

Attività interdisciplinari

Gli ambienti marini profondi possono essere considerati come la nuova frontiera per i prossimi decenni del nuovo millennio. L'esplorazione, la ricerca e lo sfruttamento di queste nuove regioni, le più vaste del pianeta, rappresentano oggi la sfida per un nuovo sviluppo tecnologico e scientifico.

In quest'ottica il laboratorio sottomarino proposto rappresenterà un'infrastruttura unica nel Mar Mediterraneo per lo sviluppo di attività interdisciplinari in ambiente marino profondo. Essa infatti può agire da supporto a sperimentazione a lungo termine in alta profondità e con controllo e raccolta dati on-line, per una varietà di possibili utenze, quali ad esempio:

- stazioni sottomarine di monitoraggio ambientale e sismologico;
- stazioni per rilievi oceanografici;
- una stazione per rilievi chimici e geodinamici all'interfaccia acqua-sedimento;
- una stazione per rilievi biologici.

Si tratterebbe quindi di una struttura unica nel suo genere in Europa che trarrebbe vantaggio da forti sinergie tra enti nazionali di ricerca (INFN, CNR, IGNV, OGS, ...).

Monitoraggio sismologico ed ambientale nell'area del basso Ionio

L'intensa attività sismica della penisola italiana non è limitata alle terre emerse ma è nota la presenza di importanti strutture sismicamente attive in mare che hanno provocato in passato grossi danni alle zone costiere e, sia pure più raramente, Tsunamis. La sismicità in mare, tenendo conto della particolare configurazione della penisola italiana, che possiede oltre 8000 km di coste, può essere ben localizzata e studiata soltanto utilizzando congiuntamente stazioni a terra e mare. Eventuali stazioni di monitoraggio sismologico ed ambientale potranno perciò costituire un prezioso strumento di ricerca scientifica e utilizzabile anche a fini di Protezione Civile.

Riguardo al Mar Ionio al largo della costa orientale della Sicilia è noto che le strutture sismogenetiche presenti in quest'area sono state all'origine di alcuni forti terremoti storici. Uno dei maggiori eventi che produsse danni lungo tutta la costa orientale della Sicilia è senz'altro quello del 1693. Il periodo sismico del 1693 (9 ed 11 gennaio le due maggiori scosse, XI Mercalli) fu uno dei più violenti della storia sismica italiana e portò, come testimoniato da numerose cronache, una distruzione pressochè totale da Catania alla Val di Noto. Tuttavia, nonostante le dimensioni e l'importanza di questo terremoto, il suo epicentro e

la sua struttura generatrice non sono ancora noti con accuratezza. Il fatto che produsse anche un forte Tsunami porta a ritenere che la struttura sismogenetica responsabile di questo evento sia collocabile nel Mar Ionio. Questa zona è inoltre sede di un grosso “gap sismico”. Le strutture presenti a mare hanno sicuramente originato anche il terremoto del Siracusano del 1990 ($M = 5.3$).

Un sito di monitoraggio nel Mar Ionio sarebbe uno strumento di ricerca scientifica e protezione civile e costituirebbe inoltre il naturale complemento del sistema Poseidon. Unendo i dati scientifici dei due sistemi l'area della Sicilia orientale sarebbe monitorata senza soluzione di continuità dall'Etna alle strutture sottomarine.

Dal punto di vista tecnico potranno essere mutate le soluzioni tecnologiche sviluppate all'interno del progetto GEOSTAR (GEophysical and Oceanographic STation for Abyssal Research) dell'INGV che nella sua prima fase ha realizzato il prototipo di una stazione sottomarina abissale in grado di operare autonomamente per lungo tempo fino a grandi profondità. In una seconda fase è già previsto di installare una stazione GEOSTAR in un sito sottomarino permanentemente connesso a terra per mezzo di un cavo elettro-ottico. Questa stazione sarà posizionata al largo di Catania ad una profondità di circa 2000 m utilizzando le infrastrutture di un Sito di Prova Sottomarino dell'INFN. Per una rete più estesa di sensori potranno essere sviluppate e utilizzate unità più semplici e relativamente meno costose, dedicate a monitorare uno o più dei parametri scientifici di interesse.

Dal punto di vista sismologico la presenza di stazioni sottomarine in corrispondenza, o nelle vicinanze di strutture tettonicamente attive permetterà di effettuare studi di microsismicità e di rumore in zone totalmente sconosciute permettendo di studiare al meglio la complessa tettonica del Mediterraneo. La detezione dei terremoti e il loro studio traggono grossi vantaggi dalla presenza di stazioni sottomarine che, se opportunamente posizionate, godono di un rumore di fondo decisamente minore delle stazioni a terra o su isole.

Studio della dipendenza temporale della deformazione di rocce cristalline

Le alte pressioni delle profondità marine possono costituire anche un'utile strumento per lo studio e la comprensione dei processi di deformazione e fratturazione delle rocce che precedono e accompagnano terremoti ed eruzioni vulcaniche. A tale scopo è necessario studiare le relazioni che intercorrono tra l'aumento degli stress tettonici nel tempo e i precursori a medio e breve termine (anni e mesi). Rocce sature d'acqua si trovano dappertutto nella crosta terrestre e l'influenza chimica dell'acqua porta a fenomeni di deformazione e fratturazione dipendenti dal tempo attraverso il meccanismo noto come “stress corrosion”. Lo studio di questi processi è irrealizzabile sul terreno, dove le misure di stress sono ricavate indirettamente da misure di deformazione a grande scala (dalle decine alle centinaia di chilometri), ma è effettuabile mediante esperimenti controllati di deformazione e fratturazione su campioni di rocce di alcune decine di centimetri in laboratorio. La calibrazione di opportune leggi di scala consente di estrapolare le misure alla scala reale.

Il meccanismo che governa la resistenza delle rocce cristalline agli sforzi applicati è quello dello “stress corrosion”, che agisce per influenza meccanica e chimica dei fluidi pressurizzati che indeboliscono la crosta a stress decisamente minori rispetto a quelli calcolati teoricamente. Il modo più opportuno per monitorare tale meccanismo è quello di monitorare il processo di “fatica statica” in esperimenti fragili di “creep”. In questa tecnica, campioni di roccia, saturati di fluidi e non, pressurizzati tramite una pressione confinante in maniera da simulare il carico litostatico, vengono deformati a stress costante. La deformazione viene quindi monitorata come funzione del tempo necessario a generare la rottura. Sono state considerate tre fasi deformative: creep primario (decelerante), connesso con il passaggio dalla deformazione elastica a quella inelastica; creep secondario, che è la misura effettiva delle proprietà meccaniche di dipendenza temporale, creep terziario, che segna l’inizio dell’accelerazione che porta alla rottura. Il passaggio dal creep secondario a quello terziario è l’informazione chiave, perchè consente di quantificare la deformazione necessaria a generare i processi di fratturazione.

Per ottenere misure temporali comparabili con i precursori geofisici misurati sul terreno (da anni a mesi) bisognerebbe operare misure sulla stessa scala di tempo. In laboratorio, per ragioni esclusivamente tecniche non sono effettuabili misure attendibili oltre alle 24 ore, in quanto non è possibile mantenere costante la pressione confinante per lunghi periodi di tempo. Un’alternativa è offerta dalla possibilità di utilizzare le alte pressioni delle profondità marine per lunghi periodi di tempo. Un progetto proposto da ricercatori del Rock and Ice Physics Laboratory dello University College of London prevede la realizzazione di una piattaforma per ospitare alcune decine di campioni di roccia equipaggiati con i trasduttori necessari a monitorare la deformazione e le emissioni acustiche generate nel tempo.

Il laboratorio sottomarino NEMO possiede quattro requisiti indispensabili per operare un siffatto studio di dipendenza temporale della deformazione di rocce cristalline:

- La scala temporale del progetto NEMO è ideale per lo studio a lungo termine illustrato.
- La pressione idrostatica naturale generata dal mare, consente di mantenere lo stress costante per l’intera durata degli esperimenti.
- La profondità del sito, che permette di applicare le pressioni necessarie alla simulazione degli stress cristallini che interessano gli strati sismogenetici superficiali (≈ 1.5 Km di profondità) dove avvengono gli eventi sismici e vulcanici importanti in termini di rischio sismico.
- Il supporto infrastrutturale necessario per la messa in posto dei sistemi deformativi e per l’acquisizione dati.

Biologia marina

La possibilità di disporre di una linea di trasmissione dati ad alta velocità apre anche interessanti prospettive per la comunità attiva nel campo della biologia marina. Sono stati proposti due progetti, per la realizzazione di stazioni di rilevazione di parametri biologici da integrare nel laboratorio sottomarino.

Stazione per il monitoraggio in continuo dei parametri biologici

Gli ambienti marini profondi sono storicamente considerati delle entità stabili, non soggette quindi alle rapide modificazioni ambientali che caratterizzano invece la fascia litorale in relazione all'interferenza antropica. Le caratteristiche oceanografiche delle zone batiali erano considerate fino a poco tempo fa pressochè immutabili, o per lo meno soggette a variazioni molto lente, riferibili ad una scala temporale geologica.

Recenti studi, condotti dal Southampton Oceanography Centre, hanno invece dimostrato che i fondali oceanici sono soggetti a variazioni del tasso trofico-sedimentario, rilevabili addirittura su scala stagionale. Il processo di affondamento del particolato organico, derivato dalle biomasse planctoniche degli strati superficiali, può essere molto rapido e creare un considerevole strato di detrito anche su fondali di oltre 4000m. La sedimentazione del detrito organico a sua volta veicola lo spostamento dei batteri associati verso gli strati più profondi della massa d'acqua. Qui s'instaura un'intensa attività biologica, sostenuta dal comparto batterico, la cui densità può evolvere con andamento anche stagionale, determinando sostanziali variazioni nelle caratteristiche chimico-fisiche e trofiche delle acque profonde.

Nell'ambito degli studi sull'evoluzione globale del pianeta, acquista quindi un ruolo di primaria importanza il monitoraggio biologico dei mari profondi in una scala temporale a medio e lungo termine. Parallelamente all'opportunità di acquisire misure in continuo, ancor più interessante appare l'ipotesi di costruire una stazione fissa di rilevamento contestuale ed interdisciplinare on-line, in grado di inviare immagini ed informazioni sulla funzionalità della comparto biologico, in tempo reale.

A tale scopo sembra opportuno ipotizzare una struttura in grado di affrontare il monitoraggio degli ambienti marini profondi attraverso l'acquisizione in situ di parametri biologici, chimici e fisici, e la valutazione di elementi inquinanti. La stazione dovrebbe essere dotata di una telecamera per alta profondità, di un coulter counter, di un sensore per nutrienti e di un apparato per il prelievo e lo stoccaggio dei campioni d'acqua. I parametri oceanografici (correnti, temperatura, salinità) saranno monitorati con continuità dai sensori del laboratorio. Particolare interesse riveste anche la misura in linea della bioluminescenza che sarà ottenibile dai dati dei sensori ottici del telescopio sottomarino.

Stazione di ascolto per lo studio di mammiferi marini

Interesse è stato anche espresso dalla comunità di biologi marini attiva nel campo della bioacustica, in particolare dal Centro Interdisciplinare di Bioacustica e Ricerche Ambientali dell'Università di Pavia. Si ritiene di estremo interesse la realizzazione di una stazione di ascolto per lo studio di mammiferi marini che tragga vantaggio dalla disponibilità di un collegamento veloce di trasmissione dati a terra. Quello che si intende realizzare è un sistema acustico di ascolto a banda larga con possibilità di localizzazione e tracciamento delle sorgenti acustiche di interesse. I dati saranno trasmessi verso una stazione di analisi che consenta il monitoraggio automatico o semiautomatico in continuo con archiviazione dei dati e possibilità di consultazione e selezione in remoto attraverso un allacciamento veloce alla rete interuniversitaria.

La realizzazione di questa componente del progetto rappresenterà un significativo sviluppo dei programmi di ricerca che si conducono sugli ecosistemi marini nel Mediterraneo, sull'uso degli ecosistemi stessi da parte dei mammiferi marini, sulle loro strategie di comunicazione e sull'inquinamento acustico. Fra le specie del Mediterraneo, balenottere e capodogli sono i soggetti ideali per tale progetto, per le loro caratteristiche acustiche e perché rappresentano una componente importante sulla quale le conoscenze scientifiche relative a spostamenti, habitat critici, cicli biologici, consistenza numerica, sono ancora insufficienti. Un progetto pilota di questo tipo sarà il banco di prova per estendere l'applicazione di strumenti di rilevamento remoti – autonomi e non – alle ricerche di bioacustica subacquea e oceanografia acustica.

La tipologia dei sensori e dei sistemi di analisi e archiviazione dovrà essere definita in funzione delle caratteristiche della piattaforma sommersa, della larghezza di banda utilizzabile sul link ottico e dei finanziamenti disponibili. Il Centro parteciperà alla progettazione della parte pertinente della piattaforma, del laboratorio di analisi e dell'applicazione nel suo complesso, nonché all'acquisizione ed elaborazione dei dati che ne risulteranno, mettendo a disposizione il know-how e i dati maturati in oltre dieci anni di ricerche bioacustiche e all'analisi di segnali acustici biologici e non.