



CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE  
ISTITUTO DI SCIENZE MARINE

CNR  
ISMAR  
ISTITUTO  
DI SCIENZE  
MARINE

**WORKSHOP ISMAR TELEMATICO**  
(DAL 12 AL 27 MAGGIO 2020)

**ABSTRACT BOOK**



## WORKSHOP ISMAR TELEMATICO

(DAL 12 AL 27 MAGGIO 2020)

# ABSTRACT BOOK

*A cura di:*

*Innangi S.*

*Mercorella A.*

*Bergamasco A.*

*Brando V.*

*Capotondi L.*

*Chigiato J.*

*Foglini F.*

*Magaldi M.*

*Musella S.*



**Sessione 1**

Infrastrutture e Ricerca & Gestione dati e pianificazione dello spazio marino ..... 4

**Sessione 3**

Processi Oceanici e Variabilità Climatica ..... 19

**Sessione 5**

Geologia Marina..... 51

**Sessione 6**

Rischi Naturali ed Impatti Antropici ..... 77

**Sessione 7**

Ecologia Marina ..... 92

**Sessione 8**

Divulgazione scientifica ..... 102



# *Sessione 1*

**Infrastrutture e Ricerca & Gestione dati e pianificazione dello spazio marino**



## **Integrare dati, strumenti e conoscenza multidisciplinare a supporto di un processo di *policy implementation*: la sfida della Pianificazione dello Spazio Marittimo (MSP)**

*Barbanti A., Cosulich A., Fadini A., Farella G., Manea E., Menegon S., Sarretta A.*

MSP è un processo per mantenere e sviluppare gli usi del mare e della costa, minimizzandone i conflitti, aumentandone le sinergie, riducendone gli impatti sulle componenti ambientali. Pianifica l'uso dello spazio e delle risorse marine, ed è uno degli ingredienti di base di una crescita blu sostenibile. Come i documenti di policy e numerose Agende Strategiche riconoscono (da JPI-O a Bluemed a ICES), il processo di MSP va alimentato con le migliori conoscenze disponibili, e al mondo della ricerca è richiesto in questo senso uno sforzo, che è anche un'opportunità, per sviluppare approcci e metodologie di analisi e pianificazione, fornire conoscenza sul funzionamento degli ecosistemi marini a diverse scale spaziali e temporali, fornire dati e strumenti di supporto alle decisioni. MSP è un grande esperimento ed una grande opportunità di Science-to-Policy, per la rilevanza socio-economica ed ambientale delle decisioni che ne derivano e per la complessità e multidisciplinarietà dei temi coinvolti. Alcune grandi sfide scientifiche in questo settore riguardano, ad esempio: l'uso dell'approccio Ecosystem Services a supporto del processo decisionale, l'utilizzo concreto della conoscenza ecologica a supporto dell'applicazione di un approccio ecosystem-based per un uso sostenibile delle risorse marine, in linea con gli obiettivi di MSFD; la comprensione del ruolo e dell'influenza dei cambiamenti climatici sul benessere del mare e sugli usi che in esso vengono svolti; lo sviluppo sostenibile di usi futuri del mare (e.g. energia dal mare, acquacoltura offshore, piattaforme multiuso, deep sea mining, ecc.); la pianificazione in aree remote (e.g. in aree polari) e in ambienti di mare profondo; l'utilizzo e la valorizzazione di dati e servizi per il monitoraggio e la gestione adattativa del Piano. In Europa il processo di MSP è in atto attraverso la Direttiva 2014/89/EU, mentre nel mondo esistono ad oggi circa 150 piani di livello nazionale, regionale e locale, con iniziative internazionali come MSPglobal promossa da UNESCO-IOC e EC-DG MARE, che promuovono il processo e lo scambio di esperienze e sviluppano linee guida.

Il Gruppo si è occupato e si occupa dell'intero processo di MSP, dalla definizione degli obiettivi alla formulazione di proposte di misure per i vari settori di uso del mare, ma ha sviluppato ed affinato negli anni una propria identità, che il nome Tools4MSP esprime, che riguarda la gestione dell'informazione per MSP e lo sviluppo di strumenti (da concettuali a modellistici a informatici in senso lato) a supporto del processo di pianificazione e gestione (la parte più tecnologica delle attività del gruppo è ricompresa in un altro abstract). I punti di forza sono: il processo di implementazione della Direttiva 2014/89/EU in corso, che riconosce a MSP un ruolo importante nel più ampio tema della crescita sostenibile dell'economia del mare (MSP for Blue Growth); la buona disponibilità di risorse su diversi progetti, con declinazione ampia o su specifici settori (e.g. conservazione, turismo, trasporti, pesca e acquacoltura); una solida e diffusa relazione con Autorità Competenti, Amministrazioni, Portatori di interesse nazionali ed internazionali, con particolare riferimento all'ambito mediterraneo; una rete di collaborazioni interne ed esterne all'Istituto ed all'Ente, nazionali ed internazionali, per portare sul tema e integrare discipline e competenze diverse.

Le principali attività in corso riguardano lo sviluppo del nuovo Geoportale per la Regione Adriatico-Ionica (ADRION-PORTODIMARE), lo sviluppo transnazionale del processo di MSP nel Mediterraneo (Progetto EASME-MSPMED) e l'assistenza tecnico-scientifica al Comitato Tecnico Nazionale per lo sviluppo dei Piani nelle acque marine italiane (MSPItaly). Dal 2015 il gruppo ha prodotto 22 articoli in riviste ISI, oltre a numerosi report e volumi, ed ha partecipato a decine di Conferenze nazionali ed internazionali.



## **I siti osservativi fissi di ISMAR: verso un sistema integrato, fra potenzialità ed ostacoli da superare.**

*Cantoni C., Bastianini M., Bergami C., Borghini M., Caccavale M., Capotondi L., Chiggiato J., Colella S., Colucci R.R., Cozzi S., Luchetta A., Matano F., Raicich F., Ravaioli M., Riminucci F., Sacchi M., Schroeder K., Sparnocchia S., Stanghellini G., Vetrano A.*

La ricerca e la gestione dell'ambiente marino hanno e avranno una sempre maggior necessità di dati ed osservazioni sperimentali continuative. Gli istituti che hanno dato origine ad ISMAR, così com'è oggi, hanno installato e mantenute operative stazioni osservative fisse, sia costiere che offshore, che vantano serie pluridecennali di dati. Tale patrimonio rappresenta uno strumento unico per lo studio dei cambiamenti climatici, biogeochimici e biologici dell'ecosistema marino e dei forzanti che li determinano. Per rispondere al meglio alle attuali sfide poste dalla necessità di una gestione sostenibile e responsabile dei mari e delle loro risorse, non bastano numeri, occorrono dati il più possibile continui, validati, accessibili e riutilizzabili in modo da poter rispondere alle più diverse necessità. Negli ultimi dieci anni, sotto la spinta di progetti sia nazionali (in particolare RITMARE), sia europei, sono stati allestiti nuovi siti osservativi e potenziati quelli già esistenti, aprendo così la strada al loro inserimento in diverse Infrastrutture di Ricerca europee. Non sono mancate azioni tese a creare un miglior coordinamento fra le singole stazioni e a porre le basi per un "sistema osservativo" integrato di ISMAR, ma, sebbene siano stati fatti alcuni passi avanti, il completo raggiungimento dell'obiettivo è ancora lontano. Qui presentiamo, in modo sintetico, un quadro aggiornato dei siti fissi marini e costieri gestiti da ISMAR, e del flusso di dati da questi generato verso le comunità di riferimento. Sottolineiamo non solo le potenzialità ma anche gli ostacoli e le difficoltà che si sono incontrati, e che ancor si incontrano, a livello di istituto nell'integrazione delle stazioni, nella loro gestione e nell'armonizzazione dei dati che da esse provengono.



## La partecipazione ISMAR alle infrastrutture di ricerca europee ESFRI

*De Pascalis F., Bellafiore D., Umgiesser G., Luchetta A., Cantoni C., Chiggiato J., Borghini M., Sparnocchia S., Vetrano A., Schroeder K., Bastianini M., Bergami C., Pugnetti A., Ravaioli M., Bongiorno L., Maggiore F., Capotondi L., Lirer F., Alberico I., Angeletti L., Armeli Minicante S., Camatti E., Ferraro L., Grande V., Guarneri I., Ligi M., Pansera M., Sigovini M., Tagliapietra D., Taviani M., Griffa A., Magaldi M., Marini S., Barbieri L., Berta M., Celentano P., Corgnati L., Franci G., Kokkini Z., Mantovani C., Riminucci F.*

Le infrastrutture di ricerca (RI) vengono definite dall'ESFRI (European Strategy Forum on Research Infrastructures) Work Program come "strutture, risorse e servizi utilizzati dalla comunità scientifica e d'impresa per promuovere la ricerca e l'innovazione in settori d'interesse strategico". Attraverso l'offerta di servizi di ricerca di alta qualità, le RI aiutano a strutturare la comunità scientifica e favoriscono la costruzione di un ambiente di ricerca e innovazione efficiente. Il punto di forza delle RI è pertanto quello di assemblare la "massa critica" di professionisti, strutture e investimenti contribuendo al progredire delle conoscenze e allo sviluppo economico regionale, nazionale ed europeo.

Le priorità scientifiche, le competenze e le piattaforme di misura del CNR-ISMAR hanno permesso che, nell'ultimo decennio, l'istituto fosse in grado di partecipare a numerose infrastrutture ESFRI del cluster ambientale (ENVRI), in particolare, a quelle più focalizzate all'oceanografia fisica e al cambiamento climatico quali: EMSO ERIC che gestisce osservatori dei fondali marini profondi e della colonna d'acqua, ICOS ERIC che fornisce dati di qualità certificata sul ciclo del carbonio per il bilancio dei gas serra nelle tre componenti atmosferica, terrestre (ecosistemi) e marina. Inoltre, iniziative basate su networks, quali JERICO, la rete europea degli osservatori costieri di cui ISMAR è coordinatore nazionale, stanno contribuendo a rafforzare la presenza dell'istituto nel panorama delle infrastrutture.

Le competenze CNR-ISMAR in ambito ecologico e biologico hanno permesso la partecipazione alle infrastrutture legate alle tematiche biodiversità ed ecosistemi tra cui: eLTER RI, infrastruttura di riferimento per lo studio delle variazioni a lungo termine in ecosistemi terrestri, di acqua dolce e di transizione, EMBRC ERIC, infrastruttura di riferimento per la biologia marina e la ricerca ecologica finalizzata a trovare soluzioni sostenibili nei settori alimentare, sanitario e ambientale, DISSCO RI che lavora all'unificazione digitale di tutte le collezioni europee di scienze naturali e LifeWatch ERIC, l'infrastruttura virtuale (e-Science) che fornisce strumenti e servizi per l'elaborazione di dati e conoscenze su biodiversità e funzionamento degli ecosistemi. Punto di collegamento tra il dominio marino e terrestre sono sia ICOS ERIC, con le sue componenti per la stima dei flussi di carbonio e GHG in fiumi ed estuari, che DANUBIUS-RI, infrastruttura per lo studio dei sistemi fiume-mare in cui CNR-ISMAR è coordinatore del nodo modellistico e partecipa allo sviluppo del living laboratory (Supersite) del Nord Adriatico e delle sue lagune.

Tramite DANUBIUS-RI e, indirettamente, attraverso tutte le altre RI, l'istituto è coinvolto nel progetto ENVRI-FAIR, con lo scopo di mettere insieme le RI in campo ambientale per costruire servizi accessibili per la società, l'innovazione e la ricerca, nel rispetto dei principi FAIR (Findable Accessible Interoperable Reusable). Il coinvolgimento di ISMAR nelle RI rappresenta un'occasione importantissima per l'integrazione e lo sviluppo delle attività di ricerca in ambito marino. Tuttavia, sono necessari una maggiore visibilità delle RI, il coordinamento delle attività e un maggiore coinvolgimento del personale ISMAR. Questo contributo rappresenta un primo passo in tal senso, avviando uno spazio di confronto prezioso per rafforzare le sinergie tra le RI e per selezionare e arricchire le tipologie di servizi che possono venire offerti.



## Servizi Operativi Oceanografici IT/ICT: Produzione e Disseminazione

*La Padula F., Cesarini C., Benincasa M., Bohm E., Buongiorno Nardelli B., Cesarini C., Colella S., Di Cicco A.,  
Forneris V., La Padula F., Pisano A., Tronconi C., Volpe G.*

La UOS di Roma (gruppo GOS) è coinvolta da più di dieci anni in una serie di Progetti e Servizi Operativi, Nazionali ed Internazionali, che necessitano di un forte supporto IT. Con l'occasione del primo WorkShop di Istituto ISMAR, verranno brevemente condivisi alcuni key concepts in merito alla gestione di dati oceanografici osservativi: produzione scelta formati, convenzioni e metadattazione, archiviazione e condivisione in ambiente interoperabile ed operativo. Verrà inoltre presentato un caso particolare, un Servizio Operativo puramente ICT di cui l'ISMAR è Leader: le Dissemination Units (DU) di CMEMS (Copernicus Marine Environment Monitoring System).

In conclusione, verranno condivise le (ben note) difficoltà dell'Ente in merito alla gestione di progetti operativi e più in generale del settore IT ed amministrativo, con particolare riferimento alla gestione del personale dedicato ed alle risorse disponibili, come spunto di discussione per cercare possibili soluzioni a livello di Istituto.

## Infrastrutture per l'organizzazione, la preservazione e la condivisione di dati spaziali marini

*Foglini F., Grande V., Mercorella A.*

Uno dei focus del dibattito europeo nell'ambito della gestione dati, è stato la definizione dei "FAIR Data Principles", ovvero un insieme di principi guida per la gestione di dati scientifici che hanno come scopo quello di rendere i dati reperibili, accessibili, interoperabili e riutilizzabili. Questi principi rappresentano uno dei pilastri del open science, secondo cui, i dati e più in generale le ricerche scientifiche devono raggiungere il maggior grado di FAIRness possibile per superare la frammentazione e migliorare l'efficienza di riutilizzo di dati, servizi e procedure. In questo contesto, ISMAR ha preso parte a diversi progetti nazionali ed internazionali (es. CoCoNet, AMARe, IDEM, MarE, BLUELAND), implementando una serie di Spatial Data Infrastructure (SDI) per la gestione di dati spaziali marini multidisciplinari. Un ulteriore avanzamento tecnologico è stato fatto nel progetto EVER-EST, nel quale ISMAR Bologna ha lavorato ad un Virtual Research Environment (VRE) per la gestione delle ricerche scientifiche nel campo dell'osservazione della Terra. Lo scopo era testare una piattaforma che fosse anche un laboratorio virtuale, dove gli scienziati potessero gestire i prodotti della ricerca lungo tutto il loro ciclo vitale, dallo sviluppo dell'ipotesi, alla pubblicazione dei risultati, passando dalla definizione di flussi di lavoro riproducibili. Il quadro dei prodotti e dei servizi sviluppati è senza dubbio frammentato e molti di questi cessano di funzionare ed essere accessibili nel momento in cui il progetto che li ha finanziati finisce. Per ovviare in parte a questa dispersione, a Bologna sono stati sviluppati una serie di database relazionali in grado di accogliere e organizzare i diversi dati marini spaziali acquisiti dal nostro istituto nel corso degli anni e di diversi progetti. Ad oggi, i geodatabase tematici sono quattro (GEOLOGY, GEOPHYSICS, SEAFLOOR MAPPING, WATER COLUMN) e sono accessibili tramite un portale web (<http://gismarblack.bo.ismar.cnr.it:8080/mokaApp/apps/ismarBoApp/index.html>), che integra e visualizza tutti i dati spaziali e le relative informazioni, fornendo alcune funzioni GIS di base (es. ricerca tramite filtri, creazione di mappe). I metadati dei servizi OGC (es. Web Map Services) e dei layer pubblicati della piattaforma sono gestiti in un catalogo di metadati Geo-network (<http://libeccio.bo.ismar.cnr.it:8080/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/home>). Una infrastruttura dati di questo tipo è resa interoperabile da servizi di tipo CSW (Catalogue Service for the Web) e WMS (Web Map service), che ci hanno permesso di integrare i dati prodotti in altre piattaforme (es. AMARe in PANACeA e CoCoNet in RITMARE) e di riutilizzare i nostri servizi in VRE (es. EVR-EST). Sulla base di quanto detto, riteniamo necessaria una infrastruttura di dati comune e riconosciuta a livello di istituto che permetta di:

1. integrare dati e piattaforme (es. collezioni naturali, geoportali e cataloghi di metadati);
2. incoraggiare la condivisione e la collaborazione multidisciplinare;
3. preservare i risultati ottenuti negli anni.



## Organizzazione e valorizzazione delle collezioni di scienze naturali di ISMAR

*Maggiore F., Capotondi L., Lirer F., Alberico I., Angeletti L., Armeli Minicante S., Camatti E., Ferraro L., Grande V., Guarneri I., Ligi M., Pansera M., Sigovini M., Tagliapietra D., Taviani M.*

L'ISMAR possiede un vasto ed importante patrimonio di materiale scientifico acquisito dai numerosi progetti di ricerca nei settori della biologia, paleontologia e geologia, ma in larga parte non razionalizzato secondo gli standard delle Collezioni museali di Scienze Naturali (CSN), cosa che ne limita la fruizione a livello nazionale ed internazionale. Tale materiale si distingue per ricchezza, tematica (botanica, zoologia, micro e macropaleontologia, petrografia), distribuzione geografica (Mar Mediterraneo e Mar Rosso, Oceano Atlantico e Indiano, Artide e Antartide) ed ambientale (ambienti di transizione, costieri e di mare profondo). Partendo dalle collezioni botaniche depositate presso l'erbario istituzionale ISMAR, l'Algarium Veneticum, e dal patrimonio storico-culturale della Biblioteca di Studi Adriatici, la sede di Venezia ha sviluppato il repository "Archivio di Studi Adriatici" ([www.archivostudiadriatici.it](http://www.archivostudiadriatici.it)) per rendere accessibili alla comunità scientifica e al pubblico, le collezioni di scienze naturali (CSN) in termini di campioni digitalizzati e metadati. Inoltre è stato messo a punto un protocollo riportante le linee guida per le fasi di organizzazione, catalogazione e digitalizzazione delle CSN. La strategia suggerita per ISMAR, entrata a far parte dell'infrastruttura DiSSCo (Distributed System of Scientific Collections, <https://www.dissco.eu/>), ambisce ad includere tutte le sedi d'Istituto in un processo di censimento, catalogazione e conservazione dei campioni, rispettando linee guida e canoni scientifici DiSSCo propedeutici all'accesso fisico e virtuale alle CSN europee. La partecipazione a DiSSCo consente l'accesso alle collezioni da parte di studiosi europei che lo richiedano per motivi di approfondimento e ricerca.

Una riorganizzazione del materiale consente di avere informazioni ulteriori che possono permettere di approfondire tematiche di studio e di ricerca applicabili alle principali future sfide in campo ambientale. La riorganizzazione delle CSN e relativa omogeneizzazione delle banche dati, preesistenti nelle varie sedi di ISMAR, è in fase iniziale, attivata su base volontaria, non finanziata e coinvolge attualmente tre sedi: Venezia (zoologia e botanica), Bologna e Napoli (paleontologia e geologia).

Napoli: per i soli campioni delle carote di sedimento del Mediterraneo e relativi dati e metadati, è stato creato, nel framework del progetto Next Data (<http://www.nextdataport.it/>), il database sulla piattaforma geonetwork "Sea Sediment Cores" (<http://nextdata.igg.cnr.it/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/home>).

Venezia: alle collezioni di zooplancton sono stati associati i relativi dati descritti in un dataset composto da 50 anni di osservazioni (1965-2015) di parametri abiotici e di abbondanze di fito- e zooplancton, effettuate nel macrosito LTER Alto Adriatico. Il dataset è accessibile al link: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3516717>.

Bologna: sono stati fatti diversi sforzi nella messa a sistema di dati spaziali, comprendenti posizione nello spazio e metadati di campioni fisici (es. carote e benne) e digitali (es. immagini ROV). Seppur frammentati nell'ambito di diversi progetti, sono stati integrati in un geoportale (<http://gismarblack.bo.ismar.cnr.it:8080/mokaApp/apps/ismarBoApp/index.html>)

e resi disponibili tramite un catalogo di metadata (<http://libeccio.bo.ismar.cnr.it:8080/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/home>).

La razionalizzazione delle collezioni contribuirà al rafforzamento dell'ISMAR anche a fronte delle emergenze ambientali che stanno assumendo crescente importanza in campo scientifico e politico, potenziando l'Istituto in sede progettuale nazionale ed europea. In questa prospettiva, anche l'armonizzazione delle banche dati già esistenti in alcune sedi e la creazione di nuove può risultare strategica.

## **Strumenti collaborativi open source a supporto della ricerca marina e ambientale e dei processi decisionali**

*Menegon S., Barbanti A., Bastinini M., De Maio E., Fadini A., Ferrarin C., Sarretta A.*

La ricerca marina, al fine di rispondere alle sfide sempre più complesse legate alle problematiche ambientali e socio-economiche e, conseguentemente, supportare efficacemente i processi decisionali (es. MSP, ICZM, MPA, gestione del rischio), necessita di strumenti informatici adeguati che consentano di integrare ed analizzare flussi informativi provenienti da differenti ambiti disciplinari e da differenti sorgenti dati (es. osservazione della terra, modellistica, reti sensoristiche). Il paradigma dell'open science coniugato con l'adozione di strumenti open source permette di realizzare un patrimonio informativo diffuso, accessibile e in continuo aggiornamento. A partire dal 2010, ISMAR ha sviluppato e implementato numerosi software open source per la condivisione della conoscenza a supporto della ricerca marina e dei processi decisionali. Tali strumenti, pur sviluppati nell'ambito di differenti progetti e finalizzati a soddisfare esigenze differenti, sono stati sviluppati utilizzando un approccio tecnologico comune, sono orientati alla gestione via web di dati spaziali e temporali e si basano sull'utilizzo di standard di interoperabilità. Tali soluzioni facilitano anche l'integrazione di flussi informativi provenienti dalle infrastrutture dati interoperabili a livello europeo ed internazionale (es. EMODnet, Copernicus, OBIS), dalle reti di monitoraggio (es. IOC Sea Level Station Monitoring Facility) o da altri servizi dati di interesse marino e costiero (es. AISHub). Il primo progetto a riguardo è CIGNo (Collaborative Interoperable Geographic Node), nato nel 2010, è basato sul software open source GeoNode ed è finalizzato alla gestione collaborativa delle informazioni territoriali e ambientali a supporto del progetto "Atlante delle Laguna". CIGNo è utilizzato per la realizzazione dell'infrastruttura dati geografici federata per la condivisione delle informazioni geografiche ambientali, costiere e marine di interesse dell'Atlante. Attraverso CIGNo vengono altresì pubblicate le 14 mappe georeferenziate provenienti dalla cartoteca storica della Biblioteca degli Studi Adriatici. Il progetto software GET-IT (Geoinformation Enabling ToolKIT starterkit) è stato invece sviluppato dalla collaborazione CNR-IREA e CNR-ISMAR nell'ambito del progetto RITMARE ed ha rappresentato la prima soluzione open source per l'integrazione e la gestione collaborativa ed interoperabile di informazioni geografiche tradizionali con dati osservativi. Le soluzioni software CIGNo e GET-IT hanno rappresentato la base, a partire dal 2013, dello sviluppo del software Tools4MSP, ovvero una piattaforma web collaborativa per la gestione e la condivisione di dati e informazioni a supporto del Maritime Spatial Planning (MSP) integrata con strumenti avanzati di supporto alle decisioni (e.g. Maritime Use Conflict analysis, Cumulative Effects Assessment). Tools4MSP è in continua evoluzione ed è stato adottato per supportare le attività di numerosi progetti europei e nazionali ADRIPLAN, RITMARE, SUPREME, PORTDODIMARE. Tools4MSP incorpora anche strumenti avanzati per l'acquisizione e l'analisi in tempo reale di dati provenienti da sorgenti dati non convenzionali quali i dati AIS dalla rete AIS-HUB (a cui abbiamo aderito con le strumentazioni posizionate in piattaforma studi adriatici). Nell'ambito del progetto PHAROS4MPAs, la suite Tools4MSP è stata integrata con un Decision Support Tool per la Blue Economy nelle Aree Marine Protette. Recentemente, nella suite sono stati integrati anche gli output modellistici prodotti dal software SHYFEM (software open source sviluppato da ISMAR) attraverso lo sviluppo di Web API dedicate che hanno reso disponibili i moduli anche per collaborazioni applicative.

Nell'ambito del progetto I-STORMS, ISMAR ha invece progettato, sviluppato e implementato la piattaforma IWS (I-STORMS Web Integrated System) che combina gli strumenti per la gestione di dati geospaziali basati (GeoNode based), con strumenti per la gestione di dati modellistici multidimensionali (THREDDS Data Server)



e con strumenti per la creazione e la condivisione di dashboard interattive finalizzate alla visualizzazione di serie temporali (Grafana). Il progetto IWS è corredato da funzionalità per l'acquisizione e l'armonizzazione di output modellistici da modelli operazionali e da stazioni di monitoraggio.

Tutti i prodotti presentati sono stati rilasciati come software open source utilizzando principalmente la piattaforma di sviluppo collaborativo GitHub <https://github.com/orgs/CNR-ISMAR>.



# ***Sessione 2***

## **Nuove Assunzioni**

## Anthropogenic geochemistry

### *Funari V.*

Dopo la LM in Geologia (2012) con una tesi in interpretazione di sezioni sismiche e bilanciate per lo studio di sistemi diapirici e l'abilitazione alla professione (2012), intraprende un dottorato in Scienze della Terra (2013) presso il BiGeA (Università di Bologna) applicando geochimica, mineralogia e processi metallurgici per la caratterizzazione e valorizzazione di materiali antropogenici. Durante il PhD, è visiting researcher presso Montanuniversitat (Leoben) e, studiando il sistema isotopico Re-Os, osserva le relazioni tra rifiuti municipali e livelli anomali di osmio tetraossido. Visita anche il Technical Research Centre of Finland (VTT) dove affina competenze di bioidrometallurgia, che ripropone al BiGeA instaurando nuove linee di ricerca sul trattamento di rifiuti per il recupero di materia prima seconda. Nel 2016 è IRM Visiting Fellow (Minnesota University) e studia le proprietà magnetiche di ceneri volanti da termovalorizzatore, con riguardo alla contaminazione da nanoparticelle SP, iniziando la collaborazione con il laboratorio di Paleomagnetismo di ISMAR-CNR. Con una Royal Society Fellow (Accademia dei Lincei) presso il GEES (Hull University) ingegnerizza biofilm naturali e ottimizza processi di bioleaching collaborando al progetto NERC-R3AW e vince il premio SIMP-2016. Nei successivi anni di post-dottorato si specializza in caratterizzazione geochimica di georisorse naturali e antropiche mediante tecniche analitiche quali XRF, ICP, magnetometria e microscopia elettronica collaborando al progetto ALMAIDEA sulla carbonatazione di materiali geogenici e antropogenici (UNIBO), al progetto ISMAR-CNR MISE-15\_18 "Agreement for National Environmental Security of Marine Georesources exploration and exploitation (2015-2018)", al PRIN 2018 "Mineral reactivity, a key to understand large-scale processes: from rock forming environments to solid waste recovering/lithification (MiReLaP) (2019-2022)". Al momento dell'assunzione come ricercatore ISMAR è PI del progetto "2017/0238 SuoliBO-HD (2018-2020)" per uno studio sul topsoil urbano di Bologna in collaborazione con il laboratorio di Paleomagnetismo ISMAR, è assegnatario di un ECORD research grant 2018 per lo studio di sedimenti marini tirrenici e ottiene il finanziamento del progetto "MATCHER 2018-PDR-01165 (2020-2023)" coordinando 6 partner istituzionali, tra cui ISMAR-CNR. Dal 2015 è membro del Managing Committee della Cost Action MINEA (Mining the European Anthroposphere) e dal 2018 del comitato tecnico "CIRS- Comitato Interdisciplinare Rifiuti e Salute". Dal 2016 ha incarichi di insegnamento (geochimica dei materiali contaminati), supervisiona i frequentatori dei laboratori di geochimica ed è (co)relatore di 7 tesi LT e 3 LM presso il BiGeA. Ha ideato e gestisce theanthropictimes.it (©2019), sito di divulgazione sulle interazioni uomo-ambiente. Come ricercatore ISMAR-CNR sotto l'area strategica (368.28 RIC) RISCHI NATURALI E IMPATTI ANTROPICI E TECNOLOGIE PER L'AMBIENTE si pone l'obiettivo di sviluppare e migliorare conoscenze e metodologie per:

- 1) l'esplorazione e lo sfruttamento di georisorse minerarie marine
- 2) la bioidrometallurgia per il recupero di metalli e critical raw materials
- 3) caratterizzazione geochimica e mineralogica di matrici ambientali
- 4) studi geochimici e magnetici per la valutazione degli impatti geogenici e antropogenici sull'ambiente e la salute.



## Feedbacks between marine biogeochemistry and the global climate system

*Landolfi A.*

In this presentation I will discuss my ongoing research and future research perspectives aimed at understanding the interactions and potential feedback mechanisms of marine biogeochemistry with the global climate system across different temporal scales, ranging from centennial to millennial timescales, using a combination of approaches from biogeochemical observations to numerical model simulations with a earth system model (ESM) of intermediate complexity (UVic2.9). I will cover how anthropogenic driven perturbations, global warming and N inputs to the ocean affect the oceanic fixed-nitrogen (N) inventory, which exerts a significant influence on the climate system by controlling marine productivity and the ocean's capacity of absorbing atmospheric CO<sub>2</sub>, and by affecting the oceanic emissions of the greenhouse gas N<sub>2</sub>O. I will discuss how ocean acidification is affecting ocean CO<sub>2</sub> uptake and storage, and the factors that affect past (Cretaceous) and future projections of ocean O<sub>2</sub> content. Finally, I will discuss current challenges and future research perspectives.



## The role of phytoplankton diversity in a changing carbon cycle: optical approaches combining space-based and Biogeochemical-Argo float observations

*Organelli E.*

Phytoplankton is a key driver of the biological carbon pump, i.e., the suite of processes that constitutes a major planetary flux of carbon from the atmosphere to the deep ocean and, ultimately, controls the Earth's climate. However, when analyzing organic carbon fluxes in the ocean, it is inadequate to consider all phytoplankton having the same function since the various phytoplankton groups may play different roles. Large phytoplankton such as diatoms drives particulate carbon export to the deep ocean. Differently, very recent research has shown that the smallest phytoplankton on the planet (i.e., picophytoplankton) is a producer of potentially-refractory dissolved organic matter. Understanding changes in phytoplankton taxonomic composition is therefore crucial, and especially those modifications related to climate change since they may deeply modify the magnitude of organic carbon that is sequestered in the ocean for millennia. However, quantifying the impact of such community changes on carbon fluxes at the global scale is still a challenge, mainly because of the paucity of observations.

Measurements of marine optical properties (such as light absorption and scattering) help increasing our observational capabilities. Indeed, optical properties can be acquired with high spatial and temporal resolutions from space as well as in situ by miniaturized instruments installed on autonomous robotic platforms (e.g., Biogeochemical-Argo floats). Marine optical properties can then be exploited to infer phytoplankton diversity, particulate organic carbon, and dissolved organic matter concentration and characteristics. In ISMAR, I would like to unravel the impact of changing phytoplankton composition on organic carbon sequestration both as particulate and dissolved organic matter at the global scale. To achieve this understanding, I would like to develop an approach based on optical measurements acquired by different platforms. From one side, next generation of hyperspectral satellites will provide new mechanistic ways to infer main phytoplankton group concentrations at the ocean surface. On the other side, emerging autonomous Biogeochemical-Argo floats will provide 0-1000 vertical profiles of optical properties from which particulate and dissolved organic carbon concentrations and characteristics can be derived. For example, since 2012, Biogeochemical-Argo floats have acquired more than 70000 vertical profiles of various optical quantities across the entire globe which are available in open access.

My research activity will also involve methodological development, is transversal to research lines existing in ISMAR (optical and satellite oceanography, marine biogeochemistry, ecosystem studies), and hopefully will open the way to new collaborations on various topics such as, but not limited to, 3-D reconstructions, physical oceanography, biogeochemical and climate modelling and active remote sensing.



## Ricerche di Geologia e Geodinamica degli Oceani

*Palmiotto C.*

La mia esperienza nel campo della geologia marina è iniziata con la partecipazione dal 2007 al 2010 a otto campagne oceanografiche nel Mar Mediterraneo, a bordo delle navi da ricerca *Universitatis*, *Urania* e *Odin Finder*. Nel 2010 ho conseguito la laurea specialistica in “Prospezioni geologiche e cartografia” presso l’Università di Roma “La Sapienza”. Il progetto di tesi si è svolto nella tematica “geodinamica degli oceani”, in una collaborazione Università e ISMAR-CNR di Bologna. Materia di studio è stato il dominio trasforme San Paolo, che disloca la Dorsale Medio-Atlantica equatoriale per circa 580 km, ed è composto da un sistema di faglie trasforme multiple interrotte da tre piccoli segmenti di dorsali oceanica intra-trasforme. Dal 2011 al 2014 ho svolto il Dottorato in Scienze della Terra tra l’università di Bologna e l’ISMAR-CNR di Bologna. La mia ricerca si è focalizzata sull’interazione tra la dinamica trasforme lungo le dorsali oceaniche lente ed ultra-lente e l’origine e l’evoluzione delle isole oceaniche di origine non-vulcanica. La sismicità e l’interazione tra magmatismo e tettonica lungo la Dorsale Medio-Atlantica centrale sono stati i temi principali di due campagne oceanografiche a bordo delle navi da ricerca *Atlantis II* e *Knorr* condotte dal WHOI (USA) e finanziate dalla National Science Foundation nel 2012 e 2013. Nel 2014 ho iniziato il mio percorso post-dottorale presso l’ISMAR di Bologna nell’ambito del progetto di ricerca (PRIN-2012): “Rift-to-Drift Transition in the Red Sea: Geodynamics, Geochemistry, and high-resolution Plate Kinematics”, sotto la responsabilità scientifica del Dott. Marco Ligi. Il lavoro svolto è stato un’analisi batimetrica e morfotettonica di una porzione di Mar Rosso compresa tra la costa Africana Occidentale e le isole Brothers analizzando un 3D di sismica a riflessione multicanale. Nel 2018 ho iniziato una collaborazione tecnico scientifica ai fini della cartografia geologica dei mari italiani per le attività del Progetto di Ricerca EMODnet GEOLOGY 2 e 3, attività che ho svolto sotto la responsabilità scientifica della Dott.ssa Maria Filomena Loreto. A Settembre 2018 ho continuato la mia attività post-dottorale nell’ambito del bilaterale CNR-Russia denominato: “A New Class of Plate Boundaries: Megatransforms”, sotto la responsabilità scientifica del Dott. Marco Ligi. Il progetto di ricerca, della durata triennale, riguarda lo studio del sistema trasforme Doldrums, localizzato in Oceano Atlantico equatoriale, al fine di determinare come le megatrasforme influenzino la risalita e la fusione del mantello sotto la Dorsale Medio Atlantica. A Novembre 2019 sono risultata vincitrice del Concorso per giovani ricercatori ed ho scelto di continuare il mio percorso lavorativo presso il CNR-ISMAR di Bologna lavorando nell’ambito dei progetti PRIN 2017 e bilaterale CNR-Russia sotto la supervisione del Dr. Marco Ligi. Le mie prospettive per il futuro sono quelle di rafforzare il gruppo di geologia oceanica italiana dell’ISMAR di Bologna e instaurare forti collaborazioni scientifiche con altri Enti e Università italiane al fine di poter relazionare il nostro lavoro con gruppi di ricerca internazionali.



## Archivi sedimentari per la comprensione dei cambiamenti globali

*Pellegrini C.*

Claudio Pellegrini, Geologo, laureato in geologia a Milano Bicocca e dottorato in Scienze Della Terra all'Università di Bologna e post-doc presso ISMAR-Bo. Durante questi primi anni di ricerca ho trascorso dei periodi di formazione presso Ifremer, Exxon-Mobil e l'Università dell'Indiana. Una delle maggiori sfide che ho affrontato con la mia ricerca è stata la caratterizzazione della struttura del sistema climatico dell'Ultimo Massimo Glaciale. Sebbene la configurazione del sistema climatico a scala globale è ben nota, ho documentato variazioni a scala breve che hanno interessato questo periodo, variazioni a scala breve simili in durata a quelle note per l'ultima deglaciazione e per l'Olocene (es. [doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2018.03.002](https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2018.03.002)). Lo studio multidisciplinare è stato condotto studiando due record complementari: i) un record sismo-stratigrafico, le geometrie di corpi deltizi che indicano come questi si sono evoluti nel tempo; e ii) un record sedimentologico, un pozzo profondo che ha fornito la registrazione in continuo di variazioni paleoambientali (ad esempio oscillazioni delle associazioni faunistiche, valori  $\delta^{18}O$ ). Il progetto di tre anni è stato interamente finanziato dalla Exxon-Mobil.

Attualmente sono coinvolto nel progetto PRIN "PASS" e nel progetto "GREAT" finanziato da ENI, in un contesto multidisciplinare che prevede la collaborazione con colleghi oceanografi (ISMAR-Ve), paleontologi (ISMAR-Bo) e geochimici (ISP-Bo). Il mio sforzo qui è concentrato nell'analisi stratigrafica e sedimentaria alle differenti scale (dalla scala km dei dati sismo-stratigrafici a quella  $\mu m$  dei campioni al SEM) per meglio comprendere i processi registrati dagli archivi sedimentari e per proporre nuove tipologie di indicatori vicarianti per la comprensione della variabilità climatica. Questo flusso di lavoro è risultato anche in attività editoriale di un volume speciale per la rivista Basin Research. Durante lo studio di questi sistemi silico-clastici ho ampliato le mie conoscenze su sistemi deposizionali di mare profondo come, ad esempio, forme di fondo e sistemi conturritici: depositi sviluppati sotto l'attività di correnti termoaline che interagiscono con il fondale irregolare provocando una deposizione focalizzata e quasi continua nel tempo. In un'ottica di ricerca futura, vorrei studiare i depositi conturritici in un contesto pan-mediterraneo. Il Mediterraneo oggi è un sito di primaria importanza per la comprensione del cambiamento climatico, il riscaldamento in quest'area sta avvenendo molto più velocemente che nella media del globo. Con i dati acquisiti e messi a disposizione dai diversi istituti di ricerca (es. IFREMER, CSIC) che operano in Mediterraneo vorrei meglio comprendere le variazioni della circolazione termoalina registrate dai depositi conturritici nel lungo periodo (ultimo milione di anni) e in uno scenario di riscaldamento globale. A ISMAR mi ha attirato l'ambiente di ricerca multidisciplinare. Anche se con alcune criticità di fondo ereditate (es. interazione tra ricercatori non sempre efficiente, assenza di piattaforme cloud), ho la possibilità di lavorare in un contesto multidisciplinare e sulle tematiche che da sempre mi hanno appassionato. Infine a ISMAR sto sperimentando diverse metodologie di indagini che mi piacerebbe applicare in futuro in aree di studio poste alle alte latitudini.



# ***Sessione 3***

## **Processi Oceanici e Variabilità Climatica**

## Dal Mediterraneo e dai poli indicazioni sul clima

*Asioli A., Capotondi L., Pellegrini C., Chiggiato J., Schroeder K., Trincardi F.*

La micropaleontologia dei foraminiferi (organismi unicellulari marini provvisti di conchiglia) riveste un ruolo importante nella paleoceanografia e nella (bio)stratigrafia. Considerata la loro sensibilità alle variazioni dei fattori fisici, geochimici e biologici, questi protozoi, planctonici o bentonici, sono ottimi indicatori dell'ambiente in cui vivono e per questo hanno un vasto impiego nelle indagini paleoceanografiche/paleoclimatiche (es. ciclicità climatica, ventilazione del fondo marino, variazioni del livello del mare). Queste indagini permettono anche di rispondere alla crescente domanda di avere dati per sviluppare modelli sulla futura variabilità climatica al fine di adottare adeguate strategie per la salvaguardia degli ecosistemi e lo sviluppo sostenibile. I due temi principali di ricerca trattati in questa sede sono inerenti a questi aspetti generali. Il primo tema è la ricostruzione paleoceanografica a risoluzione secolare/decadale di alcune sequenze sedimentarie acquisite nel Mediterraneo e nelle aree polari nell'ambito di progetti EC (PROMESS1, EUROSTRATAFORM), PNRA (CHIMERA, EDISTHO e STREAM) e industriali con focus sugli ultimi 10000 anni (Olocene), l'ultimo massimo glaciale (LGM, 24-18ka BP) e l'intervallo di tempo corrispondente alla deposizione dei Sapropels 5, 6 e 7 (124, 172, 195ka BP). La ricerca sull'Olocene riguarda due progetti: 1) un progetto PRIN 2017 coordinato da UniBologna e con scopo ultimo di quantificare i flussi di sedimento in un sistema deposizionale lungo circa 1000km (Po-Adriatico) applicando un approccio multidisciplinare e cronologicamente molto robusto; e 2) un progetto ENI-ISP Artico per la ricostruzione climatica degli ultimi 2000 anni, in linea con gli obiettivi del programma internazionale PAGES 2k (Past Global Changes), al fine di valutare l'impatto antropico nelle Svalbard analizzando con metodi integrati i sedimenti marini prelevati nel fiordo di Kongsfjorden. L'intervallo LGM è invece il proseguo di un progetto industriale (Exxon-Mobil ed ISMAR) nel quale il contributo micropaleontologico, oltre a fornire l'impianto cronologico, ha integrato l'interpretazione della stratigrafia sequenziale nell'Adriatico Centrale. Lo stesso intervallo è studiato anche nei progetti PNRA citati per la ricostruzione paleoceanografica tardo-quadernaria registrata nel margine continentale del Mare di Ross. Infine, l'intervallo inerente i Sapropels 5, 6 e 7 è oggetto di un progetto industriale (ENI-ISP) a carattere multidisciplinare (geochimica, micropaleontologia e sedimentologia) per indagare la deposizione, in setting poco profondo dell'Adriatico Centrale, di questi particolari eventi paleoceanografici altamente dibattuti nella comunità scientifica e verificatisi in condizioni climatiche molto diverse tra loro (interglaciali e glaciali). Il primo tema di ricerca rientra nella mission n. 4 di ISMAR, ma si sviluppa in stretta sinergia con settori delle mission n. 3. Il secondo tema afferisce alle mission n. 2 e 5 di ISMAR ed include una attività di ricerca in Mediterraneo ed una in Antartide. La prima, in corso su fondi residui, si occupa della variazione delle associazioni a foraminiferi planctonici in Adriatico meridionale in campioni di trappole di sedimento. Retini di plancton effettuati in Adriatico da ISMAR hanno rivelato risultati del tutto inattesi, che hanno "costretto" ad esaminare campioni di serie temporali (trappole di sedimento moorings E2M3A ed EE). I risultati su una serie temporale di oltre tre anni mostrano che l'Adriatico sembra dominato negli ultimi decenni da specie rarissime o assenti nel recente passato geologico (ultimi secoli), indicando significative modificazioni della qualità delle masse d'acqua in un Adriatico/Mediterraneo che sta cambiando. Questa ricerca, in collaborazione con CNR-ISP che continua ad occuparsi dei siti osservativi della rete IFON (Italian Fixed-point Observative Network) dell'Adriatico meridionale, necessita di interfacciarsi con altre discipline (es. oceanografia fisica e biogeochimica). La seconda attività di ricerca (progetto BEDROSE, in collaborazione con Università di Ancona, Università di Cagliari, Università di Genova, ISPRA, SZN e CNR-ISP)



è finalizzata a comprendere l'impatto dei cambiamenti climatici globali sul benthos profondo del Mare di Ross e di analizzare la risposta in termini di biodiversità e funzionamento degli ecosistemi profondi alle variazioni di temperatura ed alterazioni dei regimi idrodinamici recentemente rilevate nell'area. Va ricordato che nelle attività di ricerca sopra descritte è compresa tutta l'attività di laboratorio (campionatura, preparazione campioni, e, laddove previsto, preparazione di foraminiferi per analisi d18O, d13C e datazioni radiocarbonio).



## Wave modelling: development and applications

*Barbariol F., Benetazzo A., Bertotti L., Cavaleri L., Davison S., Pezzutto P., Sclavo M.*

Wave modelling has been a research topic at ISMAR-CNR Venice since the 1980s, when the first numerical models of the northern Adriatic and Tyrrhenian Seas, based upon the ray technique, were developed for wind-wave forecast (Cavaleri and Malanotte-Rizzoli, 1981). Later, ISMAR was a main contributor in the development of the first spectral wave models (such as WAM), which nowadays represent the state of the art of numerical wave modelling for forecasts and research applications. In the context of long-lasting collaborations with ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecast), Italian Air Force Meteorological Service and Venice Municipality, the WAM-based systems Henetus and Nettuno developed by ISMAR-CNR provide daily forecasts of Adriatic and Mediterranean Sea waves, respectively. In recent years, wave modelling has continued being a major topic at ISMAR-CNR Venice, with funded active projects for research and development. The ongoing PELMO project, aimed at developing a wave forecasting system for the Veneto littorals, inherits the experience and results obtained by the existing ISMAR-CNR forecasting systems in the Adriatic Sea taking advantage of high-resolution wind forcing and grids, and relying on the WAVEWATCH III® (WW3) community model. In the Venezia2021 project (in collaboration with CMCC and University of Padua) the WW3 model has been using to answer a climate-related question: will climate change affect stormy waves in front of the Venice MOSE gates? The extreme (and freak) wave occurrence, a hot-topic for the wave community, is addressed by the LATEMAR project, aimed at providing the CMEMS (Copernicus Marine Environment Monitoring Service) forecasting centres with the modelling capabilities to forecast the largest waves during storms. As a result of this project and of a previous collaboration with NCEP-NOAA, the ISMAR contribution on extreme wave modelling is now included in WW3 and WAM model official releases. In the EOLO-1 project ISMAR will join its expertise in modelling Mediterranean storms and cyclones with Japanese (University of Tokyo) expertise in typhoons and bomb cyclones, to study the wave fields during such intense events. Beside these funded activities, curiosity driven research takes advantage of model results, (e.g., ECMWF reanalysis in combination with open sea and open ocean observations), to study waves and their extremes over long-term temporal scales in the global oceans, to characterise them in a climate perspective and to assess the existence of trends.



## Statistical Mechanics of large-scale geophysical systems

*Bianucci M., Merlino S., Mannella R.*

One of the main challenges of modern scientific research is to give a well-founded justification to the emergence of general properties and laws of motion in complex systems, when we change the temporal and/or spatial scales of observation, from the local to the collective one. The concept of “large scale” depends on the phenomenon we are interested in. For example, in foundation of Thermodynamics from microscopic dynamics, the spatial and time large scales are order of fraction of millimetres and microseconds, respectively, and are defined in relation to the spatial and time scales of the microscopic systems. In geophysics or global climate dynamics problems the large scales of interest are order of thousands of kilometres, for space, and many years for time, and are compared to the local and daily/monthly time scales of atmosphere and ocean dynamics. The emergence of the regular and universal large scale (i.e., “macroscopic”) properties from a complex/chaotic, irregular and system-dependent local (“microscopic”) dynamics, implies a partition of the set of macroscopic systems into equivalence classes of the corresponding microscopic ones. What are the criteria behind this classification is still a debated issue. The challenge is to understand which dynamics, equilibrium properties and parameters of the whole system are relevant for the emergence of certain general macroscopic features. The Zwanzig projection approach and the Generalized cumulant theory are very effective tools for this task. In fact, they can lead to the Fokker Planck Equation (FPE) for the Probability Density Function (PDF) of the macroscopic variables. The formal expressions of the transport coefficients of the FPE, as functions of the dynamical properties of the microscopic system, give the criteria for the mentioned partition. This is what we obtained in previous works concerning the foundation of Thermodynamics. In these cases, the “fundamental” approach requires to stay in a Hamiltonian framework, where the Fluctuation Dissipation Theorem (FDT) holds. The FDT simplifies a lot the formalism. On the other hand, geophysics systems are intrinsically dissipative and, more in general, non Hamiltonian. Thus fluctuation and dissipation could not balance to each other, they could be of different “strength” and origin. Moreover, the equilibrium PDF (if any) is not known “a priori”. Therefore, in these non Hamiltonian cases FDT cannot help to avoid working with the power series of differential operators emerging from the projection and cumulant approaches. To face this difficulty, we are refounding the projection and generalized cumulant theories, also exploiting the Lie algebra formalism to manage non Hamiltonian Liouville operators. The application of these results to large scale phenomena, e.g., ENSO, is also part of our research work.



## **Modellistica oceanografica sul mare adriatico e le sue aree di transizione in scenari di cambiamento climatico**

*Bonaldo D., Barbariol F., Bellafiore D., Benetazzo A., Colucci R., Ferrarin C., Pomaro A., Raicich F., Ricchi A., Vitelletti M.L.*

Negli ultimi anni varie iniziative progettuali hanno favorito lo sviluppo, all'interno di ISMAR Venezia, di linee di ricerca finalizzate alla proiezione di processi oceanografici in scenari futuri di cambiamento climatico, con particolare riferimento al bacino Adriatico e alle sue aree di transizione. In questo contributo si vogliono presentare le principali attività modellistiche intraprese in quest'ambito, focalizzate su diversi processi idrodinamici (moto ondoso, storm surge, circolazione termoalina) e a diverse scale spaziali (dalla scala di bacino a quella costiera e delle aree di transizione). Le applicazioni modellistiche condotte, oltre a fornire indicazioni utili alla caratterizzazione di sistemi nell'ottica del cambiamento, rispondono alla necessità di descrivere gli effetti e fornire scenari legati ad innalzamento del livello marino, variazioni degli apporti dei fiumi, modifiche del clima meteo-marino, della circolazione termoalina, e del regime dei principali processi oceanografici, investigando possibili effetti connessi al flooding, all'intrusione salina, al modificato ambiente termoalino delle lagune costiere. Questa attività per l'area del bacino Adriatico è resa possibile anche grazie alla disponibilità di lunghe serie storiche osservative raccolte dall'Istituto presso la Piattaforma Oceanografica Acqua Alta (meteo e moto ondoso) e presso la sede CNR-ISMAR di Trieste (meteo, temperatura del mare e livello marino), che consentono di effettuare la validazione dei modelli con riferimento a durate temporali significative per studi di interesse climatico. Ripercorrendo gli sforzi recenti nel contesto delle rispettive attività progettuali finanziate (RITMARE, INTERREG Italia-Croazia CHANGE WE CARE, Copernicus CODEC, Venezia 2021) e non, si illustrano gli strumenti modellistici impiegati (tra cui ROMS, SHYFEM, WWIII, SWAN), i risultati ottenuti (statistiche climatologiche a scala di bacino e sotto costa, indicazioni sulla variabilità interannuale e interdecadale e tendenze evolutive), le collaborazioni (in ambito nazionale e internazionale) instaurate, le connessioni con infrastrutture di ricerca europee, le applicazioni a supporto di possibili piani di adattamento e le sfide aperte. Accanto alle attività recenti e correnti si metteranno in risalto le opportunità (finanziarie e scientifiche) ad esse associate, sia in termini di proposte progettuali sottomesse e in corso di valutazione (Interreg Italia-Croazia Strategici e H2020), sia come prospettiva di nuovi sviluppi non ancora esplorati.



## Ocean-Biota System: Integrated approach to the study of plankton communities in coastal and pelagic environments

*Falcieri F.M., Camatti E., Pansera M., Bergamasco A.*

The identification and maintenance of marine observation sites over time makes available time series of physical and biological parameters in areas of particular relevance for assessing, on a small scale and in the long term, the possible effects of the global changes taking place. The background obtained from the measurements allows to integrate knowledge on oceanographic physical forcing and their modelling with that on specific ecological processes such as the structural, dimensional and functional biodiversity of planktonic communities, the structure of the trophic network, the colonization by invasive species. Climate-related key species in the Arctic: to describe the small scale oceanographic and depositional processes affecting the ecology of the key arctic plankton species (*Limacina helicina*). Study the vertical small-scale physical processes of the oceanographic environment in proximity of a melting glacier in an Arctic fjord with particular focus on the turbulence within the surface mixed layer and the intermediate layer where zooplankton completes its vertical migration; to analyse the presence of *Limacina helicina* in bottom sediments to highlight any quantitative variations and to understand if and how this key species reacted to palaeoceanographic changes. Food-webs in Antarctica: to describe zooplankton communities, both in term of abundance, taxonomic composition and dimensional structure, and understand the oceanographic dynamical context affecting the ecology of key zooplankton species. Field observations of physical and ecological systems will be evaluated within a phenomenological and numerical modelling of the general circulation of major water masses along Victoria Land coastal environment and at sub grid scale to improve the parameterization of the major physical processes affecting the planktonic food web system. Analysis of plankton communities in North Adriatic and Lagoon of Venice: to provide joint oceanographic-ecologic picture of presence and space-time distribution of zooplankton species, with particular reference to newly introduced species, interrelations with congeneric residents, coexistence mechanisms, potential niche overlaps and competition mediated by local habitat conditions. Impacts on Apulian bioconstructions: to identify and characterize the main impacts on cave habitats and meso-photic/aphotic bioconstructions due to climate changes along the Apulian coasts. Those habitats play a fundamental role both from an ecosystem and economical point of view by sustaining fish communities and biodiversity. It is then of paramount importance to have a detailed characterization of their vulnerability to changes in the physical parameters, mostly temperature, of their environment.



## Studio dei processi di generazione ed evoluzione tridimensionale di intrusioni in aree frontali

*Falcieri F.M., Barbieri L., Berta M., Borghini M., Esposito G., Griffa A., Pomaro A., Schroeder K., Vetrano A.*

Le instabilità a mesoscala e submesoscala lungo i fronti oceanici possono determinare la formazione di intrusioni di masse d'acqua dagli strati mescolati superficiali fino alla parte superiore del picnoclino. Queste intrusioni e i loro pathway 3D sono importanti driver che possono influenzare significativamente i bilanci dei flussi verticali di parametri fisici e traccianti. Questi processi possono infatti ridistribuire calore, salinità, inquinanti (sia disciolti che particellati come microplastiche) e proprietà biogeochimiche con i conseguenti impatti sulla produzione primaria. CNR-ISMAR contribuisce alle tematiche di studio del progetto internazionale CALYPSO (Coherent Lagrangian Pathways from the Surface Ocean to interior, finanziato dal programma DRI del American Office of Naval Research) che cerca di raccogliere osservazioni in situ su aree frontali con l'ausilio di diversi tipi di strumentazione (drifter, floats, glider, profilatore di microstruttura) con la possibilità di caratterizzare queste intrusioni, cercando di identificarne i meccanismi di formazione e di distribuzione con particolare attenzione alla componente 3D della loro evoluzione. La principale area di studio è il Mar di Alboran in Mediterraneo sud-occidentale in quanto è un sito in cui sono presenti intense zone frontali semi-permanenti. Due crociere multidisciplinari sono state già effettuate (2018 e 2019) e una terza è in programma per gennaio 2021 con due navi, di cui una ottenuta tramite un finanziamento Eurofleet. L'analisi delle osservazioni di microstruttura raccolte nel corso della campagna 2019 ha permesso una prima caratterizzazione dei parametri di turbolenza in prossimità di intrusioni generate dalle dinamiche frontali. Queste presentano valori di dissipazione molto elevati, di  $O(10^{-7})$  W/ m<sup>2</sup>, pur trovandosi al di sotto dello strato mescolato superficiale. Ciò porta ad ipotizzare una capacità di mescolamento di questi filamenti maggiore di quanto ci si aspettasse. In parallelo, l'analisi dei dati da drifters in corso permetterà di individuare zone di convergenza e divergenza superficiali a diverse scale, che saranno messe in connessione con i processi di instabilità a mesoscala e submesoscala.



## Modellistica ad elementi finiti della zona costiera – il modello SHYFEM di ISMAR

*Ghezzi M., Bajo M., Bellafiore D., De Pascalis F., Ferrarin C., McKiver W., Umgiesser G.*

Lo sviluppo di una modellistica specifica per aree costiere e di transizione nasce dall'esigenza di studiare i processi all'interfaccia tra terra e mare. Le aree di transizione ricoprono un ruolo fondamentale dal punto di vista ecologico e socio-economico, con grande complessità di inter-relazioni. ISMAR Venezia ha investito competenze nella creazione e sviluppo di un modello a elementi finiti SHYFEM adatto a riprodurre sistemi morfologicamente complessi. Il modello nasce a Venezia, come modello idrodinamico per descrivere la laguna, ma si è sviluppato per poter indagare, anche processi di trasporto di sedimenti, biogeochimici e lagrangiani. Oggi si pone come strumento di comunità, essendo stato individuato come strumento ideale anche da altri istituti e gruppi in Italia e nel mondo con cui si sono stabilite fruttuose collaborazioni. Questo garantisce continui aggiornamenti del codice e ampliamento della massa critica per futuri sviluppi. La modellistica basata su SHYFEM attualmente sta sviluppando un ambito di indagine legato alle scale di trasporto e alla dispersione. Il trasporto tra bacini è stato esplorato definendo diverse scale basate sull'idrodinamica. L'evoluzione di questo concetto ha portato all'indagine sulla connettività, che caratterizza la capacità di relazione biunivoca tra punti di un dominio. La declinazione di questo concetto in diversi ambiti porta allo studio di processi di reclutamento larvale e nursery in ambienti marino costieri (VENEZIA2021), così come all'indagine sulla dispersione e caratterizzazione del comportamento di inquinanti (PORTODIMARE) di Marine Litter (Margnet) o di carica microbiologica in acque di balneazione (WATERCARE). Il modello si presta anche a indagare l'effetto del cambiamento climatico (CODEC) e di eventi meteomari intensi (I-STORMS) aprendo un filone d'indagine modellistica delle strategie di mitigazione e adattamento e supportando attività di maritime spatial planning. Questo ha portato a tre nuove proposte progettuali per approfondire i temi dell'allagamento costiero, del cambiamento climatico e degli eventi estremi. I prodotti modellistici sono utilizzati in diversi progetti multidisciplinari (SOUNDSCAPE, Goro). Si ritiene potrebbero fornire un valido supporto ai prodotti COPERNICUS modellistica, arrivando a livello costiero laddove tali prodotti non sono ancora definiti. L'attività di modellistica agli elementi finiti sviluppata a Venezia ha permesso di candidare l'istituto alla guida del nodo tematico di modellistica dell'infrastruttura di ricerca DANUBIUS, permettendo di allargare le collaborazioni internazionali e coordinare una larga comunità modellistica per molteplici applicazioni in ambienti fiume-mare. Le competenze sviluppate nell'area del Nord Adriatico e di molte lagune mediterranee e non solo, sono messe a disposizione in proposte progettuali in altri mari regionali, come ad esempio il proposal H2020 BG11 "Towards a productive, healthy, resilient, sustainable and highly-valued Black Sea". Le applicazioni modellistiche negli ambienti costieri e di transizione hanno avuto grande vantaggio da un approccio integrato con misure in situ e da satellite. Tra le linee suggerite per ISMAR la ricerca descritta finora aspira a una più profonda connessione con i prodotti di Earth Observation (iniziata con le proposte TRACE e VE2021) e una maggiore interazione con linee di ecosistemi marini per lo scambio di dati e integrazione di processi tra cui l'early recruitment si avverte come basilare per la funzionalità degli ecosistemi.



## Tephrochronology research at ISMAR: a question of time and sources

*Insinga D.D.*

The need for high-resolution, robust chronostratigraphic frameworks is a priority for all those scientists working on marine and terrestrial records. Whatever the objectives may be, in fact, absolute and/or relative age dating of sediments is strongly required. Tephra layers are powerful stratigraphic tools to date and synchronize Quaternary deposits. They originate from volcanic eruptions and can be distributed by wind or current action over wide areas, even in case of moderate energy eruptive events. Since the deposition of tephra is essentially instantaneous on a geological timescale, these deposits are of major importance in stratigraphy: once “fingerprinted”, they can provide absolute ages allowing a high-resolution event stratigraphy and chronology to be established in the frame of basin evolution. The powerful use of tephra relies on the possibility of transferring ages from one site to another where the same deposit has been dated by other methods (e.g., radiometric, incremental). Tephra, cryptotephra and eventually crystal concentration zones represent, in fact, time-plane horizons which can cross and link sedimentary archives at a regional scale. Few if any geochronological methods offer such a temporal and spatial precision. Tephrochronology can be applied in several settings where volcanic materials are interbedded in continental, lacustrine, shallow water and deep-sea sedimentary sequences. In this context, the Mediterranean basin represents a key area due to the occurrence of active volcanoes during the Quaternary, the availability of long and continuous sedimentary records and the huge amount of volcanic products intercalated to the hemipelagic sediments. Accordingly, tephra studies greatly contributed to the marine research at CNR of the last decades and they integrate necessarily with the other geological disciplines required to fulfill the scientific lines described in the ISMAR charter. Up to now, tephrochronology has been involved in a varied number of projects dealing with: geological mapping, high-resolution paleoclimatic reconstructions, ash dispersal hazard, geo-marine hazards (timing of tsunamis and landslides) and chronostratigraphic reconstruction and recurrence rates of Italian volcanism in the Quaternary with insights into the evolution of magmatic sources. The network of collaborations includes national and international research institutions as well as local public entities. Currently, the research work is focusing on the improvement of a tephra database for the Mediterranean Sea and to the high- and ultra-high resolution age-depth modelling of Late Pleistocene-Holocene marine successions within the multidisciplinary projects “NEXTDATA (<http://www.nextdatapoint.it>) 2012-2018 and ERC-Timed (<https://icacho6.wixsite.com/timed>) 2017-2021, respectively.



## Ricostruire le dinamiche del clima del passato geologico nel bacino del Mediterraneo

### *Lirer F.*

Lo studio di archivi fossili (in particolare quelli marini) rappresenta ad oggi l'unico strumento di analisi delle dinamiche del sistema climatico terrestre in condizioni differenti da quelle attuali ed è fondamentale sia per comprendere i cambiamenti climatici attuali che per testare la validità dei modelli previsionali a medio e lungo termine. Proprio quest'ultimo punto potrebbe costituire una tematica di frontiera per la ricerca del CNR, su cui dovrebbe investire risorse. In ISMAR-Napoli, lo studio delle oscillazioni climatiche registrate nei sedimenti marini del recente passato geologico è fortemente incentrato nel bacino del Mediterraneo sia su record di terra che su carote di sedimento prelevate in mare. In questo contesto, la finestra temporale all'interno della quale vengono condotti studi paleoclimatici è quella degli ultimi 23 milioni di anni, ovviamente con obiettivi e risoluzioni temporali differenti. In particolare, in ISMAR-Napoli, vengono utilizzati come proxy i foraminiferi planctonici (organismi unicellulari) e le misure di geochimica isotopica condotte sul guscio carbonatico di specie diagnostiche. È necessario sottolineare che lo studio del Paleoclima ha un approccio del tutto interdisciplinare e richiede l'integrazione di diverse competenze scientifiche e potenzialità analitiche differenti. In questo contesto, la multidisciplinarietà del Paleoclima trova il suo naturale riscontro nel Gruppo di Lavoro "Dinamica del paleoclima" del Dipartimento Scienze del Sistema Terra e Tecnologie per l'Ambiente (DSSTA) del CNR, istituito nel 22/05/2018, al fine di ottimizzare le infrastrutture presenti sul territorio italiano e convergere le diverse expertise necessarie per sviluppare la ricerca in ambito paleoclimatico. Gli obiettivi delle ricerche nel campo del paleoclima in ISMAR-Napoli sono duplici: 1) ricostruzione delle oscillazioni climatiche a lungo termine (dalla scala dei milioni di anni a quella millenaria) con particolare riferimento alla connessione tra variazione dei parametri orbitali e la risposta dei foraminiferi planctonici e 2) ricostruzioni climatiche ad alta risoluzione (scala decadale/secolare), documentate negli ultimi millenni, con particolare riferimento agli ultimi 2000 anni, e la possibile relazione di quest'ultime con l'evoluzione socio-culturale nel Mediterraneo. Per lo studio delle variazioni climatiche documentate negli ultimi millenni, dal 2013 ad oggi, sono stati recuperate e analizzate numerose carote di sedimenti marini, campioni di acqua e di coccolitoforidi, in settori chiave del Mare Adriatico, Mar Ionio, Canale di Sicilia, Mar Tirreno, Baleari e Mare di Alboran, attraverso progetti di ricerca multidisciplinari che hanno coinvolto e coinvolgono diverse Università e Enti di Ricerca (Università di Barcellona, CSIC di Barcellona, LOCEAN CNRS di Parigi, INGV di Pisa, Università Roma La Sapienza, Università di Palermo, Università di Bari, IGG-CNR, ISMED-CNR). Inoltre, dal 2017 ISMAR-Napoli è responsabile, in qualità di Associate partner, del progetto ERC-TIMED finalizzato alla ricostruzione della circolazione termohalina nel Mediterraneo in tre finestre temporali diverse: ultimi 2000 anni, 9500-6500 anni BP e 14000-18000 anni BP. Questi 3 intervalli rispecchiano contesti climatici molto differenti. Infine, dal 2019, in stretta collaborazione con il CSIC di Barcellona per i progetti RECOMARES e HICCUP sono in corso analisi sui foraminiferi planctonici per la ricostruzione delle SST e della CO<sub>2</sub> degli ultimi 200 anni in settori chiave delle Baleari e del Canale di Sicilia. Ovviamente lo studio del Paleoclima ha una forte interazione con la Linea di ricerca "Oceanografia fisica e biogeochimica per lo studio dei processi e della variabilità climatica, dal mare aperto alle aree di transizione". Le importanti variazioni dei parametri chimico e fisico documentati nel Mediterraneo hanno un forte controllo sulla ecologia del plancton calcareo e sulla loro distribuzione spaziale. In questo quadro, risulta quindi di fondamentale importanza verificare l'attendibilità delle ricostruzioni climatiche mediante modelli di simulazione applicati alla



ricostruzione del clima del passato. Penso che questo possa considerarsi il passaggio fondamentale per la futura ricerca sulla Dinamica del Paoleoclima dove una forte sinergia tra esperti di dinamica del clima attuale e paleoclimatologi potrebbe fornire nuove informazioni sull'impatto delle forzanti esterne e interne al sistema clima. I progetti: "NEXTDATA (<http://www.nextdataprotect.it>) 2012-2018 (da poco concluso), ERC-Timed (<https://icacho6.wixsite.com/timed>) 2017-2021, RECOMARES (<http://www.icm.csic.es/en/projects>) 2019-2021 e HICCUP (<http://www.icm.csic.es/en/projects>) 2019-2021".



## **Scambi aria mare di CO<sub>2</sub>: comprensione delle principali interazioni fisiche e biogeochimiche che li regolano e quantificazione dei flussi.**

*Luchetta A., Cantoni C., Sparnocchia S., Cozzi S., Durante S., Raicich F., Lombardi C., Celio M., Schroeder K., Chiggiato J.*

L'aumento della concentrazione in atmosfera di biossido di carbonio (CO<sub>2</sub>) e altri gas serra si sta manifestando agli occhi di tutti per le pesanti conseguenze sul clima e sugli ecosistemi terrestri. Stime recenti dimostrano che gli oceani hanno contenuto quest'aumento, sequestrando nelle loro acque superficiali il 20-25% delle emissioni ma diminuendo al contempo il pH e la concentrazione degli ioni carbonato in un processo noto come "acidificazione marina". Mari aperti, sottobacini, aree estuarine, costiere, temperate e polari rispondono in maniera differenziata e complessa al forzante CO<sub>2</sub> antropogenica, con conseguenze per gli ecosistemi marini che possono risultare consistenti o viceversa minime. A loro volta, i cambiamenti climatici in atto modulano gli scambi aria mare di CO<sub>2</sub>, gli apporti fluviali di carbonati ed i processi biologici strettamente legati al ciclo del carbonio tramite feedback complessi ed ancora difficilmente prevedibili e modellizzabili. Il gruppo di oceanografia chimica ISMAR Trieste fu pioniere in questo campo, con le campagne adriatiche ASCOP e DINAS di fine anni '70. A partire dai primi anni 2000, le competenze si perfezionarono con la messa a punto di metodi analitici conformi agli standard internazionali. Dal 2012 le misure su campioni discreti furono affiancate dall'acquisizione in continuo per mezzo di strumentazione automatica, installata sulla meda PALOMA. La sinergia di queste competenze ha permesso di inserire la stazione nella RI ICOS-ERIC e di ottenere la certificazione per le misure previste (prima stazione italiana e seconda europea). PALOMA è anche sito di una serie temporale mensile, con durata decennale, di misure fisiche biogeochimiche e del sistema carbonato. L'analisi dei primi anni ha permesso di identificare i forzanti principali operanti su questi parametri nel Golfo di Trieste, mentre la continuità della serie permette di evidenziare le prime tendenze di lungo termine. Le numerose campagne in sottobacini diversi del Mediterraneo hanno evidenziato il ruolo chiave della formazione di acque dense nel sequestro di CO<sub>2</sub> atmosferica e nel trasferimento dell'alcalinità, di origine fluviale, ai bacini più profondi. A scala di bacino, studi più recenti hanno evidenziato le complesse interazioni fra processi biologici e fisici che modulano l'acidificazione delle acque intermedie (IW). La serie temporale mensile di durata annuale (2017-2018) acquisita nel golfo di La Spezia, in collaborazione con ENEA, ha permesso di iniziare a caratterizzare la variabilità ambientale di un'area costiera poco profonda (0-4m) in prossimità di un reef di alghe corallinacee (frangia ad Ellisolandia elongata) registrando diverse ondate di calore, sia durante il periodo estivo che invernale. Sfida più complessa, dal punto di vista analitico e scientifico, è quella rappresentata dallo studio sul sistema carbonatico in fiordi artici, dominati dagli apporti delle acque di fusione dei ghiacciai, intrapreso alle isole Svalbard (2015). Infine, ISMAR Trieste sarà coinvolto in un esperimento internazionale (campagna ATL2MED) in cui si valideranno i dati di pCO<sub>2</sub> raccolti in continuo, a grande scala spaziale, da veicolo autonomo (Saildrone) equipaggiato con sensori. I risultati descritti hanno permesso che ISMAR rispondesse anche alle richieste di network internazionali, testimoniando quanto la necessità di proseguire questi studi sia fortemente avvertita dalla comunità scientifica e dalla società civile.



## **Dinamiche e processi negli stretti e canali oceanici: applicazioni numeriche per una corretta valutazione dei flussi di massa, calore, sale e inquinanti**

*Magaldi M.G., Sciascia R., Haine T.W.N., Almansi M., Gelderloos R., Koszalka I.M.*

Stretti e canali sono strutture onnipresenti in oceano in quanto collegano i diversi bacini oceanici e i mari marginali. Il loro studio è strategico per diversi aspetti: da un punto di vista dinamico, gli stretti controllano il mescolamento e la formazione delle acque più dense del pianeta avendo ripercussioni sui cambiamenti climatici in atto. Da un punto di vista ecologico e geologico, le correnti canalizzate al loro interno sono associate a grossi flussi di materiale organico e sospeso, rappresentando un efficiente meccanismo di scambio tra i diversi bacini di plancton, nutrienti, sedimenti e inquinanti. Nonostante l'impatto sulla scala globale, le dinamiche oceanografiche che caratterizzano gli stretti e i canali avvengono su scale molto più piccole e sono estremamente complesse. Esempi di processi fisici a tal riguardo sono i controlli e i salti idraulici, la presenza di correnti di gravità, di diversi tipi di instabilità, di onde interne e di solitoni. L'approccio del gruppo è quello di risolvere le dinamiche presenti in diversi stretti attraverso simulazioni numeriche ad alta risoluzione, superando i limiti della regione Mediterranea e affrontando ulteriori complessità, come ad esempio quelle proposte dalle dinamiche e dalle interazioni acqua-ghiaccio nelle regioni polari. In particolare, il gruppo ha investigato il ruolo fondamentale di alcuni processi di piccola scala in stretti e canali completamente diversi, quali ad esempio lo Stretto di Danimarca e il Canale di Corsica, sottolineando spesso l'alta variabilità delle dinamiche in atto e le limitazioni delle assunzioni alla base degli schemi osservativi. L'attenzione futura del gruppo è rivolta allo stretto di Fram, principale porta di comunicazione tra il Nord Atlantico e l'Oceano Artico, con particolare attenzione alla quantificazione degli scambi di calore, sale e microplastiche (progetto FACTS).



## Waves forecasting in intermediate to shallow water depths

*Pezzuto P., Onorato M., Shrira V., Benetazzo A., Barbariol F.*

All wave forecasting models are based on equations (derived independently in the mid 60s by Hasselmann and Zakharov) which seem to make sense only assuming infinitely deep waters. However, wave forecasting models are used to predict sea states in any water depth, even very close to the shore. The same equations are a fundamental ingredient for describing surface waves modulation instabilities, which recognized as one of the two basic mechanisms responsible for rogue waves appearance. The most puzzling issue that limits the extension of Zakharov non-linear wave theory to intermediate water depths, is the ability to give a measure of the so-called Stokes frequency shift, that is the general first correction to the dispersion relation in two dimensions. Finding a way to estimate the nonlinear frequency shift due to wave-wave interactions has been a reason for heated debates for years. Janssen & Onorato (2007) found a way to calculate the self-resonant kernel under narrow band assumption, recovering the results of Whitham (1974). On the records we can find a number of attempts to give to the quadratic frequency shift a usable form, for the general 2D case. Some efforts were devoted to explicitly include a wave induced current (Stiassnie & Gramstad, 2009), or splitting the equations into wave and mean motions (Gramstad, 2014). Unfortunately, these results did not strictly preserve the Hamiltonian, so are probably not to be fully trusted. We must also cite Madsen & Fuhrman (2006) who approached the problem using a classical perturbation method. However, their quartets kernel results unbounded in (true) resonant conditions. We have found a way to give the general 2D description of such phenomenon. This gives value to the theory, expanding the use of modern sea state modelling tools to intermediate water depths (the shore is still a bit far away). On the other side this finding has opened the doors to the study of primarily important physical phenomena, like the instability of waves forms in two dimensions for example. ISMAR has the tools and the experience to run ad-hoc experiments, both in laboratory and on the field, for the validation of the theoretical work. This group is not linked to any particular project, but listed as a think-tank.



## Cambiamenti Climatici nel Mediterraneo Profondo

*Schroeder K., Chiggiato J., Borghini M., Vetrano A., Sparnocchia S., Celentano P., Kokkini Z., Belgacem M.*

Lo studio dei cambiamenti climatici è una tematica di ricerca prioritaria del nostro secolo. Lo studio di tali processi richiede il sostentamento di osservazioni sul lungo periodo. Gli oceani assorbono più del 90% del surplus termico di origine antropogenica, e pertanto il monitoraggio di lungo termine dei cambiamenti dei contenuti di sale e di calore della colonna d'acqua è imperativo (von Schuckmann et al., 2016, An imperative to monitor Earth's energy imbalance, Nature Climate Change). Il Mar Mediterraneo è particolarmente sensibile ai cambiamenti climatici in atto, e vi risponde rapidamente. ISMAR contribuisce a quantificare i trend con cui salinità e temperatura cambiano in profondità grazie alle componenti d'altura del suo sistema osservativo. I dati e i risultati che verranno mostrati in questa presentazione provengono infatti sia da dati disponibili nei diversi repositories pubblici sia dalle seguenti attività osservative di ISMAR:

- campagne oceanografiche lungo transetti (superficie-fondo) e punti ripetuti nel tempo (parzialmente facenti parte di MedSHIP, la componente Mediterranea di GO-SHIP, di cui il nostro gruppo è stato promotore insieme ad altri colleghi internazionali, vedi Schroeder et al., 2015, Mediterranean Sea Ship-based Hydrographic Investigations Program, Oceanography);
- catene correntometriche posizionate nei Canali di Corsica (400 m), Sicilia (450 m) e Sardegna (1900 m) - transetto glider ripetuto (0-1000 m) tra Sardegna e Baleari, che viene operato nell'ambito di progetti di Transnational Access banditi da SOCIB, e che è inserito nella progettualità europea (EUROFLEETS+).

Le tipologie di misure appena elencate rivestono un'importanza chiave anche per quanto riguarda gli studi sugli scambi d'acqua tra sottobacini, caratterizzati da scale di variabilità e processi specifici, di cui verranno mostrati alcuni esempi. La variabilità della dinamica degli scambi di masse d'acqua risulta di fondamentale importanza anche per la comprensione dei processi di trasporto di sale, di calore, elementi biogeochimici e marine litter. Questa linea di ricerca si è concentrata nell'analizzare trend a varie scale, ed a investigarne le cause, in particolare per quanto riguarda il ruolo chiave del clima, i cui cambiamenti si ripercuotono in maniera importante nell'area Mediterranea, spesso attraverso eventi sempre più estremi (cambi repentini di temperatura/salinità, ondate di calore marine ecc...). L'analisi di serie temporali decennali ha infatti messo in evidenza una amplificazione regionale dei cambiamenti climatici in atto. Nell'ottica delle sfide della società definite dalle Nazioni Unite come prioritarie da affrontare nel Decennio dedicato alle Scienze Marine per lo sviluppo sostenibile, la nostra ricerca si pone alla base per il raggiungimento di obiettivi fondamentali quali (i) lo sfruttamento sostenibile del Mediterraneo, data l'importanza di tener conto di impatti cumulativi di agenti stressanti multipli sugli ecosistemi (inclusi gli impatti del cambiamento climatico: riscaldamento, acidificazione, innalzamento del livello del mare), (ii) un Mediterraneo sano e resiliente, (iii) un Mediterraneo trasparente e accessibile, (iv) un Mediterraneo predicibile, dato che le misure in situ sono alla base di ogni validazione di modelli numerici previsionali.



## Connecting the ocean: the role of ocean currents for regional patterns of transport

*Sciascia R., Griffa A., Magaldi M.G., Berta M., Corgnati L.P., Mantovani C.*

The investigation of ocean connectivity is a rapidly evolving field of research mostly because there is an increasing need for effective tools to guide conservation measures. However, reconciling the need for marine protection and conservation together with the development of coastal commercial activities has been proven to be a difficult task. This is particularly true in the Mediterranean Sea where many Marine Protected Areas are located in close proximity to ports. For this reason, we need to improve our understanding of the ocean currents and their role in shaping connectivity pathways at a regional and local scale. In this framework the group has developed several lagrangian methodologies based on observational platforms (drifters, HF-radar) and high-resolution numerical models to obtain direct information on velocity and transport both at the surface and within the water column. These velocity estimates have been used in different locations across the Mediterranean to assess the connectivity and migration between distant marine populations. In the Adriatic Sea and more specifically in the Gulf of Manfredonia HF-radar velocities have been used to explore the recruitment of sardines, a commercially important fish. In the Tyrrhenian sea, a high-resolution model has been used to assess the potential for recovery and the need for protection of the red gorgonian, a species under a strong climatic pressure. Another method to investigate the connectivity pathways is to calculate the oceanographic distances by tracking virtual particles in a modelled velocity field. Oceanographical distances are defined as the expected connectivity times, or the mean time it takes for particles, transported by ocean currents, to travel from one location to another ocean current. At present, the group is investigating oceanographic distance in the context of environmental risk assessment and potential port pressure on the marine environment.



## Global climate change and the role of the ocean in the Earth System

*Yang C., Artale V., Cagnazzo C., Caporaso L., Corrado R., de Toma V., Falcini F., Mahmoud Y., Volpe G., Lacorata G., La Forgia G., Leonelli F., Marullo S., Buongiorno Nardelli B., Organelli E., Pisano A., Serva F., Santoleri R.*

The global climate has been changing through history spanning different time scales, from seasonal to glacial cycles. The current global warming rate since last century is unprecedented. The oceans cover around 70% of the Earth's surface and absorb more than 90% of the accumulated energy in the climate system. This implies a fundamental role of the ocean in regulating climate and its variability. Then, mapping the changes of the ocean state is a crucial step to evaluate its impacts on weather extremes, marine ecosystems and related services. Understanding the processes that modulate the Earth system response to natural and anthropogenic pressures requires long timeseries of observations and model data, providing consistent and accurate information over time and space. A fundamental step in climate science is thus the assessment of existing datasets suitability for interannual to multi-decadal analyses at both global and regional scales (Mediterranean, Tropics, Atlantic and Arctic). Here we will first present the activities that ISMAR is conducting in the framework of the Copernicus Climate Change Service (C3S). ISMAR leads the Assessment of Essential Climate Variables (ECVs) covering atmosphere, land, ocean and glacier domain (C3S\_511), which requires specific analyses of the satellite and reanalyses data available on the C3S Climate Data Store (CDS). The activities aim to evaluate the consistency of the climate signals observed in the different climate variables and capability of the data available in the CDS for climate scientific community and private sector applications. The methodology developed by ISMAR in the project is adopted by the "CS3 Overall Quality Assurance Project (C3S\_512)" in order to evaluate all the elements of the CDS-C3S, including the CDS Toolbox (software developed to online manipulate the data) and all the other datasets from climate predictions, seasonal forecasts, satellite, in situ, reanalyses data for users perspectives. As an example of potential application of C3S dataset, ISMAR contributed to C3S Global Shipping Project, at global scales and the regional scale (the Arctic and North Atlantic Oceans), to develop tools that convert multiple upstream data (seasonal forecasts, reanalyses and climate projections) into useful indicators for decision-making on navigation applications. Specific tools and analyses assessed the impact of marine and atmospheric factors (e.g., waves, tropical cyclones, iceberg drifting) that affect navigation strategies. Secondly, within the Copernicus Marine Environment Monitoring Services (CMEMS), ISMAR is strongly involved in investigating the role of the ocean in climate variability and assessing the impact of climate change. Within CMEMS, ISMAR contributes to the long time series analyses of ocean variables (e.g., temperature, currents) reported yearly in the Ocean State Report, which provides a comprehensive and state-of-the art assessment of the state of the global ocean and European regional seas for the ocean scientific community as well as for policy and decision-makers. Recently, ISMAR coordinates the Global Reanalyses Intercomparison in the Tropical Oceans (GLO\_RAN\_Lot6), where the Tropical Ocean and climate dynamics and pan-tropical interactions are investigated starting from what revealed by CMEMS ensemble reanalyses.



## Investigation on the Hg methylation in the sediments of the Venice Lagoon

*Acri F., Cassin D., Dominik J., Leoni S., Lorenzetti G., Manfè G., Zonta R.*

The sediment quality assessment is a crucial aspect for the Venice Lagoon, in particular because the system of mobile barrier for the protection of Venice from floods (MOSE) will soon come into operation for the defence of the lagoon from high waters. In fact, the MOSE will be able to produce changes in sedimentary dynamics, in the short, medium or long term, through the temporary reduction of hydrodynamics and the increase in the renewal times of lagoon waters. In synergy with the trend of rising water temperatures due to climate change, these situations are likely to lead to an increase in the hypoxia / anoxia of the water, which will affect the state of the surface sediments through Red-Ox reactions and the potential release of toxic species. The main aim of the research is to improve our understanding of the hydrodynamic and biogeochemical factors that favour the production in the sediment of MMHg (mono-methyl-mercury), a toxic species of Hg rapidly assimilated and biomagnified in the trophic chain. In test sites, the dynamics of Hg in sediment and interstitial waters are studied through an approach that integrates field investigations (coring, benthic chambers) and laboratory investigations (chemical analyses, microcosm studies). The study is supported by the measure of the seasonal variation of the sediment oxygen demand (SOD) carried out in several lagoon areas, in order to allow a reasonable extrapolation of the results obtained in the test sites for MMHg to larger areas of the Venice Lagoon.



## Trasferimento di acqua dolci e particolato dal bacino scolante alla Laguna di Venezia

*Cassin D., Dametto L., Dominik J., Leoni S., Lorenzetti G., Manfè G., Scarpa G., Zonta R.*

L'obiettivo della ricerca è stimare il carico di particolato veicolato in Laguna di Venezia da due tributari del bacino scolante e investigare i processi che ne regolano il successivo trasferimento agli apparati di foce e alle aree a basso fondale direttamente connesse. La laguna è soggetta ad un trend erosivo e il particolato veicolato dal bacino scolante costituisce un materiale essenziale per contrastare l'approfondimento della laguna e l'impovertimento della morfodiversità lagunare. Allo stesso tempo, laddove questo materiale si deposita in eccesso nei bassi fondali, possono verificarsi situazioni di interrimento di piane tidali, ghebi e canali secondari, stagnazione delle acque, difficoltà per la navigazione e – più in generale – di una minore qualità dell'ambiente lagunare all'interfaccia con la terraferma. Lo studio si basa sull'acquisizione in continuo dei valori della corrente e delle variabili chimico-fisiche in stazioni fisse auto-registranti, su misure idrologiche puntuali effettuate anche con veicoli autonomi di superficie (USV), e sul prelievo di campioni d'acqua per la determinazione quanti-qualitativa del particolato sospeso, con particolare attenzione alle situazioni di piena dei tributari. Indagini morfologico-batimetriche vengono effettuate tramite USV e un aeromobile a pilotaggio remoto (UAV) dotato di camera multispettrale. Campioni di particolato raccolti con trappole per sedimento e lo studio di carote di sedimento forniscono infine informazioni sul trasporto solido nelle aree a basso fondale e per la caratterizzazione della colonna sedimentaria.



## La contaminazione dei sedimenti nella rete di canali di Venezia

*Cassin D., Dominik J., Zonta R.*

Fin dai tempi antichi, la rete dei canali di Venezia richiede interventi periodici per rimuovere i sedimenti che progressivamente si accumulano. Il particolato di origine lagunare, trasportato nella rete dal flusso di marea, tende a depositarsi sul fondo dei canali producendo l'accumulo di contaminanti di origine soprattutto urbana. La classificazione dei sedimenti, propedeutica all'ultima operazione di dragaggio estensivo dei sedimenti effettuata una ventina di anni fa, ha evidenziato la presenza di un'importante contaminazione di specie potenzialmente tossiche (Cd, Cu, Hg, Pb, Zn e PAH) a livelli tali da rappresentare un rischio per l'ambiente. Successivamente al dragaggio e ad una serie di interventi volti al risanamento della rete, il reset del sistema ha rappresentato un'opportunità per studiare i trend di accumulo del particolato e dei contaminanti ad esso associati. Le indagini effettuate a partire dal 2005 rivelano una diminuzione della contaminazione dei sedimenti rispetto al passato, ma alcune concentrazioni (Hg, PAH e soprattutto Cu) rimangono elevate se confrontate con la normativa locale vigente e Sediment Quality Guidelines internazionali. Oltre che al costo per la manutenzione della rete di canali, il livello di contaminazione dei sedimenti è in relazione diretta con il rischio ambientale e divengono quindi importanti l'identificazione delle sorgenti urbane di contaminanti, la valutazione della loro incidenza sui livelli di contaminazione riscontrati nei sedimenti e la discussione sulle possibili strategie di riduzione di tali impatti. Ad esempio, le elevate concentrazioni di Cu (media 161 mg kg<sup>-1</sup>) riscontrate nei sedimenti della rete di canali sono in parte dovute all'uso diffuso di vernici antivegetative, la cui azione è dovuta proprio al contenuto di questa specie metallica.



# *Sessione 4*

**Osservazione del mare e sviluppo dei sistemi osservativi**



## Modellistica previsionale del livello e dello stato del mare

*Bajo M., Ferrarin C., Umgiesser G., Benetazzo A., Barbariol F., Pezzuto P., Bertotti L., Cavaleri L.*

La previsione, in particolare della marea e delle onde, è un'attività portata avanti da decenni a ISMAR Venezia. Fin dalla creazione del precedente Istituto della Dinamica delle Grandi Masse, si sono sviluppati i primi modelli statistici per la previsione della marea a Venezia. Dal 2003, nell'ambito di una ventennale collaborazione col Centro di Previsione e Segnalazione delle maree (CPSM) del comune di Venezia, si sono sviluppati dei sistemi di previsione basati sull'utilizzo del modello idrodinamico deterministico SHYFEM. Il sistema operativo installato a CPSM è stato frequentemente aggiornato, aumentando la risoluzione, migliorando le forzanti ed applicando algoritmi di correzione della previsione (reti neurali e Kalman filter). ISMAR inoltre collabora anche con l'Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale (ISPRA), presso cui è operativo un sistema previsionale basato su SHYFEM. Tale sistema differisce leggermente dal precedente, in quanto a forzanti ed all'utilizzo di un'assimilazione dei dati provenienti dai mareografi in Adriatico. Tale sistema verrà aggiornato con un nuovo metodo di assimilazione dati (Ensemble Kalman Filter). Per quanto riguarda le previsioni dello stato del mare, ISMAR ha una lunghissima collaborazione con lo European Centre for Medium Range Weather Forecasts (ECMWF) col quale ha collaborato per lo sviluppo del modello WAM, per molto tempo il più usato al mondo ed attualmente ancora operativo. L'interazione con ECMWF ha portato a migliorare i venti costieri ed è attualmente in corso uno studio a lungo termine per migliorare questa previsione. Il modello WAM è usato in ISMAR in due sistemi operativi Henetus, operativo sul Mar Adriatico, e Nettuno, operativo sul Mar Mediterraneo. Questi sistemi forniscono giornalmente le previsioni delle onde in collaborazione con il CPSM e l'Aeronautica Militare. Nettuno è ufficialmente il sistema di riferimento nazionale per il Mediterraneo. È stato inoltre recentemente implementato presso il CPSM il modello WW3 su un dominio di calcolo che copre il mar Adriatico. Si sono sviluppati anche altri sistemi operativi interni a ISMAR, a scopo di ricerca, e focalizzati alla previsione di differenti variabili. Il livello, la temperatura e la salinità vengono previsti in laguna di Venezia (sistema ISSOS) e in Adriatico, delta del Po incluso (sistema Tiresias), mentre un altro sistema prevede il livello totale e le onde in Mediterraneo e nel mar Nero (sistema Cassandra). Si sono inoltre effettuati vari studi sulla dinamica dello storm surge e delle sesse in Adriatico, utilizzando l'assimilazione di dati da mareografo e altimetro con tecniche di ensemble (EnKF, EnSRF). Sviluppi e progetti futuri:

- Un sistema operativo accoppiato surge-marea-onde per le coste italiane con assimilazione dati
- MERCATOR OCEAN
- Interreg IT-HR STREAM con focus su Flood Risk

## Extreme oceanic waves: theory, observation, and modelling

*Benetazzo A., Barbariol F., Davison S., Pezzutto P., Cavaleri L.*

Knowledge and reliable prediction of oceanic waves during severe marine storms has always been foremost for offshore platform design, coastal activities, and navigation safety. Indeed, many damaging accidents and casualties during storms were ascribed to the impact with abnormal and unexpected waves. However, the study of extreme waves is a challenging task. At first because of their inherent randomness, at second because of the difficulty of defining a comprehensive theoretical framework suited to explain their behavior. Finally, because the observation of such waves, a task of primary importance to assess theoretical and numerical models, must face costs and risks of deployment during severe conditions. Notwithstanding, recent wave observations (using stereo systems, like WASS developed by ISMAR; Benetazzo et al. 2012; Bergamasco et al., 2017) and advances of the state-of-the-art spectral wave models (such as WAVEWATCH III®, ECWAM, WAM, and SWAN; e.g. Barbariol et al., 2019) demonstrated that using the directional wave spectrum moments into statistical theories for wave extremes, it is nowadays possible to give an estimate of the shape and probability function of maximum and freak waves during storms (Benetazzo et al., 2015, 2017; Fedele et al., 2016). In this context, main results of our research are: developing theories for extreme wave prediction; designing and testing novel sea technologies for the observation of extreme waves; implementing in wave models new routines to evaluate the extreme wave distribution functions for each sea state; performing assessment of model outputs using field observations of maximum waves; investigating the sensitivity of the maximum waves on the sea state characteristics. Recently, model capabilities and theoretical formulae were examined, and extreme waves characterized both globally and during specific storms in the Mediterranean Sea, North Sea, and in East China Sea during tropical cyclone conditions. In particular, we mainly aimed at characterizing the maximum wave climate and disentangling the principal spectral moments and derived bulk parameters that may point to favourable conditions for the generation of high waves. All model developments and evaluations resulting from our research are suitable for regional and global wave forecasting systems to expand their catalogue of ocean products.

Recent and active projects:

- 2018-2020: LATEMAR (LARGestT wavEs in MARine environment: new products for wave model forecast). Funds: CMEMS (Copernicus Marine Environment Monitoring Service).
- 2019: ASTROWAVES1 (Analysis of stereo-wave data for the detection of maxima and rogue waves). Funds: KIOST (Korea Institute of Ocean Science and Technology).
- 2019-2020: PELMO (PrevisionE nell'aLto adriatico del Moto Ondoso). Funds: Venice Municipality.
- 2019-2021: Venezia 2021: Programma di ricerca scientifica per una laguna "regolata". Funds: MIT.
- 2020: ASTROWAVES2 (Analysis of stereo and model wave data for the characterization of maximum waves during tropical cyclones and typhoons). Funds: KIOST (Korea Institute of Ocean Science and Technology).
- 2020-2022: EOLO-1 (Extreme Oceanic waves during tropical, trOpical-like, and bomb cyclONES). Funds: Bi-lateral project CNR-University of Tokio.



## The Northern Adriatic Sea Ecological Observatory: state of the art and perspectives

*Bergami C., Acri F., Bastianini M., Aubry F. B., Bongiorno L., Camatti E., Capotondi L., Cassin D., De Lazzari A., Finotto S., Manea E., Menegon S., Pansera M., Ravaioli M., Riminucci F., Pugnetti A.*

The creation of Marine Ecological Observatories (MEOs), able to arrange and maintain integrated, harmonized and coherent long-term ecological observations, is stressed as a relevant step at the European level, for sustaining European marine policies and for addressing societal needs. The North Adriatic Sea (NAS) is a significant geographical zone for the establishment of a MEO, due to the concomitant presence of high degree of biodiversity, sensitive habitats and ecosystems, numerous on-going monitoring and research activities, as well as of heavy and diversified human pressures and economic interests, based on the marine resources of the area. Besides, the NAS is involved in different Research Infrastructures (RIs; e.g. eLTER RI, Danubius RI, LifeWatch ERIC, EMBC ERIC, ICOS ERIC), relying on different and complementary aspects, which may guarantee for its long-term development and sustainability: the NAS-MEO may represent a crossroad in the RI landscape, giving rise to an exemplary case of cooperation and co-location.

The NAS has a long history of ecological research, which allowed its inclusion in the Italian (LTER-Italy), European (LTER-Europe) and International (ILTER) Long-Term Ecological Research Networks. The LTER-NAS is made of four research sites (the Gulf of Trieste, the Gulf of Venice, the Po Delta and Romagna Coast, and the Senigallia-Susak Transect), where meteo-oceanographic and biological data, mainly on plankton, are gathered both during oceanographic cruises and at fixed point observatories. The long term data of the NAS have been recently selected for developing an exemplary case study where to apply the principles of Open Science to MEO: the initiative, called EcoNAOS (Ecological Northern Adriatic Open Science Observatory System), embraced an open vision on the whole research lifecycle, from research idea to results and data, from metadata to methods and software, and led to the publication of a 50 years dataset of water quality and plankton data, openly accessible via on line repository, and of a datapaper describing the data and the methods used for collecting and harmonizing them. The observatory is under further development in the Interreg Italy-Croatia project ECOSS (ECOLOGical Observing System in the Adriatic Sea: oceanographic observations for biodiversity), a collaboration between 10 organizations from Italy and Croatia aiming to integrating ecological and oceanographic research monitoring with Natura 2000 conservation strategies in the Adriatic Sea, thus providing an essential contribution for improving the conservation status of the habitat types and species of the marine Natura 2000 marine sites. The project will also ensure the creation of a roadmap that will define the overall structure, purposes and long-term governance and sustainability of the Adriatic MEO, incorporating the different approaches of open science, public engagement and participatory processes.



## Multi-platform measurements to study ocean meso-submesoscale dynamics

*Berta M., Griffa A., Mantovani C., Corgnati L., Magaldi M., Sciascia R., Esposito G., Falcieri F., Ozgokmen T., Molcard A., Rubio A.*

The dynamics of the ocean currents and fronts result from the interaction of simultaneous mechanisms at different scales. Large and mesoscale oceanic features (10 to 100 km, days to weeks) are globally monitored through satellite remote sensing, but the submesoscale range (a few hundred meters to 10 km, hours to a few days) remains particularly challenging to observe directly, due to the high variability in both time and space. The development of multiplatform ocean observatories spanning the sea surface as well as the water column and the combination of independent and complementary measurements collected in targeted experiments is crucial to accurately resolve localized regions of ocean mixing and enhanced vertical velocities, such as fronts. Meso-submesoscale fronts and filaments have been recognized to play an important role in the surface dispersion and patchiness of various types of tracers (biological, pollutants and marine debris) as well as in the transfer from the surface to the interior ocean. In this framework the group is involved in international projects focusing on the networking of transnational and multidisciplinary observing systems and on the development of methods to blend multiplatform observations to reconstruct the 4-D circulation and related passive transport. Data-blending feasibility studies have investigated the response of the Northern Current (Ligurian Sea) to typical Mistral wind episodes, by matching sea currents from HF radar (at the surface) and glider (in the water column). Another assessment study focuses on the comparison of different blending methodologies to explore their skills and limitations considering HF radar and ADCP datasets within the Bay of Biscay (Atlantic Ocean). The group is working as well on the development of metrics, based on flow kinematic properties estimates (divergence, vorticity and strain), to unravel submesoscale properties and the response to atmospheric forcing. The scale-dependence of kinematic properties in the submesoscale range, as well as their response to atmospheric forcing, has been so far investigated in two distinct geographic regions: the Ligurian (NW-Mediterranean) Sea and the Northern Gulf of Mexico. The two applications are characterized by different dynamics, and the estimates of kinematic properties are derived from distinctly different observational approaches: in situ GPS drifters observations and remote HF radar data. Another application based on drifter observations is ongoing in the Alboran Sea to identify surface frontal regions with high vertical velocities and to study the associated 3D pathways from Lagrangian surface data and water column data. So far, the kinematic properties metric provides a robust complementary methodology to characterize submesoscales and can be used both with Lagrangian and Eulerian observations. The origin, emergence and evolution of submesoscale instabilities will be also investigated by using high-resolution idealized numerical simulations of frontal dynamics. Ocean models together with the growing availability of observations from different platforms allow combining independent and complementary datasets as well as to span physical processes at very different scales and eventually investigate biophysical coupling. The enhanced sea data products and tools developed through cross-border coordination of research activities, instruments, and infrastructures, can provide support to the development of sustainable coastal activities. The next planned multiplatform experiment includes the drifter release within the HF radar field in the Ligurian Sea in 2020, and the in situ experiment focusing on frontal regions in the Alboran Sea in early 2021.

## **Ricostruzione della dinamica marina dalla combinazione di osservazioni: dal monitoraggio operativo allo studio dei processi oceanici**

*Buongiorno Nardelli B., Cesarini C., Ciani D., Colella S., Durante S., Forneris V., La Padula F., Leonelli F., Liberti G., Marullo S., Pisano A., Sammartino M., Santoleri R., Tronconi C., Volpe G., Yang C.*

Lo studio della dinamica marina e del suo impatto sull'ecosistema marino e sul clima richiede una ricostruzione sempre più accurata dello stato degli oceani e della loro evoluzione temporale, sia a scala globale, sia a scala regionale. Tuttavia, la varietà di scale e processi coinvolti è tale da rendere l'analisi dei dati acquisiti da qualunque tipo di piattaforma osservativa insufficiente a fornire una descrizione completa delle variabili essenziali oceaniche (EOV): le misure satellitari garantiscono una copertura quasi globale della sola superficie marina, con una risoluzione spaziale e temporale piuttosto elevata, ma sono spesso degradate da fattori atmosferici e/o limitazioni strumentali; per contro, le osservazioni in situ possono fornire informazioni dettagliate sulla struttura della colonna d'acqua ma presentano evidenti limiti di campionamento spaziale e temporale. La ricostruzione dello stato degli oceani richiede dunque lo sviluppo di metodologie che permettano di combinare tra loro in modo efficace le osservazioni acquisite da più piattaforme, attraverso approcci complementari, quali l'assimilazione in modelli numerici di circolazione e lo sviluppo di modelli semi-empirici o "data-driven", accoppiati all'implementazione di strumenti diagnostici avanzati. In questo contesto, verranno qui presentate alcune linee di attività di cui ISMAR è responsabile nell'ambito di diversi programmi/progetti internazionali, e che sono state identificate e proposte per rispondere a obiettivi scientifici specifici:

- 1) lo sviluppo di algoritmi per l'interpolazione delle misure satellitari e il monitoraggio della temperatura superficiale;
- 2) lo sviluppo di algoritmi multivariati per la combinazione e l'interpolazione delle misure superficiali di salinità in situ e satellitari;
- 3) lo sviluppo di modelli diagnostici avanzati per la ricostruzione delle correnti superficiali da misure satellitari multivariate/multi-piattaforma;
- 4) lo sviluppo di metodi per la ricostruzione della struttura verticale da misure superficiali;
- 5) la stima delle componenti dinamiche 3D da modelli diagnostici innovativi;
- 6) lo sviluppo e l'applicazione di metodi avanzati di analisi multivariata delle serie temporali di EOV e di analisi delle interazioni fisica-biologia.

La sempre maggiore disponibilità di osservazioni e di efficienti strumenti computazionali rende l'approccio "data-driven" strategico per la ricostruzione dello stato degli oceani, per cui sarà importante sfruttare le opportunità progettuali e la partecipazione al disegno delle missioni satellitari future per allargare lo spettro di competenze già presenti in ISMAR e rafforzare le collaborazioni interne.



## 50 shades of blue: optical oceanography activities in ISMAR

*Brando V.E., Colella S., Di Cicco A., Benincasa M., Böhm E., Bracaglia M., Braga F., Cesarini C., Colella F., Concha J. A., Di Cicco A., Dionisi D., Falcini F., Forneris V., La Padula F., Liberti G., Manfè G., Marullo S., Organelli E., Pitarch J., Sammartino M., Santoleri R., Scarpa G.M., Volpe G.*

Optical oceanography explores how the optically active constituents in seawater affect the in-water light field (i.e., the ocean colour), and in turn, how in situ marine optics and earth observation data can facilitate the study of marine biogeochemistry, biological oceanography, and water quality and dynamics. At ISMAR, optical oceanography activities are carried out in Rome and Venice encompassing: 1) ad hoc and autonomous bio-optical in situ effort; 2) algorithm and product development and satellite data processing; and 3) biogeochemical process studies. Our bio-optical in situ effort involves field campaigns focusing on characterization of the underwater light field and the optically active constituents in terms of dissolved and particulate matter, i.e., plankton, suspended sediments, and detritus. Furthermore, autonomous bio-optical and radiometric instruments are deployed at fixed locations, i.e., moorings and platforms, for data acquisition aimed at calibration and validation of satellite products. Accounting for the bio-optical characteristics of each water body, algorithms and products are developed for lagoons, coastal and shelf waters, European regional seas (Mediterranean, Black and Baltic seas) and the global ocean. Algorithm approaches span from semi-empirical methods to analytical inversion of radiative transfer models for both oceanic (i.e., blue) and optically complex (i.e., green and brown) waters. Satellite data processing chains are implemented for exploratory, pre-operational or operational production of ocean colour derived datasets such as chlorophyll and suspended particulate matter concentration, phytoplankton functional types, inherent optical properties, particle size distribution, depth and bottom substrates, etc. Interpolation techniques are used to generate cloud-filled datasets at basin scale to enable time series analyses. Future work will increasingly focus on the analysis of observations from hyperspectral, multi-angular and polarized sensors as well as active remote sensing.

We then use in situ data and satellite products for several biogeochemical process studies, e.g.:

- influence of particles on oceanic light fields, combining different optical measurements to better constrain size and compositional information of the underlying optically active constituents.
- spatial and temporal variability of suspended particles in river plumes and coastal waters under different river discharge regimes and meteo-marine conditions.
- the roles of pigments in cell physiology, the differences in pigments and absorption spectra among different groups of phytoplankton, primary production, carbon cycles and phytoplankton phenology, extrapolation of the vertical distribution of optical properties.
- estimates of water quality, time series, and trend analysis for eutrophication assessment.



## **Sistema osservativo integrato per lo studio della dinamica dei sedimenti in sospensione: *Remote sensing*, monitoraggio in situ e modelli idrodinamici**

*Braga F., Lorenzetti G., Manfè G., Scarpa G.M., Bellafiore D., Ferrarin C., De Pascalis F., Bracaglia M., Brando V.E.*

Lo studio della dinamica dei sedimenti nelle aree costiere e di estuario è di fondamentale importanza per la salvaguardia e la conservazione di questi ambienti così suscettibili all'interazione tra fattori meteorologici, biologici, geologici ed antropici. La stima del particolato in sospensione (SPM) è necessaria per indagare i budget sedimentari, la morfodinamica costiera, il flusso dei contaminanti e le interazioni con i sedimenti coesivi. I pattern di SPM nelle acque costiere possono essere legati agli apporti fluviali (ad es. fenomeni di piena), a intense fioriture di fitoplancton, a dinamiche erosive o all'azione di onde e correnti. Di conseguenza, le variazioni spaziali e temporali nella distribuzione degli SPM sono fondamentali per comprendere i fenomeni di trasporto dei sedimenti nelle regioni costiere. Nel corso degli ultimi anni, abbiamo investigato questi processi attraverso l'identificazione e l'analisi dei parametri ambientali che li influenzano e ne determinano la variabilità spatio-temporale nell'area costiera del nord Adriatico, con particolare focus nel prodelta del Po e in Laguna di Venezia. È stato messo a punto un sistema osservativo che integra misure sperimentali in campo con prodotti derivati da satellite allo scopo di definire la distribuzione degli SPM sia spazialmente sia lungo la colonna d'acqua. Le attività in situ hanno fornito serie temporali puntuali e/o in continuo di parametri idrologici, torbidità, direzione e velocità del flusso idrico e solido, valori di backscatter acustico per stimare la concentrazione del particolato solido lungo la colonna d'acqua e misure ottiche per la validazione dei prodotti da satellite. Le mappe di torbidità e di temperatura superficiale dell'acqua ottenute dai satelliti Sentinel-2 e Landsat 8 hanno contribuito, con informazioni sinottiche, a ricostruire la distribuzione spaziale (su scala locale e di bacino) e temporale in relazione alle forzanti idrologiche e meteo-marine (maree, onde e vento) anche in caso di eventi estremi (mareggiate, piena dei fiumi, processi di mixing alle bocche di porto in laguna di Venezia o nei delta fluviali). I dati di osservazione in situ e da satellite sono stati combinati con modelli numerici per lo studio e la comprensione dei processi indagati. In particolare, le informazioni ottenute da campagne di misura e da mappe da satellite hanno fornito un contributo importante per la calibrazione e la validazione dei modelli, consentendo una migliore rappresentazione dei processi costieri. Nell'ambito di vari progetti di ricerca nazionali e internazionali, l'integrazione tra attività sperimentali, tecniche di remote sensing e modelli matematici ha permesso di applicare i diversi approcci allo studio dell'idrodinamica e del trasporto dei sedimenti che influenzano l'evoluzione morfologica ed ecologica dell'ambiente costiero, per monitorare, stimare e prevedere i processi in atto a differenti scale spaziali e temporali. Questo tipo di informazioni è indispensabile nella definizione di strategie per la salvaguardia e la corretta gestione degli ecosistemi lagunari, costieri e marini. Lo sviluppo tecnologico e strumentale in sinergia con l'applicazione di metodologie avanzate ha permesso di approfondire la ricerca con informazioni dettagliate e oggettive.



## Lidar activity at ISMAR

*Dionisi D., Liberti G.L., Cardillo F.*

The Lidar (Light Detection and Ranging) group of ISMAR in Rome has more than 15 years of consolidated experience in Lidar activity through the employment of a mobile multi-wavelength and multi-telescope Rayleigh-Mie-Raman (RMR) lidar. The system, located in the semi-urban area of Rome Tor Vergata (41.8°N, 12.6°E and 107 m ASL), provides atmospheric profiles of water vapor concentration, temperature and aerosols/clouds properties. The activity associated to the RMR Lidar encompasses: 1) satellite CAL/VAL activities (e.g., Sentinel 5-P, Sage, Earthcare, Aeolus); 2) participation of ground-based lidar international networks (e.g., NDACC and EARLINET); 3) algorithm developments and study case efforts. Furthermore, as part of the European Research Infrastructure for the observation of Aerosol, Clouds and Trace Gases (ACTRIS), which will start in 2025, instrumental upgrade and development are planning to be ACTRIS compliant.

For ocean applications, Lidar technique has been mainly employed from aircraft for the estimation of the bathymetry, detection of scattering layers or fishes. However, during the last decades, new studies used the lidar signal from the space-borne CALIOP instrument on-board CALIPSO to estimate particulate backscatter. However, several issues need to be considered for being able to quantitatively use those space-borne lidar for ocean application. Within this frame, we evaluated the potential use of CALIOP for ocean applications at regional scale in mid-latitude regions (i.e., Mediterranean and Black Sea) through the comparison with the Ocean Colour products provided by the Copernicus Marine Environmental Service (CMEMS). Future work will consist on: 1) development of novel inversion techniques to improve the estimation of the backscatter and attenuated parameters; 2) evaluation of the information content for oceanographic applications from forthcoming lidar satellite mission

## La mappatura degli habitat bentonici marini dagli ambienti costieri a quelli profondi

*Angeletti L., Castellan G., Correggiari A., Di Martino G., Ferrarin C., **Foglini F.**, Ghezzi M., Grande V., Guarneri I., Innangi S., Madricardo F., Mercorella A., Petrizzo A., Prampolini M., Remia A., Sigovini M., Tagliapietra D., Taviani M., Tonielli R.*

La mappatura degli habitat bentonici marini è un elemento chiave per tutte le attività di gestione ed uso sostenibile delle aree costiere e marine, per la definizione dello stato di salute ambientale e per la valutazione degli effetti delle pressioni antropiche sulle risorse e sui servizi ecosistemici che ne derivano. In un momento in cui le pressioni antropiche e naturali stanno generando cambiamenti repentini dei sistemi marini, è fondamentale fornire un quadro di conoscenza a supporto dei gestori e decisori politici, di attività come la Maritime Spatial Planning (MSP) e la scelta di aree marine a fine conservazionistico (Natura 2000 network). La multidisciplinarietà della tematica richiede un gruppo di lavoro eterogeneo, che spazia dalla geofisica alla biologia includendo l'oceanografia e la modellistica fino a competenze tecniche GIS. Il concetto di habitat, infatti, include l'insieme delle componenti biotiche ed abiotiche. Partendo dall'acquisizione, elaborazione e analisi di dati geofisici (morfobatimetria e riflettività del fondale), calibrati mediante l'utilizzo di campioni diretti (geologici e biologici) e indiretti (fotografie e riprese video), è possibile caratterizzare gli habitat di fondo e stimarne la distribuzione spaziale. La mappatura degli habitat bentonici, inoltre, rappresenta un elemento chiave per indagare la struttura dei popolamenti marini e per monitorarne l'evoluzione nel tempo. Il gruppo habitat mapping di ISMAR è impegnato in:

1. realizzazione di cartografia digitale degli habitat bentonici marini, sia tramite metodi bottom-up (supervised) che top-down (unsupervised);
2. applicazione di Habitat Suitability Model sia in ambienti costieri che nelle aree di mare profondo (es. MaxEnt);
3. applicazione di nuove tecnologie di rilievo (es. camera iperspettrale) e di processing;
4. schema di classificazione multiscala e multilivello orientato alle piattaforme GIS;
5. corsi GIS per l'habitat mapping.

Diversi progetti nazionali ed europei hanno permesso di classificare e mappare ambienti lagunari (es. i canali navigabili della Laguna di Venezia), costieri (es. Isole Pelagie) e profondi (es. i canyon di Bari e Dohrn). Alcuni di questi hanno portato alla recente istituzione di nuove province a coralli di profondità (es. Nora) o all'individuazione di biotopi poco noti in Mar Mediterraneo (es. chimney forest in Montenegro), nonché alla scoperta di nuovi habitat bentonici in ambiente lagunare.

Negli anni, il gruppo habitat mapping di ISMAR ha preso parte a numerosi progetti nazionali (CARG, MAGIC, RITMARE, MSFD Regionale e Nazionale, BIOMAP) e internazionali (HERMES, HERMIONE, CoCoNet, IDEM, AMAre, EVER-EST). Attualmente è coinvolto in DECOPLAT, GLIDE e MarE (nazionali), ENDURUNS, FEAMP e marGnet (internazionali), oltre ad avere diverse call in fase di revisione: LIFE-DREAM, EVROS, MAELSTROM.



## **Metodologie di Data Science per l'analisi e la modellazione di dati e per la definizione di sistemi osservativi intelligenti**

*Marini S., Griffa A., Aliani S., Conversi A., Bonofiglio F., Bastianini M., Madricardo F., Fogliani F.*

I sistemi osservativi marini producono dati fortemente eterogenei rappresentativi di sistemi complessi non necessariamente lineari (e.g. ecosistemi, fenomeni oceanografici). Esempi di dati eterogenei acquisiti da piattaforme di osservazione fisse e mobili sono le serie temporali ed i campi scalari di misure fisiche, ecologiche e biogeochimiche (e.g. abbondanza e distribuzione di organismi, di sostanze chimiche e di grandezze fisiche), immagini/video subacquee di organismi marini oppure di grandezze fisiche acquisite da osservazioni satellitari, sequenze di materiale genetico ambientale (eDNA) e più in generale dati -omics (i.e. genomics, proteomics, metabolomics). Tutti questi dati, sebbene con ruoli differenti, sono di supporto alla comprensione e modellazione dei sistemi che li hanno generati. Ciononostante, l'enorme mole di dati e la loro eterogeneità rendono necessari approcci computazionali in grado di selezionare, estrarre ed elaborare l'informazione rilevante in essi contenuta. Data Science è il paradigma computazionale che attraverso l'utilizzo di metodologie di analisi ed elaborazione dei dati permette l'interpretazione e la modellazione formale dei sistemi naturali soggiacenti i dati osservati. Nella letteratura scientifica le metodologie di data science basate su intelligenza artificiale e machine learning hanno prodotto ottimi risultati in applicazioni di data mining e knowledge discovery, nell'interpretazione del contenuto di dati visuali e nella definizione di modelli previsionali ed esplicatori di sistemi multi-variati non lineari. Esempi di applicazioni di metodologie di data science riguardano lo studio delle dinamiche di popolazione bentoniche, planctoniche e nectoniche espresse in funzione di parametri ecologici, fisici e biogeochimici, così come la modellazione e la previsione di fenomeni oceanografici a piccola e grande scala. Oltre che per la comprensione e la modellazione dei sistemi naturali, una tendenza in via di consolidamento è quella in cui le metodologie di data science vengono utilizzate per la definizione di una nuova generazione di osservatori marini intelligenti in cui algoritmi di intelligenza artificiale interpretano (eventualmente in situ) i dati acquisiti ed interagiscono con i sensori ospitati dalle piattaforme di osservazione per eseguire campionamenti adattivi oppure per selezionare le informazioni rilevanti da memorizzare o da trasferire a terra. In questo contesto scientifico ISMAR è attivo nella comunità internazionale, per quanto riguarda la produzione scientifica (articoli ed organizzazione di conferenze), la partecipazione a progetti nazionali ed internazionali (e.g. ENDURUNS, JERICO-S3) e nell'attività di trasferimento tecnologico attraverso un brevetto Europeo. L'attività di ricerca descritta è fortemente interdisciplinare e vede la collaborazione tra competenze informatico/matematiche, biologiche, ecologiche e fisiche distribuite su varie sedi dell'istituto. Tali attività consistono sia nello studio e sviluppo di nuove metodologie di intelligenza artificiale per l'analisi dei dati e nel loro utilizzo in problemi applicativi, sia nello studio, sviluppo e sperimentazione di sistemi intelligenti innovativi per l'acquisizione dei di dati. La tendenza in crescita, nella comunità scientifica internazionale, nello studio, sviluppo ed utilizzo di metodologie di data science rende auspicabile l'incremento della massa critica dei ricercatori ISMAR coinvolti in queste attività, specialmente con competenze informatico/matematiche, per consolidare le attività già in itinere e, in un'ottica push-pull, per affrontare problemi noti nella letteratura scientifica con approcci non convenzionali emergenti dall'interdisciplinarietà tra scienze naturali e scienze matematiche.



# ***Sessione 5***

## **Geologia Marina**

## Quantitative analysis for the evaluation of geophysical hazard in coastal zones

*Alberico I., Budillon F.*

Geophysical and climate-related disasters, occurred in the last 20 y, killed worldwide about 1.3 million people and left a further 4.4 billion injured, homeless, displaced or in need of emergency assistance. Data highlight that although the majority of fatalities were due to geophysical events (e.g., earthquakes and tsunamis, volcanic eruptions, landslides); most of the disasters (91% of 7.255) were caused by floods, storms, droughts, heatwaves and other extreme weather events. Coastal areas are more vulnerable to the occurrence of natural events, and the concentration of the population along the coast – only in the Mediterranean region 480 million people concentrate along the coasts – increases the natural hazard. The identification, assessment and monitoring of hazardous events is one of priority identified by the Hyogo Framework (2005-2015) for disaster risks reduction. In this frame, a research line of ISMAR Napoli related with the natural hazard issues, propose the use of GIS-aided quantitative methodology to numerical quantify the geophysical hazards and to draw hazard maps outlining the areas that could be exposed to new natural events. The strength of this methodology grounds on by the big amount and the different nature of data that can be recorded into database during the year and their integration according to the specific aim of the research. The GIS framework is flexible and scalable, integrates spatial and no-spatial data and allows to apply a methodology in different setting and at different scale. In the last 2 years, this methodology was applied to study the tsunami hazard to which the Napoli city could be exposed and the hydrological hazard related to some Campania Region rivers, which are prone to trigger hyperpycnal flows in response to exceptional rainfall events. This research aim at contributing to the definition of the natural hazard in the coastal areas not only in terms of process description but also quantifying the temporal and the spatial scale of such phenomena. The main results of this studies highlighted that:

- the earthquakes-related tsunamis hazard for the city of Naples is mostly accounted for by the events originating in the far field, with magnitude  $\geq 6-7$  Mw, which might affect the city of Napoli in not less than 30'; however, in these cases, the expected maximum tsunami amplitude would not exceed 0.5 m, according to the analyzed data;
- the landslide-generated tsunamis hazard for the city of Naples could also derive from the far field, by the instability of Stromboli Island. and from the the near field by the instability of the southern submarine slope of Ischia and Sorrento peninsula; in these cases, the tsunami wave could reach the city within 10 to 20 minute and the tsunami amplitude could exceed 0,4 m.
- A numerical procedure based on a source to sink approach was developed to assess the rivers prone to produce hyperpycnal flows (HF) at the river mouths, in extreme flood conditions, and valid for the Southern Appenine area. A return period of major HF events of about 0.1 kyr has be inferred for rivers which fall into the category “dirty rivers” and a return period of about 0.3 kyr has been inferred for the “moderately dirty rivers”. HF deposits may impact the marine sinks down to 50-70 m of depth, in function of the volumes involved and duration of the events. Further improvements in these researches would require the acquisition of new data (e.g. wave climate close to the coast, measures of the river load, XRF, XR analysis and datings in marine cores, access to hydrological temporal series) essential to improve the knowledge on the coastal system and contribute to the mitigation of the natural hazard-risk.



## The potential vulnerability indices as tools for natural risk reduction

*Alberico I.*

Anthropic pressure has caused severe variations of Mediterranean coastal areas currently hosting about 480 million people. The replacement of natural land with crops and urban environment coupled with the reduction of sediment supply to the coast, subsidence, relative sea level rise and the high frequency of storm events, cause several types of hazard (coastal erosion, sea inundation and saltwater intrusion). The consequences of these hazardous events can be reduced through the reduction of territorial vulnerability. In this framework, a quantitative model mainly based on the use of indexes and indicators, whose data can be derived from historical maps, topographic maps, free satellite images, and ISTAT data is proposed. The method already applied at Volturno coastal plain pointed out: i) a constant low value of population growth in the last decade, ii) the achievement of a sill for the urban growth after the nineties; iii) the high percentage of total unoccupied buildings for the greatest part of censal district close to the shoreline. All these conditions evidence the possibility to change the land use from urban to natural areas for wide Volturno coastal sector. The re-naturalization of coastal zone not only favors the mitigation of hazardous events effects but also the improvement of environmental status and the well-being of people.



## **Geologia regionale del Mediterraneo: evoluzione tettonica, ricostruzioni cinematiche e tettonica attiva**

*Argnani A.*

La complessità geologica della regione mediterranea, e delle sue catene montuose in particolare, registra la complessa evoluzione geologica che si è sviluppata in oltre 200 Ma. L'approccio interpretativo per ricostruire l'evoluzione dell'area mediterranea si può articolare in due scale spaziali.

Alla grande scala le ricostruzioni cinematiche derivanti dal movimento delle placche consentono di vincolare, nello spazio e nel tempo, l'evoluzione tettonica del Mediterraneo attraverso i movimenti relativi di Africa ed Eurasia. Il prodotto ultimo di questa evoluzione è attualmente espresso nella sismicità che delinea le aree tettonicamente attive che marcano l'interazione fra le due placche. La geologia marina, ad una scala minore, offre l'opportunità di studiare l'evoluzione tettonica di sistemi attuali che presentano analogie con le varie fasi che hanno preceduto la formazione degli orogeni. La scala di osservazione della geologia marina consente di interpretare e contestualizzare in maniera attualistica le osservazioni della geologia di terreno, spesso caratterizzata da affioramenti sparsi e da relazioni strutturali e stratigrafiche non prive di ambiguità. Le conoscenze di geologia regionale, acquisite negli anni attraverso lo studio critico della letteratura, della cartografia geologica e di dati acquisiti nei mari italiani da ISMAR-BO, consentono di contestualizzare ogni studio locale, sia rivolto ad aspetti particolari dell'evoluzione geologica, sia riguardante la tettonica attiva e la pericolosità geologica. Vengono presentati due esempi nell'area mediterranea. Il primo riguarda le implicazioni dello studio di facies del Messiniano sul sollevamento a lungo termine dell'Arco Calabro. Il secondo riguarda la tettonica attiva e le relazioni fra gli stili strutturali al fronte della catena Ellenide e la recente sequenza sismica di Durazzo (novembre 2019).



## Phase-resolving spatio-temporal wave measurements using stereo imaging for model and laboratory studies

*Benetazzo A., Bergamasco F., Barbariol F., Davison S., Cavaleri L.*

Stereo imaging measurements of water surface waves is gaining more and more popularity in the oceanographic community. Indeed, in the field, they provide unique data to investigate oceanic waves, allowing retrieving, with high-resolution, the 4-D ocean topography (3-D space + time) at high frequency (up to 15-20 Hz) over a sea surface region of area  $\sim 100$  m x 100 m. In this respect, stereo methods fill the existing wide gap between single-point (like buoys) direct sea surface measurements and large-scale ocean observations by remote satellites. In the lab, this technique opens new possibilities, not yet fully explored, to complement, with consistent spatio-temporal data, wave gauges and wave arrays. Recent advances of both computer vision algorithms and computers processing power nowadays allows stereo imaging the study of the spatio-temporal wave fields, for instance permitting a direct observation of the 3-D wavenumber-frequency spectrum with unprecedented accuracy, especially at small scales. Even if simple in theory, multiple details are difficult to be mastered for a practitioner so that the implementation of a stereo reconstruction pipeline is in general considered a complex task. For instance, camera calibration, reliable stereo feature matching and mean sea-plane estimation are all factors for which a well-designed implementation can make the difference to obtain valuable results. For this reason, ISMAR and UNIVE developed WASS (Wave Acquisition Stereo System, available at <http://www.dais.unive.it/wass>), a completely open-source stereo processing pipeline for sea waves 3-D reconstruction. Our tool completely automates all the steps required to estimate dense point clouds from stereo images. It implements a fast 3-D dense stereo reconstruction procedure based on the well consolidated OpenCV library and it includes set of post-processing techniques both on the disparity map and the produced 3-D point cloud to remove the vast majority of erroneous points that can naturally arise while analyzing the optically complex nature of the water surface. Further, stereo observations can shed light on many aspects of wave mechanics and can benefit phase-resolving and phase-averaging model assessment, the observable scales ranging from the long oceanic waves to the short-wave conditions in a wave flume. Typical investigations include the examination of directional properties of the wave spectrum, such as the evolution of bimodality at relatively high wavenumbers, its nonlinear properties, the short-crestedness and the characteristic spatio-temporal length scales of the wave field, the breaking statistics, the wave-wave and wave-current interaction processes, and the analysis of the probability of occurrence and the size (in time as well as in space) of extremes, including rogue waves.



## **Distribuzione e interoperabilità dei dati marini – Il DataCentre SeaDataCloud, lo European HFR Node (e i suoi sviluppi futuri), il National Antarctic Data Centre**

*Corgnati L., Mantovani C., Griffa A., Chiappini C., Aliani S., Vetrano A., Borghini M., Celentano P., Kokkini Z.*

Dal 2012 ISMAR-SP è Data Centre SeaDataNet (SDN) e supporta i colleghi ISMAR e IRBIM nella creazione dei CDI. In particolare, si occupa del QA/ QC dei dati provenienti da sonda CTD sia per ISMAR sia per l'attuale IRBIM in base agli standard SDN e pubblica nel catalogo SDN i dati da sonda CTD per ISMAR e per IRBIM e le serie temporali delle boe pugliesi di IRBIM Ancona. Forte dell'esperienza nella gestione di una rete di 4 stazioni radar HF operative sulle coste nazionali, dal 2014 ISMAR-SP guida, insieme alla fondazione AZTI e al laboratorio SOCIB e sotto l'egida di EuroGOOS, numerose iniziative volte a promuovere lo sviluppo coordinato della tecnologia HFR in Europa. Questi sforzi hanno portato all'inclusione dei dati HFR nelle principali piattaforme europee per la distribuzione dei dati marini: CMEMS-INSTAC, SDN ed EMODnet Physics. Sulla base dei risultati ottenuti per l'armonizzazione (in termini di formato dati standard, convenzioni, vocabolari e Quality Control), nel 2018 ISMAR-SP, AZTI e SOCIB hanno istituito lo European HFR Node (sotto il coordinamento di EuroGOOS) come risorsa operativa e centro di competenza europeo per la gestione e diffusione dei dati HFR e per la connessione tra le infrastrutture europee e la rete globale HFR. Il nodo è operativo da dicembre 2018 e distribuisce i dati real-time e storici di parte delle reti HFR europee verso CMEMS-INSTAC, EMODnet Physics e SDN. Il numero delle reti incluse è in progressiva crescita, ed è in fase di studio l'integrazione di dati HFR a livello globale, utilizzando la rete statunitense come caso pilota. La componente infrastrutturale dedicata ai servizi in real-time risiede fisicamente presso ISMAR e il suo potenziamento è in corso. L'expertise acquisito in queste attività è stato condiviso con i colleghi di Istituto, in particolare per il supporto alla standardizzazione e al trasferimento dei dati oceanografici raccolti lungo la colonna d'acqua (quali ADCP e CTD) e per la creazione del nuovo nodo di distribuzione di dati polari nell'ambito del progetto National Antarctic Data Centre finanziato dal PNRA.



## **Strategie per la mitigazione del rischio erosivo nelle aree costiere: ricerca e gestione della risorsa sabbia**

*Correggiari A., Remia A., Grande V., Fogliani F., Gallerani A., Rovere M., Mercorella A., Savelli F., Perini L., Calabrese L.*

Lo studio dell'evoluzione del mare Adriatico durante l'ultimo ciclo glacio-eustatico ha permesso di individuare antichi sistemi costieri appartenenti a depositi trasgressivi, modellati dai processi erosivi che hanno accompagnato la risalita del livello del mare. Attraverso le indagini geofisiche e i campionamenti diretti con vibrocarotaggi è stato possibile caratterizzare la porzione sabbiosa di questi depositi che rappresentano ciò che rimane di antiche spiagge, e costituiscono ora una delle migliori risorse per il ripascimento delle coste in erosione. Questi depositi sabbiosi, la cui conservazione è dipesa dal basso gradiente della piattaforma nord adriatica, dalle modalità di risalita del livello del mare, dalle geometrie e dalle dimensioni dei depositi costieri originari, sono stati studiati per essere utilizzati come giacimenti sommersi di sabbia. Il vantaggio nell'utilizzare questi depositi si concretizza nel rimettere in gioco considerevoli quantitativi di sedimento che sono stati progressivamente sottratti al sistema costiero durante le fasi di innalzamento eustatico del livello del mare compensando così, almeno in parte, il deficit di sedimento sabbioso delle nostre coste dovuto alla riduzione di apporti solidi dai fiumi e alle perdite per compattazione e subsidenza. L'Istituto di Scienze Marine, CNR-ISMAR, in collaborazione con alcune regioni costiere (Emilia Romagna, Veneto, Puglia) ha individuato nella piattaforma adriatica una serie di depositi sabbiosi che, considerati una risorsa non rinnovabile, possono essere gestiti per la salvaguardia costiera, ma con una logica di sostenibilità ambientale. Attraverso una convenzione stipulata tra Regione Emilia-Romagna (Direzione Ambiente-Servizio Geologico Sismico e dei Suoli - SGSS) e CNR-ISMAR a partire dal 2009, e diventata oggi un Accordo di ricerca in collaborazione, è stato realizzato un geodatabase, denominato in\_Sand, con l'obiettivo di fornire uno strumento di archiviazione, organizzazione e gestione dei dati, facilmente utilizzabile da parte degli enti coinvolti nella realizzazione di interventi di dragaggio di sabbie sottomarine per la manutenzione dei litorali. Tale strumento aggiunge all'archiviazione, una dinamicità di interrogazione spaziale e non spaziale del dato che ha permesso di impostare velocemente le basi del nuovo progetto esecutivo che nel 2016 ha portato sulla costa emiliano-romagnola 1,4 milioni di m3 di sabbia da un giacimento sommerso. Nel 2014, attraverso la collaborazione tra ISPRA, CNR-ISMAR ed il supporto del Progetto RITMARE, è stata messa a punto l'architettura di un altro geodatabase, denominato env\_Sand, per la gestione dei dati raccolti nelle attività di monitoraggio ambientale effettuate prima, durante e dopo interventi di dragaggio di depositi sabbiosi marini relitti. Il geodatabase è stato ideato e realizzato per immagazzinare dati relativi alle seguenti matrici ambientali: il sedimento (caratteristiche tessiturali e chimiche), il biota (popolamenti bentonici, popolamenti ittici demersali, riprese ROV), l'acqua (caratteristiche fisico-chimiche della colonna d'acqua e particolato sospeso). In\_Sand ed env\_Sand raccolgono informazioni complementari, contribuiscono alla gestione della risorsa sabbia in modo integrato e costituiscono inoltre un utile strumento per l'interpretazione degli effetti del dragaggio sul fondo marino anche nell'ottica della Direttiva Europea Strategia Marina. Il ripascimento delle spiagge è un intervento di mitigazione utile alla difesa da ingressione marina in occasione di mareggiate intense perché, ampliando la superficie e aumentando la quota di spiaggia, favorisce lo smorzamento della propagazione dell'onda, riducendo il rischio di inondazione delle zone di retrospiaggia, fenomeno sempre più frequente considerando gli effetti dei cambiamenti climatici. Attualmente gli studi in collaborazione con i colleghi della Regione ER, supportati anche in parte dal progetto CWC Interreg ITA/HR, sono orientati alla



valutazione delle cubature del cuneo costiero sabbioso emerso e sommerso per meglio capire come calibrare e dove indirizzare i futuri interventi di ripascimento attraverso la sismica ad alta risoluzione e i carotaggi e i sondaggi costieri. Tutti questi studi e strumenti applicativi sono stati raccolti nel documento (Linee Guida per la Difesa della Costa dai fenomeni di Erosione e dagli effetti dei Cambiamenti climatici, 2019) prodotto dal Tavolo Nazionale Erosione Costiera (TNEC) voluto dal MATTM e coordinato da ISPRA con le 15 Regioni costiere italiane con il contributo di una serie di esperti degli Enti di Ricerca, Autorità di Bacino, e Dip. Universitari



## La ricerca applicata in ISMAR, rischi e opportunità. L'esperienza del gruppo di Geologia-Geofisica marina

*Gasparini L., Stanghellini G., Polonia A., Gallerani A., Mercorella A., Ligi M.*

Il dibattito sull'opportunità, e forse la necessità, di mettere a disposizione le competenze dei ricercatori pubblici in campi anche fortemente applicativi ha attraversato il nostro Istituto fin dai primi anni della sua istituzione. Non possiamo dimenticare che sia l'Istituto di Geologia Marina di Bologna che il "Grandi Masse" di Venezia, solo per fare due esempi che hanno costituito il nucleo dell'attuale ISMAR, sono nati e si sono sviluppati sull'onda di problemi specifici che venivano dall'industria o dal Paese, per la necessità di realizzare grandi opere di interesse pubblico. In questi anni, poi, mentre i fondi per la ricerca in generale, e per le Scienze della Terra e dell'Ambiente in particolare, sono stati sempre più scarsi e non sempre indirizzati in modo produttivo, si è cercato, o si è stati costretti a indirizzare le attività su temi sempre più spesso applicativi. Siamo andati ancora una volta, però, in ordine sparso, senza pensare che le nostre ricerche necessitano di grandi infrastrutture, relativamente costose, che suggerirebbero di mettere a sistema le poche (o tante) risorse che negli anni si è riusciti ad aggiudicarsi.

Il gruppo di Geologia-Geofisica marina di ISMAR-Bologna ha tentato in questi ultimi anni di percorrere la strada di una maggiore attenzione ai temi di ricerca applicata, anche mettendo a frutto una lunga tradizione di ricerca e sviluppo in campo tecnologico. Ne sono esempi recenti le attività di collaborazione con ENI, sullo sviluppo di nuovi metodi e strumenti per la valutazione del rischio infrastrutturale in mare, la partecipazione alla valutazione del rischio sismogenetico in vari scenari, italiani e internazionali, le campagne di monitoraggio e gli studi sugli impatti antropici su ecosistemi fragili e complessi (laghi, lagune e fasce costiere) e molti altri, che hanno costituito un banco di prova importante e una opportunità di sviluppare o dotarsi di nuove tecnologie. Tutto bene quindi? Ci dobbiamo occupare tutti di temi di ricerca applicata? In questa comunicazione tenteremo di portare la nostra esperienza su questo aspetto specifico, cercando di stimolare in ISMAR un dibattito sui rischi, evidenti e di difficile elusione, e le opportunità, collettive o individuali, del concentrarsi su ricerche fortemente applicative, ricordando comunque che come si diceva spesso anni fa durante le lunghissime campagne in mare, ormai solo uno sbiadito ricordo, che forse non esiste separazione tra ricerca di base e applicata, ma solo su ricerca di buona o cattiva qualità.

Ma chi lo deve decidere?



## **Correlazioni ad alta risoluzione delle proprietà fisiche dei sedimenti come potente strumento per la valutazione delle risorse geologiche e dei rischi naturali**

*Iorio M., Aiello G., Ines A., Angelino A., Budillon F., Caccavale M., Cavuoto G., Capodanno M., Contiero M., di Fiore V., di Gregorio C., Di Martino G., Musella S., Gherardi S., Guarino A., Iavarone M., Innangi S., Insinga D.D., Mercadante A., Milano M., Molisso F., Passaro S., Pelosi N., Punzo M., Scotto P., Tamburrino S., Tarallo D., Tonielli R., Vallefucoco M.*

Negli ultimi quindici anni presso il laboratorio petrofisico dell'attuale CNR- ISMAR sono state sviluppate e standardizzate le procedure per ottenere correlazioni ad alta risoluzione affidabili (HRPP), delle proprietà petrofisiche di sedimenti sia marini che terrestri. Nell'ambito di un approccio multidisciplinare, e in base alla scala di correlazione usata (che può variare da centimetrica a decimetrica/metrica), i parametri petrofisici correlati, combinati con l'interpretazione di dati geofisici ad alta risoluzione (sismica, geoelettrica, gravimetria e magnetometria) e di dati sedimentologici e geocronologici, si sono dimostrati potenti strumenti utili per far avanzare le conoscenze (Pubblicazioni refertate negli ultimi nove anni n° 28 (ISI 18), Abs. con ISBN, 25) nelle aree tematiche C e D dell'atto costitutivo dell'ISMAR. Saranno presentati e discussi esempi di casi studio applicati in aree di transizione, marine e terrestri a) per la valutazione del potenziale di serbatoi geotermici, b) per l'analisi dell'evoluzione del margine continentale sotto regime di cambiamento climatico e c) per lo studio dei rischi naturali. I progetti finanziati negli ultimi 9 anni, che coinvolgono la ricerca sviluppata nel laboratorio con il responsabile scientifico (M. Iorio) coinvolto anche come co-responsabile di progetto sono 4: GAIA, VIGOR, ATLANTE, GEOGRID per un totale finanziato di 16.86 ML (€), di cui di pertinenza dell'IAMC-Napoli, oggi ISMAR- Napoli 2.295 ML (€). I progetti GAIA, VIGOR, ATLANTE, sono stati tutti conclusi con un'economia di spesa totale positiva per l'Istituto. Il GEOGRID è in corso di esecuzione. Il laboratorio con le sue apparecchiature (in particolare il Multisensor Core Logger GEOTEK, unico nel CNR) ha un valore stimabile intorno ai 0.500ML (€) ed è stato costantemente aggiornato utilizzando fondi derivanti dai progetti di ricerca. L'ultimo aggiornamento di 0.130ML (€) dai progetti Vigor e Gaia è avvenuto nel 2013. Vi è necessità di un ulteriore aggiornamento che potrà essere effettuato con i fondi Geogrid. Principali collaborazioni attive, EPR: Università degli Studi di Napoli, Federico II; Università degli studi di Napoli Parthenope; Università degli Studi del Sannio, Benevento; Seconda Università degli Studi di Napoli; Università degli studi di Salerno, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV); Istituto Nazionale di Ottica (CNR-INO); Dept. Earth Science of California Univ., S. Cruz, U.S.A, Dept. Environmental Science, Columbia Univ., New York, USA. IMPRESE: A.E.T. s.a.s; SudGest scarl;

Possibilità di sviluppo in progetti futuri: Caratterizzazione suoli per "Thermal exchange". Utilizzo di risorse geotermiche in basse profondità marine. Interazione con altre linee: caratterizzazioni di siti archeologici e di aree interessate da inquinamento ambientale. Personale formato: 1 tecnologo in graduatoria comma 2. Personale in formazione: 1 assegno di ricerca.

## Formation and evolution of oceanic lithosphere

*Ligi M., Bonatti E., Brunelli D., Chierici F., Gasperini L., Palmiotto C., Vigliotti L., Zitellini N.*

Continental break-up can take place with intense and voluminous volcanism or in a relatively amagmatic mode. Magmatic-volcanic activity along the Red Sea axis generates rocks with a composition similar to that of mid-ocean ridge basalts. These basalts represent accretion of oceanic crust after the separation of the Arabian and African plates. Geophysical data we collected in the northern and central Red Sea, the study of magmatic rock samples from an oil drilled hole and from the Brothers Islets in the northern Red Sea, together with seismic data from a 3D oil industry survey pointed out that continental rupture in the northern Red Sea is preceded by intrusion of basaltic melts with MORB-type elemental and isotopic signature, that cooled forming gabbros at progressively shallower crustal depths as rifting progressed towards continental separation. These observations suggest that oceanic crust accretion in the northern Red Sea rift starts at depth before continental rupturing, emplacement of oceanic basalt at the sea floor, and development of Vine-Matthews magnetic anomalies. Basaltic magmatism is known in dykes and harrats at several sites in western Saudi Arabia. These units represent probably igneous intrusions into thinned continental crust related to Red Sea rifting but preceding the accretion of oceanic crust at the Red Sea axis. In 2013, 2016 and 2017 we carried out field work in several Saudi Arabia harrats and sampling lava flows and dyke complexes. New field work in the region is planned in 2020. The objective is to compare the chemistry of these igneous complexes in Arabia with those of Zabargad and Brothers islands in the northern Red Sea, and with the basalts from the Red Sea axis. Wilson's (1965) hypothesis of a single transform fault with a narrow principal displacement zone finds exception in some large-offset slow-slip oceanic transforms that can be included in a new class of oceanic transform boundaries characterized by a large and complex shear zone with similarities to large continental strike-slip systems. Examples are the Romanche transform, where the Mid-Atlantic Ridge is offset by a lens-shaped, 900 km-long, >120 km-wide sliver of deformed lithosphere bound by two major transform valleys, and the 750 km-long, 120-km-wide Andrew Bain transform on the Southwest Indian Ridge. The main aim of our Research focuses on assessing tectonic, magmatic and geodynamic processes acting at these long-offset slow-slip oceanic transforms to investigate mechanisms that can explain their formation and their evolution in space and time, and to examine accretionary processes occurring at their ridge-transform intersections. Fieldworks in collaboration with French and Russian institutions have been carried out in 2019 (July-August with the R/V Porquois Pas? and October-November with the R/V Strakhov) at the equatorial Mid Atlantic Ridge just south of its intersection with the Romanche transform, where we have identified large areas with mantle ultramafics exposed on the ocean floor; and at 8° N where the Doldrums multi-fault transform system offsets the ridge axis for over 600 km and may represent an evolutionary stage of long-offset slow-slip transforms.



## **Coastal changes, from past records to future trends: quantitative analysis, modelling, and monitoring**

*Matano F., Esposito G., Molisso F., Sacchi M.*

Coastal areas represent complex environmental systems controlled by a high number of processes, acting over different time scales. Coastal landforms and sedimentary bodies, and their dynamics, are the result of the interaction among sedimentary factors, tectonic evolution and surface processes on a local scale, and global variables such as climate and plate tectonics, controlling sea level variations. Relevant factors enhancing local coastal trends are related to the watershed dynamics and anthropic load. For such reasons their study needs a multidisciplinary/holistic approach requiring highly detailed analyses and accurate monitoring activities. The shaping of coastal landforms acts at different rates. Low coastal areas, such as sandy coasts and dune systems, respond to the changes of the physical factors on a time scale of decades or centuries. Rocky coastal sectors develop on a time scale of thousands years, even if abrupt changes can be possible as effect of paroxysmal events (i.e. mass wasting). Coastal plains are highly sensitive to the combined effects of subsidence and extreme events, such as storm surges, that can trigger erosional and flooding processes and cause rapid land modifications. Climate change effects can increase the intensity of these processes, enhancing the susceptibility of such areas. Active coastal cliffs are exposed to a continuous geomorphic evolution mainly controlled by wave action, temperature variations, wind, rain, salt spray, wetting and drying cycles and bio-erosion. The resulting cliff retreat can be slow and persistent or rapid and episodic, depending on geological conditions. Our research activity is focusing on the multidisciplinary study of the short- to long-term evolution of coastal areas in coastal cliff and alluvial plain sectors particularly exposed to the effects of global climate change. This study involves different research fields, such as geomorphology, stratigraphy, sedimentology, structural geology, natural hazard, geomatics and remote sensing. The study areas are the coastal sector of the Campi Flegrei volcanic caldera and the Volturno River plain along the Tyrrhenian Sea coast, characterized by active tectonics and/or volcanic processes. The long to mid-term coastal evolution processes analysis deals with stratigraphic signatures and marine landforms linked to sea level rise and tectonic interplay during Holocene evolution of delta system, alluvial plain and rocky coasts. Archaeological data and old topographic and aerial photo digital processing results have been also used for mid-term monitoring. Geomatic techniques used for monitoring cliff erosion and assessing short-term retreat rates include SfM Digital Photogrammetry, terrestrial Laser Scanning and aerial LIDAR surveys, and real-time in-situ monitoring of meteorological and geotechnical parameters. The combined use of Differential Interferometry SAR (DInSAR) satellite dataset and detailed stratigraphic, geomorphological and land use data allows to properly assess the short-term subsidence rates on coastal alluvial plain. Coastal processes monitoring is relevant for understanding the future trends in coastal changes and extreme events under the ongoing climate change and for pondering over the strategies to mitigate natural hazards linked to these processes.



## **Tectono-stratigraphic evolution of Tyrrhenian back-arc basin - Southern Apennines foreland basin system - Apulian continental margin during Neogene**

*Matano F., Molisso F., Sacchi M.*

Stratigraphic and tectonic relations and compositional signatures of sandstones in foreland basin-fill are used to decipher the tectono-stratigraphic evolution of orogenic and foreland basin systems.

The Miocene turbidite systems and the Pliocene deposits of the Southern Apennines provide a good opportunity to constrain temporal and spatial distribution of source rocks during tectono-stratigraphic evolution of Apennines foreland basins and Apulian continental margin during Neogene. The southern Apennines thrust-belt is part of the Africa-verging Apennine-Maghrebides orogenic structure developing between the back-arc Tyrrhenian basin and the Apulia and Iblean platforms foreland. The Apennine chain comprises a stack of wet-verging rootless thrust sheets, which overthrust a buried mainly carbonate foreland thrust belt, known as Apulian thrust system. During the pre-orogenic times, carbonate platforms and pelagic basins, spanning from the Triassic to Early Miocene, characterized the Apulia continental margin. The platform-basin system was gradually covered since the Miocene up to the Early Pleistocene by fluvio-deltaic to deep-marine foreland clastic wedges related to the progressive flexuring of lithosphere beneath the advancing Apenninic thrust belt. Middle Miocene history of the southern Apennines foreland region is the result of collisional processes occurred since early Miocene, when the Meso-Mediterranean microplate collided with Adriatic portions of the Africa plate and Lucanian remnant-ocean basin was definitively closed. In the southern Apennines, the onset of continental collision is dated as early Miocene, and accretionary processes continued with high slip and uplift rates since early Tortonian. A significant shift of the foreland basin system depozones toward E-NE occurred starting from the Late Tortonian, after the beginning of rifting in the back-arc region of the Tyrrhenian area.

Stratigraphic studies, detailed geological and structural mapping and sample collection are carried out in a wide area (Molise, Daunia, Lucania, Sannio, Irpinia and Cilento sectors). Stratigraphic sections of Middle to Late Miocene and Pliocene units are studied in order to provide a detailed stratigraphical framework for the petrographical and tectonostratigraphic analyses. All data are correlated in order to document the effects of tectonic changes on the evolution of sandstone detrital modes and tectono-stratigraphic architecture in Neogene marine to coastal foreland sedimentary basin. The sedimentary analysis and the study of tectono-stratigraphic evolution provides an example of the close relations between clastic compositions and foreland basin system development in southern Apennines and may contribute to have general application to other major orogen evolutions.



## Il Mediterraneo Centrale: dalla Geodinamica al “*Natural Hazard*”

*Milia A., Aiello G.*

I progetti di ricerca svolti ed in corso si inquadrano nella sezione tematica “Evoluzione geologica degli oceani, dei margini continentali e delle aree di transizione per la valutazione di potenziali risorse e la valutazione dei rischi geologici”. Lo studio si basa principalmente sull’interpretazione di profili sismici a riflessione, dati di pozzo e carote di sedimenti e uso di software per la ricostruzione 3D di superfici geologiche, utilizzando i metodi della Stratigrafia fisica, Stratigrafia Sequenziale, Geologia strutturale. L’obiettivo è l’analisi di bacini sedimentari dei margini continentali ed oceanici, con particolare riguardo ai margini con vulcanismo attivo (Margine Campano). Tali studi sono stati condotti a diversa scala di risoluzione; dalla formazione ed evoluzione di bacini oceanici con una risoluzione di milioni di anni (quale ad esempio il Mar Tirreno), allo studio dei bacini sedimentari di margine continentale tirrenico con una risoluzione dell’ordine dei 100.000 anni, fino allo studio di alta/altissima risoluzione (1000 anni) che riguarda le aree di piattaforma, le aree vulcaniche e le aree batiali. Lo scopo di tali studi è da un lato la costruzione di nuovi modelli geodinamici che riguardano l’evoluzione del Mediterraneo Centrale da 30 Ma all’Attuale (modalità di deformazione, tempi di apertura, ricostruzioni paleogeografiche), nuovi modelli evolutivi per le aree vulcaniche, individuazione di nuovi vulcani sommersi, dall’altro le implicazioni dell’evoluzione dei margini con il vulcanismo, tettonica attiva e le ricadute sul Natural Hazard (faglie attive, eruzioni vulcaniche, tsunami, modelli per la deformazione di vulcani attivi- Vesuvio e Campi Flegrei). Gli obiettivi dei progetti di ricerca in atto sono molteplici.

- Ricostruzione stratigrafica e strutturale dell’architettura 3D dei bacini sedimentari del Mediterraneo Centrale, focalizzando modalità di deformazione, tempi di apertura, ricostruzioni paleogeografiche, da inquadrare infine all’interno di nuovi modelli geodinamici.
- Studio dei vulcani attivi del Margine Campano, della distribuzione e dei meccanismi eruttivi delle grandi eruzioni ignimbriche, individuazione di nuovi vulcani sommersi.
- Implicazioni di queste conoscenze geologiche (faglie attive, collassi laterali dei vulcani, eruzioni vulcaniche) per la valutazione della pericolosità (Natural Hazard) vulcanica, sismica e tsunamogenica.



## Laboratorio di sedimentologia e stratigrafia

*Molisso F., Capodanno M., Gilardi M., Guarino A., Di Gregorio C.*

Il laboratorio di sedimentologia e stratigrafia ISMAR-Napoli nasce nel 1998 insieme ai primi progetti di ricerca dell'ex Istituto Geomare-Sud (e successivamente IAMC), di Napoli (CARG, GEOSED, Parchi Marini), ed è attrezzato in maniera specifica per l'analisi sedimentologica standard e delle caratteristiche fisiche generali di sedimenti marini (campionature di fondo, carotaggi) e altre rocce sciolte (depositi continentali, suoli, etc.). A tale scopo la filiera di lavoro si avvale di un deposito campioni refrigerato della capacità di circa 150 m<sup>3</sup> ubicato nell'area tecnica portuale, di una cella frigorifera di circa 4 m<sup>3</sup> per la conservazione dei campioni durante le fasi di lavorazione e di altri laboratori di supporto dedicati allo svolgimento di attività coordinate, quali il laboratorio di fotografia per la riproduzione e documentazione fotografica digitale e analogica dei campioni di sedimenti e rocce e il laboratorio di taglio e descrizione. Le attività di ricerca in cui il laboratorio è maggiormente impegnato sono soprattutto le analisi stratigrafiche e sedimentologiche e le loro applicazioni nei seguenti ambiti:

- Stratigrafia e sedimentologia delle successioni stratigrafiche del Quaternario con particolare riferimento allo studio dell'evoluzione geologica delle piane costiere durante il Pleistocene superiore – Olocene
- Geocronologia, ricostruzioni paleoambientali e paleoclimatiche
- Geohazard: rischi naturali, ambientali e antropici
- Geo-Archeologia: ricostruzioni degli ambienti naturali presenti nelle aree circostanti i siti archeologici
- Cambiamenti ambientali globali e interazioni uomo-ambiente-clima-territorio
- Cartografia marina.

I Principali Progetti cui il Laboratorio di sedimentologia e geologia stratigrafica ha lavorato negli ultimi anni includono: ABBACO, CFDDP-INGV, PON-MONICA, VIGOR, GAIA, EMERGEO-INGV, TERNA, ITALGAS, MARISK, POR Campania-LAGO PATRIA, EPAF (Bilaterale Italia-Israele), oltre a numerosi progetti legati allo svolgimento di tesi di laurea magistrali, tirocini e tesi di Dottorato. Oltre alla collaborazione con il personale dell'Istituto, di seguito i principali enti con cui si sono svolte negli ultimi anni e si svolgono collaborazioni scientifiche: Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e delle Risorse, Università di Napoli "Federico II", Napoli Istituto di Ricerche sulla Combustione (IRC-CNR), Napoli Dipartimento di Ingegneria Chimica, dei Materiali e della Produzione Industriale, Università di Napoli Federico II, Napoli Stazione Zoologica "Anton Dohrn", Napoli Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), Roma Osservatorio Vesuviano (INGV), Napoli Dipartimento di Scienze e Tecnologie Ambientali, Biologiche e Farmaceutiche, Università della Campania "Luigi Vanvitelli", Caserta CIRCE (Center for Isotopic Research on Culturale and Environmental heritage), Università della Campania "Luigi Vanvitelli", Caserta Dipartimento di Biologia Ambientale, Università degli Studi di Roma "La Sapienza", Roma Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), Roma Istituto di Geoscienze e Georisorse (IGG-CNR), Torino Istituto per lo studio degli Impatti Antropici e Sostenibilità in ambiente marino (IAS-CNR), Capo Granitola (TP) Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare, Palermo Department of Geophysics and Space Science, Eötvös Loránd University, Budapest, Hungary Shaanxi Key Laboratory of Earth Surface System and Environmental Carrying Capacity, College of Urban and Environmental Sciences, Northwest University, Xi'an 710127, China Key Laboratory of Optoelectronic Devices and Systems of Ministry of Education and Guangdong Province, College of Optoelectronic Engineering, Shenzhen University, Shenzhen 518060, China Faculty of Geosciences University of Bremen, Bremen, Germany Center for Marine Environmental Sciences (MARUM) University of Bremen, Bremen, Germany



## La nuova Banca Dati Sparker e immagini satellitari nello studio dei rischi in ambiente marino

*Loreto M.F., Ferrante V., Ligi M., Palmiotto C., Rovere M.*

I margini continentali sono interessati da processi geodinamici a grande scale in grado di generare importanti eventi che possono rappresentare un rischio per le aree marine e costiere. I principali processi tettonici attivi nel Mediterraneo centrale, associati al sistema Appenninico ed Ellenico, sono responsabili di numerosi terremoti, molti dei quali altamente distruttivi, e di eventi associati quali tsunami e frane sottomarine. Inoltre, l'arco vulcanico attivo nella zona di retro-arco rappresenta un ulteriore elemento di rischio, a seguito di eruzioni come quella recentemente avvenuta sull'isola di Stromboli. Tra i diversi metodi geofisici quello sismico è stato in passato ed è ancora oggi il metodo principale nello studio dei processi geodinamici responsabili di tali eventi catastrofici. Questo metodo è molto dispendioso e necessita di grandi infrastrutture, attualmente mancanti alla comunità scientifica del CNR. Inoltre, le leggi a tutela dell'ambiente hanno reso quasi proibitivo l'acquisizione di questi dati nei nostri mari. In una tale situazione i dati sismici, a media risoluzione (1kJ e 30kJ Sparker), acquisiti in passato hanno grande valore divenendo un dato di supporto / base per futuri studi in questo settore. Nell'ottica della preservazione e valorizzazione del patrimonio scientifico del nostro Ente, abbiamo costruito la nuova Banca Dati Sparker (BDS). La BDS, al momento, include tutti i profili Sparker acquisiti nel trentennio 1970-1990 dall'ex-IGM ora ISMAR nei mari Tirreno, Canale di Sicilia e Ionio fin davanti la Grecia, e potrà essere arricchita in futuro con l'inserimento di altri. La procedura è consistita nel trasformare i dati cartacei in un formato digitale raster (TIFF) che successivamente è stato convertito nello standard SEG-Y geo-referenziato specifico per i dati geofisici. La BDS contiene attualmente più di 40.000 km di profili sismici digitali, di facile e veloce consultazione attraverso una vasta gamma di software. La disponibilità di questo dataset, ispirato ai principi FAIR (Findable, Accessible, Interoperable and Reusable) può favorire collaborazioni con altri Enti nazionali, internazionali, pubblici e privati, e partecipazioni a proposte di progetti di ricerca o di servizio. La valutazione della pericolosità congiunta degli elementi di rischio e la pianificazione di sistemi di monitoraggio, che in ambiente marino e costiero si basa sulla conoscenza dei processi geologici che ne sono responsabili, sono effettuate principalmente con metodi geofisici ma possono essere affiancate da tecniche innovative a grande scala come immagini satellitari. In particolare, le immagini Radar acquisite nell'ambito del programma Cosmo-SkyMed dall'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) sono ampiamente utilizzate nella gestione e prevenzione dei grandi disastri naturali. Questi dati potrebbero essere utilizzati anche per il monitoraggio dei sistemi vulcanici sottomarini attraverso la misurazione delle variazioni di gas che giungono alla superficie del mare. Nell'ambito di una collaborazione ASI-ISMAR si sta esplorando tale applicazione attraverso l'analisi di immagini Radar da archivio e di nuova acquisizione congiunta, da satellite e su campo, su siti marini caratterizzati da emissioni gassose di origine vulcanica.

## Studio di sistemi deposizionali moderni come modelli analoghi di sistemi antichi

*Pellegrini C., Correggiari A., Madricardo F., Schroeder K., Rovere M., Trincardi F.*

Le zone costiere hanno da sempre catturato l'attenzione di scienziati e filosofi. Aristotele (384-322 a.C.) è stato tra i primi a ragionare criticamente sui cambiamenti fisiografici registrati dalle fasce costiere e proporre inferenze sui cambiamenti globali, e nella sua opera "Meteorologica" scrive: "... le stesse parti della Terra non sono sempre state umide o aride, ma cambiano, così come i fiumi si formano o si seccano. E cambiano anche le relazioni tra la terra e il mare, ed una località non rimane sempre terra o mare nel corso del tempo... Dobbiamo supporre che questi cambiamenti seguano un ordine o dei cicli. Recenti progetti di ricerca nazionali (progetto bandiera RITMARE, MiSE, PRIN2017,) e internazionali (Exxon-Mobil CHANGE WE CARE Interreg ITA-HR) stanno permettendo l'osservazione continua di settori costieri altamente dinamici e che rimangono ad oggi difficilmente monitorati con tecniche di indagine tradizionali, quali ad esempio i settori interessati dalla presenza dei delta fluviali (deposito sedimentario formato da un fiume allo sbocco nel mare, o in bacini lacustri, in condizioni aeree e subacquee). Questi sistemi sono sottoposti a forti pressioni antropiche e all'impatto dei cambiamenti globali (innalzamento del livello del mare, mareggiate, etc.). Gli studi condotti sulla porzione sommersa del Po della Pila (es. [doi.org/10.1016/j.ecss.2019.106533](https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.106533) - [doi.org/10.1111/bre.12426](https://doi.org/10.1111/bre.12426)) da ISMAR in collaborazione con IGAG e il Dipartimento BIGEA dell'Università di Bologna, caratterizzano per la prima volta l'evoluzione morfobatimetrica e sedimentaria a breve termine del delta del Po, concentrandosi sulla parte meno profonda (e di più difficile studio) del sistema (0-15 m). Sono stati condotti, a partire dal 2013 e sino al 2016, rilievi geofisici multifascio (multibeam) ad altissima risoluzione (batimetria, backscatter e stratificazione della colonna d'acqua), indagini sismiche monocanale e campionamenti dei fondali dalla barra di foce fino al piede della scarpata di prodelta. Il confronto multi-temporale di batimetrie ad altissima risoluzione (DEMs) con precisione e accuratezza sub-decimetrica (2013, 2014 e 2016) ha evidenziato come il delta sommerso sia interessato in tempi rapidissimi da fenomeni di subsidenza generale e localizzata, solo in parte compensati dagli accumuli di sedimento. Il monitoraggio di questi elementi offre informazioni fondamentali agli studi delle aree costiere condotti attraverso analisi di dati satellitari (che permettono di tracciare caratteristiche ottiche e distribuzione dei plume di torbidità ma non di determinare l'evoluzione dei corpi deltizi nella loro complessità; es. geometrie, volumi corpi sedimentari, etc.). Gli stessi studi consentono di caratterizzare anche depositi costieri (delta fluviali, sistemi barriera-laguna e dune sabbiose) presenti sulla piattaforma continentale adriatica e progressivamente "annegati" durante la risalita eustatica post ultima glaciazione. Questi depositi sono paragonabili come geometrie, spessore ed estensione ai sistemi costieri moderni e hanno registrato l'attività del regime oceanografico e i processi di dispersione del sedimento attivi durante la loro deposizione. La ricerca consentirà di studiare i) gli effetti dell'innalzamento relativo del livello del mare e l'erosione delle aree costiere durante l'ultima deglaciazione offrendo dati robusti per scenari di evoluzione dei sistemi costieri in relazione al riscaldamento globale in corso (e ulteriore innalzamento del livello del mare, che oggi avviene a un tasso di 4 mm/anno), contribuendo al grande sforzo di mitigazione dei rischi da ingressione marina che alcune Regioni nord adriatiche stanno facendo (es. Regione Emilia-Romagna, Regione del Veneto); e ii) della costruzione di modelli stratigrafici-sedimentari-oceanografici per la caratterizzazione di parametri fisici e fattori di scala utili per la predizione di risorse energetiche in successioni stratigrafiche antiche.



## Studio dei margini continentali per la ricostruzione della variabilità climatica e paleoceanografica

*Pellegrini C., Asioli A., Schroeder K., Chiggiato J., Rovere M., Tesi T., Trincardi T.*

I margini continentali offrono la possibilità di studiare successioni stratigrafiche come archivi paleoclimatici e per risolvere, in particolare, l'impatto di variazioni delle portate fluviali ai bacini marini e variazioni nella stratificazione e circolazione delle masse d'acqua, come elementi fondamentali per una migliore comprensione della variabilità climatica del passato geologico. Dopo alcuni progetti finanziati dall'Industria (Exxon-Mobil, ENI), un recente progetto di ricerca (PRIN2017) in cui ISMAR è coinvolto finanzia lo studio di archivi sedimentari degli ultimi 16.000 anni (ultima deglaciazione) per capire come i margini continentali registrano i cambiamenti climatici e le associate variazioni di livello del mare, apporto sedimentario e regime oceanografico, fattori che fortemente incidono anche sulla produzione, dispersione e deposizione della materia organica. Tra gli archivi sedimentari del globo, le successioni fangose rappresentano più del 60% del record stratigrafico. Tuttavia, le successioni fangose rimangono ad oggi poco studiate. Questo è dovuto principalmente alla difficoltà dell'estrarre informazioni da depositi che appaiono in prima istanza omogenei e formati in condizioni di bassa energia. Un'ulteriore difficoltà che si presenta nello studio di successioni fangose in sistemi moderni è dovuta all'elevato contenuto d'acqua e allo stato incoerente dei sedimenti. Di conseguenza impercettibili cambiamenti (es. strutture sedimentarie, concentrazione di sostanza organica) presenti nelle successioni stratigrafiche rimangono poco documentate e la ricostruzione della variabilità climatica alla scala sub-milankoviana ad essa collegata rimane poco rappresentata. Per un'ampia comprensione della dinamica sedimentaria lo studio di successioni fangose è particolarmente utile ma richiede l'integrazione di tecniche complesse: interpretazione di profili sismici per determinare geometrie delle principali unità stratigrafiche a scala regionale; l'analisi delle carote di sedimento per riconoscere strutture sedimentarie a scala dei singoli eventi deposizionali (grazie anche all'utilizzo di analisi di radiografie, foto ad altissima risoluzione e sezioni sottili al SEM). Queste analisi stanno permettendo di determinare i processi (es. piene fluviali, tempeste e correnti di fondo) che hanno governato la dispersione del sedimento e la formazione di strutture sedimentarie diagnostiche. Gli eventi deposizionali saranno inquadrati in un contesto cronostratigrafico con risoluzione fino a secolare/decadale e costruito con approccio integrato (tefrocronologia, bioeventi, ciclicità climatica, radionuclidi a vista breve, datazioni  $^{14}\text{C}$ ). L'identificazione e la quantificazione della sostanza organica sono assicurate da analisi geochimiche in collaborazione tra ISMAR e ISP. In contemporanea lo studio di serie storiche recenti provenienti dall'acquisizione in continuo di parametri delle masse d'acqua attraverso mooring, boe e siti fissi gestiti da ISMAR e ISP sta permettendo di identificare i processi oceanografici che regolano il trasporto e flusso di sedimento in bacino e la ventilazione dei suoi settori più profondi. Questi progetti di ricerca sono condotti con approccio multidisciplinare in cui stratigrafia, sedimentologia, paleontologia, geochimica e oceanografia sono componenti fondamentali per comprendere la registrazione del segnale climatico nel tempo.



## **Geomorfologia e sedimentologia delle fasce costiere: forme, processi e *trend* evolutivi**

***Rizzetto F.***

Le attività svolte nel corso degli anni dai geologi della sede ISMAR di Venezia hanno avuto, come principali obiettivi, lo studio dell'assetto geologico, geomorfologico e stratigrafico delle aree costiere e l'analisi della loro evoluzione quaternaria. A tale proposito di particolare rilievo è stata la realizzazione dei Fogli geologici 128 "Venezia" e 148-149 "Chioggia-Malamocco" alla scala 1:50.000, inseriti nell'ambito del Progetto Nazionale di Cartografia Geologica CARG. Nonostante la progressiva riduzione del personale appartenente a questo gruppo, parte delle attività sopra descritte prosegue. Attualmente vengono condotti soprattutto studi di carattere geomorfologico e sedimentologico-stratigrafico in ambiente costiero (litorali, lagune, apparati deltizi ed estuari), con focus su aree emerse e bassi fondali. Gli studi geomorfologici sono realizzati attraverso l'analisi e l'interpretazione di cartografia storica e recente, di fotografie aeree e immagini da satellite, di dati topo-batimetrici, sedimentologici, mineralogici, paleontologici, cronologici e relativi al regime meteo-marino locale. Le informazioni pregresse sono integrate da dati di nuova acquisizione raccolti mediante rilievi condotti direttamente sul terreno su forme e depositi affioranti e subaffioranti. Gli studi geomorfologici sono supportati da indagini stratigrafiche e sedimentologiche compiute sui campioni raccolti nel corso delle operazioni di rilevamento, parte delle quali condotte presso i laboratori della sede ISMAR di Venezia. Per ricostruire con maggiore dettaglio l'architettura deposizionale del sottosuolo talora vengono applicate metodologie di prospezione geofisica, le quali, però, possono richiedere il supporto di personale esterno dotato di idonea strumentazione. Lo studio geomorfologico e sedimentologico-stratigrafico delle fasce costiere e l'analisi delle relative modificazioni sul breve e sul lungo termine forniscono indicazioni indispensabili per definire lo stato dei litorali ed i loro trend evolutivi. Negli ultimi anni, con la diretta partecipazione al Progetto Bandiera RITMARE e al Progetto Interreg Med CO-EVOLVE, è stato possibile approfondire questi temi, sia su scala nazionale sia su scala mediterranea. In entrambi i casi è stata posta particolare attenzione all'analisi degli effetti indotti dagli interventi antropici, dai cambiamenti climatici e dal sollevamento del livello marino sull'assetto e sull'evoluzione morfologica delle coste, soprattutto in aree fortemente urbanizzate e occupate da attività economiche e produttive. Nonostante i due progetti siano ora conclusi, l'elaborazione e l'aggiornamento dei risultati ottenuti procedono attraverso l'acquisizione e l'interpretazione di nuovi dati. Quanto è emerso dalle precedenti analisi e da quelle tuttora in corso è utilizzato per valutare la vulnerabilità delle coste e definire aree a rischio di erosione e inondazione, soprattutto alla luce dei cambiamenti climatici in atto e attesi in un prossimo futuro. I numerosi dati ed elaborazioni già disponibili o in fase sviluppo e le conoscenze finora acquisite costituiscono un'ottima base di partenza per la sottomissione di nuove proposte di progetto a livello nazionale ed europeo. Gli argomenti trattati sono trasversali alle diverse tematiche di ricerca di ISMAR, per cui, considerata la complessità dei processi coinvolti nella morfodinamica costiera, l'interdisciplinarietà - e quindi la collaborazione con altri gruppi di lavoro con professionalità diverse - è sicuramente utile per pervenire ad una comprensione più completa dei fenomeni.



## L'esplorazione dei fondali marini per lo sfruttamento sostenibile delle loro risorse

*Rovere M., Fogliani F., Mercorella A., Madricardo F., Prampolini M.C., Grande V., Ligi M., Loreto M.F., Tonielli R., Di Martino G., Innangi S., Budillon F.*

Circa il 71% della Terra è coperto dall'Oceano la cui batimetria è molto meno conosciuta delle superfici di Mercurio, Venere, Marte e diverse lune dei pianeti, compresa la nostra. Allo stato attuale, infatti, solo il 15 % dell'Oceano è mappato ad una risoluzione soddisfacente. L'altezza della superficie dell'oceano può essere misurata dai satelliti (radar per alte profondità e luce fino a poche decine di m) per ottenere una visione del fondo dell'oceano, ma non con una precisione sufficiente a costituire una base dati utile alle attività di pianificazione marina e marittima, quali navigazione, esplorazione ed estrazione di risorse minerarie, pesca, turismo, e di ricerca scientifica e mappatura delle pericolosità e degli habitat a fondo mare. La mappatura batimetrica tradizionale si basa su tecnologie acustiche dispiegate da navi, droni o veicoli sommersi e richiede ampio coordinamento e collaborazione internazionale, sia in termini economici che di know-how, per l'assimilazione e la sintesi dei dati. Per questo motivo uno dei cardini di EMODNet (European Marine Observation and Data Network) è la batimetria dei mari europei. EMODNet è costituito da più di 100 organizzazioni europee che acquisiscono e assemblano dati marini, prodotti e metadati (Seadatanet) per rendere tali risorse, il più delle volte frammentate, disponibili in modo organico ad utenti pubblici e privati, basandosi su dati marini di qualità controllata, standardizzati (INSPIRE) e armonizzati in modo interoperabile e senza restrizioni d'uso. Il progetto consente il mantenimento e il continuo aggiornamento di un DTM ad alta risoluzione (~ 90 m) e qualitativamente controllato dei mari europei, in cui ISMAR Bologna svolge il ruolo di coordinatore del Mediterraneo Centrale. Questa linea progettuale si inserisce inoltre nelle attività del Joint IHO-IOC GEBCO (General Bathymetric Chart of the Oceans) Guiding Committee che è l'organo di governance del progetto Seabed2030, per il quale la Nippon Foundation ha stanziato 18,5 milioni di dollari e che intende mappare tutti gli oceani entro il 2030. Il progetto dovrà affrontare e vincere sfide tecnologiche rilevanti per un obiettivo tanto ambizioso quanto strategico e dovrà avere la capacità di sensibilizzare e mobilitare la comunità internazionale verso temi quali: liberalizzazione della ricerca scientifica in acque nazionali, condivisione di dati e messa a sistema dell'acquisizione attraverso flotte condivise, veicoli autonomi e tecnologia diffusa. Inoltre, la crescente domanda di minerali e metalli, in particolare nei settori dell'informazione e della tecnologia verde, ha portato a una rinascita di interesse nell'esplorazione delle risorse minerarie situate sul fondo del mare, in particolare nelle aree al di là della giurisdizione nazionale (Area), dove sono amministrare dalla International Seabed Authority (ISA) e dell'applicazione dell'UNCLOS. In questo settore è strategico il supporto tecnico-scientifico al Ministero degli Affari Esteri, membro A del consiglio dell'ISA, fornendo commenti su: codice minerario in via di definizione; standard e linee guida in tema di protezione ambientale; tecnologie marine; ricerca scientifica marina nell'Area; istituzione di aree marine protette ed interazioni con il negoziato BBNJ. I fondi marini sono interessanti anche per la risorsa di acqua dolce, che scaturisce da alcune sorgenti costiere, a loro volta veicoli potenziali di inquinanti. Queste attività hanno ricadute importanti sulla disseminazione scientifica, in particolare nella collaborazione con artisti e fondazioni (Thyssen-Bornemisza Academy, MAST, Columbia GSSAP, "Prospecting Ocean") sui temi delle risorse degli oceani, la loro governance e il diritto internazionale del mare.



## Rischi geologici marini e l'economia blu

*Rovere M., Mercorella A., Argnani A., Funari V., Pellegrini C., Ligi M., Gauchery T., Ciccone F., Asioli A., Tesi T., Budillon F.*

Questa linea di ricerca riguarda la caratterizzazione di pericolosità geologiche che hanno origine nelle aree marine e processi sedimentari che hanno elementi di connessione o prossimità con attività antropiche e di sfruttamento delle risorse abiotiche marine. Essa si inserisce inoltre nel quadro NaTech, rischi connessi con incidenti tecnologici che possono verificarsi a seguito di eventi calamitosi di matrice naturale. La ricerca e l'innovazione in questo settore sono volte a incrementare la capacità della società di prevenire e resistere al rischio di catastrofi, attraverso una migliore comprensione dei processi naturali e lo sviluppo di nuovi concetti e tecnologie per mitigarne i rischi. Alcune attività della linea di ricerca si sviluppano nell'ambito della rete di ricerca CLYPEA, istituita dalla Direzione Generale per le risorse minerarie ed energetiche (DGS UNMIG) del Ministero dello Sviluppo Economico, per lo svolgimento di attività ricerca e di supporto istituzionale nello studio di approcci innovativi alla sicurezza ambientale nella ricerca e coltivazione di idrocarburi in mare e nell'applicazione della Direttiva Europea Offshore (2013/30/EU). In particolare, il progetto nazionale SPOT (Sismicità Potenzialmente innescabile Offshore e Tsunami), sviluppato con il supporto tecnico del Dipartimento della Protezione Civile, ha come obiettivo la mappatura di faglie potenzialmente sismogeniche in prossimità delle piattaforme di estrazione e di corpi sedimentari instabili dal punto di vista gravitativo e suscettibili di (ri-) attivazione sismica. Le strutture identificate e parametrizzate consentono di produrre scenari di impatto da terremoti e tsunami sulle strutture e infrastrutture costiere e conseguenti perdite. L'attività deve essere considerata propedeutica alla valutazione della sismicità potenzialmente innescata da operazioni svolte sulle piattaforme. Dal punto di vista della comprensione dei processi, le condizioni per il collasso dei corpi sedimentari potenzialmente instabili o mobilizzabili vengono caratterizzate anche attraverso ricostruzioni paleoclimatiche e utilizzando indicatori geochimici che definiscono i processi attivi sulla piattaforma e sulla scarpata, con implicazioni sull'attività delle correnti di fondo. Nell'ambito del monitoraggio innovativo delle attività di ricerca ed estrazione a mare, un'altra applicazione è l'esplorazione geochimica e geo-acustica superficiale con l'utilizzo di sensori innovativi e lo sviluppo di robotica marina, che ha come obiettivo generale quello di comprendere i processi di migrazione di fluidi nel sottosuolo e a fondo mare, in colonna d'acqua e il loro potenziale rilascio in atmosfera. Le applicazioni di tali tecniche includono il monitoraggio costiero, il monitoraggio delle infrastrutture in produzione e dismissione e l'esplorazione petrolifera. Nell'ambito del progetto europeo Bluemed Sealines, che si inquadra nella transizione energetica voluta dal Green Deal Europeo, è in corso di redazione uno studio di fattibilità per un progetto pilota di riconversione energetica di una piattaforma petrolifera al largo dell'Emilia-Romagna. Dal punto di vista della comprensione dei processi, si intende sviluppare uno strumento diagnostico per distinguere l'impatto antropico sui sedimenti e in colonna d'acqua da quello naturale, confrontando livelli di metalli e idrocarburi pre-industriali, attraverso l'utilizzo di isotopi e radionuclidi, e così risalire da un lato alla contaminazione cronica nel Mediterraneo e dall'altro alla concentrazione di elementi di potenziale interesse minerario.



## Geologia del sistema marino costiero: risorse e pericolosità naturali

*Sacchi M., Budillon F., Caccavale M., Capodanno M., Di Martino G., Di Gregorio C., Girardi M., Guarino A., Innangi S., Insinga D., Matano F., Molisso F., Passaro S., Tamburrino S., Tonielli R., Vallefucoco M.*

Lo scopo generale della ricerca è la caratterizzazione e il monitoraggio delle interazioni tra processi naturali ed antropici che controllano l'evoluzione della fascia costiera, in quanto zona di equilibrio dinamico tra terra e mare. Le attività recenti e in corso di svolgimento (ad es. progetti CARG, PON-MONICA, MARISK, ISOLE PELAGIE, VISAS, TOP-IN, ABBACO, EMODNET), sono volte a integrare modelli geologici interpretativi del sistema marino costiero in vari ambienti morfologici e geodinamici, per la caratterizzazione e mitigazione dei rischi naturali ed antropici e la valutazione dell'utilizzo sostenibile delle risorse geologiche. Gli obiettivi specifici della ricerca sono centrati sulla comprensione di quegli aspetti della dinamica endogena (ad es. tettonica attiva, sismologia vulcanismo) ed esogena (ad es. processi sedimentari e geomorfologici, gradual e catastrofici) che hanno un impatto nelle modificazioni rapide della fisiografia e degli ambienti naturali ed antropici che insistono sulla zona di cerniera tra il mare e le terre emerse. È infatti proprio quest'area - che corrisponde largamente alla fascia costiera terrestre - è la zona nella quale è concentrata la maggior parte della popolazione mondiale e che pone all'uomo le maggiori sfide future in termini di gestione sostenibile delle risorse ambientali e di mitigazione dei rischi naturali. L'approccio seguito è quello della piena integrazione tra diverse metodologie, comprendenti l'utilizzo di dati di remote sensing e la geomatica (ad es. InSAR, LIDAR, laser scanner, stereoscopia) l'indagine geofisica (ad es. morfobatimetria e morfoacustica, sismica a riflessione, magnetometria, l'analisi geologica (ad es. rilevamento geologico, stratigrafia sequenziale e plaeoecologia, analisi strutturale), il monitoraggio di parametri chimico fisici parametri geologici, idrogeologici ed ambientali (ad es. emissioni di fluidi idrotermali, parametri geotecnici delle rocce sciolte e lapidee, parametri meteorologici). Le aree geografiche oggetto di ricerca (laboratori naturali) sono ubicate prevalentemente lungo settori selezionati della zona costiera peri-tirrenica ed includono il Golfo di Gaeta e la piana costiera del Volturno, il Golfo di Napoli, le aree vulcaniche attive dei Campi Flegrei e del Somma-Vesuvio e la Piana del Sarno, l'allineamento strutturale Penisola Sorrentina-Isola di Capri, la piana del Sele ed il Golfo di Salerno, l'offshore del Cilento e di Maratea, l'offshore calabrese tra Scalea e Capo Vaticano, il Golfo di S. Eufemia, le isole Pelagie. Le principali collaborazioni di ricerca includono: ISMAR-Bologna e Venezia, CNR-IGG, IGAG, IAS, DISTAR-Università Federico II di Napoli, Università Parthenope, Università della Campania Vanvitelli, INGV, Sez. di Napoli e Roma, Stazione Zoologica Anton Dohrn, Università di Salerno, Università di Roma La Sapienza, Università di Roma Tre, ISPRA, DISTEM Università di Palermo, Università Eötvös di Budapest, Università di Brema.

## **The Pozzuoli Bay: a review of recent morpho-structural evolution and unrest dynamics in the marine and onland sector of the Neapolitan Yellow Tuff (NYT) caldera, Campi Flegrei, Italy**

*Sacchi M., Passaro S., Matano F., Molisso F., Insinga D.*

The active volcanic district of Campi Flegrei (E of Naples, Italy) includes a largely monitored partly submerged collapse-resurgent caldera, ca. 8 km in diameter that formed following the eruption of the Neapolitan Yellow Tuff (NYT), dated ~ 15 ka BP. Since the NYT event, intracaldera activity has occurred episodically along its borders. Dramatic ground deformation associated with caldera unrest has long been recognized over the last thousand years at Campi Flegrei. Significant long-term uplift of the central part of the NYT caldera before 4 ka BP has been documented in the area of Pozzuoli. Caldera unrest during the last decades is testified by two major episodes (1970–71 and 1982–84) of shallow seismicity and ground/seafloor deformation originating uplift up to 3.5 m in 15 years, with maximum rates of 100 cm/year in the period 1983–1984. After 1984, the ground slowly subsided until 2004-2005, when a new of deformation phase and enhanced hydrothermalism started in 2005-2006, with ~0.45 m of uplift at the end of 2018 that leads to an increasing in the monitoring activities. In the last years, a series of high-resolution multibeam swath bathymetric surveys and LIDAR datasets have provided an overview of the general onshore-offshore morphology of the Campi Flegrei Caldera and Pozzuoli Bay), including major volcano-tectonic elements, landforms and marine bedforms. The coupling of new geomorphologic (terrestrial-marine DTM) and stratigraphic (reflection seismic profiles, outcrop, gravity core) data yielded detailed additional elements to understand the structure of the Campi Flegrei-Pozzuoli Bay, also including the mapping of volcanic and hydrothermal features across different structural offshore domains (e.g. caldera collar, caldera border and ring –fault system, resurgent dome, and apical graben) and over 80 fluid vents at the seafloor. The use of marine sequence stratigraphic and morphologic (paleo water-depth) indicators supports a better definition of the kinematic evolution and the shallow expression of the deeper structure of the NYT, also including reconstruction of the long-term uplift/subsidence rates. The inner NYT caldera region is characterized by the presence of a resurgent dome, ~ 5 km in diameter, bounded by a 1-2 km wide ring fault system. The style of deformation of the resurgent structure can be described in terms of a broad antiformal folding, accompanied by subordinate brittle deformation, mostly concentrated in a small apical graben at the summit of the resurgent dome. The average net uplift rate of the inner caldera resurgence has been in the order of 9-12 mm/year between 10.5 ka PB and 4.0 ka PB, with a total uplift recorded at La Starza, onland, that can be estimated in the order of 60-80 m over that period. Several orders of terraces are present in the coastal proximity, particularly in the northernmost sector of the Pozzuoli Bay. Archaeological remains of Roman age are nowadays submerged at a water depth between 2 and 16 m in depth, along the western infralittoral zone of the Bay, thus indicating a prevailing subsidence in this area since Roman time. Evidences of recent, shallow volcanic structures with a thin marine sediment cover were also detected (e.g., “Monte Dolce”). Relatively shallow volcanic bodies were mapped on the southernmost border of the caldera, i.e., the Penta Palummo, Miseno and Nisida Banks.



## **IODP-Italia and the Italian participation in ECORD-IODP and ICDP**

*Sacchi M.*

The International Ocean Discovery Program (IODP) is an international marine research collaboration that explores Earth's history and dynamics using ocean-going research platforms to recover data recorded in seafloor sediments and rocks and monitor subseafloor environments through drilling and coring. The program is currently supported by 24 countries, and it has been reshaped through time (previously DSDP-ODP-IODP). Italy participates in IODP as a member country of the European Consortium for Ocean Research Drilling ECORD since its foundation in 2003. Thanks to a national funding annually allocated by MIUR since 2013, IODP-Italia now operates through a national advisory committee (IODP-Italia Committee). IODP-Italia Committee is currently composed of members from CNR, CoNISMa, OGS, INGV, and ENEA, and co-operates with the national IODP-Italia office through a scientific coordinator and the management and administrative support of the CNR Dept. of Earth System Science and Environmental Technologies. IODP-Italia coordinates, supports, and promotes the involvement of Italian researchers in ECORD-IODP as shipboard and shore-based scientists, proponents of drilling projects, and national representatives in panels and steering committees. IODP-Italia also fosters the participation in training courses, summer schools and activities for educators and outreach specialists. All opportunities to get involved are regularly circulated through the mailing list [iodp-italia@cnr.it](mailto:iodp-italia@cnr.it) and published on the website [www.iodp-italia.cnr.it](http://www.iodp-italia.cnr.it). Funding schemes to support moratorium and post-moratorium proposals on IODP samples and data will be soon published on the IODPItalia webpage. On the website, interested researchers will find also details about the Italian participation in recent and past ECORD-IODP activities. To emphasize and strengthen the Italian participation in the International Scientific Continental Drilling Program ICDP, one of the major targets in 2020 for IODP-Italia will include a closer collaboration with the continental drilling community, to create a new national committee for the participation in the international scientific drilling programs ECORD-IODP and ICDP.



## La Crosta Profonda in Italia: la Banca Dati CROP

*Stanghellini G., Ferrante V., Ligi M., Zitellini N., Ravaoli M.*

La sismica a riflessione è il metodo geofisico che ha sicuramente portato il maggior contributo all'ampliamento delle nostre conoscenze nelle scienze geologiche. Grazie a questa metodologia, che consente di "visualizzare" la geometria degli strati e delle strutture geologiche in ampi settori del sottosuolo, la comprensione dell'interazione fra i vari processi geologici (es. tettonica e sedimentazione) ha compiuto passi da gigante. Innumerevoli sono i casi di utilizzo in tanti settori della ricerca, anche con finalità di interesse civile. La possibilità di investigare la natura geologica del sottosuolo in modo indiretto e con elevato dettaglio, rende il metodo sismico multicanale uno strumento indispensabile per l'analisi della geologia del territorio. Il Progetto CROP (CROsta Profonda), nato dalla collaborazione negli anni '90 tra CNR, ENI ed ENEL, aveva come finalità principale lo studio della crosta terrestre al di sotto dell'Italia e dei suoi mari e ha permesso l'acquisizione di circa 10000 km di profili sismici a riflessione multicanale sia in terra che a mare. L'insieme dei dati raccolti rappresenta un "unicum" nel suo genere che deve essere salvaguardato e valorizzato poiché di estremo interesse sia per la comunità scientifica sia per quella industriale. Infatti, sono gli unici dati di dominio pubblico in grado di illuminare anche porzioni di crosta inferiore fino a profondità superiori i 10-15 km, fornendo una visione a scala regionale delle strutture geologiche che caratterizzano il nostro Territorio. La Banca Dati CROP è un'infrastruttura gestita da ISMAR-CNR di Bologna, incaricata dagli enti promotori del Progetto CROP a seguito di bando pubblico, per svolgere l'importante compito di gestione dei dati sismici e opera attivamente dal 2001 su diversi fronti. Le principali attività della Banca Dati CROP consistono nel recupero, catalogazione e archiviazione dei dati sismici digitali di campagna e nella loro diffusione e distribuzione attraverso un sito web ([www.crop.cnr.it](http://www.crop.cnr.it)) che ne permette la consultazione preliminare e fornisce le modalità di richiesta per il loro utilizzo. Nel corso di questi anni il mondo accademico e soprattutto quello industriale hanno dimostrato un crescente interesse verso i dati CROP. Un interesse dettato non solo dalla necessità di comprendere al meglio i processi tettonici che riguardano le regioni più profonde della crosta terrestre, ma anche per la ricerca di risorse energetiche quali idrocarburi e sorgenti geotermiche. Per questo ISMAR ha assegnato l'incarico al gruppo ION Geophysical (tramite bando di gara) di rielaborare alcune delle linee sismiche CROP secondo le tecniche più avanzate sviluppate in ambito industriale fino alla migrazione in profondità prima dello stack, al fine di rivalutare i dati presenti in Banca Dati e di garantire una maggiore diffusione e fruibilità. Le linee rielaborate portano nuova luce alle conoscenze della crosta profonda al di sotto dei mari italiani.



## IODP proposals targeting the Tyrrhenian Basin and the Gulf of Cadiz

*Zitellini N., Loreto M.F., Ligi M.*

Two drilling proposals, TIME (Tyrrhenian Magmatism & Mantle Exhumation) and RELICT (The role of lithospheric inheritance and passive margin reactivation on subduction initiation) have been submitted to IODP to study fundamental processes as rifted margins evolution and subduction initiation at passive margins. The rifted margins evolution is the target of TIME project and it is focused in the Tyrrhenian Basin, the youngest basin of the Western Mediterranean, formed from Upper Tortonian (or early) to recent by continental extension related to rollback of the ESE-SE migrating Apennine subduction system. Recent geophysical surveys with coincident wide-angle seismic (WAS), gravity and multichannel seismic (MCS) reflection data support the presence of magmatic rocks formed during early continent-ocean transition (COT) phase, and of presumably subsequently exhumed mantle. The youth of the basin results in a modest sediment cover facilitating the sampling, with unprecedented spatial resolution, of the peridotitic and magmatic basement across the conjugated COT of the basin. The basement of the Tyrrhenian Basin has been dredged at highs, and the stratigraphy is reasonably well-known from three drilling expeditions, DSDP leg 13, DSDP leg 42 and the ODP leg 107. In addition, the full-coverage high-resolution multibeam bathymetry of the basin helps the 3D interpretation of a large data set of vintage and modern 2D MCS reflection profiles. The ultimate goal of TIME is to study the 3D time and space evolution of a COT, from breakup to robust magmatism and subsequent mantle exhumation with closely time-related magmatism. The objectives of TIME include the kinematics of the opening, the crust and mantle deformation mechanisms, and the relationship of melting products to the exhumed mantle occurred in the Tyrrhenian Basin. The main target of RELICT is to understand the timing and mechanisms of tectonic compressive reactivation of an Atlantic-type passive margin that may lead to subduction initiation. RELICT is focused on the Gulf of Cadiz where compressive reactivation, a necessary pre-requisite for subduction initiation, is taking place. The South-West Iberia Margin provides a case as it comprehends the necessary characteristics for subduction initiation, such as post Alpine orogeny tectonic reactivation of the Margin in Pliocene and Quaternary times, concentration of compression, major lithospheric scale detachments and large magnitude seismicity ( $M > 8$ ) concentrated in the oceanic mantle. The ultimate goal of RELICT is to determine the nature and state of deformation/rheology of the mantle in the footwall of a low angle extensional detachment as the one found in the Gorringe Bank. Drilling and logging is in fact the only way to get consecutive sample collection for diagnosing whether the necessary lithosphere conditions/processes for subduction initiation are met. In addition, the drilling will permit stratigraphic calibration of thousands of kilometres of high-quality seismic lines allowing understanding the ages of tectonic reactivation, deformation migration, timing of deformation concentration and vertical movements along the SW Iberia margin.



# *Sessione 6*

## **Rischi Naturali ed Impatti Antropici**



## Ecologia marina del 21 secolo scenari di cambiamento globale

*Aliani S., Conversi A., Suaria G.*

Anthropogenic pressures on the Earth System have reached a scale where abrupt global environmental change can no longer be excluded. Nine planetary processes have the capability to drive the Earth system into a new state: Climate change (and Global Warming, Acidification, Sea Level Rise), Biodiversity loss, Land exploitation, Ozone depletion, Chemical pollutants. Emerging as a novel addition to this list, is the vast quantity of discarded Plastic waste that is accumulating in the oceans on an unprecedented scale, where it breaks down to form microscopic and nanoscopic fragments, or microplastics. Transgressing one or more planetary boundaries may be deleterious or even catastrophic due to the risk of crossing thresholds that will trigger non-linear, abrupt environmental change within continental- to planetary-scale systems. Previous work indicated that exceeding tipping points in one system could increase the risk of crossing them in others, possibly rippling in a global cascade of tipping points, which could lead to a new, less habitable, state. Our work focuses on the evolution of ecology around these scenarios, on the social forces that are coalescing in order to contrast tipping of earth systems (including working toward Sustainable Development Goals), and on the economic models that need be put in place in order to achieve sustainability.



## **I Rischi della Modernità nelle aree costiere: definizione delle sorgenti e delle dinamiche dell'inquinamento e studio di ambienti minacciati dagli effetti dei cambiamenti climatici.**

*Bellucci L.G., Giuliani S.*

Parte delle attività di ricerca svolte da ISMAR– Bologna nell'ambito della definizione dei rischi e degli impatti antropici in zone costiere e di transizione utilizza il collegamento tra le informazioni storiche e le evidenze scientifiche ottenute su carote di sedimento come modo efficace per ricostruire e valutare le sorgenti, la cronologia e l'entità dei fenomeni di inquinamento oltre che i cambiamenti ambientali sopravvenuti in età moderna. I sedimenti, infatti, si comportano come archivi storici naturali, mantenendo informazioni significative sulle condizioni ambientali al momento della loro deposizione ed accumulo. In particolare, i sedimenti delle aree salmastre temperate (salt marsh) sono in grado di registrare le informazioni con un livello di dettaglio non ottenibile dai sedimenti subtidali. D'altra parte, la quasi totalità delle salt marsh è fortemente minacciata da azioni umane dirette (ad es. bonifica dei terreni, estrazione di acque sotterranee) e indirette (ad es. coastal squeeze) o a seguito dei cambiamenti climatici globali. In effetti, le aree di salt marsh si sono ridotte della metà della loro copertura storica nel secolo scorso e un aumento dell'innalzamento del livello del mare sarà responsabile della perdita del 60-90% dell'attuale copertura, a seconda che vengano adottate o meno delle misure efficaci per limitare le emissioni di gas serra. In futuro sono attese sfide di gestione eccezionali per preservare e proteggere questi ambienti dalle numerose minacce che devono affrontare. La corretta gestione di questa risorsa può essere garantita solo da un solido background scientifico, che definisca le condizioni passate e presenti e che cerchi di prevedere i cambiamenti futuri.



## **The anthropogenic impact on shallow coastal habitats: ISMAR Napoli has been monitoring the effects of the deployment of HV – AC power cables at the seabed by geophysical surveying.**

*Budillon F., Di Martino G., Innangi S., Tonielli R.*

In the framework of the Marine Strategy Directive 2008/56/CE, several investigations have been proposed to evaluate the occurrence and the extension of physical harm on the coastal habitats due to the anthropogenic impact. *P. oceanica* and shelfal coralligenous assemblages have been cataloged as being of overriding relevance by the EU habitats Directive 92/43/EEC and deserve special protection measures when new infrastructures, such as cables or pipes, are deployed in shallow marine areas. Two new AC 150 kV undersea power lines have been recently laid between Capri and the Neapolitan coast by Terna Rete Italia, to connect the local power grid to the national one and meet the electricity needs of the Campania Region's islands. Terna Rete Italia has charged a group of national scientific institutions - coordinated and led by ConISMa (Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Scienze del Mare) - with the task of monitoring the effects, if any, of such new infrastructures at the seabed. The monitoring plan, currently in progress, includes a set of geophysical surveys ex-ante and ex-post the cable deployment, to be run by ISMAR Napoli, on a four-monthly basis up to 2022. The imaging of the seabed by acoustic mosaics, repeated through the time and shot at different spatial resolutions, is aimed at observing and quantify possible modifications of the *P. oceanica* meadows and of sites with coralligenous assemblages and evaluating the interference of the infrastructure with the coastal dynamics. The HR parametric Sonar profiling grid, shot above the section of the cable deployed in the subsurface below the *P. oceanica* matte, is aimed at monitoring the thickness of the matte itself and of the superficial sand lenses. ROV and submerged video-camera observations have been focused on selected settings and serve as ground-truthing. This activity, even though operated as a service for third parties and stakeholders -i.e. Terna Rete Italia and the MATTM -, and whose results are presently classified, may provide our database with useful observations and a big deal of information on the functionality of the coastal environment and new insights on the natural and anthropogenic hazard at a very detailed spatial scale. For instance, the definition of the thickness of *P. oceanica* matte may contribute to quantify the content in organic carbon locally stored in the subsurface by the buried mattes. Since these organic deposits may be up to several meters thick, as they accumulate over thousands of years, they are nowadays acknowledged as playing a major role in the global ocean carbon cycle. Furthermore, the 4D acquisitions may catch and depict the effects of the seasonality on the coastal ecosystems and of possible natural extreme events, such as heavy rain episodes or exceptional sea storms. Further outreach is of technological relevance, as the repeated acquisitions on such peculiar targets, allows the best fit of the instrumental configurations in relation with the elements to be surveyed and may contribute to improve protocols and standards of the geophysical acquisitions aimed at the environmental monitoring.



## Studi geologico-ambientali dell'impatto antropico in aree marino-costiere: il Golfo di Napoli

*Buonocunto F.P., Cassin D., Esposito E., Ferraro L., Giordano L., Milia A.*

L'attività di ricerca degli ultimi 15 anni è stata incentrata su survey geologico-ambientali in aree marine ad alto rischio, ovvero aree portuali e Siti di Interesse Nazionali (SIN - Legge n. 179/02). Convenzioni e contratti di consulenza con enti pubblici (Porto di Napoli, 2004) e privati (GECO – Ischia Gas 2006 e 2008, SIN di Taranto – Prisma 2012 e 2014, Elettrodotto Torre Annunziata – Capri, TERNA 2019 e Elettrodotto Sorrento – Capri, TERNA 2022) hanno permesso lo sviluppo di un'ampia conoscenza tecnologica e scientifica, delle metodologie geo-ambientali e geotecniche di investigazione in ambienti marini, in particolare tecniche di campionamento come vibro-corer, carotaggi e bennate. È stata tra l'altro acquisita una approfondita conoscenza della ampia e complessa legislazione che regola gli studi propedeutici ai piani di fattibilità in zone costiere per aree portuali e/o per la posa in opera di condotte ed elettro-condotte, con particolare riferimento ai protocolli ministeriali e direttive tecnico-scientifiche per il prelievo di campioni ed analisi fisico-chimiche di laboratorio. Nel 2014 la sede di Napoli (personale e laboratori coinvolti) ha ottenuto la certificazione RINA ISO 9001:2008 (n. 30400/14/S) per le attività di monitoraggio ambientale in aree marine, comprensivo di indagini e di analisi di laboratorio. Le competenze del gruppo di lavoro sono relative allo studio geologico di successioni marine tardo quaternarie per l'identificazione di: eventi catastrofici di origine vulcanica e alluvionale e di indicatori ambientali nella matrice sedimento. Il data set, acquisito con i progetti di cui sopra, permette lo sviluppo di una attività di ricerca mirata allo studio del rischio geologico-ambientale nel Golfo di Napoli che coinvolge un gruppo di lavoro interdisciplinare afferente alle sedi ISMAR di Napoli e Venezia, con la collaborazione di altri gruppi CNR, sede IRSA di Taranto (Di Leo A., Giandomenico S., Spada L., Cardellicchio N.) e sede ISPC di Napoli (Violante C.), e CONISMA (Renzi M.). Il progetto ha lo scopo di investigare l'impatto antropico nell'area marino-costiera napoletana. A tal fine verranno utilizzati dati geologico-ambientali acquisiti alla foce del fiume Sarno nell'ambito dei progetti TERNA e CARG, e dati stratigrafico-sedimentologici relativi ad un pozzo sperimentale di 100 m realizzato alla foce del fiume Sebeto nell'ambito del progetto "Porto di Napoli 2004". Le informazioni derivanti da tale studio consentiranno, inoltre, di approfondire tematiche relative ad eventi catastrofici legati all'attività dei vulcani napoletani. L'attività di ricerca propone: a) caratterizzazione geologico-ambientale dell'offshore del fiume Sarno relativamente alla presenza di inquinanti per la definizione dell'impatto antropico a scala spazio-temporale (distinguere il contributo dell'impatto antropico rispetto al background vulcanico); b) studio stratigrafico e sedimentologico della carota per la definizione del rischio derivante da eventi eruttivi ed inter-eruttivi (implementare le informazioni esistenti in letteratura relative alla presenza di corpi deposizionali generati da instabilità gravitativa nell'offshore vesuviano). In tal senso il Golfo di Napoli può rappresentare un case study per gli studi geologico-ambientali relativamente all'impatto antropico in quanto caratterizzato da intensa attività vulcanica e da alta densità abitativa con una forte componente industriale e turistico-commerciale.

## Coastal ocean dynamics: a survey from ecosystemic connectivity to geomorphologic implications... and much more

*Falcini F., Belloni R., Benincasa M., Bignami F., Brando V., Droghei R., Buongiorno Nardelli B., Cavaliere D., Colella S., Corrado R., Di Cicco A., Lacorata G., La Forgia G., Marullo S., Palatella L., Pitarch J., Sammartino M., Volpe G., Vona I., Santoleri R.*

Coastal regions are crucial environments where cross-disciplinary approaches tackle complex processes and their impacts on land, ocean, and society. About 50% of the European Union (EU) territory lies on shorelines, nearly 50% of its citizens live within 50 km of the coast and 3.5 million EU inhabitants are directly employed in maritime activities. Understanding coastal processes is therefore a key element for a sustainable use of coastal areas and their economic resources, as well as for a proper setting of efficient and effective monitoring strategies that may support EU directives (e.g., WFD and MSFD). Sustainability of the coastal marine environment mostly depends on the interaction among sedimentary, biogeochemical, and hydrographic processes. In particular, coastal geomorphology is ruled by the maintenance of the fragile balance between sediment supply from rivers and coastal, meteo-marine processes. Pathways, grain-size characterization, and long-term evolution of sediment-laden coastal plumes is a key challenge for inferring sediment availability and thus the geomorphological fate of shorelines and inner shelf clinofolds. ISMAR pursues novel research that integrates remote sensing, in-situ observations, and numerical coastal modelling for alongshore currents and their sedimentary and biogeochemical loads. Such an approach allows, for instance, to diagnose hydrodynamics of riverine coastal plumes and to estimate sediment mass balance (inferred from sediment flux divergence), which can be envisioned as a “probe” to quantify sediment starvation. This helps to minimize uncertainties on coastal restoration plans, also providing a better understanding of those coastal factors that affect trapping and dispersal of sediments and, in general, biogeochemical tracers (e.g., biomass, nutrients, litter, etc) and the trade-off between them. Sedimentary and biogeochemical tracers are not the sole loads that need particular attention in coastal dynamics. Coastal ecological connectivity is one of the most important processes that shapes marine populations and ecosystems. Understanding spatial connectivity is crucial for depicting processes in the ecology and evolution of marine resources in coastal ecosystems. Coastal dynamics affect fate and distribution of several species, especially during their larval and juvenile stages. ISMAR, investigated the role of wind-induced coastal transport affects anchovy larvae distribution, pairing ichthyoplankton observations to remote sensing data and Lagrangian analyses. This gave a science-based confirmation of the need to incorporate climate and environmental variability effects into future marine resources management plans, strategies, and directives. “Coastal waters” does not necessarily mean surface waters. Intermediate waters can largely affect coastal hazard and, in general, geomorphologic processes over continental margins. Morpho-sedimentary structures may be readily observed in shelf environments; the physical processes driving their formation are often enigmatic or not well understood. ISMAR is extensively investigating the role of intermediate marine currents and internal solitary waves (and their braking) in forming sedimentary patterns and reshaping the seafloor. By combining observational data and numerical modelling ISMAR explores how marine processes may contribute to sculpting continental margins and ruling ecosystem dynamics, setting the background for a promising and exciting link between geological, biological and oceanographic communities.



## I microorganismi bentonici bioindicatori nel monitoraggio ambientale: attività di ricerca in ISMAR

*Ferraro L., Giordano L., Buonocunto F.P., Capotondi L., Asioli A., Riminucci F., Romano S.*

La valutazione della qualità ambientale e la salvaguardia degli ecosistemi marini è tra gli scopi primari della comunità scientifica come espresso dall'istituzione delle direttive EU Water Framework Directive (WFD, 2000/60/EC) e Marine Strategy Framework Directive (MSFD, 2008/56/EC). In questo contesto vengono illustrate le attività di ricerca condotte in ISMAR, basate sullo studio dei microorganismi bentonici, presenti nei sedimenti, come proxy per il monitoraggio ambientale. Le indagini vertono sullo studio della struttura e del ruolo funzionale delle comunità bentoniche, e le loro variazioni a lungo e breve termine in relazione alle variabili ambientali, ai cambiamenti climatici e all'impatto delle attività umane. Nello specifico l'attività di ricerca consiste nel monitoraggio a diversa scala temporale (mensile/stagionale/annuale) di questi organismi in aree marino-costiere altamente antropizzati quali: il Mar Piccolo di Taranto, litorale domitio (in particolare l'area marina prospiciente la foce del fiume Volturno), Golfo di Napoli (Foce del fiume Sarno), delta del Po (stazione S1-GB, sito LTER) e margine montenegrino. Si tratta di indagini interdisciplinari condotte in sinergia con lo studio dei fattori abiotici (i.e. la concentrazione dei metalli, la presenza di inquinanti, di microplastiche, il contenuto di materia organica etc.), dei parametri oceanografici e che vedono l'integrazione della biologia, genetica e geochimica oltre all'utilizzo di tecniche innovative (analisi composizionali dei minerali nei gusci, analisi morfologiche e morfometriche di altissima risoluzione, etc.). A tale scopo sono attive collaborazioni con esperti di varie discipline in ambito sia nazionale che internazionale.

Attività future:

- acquisire nuovi dati al fine di definire specie da utilizzare quali bioindicatori di un particolare parametro ambientale e/o inquinante (inserimento nella Water Framework Directive);
- standardizzare i protocolli operativi e promuovere la formazione di personale qualificato;
- promuovere studi e ricerche con pubblicazione di rapporti, manuali, linee guida, convegni e workshop;
- creare un supporto informativo sotto forma di banca dati degli indicatori ed inserire gli indicatori e gli indici in uso nei diversi ambiti e approcci, anche in collaborazione con altri Enti di ricerca o agenzie territoriali.

Attività già in corso con ISPRA.



## **La Teoria dei Sistemi Dinamici e sue applicazioni per analisi dati e modellistica di trasporto e diffusione in oceano**

*Lacorata G., Falcini F., Santoleri R.*

Le traiettorie di traccianti trasportati dalle correnti marine, spesso, possono subire evoluzioni complicate e imprevedibili a causa della complessità della dinamica non lineare multi-scala. Una delle principali conseguenze è che le proprietà Lagrangiane di un sistema fluidodinamico non sono derivabili in modo ovvio dalle caratteristiche Euleriane dei campi di velocità. L'equivalenza formale tra un sistema di equazioni Lagrangiane e un sistema Hamiltoniano consente di applicare, ed ulteriormente sviluppare, tecniche di studio e di analisi, tipiche dei sistemi dinamici caotici, a problemi di trasporto e diffusione. Nel corso del seminario verranno affrontati e brevemente discussi i seguenti argomenti: tecniche di misura della dispersione relativa; modellistica Lagrangiana della dispersione turbolenta; metodologia di validazione Lagrangiana delle correnti marine.



## Studio del paesaggio sonoro sottomarino dell'Adriatico Settentrionale

*Madricardo F., Ghezzi M., Bastianini M., Barbanti A., Farella G., Falcieri F., Ferrarin C., Manfé G., Mc Kiver W., Menegon S., Petrizzo A., Schroeder K., Leonori I., Biagiotti I., Felli M., Filiciotto F.*

Molti studi hanno dimostrato che l'inquinamento sonoro generato dalle attività antropiche ha un forte effetto negativo sulla comunicazione, il comportamento e lo stato fisiologico di pesci, mammiferi marini e crostacei. La percezione acustica è infatti uno dei sensi principali della fauna marina. I mari però stanno diventando rapidamente sempre più rumorosi. I suoni prodotti dall'uomo, infatti, proprio come quelli naturali, si diffondono molto efficacemente sott'acqua, innalzando il livello di rumore generale. In particolare, i suoni di origine antropica che possono danneggiare direttamente o indirettamente la fauna marina sono suddivisi in due categorie: i suoni impulsivi ad alta intensità e il rumore di fondo persistente. I suoni impulsivi sono legati principalmente ad attività militari (per esempio utilizzo di sonar ed esplosioni) e industriali (esplorazioni minerarie, costruzione di campi eolici, lavori sulla costa, etc.). Il rumore diffuso, invece, è principalmente legato al traffico marittimo. Ogni imbarcazione, infatti, produce rumore a bassa frequenza che si propaga per decine di chilometri. L'osservazione degli effetti a breve e a lungo termine del rumore provocato dal traffico navale, a livello di specie, popolazione ed ecosistema, richiede monitoraggi su ampia scala temporale che forniscano serie storiche di dati in grado di descrivere come gli ecosistemi rispondono nel tempo a questa pressione (es. variazioni nella distribuzione e uso dell'habitat per i mammiferi marini). La Marine Strategy Directive ha annoverato il rumore sottomarino tra i descrittori da monitorare ma tutt'oggi nel Mar Mediterraneo le misure di rumore sottomarino e la valutazione del suo impatto sulle risorse biologiche sono limitate e disomogenee. Per questa ragione, questa linea di ricerca intende caratterizzare il rumore ambientale sottomarino e il suo impatto sulla fauna marina nel Mare Adriatico Settentrionale, un'area ecologicamente importante e fragile, ma estremamente impattata da un traffico marittimo in aumento, dal turismo e dallo sfruttamento delle risorse naturali. Al fine di assicurare una protezione efficiente della biodiversità marina e di promuovere un uso sostenibile degli ecosistemi costieri e marini e le relative risorse, un team multidisciplinare di ISMAR insieme ai principali esperti e i portatori di interesse che lavorano nell'ambito del rumore sottomarino e nella caratterizzazione del panorama sonoro subacqueo, sta utilizzando le più recenti tecnologie e metodologie sviluppate finora per monitorare il rumore sottomarino nell'area adriatica per un intero anno in 9 stazioni distribuite lungo la costa italiana e croata. I dati serviranno a calibrare un modello di propagazione del suono che consentirà di avere delle mappe distribuzione del rumore per tutto l'Adriatico settentrionale. Tali dati oltre ad essere il risultato del primo monitoraggio a lungo termine di una vasta area all'interno del Mediterraneo, saranno fondamentali per sviluppare degli scenari di mitigazione, per rafforzare la pianificazione spaziale marittima e la protezione degli ecosistemi marini in accordo con le direttive MSF e MSP dell'Unione Europea. Tale attività è fortemente multidisciplinare all'interno di ISMAR e coinvolge altri due istituti del CNR, INM e IRBIM, oltre, naturalmente, ai partner del Progetto Interreg-Italia Croazia SOUNDSCAPE (IOF, BWI, ArpaFVG, Fondazione Cetacea, Regione Marche, Croatian Ministry of Environment and Energy, Teaching Institute of Public Health of Primorsko-Goranska County) che co-finanzia questa ricerca.



## **Sviluppo di un approccio multi-disciplinare per affrontare la problematica dei rifiuti marini sui fondali: mappare, monitorare, rimuovere e riciclare**

*Madricardo F., Bellafiore D., De Pascalis F., Guarnieri I., Ghezzi M., Marčeta T., Mc Kiver W., Moschino V., Nesto N., Petrizzo A., Sigovini M., Tagliapietra D., Fogliani F., Grande V., Prampolini M., Marini S.*

I rifiuti marini contribuiscono in modo sempre più importante all'inquinamento degli oceani. Negli ultimi anni il numero di studi e di iniziative per quantificare dei rifiuti marini è cresciuto esponenzialmente. Se si considera la macro-litter (> 5cm), la maggior parte di questi studi si focalizza sulla componente dei detriti galleggianti o spiaggiati, mentre ancora piuttosto limitate sono le informazioni in merito alla componente presente sui fondali marini, che rappresentano tuttavia il sito preferenziale di accumulo, dal momento che, dopo un certo tempo, la maggior parte dei rifiuti affonda. Per colmare questa mancanza di informazioni e per affrontare la minaccia globale del marine litter sui fondali, si sta sviluppando un approccio multidisciplinare volto non solo a raccogliere dati scientifici in merito alla distribuzione della litter, facendo uso di diversi metodi più innovativi di remote sensing sottomarino e di modelli di trasporto per l'identificazione degli hot spot di accumulo, ma volto anche a promuovere i migliori protocolli e nuove tecnologie di rimozione sostenibili, soluzioni innovative per il riciclo, senza trascurare gli aspetti legislativi e il coinvolgimento di tutte le categorie interessate e della cittadinanza grazie alla disseminazione dei risultati e all'organizzazione di eventi pubblici di dimostrazione delle tecnologie utilizzate. Questo tipo di approccio, che potrà essere applicato sia in ambienti costieri che in quelli di acque profonde, intende creare un circolo virtuoso per cui recuperare la litter diventi conveniente anche in termini economici, in un processo di reale economia circolare. L'attività di ricerca descritta è fortemente interdisciplinare e vede la collaborazione tra competenze fisiche, biologiche, ecologiche, geologiche e informatico/matematiche, distribuite nelle varie sedi dell'istituto. Tali attività consistono sia nello studio e sviluppo di nuove metodologie di mappatura dei fondali, nello sviluppo di modelli di trasporto dedicati, di metodologie di monitoraggio ambientale per la stima dell'impatto delle plastiche sulle comunità biologiche e specie sentinella, nonché di valutazione dell'impatto della rimozione fisica delle plastiche, di intelligenza artificiale per l'analisi dei dati, sia nello studio, sviluppo e sperimentazione di sistemi intelligenti innovativi per l'acquisizione dei dati.

## Earthquake-induced Landslide hazard zoning in insular and coastal sectors

*Matano F., Caccavale M., Sacchi M.*

An integrated approach to assess earthquake-induced landslide hazard at the source area of the slope instability process has been developed. The method has been applied to coastal slopes of Ischia, Procida and Vivara islands, a densely populated volcanic area, located at the NW margin of the Naples Bay, Italy.

The proposed method follows a stepwise procedure including:

- 1) Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA);
- 2) assessment of site and topographic effects;
- 3) input of the PSHA outputs into a classic sliding rigid-block analysis for slope instability (Newmark's approach);
- 4) landslide frequency - magnitude curves for the estimate of the slope failure probability as a function of defined Newmark's threshold values under different probabilistic seismic scenarios;
- 5) earthquake-induced landslide hazard maps at the source area, based on the integration of the probabilistic approach and the available geological, morphological and geotechnical database.

The Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA) is aimed at the definition of the seismic input with different annual exceedance frequency. PSHA results, expressed in terms of Peak Ground Acceleration (PGA) at the bedrock, are calculated for 14 return periods (T) ranging from 10 to 2000 years. PGA values have been corrected for the site effect associated with geological and morphologic conditions.

The corrected PGA values have been used as an input for the classic sliding rigid-block Newmark's approach, implemented in a GIS to assess the relative potential for slope failure (landslide susceptibility) both in static (Factor of Safety, FS) and dynamic (Critical acceleration,  $a_c$ ) conditions. The combination of T-dependent, site-corrected PGA with the critical acceleration allowed for the calculation of the expected Newmark's displacements (DN) under different probability of exceeding or return periods (probabilistic seismic scenarios). In order to estimate the earthquake-induced landslide hazard, we defined three DN threshold values that have considered capable to trigger shallow seismic-induced landslides in the regional context, and mapped the sectors with DN values exceeding such thresholds. On this basis, we constructed frequency-magnitude curves to estimate the probability of slope failures at the source areas, as a function of DN, by correlating the annual probability of landslide occurrence with the number of terrain cells associated with DN values greater than the selected threshold. Based on the estimated annual landslide frequency of the seismic triggering event for each terrain cell, we implemented a 1:5000 scale map of Earthquake-induced Landslide Hazard for Ischia, Procida and Vivara Islands. The map reports the zoning and ranking of study area into sub-zones, on a pixel basis, according to the degree of the potential hazard from landslides derived by the frequency of the triggering event. The proposed methodology considered both spatial and temporal probability for landslide occurring by associating the assessment of the frequency of the corrected seismic input capable to trigger landslides to an annual probability to earthquake-induced potential landslides. This approach is useful for quantitative hazard assessment, which is essential for the mitigation of the earthquake-induced landslide hazard for land use and emergency planning, and civil protection.



## **Il contributo della geologia dei terremoti sottomarini alla corretta valutazione del rischio geologico costiero: risultati principali, potenzialità e limiti**

*Polonia A., Asioli A., Bellucci L., Ferraro L., Gallerani A., Gasperini L., Giorgetti G., Giuliani S., Romano S., Stanghellini G.*

Le coste del Mediterraneo sono regioni particolarmente vulnerabili perché densamente abitate ed esposte al rischio sismico e tsunamigenico. L'identificazione e la caratterizzazione di potenziali faglie sismogenetiche sottomarine ha dunque forti implicazioni sociali, perché da ciò dipende una corretta valutazione del rischio geologico associato. Per questo motivo, oltre a identificare le principali strutture tettoniche che assorbono il movimento tra le placche litosferiche coinvolte, è fondamentale ricostruire la loro attività nel tempo, attraverso il riconoscimento e la datazione di eventi specifici nel record stratigrafico. Per raggiungere questi obiettivi viene utilizzato un approccio multidisciplinare e multi-scala, che combina studi di geologia marina e costiera, geofisica e sismologia. ISMAR ha una lunga e consolidata tradizione nel campo della pericolosità geologica in ambiente marino e costiero. L'Istituto è coinvolto in numerose attività di ricerca e di sviluppo tecnologico in diversi contesti oceanografici, dalla zona costiera a quella abissale, e anche in ambienti lacustri o transizionali. Per identificare gli effetti dell'attività tettonica in mare, è necessario ricostruire le deformazioni del fondale, l'insorgere di fenomeni di instabilità gravitativa, gli effetti di onde di tsunami e i processi di risedimentazione nella successione stratigrafica. Questo richiede tecnologie e strumenti all'avanguardia che sono stati acquisiti e/o sviluppati nell'ambito di alcuni laboratori presenti sia nella sede di Bologna che presso la sede di Napoli. Presenteremo alcuni dei risultati già ottenuti o in corso di pubblicazione, nell'ambito di progetti di ricerca che hanno permesso di applicare le metodologie della paleosismologia sottomarina in diversi contesti tettonici (Mar Ionio, Mediterraneo Orientale, Canale di Sicilia, Mar di Marmara, Pacifico Meridionale, Mar Egeo, Mare di Galilea, Lago di Cavazzo, Lago di Campotosto e Lago di Garda). Due di queste attività sono sfociate in proposte di perforazione oceanica nell'ambito del progetto IODP. Oltre ai risultati, presenteremo i limiti di questo approccio e anche potenziali sviluppi futuri soprattutto nell'ottica di promuovere la collaborazione tra le varie sedi dell'Istituto e tra i vari gruppi di ricerca.



## Tracciando i processi ambientali antropici e naturali negli ambienti acquatici

*Romano S.*

Una conseguenza del rapido sviluppo della società moderna durante il 20th secolo riguarda la significativa immissione e dispersione diretta ed indiretta di specie chimiche di sintesi nell'ambiente, soprattutto negli ambienti acquatici. Essendo i sedimenti sul fondale la principale area di deposizione di tutto ciò che viene trasportato dai fiumi e dal dilavamento dei suoli si possono considerare un archivio di informazioni sui cambiamenti della qualità ambientale e delle condizioni chimico-fisiche dei bacini nel tempo. Di conseguenza il sedimento rappresenta la matrice di studio più idonea per migliorare la comprensione delle dinamiche dei sistemi ambientali. La mia attività di ricerca si è concentrata principalmente nella strategia di ricerca che combina lo studio cronologico di traccianti geochimici, sia radionuclidi che specie chimiche inorganiche ed organiche, in carote di sedimento. L'obiettivo è l'identificazione dei processi che controllano e modificano la sequenza sedimentaria sia localmente che a scala di bacino con lo scopo di valutare il rischio ambientale diretto (sversamenti di contaminanti nell'ambiente) e/o secondario, (dispersione di contaminanti in seguito ad eventi naturali estremi in aree industriali ed antropizzate) e/o la ricostruzione cronostratigrafica di eventi sedimentari. Per raggiungere tali obiettivi, nel quadro dell'indagine interdisciplinare, ed in collaborazione con altri colleghi, le attività di ricerca hanno previsto: i) l'individuazione di corpi sedimentari idonei per il campionamento attraverso la sismica ad alta risoluzione; ii) il calcolo dei tassi di accumulo dei sedimenti e delle cronologie (attraverso i profili di attività di  $^{210}\text{Pb}$  e  $^{137}\text{Cs}$ ), iii) ricostruzioni storiche dei processi sedimentari e/o deposizioni di strati sedimentari, e/o apporti di specie contaminanti attraverso i record stratigrafici; iii) l'identificazione e/o discriminazione delle fonti di immissione sedimenti /specie chimiche nei bacini di studio; iv) produzione di carte tematiche; v) calcolo di bilanci di massa; vi) studio dei processi di diagenesi. Recentemente, il mio interesse si sta muovendo verso l'applicazione di queste tecniche allo studio della contaminazione in ambienti remoti, come ad esempio i fondali oceanici, dove i sistemi di canyon sottomarini presenti sui margini continentali, veicolano da costa verso il largo i sedimenti, ridistribuendo ed accumulando in aree protette, specie chimiche persistenti di origine antropica. Lo studio di questi ambienti potrebbe permettere di tracciare l'evoluzione dell'impatto dell'uomo a scala più ampia, ed eventualmente, i contaminanti così accumulati, mostrare un effetto di amplificazione lungo la catena alimentare.

Indicazione dei progetti: Attualmente non sono presenti progetti attivi, ma sono incorso di valutazione e sottomissione idee progettuali.

## Valutazione degli impatti antropici e della qualità degli ecosistemi marini e lagunari a diversi livelli di complessità biologica

*Sigovini M., Acri F., Armeli Minicante S., Bastianini M., Bergamasco A., Bernardi Aubry F., Bongiorno L., Camatti E., De Lazzari A., Finotto S., Guarneri I., Marčeta T., Moschino V., Nesto N., Pansera M., Schroeder A., Tagliapietra D.*

Le attività antropiche ed i conseguenti cambiamenti su scala locale e globale esercitano un impatto crescente sugli ecosistemi marini e di transizione, con alterazioni a tutti i livelli di organizzazione biologica, dal sub-organismo e organismo fino ai livelli di popolazione, comunità ed ecosistema. I principali fattori stressogeni di origine antropica includono l'introduzione di materie e sostanze inquinanti (microinquinanti organici e inorganici, macro- e microplastiche ed altri contaminanti emergenti) e l'alterazione degli habitat e delle condizioni ambientali, in particolare quelle indotte dai cambiamenti climatici (aumento di temperatura, acidificazione, maggiore suscettibilità ad eventi anossici). La caratterizzazione degli impatti antropici e lo sviluppo di approcci valutativi rappresentano un elemento fondamentale per la conservazione di biodiversità ed ecosistemi, la gestione integrata secondo un approccio ecosistemico e la pianificazione dello spazio marittimo. Le più recenti linee guida e normative internazionali inerenti la valutazione della qualità ambientale (Marine Strategy Framework Directive, Water Framework Directive) riconoscono la necessità di un approccio integrato, che tenga conto sia dell'entità delle pressioni nelle matrici, sia degli effetti sulle risposte biologiche. Di seguito sono presentate le principali linee di ricerca attive, indirizzate sia allo sviluppo di metodi ed approcci di biomonitoraggio che allo studio degli impatti sulla componente biotica ai diversi livelli di organizzazione:

- a livello molecolare: valutazione delle risposte della struttura delle comunità microbiche, planctoniche e di specie target a condizioni di stress attraverso la determinazione dei livelli di trascrizione genica;
- a livello di organismo: determinazione delle alterazioni biochimiche, cellulari e fisiologiche in organismi sentinella (multi-biomarker approach), utilizzabili anche come early warning system;
- a livello di popolazione: monitoraggio e sviluppo di metodi di rilevamento relativi a specie marine protette (*Pinna nobilis*);
- a livello di comunità: studio delle alterazioni nella struttura, diversità e funzionamento (incluse le relazioni trofiche) delle comunità microbiche, fito e zooplantoniche e macrobentoniche di fondo duro e mobile, sviluppo e perfezionamento di indici biotici poi recepiti a livello normativo.

Tali ambiti di ricerca trovano ulteriore sviluppo in temi trasversali e multidisciplinari. Esempio significativo di tali tematiche è lo sviluppo di modelli ed approcci valutativi in sistemi caratterizzati da elevata eterogeneità ambientale, quali gli ecosistemi di transizione, al fine di discriminare lo stress antropico da quello di origine naturale. Ulteriori linee di ricerca recentemente avviate riguardano il ruolo delle comunità batteriche nella degradazione delle bioplastiche e gli effetti dell'inquinamento luminoso su processi ecologici in ambienti costieri. Il patrimonio di conoscenze e competenze trova riscontro nella stretta integrazione e collaborazione con altri gruppi in ISMAR in relazione agli studi di impatti multipli tramite l'utilizzo di modelli predittivi e di impatto cumulativo e con gli enti preposti al monitoraggio ambientale, sia in termini di sviluppo e calibrazione di strumenti e metodi, che in riferimento alla realizzazione di programmi di monitoraggio.



## Marine litter and microplastics: the activities of ISMAR Lerici

*Suaria G., Merlino S., Aliani S.*

Plastic debris has rapidly become one of the most pervasive and permanent pollutants, particularly in marine ecosystems. It occurs in all compartments of the ocean worldwide, and with a range of adverse environmental and economic impacts, it has attracted considerable attention in recent years. Better understanding of how plastic debris degrades, behaves and is transported in coastal and offshore environments is crucial to quantify and close the global inventory of marine plastics, which in turn represents critical information for policy and mitigation strategies. Within this context, ISMAR Lerici has been actively working on the issue of plastic pollution since 2003 when the first seminal papers about plastic pollution in the Mediterranean Sea were published. At first, the research activity has been mainly focusing on describing the abundance, distribution and composition of floating macro and microliter in Mediterranean waters. More recently, fueled by participation to large national and international projects, several new lines of research emerged, comprising the study of the:

- Movements, transport and spatio-temporal patterns of floating debris accumulation.
- Occurrence and impact of plastic pollution in remote environments such as the Southern Ocean, Antarctica and the Arctic Ocean, mainly through the involvement in the Antarctic Circumnavigation Expedition and the Greenland Circumnavigation Expedition, both funded by the Swiss Polar Institute.
- Harmonization of sampling techniques and laboratory procedures for the analysis of plastic contaminants in marine environments
- Long-term degradation and absorption of contaminants associated with plastic litter in coastal and deep-sea environments.
- Coastal erosion and its impacts on litter dynamics and accumulation on the shoreline.
- Remote sensing of marine litter from space and drones

Experimental activities are performed in a dedicated clean laboratory fully equipped for the extraction, sorting and isolation of microplastics from a wide range of environmental matrices (sand, plankton, water, biota), coupled to a  $\mu$ FTIR (Infrared Spectrometer) for the polymeric identification of particles  $>20\mu\text{m}$  (Bruker LUMOS). The activities also make a predominant use of ship-time, with the active participation in more than 15 cruises on Italian and foreign research vessels in the last 10 years. Additionally, ISMAR oceanographic moorings are also being used to study sinking and degradation dynamics of plastic particles in the deep-sea both in the Mediterranean Sea as well as in the Arctic Ocean. Being an extremely popular topic, outreach and citizen science activities also played a prominent role in recent years, with more than 60 television and journal interviews released since 2013. Dissemination activities included key-note lectures and invited talks at schools and public events, as well as the active engagement in technical working groups such as SCOR, AMAP, PAME and SCAR. Several Citizen Science projects have been also developed, such as the National Survey of plastic cotton buds (in collaboration with Marevivo) and the SeaCleaner project, involving hundreds of high-school students in the collection of beach litter data. This new research line resulted so far in more than 40 publications on the issue of plastic pollution and in the establishment of several collaborations with Italian and foreign universities and research institutes, including amongst the others CNR-ISP, UNIVPM, ISPRA, UNIPI, UCT (South Africa), INGV, OGS, ENEA, UNIGE, IEO-COB (Spain), ARGANS (UK), GeoEcoMar (Romania), UU (NL), SPI (Switzerland), SAMS (UK), Algalita (USA), etc.



# *Sessione 7*

## **Ecologia Marina**



## Ocean-Land Interface: Interactions among physical and bio-ecological processes in coastal and estuarine environments

*Tosi L., Sigovini M., Tagliapietra D., Donnici S., Guarneri I., Bergamasco A.*

Marine and terrestrial environments strictly interlink to each other both in horizontal and in vertical. They do not interrupt at the shoreline nor at the seabed, and most of the processes acting there require investigation based on the concept of ocean-land continuum through a multi looking observation approach. It is necessary to integrate coastal oceanography, hydrogeology and marine ecology by promoting a really interdisciplinary research approach to process study. This can be achieved if researchers simultaneously look from different perspectives at the same location and processes, by identifying common “amphitheatres”, such as a geographical area, or a particular habitat or an environmental concern. Marine geosites, continental-marine water mixing and intertidal habitats/morphologies are the topics jointly investigated by ISMAR and IGG researchers belonging to the Ocean-Land Interface Group. Marine Geosites and Conservation. In the northern Adriatic Sea, there are peculiar marine and coastal habitats hosting a very relevant biodiversity: they are the underwater biogenic-geogenic rocky outcrops of the Italian side named Tegnùe and the *Cladocora caespitosa* formations of the Slovenian littoral pertaining to several coastal ZSC-ZPS of EU interest. To understand the role of bioconstructors and biodemolitors in genesis and evolution of such coralligenous habitats, with reference to anthropogenic changes; to study bioindicator organisms for hydrological and sedimentary processes (groundwater leakages, gas seepage) and paleo-environmental reconstructions are of paramount importance to tailor conservation actions and promote proper use. Continental-marine water mixing. The exchange of surficial water groundwater between land and sea is a major component of the hydrological cycle. The continental-sea water mixing in coastal zones is still a poorly known term in the water budget and plays a key role in modifying marine, lagoonal and terrestrial habitats. In particular, the quantification of groundwater discharge at the seabed and the effect of sea level rise on the saltwater intrusion are still a challenge and require the sharing of multiple skills and experiences. Intertidal morphologies. Understanding the fate of intertidal morphologies is another challenge of the Ocean-Land Interface Group. Their future survival strongly depends on their capability to maintain their elevation above a rising mean sea level. Combining research experiences in geomechanical, sedimentological, geomorphological and biological studies is of paramount importance for assessing the resilience of intertidal morphologies to sea level rise. Biogenic roughness of intertidal/subtidal habitats. Benthic biologic structures characterizing intertidal/subtidal estuarine habitats such as halophytic plant cover, macrophyte colonies and reefs offer multiple ecosystem services and can influence seabed stability and therefore the magnitude of vertical exchanges at the bed. The benthic fluxes are strongly controlled by the hydrodynamic roughness of the sediment-water interface, namely depending on sediment type/size and bed morphology. Therefore, roughness is strongly mediated by biology. Heterogeneity and patchiness of such benthic habitats add to this complexity, so that understanding the role of the biotic component (including biogenic reef and other habitat-forming species) in the erosion-deposition processes, in sediment exchanges at the water-sediment interface (bioturbation, consolidation, biogenic roughness) is of crucial importance for a proper parameterization in hydrodynamical and sediment transport modeling and for management purposes.



## Structure, functioning and evolution of communities for a better understanding of the ecological status and the resilience capacities of marine and transitional environments

*Acri F., Armeli Minicante S., Bergamasco A., **Bongiorni L.**, Bastianini M., Bernardi Aubry F., Camatti E., De Lazzari A., Finotto S., Guarneri I., Maggiore F., Marceta T., Moschino V., Nesto N., Pansera M., Pugnetti A., Schroeder A., Sigovini M., Tagliapietra D.*

Planktonic and benthic organisms are fundamental elements of marine environments and their functioning, as they drive most of biogeochemical cycles and energy fluxes through food webs and ensure the delivery of important ecosystem services. They are characterised by a high diversity of taxonomic, biological, metabolic and ecological traits, which determines complex non-linear interactions with the environment across a vast range of spatial and temporal scales, from seconds to geological times and from local to global. Understanding how communities are structured and evolve in relation to their environment is therefore a crucial requirement to assess the present status and the future changes of marine ecosystems and their resilience to local and global stressors. This line of ISMAR research is mainly based on field observations and encompasses numerous biological and ecological aspects and levels of organization of pelagic and benthic marine systems, from bacteria and viruses to plankton and macrobenthos, and from individuals to communities, in relation with the abiotic context. Our multidisciplinary approach spans from classical morphological and biochemical analysis to the most recent genetic/genomic tools. Our field studies are carried out in several marine, transitional coastal areas and the deep sea, from the Lagoon of Venice to the Northern Adriatic Sea, which include sites belonging to LTER-Italy; and from other Mediterranean areas to other temperate and high-latitude Ocean basins. Research activities are mainly focused on:

- studies on long term ecological dynamic of plankton communities (phyto- and zooplankton) and macrobenthos, and structure and functioning of planktonic and benthic trophic webs;
- studies on microbial diversity and functioning in coastal sediments and their role in the carbon cycle, evaluations of the impact of virus infection on microbial biodiversity, ecosystem processes and functions of deep-sea sediments, and investigations on diversity and co-evolution of microbiomes associated with marine invertebrates;
- studies on environmental gradients, factors and processes responsible for the spatial heterogeneity of benthic habitats and communities, including saprobity which regulates organic matter-oxygen balance, and integrate studies on dynamics of invertebrate larval dispersal and settlement as well as benthic-pelagic couplings;
- studies on key species, such as habitat-formers, or species subject to human exploitation, and on ecological characteristics and role of oyster and other biogenic reefs.

All studies are fundamental and aim at supporting biodiversity and conservation strategies, and integrated resource management according to the ecosystem approach. These activities include national and international collaborations and are also crucial to support the participation of ISMAR to different national and European projects, to European Research Infrastructures (e.g., eLTER RI, Danubius RI, LifeWatch ERIC, EMBRC ERIC, ICOS ERIC, DiSSCo ESFRI) and to contribute to the implementation of the main environmental directives (e.g., WFD and MSFD).

Active and completed projects: eLTER H2020 PPP (2020-2023), eLTER H2020 PLUS (2020-2023), LTER-Italia, Interreg Italia-Croazia ECOSS (2019-2021), PRIN 2017-VIRIDAE (2020-2023), PNRA- DEMBAI (2017-2020),



Assemble Plus (EMBRC-ERIC, 2018-2020). VENEZIA 2021 (2019-2021), Convenzione Università di Trieste (from 2016) e Università di Genova (from 2018), MSFD dal 2016 (ongoing), convenzione ARPAV, LifeWatch-Italia (MoBILab calls), RITMARE (2016-2018), BALMAS, (2016-2018), OCEAN CERTAIN (2013-2017).

## **Ecosistemi marino-costieri: impatto antropico e gestione sostenibile delle risorse biologiche**

*D'Adamo R., Fabbrocini A.*

La forte antropizzazione delle aree costiere provoca l'alterazione o la perdita di habitat marini, con la conseguente alterazione dell'organizzazione e della funzione delle comunità biologiche che in essi vivono. Innanzitutto, la presenza di inquinanti, da quelli ormai noti a quelli emergenti, può avere effetti negativi sulla capacità riproduttiva e di sopravvivenza di molte specie acquatiche, causando alterazione delle popolazioni. La pesca intensiva non solo provoca una riduzione degli stock delle specie target, ma impatta indirettamente anche le specie non-target, come conseguenza delle alterazioni sia della rete trofica che dell'habitat. Anche l'acquacoltura intensiva presenta delle criticità, che vanno dalle problematiche relative ai reflui alla perdita di variabilità genetica delle specie allevate. Una corretta gestione delle aree costiere si fonda sull'equilibrio tra le esigenze produttive e quelle ambientali, e non può quindi prescindere dalla conoscenza dell'ecosistema e delle comunità che lo popolano. Uno dei numerosi aspetti che necessitano di essere approfonditi a questo fine è la conoscenza delle relazioni tra fisiologia delle specie eurialine, parametri ambientali e attività antropiche. Tra le ricadute applicative di questi studi c'è poi la possibilità di sviluppare tecnologie a supporto della Blue Growth, quali quelle relative alla precoce individuazione di situazioni di criticità, che vanno dai sistemi di osservazione e monitoraggio ai test ecotossicologici, nonché le tecnologie che promuovono la competitività delle imprese aumentando la produttività e riducendo al contempo i costi ambientali delle attività nei settori della pesca e dell'acquacoltura. Le attività di ricerca riguardano principalmente: 1) Studio degli effetti dei fattori ambientali (temperatura, fotoperiodo, salinità, alimentazione) e degli impatti antropici (inquinanti, attività legate ai trasporti, al turismo, alla pesca) sulla biologia riproduttiva degli organismi acquatici (ciclo riproduttivo, qualità di gameti ed embrioni prodotti). 2) Sviluppo di strumenti innovativi di valutazione (reti fisse di monitoraggio, identificazione di nuovi endpoints in ecotossicologia). 3) Sviluppo di tecnologie riproduttive (controllo della riproduzione in condizioni confinate, fecondazione artificiale, creazione di criobanche di gameti ed embrioni) per applicazioni in acquacoltura (innovazione delle pratiche di allevamento, diversificazione delle produzioni, riduzione dell'impatto ambientale degli allevamenti, acquacoltura multitrofica) e per la salvaguardia di specie a rischio. Sono attualmente in corso o in avvio le seguenti attività di ricerca:

Attività finanziate: Studio del ciclo riproduttivo di *Aphia minuta* e di *Coryphaena hippurus* nel Golfo di Manfredonia in relazione ai parametri ambientali, finalizzato alla gestione sostenibile delle attività di pesca. Sviluppo di un sistema di filtraggio dei reflui di un impianto di piscicoltura per il recupero del particolato organico sospeso ed il suo riutilizzo quale alimento per la produzione di policheti marini. Valutazione degli effetti delle reti abbandonate sulle biocenosi del Golfo di Manfredonia.

Attività non finanziate: Studio dell'effetto di pH, pressione osmotica, temperatura ed inquinanti, con particolare attenzione a quelli emergenti, sul ciclo riproduttivo, il pattern di motilità spermatica e la capacità di fecondazione di specie eurialine. Sviluppo di protocolli di criopreservazione di gameti di specie eurialine. Sviluppo di saggi ecotossicologici utilizzando spermatozoi criopreservati quale sistema biologico test e i parametri di motilità spermatica quali endpoints.



## Microbiomes associated to corals' species of priority for conservation

*Bongiorni L, Manea E.*

Symbiotic associations between marine metazoans and microbes, including bacteria, archaea and microeukaryotes, play fundamental roles in driving host functions, such as reproduction, development, growth, nutrition and health. Therefore, alteration of microbial composition, richness, and functioning in relation to different environmental drivers can provide fundamental insights into host regulating mechanisms such as resistance and resilience of animals to several stressors. In addition, specific bacterial strains in marine biofilms often directly control the recruitment of planktonic larvae and propagules, either by inhibiting settlement or by serving as settlement cues, therefore contributing to shape population structures within the ecosystem. Hexacorals and octocorals in the Mediterranean Sea form complex biogenic reefs and forests, which serve as refuge, nursery, spawning and feeding areas for several species, thus promoting high biodiversity. For these reasons, corals are considered species of priority for conservation, and are target of several protection and restoration initiatives. This line of ISMAR research aims at achieving a deeper understanding of microbiome symbioses in selected temperate corals species, which are classified by IUCN as endangered and vulnerable, by using a combination of field observations, manipulative experiments and molecular tools. In particular by: exploring the diversity and functions of corals-associated microbiomes inhabiting different vulnerable regions of the Adriatic and the Tyrrhenian Sea and how environmental factors (e.g. anomalous increase in temperature) affect the taxonomic composition of the microbiota; understanding the molecular response of the entire coral - microbiome systems to stress; test if and how environmental factors, including biofilm settlement cues and the presence of other co-occurring macroorganisms, can potentially drive settlement preferences and post settlement survival. Future activities: test the effects of multiple stressors conditions on microbial-corals symbioses, provide information to microbiome patterns which select for more resilient coral populations and individuals, implement coral restoration strategy and techniques, support corals husbandry in public aquariums. Potential synergies with other ISMAR groups: implement knowledge to inform cumulative impact models and support prioritization of conservation measures, produce outputs useful for the support of habitat suitability models.

Active supporting Projects: Assemble Plus (transnational access programme - EMBRC-ERIC, 2018-2020), Accordo di Collaborazione CNR-ISMAR Gardaland SeaLife Aquarium and Jesolo Sea Life, Memorandum of Understanding CNR-ISMAR- KIOST (South Korea).



## Microplastics and marine organisms: distribution pathways and interactions

*Moschino V., Bastianini M., Bernardi Aubry F., Camatti E., De Pascalis F., Falcieri F.M., Finotto S., Ghezzi M., Marčeta T., Nesto N., Pansera M., Schroeder A.*

Plastic pollution in the marine environment is rising as a problem of global concern, and the Mediterranean Sea is one of the most affected regional seas. Recent estimates indicate that between 4 and 12 million metric tons of plastic waste ends up in the oceans, where it is transported by the currents even to remote areas. Large plastic items undergo fragmentation processes due to mechanical breakdown caused by physical phenomena, a process that is accelerated by photochemical processes. When plastic fragments reach a size smaller than  $\leq 5$  mm are categorized as microplastics (MP). In addition to the microparticles resulting from fragmentation of larger items (secondary microplastics), microplastics can also be manufactured ex novo for industrial, cosmetic and pharmaceutical purposes (primary microplastics). The study of the potential interactions between microplastics and organisms is of fundamental importance to understand MP impacts on marine ecosystems. MP particles are ingested intentionally by fish, which confuse them for food as they are similar in size and appearance to plankton, and accidentally by filter feeders. This may negatively influence both feeding activity and the nutritional value of a plankton-based diet, particularly in those species which cannot discriminate the food source. Moreover, microplastics contain organic pollutants, either added during plastic production or absorbed from seawater, which can become bioavailable to organisms after the ingestion of plastic particles. Finally, the implications of the presence of MPs into the seafood and the possible risks for human health are not yet understood. ISMAR-VE expertise in this research topic comprehends the assessment of MP particles in all compartments of the marine environment (i.e., sea surface, water column, sediments as well as on marine biota) and MP tracking with numerical models. Specifically regarding the biota, the most recent research activities are addressed to study the phytoplankton species adhering on fragment surfaces as fouling, the interactions with zooplankton species, the ingestion and accumulation on filter feeders (mainly bivalves) and commercial fish, and the evaluation of the possible effects on the physiological status of chosen bioindicator species through the multibiomarker approach both in exposure and field experiments. Several modelling efforts have been going on from the development of ad hoc implementations of existing hydrodynamical models (SHYFEM and ROMS) to the application of Lagrangian tracking models to study the pathways of distribution of MPs in the Adriatic Sea. Those two approaches (observations and modelling) will be further integrated in the future in order to give a more comprehensive description of MP related issues.

## Specie impattanti per l'ambiente e la salute umana

*Guarneri I., Pansera M., Armeli Minicante S., Bastianini M., Bernardi Aubry F., Camatti E., Finotto S., Schroeder A., Sigovini M., Tagliapietra D.*

Nelle ultime decadi la crescente presenza di specie non indigene (NIS) ha assunto una maggiore rilevanza ed è specificatamente trattata dal Descrittore 2 della Direttiva 2010/477/CE. La presenza di NIS, in particolare di quelle specie che presentano un carattere invasivo, può avere effetti sui servizi ecosistemici e sulla biodiversità con ricadute sulla qualità ambientale, le NIS possono veicolare parassiti e competere con le specie autoctone. Il Mediterraneo è una delle regioni più colpite con un crescente numero di NIS e la laguna di Venezia è considerata il principale hotspot d'introduzione per le coste italiane. Grazie alle competenze specifiche, il CNR ISMAR di Venezia ha rilevato numerose NIS appartenenti sia al comparto planctonico che bentonico. Nell'ambito di differenti progetti di ricerca e monitoraggio (BALMAS, LTER, MSFD) sono state segnalate NIS planctoniche appartenenti a differenti gruppi tassonomici, come i copepodi *Acartia tonsa*, *Pseudodiaptomus marinus*, *Oithona davisae* e lo ctenoforo *Mnemiopsis leidyi*, specie ritenuta tra le 100 NIS più dannose ed impattanti per gli ecosistemi nei quali è stata introdotta e quindi inserita nelle linee di ricerca di ISMAR. Inoltre, per studiare aspetti della biologia ed ecologia del copepode *P. marinus*, 29 scienziati di nove nazioni europee, tra cui due di ISMAR-Venezia, hanno istituito il gruppo di lavoro denominato EUROBUS. Per il comparto planctonico, particolare enfasi è da porre, inoltre, sulla rilevazione di organismi acquatici e patogeni nocivi (HAOP) per l'impatto negativo sull'ecosistema, sulla salute umana e sull'economia. Gli HAOP fitoplanctonici sono specie, native e NIS, che possono innescare fioriture di microalghe (HAB) (*Alexandrium* spp., *Dinophysis* spp., *Pseudo-nitzschia* spp.). La loro presenza o fioritura è stata ed è indagata tramite progetti dedicati (BALMAS), specificatamente in laguna e Golfo di Venezia (MSFD) e viene continuamente monitorata, come tutte le comunità zoo/fitoplanctoniche, nell'ambito delle attività LTER. Per la componente macrofitica, la Laguna di Venezia è la seconda laguna mediterranea con il più alto numero di NIS (es. *Undaria pinnatifida*, *Sargassum muticum*, *Pyropia yezoensis*, *Polysiphonia morrowii*, *Grateloupia turuturu*, *Ulva californica* e *U. australis*). L'introduzione di queste specie è spesso riconducibile a cause accidentali legate all'importazione di bivalvi dai paesi asiatici o al trasporto marittimo e ha svariati effetti sull'ecologia e sull'economia dell'ambiente d'introduzione. Nel comparto bentonico sono state riscontrate NIS appartenenti a numerosi gruppi tassonomici (es. *Ruditapes philippinarum*, *Crassostrea gigas*, *Teredo bartschi*, *Didemnum vexillum*, *Polycera hedgpetii*, *Bursatella leachii*, *Callinectes sapidus*, *Paranthura japonica*). In particolare nello studio dei reef ad ostriche, che costituiscono un habitat importante per i servizi ecosistemici forniti, è stata rilevata la massiccia presenza della controparte aliena che ha quasi completamente soppiantato le specie autoctone (Venezia 2021). Anche in altri studi sono emerse evidenze dell'introduzione di specie con un elevato impatto economico ed ambientale (Ritmare, MAV). Le attività in corso sono volte al monitoraggio ed alla comprensione dei meccanismi del fenomeno e delle possibili azioni da intraprendere. Una maggior efficacia degli studi è ottenuta anche attraverso tecniche innovative, quali tecniche molecolari (DNA-barcoding, metabarcoding) che associate alle metodiche classiche d'identificazione morfologica si rivelano essere strumenti per una rapida e accurata identificazione delle NIS.

## Ecologia trofica e distribuzione spaziale dei piccoli pelagici

*Barra M., Rumolo P.*

Nonostante negli ultimi anni la Comunità Europea abbia dettato le principali misure di gestione per lo sfruttamento sostenibile delle risorse della pesca nel mar Mediterraneo (Reg. (CE) n. 1967/2006), il sistema italiano si trova ancora in una fase di profonda crisi strutturale, dovuta all'effetto combinato di diversi fattori quali il sovra-sfruttamento dei principali stock ittici, l'elevata incidenza dei costi energetici e le difficoltà di un'attenta ed efficace gestione della "filiera pesca". Il CNR partecipa, attraverso la collaborazione di diversi Istituti (ISMAR, IAS, IRBIM, IREA), al Piano di Lavoro Nazionale per la Raccolta di Dati nel settore della pesca e dell'acquacoltura (PLNRDA), finanziato dal MiPAAF e dall'Unione Europea all'interno dell'European Data Collection Framework (DCF). In particolare, nell'ambito del modulo MEDIAS (MEDiterranean International Acoustic Surveys) vengono condotte annualmente campagne oceanografiche volte alla determinazione della biomassa ittica pelagica di specie target nel Canale di Sicilia (GSA16), nel Mar Adriatico (GSA 17 e 18) nel Mar Tirreno e nel Mar Ligure (GSA 9 e 10). Le attività di ricerca sono finalizzate principalmente alla gestione sostenibile delle risorse biologiche e al monitoraggio e la salvaguardia degli ecosistemi marini. In questo contesto, i principali temi sono legati all'acustica applicata, alla valutazione delle risorse ittiche pelagiche, all'influenza delle condizioni oceanografiche sull'ecosistema pelagico e sulle popolazioni ittiche e alle innovazioni tecnologiche nei settori della pesca e del monitoraggio delle risorse biologiche. Durante tali campagne, vengono raccolti dati idrologici, acustici e campioni biologici che hanno permesso di condurre studi di trofodinamica e habitat suitability. Considerando la grande importanza a livello Europeo di una corretta gestione delle risorse marine attraverso un approccio di tipo ecosistemico, le attività svolte finora rappresentano una solida base per una maggiore comprensione dell'ecosistema marino nella sua complessità al fine di sviluppare politiche gestionali che integrino le dinamiche ecosistemiche, i processi ambientali e le dinamiche economico-sociali della pesca in accordo con la Common Fishery Policy (CFP), il Marine Spatial Planning e la Marine Strategy Framework Directive (MSFD).



## Il legno come habitat marino: ecologia, degradazione, cultural heritage

*Tagliapietra D., Guarneri I., Sigovini M.*

Nell'ultima decade il laboratorio di Ecologia del Benthos ha rivolto la propria attenzione ai macro-invertebrati responsabili della biodegradazione del legno in ambiente marino, quali teredini e limnorie. La ricerca si è focalizzata sullo studio della distribuzione ed ecologia di questi organismi in ambiente costiero e di transizione sia a scala locale (Ritmare) che continentale (alla ricerca delle tecniche di protezione ed alla verifica della loro efficacia, es progetto Interreg Ita-Slo DuraSoft: ISMAR LP in partenza al 01/03/2020). Particolare enfasi è stata posta nei rapporti tra uso tradizionale del legno (wooden cultural heritage) e la sua conservazione, come supporto alle azioni di restauro (es. porte d'acqua del Palazzo Ducale di Venezia in collaborazione con Fondazione Musei Civici di Venezia, relitti d'interesse archeologico in collaborazione con l'università di Bournemouth), e come guida all'uso dei materiali alternativi al legno in ambienti sensibili come la laguna di Venezia. Nel corso di questi studi il gruppo del CNR ISMAR di Venezia è stato incaricato dall'ex Magistrato alle Acque di Venezia (Provveditorato Interregionale per le Opere Pubbliche per il Veneto, Trentino Alto Adige e Friuli Venezia Giulia) di testare dei manufatti e stilare dei protocolli utili a verificare l'efficacia di diverso tipo di trattamenti al fine di aumentare la vita dei pali posti in opera per garantire una maggior tutela della sicurezza in materia di navigazione lagunare (progetti: MAV1\_5staz; MAV2\_SS-MC; MAV3\_SS in collaborazione con Università Ca' Foscari ed IVASA). Vengono testati anche metodi innovativi con impregnanti valutati anche per l'eventuale tossicità ambientale (Legni acetilati e furfurilati) ed impregnanti volti ad aumentare la durabilità ambientale delle conifere abbattute sulle Alpi durante i recenti uragani (Dura Soft). Si è collaborato al dottorato in Scienze Marine Forensi dell'università di Pavia tramite l'ex ISMAR Genova. Il nostro laboratorio è stato chiamato dal Bundesanstalt für Materialforschung und prüfung (BAM) a far parte del gruppo di lavoro per la revisione della normativa standard Europea (EN275) per la valutazione della durabilità del legno e l'efficacia dei trattamenti in ambiente marino. È in discussione la possibilità che il sito ISMAR di Venezia diventi un test-site a livello europeo. E in corso una indagine quinquennale sulla presenza e l'insediamento in profondità di xilofagi (Xilophaga) nei canyon marini in Adriatico meridionale (progetto "Deep Mooring" RitMare in collaborazione con CNR ISMAR Bologna. Tecniche di tassonomia integrata (morfologia + genetica) sono state applicate nell'identificazione degli isopodi xilofagi e delle teredini in Alto adriatico arrivando alla risoluzione di sinonimie (collaborazioni con le università di Padova e Portsmouth -UK). A livello internazionale è stata intrapresa un'iniziativa promossa dal gruppo CNR ISMAR indirizzata al raggiungimento dell'integrazione Europea tra ricercatori in materia (meeting finanziato dalla European Science Foundation). L'iniziativa è stata rafforzata attraverso un esperimento congiunto di biogeografia avente lo scopo di evidenziare l'effetto del cambiamento globale su questo particolare gruppo di organismi. L'esercizio coinvolge 20 istituzioni di 13 paesi europei e mediterranei (progetto Xilag).



# *Sessione 8*

**Divulgazione scientifica**



## ***Ocean Literacy vs. Ocean Science: sfide e opportunità per il mondo della ricerca in vista del prossimo decennio UNESCO dell'educazione per lo sviluppo sostenibile (DESS)***

*Alvisi F., Merlino S., Liberti G., Conversi A.*

Ocean Literacy significa diffondere le conoscenze sui temi delle scienze marine sull'esempio di quanto fatto negli USA e in altri paesi europei negli ultimi 15 anni (<http://www.oceanliteracy.org/>; [https://ec.europa.eu/maritimeaffairs/policy/marine\\_knowledge\\_2020](https://ec.europa.eu/maritimeaffairs/policy/marine_knowledge_2020); <http://www.emsea.eu/>; <http://www.oceanliteracyitalia.it/>) per contribuire a creare competenze e sviluppo di carriere (Blue Job) in un crescente contesto di attività economiche legate al mare (Blue Economy). Al fine di promuovere la Blue Growth, sono necessari professionisti altamente qualificati. Tuttavia, molti settori dell'economia blu stanno incontrando difficoltà nel trovare i dipendenti giusti e la maggior parte dei settori si aspetta che queste difficoltà persistano nel prossimo futuro. Tra i possibili motivi sono stati identificati:

- un divario di competenze tra l'offerta di istruzione e le esigenze del mercato del lavoro, in particolare per quanto riguarda gli sviluppi tecnologici e l'innovazione;
- mancanza di comunicazione e cooperazione tra istruzione e industria;
- mancanza di cultura sulle scienze marine (Ocean Literacy).

Sono state messe in atto dalla UE quattro azioni principali per affrontare il divario di competenze nell'economia blu:

1. Invito a presentare proposte per le carriere blu in Europa (Blue Careers - Fondo europeo per gli affari marittimi e della pesca - FEAMP);
2. Progetto di cooperazione settoriale per le competenze nel settore della tecnologia marittima ("Una nuova agenda per le competenze per l'Europa");
3. Gruppo di esperti su "Competenze e sviluppo della carriera nell'economia blu" che supporterà la CE a sviluppare competenze per i settori marittimo e marittimo;
4. Finanziamenti e iniziative sull'Ocean Literacy previste nei programmi UE (es. Horizon2020; EU4Oceans) per promuovere l'alfabetizzazione oceanica (es. European Atlas of the Seas; UNESCO Ocean Literacy Portal).

In tutte queste azioni si trovano riferimenti a:

- necessità di sviluppare piattaforme di cooperazione tra imprese e istruzione a livello locale/regionale/transnazionale per attuare azioni concrete al fine di colmare il divario di competenze, affrontare la sfida della disoccupazione e aumentare l'attrattiva delle "carriere blu" tra gli studenti;
- evidenza delle carenze di competenze e tra queste anche quelle in settori marini di nicchia altamente specializzati, e del loro potenziale impatto sulla crescita, l'innovazione e la competitività nei settori dell'Economia Blu;
- proposte di soluzioni concrete, come la progettazione o l'aggiornamento di programmi e qualifiche (es. Programma Erasmus+ - Sector Skills Alliance);
- necessità di fornire consulenza su istruzione, formazione, competenze e sviluppo della carriera nell'economia blu.

Affrontare questa tematica implica impegnarsi sia in un lavoro di formazione, rivolto a chi dovrà diffondere a sua volta queste conoscenze (ad es. insegnanti ed educatori) e agli appartenenti a specifiche categorie di portatori di interesse, che di educazione, divulgazione e comunicazione scientifica rivolte al pubblico in



generale e alle scuole. Inoltre, è un modo per nobilitare le attività svolte nell'ambito della terza missione del CNR sensibilizzando i cittadini sulle questioni relative all'ambiente marino, promuovendo una connessione logica tra le problematiche marine e le sfide che nel prossimo decennio la società dovrà affrontare in materia di crescita blu/lavoro/economia, stimolando una riflessione sulla responsabilità umana nella gestione del paesaggio costiero e marino e contribuendo alla diffusione di una cittadinanza scientifica "marina".



## Scienza, coscienza e conoscenza del mare: formazione e divulgazione

*Buonocunto F.P., D'Adamo R., Fabbrocini A., Ferraro L., Giordano L.*

L'attività di organizzazione e svolgimento di percorsi formativi scolastici e post scolastici (ex IFTS regionali) ha da sempre caratterizzato la sede ISMAR di Napoli. La partecipazione attiva come partner scientifico (ente di ricerca) nel Polo FORMARE della Regione Campania (2009-2013) e la successiva adesione nel 2015 al piano nazionale di Alternanza Scuola Lavoro (ASL), progetto del MIUR reso obbligatorio dalla riforma della Buona Scuola apportata dalla legge 107/2015, hanno favorito una intensa attività formativa su tematiche inerenti la risorsa mare, regolata da diverse convenzioni con i Licei Scientifici della città di Napoli. I progetti formativi hanno coinvolto centinaia di studenti che hanno svolto attività di formazione in stretta interazione con i ricercatori dell'istituto e tutor didattici. Nei cicli completi di 200 ore, lo studente è stato accompagnato fino all'esame di stato con la stesura di prodotti scientifici, in taluni casi anche originali ed innovativi, presentati nell'ambito di eventi ad ottimo impatto mediatico e di risalto internazionale, come il WOD (World Oceans Day). Campus didattici e workshop, organizzati con il coinvolgimento delle amministrazioni locali, enti e associazioni del territorio, hanno contraddistinto l'impegno dei ricercatori di Napoli nella Giornata dell'8 giugno, dedicata agli oceani ed istituita dall'Ocean Literacy, allo scopo di promuovere l'inserimento delle scienze del mare nei curricula scolastici e di diffondere la consapevolezza dell'importanza sociale, economica e culturale dei servizi legati al mare e del mare stesso a tutti i portatori di interesse, compresi i decisori, i singoli cittadini e i rappresentanti del settore privato. L'attività di formazione svolta dalla sede di Napoli ha inoltre riguardato la partecipazione a Progetti di Formazione Ministeriali (PON01\_02848 STIGEAC, PON01\_02812 PITAM e PONa3\_00363 I-AMICA) con l'obiettivo di formare una nuova generazione di professionisti nel campo della ricerca nelle aree marino-costiere, in particolare con competenze relative all'interpretazione di dati morfo-batimetrici e geologici tramite sistemi integrati ed altamente tecnologici. I percorsi formativi hanno coinvolto, attraverso borse di studio, giovani diplomati e laureati nel settore delle scienze della Terra. Il progetto ha coinvolto ricercatori di ISMAR Napoli, nella qualità di responsabili scientifici e docenti, e personale altamente qualificato proveniente da altri enti di ricerca. Al fine di promuovere una visione sistemica, i percorsi formativi nel campo della geologia marina saranno integrati con attività focalizzate sulla idrologia marina e sulla interazione tra ambiente e biologia riproduttiva di invertebrati acquatici. Le future attività saranno incentrate su:

- a. Azioni rivolte al territorio napoletano: PCTO (Decreto 774 del 4 settembre 2019) con i Licei Scientifici, proposte formative per il personale docente scolastico (Direttiva MIUR n. 170/2016), partecipazione attiva in eventi di divulgazione (Futuro Remoto, World Oceans Day), allestimento e organizzazione di mostre interattive che coinvolgono la sede ISMAR di Napoli, open day in sinergia con la Governance del locale Cluster Marittimo.
- b. Azioni di implementazione, in sinergia con altri gruppi ISMAR, per progetti nazionali/europei su tematiche di interesse della Marine Strategy.



## Ponte tra Scuola e Ricerca: esperienze presso ISMAR Bologna

*Albertazzi S., Angeletti L., Asioli A., Argnani A., Bellucci L.G., Bergami C., **Capotondi L.**, Castellan G., **Dalla Valle G.**, Foglini F., Funari V., Gallerani A., Giuliani S., Ravaoli M., Remia A., Rovere M.*

I risultati scientifici ottenuti grazie allo svolgimento dei vari progetti di ricerca sono oggetto anche di attività didattiche dedicate alle scuole di ogni ordine e grado. Le attività dedicate alle scuole secondarie di primo e secondo grado si svolgono all'interno della convenzione stipulata dall'area di Ricerca CNR-INAF (di cui ISMAR BO fa parte) con l'ufficio scolastico emiliano romagnolo (che ne offre il patrocinio non oneroso) e sono pertanto riconosciute dal MIUR. Oltre alle diverse attività divulgative (oggetto di altri contributi presentati da colleghi con i quali si è in sinergia), si intende presentare brevemente gli approcci comunicativo-didattici sviluppati in seno a questi progetti, i risultati raggiunti ed i futuri sviluppi prospettati per queste attività.



## Comunicare le scienze marine: esperienze ed attività a Venezia

*Falcieri F.M., Bergami C., Ghezzi M., Moschino V., Nesto N., Pomaro A., Pugnetti A.*

La condivisione dei risultati e delle tematiche di ricerca è sempre più importante per affrontare i cambiamenti in atto nella società e nell'ambiente. I ricercatori sono chiamati a riflettere sulle metodologie di comunicazione e sulla necessità di aprirsi al confronto con la società. Le attività di "public engagement" non solo fanno parte della terza missione del CNR ma, già dall'ultimo ciclo ANVUR, sono state oggetto di valutazione dell'istituto. In questo contesto, le attività di ISMAR-VE sono ampie, eterogenee e con un alto valore educativo e culturale. L'obiettivo principale è il coinvolgimento dei cittadini ma anche degli amministratori locali in un processo informativo, di sensibilizzazione, condivisione e ascolto. Le attività svolte presso la sede di Venezia si inseriscono in questo contesto su più livelli: collaborazioni con scuole e altri enti formativi, attività di divulgazione di progetti, pubblicazione di materiale informativo e manuali, organizzazione di eventi istituzionali (mostre e workshop), realizzazione di iniziative di comunicazione informale. Negli ultimi anni sono state organizzate numerose attività di cui alcuni esempi sono:

- dal 2016, in concomitanza con la Biennale, sono state allestite importanti mostre presso la Palazzina Canonica in collaborazione con artisti di fama internazionale come S. Dawood, A. Linke e D. Mitchell. Nel 2019 la Palazzina ha ospitato il padiglione della Nuova Zelanda per la Biennale d'arte. Questi progetti hanno inoltre portato finanziamenti diretti che hanno contribuito alla conservazione del patrimonio artistico della sede storica.
- PAAMELA (Percorsi di Approfondimento Ambientale tra Mare e Laguna): 15 ricercatori hanno organizzato un percorso didattico articolato in lezioni frontali e attività didattiche in collaborazione con una scuola primaria.
- dal 2016 presso la sede di Venezia si celebra il World Oceans Day con una giornata a porte aperte. Per l'edizione 2019 è stata organizzata una mostra, in collaborazione con studenti dell'Accademia delle Belle Arti di Venezia.
- Da due anni è attiva una collaborazione con la Biennale di Venezia per laboratori didattico-scientifici durante il carnevale.
- Accordo di collaborazione con gli acquari Sea Life (Gardaland e Jesolo) per la progettazione e realizzazione di vasche tematiche sulle minacce e sulla conservazione della biodiversità.
- da 5 anni ISMAR partecipa alla realizzazione dei Cammini LTER, eventi di comunicazione informale della scienza lungo tragitti tra siti della Rete LTER Italiana ed Europea. Molti Cammini hanno avuto come oggetto di studio l'ecologia marina e uno si è svolto in canoa.
- Dal 2019 durante il Salone Nautico di Venezia si è tenuta un'apertura della sede dell'Arsenale con presentazione della mostra AQUAE e seminari di divulgazione.
- Ocean Space e TBA21: ISMAR è partner scientifico di un centro che si pone come catalizzatore per l'alfabetizzazione, la ricerca e il sostegno di tematiche legate alle scienze marine attraverso l'arte a Venezia. Queste esperienze dovranno continuare e ampliarsi, dando vita a percorsi strutturati, innovativi e condivisi, che possano rendere ISMAR un polo importante di riferimento per le tematiche ambientali.



## **Dall'ignoto delle profondità marine agli abissi delle passioni umane. Una nuova modalità espressiva per audiovisivi di divulgazione scientifica**

*Iorio M.*

L'arte contemporanea offre il suo contributo alla sperimentazione di nuove forme di comunicazione scientifica e di educazione informale della scienza, come ipotizzato da Frank Oppenheimer, fondatore dell'Exploratorium, di San Francisco USA. Artisti e scienziati sono meravigliosi investigatori della realtà, entrambi esplorano fenomeni e significati e sono commossi dalla bellezza della conoscenza. Oggi partendo da questa comune esigenza si riscopre il connubio tra arte e scienza nonostante le peculiari differenze tra i linguaggi, le metodologie e gli strumenti impiegati. Per entrambi, infatti, la Terra e l'ambiente sono argomenti di grande interesse (per esempio le variazioni climatiche, il riscaldamento globale, lo sviluppo sostenibile, ecc.) Le antenne sensibili degli artisti percepiscono questi argomenti come rilevanti per il rapporto tra scienza e società e gli scienziati sentono il bisogno di condividere i loro risultati con la società. Gli artisti creano nuove estetiche per comunicare nuovi messaggi e nuove preoccupazioni utilizzando sia tecniche tradizionali che tecnologie estremamente sofisticate derivate dalla scienza, come per esempio i rilievi Multibeam. Nasce così la Science art, ossia la possibilità per il grande pubblico di fruire attraverso i sensi, della visione di dati scientifici, reinterpretati attraverso opere astratte in cui, come nei casi presentati, l'uomo, spinto dalle passioni, entra nel dualismo conflittuale tra male e bene; oppure la possibilità di conoscere, attraverso strumenti audiovisivi, arricchiti da elementi poetici e teatralizzanti, frutto della ricerca di un nuovo linguaggio sperimentale, i risultati di recenti studi sulle potenzialità geotermiche e sul conseguente sviluppo economico di un territorio (Campania) a forte difficoltà sociale. La ricerca sui linguaggi di divulgazione offerte dagli strumenti audiovisivi è stata successivamente estesa a prodotti fruibili su smartphone, prodotti che siano di facile comprensione anche per le grandi masse di popolazioni ancora analfabete o con un basso livello di istruzione del terzo mondo, visto che il possesso degli smartphone ha raggiunto, con i 4 miliardi di utenti del 2018, metà della popolazione mondiale. Si applicherà la ricerca di questo nuovo linguaggio audiovisivo per la divulgazione dei risultati scientifici ottenuti nel progetto Geogrid (Sviluppo di nuove tecnologie per l'utilizzo dell'energia geotermica).