presenza di reef di *P. oceanica* crea una barriera al movimento delle masse d'acqua che non si mischiano con le vicine acque dell'area prospiciente Punta Palermo e Punta Grassellino. L'altra via d'accesso delle acque alla laguna è costituita dal fronte che si estende a sud, di fronte a Punta Palermo. Benché la bocca sud abbia profondità ed ampiezza maggiori rispetto all'apertura settentrionale, il fattore che assume il ruolo guida nell'idrodinamica del sistema è la velocità con cui le masse d'acqua entrano nella laguna. Ne consegue che in corrispondenza di Punta Palermo si registra una minore velocità dei flussi, fattore che impedisce alle acque in entrata da sud di spingersi all'interno del sottobacino settentrionale e che fa sì che il ricambio idrico generato dalla bocca sud sia limitato al solo sottobacino meridionale. Inoltre, la bocca sud funge in egual modo tanto da via d'accesso quanto di deflusso delle acque.

Osservazioni più recenti (PUSCEDDU *et al.*, 1997) supportate anche da dati correntometrici (CAMPOLMI, 1998; SARÀ *et al.*, 2001) e da un modello idrodinamico (BALZANO *et al.*, 1998) hanno fornito delle conferme, ma anche degli sviluppi di questo modello di circolazione mettendo ancora in maggior risalto il differente ruolo che le due bocche esercitano nell'instaurazione del regime idrologico dello Stagnone di Marsala. Infatti, la limitata ampiezza e profondità della bocca nord fanno sì che nell'area settentrionale dello Stagnone vi sia uno scambio ridotto con l'esterno che interessa, probabilmente, soltanto la zona in prossimità dell'apertura, come confermato dalle modeste velocità delle correnti registrate all'estremità settentrionale dell'Isola di S. Maria, non distante dalla bocca nord. Di contro, in corrispondenza della bocca meridionale che presenta maggiore ampiezza e profondità, le correnti sembrano determinate principalmente dalle escursioni tidali e, in minor misura, dall'azione dei venti. Attraverso la bocca sud avviene un notevole e continuo scambio d'acqua con l'esterno che determina il costante rinnovamento delle acque dell'area meridionale dello Stagnone in cui le caratteristiche chimico-fisiche risultano simili a quelle del mare prospiciente.

Recentemente nell'ambito di "LaguNet", rete nazionale che si occupa dello studio degli ambienti lagunari, è stato applicato allo Stagnone il modello LOICZ (Land Ocean Interactions in Coastal Zones; GORDON *et al.*, 1996) che consiste in un approccio basato sui bilanci di massa che permette di incrementare le informazioni sui flussi dei nutrienti e sulle funzioni ecosiste-

niche. Tramite questo modello è stato possibile ricavare il tempo di residenza delle acque dello Stagnone relativamente all'anno 1996 che è stato stimato in circa 65 giorni (CALVO *et al.*, 2005).

4. INDICATORI FISICI, CHIMICI E BIOLOGICI DI FUNZIONALITÀ ECOSISTEMICA

4.1 Caratteri idrologici

I valori di temperatura e salinità dello Stagnone di Marsala sono quelli tipici degli ecosistemi costieri di bassofondo iperalini. La temperatura dell'acqua (min. $\sim 10^{\circ}\text{C}$, max. $\sim 30^{\circ}\text{C}$) assume, infatti, valori più elevati in estate e più bassi in inverno rispetto a quelli del mare prospiciente a causa dei bassi fondali, mentre la salinità (min. $\sim 33\%$, max. $\sim 48\%$) risulta generalmente superiore a quella del mare nell'intero ciclo annuale (SARÀ *et al.*, 1995; PUSCEDDU *et al.*, 1997). Tali variabili, inoltre, vanno incontro a notevoli fluttuazioni stagionali, con valori massimi in estate e minimi in inverno. I valori di pH sono, in genere, superiori a quelli delle acque tipicamente marine assumendo valori medi annuali di circa 8.5/9 unità; all'interno del bacino è, comunque, evidente una elevata omogeneità. L'ossigeno disciolto presenta concentrazioni medie annue di circa 8 mg l^{-1} con valori massimi in primavera ed autunno in concomitanza dei periodi di maggiore produzione primaria.

Le concentrazioni di nutrienti sono caratteristiche di un ambiente oligotrofico (PO_4^{3-} : $0.03 \mu\text{g l}^{-1}$; NH_3 : $0.6 \mu\text{g l}^{-1}$; NO_2^- : $0.01 \mu\text{g l}^{-1}$; NO_3^- : $2.0 \mu\text{g l}^{-1}$). Lo Stagnone di Marsala, sebbene morfologicamente possa essere considerato una laguna costiera, a differenza di altre aree lagunari risulta un ambiente fortemente influenzato dal mare e con tenori di produttività primaria fitoplanctonica paragonabili a quelli del mare aperto, ovvero caratterizzato da condizioni di oligotrofia (clorofilla-*a* $< 1 \mu\text{g l}^{-1}$) (PUSCEDDU *et al.*, 1997; SARÀ *et al.*, 1999). I valori di clorofilla mostrano comunque un *trend* stagionale con concentrazioni maggiori in primavera ed autunno rispetto alle altre stagioni, mentre non sono evidenziabili variazioni spaziali. La concentrazione di clorofilla, inoltre, domina (in media il 75% dei pigmenti cloroplastici equivalenti) quella dei feopigmenti, indicando la presenza di fitoplancton fotosinteticamente attivo. Comunque il fitoplancton in media costituisce una piccola percentuale del *pool* della materia organica in sospensione. Si può quindi assumere che la maggior parte della materia organica in sospensione è costituita da materiale detritale (non vivente) e/o di origine eterotrofa.

Data l'oligotrofia dell'area, la colonna d'acqua presenta un'elevata trasparenza durante la calma di vento. A causa, però, dei frequenti ed intensi

venti che innescano fenomeni di risospensione, la trasparenza dell'acqua si riduce drasticamente.

Per quanto riguarda la comunità batterica, i primi studi sono stati condotti da GENOVESE (1969) il quale evidenzia una elevata carica di batteri eterotrofi che è stata messa in rapporto al drenaggio dei terreni agricoli circostanti durante le piogge invernali. I coliformi, invece, sono stati riscontrati in modeste densità. Anche gli studi di CALVO *et al.* (1986), riguardanti diverse aree dello Stagnone, rilevano le buone condizioni igienico-sanitarie dell'area settentrionale (scarsa presenza di coliformi), specialmente se confrontate con quelle della zona meridionale, e l'elevata densità di batteri eterotrofi. Osservazioni più recenti confermano le elevate densità della componente batterica eterotrofa (MIRTO *et al.*, 2004). Pertanto, a distanza di alcuni decenni, le condizioni generali della comunità batterica non sembrano modificate.

4.2 Caratteri sedimentologici ed accoppiamento bento-pelagico

L'analisi granulometrica del sedimento suggerisce che la frazione tessiturale predominante è costituita dalla componente sabbiosa ad eccezione delle stazioni più interne (VIZZINI, 2000). Infatti, la componente pelitica si riscontra in elevata percentuale laddove si verificano fenomeni di scarso idrodinamismo, ossia tra le isole di Santa Maria e San Pantaleo, e la vegetazione risulta affiorante costituendo una trappola per la materia in sospensione (SARÀ *et al.*, 1999). In generale, si può evidenziare una graduale tendenza all'assottigliamento della matrice in relazione al grado di "confinamento" (*sensu* GUELORGET & PERTHUISOT, 1983), in cui la granulometria dei sedimenti tende a seguire un modello ad aree concentriche con le particelle più fini presenti nella zona centrale del bacino (Fig. 4) (VIZZINI, 2000). L'origine della componente più fine può essere attribuita, in un ambiente come lo Stagnone in cui non sussistono importanti apporti terrigeni, alla risospensione dei fanghi marini dei fondali antistanti.

È stato suggerito che il sottobacino meridionale è caratterizzato da una costante vivificazione marina e dalla presenza di detrito recentemente generato (PUSCEDDU *et al.*, 1997). Al contrario, il sottobacino settentrionale sembra influenzato dal mare aperto solo quando spirano forti venti provenienti da nord-nord/ovest e sembra caratterizzato dalla presenza di materia organica particellata derivante da fenomeni di risospensione causati dalle onde generate dal vento. Probabilmente queste due condizioni contrastanti, portano alla prevalenza dei processi di risospensione e sedimentazione rispettivamente nei sottobacini settentrionale e meridionale. La parte settentrionale, maggiormente esposta a stress eolico e parzialmente ricoperta da vegetazione è caratterizzata da un grande accumulo di materia particellata in sospensione.

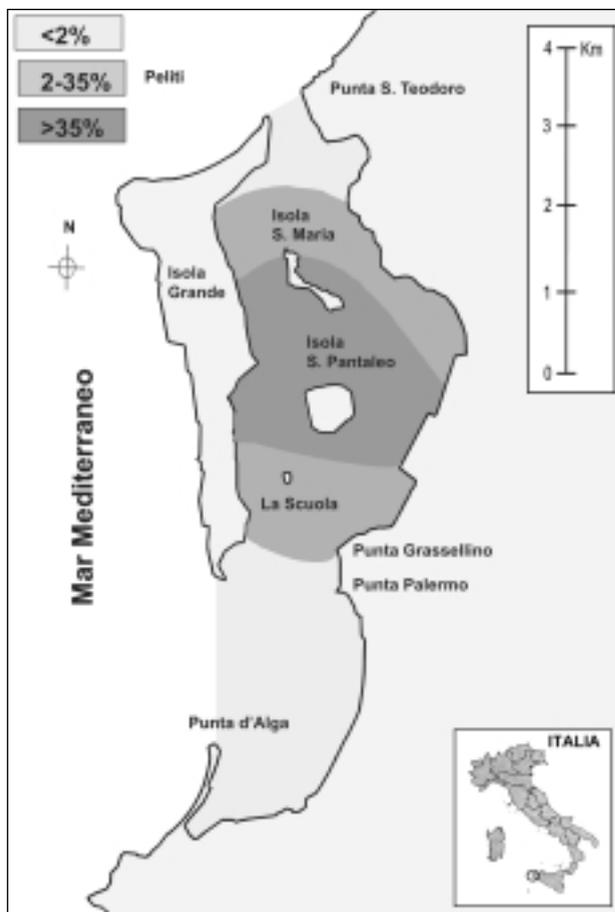


Fig. 4 — Distribuzione ad aree concentriche della componente pelagica nello Stagnone di Marsala (da VIZZINI, 2000).

È stato calcolato che quando la velocità del vento supera i 4 m s^{-1} si verificano significativi effetti di risospensione (SMAAL & HAAS, 1997). Nell'area settentrionale la velocità del vento spesso supera $4\text{-}5 \text{ m s}^{-1}$ nel corso dell'anno (SARÀ *et al.*, 1999). Questo risultato, insieme alla profondità molto ridotta (circa 0.5 m), conferma l'ipotesi che nel sottobacino settentrionale, la risospensione può essere considerata come il principale fattore che causa le elevate concentrazioni di materia in sospensione e l'accoppiamento bento-pelagico. Spostandosi da nord a sud l'esposizione al vento decresce e la copertura vegetale aumenta, così come la profondità dell'acqua. Di contro la concentrazione della materia organica totale in sospensione e quella di tutte le sue componenti biochimiche, ad esclusione delle proteine particellate, gradualmente decresce, come risultato probabile degli effetti di sedimentazione. Una conferma del modello di disponibilità del materiale organico in sospensione

per i consumatori viene dalla composizione isotopica del carbonio organico particellato (POC) (MAZZOLA *et al.*, 1999). Il $\delta^{13}\text{C}$ del POC ha, infatti, un valore pari a circa -20% nelle stazioni posizionate in vicinanza della bocca nord, indicando una origine prevalentemente fitoplanctonica del materiale sospeso, mentre più a sud questo valore aumenta (circa -13% , valore che comunque diventa più negativo nei periodi primaverile ed autunnale per l'incremento della produzione fitoplanctonica) indicando un contributo elevato del comparto macroalghe e, soprattutto, fanerogamico.

PUSCEDDU *et al.* (1997) hanno evidenziato che la concentrazione di materia organica sedimentaria nell'area di studio mostra un modello opposto rispetto a quello della materia organica in sospensione, con le concentrazioni più basse nel sottobacino settentrionale che vanno gradualmente accrescendosi avvicinandosi alle formazioni di *P. oceanica* a sud. Si può quindi sostenere che l'effetto della risospensione sulla quantità di materia organica in sospensione sembra, spostandosi da nord a sud, essere sostituito dall'effetto della sedimentazione dovuto alla diminuzione della forzante eolica, all'aumento della profondità e alla presenza di *P. oceanica*. Questi dati confermano che nello Stagnone di Marsala si verifica un compromesso tra la risospensione indotta dal vento e la sedimentazione indotta da *P. oceanica*, processi che condizionano rispettivamente l'esportazione e l'accumulo di materiale organico (PUSCEDDU *et al.*, 1999).

4.3 Caratteri fito- e zoo-cenotici

La biocenosi fitoplanctonica subisce una progressiva diminuzione in ricchezza specifica seguendo il gradiente di confinamento, ossia dalle zone di bocca a quelle più interne, ma non si verifica l'arricchimento in specie dulciacquicole tipico dei bacini fortemente influenzati dagli apporti continentali (MAIMONE *et al.*, 1998). La struttura delle comunità fitoplanctoniche nelle aree più interne non si differenzia, infatti, da quelle delle aree di bocca a conferma delle caratteristiche non prettamente lagunari dello Stagnone. Il fitoplancton va incontro ad un picco primaverile ed ad uno meno marcato in autunno. I fitoflagellati costituiscono il *taxon* più rappresentato con un'incidenza media del 60%, seguito da diatomee (più abbondanti le forme pennate), cianoficee, dinoflagellati e cloroficee. La densità cellulare va incontro a repentine variazioni quantitative dovute alle rigide escursioni termiche e saline che caratterizzano le zone più interne a bassa profondità (MAIMONE *et al.*, 1998). Nonostante la bassa concentrazione di clorofilla-*a* e di biomassa fitoplanctonica, il tasso fotosintetico risulta elevato ($2 \text{ mg C m}^3 \text{ h}^{-1}$; MAGAZZÙ, 1977), indicando un alto tasso di crescita fitoplanctonica (0.93 ± 0.55 ; MAGAZZÙ, 1982). Ciò è possibile solo grazie ad un rapido riciclo dei nutrien-

ti supportato da elevata densità ed attività batterica (GENOVESE, 1969; MIRTO *et al.*, 2004).

La fauna e la vegetazione del bacino appartengono essenzialmente alla serie talassica tranne che nella zona nord-occidentale dove è possibile riscontrare occasionalmente *Lamprothamnium papulosum* (Wallroth), alga appartenente alla famiglia delle Characeae e tipica degli ambienti lagunari condizionati da apporti di acque dolci. In passato la presenza di quest'alga è stata messa in relazione ad alcuni affioramenti di natura freatica e al processo di interrimento dovuto agli apporti terrigeni del fiume Birgi (CALVO *et al.*, 1982).

La vegetazione sommersa dello Stagnone di Marsala comprende sostanzialmente popolamenti a rizofite come ipotizzabile dalla dominanza di sedimenti fangoso-sabbiosi (CAVALLARO *et al.*, 1977; VIZZINI, 2000). Le specie più frequenti appartengono alla serie evolutiva di *P. oceanica*. L'associazione dominante è il *Cymodocetum nodosae*. Dove il substrato è più fine e minore l'idrodinamismo, ossia nella zona centrale dello Stagnone, *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson si associa a *Caulerpa prolifera* (Forsskål) Lamouroux, mentre in corrispondenza della due bocche predomina una *facies* a *Cymodocea* (CAVALLARO *et al.*, 1977; CALVO *et al.*, 1980; CALVO *et al.*, 1982). Rilevante risulta, inoltre, l'associazione *Posidonietum oceanicae*, presente nella porzione centrale e meridionale del bacino. In particolare, nella zona centrale dello Stagnone *P. oceanica* colonizza circa il 12% del substrato (pari a 148,5 ha) (CALVO *et al.*, 1997). All'interno dello Stagnone, inoltre, a causa del difficile equilibrio tra processi di sedimentazione e di risospensione, la crescita di questa fanerogama determina la formazione di strutture particolari, costituite da cordoni che raggiungono la superficie dell'acqua, una sorta di barriera naturale nei confronti dei movimenti dell'acqua (CALVO *et al.*, 1982, 1997). Queste formazioni si sviluppano perpendicolarmente alla linea di costa dell'Isola Grande e segnalano il limite sud del bacino lagunare vero e proprio. Caratteristica, inoltre, è la forma ad atollo (diametro di 10-20 m) nella parte compresa tra S. Pantaleo e S. Maria (CALVO & FRADÀ-ORESTANO, 1984). Formazioni simili a queste sono state riscontrate esclusivamente lungo la costa sud/est della Tunisia (BLANPIED *et al.*, 1979). *P. oceanica*, probabilmente molto più estesa in passato, è attualmente in uno stato di progressiva regressione (CALVO *et al.*, 1982). I popolamenti ad aptofite hanno scarsa estensione per la quasi assenza dei substrati duri. Frequenti sono i popolamenti a pleustofite, ricchi di forme *aegagropilae* (a struttura sferoidale libera) tipiche di ambienti lagunari subtropicali. Tra queste *Valonia aegagropila* C. Agardh, *Rytiphlaea tinctoria* (Clemente) C. Agardh, *Cladophora echinus* (Biaioletto) Kützinger, che spesso costituiscono aegagropili complessi, sferici nel periodo estivo e più irregolari nella forma durante il periodo autunnale ed invernale (CALVO *et al.*, 1980; ORESTANO & CALVO, 1985). Tra le Corallinaceae:

Mesophillum lichenoides e *Lithothamnion fruticosum* formano strutture denominate rodoliti dalla classe di alghe cui appartengono (Rhodophyceae) (CALVO *et al.*, 1980). Questi ultimi sono particolarmente interessanti poiché presenti nelle Biocenosi dei Fondi Detritici Costieri dei substrati mobili del Circalitorale mediterraneo.

Anche la fauna, per diversi aspetti, mostra caratteristiche peculiari. Gruppi abbondanti tra il macrozoobenthos sessile sono: Demospongie e Tunicati coloniali presenti sui rizomi di *P. oceanica* e sui talli di *Cystoseira* spp. (RIGGIO & CHEMELLO, 1992), Idrozoi epibionti sulle lamine di *P. oceanica* e *C. nodosa* (PIRAINO & MORRI, 1990) e Briozoi su *P. oceanica* (GRISTINA & BALDUZZI, 1990). Tra i Policheti, Syllidi ed Eunicidi sono presenti in gran quantità nelle aree più ricche di vegetazione caratterizzate da *Cystoseira* spp. e *R. tinctoria* ed in numero ridotto nei sedimenti. Abbondanti anche Anfipodi e Tanaidacei, specialmente all'interno delle *aegagropilae* di *R. tinctoria* (SPARLA & RIGGIO, 1983-84, 1985).

I Molluschi rappresentano il gruppo tassonomico più ricco di specie, più di 130, costituito in prevalenza da Gasteropodi (Fig. 5) presenti con numerosi morfotipi (RIGGIO & CHEMELLO, 1992; CHEMELLO *et al.*, 1998). La malacofauna che costituisce un popolamento stabile e con una composizione specifica omogenea nel corso dell'anno, è formata da specie marine che risultano ben adattate ad un ambiente a caratteristiche lagunari (TUMBIOLO *et al.*, 1992). Per quanto riguarda il popolamento a Molluschi, va, inoltre, segnalata la presenza di *Brachidontes pharaonis* (Fisher, 1870) (= *Brachidontes variabilis* Krauss, 1848) nella vasca di fredda della salina Ettore-Inferna adiacente e comunicante con lo Stagnone. Si tratta di un bivalve mitilide dell'Oceano Indiano e del Pacifico occidentale, molto comune anche lungo la fascia intertidale del Mar Rosso ed entrato nel Mediterraneo dopo l'apertura del Canale di Suez (1869). La vasca di fredda dello Stagnone risulta, al momento, l'area più occidentale

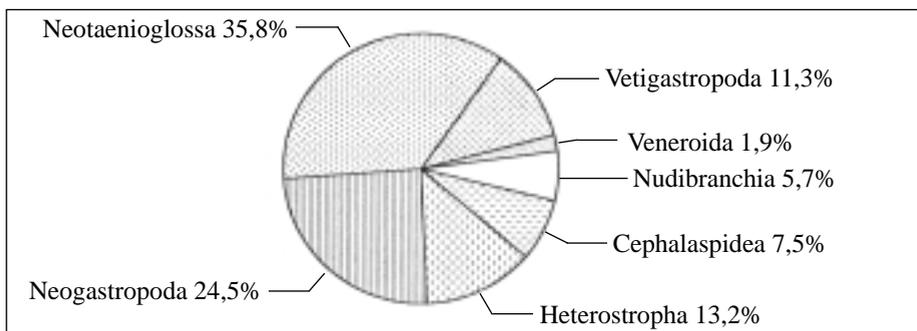


Fig. 5 — Distribuzione dei Molluschi dello Stagnone nei vari Ordini (da CHEMELLO *et al.*, 1998).

di ritrovamento di questa specie lessepsiana nel Mediterraneo (GIANGUZZA *et al.*, 1997). L'ipotesi più probabile che spiega la presenza di *B. pharaonis* nella salina è che la migrazione sia il risultato di un apporto antropico.

La meiofauna è un gruppo scarsamente rappresentato (MIRTO *et al.*, 2004). Questa componente presenta infatti densità molto ridotte comprese tra 97 ± 23 ind. 10 cm^{-2} nella zona settentrionale e 133 ± 21 ind. 10 cm^{-2} nella zona centrale (medie annuali). I Nematodi costituiscono il *taxon* dominante, seguito dai Copepodi Harpacticoidi e, in misura molto minore, dai Policheti.

Le ridotte conoscenze sulla componente zooplanctonica limitate al lavoro di ARENA (1976) che descriveva lo zooplancton come un popolamento composto principalmente da organismi meroplanctonici (larve di Brachiuri) e secondariamente da Ostracodi e Copepodi, sono state ampliate da CAMPOLMI *et al.* (1997) e CAMPOLMI (1998) che ha fornito un primo elenco faunistico delle specie presenti, corredato da dati relativi all'abbondanza dei singoli gruppi tassonomici sia su scala annuale che nel corso di cicli nictemerali. Il cenocline faunistico, spesso rilevato per le aree lagunari e che prevede una progressiva esclusione dei *taxa* marini procedendo verso le zone più lagunari, non si riscontra per la comunità zooplanctonica dello Stagnone di Marsala. Lo zooplancton è, infatti, caratterizzato da specie marine costiere presenti con densità decrescenti dal mare alle zone più interne. Il gruppo tassonomico più abbondante è quello dei Copepodi che costituisce più del 70% dell'intero popolamento, seguito dal meroplancton (soprattutto larve di Policheti, Gasteropodi e Decapodi). Nell'area più interna dello Stagnone la comunità zooplanctonica si differenzia per i bassi valori di abbondanza e per la dominanza di specie bento-fitali (soprattutto di Copepodi Harpacticoidi). Le uniche specie neritiche che riescono a penetrare nelle zone più interne sono quelle caratterizzate da un elevato grado di adattamento alle fluttuazioni delle variabili chimico-fisiche. Esse presentano, comunque, abbondanze bassissime a causa delle fluttuazioni delle variabili chimico-fisiche, dell'oligotrofia dell'area, della bassa batimetria e dell'abbondanza del detrito organico (CAMPOLMI *et al.*, 1997; CAMPOLMI, 1998) e non riescono a compiere all'interno dello Stagnone l'intero ciclo biologico.

Gli studi su alcuni gruppi zooplanctonici quali i Copepodi Calanoidi iperbentonici hanno anche prodotto importanti segnalazioni di nuove specie e di nuovi generi per il Mediterraneo. In particolare, all'interno dello Stagnone sono stati segnalati per la prima volta esemplari di due nuove specie quali *Stephos marsalensis* (Stephidae) (COSTANZO *et al.*, 2000) e *S. criptospinosus* (ZAGAMI *et al.*, 2000). Inoltre, sono stati esaminati esemplari di due nuove specie appartenenti ai generi *Paramisophria* sp. (Arietellidae) e *Pseudocyclops* sp. (Pseudocyclopidae) (Campolmi, *com. pers.*). È stata anche segnalata per la prima volta nel Mediterraneo la presenza di esemplari del genere *Metacalanus*

sp. (Arietellidae) (CAMPOLMI *et al.*, 1998), mentre esemplari di *Ridgewayia marki minorcaensis* (Ridgewayiidae) sono stati segnalati per la prima volta nel Mediterraneo centrale (CAMPOLMI *et al.*, 2000).

La comunità ittica dello Stagnone di Marsala è stata oggetto di alcuni studi che hanno fornito una dettagliata lista delle specie ittiche (CAVALLARO *et al.*, 1977; SARÀ *et al.* 1996; SCILIPOTI, 1998). Il popolamento ittico risulta costituito da specie residenti (n = 15) all'interno dello Stagnone e specie migratrici (n = 30) che utilizzano la laguna in maniera occasionale o come area di *nursery* (Tab. 1). Per queste ultime si conosce il calendario di rimonta (MAZZOLA, 1994).

La massima diversità biologica del popolamento ittico si registra nei mesi primaverili in cui si ha il maggiore contributo delle specie transienti, mentre nel periodo estivo i valori di diversità, sia in termini di ricchezza specifica che di equitabilità, subiscono un repentino decremento (SARÀ *et al.* 1996). In base ai valori di diversità biologica, è possibile dividere lo Stagnone in tre aree (SCILIPOTI, 1998). La prima corrisponde all'area centrale della laguna in cui sono presenti i minori valori di diversità specifica, la seconda è costituita dal tratto di mare compreso tra Punta Stagnone e Punta Palermo in cui il popolamento presenta la massima diversità. Infine, nelle aree in prossimità delle due bocche di comunicazione con il mare i valori di diversità risultano intermedi. Quanto più sono osservabili condizioni ambientali omogenee (o prettamente marine o prettamente lagunari) tanto più la diversità del popolamento ittico si mantiene costante.

La distribuzione delle specie ittiche residenti è, inoltre, correlata positivamente con la temperatura, al contrario di quanto si verifica per le specie transienti (SCILIPOTI, 1998). Il principale fattore strutturante la comunità ittica residente è, però, la complessità dell'habitat legata soprattutto al ricoprimento, alla densità, alla altezza e alla composizione in specie della vegetazione. In generale, lo Stagnone può essere suddiviso, anche per quanto concerne la complessità dell'habitat, in tre aree nelle quali dominano diverse specie ittiche: nelle zone di bocca, con bassa complessità, sono presenti i Mugilidi, *Pomatoschistus marmoratus* e *P. tortonesei* (Gobiidae) e *Aphanius fasciatus* (Cyprinodontidae); le zone più interne, a complessità medio-alta, ospitano *Atherina boyeri* (Atherinidae), *Zosterisessor ophiocephalus* e *Gobius niger* (Gobiidae), *Lipophrys* spp. (Blennidae); infine, nelle zone centrali del bacino, con un'alta complessità vegetale, dominano *Syngnathus abaster* e *S. typhle* (Syngnathidae) (SCILIPOTI, 1998).

All'interno dello Stagnone di Marsala, come in ogni ecosistema caratterizzato da ampie fluttuazioni ambientali, sono presenti specie rare tra le quali *P. tortonesei* (MILLER, 1968), ritenuta erroneamente endemica, prima di un ritrovamento all'interno della laguna libica Farwah (MILLER, 1982). Di recente segnalazione è il ritrovamento di una specie poco nota, *Opeatogenys grac-*

Tabella 1

Lista faunistica e caratterizzazione del popolamento ittico dello Stagnone (da SARA et al., 1996).
N%: abbondanza percentuale.

	Specie	N%	Comportamento	Frequenza
1	<i>Atherina boyeri</i>	51,83	residente	costante
2	<i>Pomatoschistus tortonesei</i>	14,94	residente	costante
3	<i>Liza aurata</i>	13,69	migratrice	costante
4	<i>Aphanius fasciatus</i>	4,87	residente	costante
5	<i>Sarpa salpa</i>	4,68	migratrice	molto comune
6	<i>Liza ramada</i>	2,10	migratrice	costante
7	<i>Liza saliens</i>	1,44	migratrice	costante
8	<i>Diplodus puntazzo</i>	1,42	migratrice	molto comune
9	<i>Syngnathus typhle</i>	1,11	residente	costante
10	<i>Syngnathus abaster</i>	0,90	residente	costante
11	<i>Diplodus vulgaris</i>	0,62	migratrice	comune
12	<i>Sparus aurata</i>	0,60	migratrice	comune
13	<i>Lithognathus mormyrus</i>	0,24	migratrice	comune
14	<i>Mugil cephalus</i>	0,22	migratrice	comune
15	<i>Mullus surmuletus</i>	0,19	migratrice	poco comune
16	<i>Gobius niger</i>	0,13	residente	molto comune
17	<i>Dicentrarchus labrax</i>	0,12	migratrice	comune
18	<i>Solea lutea</i>	0,12	migratrice	comune
19	<i>Lipophrys dalmatinus</i>	0,08	residente	molto comune
20	<i>Bothus podas</i>	0,08	residente	comune
21	<i>Solea vulgaris</i>	0,08	migratrice	molto comune
22	<i>Pomatoschistus marmoratus</i>	0,07	residente	poco comune
23	<i>Callionymus festivus</i>	0,06	residente	poco comune
24	<i>Solea kleini</i>	0,05	migratrice	rara
25	<i>Mullus barbatus</i>	0,04	migratrice	poco comune
26	<i>Psetta maxima</i>	0,04	migratrice	comune
27	<i>Trigla lucerna</i>	0,04	migratrice	rara
28	<i>Trigla lyra</i>	0,04	migratrice	poco comune
29	<i>Chelon labrosus</i>	0,02	migratrice	rara
30	<i>Diplodus sargus</i>	0,02	migratrice	rara
31	<i>Engraulis encrasicolus</i>	0,02	migratrice	rara
32	<i>Sardina pilchardus</i>	0,02	migratrice	poco comune
33	<i>Parablennius sanguinolentus</i>	0,02	residente	poco comune
34	<i>Crenilabrus cinereus</i>	0,02	migratrice	rara
35	<i>Syngnathus acus</i>	0,02	residente	rara
36	<i>Trachinus draco</i>	0,01	migratrice	rara
37	<i>Lipophrys adriaticus</i>	0,01	residente	rara
38	<i>Lipophrys basiliscus</i>	0,01	residente	rara
39	<i>Lipophrys pavo</i>	0,01	residente	rara
40	<i>Diplodus annularis</i>	0,01	migratrice	rara
41	<i>Labrus viridis</i>	0,01	migratrice	rara
42	<i>Trachinotus ovatus</i>	0,01	migratrice	rara
43	<i>Pagellus erythrinus</i>	0,01	migratrice	rara
44	<i>Scophtalmus rhombus</i>	0,01	migratrice	rara
45	<i>Sprattus sprattus</i>	0,01	migratrice	rara
	Totale	100,00		
	Specie residenti	33,00		
	Specie migratrici	67,00		
	Specie rare	37,77		
	Specie costanti	17,77		
	Specie comuni	17,77		
	Specie poco comuni	15,55		
	Specie molto comuni	11,11		

lis, un Gobiesocidae dalle ridotte dimensioni (Lunghezza standard massima = 3 cm) e dalla vivace colorazione verdastra presente sulle lamine di *P. oceanica* (VIZZINI & SCILIPOTI, 1999; VIZZINI *et al.*, 2001).

Sebbene negli ultimi decenni siano stati realizzati parecchi studi tassonomici mirati alla definizione delle comunità vegetali e animali presenti nello Stagnone, la biodiversità specifica di questo laboratorio naturale probabilmente è ancora sottostimata. Si può infatti ipotizzare che un numero maggiore di studi specialistici daranno la possibilità di valutare la reale biodiversità dell'area ed inoltre di segnalare specie rare o addirittura nuove, così come successo nel recente passato (MILLER, 1968; GIANGUZZA *et al.*, 1997; CAMPOLMI *et al.*, 1998; ZAGAMI *et al.*, 2000).

4.4 Ecologia isotopica

L'approccio degli isotopi stabili di carbonio ed azoto è stato recentemente utilizzato per l'analisi dei flussi della materia organica all'interno delle reti trofiche dello Stagnone di Marsala (VIZZINI, 2001; VIZZINI & MAZZOLA, 2002; VIZZINI *et al.*, 2002). Dai risultati ottenuti utilizzando questa metodologia è emerso che esiste una notevole variabilità non solo temporale, ma anche e soprattutto spaziale della composizione isotopica di produttori primari e consumatori. Sia le fonti di materia organica che, in maggior misura, i consumatori presentano valori arricchiti in ^{13}C e impoveriti in ^{15}N nell'area centrale rispetto all'area meridionale del bacino, mentre considerando le differenze stagionali i valori più arricchiti sono osservati in primavera ed estate, rispettivamente per il $\delta^{15}\text{N}$ e il $\delta^{13}\text{C}$.

Per quanto riguarda i consumatori, l'habitat di appartenenza delle specie sembra condizionarne notevolmente le strategie e le preferenze alimentari. Nel caso delle specie ittiche, sia il $\delta^{13}\text{C}$ che il $\delta^{15}\text{N}$ separano nettamente le specie residenti dai giovanili delle specie transienti. La comunità residente comprende specie tipicamente bentoniche (*A. fasciatus*, *A. boyeri*, *P. tortonesei*, *S. abaster* e *S. typhle*), mentre la comunità transiente, i cui giovanili vivono nella colonna d'acqua, è costituita principalmente da *Liza aurata*, *L. ramada*, *L. saliens* e *Sparus aurata*. Pertanto le differenze di habitat determinano una notevole distinzione tra le specie ittiche che vivono e si alimentano sulla colonna d'acqua e quelle che, invece, prediligono habitat bentonici e generalmente ad alta complessità strutturale. La componente fitoplanctonica è la fonte alimentare alla base della rete trofica delle specie transienti che fanno parte del popolamento ittico lagunare solo per una parte del ciclo vitale. Al contrario, le specie residenti risultano maggiormente legate al comparto bentonico. Questi risultati concordano con i dati di letteratura che sottolineano l'appartenenza a differenti nicchie trofiche delle due categorie (BARRY *et al.*, 1996). Pertanto, le specie residenti possono essere definite carnivore su fauna

vagile (macroinvertebrati fitali e migratori) e detritivore (materia organica sedimentaria). Di contro, i giovanili delle specie non stanziali si alimentano generalmente sulla colonna d'acqua (zooplancton).

Dal momento che le fonti di materia organica presentano differenze spaziali nella composizione isotopica minori rispetto ai consumatori, si può dedurre che le variazioni spaziali a carico di questi ultimi siano imputabili al ruolo trofico differenziale esercitato dalle fonti. Sia nell'area centrale che in quella meridionale dello Stagnone, le specie ittiche presentano una composizione isotopica intermedia tra quella delle macroalghe e del detrito fanerogamico, anche se nella zona centrale i valori di $\delta^{13}\text{C}$ delle specie ittiche sono molto più vicini a quelli di quest'ultimo ad indicare un maggior ruolo della materia organica vascolare alla base della rete alimentare. Alcuni studi effettuati in ecosistemi costieri tramite gli isotopi stabili di carbonio ed azoto hanno evidenziato che variazioni spaziali della struttura trofica sono molto comuni in ambienti eterogenei (THOMAS & CAHOON, 1993; DEEGAN & GARRITT, 1997; JENNINGS *et al.*, 1997). Le scale spaziali analizzate in letteratura sono comprese tra parecchie decine ed alcuni chilometri. All'interno dello Stagnone sono state individuate differenze nella composizione isotopica ad una scala spaziale notevolmente ridotta (meno di 3 km) in un bacino semichiuso. È evidente, pertanto, l'elevata adattabilità trofica delle specie lagunari. La plasticità trofica può essere considerata un meccanismo adattativo che attribuisce alle specie un'elevata flessibilità nel rispondere a variazioni sito-specifiche (anche su piccola scala spaziale) delle disponibilità di risorse energetiche.

Le caratteristiche ambientali sembrano controllare la distribuzione ed il destino della materia organica. Nella zona centrale dello Stagnone di Marsala le condizioni di moderato idrodinamismo sembrano favorire l'accumulo della materia vascolare che attraverso l'attività batterica può venire incanalata all'interno delle reti alimentari (SARÀ *et al.*, 1999; SARÀ *et al.*, 2001; LA LOGGIA *et al.*, 2004). A sostegno di tale conclusione possono essere considerate le seguenti argomentazioni: i) la maggiore densità e biomassa dei batteri eterotrofi nella zona centrale rispetto alla meridionale (MIRTO *et al.*, 2004); ii) la maggiore lability della materia organica sedimentaria nella zona centrale rispetto alla meridionale (PUSCEDDU *et al.*, 1999); e iii) i valori più arricchiti in ^{13}C nei consumatori della zona centrale rispetto a quelli della zona meridionale (VIZZINI, 2001).

5. FATTORI DI PRESSIONE ANTROPICA

L'entroterra dello Stagnone di Marsala risulta fortemente antropizzato a causa delle saline e dei borghi agricoli, preziose risorse economiche locali. Le saline hanno rappresentato nei secoli un elemento di forte con-

notazione nello sviluppo socio-economico dell'intera area. Inoltre, le saline dello Stagnone di Marsala, insieme a quelle di Trapani e Paceco, sono le uniche zone della Sicilia dove da sempre, collateralmente alla produzione del sale, si pratica l'allevamento estensivo di specie ittiche eurialine come spigole, orate, mugilidi e saraghi, secondo il modello di produzione mista sale-pesce (BARAHONA-FERNANDES, 1981). La pratica di piscicoltura più utilizzata, soprattutto in passato, è di tipo estensivo e prevede l'allevamento all'interno delle vasche di "fredda" dove viene fatta confluire l'acqua per la salicoltura (MAZZOLA & RALLO, 1982). Nelle fredde di salina venivano e vengono ancora adesso immessi dei pesci (fino agli anni '80 avannotti provenienti da reclutamento naturale e successivamente da avannotteria), che, secondo un protocollo di allevamento di tipo estensivo, raggiungono pezzature commerciabili dopo il terzo anno e vengono venduti nel periodo natalizio per ottenere prezzi commercialmente più vantaggiosi. Va ricordato che la pratica colturale estensiva non prevede immissione di alimento e l'unico intervento umano sta nel governo delle acque, peraltro funzionali soprattutto alla salicoltura. Pertanto, l'impatto di simili attività è pressoché nullo. In alcuni casi vengono seminate forme giovanili di specie ittiche reclutate nell'ambiente naturale o provenienti da riproduzione controllata, utilizzando un modello d'impianto di più recente attuazione, quello di tipo semi-intensivo che non procura danni ambientali ed accresce, in una logica di acquicoltura integrata, la produttività naturale (MAZZOLA, 1986).

Oltre ad un'acquicoltura di tipo estensivo, le zone limitrofe allo Stagnone in passato sono anche state usate per attività produttive di tipo intensivo. Due differenti società hanno operato nel tempo nella zona settentrionale dell'Isola Grande e a San Teodoro apportando trasformazioni in alcune saline per la realizzazione di impianti di allevamento completi di avannotteria. Ciò ha comportato una alterazione delle condizioni delle zone limitrofe a causa dell'indotta eutrofia provocata dai reflui che si riversavano all'interno del sottobacino nord dello Stagnone. Entrambi gli impianti che basavano la produzione su spigola (*Dicentrarchus labrax*) ed orata (*Sparus aurata*) hanno concluso le attività nel 2002.

Oltre alle produzioni di sale e pesci, altro fattore di pressione antropica che agisce sullo Stagnone è l'intensa urbanizzazione con le sue ovvie conseguenze. In particolare, il sottobacino meridionale è quello interessato da un alto grado di urbanizzazione del territorio e di inquinamento. La zona maggiormente degradata è l'estremo margine meridionale del bacino (Punta d'Alga). Quest'area, infatti, è quella che vede la presenza di una grande area urbanizzata che si affaccia sulla laguna, concentrata nel villaggio Sappusi (Comune di Marsala); è protetta dalle correnti e dalle mareggiate di nord/ovest, che

sono le più efficaci ed energiche ai fini del ricambio idrico lagunare, ed è sede di numerosi scarichi fognari urbani che, negli ultimi decenni, hanno avuto qui il loro recapito finale, senza l'interposizione di alcun impianto di depurazione dei liquami. Sebbene oggi i principali scarichi cittadini siano stati deviati all'esterno dello Stagnone verso sud, l'area di Punta d'Alga risente ancora di una diffusa eutrofizzazione. Quest'area, che fino agli anni '60 era caratterizzata da acque limpide utilizzate per alimentare le saline, oggi risulta pertanto trasformata in una grande pozzanghera maleodorante, ricca di alghe nitrofile con fondali ricoperti interamente di melma nerastra e con resti di sfabbricidi e materiale di risulta di varia provenienza.

Tra i principali fattori di pressione antropica annoveriamo, infine, le attività turistiche in continuo incremento negli ultimi anni. Diverse tipologie di turisti sono, infatti, attratti dall'ambiente lagunare. Si ha un turismo "culturale" interessato alla storia ed ai reperti dei luoghi che converge verso l'antica *Mothya*, un turismo "sportivo" che prevede soprattutto attività di vela e *wind-surf* che sfruttano l'elevata ventosità tipica dell'estrema punta occidentale della Sicilia, ed un turismo "naturalista" interessato ad escursioni alle isole dello Stagnone. A fronte di una crescente domanda di ricettività stanno sorgendo nelle campagne attigue allo Stagnone e nell'Isola Grande delle strutture di agriturismo, recuperando vecchi immobili e caratteristici "bagli". Lo sviluppo del flusso turistico ha, però, fatto registrare anche un incremento all'interno dello Stagnone del traffico di imbarcazioni con conseguenze negative per l'intero ecosistema. Gli effetti dell'attività turistica sono molteplici, ma in un ambiente di bassofondo come lo Stagnone essi riguardano principalmente l'alterazione del sedimento con fenomeni di risospensione che contribuiscono ad alterare la componente vegetale (in molti tratti le imbarcazioni "arano" il substrato asportando la vegetazione dominante e soprattutto gli affioramenti di *P. oceanica*). Recenti studi hanno riservato particolare attenzione proprio alla *P. oceanica* presente nel bacino che sembra andare incontro ad una lenta ma progressiva regressione, evidenziabile dall'aumento della superficie occupata da "matte" morta. Il declino di comunità così importanti sembra però essere messo in relazione principalmente ai cambiamenti climatici (CALVO *et al.*, 2000) e solo in seconda misura all'impatto antropogenico. Le condizioni di temperatura e salinità dello Stagnone risultano essere limitanti per la crescita di rigogliose praterie di *P. oceanica*. Non vi è dubbio che la ridotta profondità, l'intensità della forzante eolica, ma anche l'aumento del numero delle imbarcazioni che navigano all'interno dello Stagnone provocano processi di risospensione del sedimento determinando un'elevata torbidità delle acque, caratteristica sicuramente non favorevole alla crescita di questa fanerogama.

CONCLUSIONI

Lo Stagnone di Marsala per le sue peculiarità, per la coesistenza al suo interno e nelle aree limitrofe di diverse attività, nonché per la vicinanza ad un centro urbano come l'omonima città, ha tutte le caratteristiche di un'area integrata ad uso multiplo che va gestita tenendo conto delle esigenze delle singole attività produttive e delle microeconomie (turismo, conservazione, salicoltura, pesca, acquacoltura, agricoltura) che al suo interno si svolgono.

Lo sviluppo dell'area passa, pertanto, attraverso una attenta analisi delle realtà ed una pianificazione generale con interventi puntuali compiuti in rapporto agli obiettivi della competitività e dell'occupazione in una crescita armoniosa e non conflittuale di tutte le attività.

Sotto il profilo ambientale, la situazione generale del bacino dello Stagnone, sebbene, fatta eccezione per il sottobacino meridionale, non presenti al momento particolari emergenze, può essere compromessa da vari fattori che includono forme di inquinamento difficilmente controllabili all'origine, tra le quali una massiccia presenza urbana e di attività agricole a contorno e l'azione di disturbo provocata da alcune attività antropiche. Malgrado ciò, lo Stagnone di Marsala è un'area sottoposta a tutela e necessiterebbe, pertanto, di un continuo monitoraggio al fine di tradurre in azioni gestionali le emergenze riscontrate.

La reale saldatura tra sviluppo ed ambiente, il rapporto tra economia e conservazione delle risorse ambientali, la fattibilità di alcuni interventi e la stima della loro efficacia sotto il profilo ambientale ed economico è l'approccio sistemico che la ricerca scientifica dovrà avere se vuole vincere le sfide del futuro con il mondo della produzione. Diventa centrale la questione dell'uso sostenibile delle risorse ambientali e contemporaneamente l'accelerazione dei processi di sviluppo, creando opportunità per servizi ed offrendo prodotti, senza per questo alterare la biodiversità.

Più che in altri ambienti nelle lagune costiere, sarebbe auspicabile la consapevolezza di applicare codici di condotta per una gestione responsabile, secondo un programma di sfruttamento razionale, con tempi di remunerazione in ampi lassi temporali che esaltano la rinnovabilità delle risorse. Il caso dello Stagnone di Marsala rientra appieno in questa categoria e, pertanto, per esso va necessariamente ipotizzato uno scenario di sviluppo molto articolato e rispettoso delle aspirazioni delle varie componenti sociali, che tenga anche conto della sua storia naturale e del suo stato di conservazione. Con ciò si intende mettere in risalto quale sia la fragilità della laguna costiera e la difficoltà di consentire al tempo stesso la conservazione di quanto è giunto ai giorni nostri e la fruizione corretta non distruttiva di un'area che accomuna ricchezze biologiche, paesaggistiche ed archeologiche.

Nell'ambito della conservazione e valorizzazione di quest'area vanno,

senz'altro, incoraggiate tutte quelle attività sia produttive, quali la salicoltura e la piscicoltura, che turistiche con il rilancio di un turismo responsabile, che tengano conto dei modelli di sviluppo sostenibile. In quest'ottica il ruolo svolto dall'Ente gestore della riserva, inoltre, limitando le attività più dannose e regolando le altre, diventa decisivo.

Nell'area, l'attività di acquacoltura, soprattutto di tipo estensivo, purché messa in atto mediante tecnologie idonee e buone conoscenze dell'ecologia dei sistemi umidi marginali, può costituire un fattore non trascurabile nell'ambito delle attività di salvaguardia ambientale e di garanzia contro il degrado generato dall'eccessiva antropizzazione. Nel caso di ambienti con vincoli protezionistici come lo Stagnone, va evidentemente tenuto conto delle limitazioni mirate alla conservazione ambientale, ma la gestione ambientale va condotta attraverso la valorizzazione delle capacità di recupero e l'attivazione di processi produttivi compatibili. Nello specifico vanno studiati scenari d'intervento nel settore dell'acquacoltura secondo modelli innovativi non impattanti che si sviluppino nell'ambito del controllo dei flussi di energia e materia e della *carrying capacity* del sistema. Occorre pensare, cioè, a pratiche produttive che rientrino in un'ottica di sviluppo sostenibile ed eco-compatibile, ossia a complessi di acquacoltura intesi come ecosistemi aperti ed interdipendenti, la cui capacità produttiva sia strettamente relazionata ad adeguati flussi di materia ed energia entranti ed uscenti dal sistema stesso. Volendo riconvertire o pianificare ambienti marginali per attività piscicole, lo scopo che l'acquacoltura deve porsi è quello di sfruttare il potenziale energetico naturale messo a disposizione dal dinamismo produttivo degli habitat utilizzati. Le formule basate sulla compenetrazione di strategie di allevamento diverse potrebbero essere risolutive, ma sono pericolose in situazioni di questo tipo e vanno attivate con molta prudenza. Il metodo si basa sulla gestione dei biotopi in maniera tale da effettuare produzioni valide economicamente in settori limitati, e sfruttare, attraverso allevamenti a bassa tecnologia, le risorse trofiche naturali e quelle indotte dall'allevamento stesso. A differenza della piscicoltura integrata tradizionale molto in uso in alcune aree venete (RAVAGNAN, 1992), questa strategia produttiva proponibile per le aree marginali meridionali comporta solo dei piccolissimi settori di intensivo (qualche ettaro per modulo) che producono in maniera autonoma, ed aree più ampie di estensivo che assumono il ruolo di corpo recettore in cui l'arricchimento organico da sfruttare viene originato dall'attività biologica degli organismi allevati negli altri comparti. In ipotesi produttive di questo tipo, a causa del rapporto tra le superfici occupate, diventa determinante l'apporto che fornisce l'allevamento a monte in termini di sostanza organica disponibile come fertilizzante potenziale, per gli allevamenti a valle.

Accanto alle attività produttive la valorizzazione e la conservazione dello Stagnone di Marsala passa anche attraverso lo sviluppo di un turismo respon-

sabile. Sebbene negli ultimi anni si sia registrato un incremento della presenza turistica, per incentivare ulteriormente tale settore, ma anche per controllarlo, bisognerebbe operare sul territorio attraverso un generale risanamento ambientale e la valorizzazione del patrimonio rurale. Andrebbero, infatti, incoraggiate le attività ed i progetti mirati al risanamento ambientale del litorale dello Stagnone, recuperando porzioni di costa attraverso interventi di bonifica con asportazione, selezione e riutilizzo del materiale di risulta. Andrebbero sviluppati, in particolare, piani di bonifica finalizzati al recupero ambientale dell'estremo lembo meridionale e ad una riqualificazione del territorio, per impedire che esso rimanga nello stato di abbandono attuale.

Altra proposta mirata sempre al risanamento ambientale dell'area riguarda il recupero delle antiche vie di comunicazione tra le acque dello Stagnone ed il mare aperto attraverso l'apertura di due canali, un tempo esistenti, nei tratti attualmente chiusi per consentire la regolarità del ricambio delle acque della laguna. Ipotesi non sostitutiva ma integrativa alla precedente è lo scavo della bocca nord e la sua continua manutenzione. Nella pianificazione di questi interventi occorrono ovviamente delle valutazioni di impatto ambientale ed un monitoraggio continuo dell'ambiente su cui si opera.

Un'area protetta come quella dello Stagnone necessita, pertanto, di un piano generale di gestione, che tenga conto delle attività zootecniche, agricole e turistiche che insistono sul bacino e nello stesso tempo le controlli con una intensa azione di monitoraggio come, tra l'altro, previsto dalla vigente normativa nazionale e comunitaria (D.L. 152/99 e Direttiva 2000/60/CE), per far fronte a tutte quelle emergenze che si presenteranno.

La Riserva Naturale delle Isole dello Stagnone di Marsala dovrebbe essere fornita di un osservatorio di monitoraggio permanente, per offrire, attraverso una banca dati, all'Amministrazione che gestisce un patrimonio naturale di tale entità, un livello minimo di conoscenze sull'evoluzione dei fenomeni naturali ed indotti da attività antropiche. L'idea cardine è quella di creare un sistema di pre-allerta basato sull'acquisizione continua di dati scientifici, che siano immediatamente fruibili da parte dell'Ente Gestore e dalla comunità tutta.

BIBLIOGRAFIA

- AGNESI V., MACALUSO T., ORRÙ P. & ULZEGA A., 1993 — Paleografia dell'arcipelago delle Egadi (Sicilia) nel Pleistocene sup.- Olocene. — *Naturalista sicil.*, 17: 3-22.
- ARENA P., 1961 — Aperçu préliminaire sur la lagune de Marsala et ses possibilités d'exploitation pour la pêche. — *Proc. Gen. Fish. Counc. Medit.*, 6: 329-333.
- ARENA P., 1976 — La situazione ambientale dello Stagnone di Marsala ed i problemi relativi alla sua valorizzazione. — Pp. 47-62 in: L'Uomo e lo Stagnone. *Istituto Tecnico Agrario "A. Damiani"*, Marsala.

- BALZANO A., CALVO S., CIRAULO G. & LA LOGGIA G., 1998 — Analisi dell'interazione tra idrodinamica e vegetazione sommersa in ambiente lagunare. — *Risorse idriche ed impatto ambientale del drenaggio urbano, Atti delle giornate di studio in memoria di Carlo Cao*, pp. 103-111.
- BARAHONA-FERNANDES M.H., 1981 — Les salines et leur usage éventuel pour l'aquaculture. — *Gén. Pêches Méditer.*, Roma, 58: 269-276.
- BARRY J.P., YOKLAVICH M.M., CAILLIET G.M., AMBROSE D.A. & ANTRIM B.S., 1996 — Trophic ecology of the dominant fishes in Elkhorn Slough, California, 1974-1980. — *Estuaries*, 19: 115-138.
- BLANPIED C., BUROLLET P.F., CLAIREFOND P. & SHIMI M.D., 1979 — Sédiment actuelles et Holocènes. *Géologie Méditerranéenne, La Mer Pélagienne*, 6: 61-82.
- BOMBELLI V., 1984 — An approach to *Posidonia* exploitation in the region of Punta Alga (Sicilia, Italy). — *Int. Work. Pos. ocean. Beds, GIS Posidonie publ., Fr.*, 1: 87-89.
- BULLO S., CARAZZI D., LO BIANCO S. & VINCIGUERRA D., 1899 — Lo Stagnone di Marsala. Marsala.
- CALVO S., DRAGO D. & SORTINO M., 1980 — Winter and summer submersed vegetation maps of the Stagnone (Western Coast of Sicily). — *Rev. Biol.-Ecol. Méd.*, VII (2): 89-96.
- CALVO S., CANNATA M. & RAGONESE S., 1981 — Su alcuni popolamenti bentopleustofitici in forma *aegagropila* nelle acque dello Stagnone (costa occidentale della Sicilia). — *Gior. bot. ital.*, 383.
- CALVO S., GIACCONE G. & RAGONESE S., 1982 — Tipologia della vegetazione sommersa dello Stagnone di Marsala (TP). — *Naturalista sicil.*, 6 (Suppl. 2): 187-196.
- CALVO S. & FRADÀ-ORESTANO C., 1984 — L'herbier de *Posidonia oceanica* des cotes sicilienne: les formations récifales du Stagnone. — *Int. Work Posidonia oceanica Beds*, 1: 29-37.
- CALVO S., GENCHI G., LUGARO A., FRADÀ ORESTANO C., BARONE R. & DI BERNARDO F., 1986 - Osservazioni ecologiche su una laguna siciliana (Lo Stagnone, Trapani): nutrienti, clorofilla e parametri batteriologici. — *Atti 7° Congresso A.I.O.L.*, 185-194.
- CALVO S., CIRAULO G., LA LOGGIA G., MALTHUS T.J., SAVONA E. & TOMASELLO A., 1997 — Monitoring *Posidonia oceanica* meadows in the Mediterranean Sea by means of airborne remote sensing techniques. — *Proceedings Second Airborne Sensing Conference and Exhibition, Technology Measurements & Analysis. San Francisco, California*, 3: 659-668.
- CALVO S., TOMASELLO A., PIRROTTA M., CALÌ P., CASCINO F., DI MAIDA G., CIRAULO G. & LA LOGGIA G., 2000 — Dinamica della prateria di *Posidonia oceanica* in un'area costiera ad elevata vulnerabilità climatica (Stagnone - Sicilia). — Pp. 258-259 in: Global Change IGBP — Censimento delle Ricerche Italiane, Workshop Nazionale. CNR, Roma.
- CALVO S., CIRAULO G., LA LOGGIA G., MAZZOLA A., TOMASELLO A. & VIZZINI S., 2005 — The Stagnone di Marsala, western Sicily. In: G. Giordani, P. Viaroli, D.P. Swaney, C.N. Murray, J.M. Zaldivar, J.I. Marshall Crossland (eds.). — *Loicz Reports & Studies* n° 28, Loicz International Project Office, Royal Netherlands Institute for Sea Research, pp. 91-94.
- CAMPOLMI M., 1998 — Studio della comunità zooplanctonica di un bassofondo costiero mediterraneo (Stagnone di Marsala, Sicilia occidentale). Tesi dottorale, IX ciclo. — *Università di Messina*.
- CAMPOLMI M., ZAGAMI G., GUGLIELMO L. & MAZZOLA A., 1997 — Dati preliminari sulla variabilità a breve termine della comunità zooplanctonica dello Stagnone di Marsala (Sicilia occ.). — *Atti 12° Congresso A.I.O.L., Piccizzo M. ed.*, 1: 311-323.
- CAMPOLMI M., COSTANZO G., CRESCENTI N., GUGLIELMO L., ZAGAMI G. & MAZZOLA A., 1998 — Prima segnalazione in Mediterraneo di specie di copepodi calanoidi iperbentonici. — *Biol. Mar. Medit.*, 5: 738-740.
- CAMPOLMI M., ZAGAMI G. & COSTANZO G., 2000 — Prima segnalazione di *Ridgewayia marki minorcaensis* (Copepoda, Calanoida) nel Mediterraneo centrale. — *Biol. Mar. Medit.*, 7: 858-860.

- CATTANEO-VIETTI R. & CHEMELLO R., 1991 — The opisthobranch fauna of a Mediterranean lagoon (Stagnone di Marsala, western Sicily). — *Malacologia*, 32 (2): 291-299.
- CAVALIERE A., 1991 — Osservazioni nello Stagnone di Marsala (Sicilia). — *Delpinoa*, 3: 183-204.
- CAVALLARO G.P., ARENA P., CEFALI A., POTOSCHI A., SORBILLI P. & DI NATALE A., 1977 — Studio di un ambiente lagunare: lo Stagnone di Marsala. — *Atti II Convegno Siciliano Ecologia*: 47-69.
- CHEMELLO R., SCOTTI G. & RIGGIO S., 1998 — The Molluscan assemblage of the leaf stratum in a *Cymodocea nodosa* bed of a marine coastal lagoon. — *Boll. Malacol.*, 33: 69-76.
- CORRIERO G., 1987 — The sponge fauna in the Stagnone di Marsala (Sicily): taxonomic and ecological observation. — *Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova*, 53: 101-113.
- CORRIERO G., BALDUZZI A. & SARÀ M., 1989 — Ecological differences in the distribution of two *Tethya* (Porifera, Demospongiae) species coexisting in a Mediterranean coastal lagoon. — *P.S.Z.N.I. Mar. Ecol.*, 10 (4): 303-315.
- COSTANZO G., CAMPOLMI M. & ZAGAMI G., 2000 — *Stephos marsalensis* new species (Copepoda, Calanoida, Stephidae) from coastal waters of Sicily, Italy. — *J. Plankton Res.*, 22 (10): 2007-2014.
- DEEGAN L.A. & GARRITT R.H., 1997 — Evidence for spatial variability in estuarine food webs. — *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 147: 31-47.
- DI PISA G. & RIGGIO S., 1982 — La circolazione lagunare nello Stagnone di Marsala (Sicilia occidentale): formulazione di un modello matematico semplificato. — *Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova*, 50 (suppl. 1): 167-172.
- DODERLEIN P., 1864 — Sulla possibilità di attivare una proficua coltura di ostriche, di pesci e di radiali nello Stagnone di Marsala. In: Studi della Commissione delegata dalla Società di Acclimatazione ed Agricoltura in Sicilia. — *Atti Soc. Acc. Agric. Sicilia*, 5 (11-12): 16-34.
- GENOVESE S., 1969 — Données écologiques sur le "Stagnone de Marsala". — *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, 19: 823-826.
- GIANGUZZA P., CHEMELLO R., CICCARI A. & RIGGIO S., 1997 — Struttura del popolamento a Molluschi della vasca di fredda di una salina marsalese. — *Biol. Mar. Medit.*, 4 (1): 396-398.
- GORDON JR. D.C., BOUDREAU P.R., MANN K.H., ONG J.-E., SILVERT W.L., SMITH S.V., WATTAYAKORN G., WULFF F. & YANAGI T., 1996 — LOICZ Biogeochemical Modelling Guidelines. — *LOICZ Reports and Studies*, 5, LOICZ, Texel, The Netherlands.
- GRISTINA M. & BALDUZZI A., 1990 — Strategie riproduttive di *Aeta sica* (Bryozoa, Gymnolaemata) nello Stagnone di Marsala (Sicilia occidentale). — *Oebalia*, 16 (2), Suppl. 1: 683-684.
- GUELORGET O. & PERTHUISOT J.P., 1983 — Le domain paralique. — *Trav. Lab. Géol., Ecole Norm. Sup.*, Paris, 16.
- JENNINGS S., REÑONES O., MORALES-NIN B., POLUNIN N.V.C., MORANTA J. & COLL J., 1997 — Spatial variation in the ¹⁵N and ¹³C stable isotope composition of plants, invertebrates and fishes on Mediterranean reefs: implications for the study of trophic pathways. — *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 146: 109-116.
- LA LOGGIA G., CALVO S., CIRAOLO G., MAZZOLA A., PIRROTTA M., SARÀ G., TOMASELLO A. & VIZZINI S., 2004 — Influence of hydrodynamic conditions on the production and fate of *Posidonia oceanica* (L.) Delile in a semi-enclosed shallow basin (Stagnone di Marsala, western Sicily). — *Chem. Ecol.*, 20 (3): 183-201.
- LO VALVO F. & MASSA B., 1999 — Lista commentata dei Vertebrati terrestri della Riserva Naturale Orientata "Isole dello Stagnone" (Sicilia). — *Naturalista sicil.*, 23: 419-466.
- MAGAZZÙ G., 1977 — Usefulness of the Marsala lagoon for aquaculture. Nutrients and primary production. — *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, 246.
- MAGAZZÙ G., 1982 — La crescita fitoplanctonica in alcuni ambienti lagunari del Mar Mediterraneo. — *Naturalista sicil.*, 6: 337-359.

- MAIMONE G., PUGLISI A., CAMPOLMI M., SARÀ G. & MAZZOLA A., 1998 — Variazioni stagionali delle comunità fitoplanctoniche in relazione alle caratteristiche chimico-fisiche nello Stagnone di Marsala. — *Biol. Mar. Medit.*, 5 (1): 357-361.
- MASSA B., 1973 — L'avifauna estiva degli arcipelaghi delle Egadi e dello Stagnone. — *Atti Acc. Gioenia Sci. nat. Catania*, 5: 63-95.
- MASSA B., 1985 — Atlas Faunae Siciliae. Aves. — *Naturalista sicil.*, 9 (n° speciale): 5-242.
- MAZZOLA A., 1986 — Ipotesi di utilizzo delle saline di Trapani. — *Atti Conv. Intern. Conversione delle saline in acquacoltura*, Trapani, 143-148.
- MAZZOLA A., 1994 — Acquacoltura e ambiente nelle zone umide: valorizzazione e protezione di aree costiere attraverso sistemi di allevamento integrato. — *Accademia internazionale di scienze e tecniche subacquee*, 14: 61-67.
- MAZZOLA A. & RALLO B., 1982 — Sfruttamento semintensivo di una salina del trapanese per l'allevamento di spigole riprodotte artificialmente. — *Naturalista sicil.*, 6 (Suppl.): 231-239.
- MAZZOLA A. & SARÀ G., 1995 — Caratteristiche idrologiche di una laguna costiera mediterranea (Stagnone di Marsala - Sicilia Occidentale): ipotesi di un modello qualitativo di circolazione lagunare. — *Naturalista sicil.*, 19 (3-4): 229-277.
- MAZZOLA A., SARÀ G., VENEZIA F., CARUSO M., CATALANO D. & HAUSER S., 1999 — Origin and distribution of suspended organic matter as inferred from carbon isotope composition in a Mediterranean semi-enclosed marine system. — *Chem. Ecol.*, 16: 215-238.
- MILLER P.J., 1968 — A new species of *Pomatoschistus* (Teleostei: Gobiidae) from western Sicily. — *Ann. Mus. Civ. Stor. Nat. Genova*, 77: 221-231.
- MILLER P.J., 1982 — A new *Pomatoschistus* from Mediterranean, and redescription of *P. tortonesei*, Miller 1968. — *Senckenbergiana Biol.*, 62: 5-19.
- MIRTO S., LA ROSA T., MOCCIARO G., COSTA K., SARÀ G. & MAZZOLA A., 2004 — Meiofauna and benthic microbial biomass in a semi-enclosed Mediterranean marine system (Stagnone di Marsala, Italy). — *Chem. Ecol.*, 20 (Supplement 1): S387-S396.
- MOLINIER R. & PICARD J., 1953 — Notes biologiques à propos d'un voyage d'étude sur les côtes de Sicile. — *Ann. Inst. Ocean.*, 20: 163-188.
- ORESTANO C. & CALVO S., 1985 — La fitocenosi in forma "Aegagropila" nelle acque dello Stagnone (Marsala, Sicilia). — *Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat.*, 18 (326): 809-820.
- PIRAINO S. & MORRI C., 1990 — Zonation and ecology of epiphytic Hydroids in a Mediterranean coastal lagoon: the "Stagnone" of Marsala (North-west Sicily). — *P.S.Z.N.I. Mar. Ecol.*, 11 (1): 43-60.
- PUSCEDDU A., SARÀ G., MAZZOLA A. & FABIANO M., 1997 — Relationship between suspended and sediment organic matter in a semi-enclosed marine system: the Stagnone di Marsala sound (Western Sicily). — *Water Air Soil Pollut.*, 99: 343-352.
- PUSCEDDU A., SARÀ G., ARMENI M., FABIANO M. & MAZZOLA A., 1999 — Seasonal and spatial changes in the sediment organic matter of a semi-enclosed marine system (W-Mediterranean Sea). — *Hydrobiologia*, 397: 59-70.
- RAVAGNAN G., 1992 — Vallicoltura integrata. — *Ed. Agricole*, Bologna.
- RIGGIO S. & SPARLA M.P., 1990 — Alghe egagropile, faune invertebrate ed inquinamento nell'habitat lagunare dello Stagnone di Marsala. — *Ambiente, salute, territorio*, Le Monnier Ed., Firenze, 2 (4): 3-10.
- RIGGIO S. & CHEMELLO R., 1992 — The role of coastal lagoons in the emerging and segregation of new marine taxa: evidence from the Stagnone di Marsala Sound (Sicily). — *Bull. Inst. Océanogr. Monaco*, 9: 1-19.
- SARÀ G., MIRTO S. & MAZZOLA A., 1996 — Analisi della diversità biologica del popolamento ittico di una laguna costiera siciliana (Stagnone di Marsala, Sicilia occidentale). — *Biol. Mar. Medit.*, 3 (1): 94-102.
- SARÀ G., PUSCEDDU A., MAZZOLA A. & FABIANO M., 1995 — Variazioni nictemerali della composi-

- zione biochimica del materiale organico particellato nello Stagnone di Marsala (Sicilia occidentale): osservazioni preliminari. — *Biol. Mar. Medit.*, 2 (2): 127-129.
- SARÀ G., LEONARDI M. & MAZZOLA A., 1999 — Spatial and temporal changes of suspended organic matter in relation to wind and vegetation in a Mediterranean shallow coastal environment. — *Chem. Ecol.*, 16: 151-173.
- SARÀ G., CATALANO D., CARUSO M. & MAZZOLA A., 2001 — L'influenza di alcune forzanti ambientali su origine e qualità della materia organica sedimentaria in un ecosistema marino costiero (Stagnone di Marsala, Sicilia occidentale). — *Naturalista sicil.*, 25: 413-441.
- SCILIPOTI D., 1998 — Studio della comunità ittica residente all'interno dello Stagnone di Marsala (Sicilia occidentale): distribuzione delle specie e ripartizione delle risorse in dipendenza di habitat a diversa complessità strutturale. — Tesi dottorale, IX ciclo, *Università di Messina*.
- SMAAL A.C. & HAAS H.A., 1997 — Seston dynamics and food availability on mussel and cockle beds. — *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 45: 247-259.
- SPARLA M.P. & RIGGIO S., 1983-84 — Notes on the invertebrate fauna associated to the alga *Rytiphlaea tinctoria* (Clem). C. Ag. aegagropila in the Stagnone Sound (Western Sicily). — *Nova Thalassia*, 6 (suppl.): 105-111.
- SPARLA M.P. & RIGGIO S., 1985 — A yearly survey of the invertebrate fauna of alga *Rytiphlaea tinctoria* (Clem). C. Ag. in the Stagnone Sound (western Sicily). — *Nova Thalassia*, 7 (3): 257-261.
- THOMAS C.J. & CAHOON L.B., 1993 — Stable isotope analyses differentiate between different trophic pathways supporting rocky-reef fishes. — *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 95: 19-24.
- TUMBIOLO M.L., CHEMELLO R. & RIGGIO S., 1992 — L'uso dei taxa-guida negli studi di fattibilità delle riserve marine: l'esempio dello Stagnone di Marsala. — *Oebalia*, 17: 555-556.
- VIZZINI S., 2000 — Caratteristiche dei sedimenti in un'area costiera della Sicilia occidentale (Stagnone di Marsala). — *Biol. Mar. Medit.*, 7(2): 524-527.
- VIZZINI S., 2001 — Studio comparato delle reti trofiche di ambienti costieri attraverso l'analisi degli isotopi stabili di carbonio ed azoto. — Tesi dottorale, XIII ciclo, *Università di Palermo*.
- VIZZINI S. & SCILIPOTI D., 1999 — Prima segnalazione di *Opeatogenys gracilis* (Canestrini, 1864) (Osteichthyes: Gobiesocidae) in un'area della Sicilia Occidentale (Stagnone di Marsala). — *Biol. Mar. Medit.*, 6 (1): 627-629.
- VIZZINI S., MAZZOLA A. & SCILIPOTI D., 2001 — Notes on the biology and ecology of *Opeatogenys gracilis* (Canestrini, 1864) (Pisces: Gobiesocidae) from coastal environments in Sicily. — Pp. 221-224 in: F.M. Faranda, L. Guglielmo, G. Spezie (eds.), Structures and processes in the Mediterranean ecosystems. *Springer Verlag*.
- VIZZINI S. & MAZZOLA A., 2002 — Stable carbon and nitrogen ratios in the sand smelt from a Mediterranean coastal area: feeding habits and effect of season and size. — *J. Fish Biol.*, 60: 1498-1510.
- VIZZINI S., SARÀ G., MICHENER R.H. & MAZZOLA A., 2002 — The role and contribution of *Posidonia oceanica* (L.) Delile organic matter for secondary consumers as revealed by carbon and nitrogen stable isotope analysis. — *Acta Oecol.*, 23: 277-285.
- ZAGAMI, G., CAMPOLMI M. & COSTANZO G., 2000 — A new species of *Stephos* Scott, 1892 (Copepoda: Calanoida) from coastal waters of Sicily, Italy. — *J. Plankton Res.*, 22 (1): 15-27.

Indirizzo degli Autori — A. MAZZOLA, S. VIZZINI, Dipartimento di Biologia Animale, Università di Palermo, via Archirafi 18, 90123 Palermo (I).

Lavoro effettuato con contributi del Ministero delle Politiche Agricole e Forestali (MiPAF Progetto 6A2O), Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (MIUR) ed Università di Palermo.