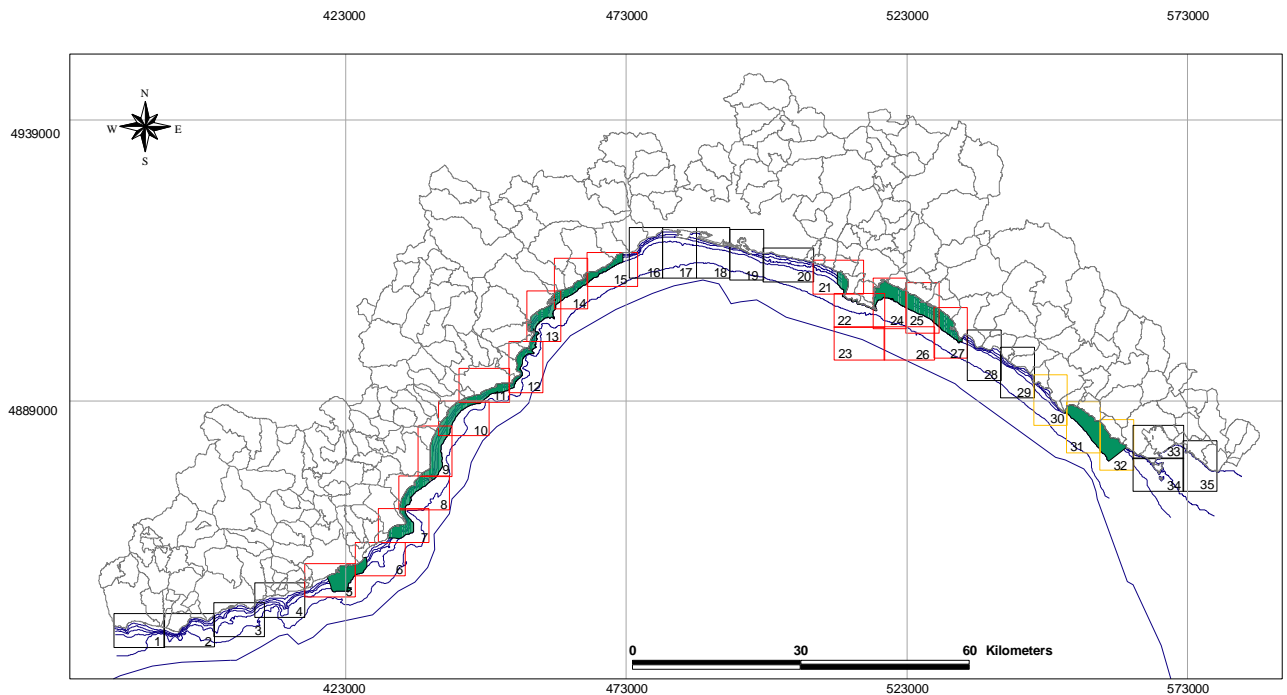






MINISTERO DELL'AMBIENTE
Servizio C.O.C.

PR 17/IC
PROGETTO PILOTA DI CARTOGRAFIA BIONOMICA
DELL'AMBIENTE MARINO COSTIERO DELLA LIGURIA,
COME STRUMENTO PER LA GESTIONE E LA
PROTEZIONE DELLE COSTE

RELAZIONE FINALE



Cartografia disponibile

-  Superfici per le quali esiste una cartografia bionomica oltre alla mappatura delle fanerogame marine
-  Aree per le quali sono disponibili solo carte sedimentologiche e mappatura fanerogame
-  Aree per le quali sono disponibili carte sedimentologiche, mappatura fanerogame e carte bionomiche
-  Aree per le quali sono disponibili carte sedimentologiche e mappatura fanerogame, ma per le quali i dati bionomici esistenti non sono stati implementati su GIS



ICRAM

ISTITUTO CENTRALE PER LA RICERCA
SCIENTIFICA E TECNOLOGICA APPLICATA AL MARE

Responsabile Scientifico del progetto
Dott. Leonardo Tunesi

COLLABORATORI ALLA RICERCA

Responsabile Scientifico del progetto

Dr. Leonardo Tunesi

Al progetto di ricerca hanno collaborato:

- ricercatori ICRAM:
 - Dr. E. Amato (Ecologia marina, rilevamenti bionomici subacquei)
 - Dr. D. Pellegrini (Ecologia marina, relazione tra sedimenti e popolamenti biologici)
- tecnici ICRAM:
 - Sig. F.J. Borsani (supporto impiego R.O.V. e rilevamenti subacquei)
 - Sig. G. Darida (supporto tecnico rilevamenti subacquei)
 - Sig. D. Pinelli (supporto tecnico attività informatiche)
- Borsisti ICRAM:
 - Dr.ssa Maria Elena Piccione (elaborazione di banche dati bibliografiche, biocenotica, aspetti cartografici, realizzazione sistema GIS)
 - Dr.ssa Eva Salvati (rilevamenti bionomici subacquei)
- Assegnisti ICRAM
 - Dr.ssa Sabrina Agnesi (aspetti cartografici, realizzazione sistema GIS)
- personale dell'Ufficio Ambiente costiero e dell'Ufficio Parchi della Regione Liguria, in particolare:
 - Dr. Stefano Coppo (cartografia specifiche classi tematiche)
 - Dr. G. Diviacco (ecologia e cartografia del benthos marino);
- personale del DIP.TE.RIS. dell'Università di Genova, afferente al CoNISMa, sotto il coordinamento scientifico del Dr. Sergio Tucci;
- personale del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Cagliari, sotto la responsabilità scientifica del Dr. Paolo Orrù (impiego di S.S.S., rilievi e cartografia geomorfologica)
- società IDRA di Genova (studio biocenotico e realizzazione di cartografia a scala 1:10.000 dei fondali antistanti la fascia costiera ligure compresa tra Capo Mele e la foce del Centa).

SINTESI

Il presente progetto, sviluppato per i fondali costieri della Regione Liguria, è stato elaborato con l'obiettivo di realizzare il prototipo di un sistema di gestione su base informatica delle cartografie bionomiche e delle informazioni ad esse associate, al fine di fornire indicazioni concrete sulle possibilità di applicazione di uno strumento gestionale di questo tipo a scala nazionale. A questo proposito e al fine di definire un approccio metodologico standardizzato, lo studio è stato articolato come segue:

- raccolta di tutte le informazioni disponibili in letteratura relativamente agli aspetti biocenotici e sedimentologici della piattaforma continentale ligure, con particolare attenzione alle pubblicazioni corredate di cartografie tematiche;
- realizzazione di uno specifico sistema informativo geografico (GIS);
- caricamento delle carte già disponibili in letteratura, mediante l'elaborazione di campi di informazione associati ad ogni carta (metafile), aventi lo scopo di caratterizzare opportunamente le informazioni in esse presenti, sia in relazione agli autori sia alle metodologie impiegate e alle tecnologie disponibili al momento della realizzazione di ogni singola carta;
- pianificazione e svolgimento di attività di rilevamento di dati originali in mare, in un'area ritenuta di particolare valenza, al fine di applicare una metodologia di rilevamento specificatamente pensata per produrre cartografie bionomiche a scala 1:25.000, realizzate al fine di fornire un quadro descrittivo utile alla gestione della fascia costiera;
- caricamento di detta carta sul sistema GIS realizzato nel corso del progetto.

Quindi, in estrema sintesi, il presente programma di studio costituisce un primo tentativo di applicazione e di valutazione dell'impiego dei sistemi informativi geografici (GIS) all'organizzazione, catalogazione e fruizione di carte bionomiche.

I risultati ottenuti nel corso del progetto hanno permesso di confermare l'ipotizzata validità dell'impiego del GIS per la gestione delle cartografie bionomiche; infatti il sistema realizzato ha dimostrato di essere in grado di acquisire, archiviare e gestire grandi quantità di informazioni, permettendo comparazioni ed analisi spaziali.

L'esperienza acquisita nel corso della realizzazione del presente progetto conferma la notevole importanza dell'impiego del GIS per la gestione di cartografie bionomiche, costituisce un esempio della loro organizzazione su supporto informativo georeferenziato e permette di suggerire l'estensione di questo tipo di approccio alla restante parte dei fondali costieri italiani, in relazione all'importanza della cartografia bionomica per l'ottimizzazione degli interventi di gestione e protezione ambientale.

PROGETTO PILOTA DI CARTOGRAFIA BIONOMICA DELL'AMBIENTE MARINO COSTIERO DELLA LIGURIA, COME STRUMENTO PER LA GESTIONE E LA PROTEZIONE DELLE COSTE

1. INTRODUZIONE

1.1. OBIETTIVI

La cartografia tematica rappresenta uno degli strumenti più importanti per la gestione del territorio, sia ai fini produttivi, sia a quelli di conservazione, e tale applicazione sta sempre più interessando, dopo l'ambiente terrestre, anche quello marino.

La cartografia delle comunità biologiche che popolano i fondali marini (cartografia bionomica), svolge un ruolo molto importante in quanto, oltre a fornire un quadro dello stato dei fondali in un determinato momento, risponde a molteplici necessità pratiche. Infatti essa fornisce l'inventario e la localizzazione dei diversi popolamenti presenti sui fondali marini in una determinata area, la stima delle risorse, delle biomasse bentiche e inoltre, grazie alla comparazione di carte elaborate in tempi successivi, permette di stimare l'evoluzione dei popolamenti nel tempo.

Per tali motivi la cartografia bionomica costituisce uno strumento insostituibile nell'ambito degli studi dell'ambiente marino, sia per le sue notevoli capacità di sintesi delle informazioni già esistenti, che per le ampie possibilità di impiego come strumento di lavoro nella pianificazione di interventi di gestione e protezione dell'ambiente.

La conoscenza della distribuzione dei vari popolamenti bentonici in un dato momento, in una determinata area e la possibilità di monitorarne l'evoluzione nel tempo, consente di possedere un potente mezzo per la valutazione della qualità dell'ambiente marino e dei suoi fondali. La cartografia bionomica risulta essere pertanto un valido strumento per la realizzazione di studi di tipo ambientale, tanto più se questa viene realizzata mediante uno strumento completo quale è un GIS.

Il presente progetto costituisce un primo tentativo di applicazione dei sistemi informativi geografici (GIS) alla catalogazione, gestione, fruizione ed analisi, anche comparativa, di carte bionomiche.

La sua realizzazione in un sito pilota costituito dai fondali costieri della Regione Liguria è stata motivata dalla scelta di operare ad una scala che permettesse di dedicare opportune energie alla messa a punto di importanti aspetti metodologici, sapendo *a priori* di poter contare su di un sufficiente numero di cartografie bionomiche realizzate in passato. Il progetto è stato sviluppato in modo da costituire un base dalla quale partire per permettere l'estensione di un sistema informativo di questo tipo alla gestione delle cartografie relative all'insieme dei fondali costieri del nostro Paese.

La scelta dell'impiego di un GIS per la gestione di questo tipo di dati deriva dall'esigenza di disporre di un sistema in grado di acquisire, gestire e manipolare grandi quantità di informazioni, sulle quali, peraltro, è possibile realizzare interrogazioni ed analisi spaziali.

1.2. STATO DELLE CONOSCENZE E UTILIZZO DELLA CARTOGRAFIA PER L'OTTIMIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI DI PROTEZIONE AMBIENTALE

Nel corso degli ultimi anni la cartografia ecologica ha avuto un notevole sviluppo in ambiente terrestre dove le applicazioni risultano essere molteplici, mentre per quanto riguarda l'ambiente marino, sia a causa di maggiori problemi operativi, che per la difficoltà di considerare il mare come territorio, la sua diffusione è stata più lenta e limitata solo a particolari ambiti di indagine.

In realtà, nonostante vi sia un'importante tradizione di cartografia ecologica nel Mar Mediterraneo (MOLINIER e PICARD, 1960; MEINESZ *et al.*, 1983; MEINESZ, 1985), la maggior parte dei lavori esistenti hanno per lo più carattere monotematico, come la mappatura delle fanerogame marine elaborata per i fondali costieri liguri (BIANCHI e PEIRANO, 1995).

Negli ultimi decenni sono state condotte numerose ricerche ambientali lungo le coste italiane, sull'inquinamento delle acque e dei fondali, sulle caratteristiche idrologiche, sulle risorse di pesca e sui popolamenti di fondo.

Questi ultimi, la cui conoscenza è di fondamentale importanza ai fini di intraprendere azioni di tutela e di gestione ambientale, sono stati studiati in

varie località della costa italiana, ma spesso i risultati non sono stati cartografati oppure il materiale disponibile è discontinuo e frammentario ed è stato riprodotto su carta con tecniche, simbologie e scale diverse, talvolta non confrontabili.

A questo proposito va rilevato che, nell'area oggetto di studio del presente progetto (fondali costieri della Regione Liguria), in anni recenti sono stati effettuati studi sulle praterie di posidonia e sui popolamenti bentici di zone più o meno estese.

Nello specifico, la cartografia bionomica costituisce uno strumento insostituibile nell'ambito degli studi dell'ambiente marino, sia per le sue notevoli capacità di sintesi delle informazioni che per le ampie possibilità di impiego come strumento di lavoro nella pianificazione di interventi di carattere ambientale. Infatti essa, oltre a fornire un quadro dello stato dei fondali in un determinato momento, risponde a molteplici necessità pratiche: fornisce l'inventario e la localizzazione dei diversi popolamenti presenti sui fondali marini in una determinata area, la stima delle risorse, delle biomasse bentiche e dei bilanci sedimentari e, inoltre, grazie alla comparazione di carte successive, permette una stima dell'evoluzione dei popolamenti su lunghi periodi (TUNESI *et al.*, 1991).

Quindi la cartografia bionomica costituisce uno strumento molto importante per gestire correttamente la fascia costiera. Solo conoscendo la distribuzione dei diversi popolamenti si può pensare di poter pianificare correttamente la gestione degli spazi costieri e degli antistanti fondali marini, agendo in questo modo in funzione delle vocazioni identificate per le diverse aree.

Questo tipo di approccio mostra la sua validità sia in ambito costiero ampio, nel quale scegliere ad esempio siti di localizzazione di nuove aree portuali o di insediamento di nuovi impianti produttivi (DIVIACCO e TUNESI, in stampa) o ad esempio, a scala più ridotta, per l'elaborazione del modello di zonazione di un'area protetta marina, nell'ambito di una zona già identificata come meritevole di protezione.

In realtà, nonostante da diversi anni la comunità scientifica abbia riconosciuto l'importanza di questo strumento e dei sistemi di informazione geografica (MAEDEN e DO CHI, 1996), il suo impiego, soprattutto in Italia, è stato abbastanza limitato. In particolare l'Ispettorato Centrale per la Difesa del Mare

dagli inquinamenti del Ministero della Marina Mercantile, attualmente Servizio per la Difesa del Mare del Ministero dell'Ambiente, ha finanziato in passato e anche ultimamente (con gli incarichi relativi alle cartografie delle regioni Sardegna e Sicilia), studi di cartografia della prateria di *Posidonia oceanica* (L.) Delile per diverse Regioni italiane; un esempio dei risultati conseguiti con questi studi è il lavoro di BIANCHI e PEIRANO (1995), per i fondali della Liguria.

Inoltre le carte biocenotiche elaborate per aree di particolare interesse ambientale, quando disponibili, hanno costituito importanti supporti per la pianificazione e la zonazione delle aree protette marine: un esempio di ciò è costituito dalla cartografia elaborata per il Golfo Tigullio (MORRI *et al.*, 1986), le cui informazioni sono risultate molto importanti per la formulazione della proposta di zonazione dell'area protetta marina del Promontorio di Portofino.

1.3. PROGRAMMA SCIENTIFICO

In relazione a quanto sopra esposto il presente progetto di studio ha previsto lo svolgimento delle seguenti attività:

- raccolta di tutte le informazioni già disponibili relative all'ambiente marino della Liguria, a partire dalla linea di costa sino all'isobata dei 200 m; a questo proposito sono state contattate le Pubbliche Amministrazioni e in particolare il Ministero dell'Ambiente, gli Enti Locali quali la Regione Liguria (Assessorato Parchi, Assessorato Ambiente e Assessorato all'Urbanistica), i Comuni costieri più attenti alle problematiche ambientali marine e le Istituzioni scientifiche con particolare attenzione a: Università di Genova (che ospita diversi laboratori che hanno una lunga tradizione nello studio degli ambienti del Mar Ligure), l'ENEA (Sede di Santa Teresa - SP) e il Consorzio Nazionale Internuniversity per le Scienze del Mare (CoNISMa), con sede a Santa Margherita Ligure; i dati così raccolti sono stati analizzati e uniformati al fine di una loro gestione su di un sistema cartografico georeferenziato;
- elaborazione di un sistema informativo georeferenziato (GIS), atto ad accogliere i dati raccolti;
- scelta di una simbologia adeguata alla rappresentazione cartografica dei diversi popolamenti identificati nell'area oggetto di studio;

- conduzione di specifiche campagne di rilevamento per un'area che le informazioni raccolte hanno segnalato per la sua particolare valenza;
- realizzazione di carte relative alle informazioni disponibili per i popolamenti dei fondali marini costieri dei fondali della Liguria, provenienti sia dalle informazioni cartografiche disponibili in letteratura che dalla conduzione di attività di campo condotte *ad hoc* nell'ambito del presente programma.

Quanto sopra è stato effettuato sulla base della cartografia adottata dal Ministero dell'Ambiente, ed in collegamento con il Sistema informativo del Ministero stesso.

Inoltre è stato dato incarico al DIP.TE.RIS. dell'Università di Genova, afferente al CoNISMa, di elaborare una carta sedimentologica sulla scorta dei dati disponibili presso lo stesso Dipartimento.

Le carte sia bionomiche che sedimentologiche, fruibili sul GIS per le comparazioni e le elaborazione permesse dall'uso di detto sistema informativo geografico, sono state stampate in scala 1:25.000 per tutta l'area costiera ligure. Inoltre sono state stampate alcune carte a scala 1:10.000 per zone di particolare interesse.

Come accennato in precedenza, il sistema informativo realizzato nel corso del presente progetto è stato concepito in modo da poter accogliere le informazioni cartografiche disponibili per le restanti parti della costa italiana.

E' inoltre prevista la realizzazione di uno specifico CD-ROM al fine di permettere di apprezzare in modo più efficace le potenzialità dell'applicazione del GIS alla gestione di dati di cartografia bionomica.

1.4. FASI TEMPORALI

Le attività di ricerca sono state articolate secondo lo schema di seguito riportato, che ha previsto anche lo svolgimento contemporaneo di attività diverse.

Compatibilmente con le condizioni meteomarine, sono stati realizzati anche degli approfondimenti con attività di rilevamento in campo, in un'area di rilevante interesse naturalistico-ambientale per la quale le informazioni a disposizione sono risultate relativamente scarse.

Le attività sono state organizzate nelle seguenti 4 fasi temporali:

1 Raccolta dei dati esistenti

(Fase 1: 5 mesi)

- Raccolta ed analisi critica delle informazioni esistenti per l'area oggetto di studio presso Pubbliche Amministrazioni, Enti di Ricerca e altre realtà in possesso di informazioni utili alle attività di studio;
- Identificazione e messa a punto di procedure atte ad uniformare i dati utili e permetterne l'inserimento in una specifica banca dati;
- Espletamento del concorso per 1 borsa di studio biennale per laureati in scienze naturali, biologiche o ambientali marine, con esperienza in bionomia del benthos, ecologia dell'ambiente marino costiero e nell'uso di Sistemi Informativi Geografici (GIS), ed inizio dell'attività di formazione del borsista;

2 Approntamento Sistema Informativo Geografico

(Fase 1: 5m; Fase 2: 10m; Fase 3: 5m)

- Elaborazione del sistema informativo geografico in collaborazione con Istituti di ricerca e Società di consulenza, esperti in tali sistemi applicati all'ambiente marino;
- Inserimento ed elaborazione delle informazioni provenienti inizialmente dai dati esistenti e successivamente da quelli raccolti nelle fasi di campo;
- Formazione del borsista su tali metodi;

3 Approfondimenti di campo

(Fase 2: 12 mesi; Fase 3: 6 m)

- Indagini di campo nell'area compresa tra Capo Mele e la Foce del Torrente Centa; le indagini sono state condotte con metodi integrati comprendenti:
 - rilevamenti con sonar a scansione laterale (side scan sonar) lungo transetti prefissati;
 - campionamenti con benna;
 - impiego di telecamera trainata;
 - esame di zone campione con veicolo filoguidato (r.o.v.);

Le indagini sono state effettuate grazie al nolo di imbarcazioni equipaggiate con le strumentazioni necessarie per il rilevamento e per il posizionamento. Tutte le informazioni sono state georeferenziate con GPS differenziale;

4 Elaborazione della cartografia

(Fase 3: 5 mesi; Fase 4: 4 m)

Le informazioni raccolte sono state elaborate in modo da ottenere una cartografia bionomica dei popolamenti e dei sedimenti marini dell'area di studio.

2. INQUADRAMENTO DELL'AREA E DELLA PROBLEMATICHE DI STUDIO

2.1. CARATTERIZZAZIONE DELLA FASCIA COSTIERA LIGURE

Il territorio della Liguria si sviluppa in una fascia ristretta di circa 5400 Km², a ridosso di una fascia costiera dal profilo accidentato, lunga circa 350 Km. Dal punto di vista orografico, la zona montana si identifica come il punto di incontro tra la catena alpina e quella appenninica.

L'intera superficie regionale occupa un'area pari a circa l'1,8 % del territorio nazionale (REGIONE LIGURIA, 1999a).

L'estensione della fascia costiera ligure, senza considerare tutte le articolazioni della costa non significative, è pari a circa 150 miglia nautiche.

Nella ristretta fascia costiera si riscontrano condizioni ambientali estremamente diversificate. L'orografia ligure è infatti caratterizzata da numerosi piccoli bacini idrografici, per lo più a carattere torrentizio, che insistono su una platea continentale molto stretta, soprattutto lungo l'arco centro occidentale.

Una delle particolarità dell'assetto insediativo ligure è la forte concentrazione di residenti e di attività lungo la fascia costiera (con un'occupazione di circa l'80% della linea di costa).

Sotto il profilo urbanistico si rileva lungo la costa ligure un'insieme di situazioni diversificate che vanno dall'urbanizzazione sostanzialmente continua nella riviera di ponente, alla presenza di grosse concentrazioni urbane, portuali ed industriali in corrispondenza dei tre capoluoghi, ai fenomeni dell'edificazione diffusa, nelle due piane costiere della Valle del Magra e nella Piana di Albenga.

La massima densità abitativa ed industriale si riscontra nelle città di Genova, La Spezia e Savona e a Genova, si concentra il 40% dell'intera popolazione ligure (REGIONE LIGURIA, 1999a).

La popolazione è concentrata soprattutto lungo la costa e questa è quindi sede delle più significative problematiche sia ambientali (per la concentrazione dei carichi inquinanti, l'occupazione di parte degli alvei fluviali, la notevole produzione di rifiuti, il consumo di energia e di risorse), che di tipo urbanistico e socioeconomico (per problemi legati alla mobilità, alla distribuzione delle merci,

alla fornitura di servizi, al turismo, al degrado urbano, al sovraffollamento, solo per fare degli esempi).

In Liguria anche l'infrastrutturazione dei trasporti grava principalmente sulla costa, non solo per quanto attiene alle infrastrutture portuali, commerciali e diportistiche, ma anche per quanto riguarda le linee ferroviarie e le principali linee viarie, stradali ed autostradali.

Per quanto riguarda la portualità, intesa sia in termini di porti commerciali sia di approdi turistici, lungo tutto l'arco costiero ligure sono attualmente presenti 42 siti, spesso separati da distanze molto ridotte. L'unica eccezione a questa situazione di elevato numero di strutture portuali è rappresentata dal tratto di costa compreso tra l'estremo a levante del Golfo del Tigullio ed il Golfo di La Spezia, area dell'estensione di quasi 30 miglia, per la quale non è presente un solo punto di rifugio (REGIONE LIGURIA, 1999b).

Gli aspetti ricordati in maniera estremamente sintetica, evidenziano la notevole importanza della zona costiera per la Regione Liguria e fanno risaltare l'importanza di poter disporre di strumenti che, fornendo la possibilità di disporre di informazioni sugli ambiti costieri marini, permettano una più consapevole gestione della fascia costiera.

2.2. CARATTERIZZAZIONE DEI FONDI COSTIERI LIGURI: ASPETTI SEDIMENTOLOGICI E BIOECENOTICI

La piattaforma continentale ligure costituisce una fascia ristretta che comprende parte del margine continentale e della zona costiera e svolge un ruolo di transizione tra il bacino e le catene che lo circondano. La piattaforma si presenta estremamente articolata dal punto di vista strutturale e notevolmente diversificata nei comportamenti neotettonici tra aree attigue, ma anche tra settore interno ed esterno di una stessa area.

Ad eccezione di taluni comparti prospicienti la Riviera di Levante, relativi al margine appenninico, originatisi tra la fine del Miocene ed il Pliocene medio, la gran maggioranza delle piattaforme liguri è il risultato di un processo di costruzione sedimentaria, avviatosi a partire dal Pliocene superiore e sviluppatosi particolarmente nel Pleistocene, con un modellamento dovuto alle ripetute oscillazioni del livello marino.

Nell'ambito di questa generica classificazione è possibile riscontrare una considerevole differenziazione tipologica, funzione della diversa entità di apporti terrigeni e della variabilità locale dei fenomeni neotettonici (CORRADI *et al.*, 1984).

La morfologia di dettaglio delle piattaforme liguri è condizionata inoltre da particolarità di varia natura che si esplicano, nei settori di Ponente, con emergenze di livelli plioquaternari, alternati ad accumuli di sedimenti grossolani più o meno cementati ed, in prossimità delle foci dei principali corsi d'acqua, con accumuli anche imponenti di sedimento terrigeno olocenico, che si ispessiscono verso la costa (CORRADI *et al.*, 1984).

Tutta la zona compresa tra il confine di Stato ed il promontorio di Portofino è caratterizzata da alternanza di zone a sedimentazione olocenica considerevole, con aree in cui la superficie erosiva würmiana praticamente affiora. Queste ultime sono caratterizzate da sedimenti litoranei residui o da depositi di varia natura cementati da calcare.

Le aree ad intensa sedimentazione presentano due situazioni diverse: in quelle prospicienti i corsi d'acqua si è avuta la progressiva formazione di autentiche conoidi, inizialmente costituite da depositi grossolani e successivamente da sedimenti lutitici; queste conoidi tendono tuttora ad ampliarsi ed ispessirsi. Nelle aree relativamente lontane da rilevanti apporti terrigeni diretti si hanno sovente considerevoli accumuli di lutiti, per un meccanismo detto «effetto baia»: processo che risulta imputabile alle correnti cicloniche circolanti lungo la costa (trasporto in senso antiorario da est verso ovest). In alcune di queste aree il sedimento olocenico raggiunge spessori relativamente elevati.

Sotto il profilo dell'evoluzione tettonica, la piattaforma ligure non presenta un insieme unitario, ma si suddivide in due zone principali, il cui limite corre in corrispondenza del confine orientale dell'area urbana genovese. Nella zona di confine si ha una piattaforma in sollevamento, mentre in punti come il tratto Genova – Savona, prevale la subsidenza.

Il litorale ligure della provincia di Imperia, nel tratto compreso tra Capo Mortola ed Alassio, è caratterizzato da una costa alta, orlata in genere da *pocket*

beaches di estensioni variabili ed alimentate da materiali che franano dai rilievi circostanti e/o sono apportati dai corsi d'acqua (CORRADI *et al.*, 1994b).

Solo in corrispondenza dei fiumi e dei torrenti di maggiore entità, come il Roia, l'Argentina, il Merula ed il Centa, o di situazioni ben localizzate (Alassio), si possono trovare spiagge di maggiori dimensioni. Le piane costiere, collegate ai maggiori corsi d'acqua, hanno uno sviluppo ridotto in rapporto all'estensione dei rispettivi bacini idrografici, con l'eccezione della piana di Albenga (CORRADI *et al.*, 1994b).

I corsi d'acqua che sfociano in tale zona hanno bacini idrografici che si sviluppano attraversando diverse litologie affioranti e sono i principali responsabili degli apporti sedimentari.

La piattaforma continentale presenta una discreta variabilità morfologica, dettata principalmente dallo stile tettonico e dalla eterogeneità degli apporti sedimentari: essa è di limitata estensione ed il suo massimo sviluppo si nota in corrispondenza della città di Imperia, dove il ciglio si situa a circa 7 Km dalla costa.

La piattaforma è da comprendersi fra quelle di costruzione sedimentaria, originatasi per effetto della subsidenza e delle oscillazioni glacioeustatiche del livello marino.

I maggiori spessori della sedimentazione olocenica (fino a 20 m) sono individuabili in corrispondenza di coste alte e franose o in zone dove le correnti costiere, dirette da est verso ovest, possono aver accumulato notevoli quantità di sedimenti (CORRADI *et al.*, 1980).

La carta batimetrico-morfologica della zona (CORRADI *et al.*, 1984) mostra numerosi *canyons* sottomarini, le cui testate interrompono bruscamente l'andamento della piattaforma: due sono localizzati in corrispondenza del Roia e del Nervia, uno in corrispondenza dell'Argentine, l'ultimo ad est del promontorio di Capo Mele.

Il tratto di piattaforma continentale compreso approssimativamente tra i centri urbani di Savona e Genova e, più precisamente, tra i *canyons* di Vado e del Polcevera, presenta caratteristiche omogenee al punto da poter essere considerato come un settore di piattaforma ben distinto dagli altri e con evoluzione propria (FANUCCI, 1978).

Il settore di piattaforma in questione è caratterizzato da una discreta ampiezza, insolita per la piattaforma continentale della Riviera di Ponente, e da una morfologia regolare, in quanto è in massima parte costituito, superficialmente, da livelli plioquaternari di scarsa compattezza ed interessata da una copertura di sedimento olocenico di notevole importanza (FANUCCI, 1978).

L'area compresa tra Capo Noli e Varazze è caratterizzata da una costa alta e da spiagge delimitate da promontori; analoga è la situazione lungo il litorale da Varazze a Voltri (Ponente Genovese), che si presenta molto articolato, con tratti di spiaggia (61%) alternati a tratti di costa alta (39%), talvolta interrotti da *pocket beaches* costituite da sedimenti grossolani (CORRADI *et al.*, 1994a).

I valori più elevati del tasso di sedimentazione di questo comparto, si riscontrano nell'area ad ovest di Genova e nella zona compresa tra Albisola Marina e Savona, dove si evidenzia però, una certa variabilità, sottolineata da un accumulo pelitico nella fascia di piattaforma più prossima alla costa, in corrispondenza della foce del torrente Sansobbia. Tale corso d'acqua risulta essere il principale tributario della zona di materiali clastici, che si disperdono sia a Ponente che a Levante, ed alimentano soprattutto la spiaggia di Albisola Marina.

La sedimentazione plioquaternaria risulta abbastanza limitata sotto costa, ma aumenta rapidamente verso l'esterno, raggiungendo le massime potenze in corrispondenza delle foci dei torrenti della zona. Inoltre gli accumuli sedimentari risultano spostati verso ovest in rapporto alle foci dei corsi d'acqua, a causa del fatto che i sedimenti lutitici vengono prevalentemente trasportati in sospensione verso ovest dalla corrente generale del Mar Ligure.

La morfologia dei fondali del Golfo di Genova presenta caratteristiche peculiari a causa dei due profondi ed estesi *canyons* sottomarini, le cui testate si aprono al limite della piattaforma continentale in corrispondenza delle foci dei torrenti Bisagno e Polcevera.

Il ciglio della piattaforma continentale nella zona centrale del Golfo di Genova si situa mediamente a 117 m di profondità. La sua morfologia è piuttosto regolare ed il sedimento che la ricopre è prevalentemente di natura lutitica.

Le conoscenze sulle comunità bentoniche della Liguria risultano sino ad oggi relativamente incomplete, almeno per quanto riguarda gli aspetti puramente cartografici. Infatti l'indagine bibliografica effettuata nel corso del presente progetto ha permesso di rilevare che gli studi disponibili sulla componente bentonica hanno per lo più carattere faunistico; scarso è il contributo cartografico, che risulta limitato ad aree di particolare rilevanza ambientale ed ecologica.

Ricerche dettagliate e ripetute nel tempo sulle biocenosi bentoniche, sono state condotte in zone piuttosto ristrette, prevalentemente nel settore di levante, nel Golfo Tigullio e nella zona della foce del torrente Magra. Fanno eccezione la descrizione biocenotica dell'area compresa tra Punta Chiappa e Sestri Levante (MORRI *et al.*, 1986) e una mappatura delle praterie di fanerogame marine (BIANCHI e PEIRANO, 1995), che fornisce un quadro sufficientemente dettagliato delle distribuzioni di *Posidonia oceanica* (L.) Delile e *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson lungo l'intero arco costiero ligure.

L'Atlante delle fanerogame marine (BIANCHI e PEIRANO, 1995) costituisce l'unica fonte di informazione disponibile a scala regionale, peraltro molto significativa, data l'importanza delle praterie di fanerogame marine come validi indicatori della qualità dell'ambiente marino costiero. Questo studio, in particolare, permette di rilevare una buona presenza delle due specie di fanerogame considerate lungo l'intero arco ligure, anche se permette di registrare un generale stato di stress, soprattutto per quanto attiene alla salute delle praterie di *Posidonia oceanica*.

A tali studi si possono affiancare alcune carte di dettaglio realizzate, frutto di ricerche condotte dai laboratori di biologia marina ed ecologia animale dell'Università di Genova per conto della Regione Liguria, tese a valutare e permettere il monitoraggio dello stato di salute delle praterie di *Posidonia oceanica* e *Cymodocea nodosa* nel ponente ligure, in particolare in relazione alla diffusione dell'alga *Caulerpa taxifolia* (Vahl.) C. Agardh, specie alloctona la cui presenza è divenuta abbastanza importante proprio sui fondali costieri della Liguria più prossimi al confine francese e al quindi al Principato di Monaco (CINELLI *et al.*, 1998).

Per quanto riguarda il ponente ligure, l'analisi di uno studio cartografico realizzato dall'ICRAM nel 1993 per una fascia molto costiera, permette di rilevare una buona ricchezza e diversità nei popolamenti rinvenuti in questo ambito geografico.

ALBERTELLI e CATTANEO (1985) forniscono alcune indicazioni di valenza generale sulla successione nei popolamenti macrobentonici dei fondi mobili liguri, rilevando una generale transizione dai fanghi terrigeni costieri (VTC) ai fanghi profondi (VP), caratterizzata dalla presenza di fondi misti VTC-VP. Sempre nello stesso studio però rilevano la presenza di alcune eccezioni a questa situazione generale proprio lungo il settore Imperia - Capo Mele, caratterizzato, invece, dalla presenza di fondi detritici popolati dalle biocenosi del detritico costiero (DC), detritico fangoso (DE) e, a maggiori profondità, del detritico del largo (DL).

2.3. IMPORTANZA DELLA CARTOGRAFIA BIOECENOTICA

La cartografia ambientale tematica riveste un ruolo di primaria importanza sia per la ricerca di base mirata alla conoscenza degli ecosistemi, sia per gli aspetti finalizzati, legati alla necessità di intervento e di gestione del territorio (SPERANZA e PUPPI BRANZI, 1993; REGIONE LIGURIA, 1999).

La cartografia ecologica è stata fortemente sviluppata in ambiente terrestre mentre, per quanto riguarda l'ambiente marino, le realizzazioni di carte tematiche hanno seguito un percorso più lento, dovuto sia ad una minore tradizione a considerare il mare come "territorio", sia a causa delle maggiori difficoltà operative (COCITO *et al.*, 1991).

La cartografia biocenotica, grazie alla sua notevole capacità di sintesi (MORRI *et al.*, 1986), rappresenta un utile strumento di lavoro ai fini della pianificazione, della gestione e della tutela degli ambienti marini; queste sue caratteristiche la rendono una componente strategica per la realizzazione di sistemi informativi geografici (G.I.S.) relativi alla fascia costiera.

Una corretta gestione del patrimonio ambientale e delle risorse che popolano un determinato ambiente, implica una buona conoscenza sia degli aspetti geomorfologici e sedimentologici di un dato fondale, sia degli aspetti puramente biologici, quali appunto quelli relativi alle biocenosi bentoniche.

La rappresentazione di dati faunistici mediante l'impiego di carte relative alla distribuzione spaziale dei popolamenti su fondali più o meno estesi, sta assumendo un ruolo di importanza sempre maggiore sia per fini naturalistici che per la pianificazione di attività di tutela e monitoraggio.

Inizialmente la produzione di carte tematiche ha avuto un notevole sviluppo limitatamente agli ambienti terrestri, mentre in ambito marino ha seguito un percorso più lento, sia a causa delle maggiori difficoltà operative, sia in relazione ad una minore tradizione a considerare il mare come territorio.

I primi studi, infatti, avevano per lo più carattere monotematico, come la mappatura delle praterie di fanerogame marine, o si rivolgevano alla caratterizzazione di singoli parametri ambientali.

Solo recentemente si sta sviluppando una maggior coscienza dell'utilità della cartografia bionomica come strumento di supporto per la caratterizzazione dei fondi marini e per la valutazione dello stato di salute degli ambienti costieri.

La possibilità di disporre di un quadro di unione dei fondali in un determinato momento e la possibilità di realizzare carte di una stessa area in momenti diversi, consente di monitorare lo stato di salute degli ambienti e di pianificare attività di tutela e di salvaguardia.

Nel momento in cui si procede alla cartografia di risorse biologiche è necessario innanzitutto procedere all'individuazione delle singole unità di popolamento. Uno dei maggiori problemi che si incontrano nel cartografare dati biologici è proprio la definizione delle singole discontinuità.

In merito a ciò la cartografia dei popolamenti bentonici offre notevoli vantaggi, in quanto il benthos, vivendo sul fondo o all'interno di esso, ha una capacità di movimento piuttosto ridotta ed inoltre è caratterizzato da specie caratteristiche che consentono l'identificazione delle varie biocenosi in maniera relativamente semplice.

Inoltre gli organismi bentonici, avendo dei cicli vitali piuttosto lunghi, si propongono come memoria storica di tutti quei fenomeni che intervengono su un determinato ecosistema. Le alterazioni nella struttura delle singole comunità bentoniche sono infatti testimoni e conseguenza di alterazioni dei parametri ambientali che definiscono un determinato ecosistema.

Pertanto, la possibilità di disporre di carte relative alla distribuzione delle singole biocenosi bentoniche in una data area in un dato momento ed a

intervalli di tempo successivi, permette di avere a disposizione uno strumento estremamente utile quale supporto a tutte quelle attività inerenti sia lo studio degli ecosistemi, sia la pianificazione di attività di gestione e tutela del patrimonio ambientale marino, il tutto visto in un'ottica di gestione integrata della fascia costiera.

2.4. IPOTESI DELL'UTILITÀ DEI SISTEMI GIS PER LA GESTIONE DEI DATI CARTOGRAFICI, BIOCENOTICI E SEDIMENTOLOGICI

In generale un'attività gestionale richiede la disponibilità e la fruibilità di un ampio volume di informazioni, che devono essere fruibili in modo agevole, al fine di valorizzarne al meglio il contenuto. Nello specifico, la gestione di informazioni cartografiche, alla quale sono connesse attività di analisi ed elaborazione, diviene maggiormente efficace se supportata dall'impiego di uno strumento in grado di trattare i dati e di visualizzarli in maniera realistica.

I sistemi informativi geografici sono strumenti informatici sviluppati per gestire dati ed informazioni aventi un riferimento spaziale. Generalmente un GIS combina le funzioni amministrative di un database, con strumenti analitici e tecnologie per l'analisi geografica e la cartografia computerizzata.

Un sistema GIS è un sistema informativo in grado di gestire su base cartografica dati georeferenziati qualitativi e quantitativi, permettendo di acquisire informazioni e di strutturarle su livelli diversi indipendenti tra loro, ma in grado di interagire in modo da arrivare, mediante processi di analisi, ad elaborazioni spaziali.

Data la sua enorme duttilità, un sistema GIS può essere applicato in numerosi settori; in realtà l'applicazione dei GIS alla gestione delle risorse marine è ancora abbastanza limitata, o almeno circoscritta a particolari ambiti, come la gestione della fascia costiera, la modellizzazione ed il controllo dell'inquinamento, la maricoltura e la caratterizzazione della linea di costa.

Molte delle più recenti applicazioni dei GIS ai problemi relativi alla gestione della fascia costiera hanno avuto come obiettivo il potenziamento dell'abilità di tali sistemi, dopo avere immagazzinato grandi volumi di dati, di essere in grado di estrarne solo le informazioni utili a rispondere a specifiche domande o problemi.

Infatti una delle principali caratteristiche di un GIS è costituita dall'estrazione e/o individuazione rapida di dati in base alla loro posizione reciproca nello spazio o in base a loro caratteristiche qualitative. Nell'ambito della gestione della fascia costiera quindi, l'utilizzo del GIS presenta delle ottime potenzialità per il trattamento di informazioni sulla natura dei fondali. Proprio sulla scorta di queste considerazioni preliminari, nell'ambito del presente progetto di ricerca si è scelto di utilizzare un sistema informativo geografico per la raccolta, l'elaborazione e l'analisi di dati riguardanti sia le caratteristiche sedimentologiche dei fondali, sia quelle bionomiche.

La possibilità di mettere a confronto informazioni diverse, quali quelle sedimentologiche e bionomiche e di stabilire relazioni spaziali fra le stesse, fa del GIS un ottimo strumento di lavoro per la gestione di carte relative alle caratteristiche dei fondali.

Inoltre la possibilità di catalogare le carte mediante l'impiego di *metadata*, ovvero *files* di testo legati alle carte stesse, contenenti informazioni relative alla natura della carta (autore, origine e precisione dei dati, data di acquisizione, metodiche di campionamento, etc.), permette di disporre in ogni momento delle informazioni necessarie a caratterizzarla, semplificandone e rendendo più efficace la gestione e la fruizione delle informazioni in essa contenute.

3. ATTIVITA' SVOLTE

3.1. RACCOLTA DATI, ANALISI BIBLIOGRAFICA, ORGANIZZAZIONE E REALIZZAZIONE DEL DATABASE BIBLIOGRAFICO

3.1.A. Raccolta dati

La raccolta degli articoli utili alla realizzazione del database bibliografico è stata effettuata sia prendendo come riferimento precedenti raccolte bibliografiche relative all'area di studio (BIANCHI *et al.*, 1987), e a pubblicazioni nazionali del settore (archivi bibliografici della Società Italiana di Biologia Marina del 1996 e della Società Italiana di Ecologia del 1994), sia mediante analisi della bibliografia più recente e indagini condotte presso i gruppi di ricerca afferenti all'Università di Genova.

Inoltre, le collaborazioni avviate con l'Unità locale di Ricerca di Genova del Co.N.I.S.Ma ed il Dipartimento Ambiente e Territorio della Regione Liguria hanno permesso di fruire di ulteriori fonti bibliografiche, sia in termini di pubblicazioni, che di file con informazioni cartografiche georeferenziate. In particolare, l'Ufficio Ambiente Marino Costiero della Regione Liguria ha fornito diverse coperture informative relative alla fascia costiera ligure, mentre l'Unità locale del Co.N.I.S.Ma si è direttamente occupata di reperire ulteriori informazioni utili alla realizzazione della carta sedimentologica.

3.1.B. Analisi bibliografica

Il materiale inserito nell'elenco bibliografico è stato scelto selezionando esclusivamente le pubblicazioni aventi per oggetto benthos, geologia e sedimenti condotti o relativi al Mar Ligure; particolare enfasi è stata posta nella ricerca di pubblicazioni e "letteratura grigia" contenente informazioni di carattere cartografico.

3.1.C. Organizzazione e realizzazione del database bibliografico

La gestione dei riferimenti bibliografici relativi al materiale di interesse per il presente progetto, rinvenuto nel corso delle attività di ricerca, è stata ottenuta mediante la realizzazione di una banca dati bibliografici creata mediante l'impiego dell'applicativo Access[®] di Microsoft. Questo tipo di *software* ha consentito di realizzare un sistema che permettesse non solo di organizzare i dati bibliografici in *record* ma, soprattutto, di poter svolgere ricerche conducendo specifiche interrogazioni realizzabili in funzione dei criteri adottati per organizzare i *record*.

A questo proposito si precisa che gli argomenti trattati sono stati suddivisi secondo un primo criterio generale in lavori ascrivibili a due principali argomenti: benthos e geologia; a questi seguono i sottocriteri: biocenotica, geomorfologia o sedimentologia.

Data la specificità dello studio ed il particolare interesse rivestito dai lavori di natura cartografica, la banca dati è stata inoltre dotata di uno speciale campo che prevede proprio l'indicazione della presenza di informazioni di carattere cartografico per ogni lavoro considerato.

Inoltre la banca dati prevede un campo che permette di disporre dell'indicazione dell'area geografica all'interno dell'arco costiero ligure, alla quale si riferiscono le informazioni fornite da ogni pubblicazione considerata.

3.2. CARICAMENTO E ORGANIZZAZIONE DELLE CARTOGRAFIE TEMATICHE SU GIS

3.2.A. Problematiche generali

I due anni di attività del presente progetto hanno permesso la raccolta della maggioranza del materiale cartografico disponibile afferente alle tematiche oggetto di studio. La raccolta è stata indirizzata nei confronti di tutte quelle pubblicazioni che contenessero informazioni cartografiche corredate da informazioni tali da poterne permettere un proficuo caricamento su sistema GIS.

Va rilevato che, nel momento in cui si procede *ex novo* alla costruzione di un database geografico, è necessario impostare alcuni criteri di riferimento tali da assicurare un'uniformità del prodotto finale. A questo proposito è innanzi tutto necessario scegliere il sistema di riferimento ed il sistema di proiezione, al fine di avere uno standard cui attenersi, e di disporre di tutti i dati georeferenziati rispetto ad uno stesso sistema di riferimento.

Partendo da questi presupposti, valutando la qualità dei dati a disposizione, le fonti di acquisizione ed il tipo di prodotto finale, si è scelto di utilizzare la *proiezione UTM* e di acquisire i dati in coordinate reali (metri).

L'uniformità dei dati è uno dei problemi principali da affrontare nel momento in cui si realizza un sistema GIS, e la scelta delle metodiche e degli standard da adottare deve essere dettata dalle finalità del lavoro.

La scelta della *proiezione UTM*, e quindi delle coordinate reali, è motivata essenzialmente dall'obiettivo di ridurre al minimo le deformazioni delle carte prodotte e di disporre di un sistema di proiezione che permetta di ottenere la superficie reale interessata da ciascuna biocenosi o classe tematica considerata.

Quindi le carte che sono state acquisite da supporto cartaceo mediante digitalizzazione, sono state georeferenziate in *proiezione UTM*, mentre nel caso di carte acquisite da fonti esterne (Regione Liguria o Università di Genova), si è proceduto ad una proiezione dei dati da *Gauss-Boaga* o *proiezione Geografica* nel sistema di riferimento scelto come standard.

3.2.B. Metadata

I metadata sono file di testo, associati ai dati geografici, che forniscono informazioni sui dati stessi. I metadata possono contenere diversi tipi di informazioni e sono un utile strumento per catalogare i file ed avere sempre a disposizione una scheda che documenti la natura del dato e le operazioni compiute su di esso.

Per tale motivo, possedere una documentazione accurata circa la sorgente dei dati, può aiutare a rispondere ai numerosi interrogativi che si presentano durante le varie fasi del lavoro, oltre che aiutare a prendere delle decisioni.

Soprattutto nei casi in cui vengano effettuati scambi di dati tra diversi utenti, o quando più persone lavorano sulle stesse carte, possedere una descrizione del

dato e della sua natura, rende più semplice il lavoro ed evita errori interpretativi.

Il presente progetto, quando concepito, prevedeva lo sviluppo proprio di un sistema di metadata che consentisse di fruire del supporto di questo tipo di applicazione per la gestione delle informazioni relative alle cartografie che sarebbero state raccolte nel corso del progetto. I risultati conseguiti in questo ambito nel corso del presente programma di ricerca sono confluiti nell'impiego degli strumenti resi attualmente (da pochi mesi) disponibili dalla versione 8.0 del *software* ARC/INFO[®], utilizzata per la realizzazione della cartografia. Questo applicativo possiede infatti accurati strumenti per la costruzione dei metadata e inoltre le informazioni strettamente collegate con gli elementi geografici ed i loro attributi vengono aggiornati automaticamente dal sistema ogni volta che si effettuano delle modifiche nella struttura dei dati.

Le informazioni contenute all'interno di un metadata possono essere distinte in due categorie principali:

- informazioni che riguardano direttamente le proprietà dei dati ed in particolare derivano dalla sorgente dei dati stessi;
- informazioni di tipo descrittivo, inserite dall'autore della carta.

Si ricorda che per proprietà dei dati si intende la scala di acquisizione della carta, l'accuratezza, il sistema di proiezione, la struttura delle tabelle degli attributi e tutte quelle caratteristiche che sono legate direttamente al dato stesso.

Inoltre l'impiego del metadata permette, nel corso della sua compilazione, di inserire informazioni relative all'autore, commenti, descrizioni del contenuto delle carte, parole chiave e tutto ciò che venga ritenuto utile al fine di caratterizzare al meglio il contenuto di una carta.

Già da tempo, chi lavora nell'ambito della cartografia, si è reso conto dell'importanza dei metadata e soprattutto dell'importanza di seguire degli standard per la compilazione degli stessi che ne consentano la facile lettura, documentazione e condivisione da parte di utenti anche molto differenti.

La proliferazione di standard per semplificare l'acquisizione delle informazioni che devono essere contenute nei metadata, ha però spesso creato confusione; è per tale motivo che l'ISO (International Standard Organization)

sta cercando di creare uno standard unificato a cui far riferimento, in modo tale da poter, con un formato comune ed una terminologia predefinita, documentare i dati e condividere le informazioni.

In ARC/INFO 8.0 è possibile cambiare l'aspetto dei metadata ed esportarli sia come file di testo che come pagine HTML.

Nell'ambito del presente progetto, in virtù dei dati cartografici disponibili ed in relazione ai possibili utilizzatori della cartografia biocenotica e sedimentologica in questione, si è scelto di creare metadata associati alle singole carte che contenessero informazioni utili alla catalogazione delle stesse, al fine di disporre di elementi atti a valutare il possibile confronto fra carte relative ad una stessa area, realizzate in tempi diversi o con strumenti diversi.

Essendo questo progetto essenzialmente una raccolta bibliografica del materiale cartografico esistente, la necessità è stata quella di stabilire dei criteri per l'identificazione delle cartografie dal punto di vista della loro origine, sia in termini di modalità di realizzazione della carta che di precisione del dato, e soprattutto in relazione al momento in cui è stato realizzato il campionamento.

Pertanto, nei metadata associati alla cartografia sono stati previsti, oltre ai campi relativi alla pubblicazione da cui è stata tratta la carta, campi che identificano la precisione del dato, la strategia di campionamento ed il periodo a cui questo risale. Di seguito si presenta lo schema di un metafile:

Nome campo	Attributi del campo
Nome carta	
Fonte dati su supporto magnetico	<i>Struttura che ha curato la digitalizzazione del dato (ad es.: ICRAM, Regione Liguria, ecc.)</i>
Pubblicazione	<i>Titolo, autori, anno di pubblicazione</i>
Origine dei dati che hanno permesso la redazione della carta	<i>possibilità di scelta tra le seguenti voci:</i> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Attività originale di campo</i> • <i>Sintesi bibliografica</i> • <i>Eterogenea: sintesi bibliografica ed attività di campo</i>
Età del dato	<i>Anno o intervallo di tempo a cui si riferiscono le informazioni utilizzate per la redazione della carta</i>
Precisione del dato	<i>possibilità di scelta tra le seguenti voci:</i> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Loran C</i> • <i>GPS</i> • <i>D GPS</i>
Scala di origine	<i>Scala alla quale è stata realizzata la cartografia</i>

3.2.C. Identificazione e realizzazione di campiture standard per rappresentare le informazioni biocenotiche in funzione della scala di rappresentazione della cartografia

Uno degli aspetti più importanti trattati nel corso delle attività di ricerca è stato quello di realizzare delle campiture standard, leggibili su sistema GIS, per rappresentare le informazioni bionomiche e biocenotiche.

La simbologia cui si è fatto riferimento è quella assunta come standard internazionale nel 1983, proposta da MEINESZ *et al.*. Tale set di simboli è stato studiato per rappresentare le biocenosi su carte a scala di grande dettaglio (1:500 – 1:5000).

Le carte implementate su sistema GIS nel corso del presente progetto, interessano un intervallo di scala molto più ampio, da 1:5000, per aree ben dettagliate, ad 1:25000 per la carta regionale e zone più ampie. Ciò ha determinato la necessità di costruire un set di simboli adeguato alle scale di rappresentazione scelte (utilizzabile anche su carte a scala 1:25000).

A questo proposito, mediante l'impiego del software ARCINFO, sono stati costruiti degli *shadeset*, ovvero dei retini di riempimento, applicabili e leggibili in un ampio *range* di scala.

In relazione al suggerimento fornito da MEINESZ *et al.* (1983) di impiegare colori per distinguere piani diversi, nell'ambito del presente progetto, in relazione alla scelta di rappresentare le informazioni bionomiche ad una scala di dettaglio minimo di 1:25.000, si è comunque preferito utilizzare la simbologia in bianco e nero, al fine di evitare erronee interpretazioni dei simboli e quindi, in estrema sintesi, di facilitare la lettura nelle carte.

Sempre in relazione a quanto previsto e proposto nel contributo di MEINESZ *et al.* (1983), poiché in alcuni casi esso non prevede la descrizione dei simboli atti a rappresentare particolari popolamenti, come ad esempio la distribuzione dell'alga verde *Caulerpa taxifolia*, sia come singolo popolamento che associato ad altri, è stato svolto un lavoro di completamento della simbologia. A questo proposito è stata prodotta una specifica campitura, per la cui realizzazione è stato preso come riferimento il lavoro di MEINESZ *et al.* (1998), relativo alla presenza di *Caulerpa taxifolia* in Mediterraneo. Sempre da questa pubblicazione sono stati tratti i simboli proposti per la rappresentazione grafica di tratti di fondale interessati dalla presenza di *C. taxifolia* associata ad altre

biocenosi. Tali simboli, così come specificato nel testo della pubblicazione, vanno ad integrare quelli già proposti da MEINESZ *et al.* nel 1983.

3.3. ATTIVITÀ ORIGINALI DI RILEVAMENTO IN CAMPO FINALIZZATE ALLA REALIZZAZIONE DI CARTE ORIGINALI

3.3.A. Scelta dell'area di studio

Uno degli obiettivi del presente progetto è costituito dalla messa a punto e dalla applicazione di un approccio metodologico che permetta di redigere una cartografia bionomica di dettaglio sufficiente a fornire indicazioni di carattere gestionale per ambiti costieri riconducibili a tratti di costa relativamente omogenei. A questo proposito, in base all'analisi dei dati esistenti, la scelta dell'area sulla quale condurre questo tipo di attività è caduta sull'area costiera marina di alcuni chilometri di estensione, compresa tra la foce del Fiume Centa e Capo Mele, in Provincia di Savona (Fig. 3.1).

Si è scelto di operare su detta area per il suo interesse nell'ambito della fascia costiera ligure e per le sue caratteristiche, che per molti aspetti possono essere considerate come tipiche di alcuni dei tratti meglio conservati della costa ligure. Infatti detta area ospita zone di particolare pregio turistico afferenti nello specifico ai comuni costieri di Alassio, Laigueglia, Albenga, e al suo interno ricade anche l'Isola Gallinara, area di riferimento per l'istituzione di un'area marina protetta (AMP) ai sensi della legge quadro sulle aree protette 394/91. Detta AMP non è però stata ancora istituita e mancano ancora informazioni adeguate per l'avviamento delle relative procedure.

Inoltre l'area di studio è oggetto di diverse iniziative di carattere gestionale, che vanno dalla realizzazione di una barriera artificiale nelle acque del Comune di Alassio (ISTITUTO DI ZOOLOGIA, UNIVERSITÀ DI GENOVA e CITTÀ DI ALASSIO, 1996), alla proposta di costruzione di un porto turistico lungo la costa afferente al Comune di Albenga, in un'area antistante all'isola Gallinara (REGIONE LIGURIA, 1999).

L'area di indagine comprende la piattaforma continentale antistante il delta del Fiume Centa ed il promontorio di Capo Mele, comprendendo la Baia di Laigueglia e Alassio. Le indagini hanno interessato la piattaforma prossimale fino ad una profondità minima di – 5 metri e la piattaforma distale fino alla

profondità massima di – 150 metri. Il bordo della piattaforma continentale presenta una convessità regolare con andamento subparallelo alla distanza di circa 4 Km dalla costa per risalire bruscamente a nord di Capo Mele ed a Nord di Capo Lena in corrispondenza delle testate di due canyons.

La litologia del substrato (Fig.3.1) è dominata dalle rocce del complesso fliscioide di età Eocenica, si tratta di potenti alternanze che variano da calcari e calcari marnosi a tetto verso termini marnoso arenacei, brecciodi e conglomeratici alla base. La natura notevolmente plastica di tale complesso complica notevolmente la giacitura degli strati che si presentano spesso rovesciati e con inclinazioni vicine a 90°. I termini più recenti, i calcari della Formazione di Albenga (Eocene-Paleocene) affiorano a sud di Capo Lena, passando alle alternanze di calcari, dei calcari marnosi e dei livelli brecciodi della Formazione di Ubaga (Eocene inferiore) (Fig.3.2). attraverso un contatto tettonico per sovrascorrimento nella fascia costiera di Capo S. Croce. Un nuovo sovrascorrimento, in corrispondenza dell'abitato di Alassio, evidenzia il contatto con la serie di arenarie, arenarie marnose e conglomerati quarzosi della Formazione di Testico (Eocene inf. – Paleocene) che caratterizza il litorale di Laigueglia. All'eocene superiore sono attribuibili i calcari ed i calcari marnosi di Capo Mele.



Figura 3.2 – Immagine dei livelli breccioidi in giacitura subverticale della Formazione di Ubaga in corrispondenza del Porto turistico di Alassio

La linea di costa è caratterizzata da una ripa di erosione di altezza media di 3 metri incise nelle alluvioni terrazzate ghiaiose a matrice limo-sabbiosa del delta del Fiume Centa e da corpi di spiaggia a ghiaie grossolane in corrispondenza di Capo Leno ove si apre la foce fluviale (Fig.3.3); verso sud la costa assume una morfologia maggiormente articolata secondo falesie vive incise nei litotipi fliscioidi e caratterizzate al piede da grandi frane di crollo.



Figura3.3 – Aspetto della costa di Albenga in corrispondenza del delta del Fiume Centa

In corrispondenza delle Valli di Alassio e Laignueglia la fascia costiera è sede di due estese spiagge a sabbie medie caratterizzata da notevole estensione trasversale e bassi angoli di pendenza; separate da una ripa di erosione. Le falesie attive, e la costa rocciosa molto acclive riprende in corrispondenza di Capo Mele (Fig.3.4).



Figura 3.4 – Falesie vive di Capo Mele, caratterizzati da calcari marnosi eocenici, organizzati in potenti bancate fortemente piegate

3.3.B. Le metodologie comunemente applicate per realizzare cartografie tematiche in mare ed i criteri adottati per pianificare le attività di rilevamento in mare finalizzate alla realizzazione di una cartografia biocenotica di riferimento

Al giorno d'oggi, quando si affronta lo studio delle biocenosi bentoniche, ci si avvale dei fondamentali lavori di PÉRÈS e PICARD (1964) e di MEINESZ *et al.* (1983). PÉRÈS e PICARD (1964) hanno avuto il merito di dare una definizione precisa della maggioranza delle biocenosi presenti nel Mar Mediterraneo; MEINESZ *et al.* (1983), di uniformare la simbologia per la rappresentazione delle diverse biocenosi e delle loro eventuali facies.

Con il supporto di questi strumenti essenziali, lo studio della bionomia bentonica ha avuto un notevole successo soprattutto grazie alla confrontabilità dei dati rilevati in diverse aree geografiche o nelle stesse zone, ma in periodi diversi. Grazie proprio a questa possibilità di confronto, lo studio delle variazioni nel tempo della struttura biocenotica di una data area, è diventato uno strumento fondamentale nella gestione della fascia costiera: analizzando infatti l'evoluzione dei popolamenti marini nel tempo si possono avere chiare indicazioni sullo stato di salute dei fondali ed individuare eventuali tendenze di espansione o regressione di determinate biocenosi, consentendo di intervenire per tempo una volta compresa la causa di tali fenomeni.

Al fine di realizzare un approfondito studio biocenotico è importante disporre di un quadro conoscitivo comparato sulla struttura geomorfologica e sulla relativa copertura biocenotica della piattaforma continentale; a tal fine sono state condotte delle ricerche geomorfologiche sulla piattaforma continentale, affidate al Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Cagliari, organizzate al fine di definire:

- la determinazione litologica degli affioramenti rocciosi sommersi;
- la ricostruzione dei limiti tra litotipi differenti;
- il rilievo di evidenze di lineamenti tettonici;
- il rilevamento dello stato evolutivo delle forme del rilievo costiero e sottomarino;
- il rilevamento delle principali *facies* sedimentarie
- il riconoscimento di evidenze di stazionamento del livello marino, paleolinee

di riva sommerse

- lo studio dei processi geomorfici in atto, anche in relazione alla dinamica antropica ed ai rapporti con le biocenosi;
- l'interazione tra opere marittime e scogliere di protezione, anche sommerse, con biocenosi di fondo.

Per quanto attiene alla definizione dei rilevamenti biocenotici, va rilevato che, al momento di preparare il piano di campionamento finalizzato alla redazione di una cartografia bionomica, è necessario identificare chiaramente gli obiettivi per i quali la carta dovrà essere elaborata. Nello specifico, con il presente progetto si è scelto di lavorare alla realizzazione di una cartografia biocenotica che servisse principalmente come strumento di pianificazione delle attività di gestione della fascia costiera. Si è quindi deciso di operare ad una scala (1:10.000), identificata come di buon dettaglio per l'obiettivo sopra ricordato, anche se può essere considerata eccessivamente ampia per approfondire aspetti di interesse più strettamente scientifico come, ad esempio, l'identificazione precisa dei limiti distributivi dei diversi popolamenti di fondo mobile.

A questo proposito sono stati considerati i seguenti aspetti:

- disegno di campionamento, in modo che fosse adeguato a fornire un'immagine rappresentativa dell'area oggetto di studio; la densità del campionamento è funzione di molte variabili tra cui la disponibilità economica, le conoscenze pregresse sull'area in questione, i metodi di campionamento e prelievo, ecc. Attualmente sono utilizzabili varie metodologie per la raccolta dei dati necessari ad uno studio biocenotico, e molto spesso uno studio esaustivo prevede l'utilizzo di più tecniche contemporaneamente. Tra i metodi che vengono comunemente usati ricordiamo i rilevamenti satellitari, le fotografie aeree, l'impiego del sonar a scansione laterale o Side Scan Sonar (S.S.S.), l'uso di telecamere subacquee al traino, la realizzazione di bennate, dragate, sino ad arrivare ai rilevamenti diretti in immersione, condotti da operatore scientifico subacqueo. Di frequente la combinazione di questi diversi metodi di raccolta dei dati è funzione della tipologia del fondo da indagare e della profondità alla quale si dovrà operare.
- sistema di posizionamento: nel corso del tempo la precisione degli

strumenti di georeferenziazione è andata migliorando sensibilmente, passando da qualche centinaio di metri di errore con l'impiego del sistema LORAN C, a scarti di pochi metri con i moderni sistemi GPS differenziali. Quest'ultima tecnologia ormai è disponibile a costi contenuti ed è di utilizzo relativamente facile. Quando il rilevamento di dati biocenotici è accompagnato da una precisa georeferenziazione, i risultati ottenuti sono elaborabili con le più moderne tecniche informatiche.

- restituzione su carta delle informazioni raccolte: affinché tutto il lavoro svolto per predisporre ed attuare il piano di campionamento, elaborare e sintetizzare i dati raccolti, possa essere valorizzato a pieno, occorre un adeguato sistema per riportare precisamente su carte georeferenziate le conclusioni relative ai dati raccolti sulla distribuzione dei popolamenti marini.

I dati raccolti, pur rappresentativi della totalità dell'area di studio indagata, non hanno una copertura completa dell'area stessa; pertanto necessitano di una elaborazione; negli studi biocenotici spesso ci si limita ad una semplice ma efficace interpolazione manuale. A questo proposito si possono utilizzare anche avanzati sistemi geostatistici come analisi multivariate, cluster analysis, kriging, ecc. Tutto ciò porta come risultato a delle superfici di distribuzione georeferenziate che andranno a costituire la carta biocenotica vera e propria.

Negli ultimi anni è stato possibile inserire queste carte georeferenziate in sistemi GIS (Geographic Information System). Questi sistemi sono estremamente potenti, capaci di gestire una grande quantità di dati georeferenziati e di analizzare le relazioni spaziali esistenti fra i dati. I sistemi GIS consentono quindi non solo la rappresentazione di carte geografiche, come quelle biocenotiche, ma anche le più avanzate elaborazioni spaziali e geostatistiche (ARDIZZONE, 2000).

In base a quanto sopra ricordato si descrive sinteticamente l'approccio adottato per la pianificazione e lo svolgimento delle attività di campo finalizzate alla realizzazione di una cartografia bionomica per l'area costiera marina compresa tra la foce del Fiume Centa e Capo Mele, in Provincia di Savona (Fig.3.1).

In questa area si è scelto di operare in un *range* batimetrico compreso tra 0 e

150 metri di profondità, al fine di realizzare una carta bionomica gestibile nell'ambito di un progetto GIS, atta a descrivere lo stato attuale dei fondali dell'area e soprattutto, a servire come base di riferimento per attività gestionali a livello della costa e per la conduzione di più specifici studi biocenotici. Inoltre detto elaborato dovrebbe costituire la base di confronto per seguire l'evoluzione dei popolamenti attualmente presenti, fornendo agli enti preposti la possibilità di individuare per tempo eventuali tendenze alla regressione delle biocenosi di maggiore valenza ecologica.

Prima di predisporre il piano di campionamento è stata analizzata la letteratura esistente sull'area marina in questione, compresa la "letteratura grigia", costituita da rapporti e progetti presentati alle amministrazioni locali. Individuati alcuni studi biocenotici riferiti a porzioni dell'intera area interessata, anche molto recenti, e tenendo conto delle disponibilità economiche, è stato scelto di predisporre un disegno di campionamento a densità variabile a seconda della presenza o meno di dati già acquisiti.

In tempi molto recenti i sistemi di posizionamento satellitare hanno avuto una svolta decisiva: il governo degli Stati Uniti ha deciso di eliminare l'errore introdotto intenzionalmente nel segnale GPS a scopi militari; pertanto la precisione dei sistemi GPS normalmente utilizzati è migliorata sensibilmente: nel GPS classico si è passati da un errore di circa 100 metri di raggio ai 30 metri attuali; per quanto riguarda il D GPS (differenziale) l'errore è sceso dai 4 – 5 metri a circa 2 metri.

Avendo a disposizione il D GPS, si è scelto il suo utilizzo per tutte le operazioni di campionamento, nonostante i costi (noleggio dell'apparecchiatura e del segnale) non siano del tutto trascurabili.

La particolare precisione di posizionamento fornita da questo apparato consente, nel caso di particolari risultanze delle indagini, come per i limiti inferiore e superiore delle praterie di fanerogame marine, la presenza di secche di limitata estensione, ecc., di individuarne con assoluta precisione i limiti spaziali, consentendo di tornare in tempi successivi sui siti di interesse. Questo consente ad esempio di valutare la regressione o l'espansione delle fanerogame marine esprimendo una misura in metri o di valutare la dinamica dei processi di colonizzazione di substrati duri.

3.3.B.a. La cartografia geomorfologica

La cartografia geomorfologica a scala 1:10.000 è stata realizzata mediante indagini con Side Scan Sonar riguardanti la piattaforma continentale antistante al tratto di costa ligure compreso tra Capo Mele (a ponente) e la foce del torrente Centa (a levante), tra 0 e 120 m di profondità (Fig. 3.1). Le caratteristiche relative al mezzo nautico impiegato (Fig. 3.5), sono fornite in Tab. 3.1 e la strumentazione utilizzata in tabella 3.2.

Tabella 3.1: Caratteristiche del mezzo nautico impiegato per i rilevamenti con S.S.S.

Moto peschereccio	“ 2 Fratelli Libonati “
Dimensioni	7,0m x 3m x 0,5m
Motore	70 hp diesel
Verricello	idraulico
Scafo	legno
Al disotto della plancia di comando, si trova la cabina nella quale e' stato possibile predisporre le strumentazioni per il lavoro di rilevamento.	

Tabella 3.2: Strumentazione impiegate per i rilevamenti con S.S.S.

Ecografo verticale Furuno Color (100 Khz- 12V cc)
Ecografo a Scansione Laterale (Side Scan Sonar): EG & G mod. 260
Apparato trasduttore (Tow Fish): EG & G mod. 272/T
G.S.P. Trimble- Geotracer 2200
Verricello idraulico



Figura 3.5 - Imbarcazione utilizzata per il rilevamento, in cui si nota in primo piano il verricello idraulico, la plancia di comando e la cabina di lavoro sullo sfondo.

La metodologia utilizzata è quella del G.P.S. differenziale con un ricevitore in posizione fissa in plancia della imbarcazione.

Il sistema utilizzato prevede una stazione principale, GPS differenziale posto sulla nave, con un ricevitore in posizione fissa sulla terraferma.

Preliminarmente alle operazioni di posizionamento è stato determinato lo scostamento tra geoide ed ellissoide WGS84 in Liguria.

L'antenna del ricevitore mobile è stata posizionata sulla controplancia dell'imbarcazione in modo che fossero minimi gli oscuramenti e il *multipath*. La posizione dell'antenna mai variata durante la campagna, è stata segnalizzata in modo da poterne stabilire la posizione rispetto al sensore dell'ecografo verticale e del side scan sonar.

I rilievi sono stati realizzati con un intervallo di acquisizione di 5 secondi mentre l'accoppiamento della traiettoria percorsa dalla nave con i rilievi prodotti dal SSS e con traccia incisa dall'ecografo è avvenuta per mezzo di

“event marker”, scanditi con intervallo di 5 minuti.

Per l’elaborazione delle misure, effettuata come già anticipato dal software Geo Genius, è stato adottato sempre il metodo differenziale lisciato con la fase, che conduce ad errori inferiori al metro nelle tre coordinate. Da queste elaborazioni, che forniscono la posizione dell’antenna del ricevitore, si passa alla posizione del side scan sonar attraverso una traslazione lungo la traiettoria percorsa dalla nave e alla profondità attraverso l’accoppiamento dei dati forniti dall’ecografo verticale.

Other Trimble GPS Pathfinder products for GIS capture and mapping.



Trimble GeoExplorer™ This pocket-size hand-held unit is the smallest GPS device we offer for mapping. It's appropriate for many types of mapping tasks that don't require the high performance offered by the GPS Pathfinder Pro XL.



Trimble GPS Pathfinder Basic™ XL Our most rugged GPS data capture equipment. It's excellent for extreme environments and for mapping particularly tough terrain. Dataloggers are available as an accessory to the Basic XL system. When equipped with a TDC1 or MC-V datalogger, the Basic XL system can collect the same feature-and-attribute details as a Trimble GPS Pathfinder Pro XL.



Trimble GIS Surveyor™ The Trimble GIS Surveyor not only gives you sub-meter accuracy in seconds, but is also fully upgradable to survey capabilities. The GIS Surveyor offers the functionality and features of a Pro XL while providing an upgrade path to the real-time centimeter capability of Trimble's surveying products.



Trimble GPS Pathfinder Community Base Station™ A fully automatic, programmable GPS reference station that provides differential base files to GPS rovers within 500 kilometers. It features an advanced 12-channel receiver that collects GPS data from up to 12 satellites simultaneously.

Figura 3.6 - Strumentazione utilizzata per il rilievi G.P.S. differenziale TRIMBLE- GEOTRACER 2200

Per l'indagine geofisica sono stati impiegati i seguenti strumenti:

- Ecografo a Scansione Laterale (Side Scan Sonar) – E.G. & G. ; mod. 260
- Trasduttore dell'ecografo a scansione laterale - E.G. & G. ; mod. 272/T
- Ecografo verticale Furuno Color (100 Khz - 12v c.c.)

Le ulteriori caratteristiche tecniche degli strumenti sono descritte nelle rispettive tavole riportate di seguito (Figg. 3.7, 3.8 e 3.9).

Al fine di inquadrare il problema interpretativo e di rendere esplicite le procedure di restituzione cartografica delle ecografie a scansione laterale è necessario fornire alcuni elementi sul funzionamento dello strumento.

Il Side Scan Sonar è composto da due unità, una di superficie, comprendente il registratore grafico e parte dell'elettronica (filtri ed amplificatore), ed una seconda che viene trainata in immersione a poca distanza dal fondo (trasduttore).

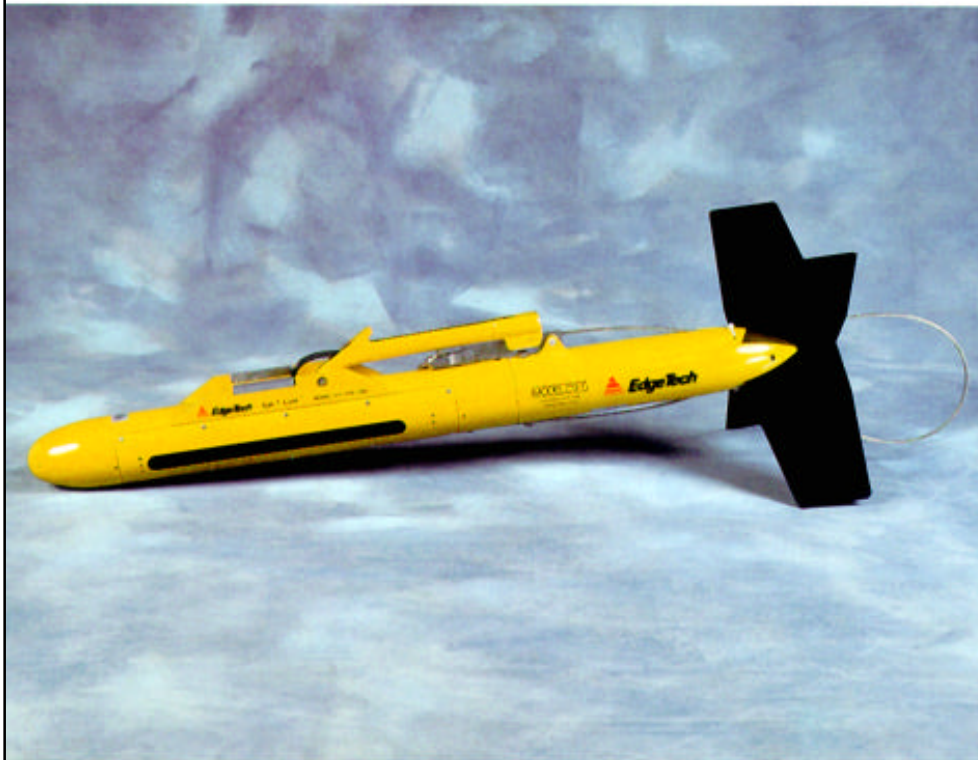
Lo strumento emette l'impulso acustico nel piano verticale, in tutte le direzioni, con un angolo di apertura orizzontale minimo di circa 10° . Gli echi ricevuti provengono pertanto sia dal fondo che dalla superficie. Più elevata è la frequenza impiegata, maggiore è il potere di risoluzione, ma minore è la portata dello strumento, e quindi la zona di fondo esplorata.

L'immagine acustica viene realizzata in tempo reale dal registratore grafico ed è costituita da una successione di righe ciascuna delle quali è la rappresentazione degli echi prodotti da un singolo impulso.

Le immagini ottenute rappresentano il fondo marino a destra ed a sinistra del percorso effettuato dal mezzo nautico. La zona bianca al centro è una semplice separazione dei due canali dello strumento, senza perdita effettiva d'immagine sulla verticale. L'immagine prodotta dal registratore è di tipo negativo, in cui l'intensità del segno è proporzionale all'intensità dell'eco riflesso.

L'interpretazione delle immagini si basa essenzialmente sulla forma e sull'intensità degli echi, unitamente alla presenza ed alla forma delle ombre acustiche.

Model 272 Series Side Scan Sonar Towfish



Shipwreck at 100 kHz



Shipwreck at 500 kHz



Mooring at 100 kHz



Mooring at 500 kHz

Provides High Resolution Seafloor Images; Features Unique Saf-T-Link™

The Model 272 Saf-T-Link Towfish is a hydrodynamically stable, towed body which contains the electronics and transducers necessary to generate and receive side scan sonar signals. It is designed for use with the Model 260-TH Side Scan Sonar Thermal Recorder at depths up to 600 meters. Various tow cable systems provide the mechanical means for towing the fish near the seafloor and the electrical means for powering the fish, triggering the transmitters, and sending the return signal to the topside Model 260-TH for processing and display.

The Model 272-T Towfish incorporates circuits for transmitting and receiving the "standard" 100 kHz side scan sonar frequency. The Model 272-TD Towfish operates at either 100 kHz or the higher resolution 500 kHz via a selector switch located in the front panel of the Model 260-TH Recorder.

The Model 272-T and Model 272-TD can both be towed with lightweight, Kevlar tow cables or, for deeper waters, by Double Armored Steel-clad cables.

Features

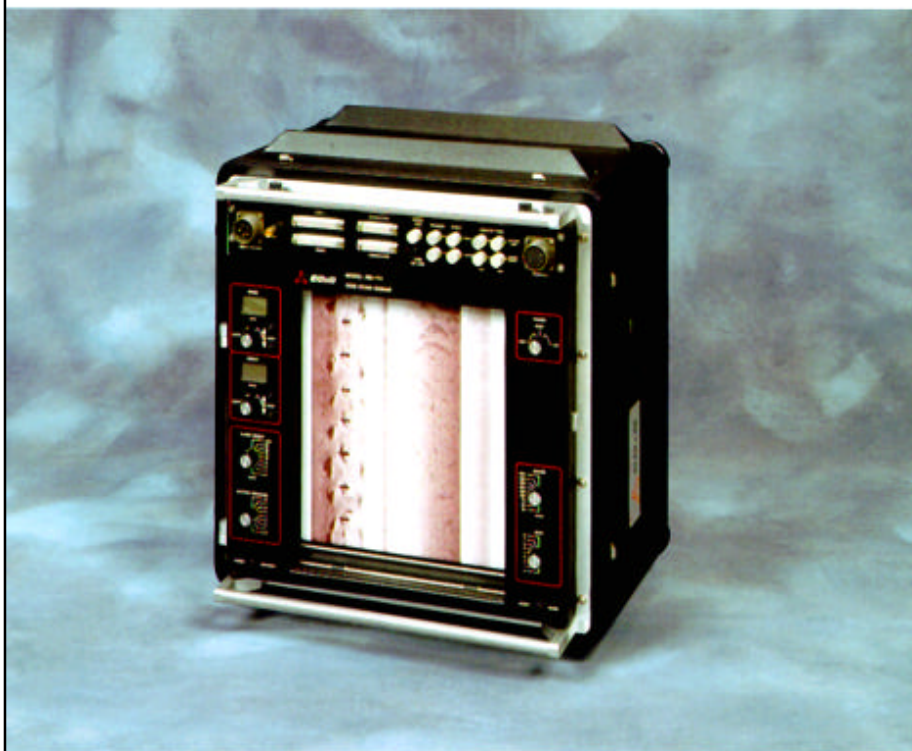
- Model 272-T operates at 100 kHz
- Model 272-TD operates at 100/500 kHz
- Time Varied Gain
- Saf-T-Link™ towing arm
- Breakaway tail fins
- Lightweight for one-person deployment/recovery
- Corrosion resistant
- Rugged, modular construction for ease of maintenance

Applications

- Hydrographic surveys
- Channel conditioning and clearance surveys
- Geological surveys
- Environmental surveys
- Cable and pipeline surveys
- Search and recovery
- Site selection surveys, pre-post dredging surveys
- Mine countermeasures

Fig. 3.7 - Dati tecnici del Sonar a scansione laterale EG&G 272/TD a 100 KHz

Model 260 Series Side Scan Sonar Recorder



Side scan image in Model 260 product photo: Boston Harbor Diffuser Site



Shipwreck at 100 kHz



Lobster Pots at 500 kHz



Outcropping of Algae at 100 kHz

Compact, Portable System Provides Fully Corrected Seafloor Images

The Model 260-TH Image Correcting Side Scan Sonar Thermal Recorder is a microprocessor based, dual channel, hard copy display unit. It receives and processes data from one of our compatible towfish (Model 272-T, 272-TD, 990-996, DF-1000) to display in real time a pictorial view of the seafloor. The resulting image is fully corrected for slant range, ship speed and amplitude, giving an accurate plan view of the seafloor topography. The size, shape and location of various seafloor features, including man-made objects, are accurately displayed. When interfaced to a navigation system, the Model 260-TH will display the navigation data on the bathymetry channel. The Model 260-TH's Navigation Speed input automatically adjusts the hard copy record to achieve a 1:1 ratio image.

The Model 260-TH Side Scan Sonar Recorder is a key component of EdgeTech's standard Side Scan Sonar system. The addition of any compatible towfish and tow cable completes the basic system. An optional Model 380 Digital Tape Cartridge Unit can be added for digital data recording.

Features

- Fully corrected sonar images
- Thermal printer provides clear, quiet operation
- Simple to operate
- Rack mountable
- Lightweight, portable
- AC or DC operation
- Built-in NMEA 0183 interface
- Rugged construction
- 100-500⁺ kHz operation

Applications

- Hydrographic surveys
- Channel, conditioning and clearance surveys
- Geological surveys
- Environmental surveys
- Cable and pipeline surveys
- Search and recovery
- Site selection surveys, pre/post dredging surveys
- Mine countermeasures

* Actual Operating Frequency is 300 ± 20 kHz



Figura 3.8 - Dati tecnici del Registratore digitale EG&G

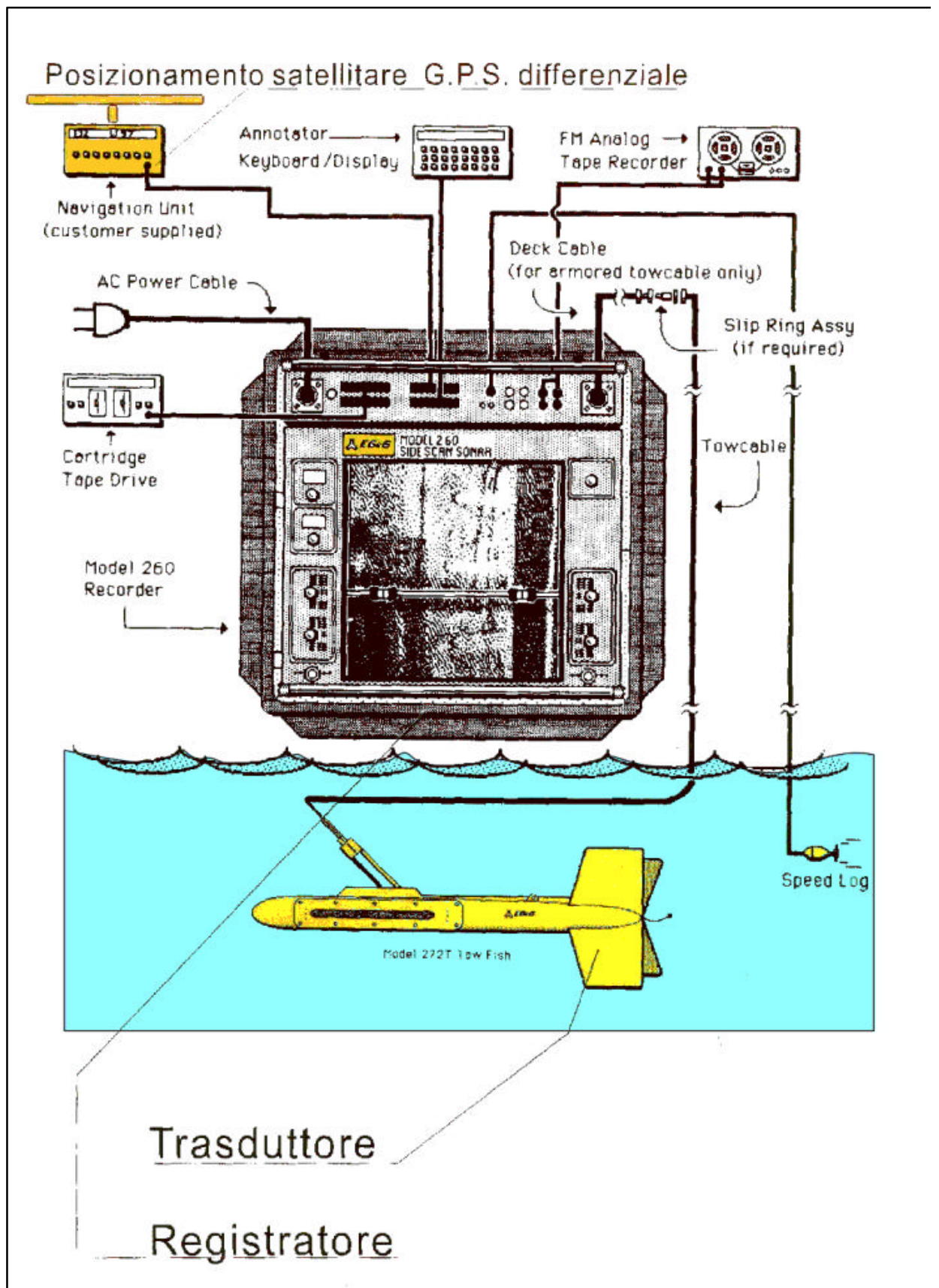


Figura 3.9 – Schema di funzionamento del sonar laterale EG&G 272.

Le operazioni di elaborazione dei dati hanno preso avvio dalla costruzione di piani di posizionamento, ove sono state riportate le rotte compiute dalla nave durante i rilievi. In particolare per il presente lavoro sono state scelte le scale operative 1: 25.000 e 1:10.000, e la costruzione del "piano" è stata realizzata attraverso la registrazione, in tempo reale, di quattro dati per ogni "fix", segnale che contrassegna a cadenza costante la registrazione: N° progressivo, coordinate geografiche e profondità.

La successiva gestione dei dati di posizionamento, e della conseguente costruzione dello schema delle rotte nave, è stata realizzata, sempre in tempo reale, tramite un supporto G.I.S in ambiente Mapinfo (Fig. 310).

L'utilizzo di tale tecnologia ha favorito l'integrazione di dati acquisiti con metodiche differenti consentendo inoltre con estrema facilità le variazioni in scala; si è potuto così passare da visioni di insieme all'esame di situazioni di estremo dettaglio.

In tabella 3.3 è presentata la lista dei profili eseguiti con S.S.S.

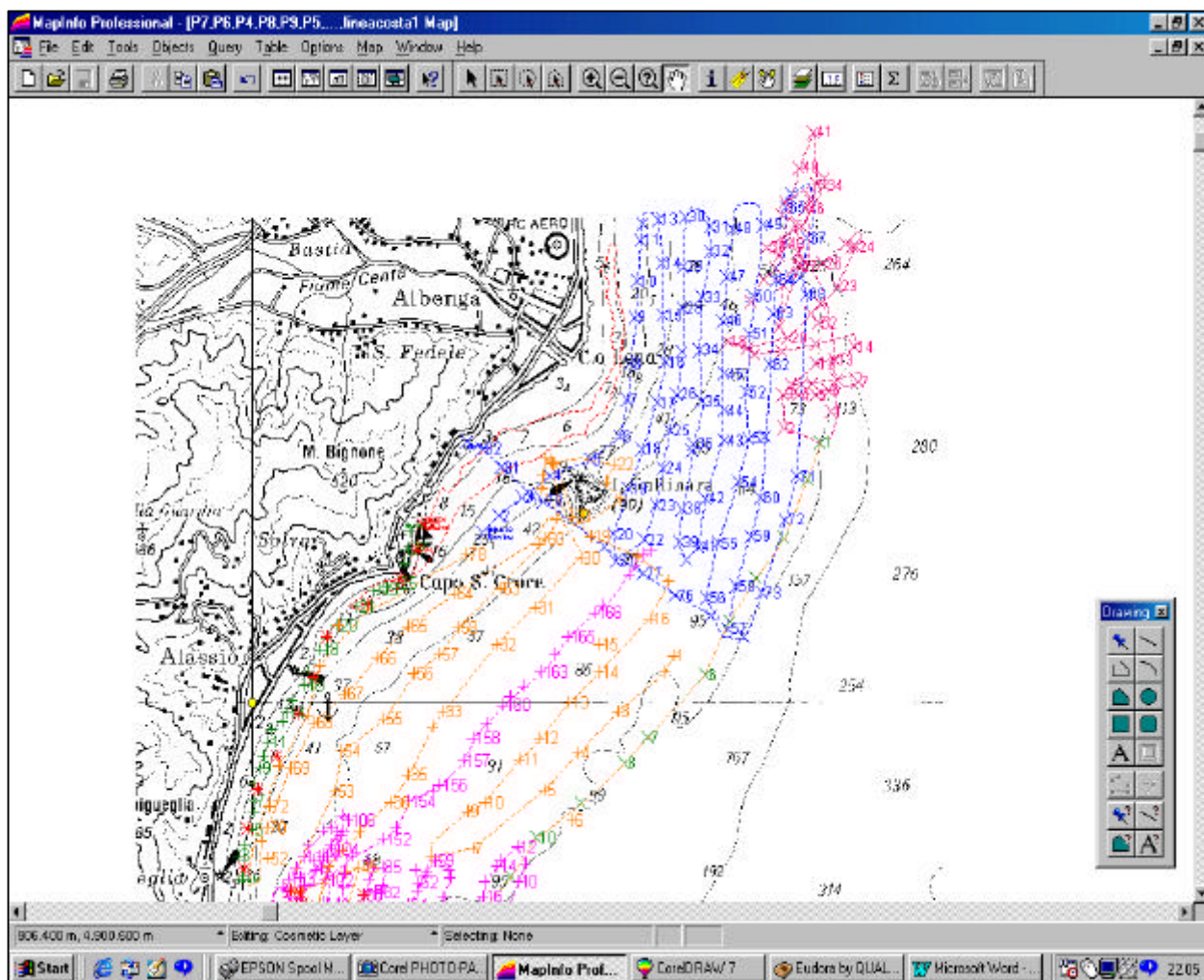


Figura 3.10 – Schermata di lavoro GIS Mapinfo – Carta di posizionamento dei profili sonar eseguiti in zona dell'Isola di Gallinara – Delta del Fiume Centa.

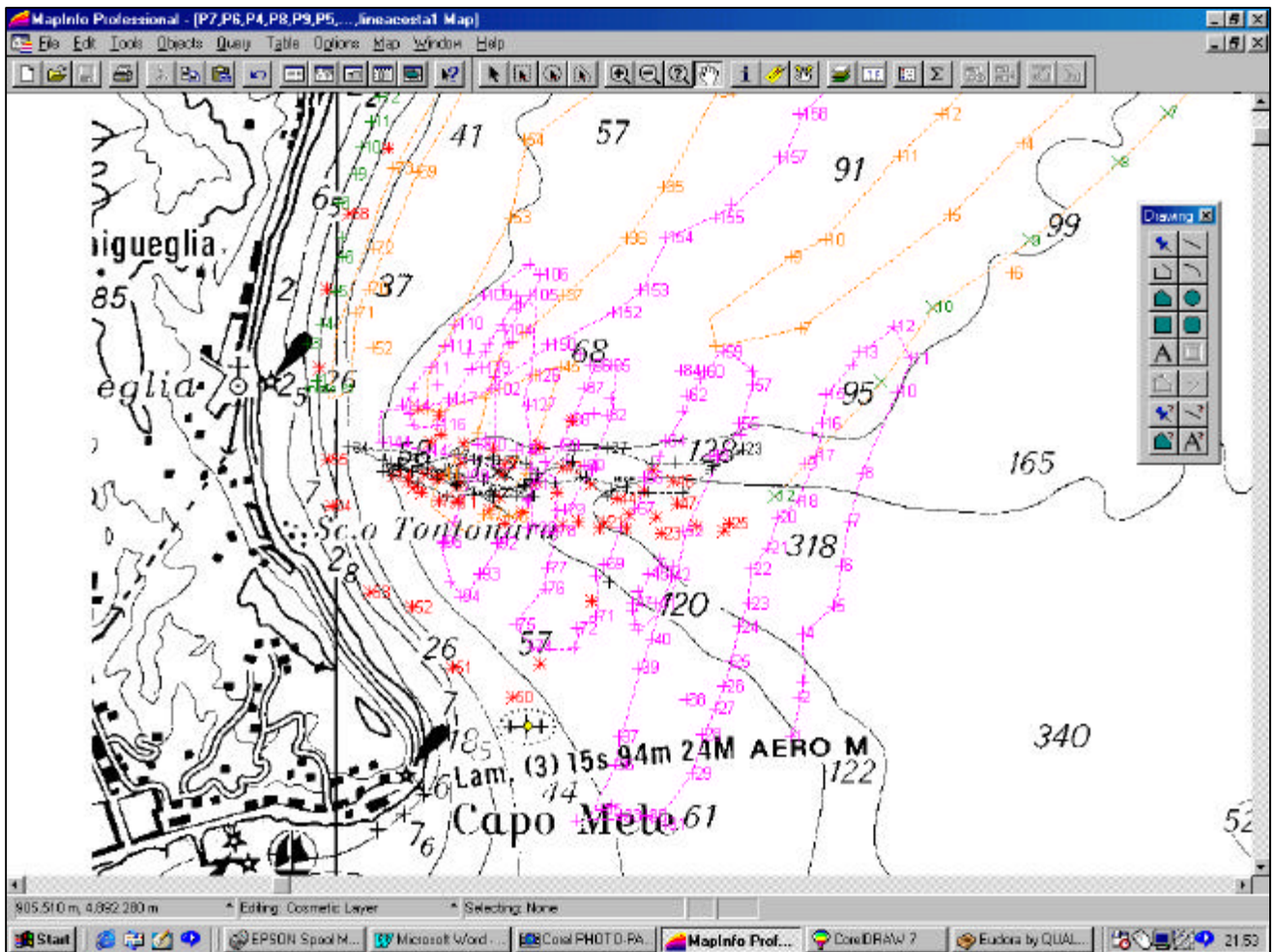


Figura 3.11 – Schermata di lavoro GIS Mapinfo – Carta di posizionamento dei profili sonar eseguiti in zona di Canyon di Capo Mele

Tabella 3.3.: Lista dei profili eseguiti c S.S.S.

PROFILO S.S.S. N°	NUMERO FIX	MIGLIA NAUTICHE PERCORSE
1	170	7,500
2	83	26,000
3	171	18,38
4	56	6,420
5	28	3,040
6	50	11,90
7	12	4,500
8	66	11,250
9	79	24,600
TOTALE MIGLIA NAUTICHE PERCORSE: 113,59 Mm pari a circa 203 Km		

Il range prevalentemente utilizzato ha consentito una fascia di esplorazione di 300 metri per lato per 600 metri totale. L'area totale indagata risulta essere pari a 122 km².

Restituzione cartografica

L'analisi dei dati geofisici ha interessato in una prima fase le ecografie ad alta frequenza, dalle quali sono stati confrontati i nuovi dati rilevati con le basi batimetriche fornite dall'Istituto Idrografico della Marina, sono stati elaborati i profili batimetrici significativi e ricostruito l'andamento di alcune isobate principali; particolare attenzione è stata posta nella elaborazione dei dati di piattaforma distale in corrispondenza del bordo e delle testate dei canyons.

Successivamente sono stati studiati i sonogrammi delle ecografie a scansione laterale (*Side Scan Sonar*); sono state distinte e caratterizzate le diverse facies acustiche rilevate; infine sono state formulate ipotesi interpretative delle unità cartografiche: fanerogame marine, roccia, sedimenti inconsolidati e principali morfotipi.

Dalla restituzione in scala delle unità morfologiche, utilizzando quale supporto il piano di posizionamento, è stata elaborata la prima bozza di cartografia geomorfologica (Fig. 3.12).

Modelli di interpretazione Side Scan Sonar

L'analisi dei sonogrammi è stata sviluppata secondo operazioni elementari:

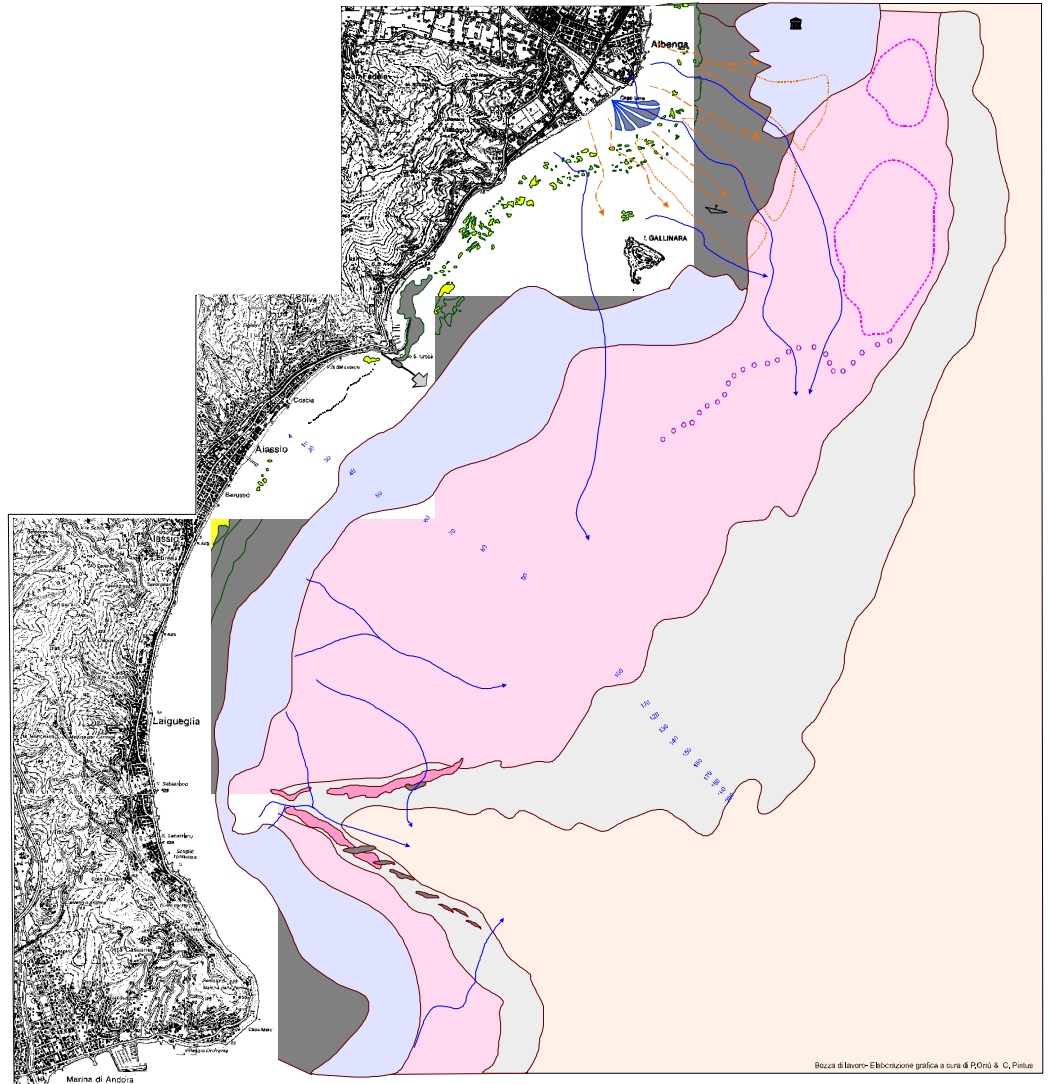
- individuazione delle unità acustiche, secondo la tipologia del segnale ed il carattere dell'indagine; le unità sono state quindi distinte secondo parametri principali di tessitura, colore, tono;
- identificazione dei limiti delle unità secondo le tipologie di mutamento del segnale: netto, irregolare, sfrangiato, graduale, occulto e/o presunto;
- descrizione di dettaglio delle facies acustiche ed interpretazione del significato delle riflessioni e delle diverse bande di assorbimento;
- rilevamento delle ombre acustiche ed attribuzione del loro significato morfologico, identificazione delle cornici, dei canali e delle valli;
- ricostruzione geometrica dell'immagine e calcolo dei parametri morfometrici, altezza delle cornici, profondità dei canali, lunghezza ed estensione degli affioramenti.

La valutazione del complesso analitico sulle unità acustiche ha permesso di costruire, per le aree investigate, un quadro interpretativo.



CARTA GEOMORFOLOGICA DEI FONDI MARINI (Parco Marino della Gallinara - Liguria occidentale)
SEA - BOTTOM GEOMORPHOLOGICAL MAP (Gallinara Marine Park - NW Liguria - Italy)

Scala 1 : 25.000



Bozza di lavoro - Elaborazione grafica a cura di P. Oni & C. Pini

LEGENDA

LEGGENDA DEL SOTTINTENDITO COSTI MARINI (LITTOLOGIA)	FORME E ESPONDI BENTONICHE ALLA GARRANTA ALCUNE LANDFORMS AND COASTS	FORME LITTORALI LITTORAL LANDFORMS	FORME E ESPONDI DELLA MANTAVANNA OFFSHORE COASTAL FORMS	LINEARE NEL TOPOGRAFICO LINEAR TOPOGRAPHICAL	POSSIBILI SODALI DI COESISTENZA POSSIBLE SOCIETY OF COEXISTENCE	IL CONFINAMENTO DELLA MANTAVANNA ENCLOSURE OF THE MANTAVANNA	INSTRUMENTI ANTICIPATI ANTICIPATED INSTRUMENTS
Tutti	Alture di 10 metri (10m) con una pendenza superiore a 10%	Alte e basse spiagge (High and low beaches)	Linee di costa (Coastal lines)	Linee di costa (Coastal lines)	Linee di costa (Coastal lines)	Linee di costa (Coastal lines)	Linee di costa (Coastal lines)
Linee di costa (Coastal lines)	SOTTINTENDITO	Linee di costa (Coastal lines)	Linee di costa (Coastal lines)	Linee di costa (Coastal lines)	Linee di costa (Coastal lines)	Linee di costa (Coastal lines)	Linee di costa (Coastal lines)
Linee di costa (Coastal lines)	Linee di costa (Coastal lines)	Linee di costa (Coastal lines)	Linee di costa (Coastal lines)	Linee di costa (Coastal lines)	Linee di costa (Coastal lines)	Linee di costa (Coastal lines)	Linee di costa (Coastal lines)
Linee di costa (Coastal lines)	Linee di costa (Coastal lines)	Linee di costa (Coastal lines)	Linee di costa (Coastal lines)	Linee di costa (Coastal lines)	Linee di costa (Coastal lines)	Linee di costa (Coastal lines)	Linee di costa (Coastal lines)
Linee di costa (Coastal lines)	Linee di costa (Coastal lines)	Linee di costa (Coastal lines)	Linee di costa (Coastal lines)	Linee di costa (Coastal lines)	Linee di costa (Coastal lines)	Linee di costa (Coastal lines)	Linee di costa (Coastal lines)

Figura 3.12 - Prima bozza di cartografia geomorfologica (originale a scala 1:25.000)

Litologia

Gli affioramenti rocciosi sono evidenziati da riscontri cromatici dai toni scuri, dovuti a risposte ecografiche dirette, con riflessione completa del segnale e tessitura di immagine compatta. Gli affioramenti rocciosi presentano in genere una risposta ecografica relativamente omogenea; in alcuni casi sono differenziati da riflessioni dirette lineari ed immagine scolpita e contrastata, ma senza evidenze giacitureali che aiutino in una più precisa classificazione del litotipo affiorante.

I conglomerati ed i metaconglomerati prevedono, associata alle risposte dirette, una tessitura granulare e numerose evidenze di stratificazione.

Sedimenti

I sedimenti inconsolidati si distinguono nettamente dalle rocce per un maggiore assorbimento del segnale, che porta a riflessioni meno accentuate, quindi a toni più chiari e meno saturi. In linea generale aumentano i toni chiari con il decrescere delle dimensioni granulometriche, ma è dimostrata una forte influenza dei caratteri lito-composizionali del sedimento; ad una dominanza della frazione litoclastica corrispondono toni chiari e tessitura sfumata; la composizione bioclastica porta invece a risposte più sature.

Le sabbie litoclastiche sono state rilevate in corrispondenza delle piane sommitali, a profondità comprese tra - 15 e - 20 metri; la tessitura uniforme ed i toni chiari subiscono variazioni in corrispondenza di modeste rotture di pendio e di canali debolmente acclivi.

Le sabbie limose bioclastiche, a composizione prevalentemente carbonatica; queste sabbie caratterizzano la fascia di piattaforma medio-prossimale compresa tra - 30, - 70 metri.

Limi e limi sabbiosi caratterizzano la piattaforma distale (- 70, - 120 metri), progradano nella fascia di bordo e colmano canali tra gli affioramenti rocciosi, fino a formare in corrispondenza del Canyon, importanti conoidi con sedimenti in migrazione verso la piana profonda.

La tessitura fine dei sedimenti inconsolidati presenta caratteri di notevole uniformità e toni sfumati, fortemente legati con l'angolo di incidenza del segnale e con la pendenza generale del fondo.

Le immagini ecografiche corrispondenti a questi sedimenti sono accomunate da toni estremamente tenui e da notevole uniformità tessiturale; variazioni tonali sono limitate alle colmate di canali particolarmente acclivi.

Biocostruzioni

Cordoni "coralligeni" ad alghe calcaree sono stati rilevati in corrispondenza delle zone di testata dei canyos, a quote comprese tra - 80 e - 120 metri, organizzati in strutture allungate spesse alcuni metri e sviluppate per diverse centinaia di metri. La riflessione netta, i toni saturi della riflessione, i bordi netti e sfrangiati, disegnano con precisione questa unita' sulle piane sedimentarie in cui sono comprese.

Morfologia

Nello studio delle morfologie sono stati posti in secondo piano i temi geomorfologici in s. s. ed evolutivi, rispetto ai motivi più generalmente fisiografici, con alcuni elementi di dinamica sedimentaria di più immediata correlazione con le modalità di colonizzazione biocenotica.

Sono state qui distinte:

Cornici di altezze inferiori a 5 metri interessano quasi tutti gli affioramenti rocciosi; in genere ne orlano il limite esterno, più profondo, ma talvolta interessano anche il corpo roccioso, lungo spezzate di fratturazione o lungo canali di erosione. L'articolazione delle cornici è evidenziato nell'indagine acustica dall'alternarsi di riflessioni dirette, a tono scuro e ombre acustiche chiare.

Piattaforme di abrasione in s.s. e piattaforme di erosione in genere, interessano indistintamente i diversi litotipi rilevati, presentando caratteri morfologici differenti:

- alvei ben strutturati sono stati rilevati in prevalenza nelle zone settentrionali, ove è possibile anche ricostruire l'andamento di un drenaggio sottomarino ben organizzato, spesso compreso entro le pareti di antichi canyons carsico-fluviali;
- i fondi marini del canyon sono invece sede di incisioni a modesto sviluppo con conoidi basali, ove non sono state riconosciute linee di scorrimento preferenziale; l'indagine ecografica è quella dei sedimenti di colmata, in genere limo-sabbiosi, quindi con risposte molto tenui.

Dinamica sedimentaria

Campi di *ripple-marks* sono stati rilevati in corrispondenza delle piane sedimentarie poco profonde (prof. < -30 metri), ove interessano prevalentemente sabbie medie litoclastiche e subordinatamente depositi bioclastici in matrice limosa. L'andamento delle onde di corrente rilevate è subparallelo, sinusoidale e romboidale quando sono collegate a fenomeni di interferenza; le creste si presentano in genere simmetriche. La tipica tessitura striata dell'indagine acustica presenta un segno tanto più netto e contrastato quanto più la registrazione è temporalmente vicina all'evento generatore.

Onde di corrente di maggiori dimensioni, *mega ripples*, interessano in prevalenza i sedimenti bioclastici nei quali danno corpo ad estesi campi; spesso a queste forme si associano evidenti processi di selezione granulometrica.

Mega ripples con lunghezza d'onda a volte superiore a 2 metri sono stati rilevati in corrispondenza della zona assiale dei canyons; qui le grandi onde da corrente trattive evidenziano l'attiva migrazione del sedimento dalla piattaforma interna verso la scarpata continentale.

Alla base dei canali si sviluppano spesso conoidi, accumuli sedimentari digitati costituiti da limi e limi sabbiosi allo stato semifluido; la risposta ecografica di queste forme è strettamente legata alla composizione granulometrica dei sedimenti costituenti; caratteristica è comunque la debole variazione tonale, legata alla struttura convessa tipica di tali forme.

Di seguito sono riportate tavole contenenti esempi di immagini relative a porzioni dei profili eseguiti con S.S.S. (Figg. 3.13-3.21).

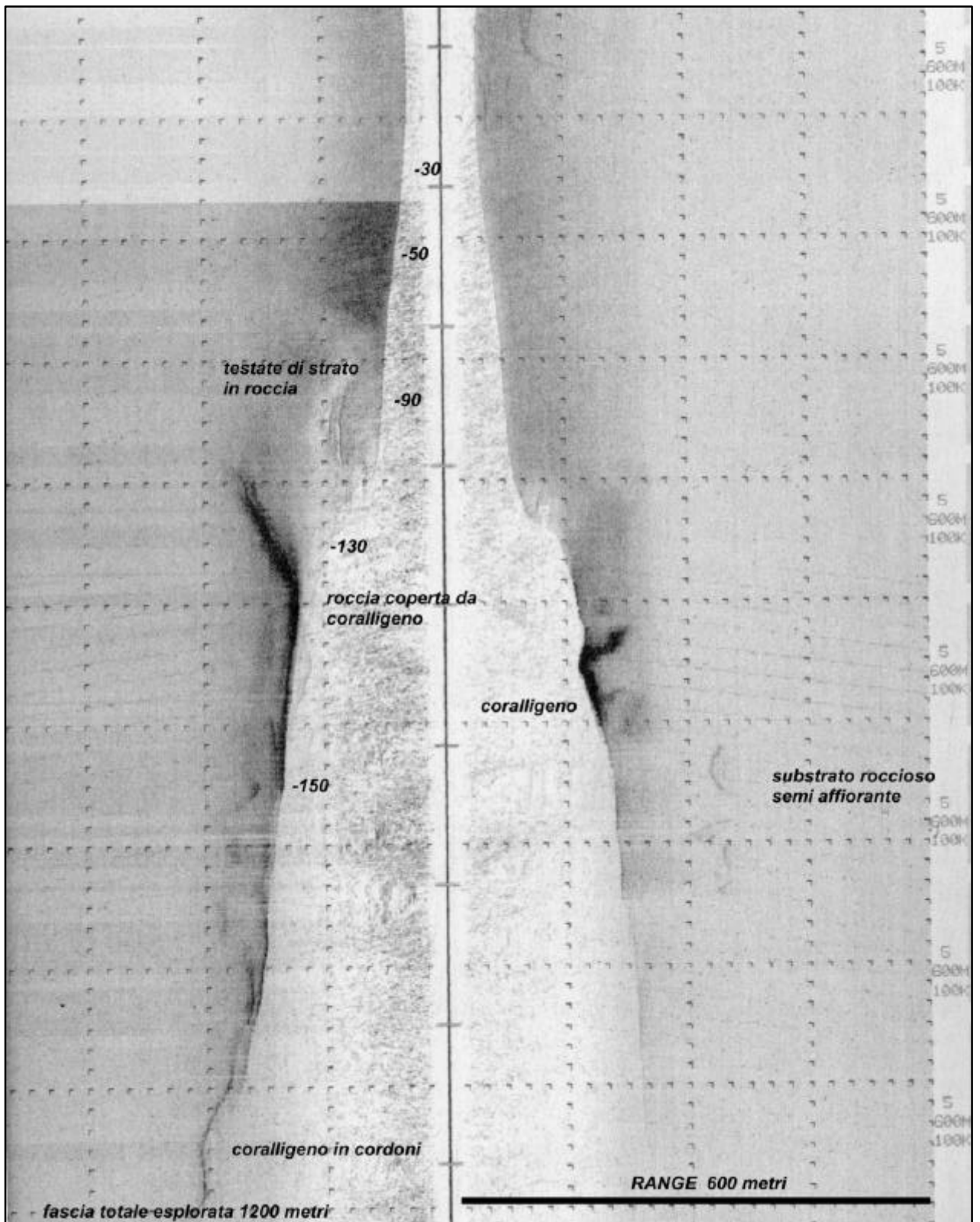


Figura 3.13 – sonogramma side scan sonar a 100 khz – Visione d’insieme del Canyon di Capo Mele; evidente la biforcazione dell’alveo e la netta asimmetria verso sud.

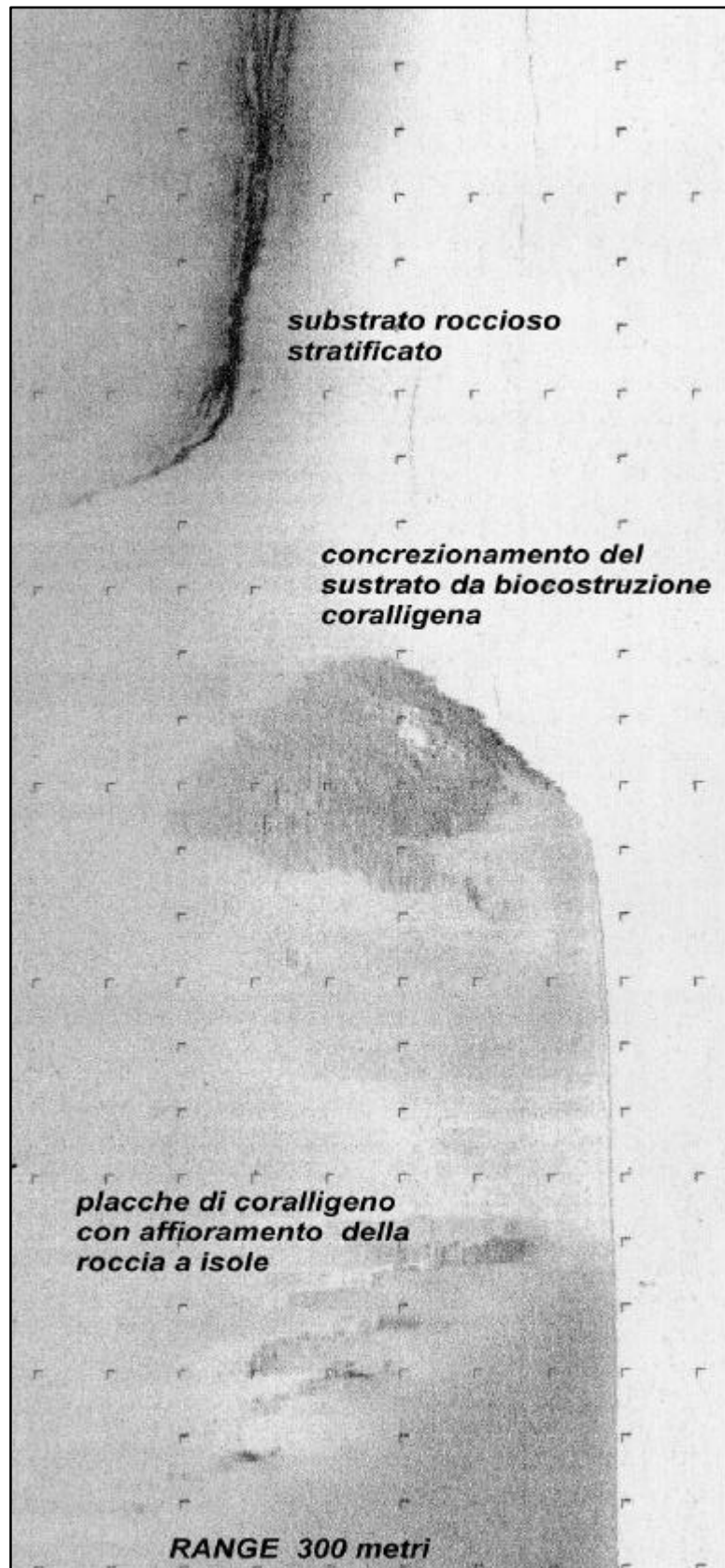


Figura 3.14 – sonogramma side scan sonar a 100 khz – Immagine del canale di dritta – particolari del substrato e delle bioconcrezioni carbonatiche in zona di testata del Canyon del Mele.

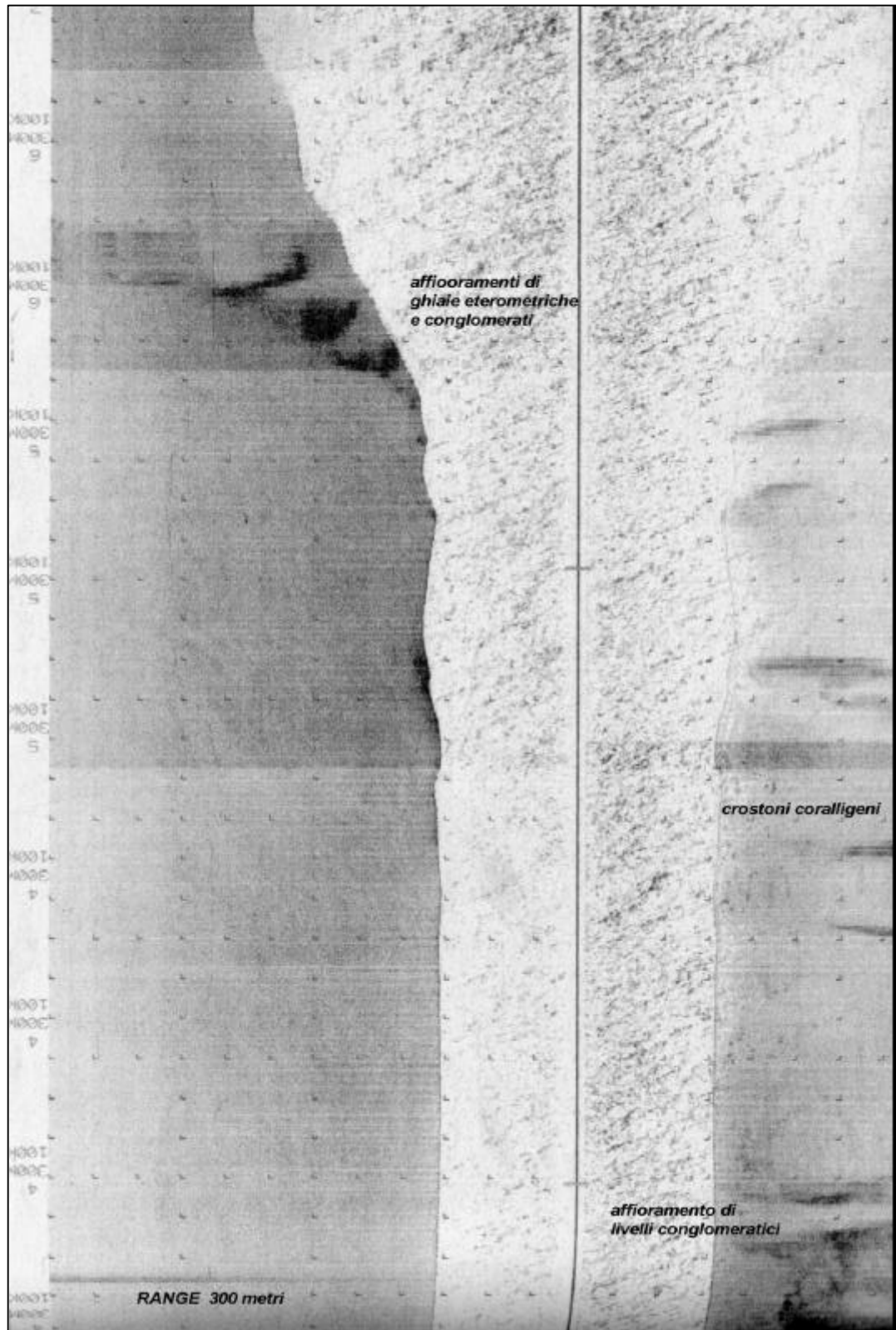


Figura 3.15 – sonogramma side scan sonar a 100 khz – Versante meridionale del Canyon che si apre a Nord del delta del Fiume Centa, evidenti gli affioramenti del substrato rappresentato da ghiaie poco cementate, attribuibili ai termini breccioidi del complesso fiscioidi eocenico.

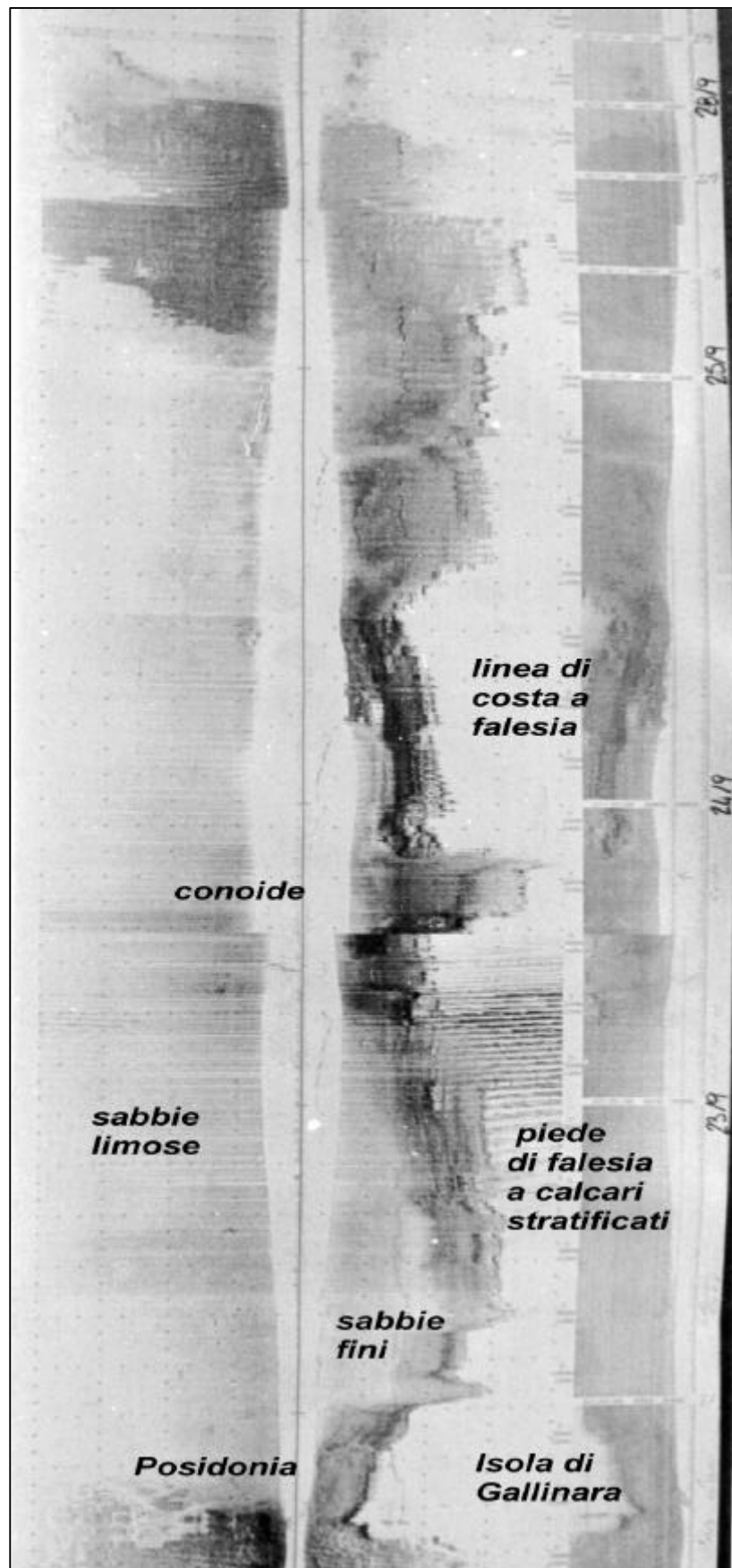


Figura 3.16 – sonogramma side scan sonar a 100 khz – Piede di falesia dell’Isola di Gallinara

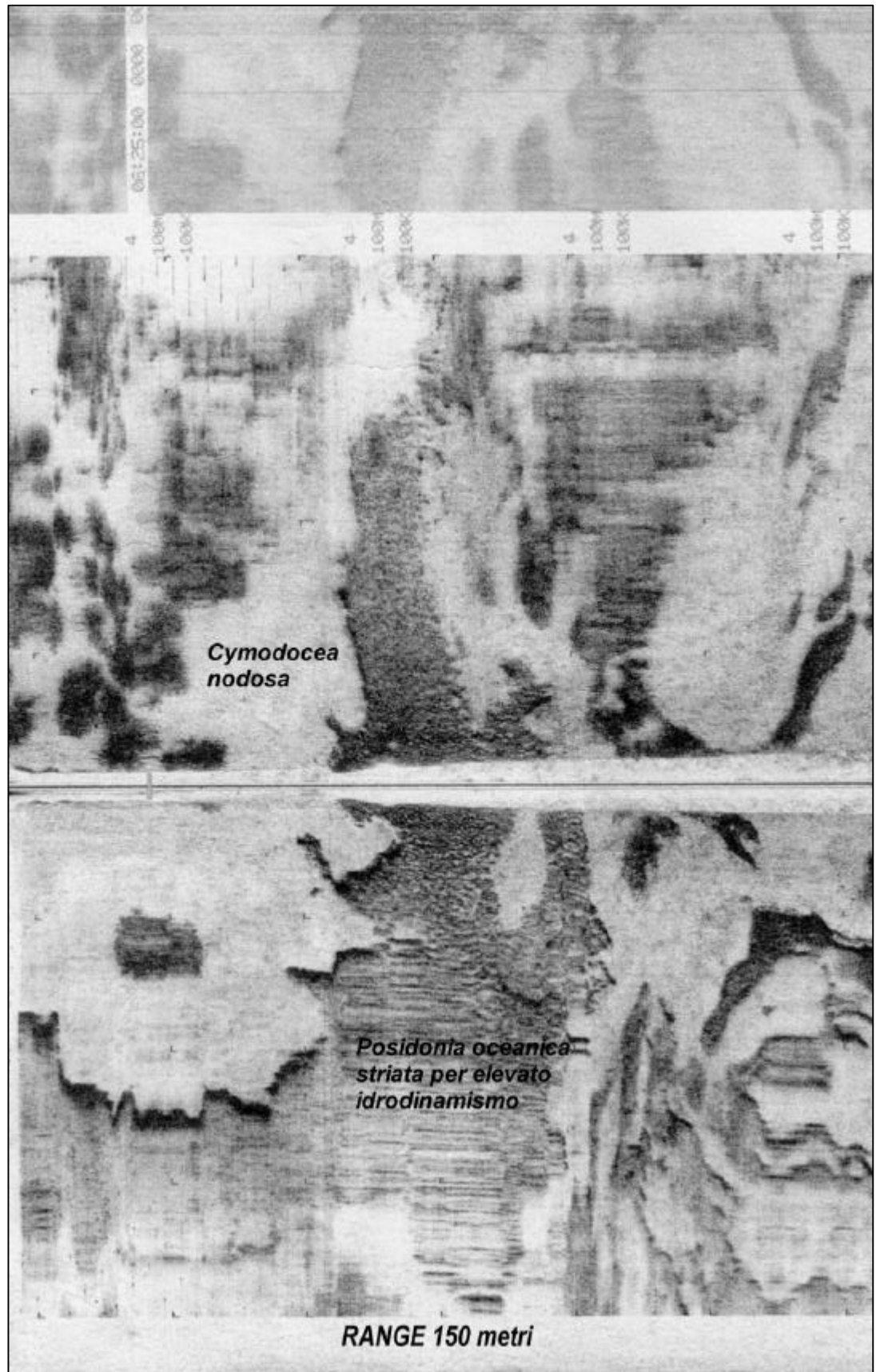


Figura 3.17 – sonogramma side scan sonar a 100 khz – Posidonia degradata a Nord del Porto turistico di Alassio

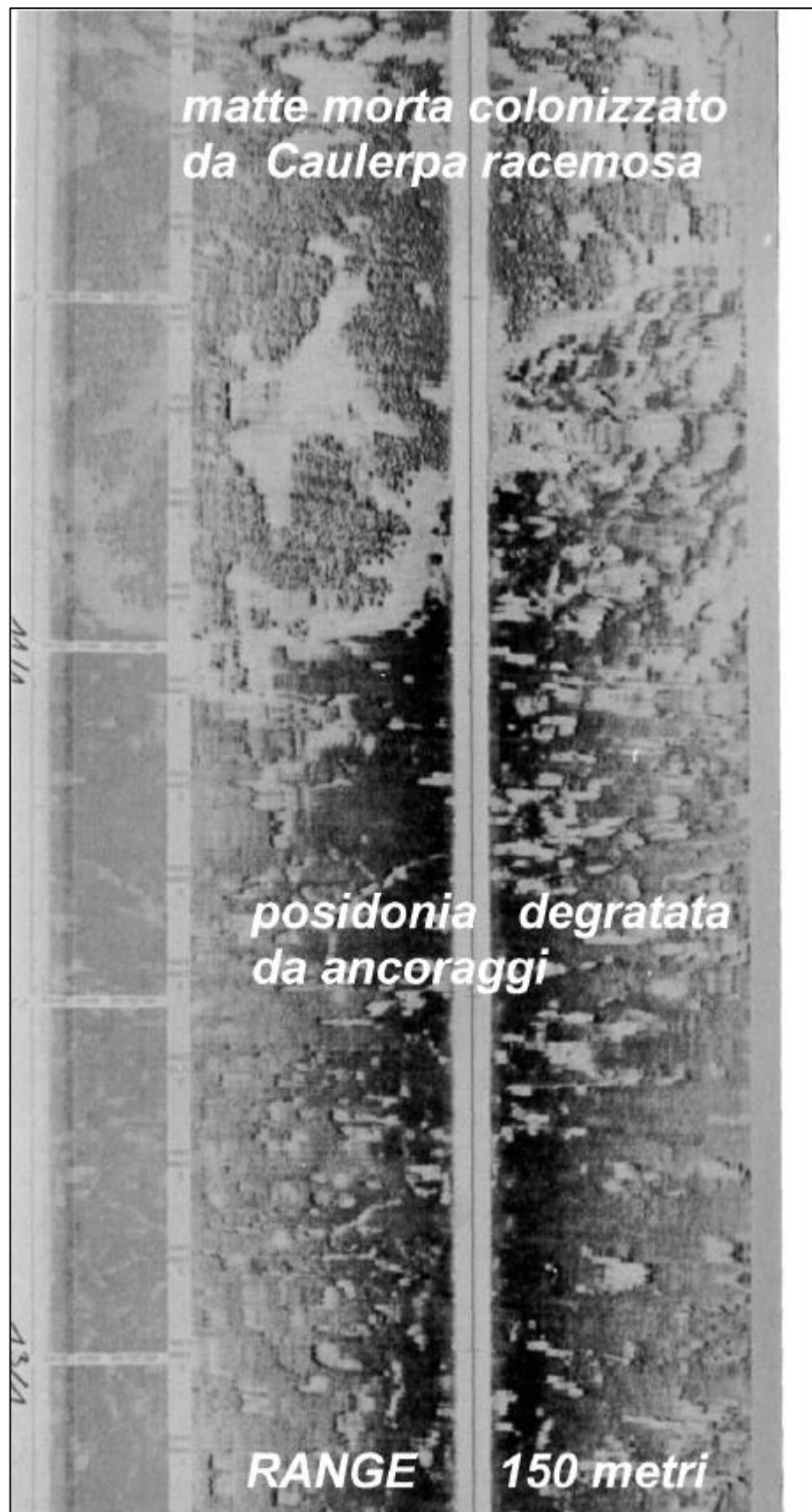


Figura 3.18 – sonogramma side scan sonar a 100 khz – Area a *Posidonia oceanica* in fase di colonizzazione da parte della *Caulerpa taxifolia*

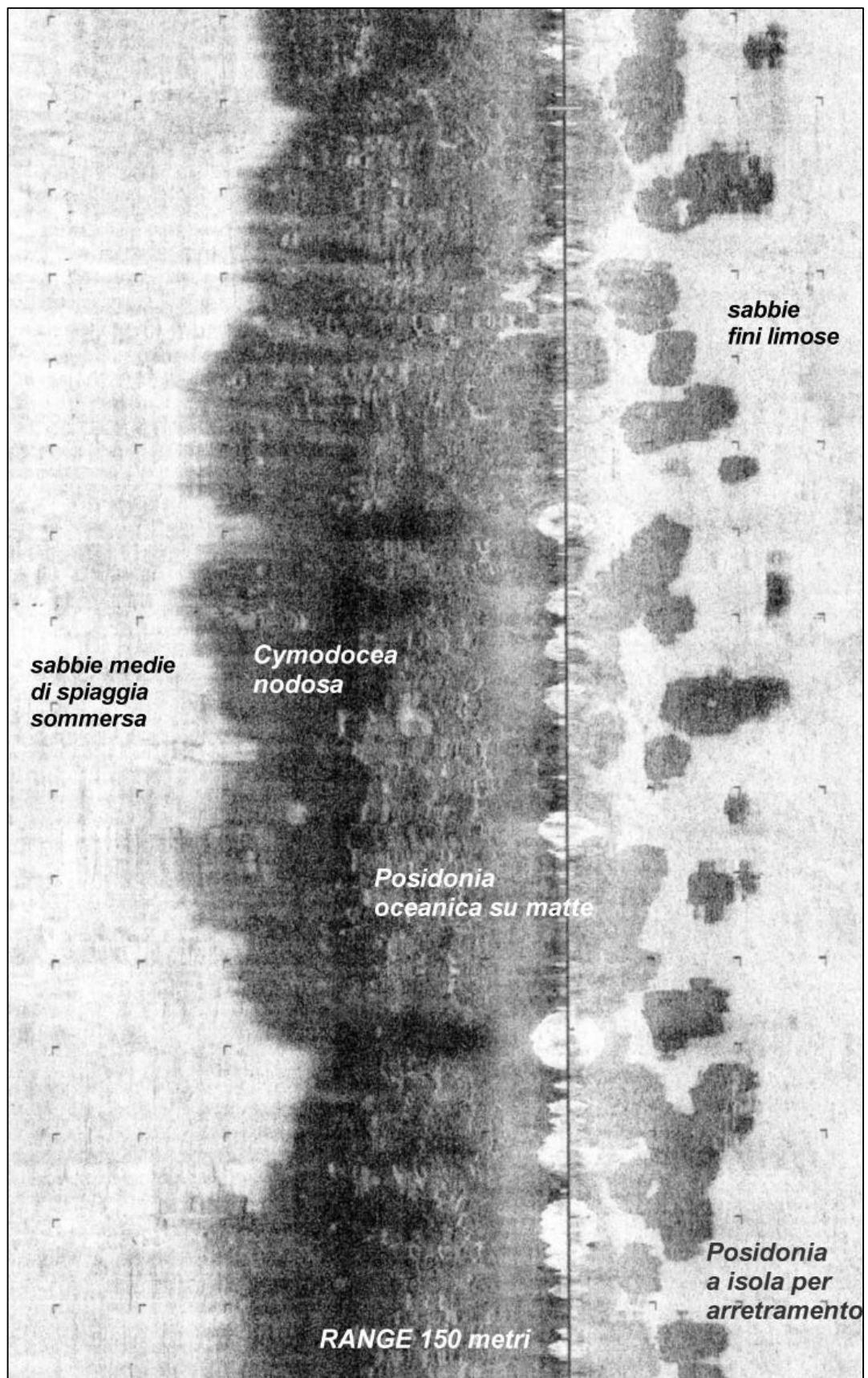


Figura 3.19 – sonogramma side scan sonar a 100 khz – Posidonia in cordone residuale al piede della spiaggia sommersa di Alassio.

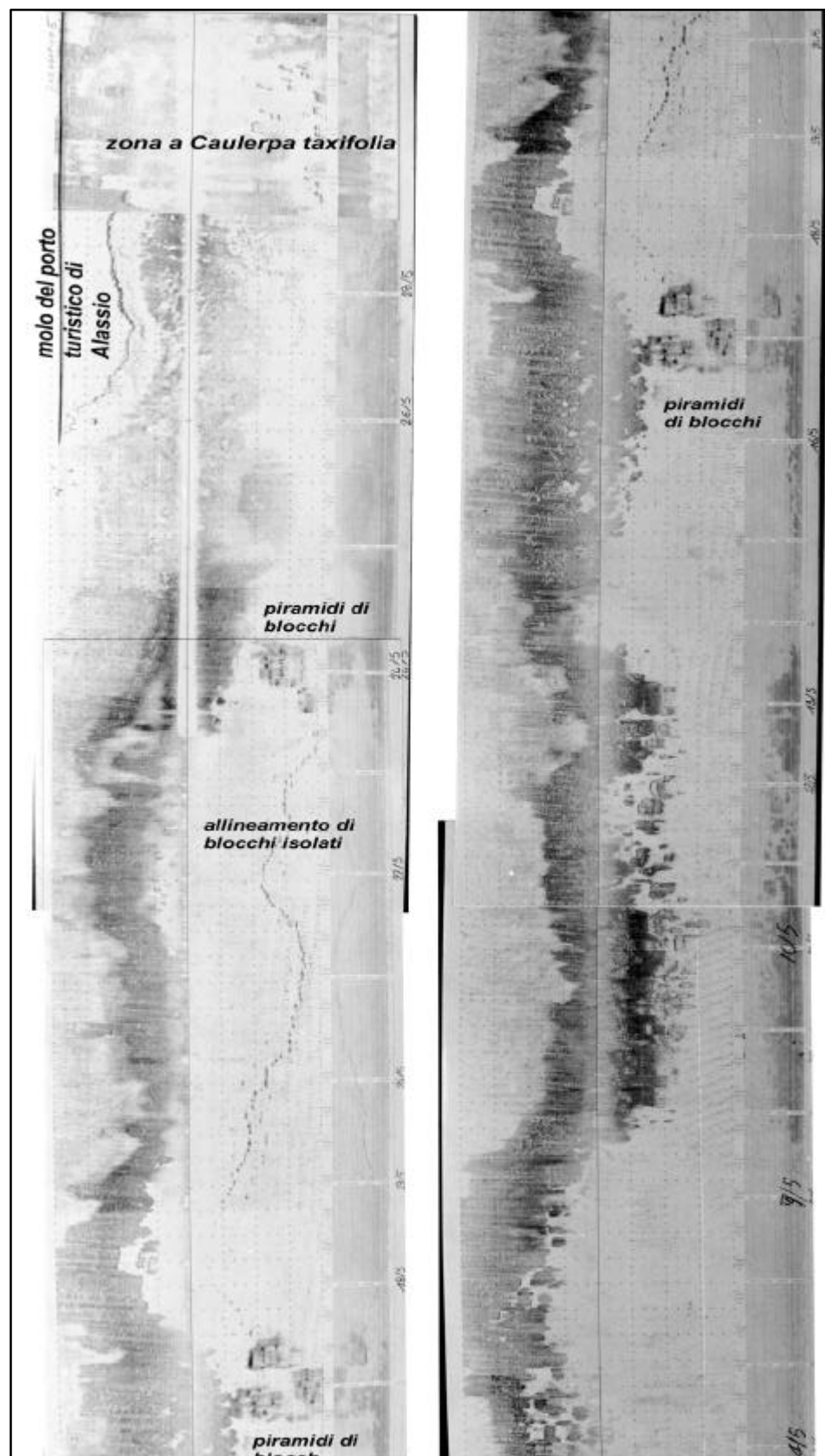


Figura 3.20 – sonogramma side scan sonar a 100 khz – Cordone residuale a Posidonia al largo di Alassio con protezioni antistrascico e scogliere artificiali di ripopolamento ittico.

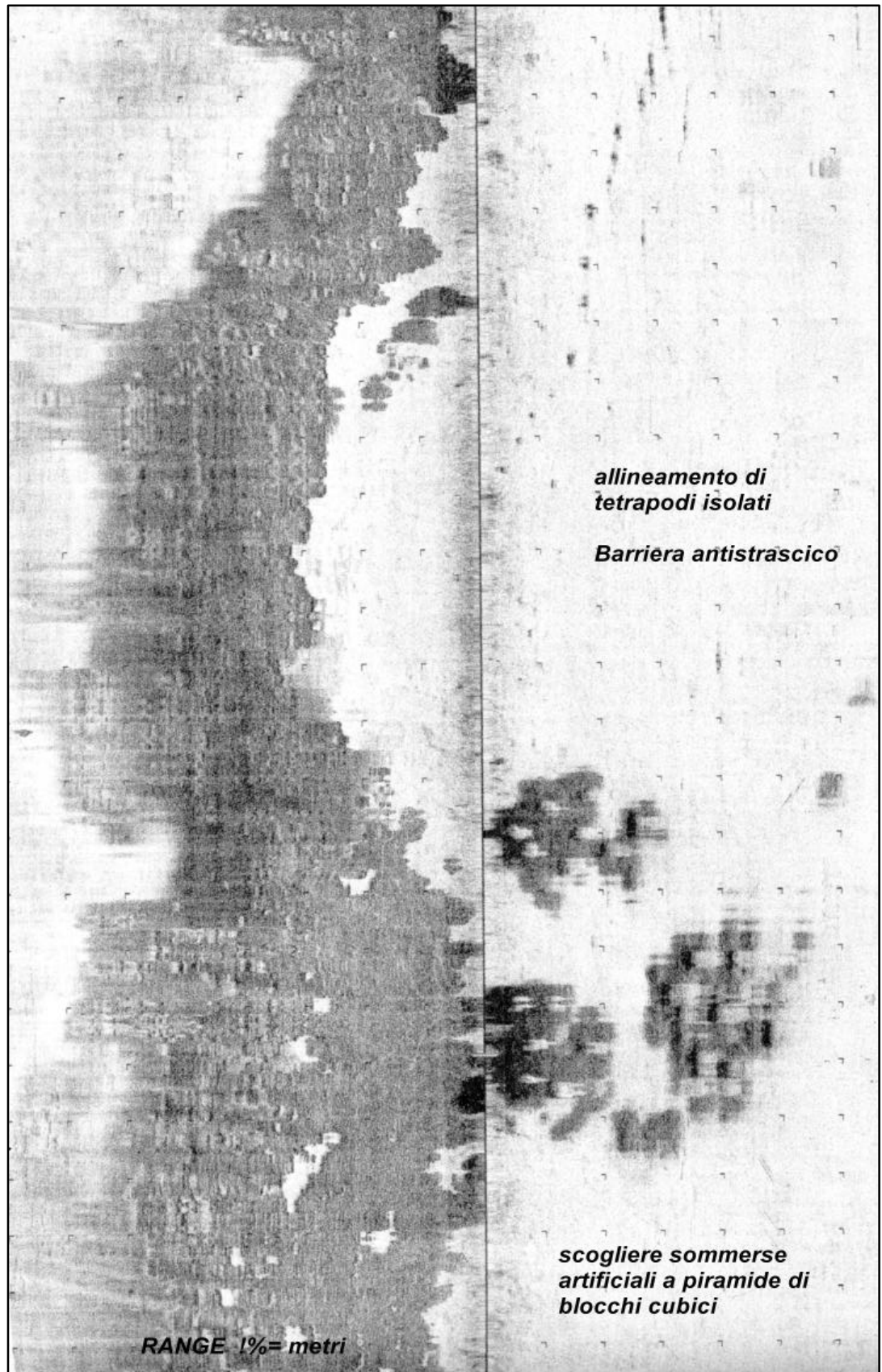


Figura 3.21 – sonogramma side scan sonar a 100 khz – Particolare delle opere di protezione della Posidonia.

3.3.B.b. La cartografia bionomica

Per quanto attiene alla strategia di studio della componente biologica adottata per la realizzazione della cartografia biocenotica, si è operato in base alle informazioni disponibili negli studi già condotti nell'area (ALBERTELLI *et al.*, 1991; BALDUZZI *et al.*, 1994; DIVIACCO, 1993), ed ai rilevamenti precedentemente realizzati con S.S.S. per la caratterizzazione geomorfologica. In particolare si è scelto di differenziare la tipologia di raccolta dei dati in funzione della profondità. Infatti le biocenosi costiere più superficiali normalmente presentano una distribuzione più articolata, con coperture spesso a “mosaico” mentre, con l'aumento della profondità, in genere si osserva una diminuzione del grado di complessità e di variabilità della distribuzione dei popolamenti bentici. Per questi motivi, nel progetto pilota Capo Mele – Foce del Fiume Centa, in un'ottica di ottimizzare le risorse economiche disponibili, è stata utilizzata una telecamera trainata dalla riva fino a 40 metri di profondità, coprendo la fascia batimetrica più costiera che generalmente ospita le fanerogame marine *P.oceanica* e *C.nodosa*, mentre per le profondità più elevate, il rilevamento è stato condotto con benna.

La telecamera trainata è stata collegata ad un sistema di videoregistrazione su cassette VHS per ulteriori e successive analisi dei filmati. Questo sistema è di grande utilità nello studio delle biocenosi in quanto è di facile uso e manutenzione e, con una buona ottica, il campo visivo esplorato copre un'area di discreta larghezza, diminuendo sensibilmente le interpolazioni dei dati raccolti in due transetti adiacenti.

Per le maggiori profondità è stata utilizzata una grande benna (17 l di volume) di acciaio. L'impiego di benne di volume minore è stata scartata, data la scarsità di materiale campionabile che, richiedendo più repliche, avrebbe inciso sensibilmente sui tempi di lavoro a mare.

Nel caso di insuccesso della benna per presenza di fondi duri profondi, si è previsto l'utilizzo di draga, che però non è stato necessario impiegare.

In tutta l'area sono stati così individuati 37 transetti di studio da percorrere con la telecamera: più fitti (distanza tra due transetti = 200 metri), nelle aree dove i dati di letteratura erano più scarsi; meno fitti (a 500 metri di distanza uno dall'altro) nella porzione centrale dell'area (Figura 3.22), per la quale è

disponibile un lavoro molto recente dello stesso tipo (ISTITUTO DI ZOOLOGIA - UNIVERSITÀ DI GENOVA e CITTÀ DI ALASSIO, 1996).

La scelta della distanza tra due transetti può essere funzione di molteplici aspetti; in genere si cerca di trovare un giusto compromesso tra una buona definizione del dato e il costo dell'indagine; infatti aumentare eccessivamente la definizione può determinare un notevole aggravio dei costi senza portare ad un significativo aumento della qualità delle informazioni.

Il nostro approccio è stato relativamente diverso poiché, in relazione agli obiettivi dello studio, la telecamera e la benna sono state impiegate per integrare le informazioni fornite dallo studio geomorfologico.

Le bennate sono state posizionate lungo gli stessi transetti identificati per l'impiego di telecamera e quindi sono state condotte in serie più fitte ai lati di ponente e levante dell'area di indagine. I sedimenti raccolti sono stati setacciati a bordo per prelevare gli organismi vivi, al fine di ottenere indicazioni sul tipo di associazione biologica esistente.

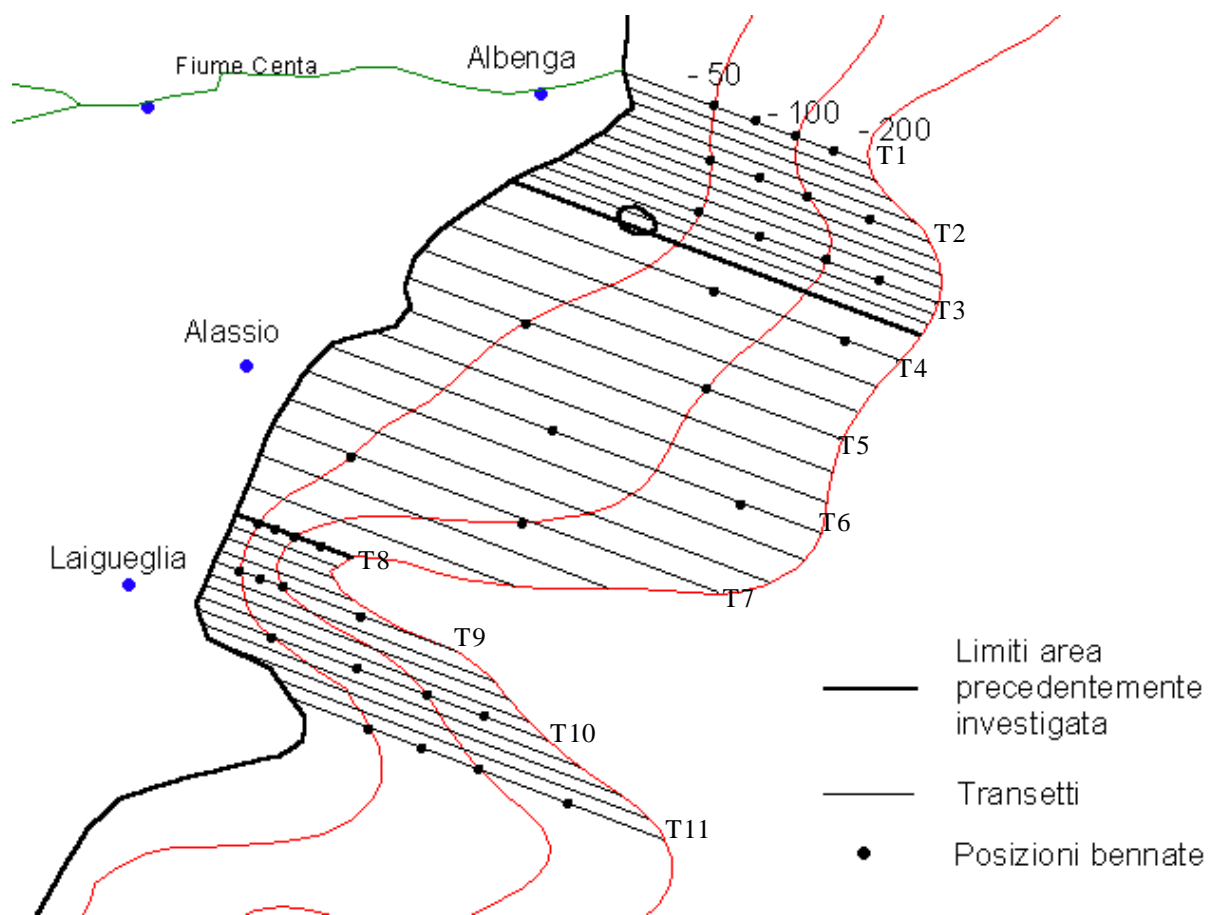


Figura 3.22: Prospetto dello schema di campionamento relativo alle osservazioni di carattere bionomico. Si ricorda che la telecamera è stata trainata lungo i transetti nella loro estensione compresa tra 0 e 40 metri di profondità.

3.4. NOTIZIE SULLA FORMAZIONE

Uno degli obiettivi del progetto è costituito dallo sviluppo di un percorso formativo che permetta ad un laureato in scienze biologiche, naturali o ambientali marine, fruitore di una specifica borsa di studio, di approfondire le proprie conoscenze e di sviluppare la propria professionalità nell'ambito delle attività e delle problematiche oggetto del presente programma di ricerca.

Di seguito sono fornite alcune informazioni sintetiche sull'attività di formazione condotta.

3.4.A. Titolo dell'attività di formazione

Metodiche di rilevamento dati sulle comunità bentiche e loro utilizzo per l'elaborazione di una carta dei popolamenti marini

3.4.B. Tipologie di figure professionali da formare

Esperto nel rilevamento dati sulle comunità bentiche e loro utilizzo per l'elaborazione di una carta dei popolamenti marini.

3.4.C. Descrizione sintetica delle attività di formazione

L'obiettivo principale del presente progetto di ricerca è costituito dalla realizzazione di un sistema informativo georeferenziato atto ad accogliere, gestire ed elaborare le cartografie biocenotiche e sedimentologiche disponibili per la piattaforma continentale ligure.

L'attività del borsista è stata pensata al fine di realizzare quanto previsto dal progetto nei tempi indicati. In questo modo le attività di formazione sono state strutturate in modo da consentire lo svolgimento in maniera parallela sia dello studio dei sistemi GIS presenti in istituto, sia di partecipare all'elaborazione dei dati raccolti nel corso del progetto di ricerca.

La borsa di studio prevista dal presente programma, espletate le relative procedure, è stata vinta dalla Dott.ssa Maria Elena Piccione, e ha avuto inizio il 5 ottobre 1998.

Durante i primi mesi di lavoro è stato raccolto tutto il materiale disponibile circa gli aspetti biocenotici e sedimentologici dei fondi costieri liguri, successivamente implementato in una banca dati bibliografica costruita *ad hoc* ed aggiornata successivamente nel corso dello svolgimento del progetto.

Contemporaneamente a ciò è continuata l'attività di affiancamento all'approntamento di un sistema GIS atto ad accogliere e successivamente ad elaborare i dati disponibili.

Le ultime fasi del lavoro di formazione sono state dedicate alla partecipazione all'elaborazione della cartografia finale, alla costruzione dei metadata, alla scelta ed all'implementazione su GIS delle simbologie per la rappresentazione delle biocenosi ed alla realizzazione di un CD ROM contenente le informazioni cartografiche.

Le attività di formazione sono state incentrate su quanto previsto dal presente progetto di ricerca e, in particolare sono state focalizzate su:

- Indicazioni per l'approccio alla raccolta e alla gestione del materiale bibliografico esistente a livello nazionale ed internazionale avente per oggetto gli argomenti che costituiscono gli obiettivi dello studio e spiegazioni su come condurre ulteriori ricerche ed analisi;
- Approfondimento delle conoscenze sulle principali tecniche di trattamento dei dati rilevati in campo e della loro elaborazione al fine di ottenere risposte alle problematiche identificate come obiettivi del presente studio;
- Insegnamento delle tecniche di rilevamento;
- Insegnamento delle principali tecniche di trattamento dei dati rilevati in campo e della loro elaborazione in funzione di risposte relative alle problematiche identificate come obiettivi del presente studio.

Nel corso dell'attività di formazione la borsista, ha frequentato presso la ESRI di Roma il corso ARC/INFO *Advanced* ed il corso *What's new ArcInfo 8.0*, come ulteriore approfondimento delle proprie conoscenze nell'ambito dei GIS.

4. RISULTATI

4.1. IL SISTEMA GIS REALIZZATO – LE SOLUZIONI ADOTTATE

4.1.A. Descrizione generale del sistema adottato

La realizzazione della cartografia è stata effettuata mediante l'impiego dei software GIS ARC/INFO® (versioni 7.2.1 ed 8.0) ed ArcView® (versione 3.1) della ESRI.

Mediante l'impiego di tali software è stato possibile acquisire e rielaborare in formato vettoriale georeferenziato la cartografia al momento disponibile per i fondi costieri della Liguria.

Le attività di ricerca sono state condotte in modo da poter raccogliere tutto il materiale cartografico disponibile esistente per l'area ed implementarlo su sistema GIS.

Contemporaneamente a ciò è stato costruito un database atto ad accogliere tutti i riferimenti bibliografici relativi alle informazioni biocenotiche e sedimentologiche per i fondi della piattaforma continentale ligure.

Una parte della cartografia è stata inserita su sistema mediante digitalizzazione, mentre alcune coperture sono state messe a disposizione dalla Regione Liguria, che già le possedeva in formato vettoriale georeferenziato, grazie alla definizione di uno specifico protocollo d'intesa.

Per quanto riguarda la realizzazione della cartografia sedimentologica a scala regionale, questa è stata affidata all'Unità Locale di Ricerca dell'Università di Genova del Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Scienze del Mare (CoNISMa).

A questo proposito il Gruppo di Ricerca di Genova ha provveduto alla raccolta di tutti i dati sedimentologici esistenti in bibliografia ed alla loro elaborazione cartografica. Per la costruzione della carta sedimentologica sono stati considerati anche dati puntuali di campioni georeferenziati e da questi sono stati tracciati i limiti per le diverse classi granulometriche del sedimento.

La cartografia dei sedimenti è stata realizzata mediante l'impiego del software *Surfer*, disponibile presso l'Università di Genova; successivamente questa è stata implementata su sistema GIS.

Ciò ha comportato la necessità di uniformare i dati forniti con quelli già in possesso per la cartografia biocenotica, proiettando i primi da gradi decimali in proiezione Geografica a coordinate reali in proiezione UTM. Per tale motivo in alcuni casi è stato necessario, dopo aver importato le carte, rielaborarle e ricondurle al sistema di riferimento scelto come standard per questo progetto.

Tutte le carte sono state digitalizzate e georeferenziate utilizzando il sistema di proiezione UTM (Universal Transverse Mercatore) che fa riferimento a coordinate reali espresse in metri ed è orientato a Monte Mario.

Inoltre per avere la possibilità di avere informazioni circa la natura delle carte disponibili, sono stati compilati metadata associati alle singole coperture ed aggiornati con la copertura stessa.

Per la rappresentazione delle biocenosi si è scelto inizialmente di utilizzare i colori disponibili negli *shadeset* di ARC/INFO e nelle palette di ArcView, in attesa di costruire il set di simboli più adatto. Tale lavoro è stato svolto nelle ultime fasi del progetto di ricerca, mediante il coinvolgimento di collaboratori esterni che hanno fornito un supporto nella realizzazione di *shadeset* di ARC/INFO utilizzabili su ampi intervalli di scala.

4.1.B. Metadata

I metadata sono file di testo, associati ai dati geografici, che forniscono informazioni sui dati stessi; possono contenere diversi tipi di informazioni e costituiscono uno strumento per catalogare i file ed avere sempre a disposizione una scheda che documenti la natura del dato e le operazioni compiute su di esso.

Si ricorda che il presente progetto, quando concepito, prevedeva lo sviluppo proprio di un sistema di metadata. I risultati conseguiti in questo ambito nel corso del presente programma di ricerca sono confluiti nell'impiego degli strumenti resi disponibili dalla versione 8.0 del *software* ARC/INFO®, utilizzata per la realizzazione della cartografia. Di seguito si presenta una sintesi delle informazioni contenute nei metadata relativi alle coperture caricate sul sistema informativo realizzato (Tabb. 4.1-4.12).

Per ogni metadata è riportato il riferimento (**nome carta**) alla singola copertura realizzata nel sistema informativo.

Tabella 4.1: metadata relativo alla copertura delle fanerogame marine per tutto l'arco ligure.

Nome carta	Mappatura fanerogame marine
Fonte dati	Regione Liguria
Pubblicazione	Bianchi C.N. e Peirano A. Atlante delle fanerogame marine della Liguria ENEA Centro Ricerche Ambiente Marino – La Spezia 1995
Origine dei dati	Eterogenea: sintesi bibliografica ed attività di campo
Età del dato	1990 – 1995 (desunta)
Precisione del dato	Loran C, GPS
Scala di origine	1:25.000

Tabella 4.2: metadata relativo alla copertura delle fanerogame marine da Voltri a Capo Noli.

Nome carta	Mappatura fanerogame marine da Voltri a Capo Noli
Fonte dati	ICRAM
Pubblicazione	ENEA Indagini a mare per la mappatura ed il controllo dello stato di salute delle praterie a posidonia del Mar Ligure 1992
Origine dei dati	Attività di campo
Età del dato	1990
Precisione del dato	
Scala di origine	1:10.000

Tabella 4.3: metadati relativo alla copertura delle Biocenosi antistanti Imperia.

Nome carta	Biocenosi Imperia
Fonte dati	ICRAM
Pubblicazione	Regione Liguria e Università di Genova – Istituto di Zoologia Osservazione della presenza e dell'evoluzione degli insediamenti delle specie alloctone di <i>Caulerpa</i> in Mar Ligure e loro interazione con la fauna marina 1998
Origine dei dati	Attività di campo
Età del dato	1997 – 1998
Precisione del dato	
Scala di origine	1:8.000

Tabella 4.4: metadati relativo alla copertura delle Biocenosi antistanti il tratto di costa compreso tra Capo Mele e la foce del torrente Centa.

Nome carta	Biocenosi Laigueglia
Fonte dati	ICRAM - Idra s.s.
Pubblicazione	
Origine dei dati	Attività di campo
Età del dato	2000
Precisione del dato	GPS differenziale
Scala di origine	1:10.000

Tabella 4.5: metadata relativo alla copertura delle Biocenosi antistanti il tratto di costa tra Andora e Cogoleto.

Nome carta	Biocenosi tratto di costa Andora – Cogoleto
Fonte dati	ICRAM
Pubblicazione	ICRAM Indagine ambientale del sistema marino costiero della provincia di Savona con particolare riferimento alla zona da Capo Vado a capo Mele in relazione alle problematiche inerenti la gestione della fascia costiera 1993
Origine dei dati	Eterogenea
Età del dato	
Precisione del dato	
Scala di origine	1:25000

Tabella 4.6: metadata relativo alla copertura delle Biocenosi antistanti Alassio.

Nome carta	Biocenosi Alassio
Fonte dati	ICRAM
Pubblicazione	Università di Genova – Istituto di Zoologia e Città di Alassio Progetto di area marina protetta anche tramite barriere artificiali 1996
Origine dei dati	Attività di campo
Età del dato	Ottobre 1995 – Gennaio 1996
Precisione del dato	
Scala di origine	

Tabella 4.7: metadata relativo alla copertura delle Biocenosi dei fondali dell'Isola Gallinara.

Nome carta	Biocenosi Gallinara
Fonte dati	ICRAM
Pubblicazione	ICRAM Indagine ambientale del sistema marino costiero della provincia di Savona con particolare riferimento alla zona da Capo Vado a capo Mele in relazione alle problematiche inerenti la gestione della fascia costiera 1993
Origine dei dati	Attività di campo
Età del dato	1992
Precisione del dato	GPS
Scala di origine	1:5.000

Tabella 4.8: metadata relativo alla copertura delle Biocenosi dei fondali dell'Isola di Bergeggi.

Nome carta	Biocenosi Bergeggi
Fonte dati	ICRAM
Pubblicazione	ICRAM Indagine ambientale del sistema marino costiero della provincia di Savona con particolare riferimento alla zona da Capo Vado a capo Mele in relazione alle problematiche inerenti la gestione della fascia costiera 1993
Origine dei dati	Attività di campo
Età del dato	1992
Precisione del dato	GPS
Scala di origine	1:4.000

Tabella 4.9: metadati relativo alla copertura delle Biocenosi dei fondali antistanti Spotorno.

Nome carta	Biocenosi Spotorno
Fonte dati	ICRAM
Pubblicazione	Dep-Eco. Ricerche ambientali, Genova Studio delle biocenosi bentoniche presenti lungo la costa compresa fra Varazze e Capo Noli In: Studi ambientali dell'area costiera di Vado Ligure 1989
Origine dei dati	Attività di campo
Età del dato	1986
Precisione del dato	Loran C
Scala di origine	1:25.000

Tabella 4.10: metadati relativo alla copertura delle Biocenosi dei fondali antistanti Quiliano.

Nome carta	Biocenosi Quiliano
Fonte dati	ICRAM
Pubblicazione	Dep-Eco. Ricerche ambientali, Genova Studio delle biocenosi macrozoobentoniche alla foce del fiume Quiliano In: Studi ambientali dell'area costiera di Vado Ligure 1989
Origine dei dati	Attività di campo
Età del dato	1986
Precisione del dato	Loran C
Scala di origine	1:25.000

Tabella 4.11: metadata relativo alla copertura delle Biocenosi dei fondali del Golfo Tigullio.

Nome carta	Biocenosi Tigullio
Fonte dati	ICRAM
Pubblicazione	C.Morri, C.N. Bianchi, V. Damiani, A. Peirano, G. Romeo e L. Tunesi. L'ambiente marino tra Punta della chiappa e Sestri Levante (Mar Ligure): profilo ecotipologico e proposta di carta bionomica 1986
Origine dei dati	Eterogenea
Età del dato	1984-86
Precisione del dato	
Scala di origine	1:30.000

Tabella 4.12: metadata relativo alla copertura della carta sedimentologica dei fondi costieri del Mar ligure.

Nome carta	Carta sedimenti
Fonte dati	CoNISMa
Pubblicazione	
Origine dei dati	Eterogenea
Età del dato	
Precisione del dato	Varia
Scala di origine	1:50.000

4.1.C. Le campiture

Le biocenosi sono state rappresentate mediante lo *shadeset* appositamente realizzato, contenente la simbologia proposta da MEINESZ *et al.* (1983 e 1998). Inoltre, per rappresentare alcune situazioni particolari, sono stati scelti dei simboli il cui valore è assolutamente legato alle finalità del lavoro e non viene proposto come standard. Le nuove campiture sono state impiegate per rappresentare la presenza di substrati rocciosi e, nel caso della mappatura delle fanerogame dell'ENEA (ENEA, 1992), il limite della prateria calcolato nel 1991. Per quest'ultimo, in conformità con la carta originale, si è scelto di delimitare il perimetro esterno dell'area con una linea tratteggiata, non assegnando una specifica campitura al relativo poligono.

Infine, per la rappresentazione dei sedimenti, sono stati scelti dei riempimenti di colore uniforme a toni di grigio, sulla base delle scelte adottate dall'unità locale del Co.Ni.SMA di Genova, cui è stata affidata la realizzazione della carta sedimentologica.

4.2. IL DATABASE BIBLIOGRAFICO

4.2.A. Considerazioni sulle informazioni disponibili

Le pubblicazioni fino ad ora catalogate sono 282, di cui 178 relative soltanto al benthos, 102 relative alla geologia e 2 riguardanti entrambe gli argomenti censiti.

Sulle pubblicazioni che contengono argomenti inerenti la fauna bentonica è possibile applicare un'ulteriore selezione, individuando tutti quei lavori che fanno specifico riferimento alle biocenosi bentoniche. Su 178 ne sono stati individuati 42, di cui 21 contengono informazioni di carattere cartografico.

Per quanto riguarda i lavori sulla geologia dei fondali, tra questi è possibile distinguere pubblicazioni specifiche sulla sedimentologia (in totale 53), da quelle che invece trattano aspetti prettamente morfologici (26 lavori). Anche in questo caso sono stati individuati degli articoli contenenti cartografie, rispettivamente 6 per la sedimentologia ed 1 per la geomorfologia.

Inoltre sono stati inseriti nel database 2 lavori che contengono sia aspetti relativi al benthos che alla geomorfologia. Entrambe i lavori trattano aspetti di tipo cartografico.

In totale quindi le pubblicazioni che contengono informazioni di carattere cartografico sono 30 su 282 (20 per il benthos, 6 per la sedimentologia, 1 per la geomorfologia e 2 per benthos e geomorfologia).

Per quanto riguarda la disponibilità di studi e di informazioni in relazione al tratto di costa, le pubblicazioni censite nella banca dati bibliografica sono state organizzate considerando la costa ligure suddivisa in 14 settori, identificati in relazione ad aspetti di particolare valenza ambientale. L'analisi della localizzazione delle informazioni relative al benthos permette di rilevare che, dei 178 lavori censiti, 30 interessano aree piuttosto estese (almeno 4 settori di costa), mentre 148 lavori si riferiscono ad un'area specifica.

Dal punto di vista biocenotico l'area più studiata di tutto l'arco ligure risulta essere il Golfo del Tigullio (settori 7 e 8), per il quale sono stati raccolti 63 lavori; quella meno studiata risulta invece il ponente ligure (settori 1 e 2).

4.3. LA CARTOGRAFIA BIOCENOTICA DEI FONDALI COSTIERI LIGURI

4.3.A. Considerazioni generali su quanto disponibile e sulle aree e le problematiche per le quali sarebbero necessari approfondimenti

La cartografia implementata su sistema GIS permette di disporre di un quadro sufficientemente dettagliato per la mappatura delle fanerogame marine *Posidonia oceanica* e *Cymodocea nodosa*, mentre per quanto riguarda la distribuzione delle altre biocenosi, va rilevato che, ad aree per le quali si dispone di una buona quantità di dati se ne affiancano altre per le quali le informazioni sono veramente molto scarse.

Per quanto riguarda le carte relative alle praterie di fanerogame marine, sono stati implementati due set di dati: uno desunto dall'Atlante delle fanerogame marine della Liguria (BIANCHI e PEIRANO, 1995), digitalizzato dalla Regione Liguria, e l'altro relativo ad uno studio di dettaglio per l'area interessata dall'inquinamento causato dall'affondamento della Haven (tratto di costa Voltri - Capo Noli), digitalizzato dall'ICRAM. Questo studio risale al 1992, e rispetto

alle carte relative all'Atlante, ha un dettaglio maggiore (scala 1:10.000, rispetto ad 1:25.000).

Nel complesso, per quanto riguarda una stima sintetica delle informazioni cartografiche disponibili per l'intero arco ligure, si può rilevare che:

- per quanto riguarda il ponente ligure, la cartografia acquisita fornisce una buona copertura, ad eccezione del tratto compreso tra il confine di Stato e l'abitato di S. Lorenzo al Mare;
- per il settore orientale, da Genova a la Spezia, l'unica carta bionomica implementata su sistema è quella relativa al golfo del Tigullio, per il quale la cartografia disponibile si spinge oltre i 500 m di profondità; in realtà è stata censita una cartografia preliminare per i fondali compresi dalla linea di costa a 50 m di profondità da Punta Mesco a punta Monte Negro (RELINI *et al.*, 1986); tale lavoro è stato inserito nel database bibliografico, ma non è stato possibile digitalizzare la carta perché di ridottissime dimensioni; una carta simile, di dimensioni adeguate, è stata realizzata nell'ambito delle attività afferenti al progetto "Indagine sulla situazione ambientale di due aree destinate a riserve marine: Golfo di Orosei e Cinque Terre", commissionato dall'Ispettorato Centrale per la Difesa del Mare all'ENEA. In questo caso però non è stato possibile disporre degli originali della cartografia allegata allo studio finale.

Sul sistema GIS inoltre sono stati implementati dati puntuali tratti dalle Carte da pesca e dell'Ambiente marino (INTERNATIONAL SEAWAY MARINE CARTOGRAPHY, 1990; SEA WORLD DELFINO, 1996). Queste carte contengono dati di interesse per le attività di pesca e la navigazione relative anche al bentos e da esse sono state selezionate informazioni relative alla presenza di secche o di substrati rocciosi. I punti sono stati inseriti su sistema mantenendo gli stessi codici della carta e specificando la profondità della secca e le sue caratteristiche.

Le carte bionomiche disponibili sul sistema informativo realizzato con il presente progetto, sono state restituite in scala 1:25.000 ad eccezione di quelle relative alle Isole Gallinara e Bergeggi, stampate a scala 1:3.000.

Di seguito sono fornite brevi descrizioni delle carte implementate sul sistema realizzato nell'ambito del presente progetto.

Cartografia: mappatura fanerogame marine

Questa è l'unica cartografia disponibile sul sistema che interessa e fornisce informazioni per l'intero arco ligure; i dati in essa disponibili sono relativi alla distribuzione di *Posidonia oceanica* e di *Cymodocea nodosa*. In base a questa carta le praterie di *P.oceanica* risulterebbero coprire circa 47 km² di fondale costiero ligure mentre *C.nodosa* sarebbe presente su circa 23 km².

Cartografia: mappatura fanerogame marine da Voltri a Capo Noli

Le informazioni fornite da questa carta sono relative alla distribuzione di *P.oceanica* e *C.nodosa* sui fondali antistanti il tratto di costa in questione. Questa carta fornisce indicazioni di dettaglio su diverse tipologie, le cui superfici sono presentate di seguito.

Popolamento	Superficie occupata in km²
Prateria a <i>Cymodocea nodosa</i>	7,7
Mosaico di prateria viva e morta di <i>Posidonia</i>	1,5
<i>Mattes</i> morta di <i>Posidonia</i>	1,2
Prateria a <i>Posidonia oceanica</i> su matte	0,7
Mosaico di <i>Posidonia</i> e <i>Cymodocea</i>	0,2
Prateria di <i>Posidonia</i> su sabbia	0,2

Cartografia: Biocenosi Imperia

Si ricorda che la fonte della carta delle biocenosi di Imperia è la relazione finale della "Osservazione della presenza e dell'evoluzione degli insediamenti delle specie alloctone di *Caulerpa* in Mar Ligure e la loro interazione con la fauna marina", realizzata dall'Istituto di Zoologia dell'Università di Genova nel 1998 per la Regione Liguria.

La carta è frutto di indagini realizzate, nell'arco del 1997, mediante telecamera a traino lungo transetti perpendicolari alla costa.

Secondo quanto riportato nella carta delle biocenosi, l'area più prossima alla costa risulta caratterizzata dalla biocenosi delle sabbie fini ben calibrate (SFBC)

con alcuni affioramenti rocciosi su cui si rinviene la presenza di biocenosi fotofile della roccia infralitorale.

Procedendo verso i 10 metri di profondità si incontra una prateria di *Cymodocea nodosa*, la cui distribuzione non appare uniforme lungo la costa ma risulta più ristretta in corrispondenza dei lati estremi dell'area indagata, mentre più estesa è nella zona compresa tra Porto Maurizio ed Oneglia. Proprio dinanzi alle due aree portuali, la prateria di *Cymodocea nodosa* si estende fino a profondità maggiori, sostituendosi completamente a *Posidonia oceanica*. Tutta la prateria di *Cymodocea* è caratterizzata da un'abbondante presenza di *Caulerpa taxifolia*, tanto che in termini di biocenosi si parla di mosaico *Caulerpa-Cymodocea*.

Per quanto riguarda la *P.oceanica*, la struttura della prateria risulta molto variabile lungo tutta l'area indagata. Questa è più estesa nel settore più occidentale, dove raggiunge la batimetrica dei 35 metri. Nella carta sono però segnalate chiazze di *Caulerpa taxifolia*, che si fanno più fitte a maggiore profondità dove la prateria di *Posidonia* degrada.

Mettendo a confronto questa carta con quella relativa alla mappatura delle fanerogame marine, si può osservare come la prateria di *P.oceanica* abbia mantenuta pressoché alterata la propria struttura, salvo la presenza, rilevata in questo studio, di *C.taxifolia*.

La prateria di *Posidonia* si riduce notevolmente, fino quasi a scomparire, in corrispondenza di Porto Maurizio, per ricominciare oltre il pennello del porto di Oneglia, tra la batimetrica dei 20 e quella dei 30 metri; in tale area il limite superiore risale fino ai 10 metri in corrispondenza di Capo Berta. L'interruzione della prateria è da mettere in relazione alla presenza del complesso portuale di Imperia, davanti al quale già nel 1995 era stata rinvenuta la presenza di prati di *Cymodocea*, più resistente rispetto a *Posidonia* nei confronti di condizioni di stress ambientale. Secondo quanto riportato nella carta più recente, tutta la prateria di *C.nodosa* appare colonizzata da *C.taxifolia*, che oltre i 20 metri di profondità si ritrova nuovamente sia su *Posidonia* che sulla biocenosi del detritico costiero che caratterizza tutta la fascia costiera più profonda.

Secondo quanto riportato nella carta quindi appare chiaro come la presenza di *C.taxifolia* stia diventando un problema serio per tutta l'area di Imperia, in particolare per il settore di levante dove, sulle zone di *matte* morta, la copertura

di quest'alga raggiunge valori intorno al 50%, e per i fondi antistanti le aree portuali dove raggiunge anche i 40 metri di profondità.

Il maggior dettaglio con il quale è stata realizzata la carta delle biocenosi di Imperia permette infatti di individuare popolamenti che in scala 1:25.000 non sono cartografabili. L'impiego di una scala 1:25.000 è infatti adeguato e sufficiente per distinguere i limiti inferiori e superiori delle praterie delle due fanerogame, ma non di apprezzare, come nel caso di *C.taxifolia*, la presenza di aspetti particolari che solo un maggior dettaglio può mettere in luce.

Mediante l'impiego del sistema GIS è stato possibile stimare la copertura delle singole biocenosi rispetto al totale dell'area cartografata, pari a 17,9 km²

Per quanto riguarda questo tratto di costa le informazioni disponibili interessano tutta la fascia batimetrica compresa tra la linea di costa ed i 50 metri di profondità. I limiti estremi dell'area indagata si identificano in corrispondenza di Borgo Prino, ad ovest di Porto Maurizio, e Capo Berta.

Nella tabella seguente vengono riportati in km² i valori delle superfici occupate da ciascuna biocenosi.

Popolamento	Superficie occupata in km²
Prateria a <i>Posidonia oceanica</i> su matte	4,9
Biocenosi dei fondi detritici costieri	4,5
<i>Caulerpa taxifolia</i> su prateria di <i>Cymodocea nodosa</i>	2,9
<i>Caulerpa taxifolia</i> su detritico costiero (DC)	1,5
<i>Caulerpa taxifolia</i> su prateria di <i>Posidonia oceanica</i>	1,4
Biocenosi delle sabbie fini ben calibrate (SFBC)	0,7
Prateria di <i>Caulerpa taxifolia</i>	0,7
Biocenosi dei fondi detritici infangati (DE)	0,6
Prateria a <i>Cymodocea nodosa</i>	0,5
Roccia	0,3

Facendo riferimento ai dati relativi alle superfici ricoperte dalle singole biocenosi, si può evidenziare una marcata presenza di *C.taxifolia*. In totale

infatti Caulerpa è stata rinvenuta su un'area pari a 6,5 Km²; in realtà la prateria di *C.taxifolia* si estende per 0,7 Km², mentre 5,8 Km² sono occupati da Caulerpa su altre biocenosi.

Cartografia: tratto di costa Andora - Cogoleto

La cartografia relativa alla fascia costiera compresa tra Marina di Andora e Cogoleto è frutto dello studio ICRAM "Indagine ambientale del sistema marino costiero della Provincia di Savona, con particolare riferimento alla zona da Capo Vado a Capo Mele, in relazione alle problematiche inerenti la gestione della fascia costiera" (ICRAM, 1993), i cui prodotti cartografici sono stati successivamente implementati su sistema GIS.

La carta ottenuta da tale studio è una sintesi delle informazioni esistenti per l'area. I dati raccolti interessano una superficie pari a 67,7 Km².

Le informazioni biocenotiche disponibili si arrestano all'isobata dei 30 m per l'area compresa tra Marina di Andora e Capo Noli, mentre raggiungono i 50 m per il settore più occidentale, da Capo Noli a Cogoleto. Il primo tratto di costa, ad esclusione dei primi 5 m di profondità, i cui fondali risultano ascrivibili alla biocenosi delle sabbie fini ben calibrate, è caratterizzato dalla dominanza delle praterie e dei prati di fanerogame marine *Posidonia oceanica* e *Cymodocea nodosa*. Il prato di *C.nodosa*, che caratterizza i fondi più costieri, prosegue quasi ininterrotto fino a Capo Noli, mentre la prateria di *P.oceanica* costituisce una striscia molto sottile, che corre parallelamente al litorale, su fondali sabbiosi compresi tra 12 e 20 m di profondità e si arresta in corrispondenza del comune di Loano.

Procedendo da capo Noli verso Cogoleto si riscontra una situazione differente: entro l'isobata dei 20 m domina la biocenosi delle sabbie fini ben calibrate (SFBC) e *P.oceanica* è rappresentata da una piccola prateria insediata sui fondali tra Capo Noli e Capo Vado.

Alle maggiori profondità si incontrano la biocenosi del detritico costiero (DC) e del detritico infangato (DE), testimone di un'instabilità dei fondi correlata alla presenza antropica.

In termini di superfici occupate, si può osservare una netta dominanza della biocenosi delle sabbie fini ben calibrate, cui segue la prateria di *Cymodocea nodosa*.

Per quanto riguarda le biocenosi fotofile e sciafile di substrato duro, queste si evidenziano in corrispondenza dell'isola di Bergeggi e di Gallinara. Nelle carte a maggior dettaglio, riportate per le due isole è possibile distinguere le singole biocenosi che popolano i fondi duri in questione.

Popolamento	Superficie occupata in km²
Biocenosi delle sabbie fini ben calibrate (SFBC)	25,1
Prateria a <i>Cymodocea nodosa</i>	13,8
Biocenosi dei fondi detritici infangati (DE)	9,2
Prateria a <i>Posidonia oceanica</i> su matte	8,9
Biocenosi dei fondi detritici costieri (DC)	8,3
Mosaico di prateria viva e morta di <i>Posidonia</i>	0,9
Matte morta di <i>Posidonia</i>	0,7
Insieme delle biocenosi fotofile infralitorali su substrato duro	0,6
Biocenosi sciafile infralitorali su roccia senza concrezionamenti	0,04

Cartografia: Biocenosi Laigueglia

La carta relativa alla distribuzione delle biocenosi dei fondi costieri compresi tra Capo Mele e la foce del Centa è stata realizzata dall'ICRAM in collaborazione con la Società Idra s.s..

La cartografia dei popolamenti bentonici interessa i fondali compresi tra la linea di costa e la batimetrica dei 150 m. In totale è stata indagata una superficie pari a 52 km², su cui si evidenzia un'elevata variabilità di popolamenti, in particolare lungo la fascia più costiera.

Le indagini effettuate in campo hanno evidenziato la presenza di *Caulerpa taxifolia*, sia all'interno del porto di Alassio che su chiazze sparse fino a 30 m di profondità.

Data l'estensione estremamente limitata delle aree di insediamento di *C.taxifolia*, la scala di restituzione della carta non permette però di apprezzarne la presenza. Soltanto all'interno dell'area portuale, dove la presenza di *C.taxifolia* è piuttosto marcata, è possibile valutarne la superficie ricoperta che è

pari a 0,03 km². All'interno del porto inoltre si rileva la presenza di una piccola prateria di *Zoostera noltii*.

Popolamento	Superficie occupata in km²
Biocenosi dei Fanghi Terrigeni Costieri (VTC)	21,2
Biocenosi dei fondi detritici infangati (DE)	10,2
Biocenosi delle sabbie fini ben calibrate (SFBC)	3,9
Prateria a <i>Cymodocea nodosa</i>	3,4
Fondi mobili instabili	3,3
Ecotono tra sabbie e fanghi terrigeni costieri	3,2
Biocenosi dei fondi detritici costieri (DC)	3,1
Ciuffi di Posidonia su sabbia	1,3
Prateria di Posidonia	1,2
Biocenosi dei fondi Detritici del Largo (DL)	0,7
Matte morta di Posidonia	0,3
Prato a <i>C. taxifolia</i>	0,03
Prateria a <i>Zoostera noltii</i>	0,005

Tutta la fascia batimetrica compresa tra la linea di costa ed i 30 m di profondità è caratterizzata dalla presenza di prati e praterie di fanerogame marine che si dispongono a mosaico su un substrato prevalentemente sabbioso.

Una prateria di *Cymodocea nodosa* piuttosto estesa (3,4 km²) corre parallelamente alla costa fino ad una profondità massima di 20 m, in corrispondenza della foce del Centa.

Al di sotto del limite inferiore della prateria di *C. nodosa* si evidenzia la presenza di *Posidonia oceanica*. In realtà una prateria di posidonia consolidata si rileva soltanto tra i 10 ed i 20 m in corrispondenza della Gallinara ed all'estremo levante dell'area indagata, mentre in tutti gli altri casi si tratta per lo più di ciuffi di posidonia sparsi su un substrato sabbioso.

Tra i 20 ed i 30 m di profondità si incontra un'area che presenta caratteristiche di transizione tra la biocenosi delle sabbie e quella dei fanghi

terrigeni costieri; questo popolamento è stato qui sinteticamente definito come “ecotono”, e che richiederà successivi approfondimenti.

Procedendo verso il largo la distribuzione delle biocenosi risulta più uniforme, con una dominanza dei fanghi terrigeni costieri (VTC) e dei fondi detritici infangati (DE) a levante del canyon.

Cartografia: Biocenosi Alassio

La carta bionomica è stata tratta da uno studio realizzato in collaborazione tra Università di Genova e Città di Alassio per la realizzazione del “progetto di area marina protetta anche tramite barriere artificiali” del giugno 1996 (ISTITUTO DI ZOOLOGIA, UNIVERSITÀ DI GENOVA e CITTÀ DI ALASSIO, 1996).

Secondo quanto riportato nel lavoro da cui è stata tratta la cartografia dell’area in questione, si evidenzia una totale assenza di substrati duri e la presenza di una prateria di *P.oceanica* piuttosto ridotta.

Laddove la Posidonia è in via di regressione, si evidenzia un insediamento di *C.nodosa*, più resistente ai fenomeni di infangamento riscontrati nell’area.

Le informazioni biocenotiche disponibili per il litorale di Alassio interessano la fascia più costiera fino ad una profondità massima di 20 m. In totale è stata cartografata un’area pari a 0,8 km².

Popolamento	Superficie occupata in km²
Biocenosi delle sabbie fini ben calibrate	1,5
Prateria a <i>Cymodocea nodosa</i>	0,8
Biocenosi dei fanghi terrigeni costieri (VTC)	0,6
Prateria a <i>Posidonia oceanica</i> su matte	0,5
Mosaico di Posidonia e Cymodocea	0,4
Roccia	0,05
Prateria a <i>Caulerpa taxifolia</i>	0,004

In termini di superfici, la biocenosi maggiormente rappresentata è quella delle sabbie fini ben calibrate, cui sono ascrivibili i fondi più costieri, su cui si insediano le praterie di Posidonia e Cymodocea. La fascia batimetrica più profonda è invece ascrivibile ai fanghi terrigeni costieri che occupano una superficie pari a 0,6 km². In realtà, mentre la presenza di Cymodocea è

abbastanza marcata, la Posidonia si rinviene solo come *matte* morta o intercalata alla Cymdocea.

In tale area è stata rinvenuta anche una prateria molto piccola di *C.taxifolia* in corrispondenza del molo esterno del porto di Alassio.

Cartografia: Biocenosi Gallinara

La carta è ricavata dallo studio ICRAM del 1993. Tale studio è frutto di indagini sulle comunità bentoniche relative ai fondi circostanti l'isola fino ad una profondità massima di 40 m. I dati con i quali è stata prodotta la carta biocenotica derivano da precedenti studi ICRAM, integrati nel 1993 con indagini su campo.

I fondali intorno all'isola della Gallinara sono per lo più rocciosi e raggiungono brevemente i 30-40 m di profondità, dove il substrato si presenta composto da sabbia e fango.

La natura piuttosto eterogenea dei fondi della Gallinara, fa sì che essi ospitino un elevato numero di biocenosi, a partire da biocenosi tipiche di substrato duro, alle minori profondità, a cui seguono le praterie di fanerogame marine *P.oceanica* e *C.nodosa*. A profondità maggiori si individuano poi le biocenosi del detritico costiero (DC) e del detritico infangato (DE), che degradano nei fanghi terrigeni costieri (VTC).

In termini di superficie, le informazioni biocenotiche disponibili ricoprono un'area pari a 0.3 Km². La superficie indagata è piuttosto ridotta, pertanto in questo caso, come per l'isola di Bergeggi, le superfici sono espresse in m², in modo da poter rendere apprezzabili le differenze tra una biocenosi e l'altra.

Popolamento	Superficie occupata in m² (*10³)
Biocenosi dei fondi detritici costieri (DC)	79
Biocenosi dei fondi detritici infangati (DE)	56
Biocenosi fotofile della roccia infralitorale superiore di moda calma a <i>Cystoseira</i> (RIPC/c)	33
Biocenosi dei fanghi terrigeni costieri (VTC)	31
Mosaico di prateria viva e morta di <i>Posidonia</i>	22
Biocenosi fotofile della roccia infralitorale di moda battuta (RIPB)	20
Matte morta di <i>Posidonia</i>	20
Biocenosi sciafile infralitorali su roccia senza concrezionamenti	16
Biocenosi emifotofile della roccia infralitorale di moda calma (RIHC)	12
Biocenosi dei fondi coralligeni (C)	10
Prateria a <i>Cymodocea nodosa</i>	4
Prateria a <i>Posidonia oceanica</i> su matte	0,2

Le biocenosi maggiormente rappresentate sono quelle dei fondi detritici costieri ed infangati che, insieme ai fanghi terrigeni costieri si evidenziano lungo la fascia batimetrica più profonda. I fondali rocciosi più costieri sono invece ascrivibili alle biocenosi fotofile di moda calma e moda battuta che, ad eccezione della seconda, che si interrompe all'interno del porticciolo, corrono lungo tutto il perimetro dell'isola.

Sul lato nord-occidentale dell'isola, si può evidenziare la presenza di un mosaico di *matte* morta e *P.oceanica* che si spinge fino alla terraferma.

Una piccola prateria di *C.nodosa* si sviluppa sul versante nord orientale dell'isola, cui segue, poco più a sud un'area ricoperta da *matte* morta di *Posidonia oceanica*. La presenza di *matte* morta si riscontra anche su lato sud ovest e sud est dell'isola.

Infine a sud della punta più meridionale della Gallinara è stata individuata una piccola area con Coralligeno.

Cartografia: Biocenosi Spotorno

La cartografia relativa a questo tratto di costa è stata desunta dal lavoro DEP-ECO (1989). La cartografia implementata su sistema interessa una superficie pari a 5,9 km², nell'ambito della quale si riscontra la presenza delle biocenosi delle sabbie fini ben calibrate (SFBC), dei fanghi terrigeni costieri (VTC) e dei fondi detritici. Lungo tale tratto di costa si rinviene anche la presenza di *P.oceanica* e *C.nodosa*.

Popolamento	Superficie occupata in km²
Biocenosi dei fondi detritici costieri (DC)	1,6
Biocenosi delle sabbie fini ben calibrate (SFBC)	1,4
Biocenosi dei fanghi terrigeni costieri (VTC)	1,3
Biocenosi dei fondi detritici infangati (DE)	1,3
Prateria a <i>Posidonia oceanica</i> su matte	0,3
Prateria a <i>Cymodocea nodosa</i>	0,1

Le diverse biocenosi di fondo mobile occupano superfici molto simili, con una leggera prevalenza dei fondi detritici costieri che si distribuiscono prevalentemente intorno all'isola di Bergeggi. Partendo da Bergeggi e procedendo sia verso ponente che verso levante si osserva il passaggio dal detritico costiero al detritico infangato. A largo del molo del porto di Vado ligure, si incontra la biocenosi dei fanghi terrigeni costieri che ricopre un'area di circa 1,3 km², a cui si giunge attraverso la successione sabbie fini ben calibrate, detritico infangato.

In rapporto alle altre biocenosi, lungo questo tratto di costa le praterie di *Posidonia* e *Cymodocea* occupano superfici relativamente ridotte.

La prateria di *Posidonia oceanica*, più estesa rispetto al prato di *Cymodocea nodosa*, appare piuttosto degradata e costituita prevalentemente da matte morta su una superficie di non oltre 3 km².

Cartografia: Biocenosi Bergeggi

L'isola di Bergeggi, dichiarata parco regionale terrestre nel 1977, insieme con la falesia antistante, rientra nell'ambito dei siti previsti dalla Legge n.394/91 per

l'istituzione di aree protette marine. L'elaborazione della cartografia è stata effettuata nell'ambito del lavoro ICRAM del 1993, durante il quale sono state effettuate specifiche campagne di rilevamento ad integrare i dati esistenti in bibliografia.

I fondali intorno all'isola di Bergeggi presentano una particolare ricchezza di popolamenti, soprattutto in rapporto alla ridotta estensione dell'area indagata (0,4 km²).

Nel complesso si evidenzia la presenza delle stesse biocenosi indicate per la Gallinara, relative sia a substrati duri che a fondi mobili.

Di notevole importanza, almeno dal punto di vista qualitativo, è la biocenosi delle grotte semioscure; numerose infatti sono le cavità che si aprono nei fondali rocciosi intorno all'isola, caratterizzate da popolamenti animali ad elevata ricchezza specifica (DIVIACCO e TUNESI, 1999)

Popolamento	Superficie occupata in m² (*10³)
Biocenosi dei fanghi terrigeni costieri (VTC)	158
Mosaico di prateria viva e morta di Posidonia	92
Biocenosi dei fondi detritici costieri (DC)	60
Biocenosi dei fondi detritici infangati (DE)	55
Biocenosi sciafile infralitorali su roccia senza concrezionamenti	23
Biocenosi fotofile della roccia infralitorale superiore di moda calma a <i>Cystoseira</i> (RIPC/c)	15
Matte morta di Posidonia	15
Biocenosi fotofile della roccia infralitorale di moda battuta (RIPB)	8
Biocenosi dei fondi coralligeni (C)	4
Biocenosi emifotofile della roccia infralitorale di moda calma (RIHC)	3
Biocenosi delle grotte semi-oscurate	1

Le biocenosi maggiormente rappresentate sono i fanghi terrigeni costieri, cui sono ascrivibili i fondali ad ovest dell'isola, relativamente alla fascia batimetrica più profonda ed il mosaico di prateria viva e morta di *P. oceanica*, che si estende da ovest di Spotorno fino all'isola, con una profondità massima di 20 m.

Secondo quanto riportato da BIANCHI e PEIRANO (1995) e da numerosi altri studi (BIANCHI *et al.*, 1988; FERRETTI e MICHELOZZI, 1989; FIERRO e PIACENTINO, 1969; DIVIACCO e TUNESI, 1999), la prateria mostra diversi segni di regressione che possono essere messi in relazione all'attività di pesca a strascico o agli effetti dei ripascimenti della spiaggia di Bergeggi (FIERRO e PIACENTINO, 1969).

L'area intorno all'isola di Bergeggi, fino alla linea di costa, risulta caratterizzata da una particolare ricchezza di popolamenti, che nel complesso appaiono ben conservati (DIVIACCO e TUNESI, 1999).

Si evidenzia infatti la presenza di biocenosi fotofile di substrato duro, intorno al perimetro di tutta l'isola ed una marcata presenza di biocenosi sciafile infralitorali in tutta l'area, ad esclusione della fascia nord occidentale. A nord inoltre è stata segnalata la presenza della biocenosi delle grotte semi-oscurate.

Dal punto di vista delle coperture, sono importanti le biocenosi del detritico costiero e del detritico infangato. La presenza della successione detritico costiero, detritico infangato, verso i fanghi terrigeni costieri, è stata segnalata nel lavoro DEP-ECO (1989) per tutta la fascia costiera della provincia di Savona.

Cartografia: Biocenosi Quiliano

Lo studio delle comunità bentoniche alla foce del torrente Quiliano è stato realizzato da DEP-ECO nel 1989, allo scopo di verificare il grado dell'eventuale impatto ambientale che esercita sui fondi costieri l'impianto di raffreddamento della centrale Enel di Vado.

Su un'area di circa 8,9 km², si succedono, dalla costa verso il largo, la biocenosi delle sabbie fini ben calibrate, il detritico costiero ed i fanghi terrigeni costieri.

Popolamento	Superficie occupata in km²
Biocenosi dei fondi detritici costieri	2,7
Prateria a <i>Cymodocea nodosa</i>	2,1
Biocenosi dei fanghi terrigeni costieri (VTC)	1,9
Biocenosi dei fondi detritici infangati	1,5
Biocenosi delle sabbie fini ben calibrate	0,7

La fascia batimetrica compresa tra i 5 ed i 20 m di profondità è caratterizzata dalla presenza di *C.nodosa* che occupa un'area pari a 2,1 km² ed è l'elemento caratterizzante del litorale savonese.

Secondo quanto riportato da DEP-ECO (1989), tra le diverse biocenosi si instaurano anche ampie fasce di transizione, la cui presenza è probabilmente determinata dall'influenza degli apporti sedimentari dovuti ai corsi d'acqua, a regime torrentizio, che sfociano nella zona.

In corrispondenza della foce del torrente Quiliano, dove l'apporto terrigeno è maggiore, si può evidenziare la presenza della biocenosi dei fanghi terrigeni costieri che occupa un'area pari a 1,9 Km² e si sostituisce alla biocenosi del detritico costiero.

Cartografia: Biocenosi Tigullio

La regione tra Punta Chiappa e Sestri Levante comprende il fronte del promontorio di Portofino ed il Golfo del Tigullio. Nell'ambito dell'arco costiero ligure questo è uno dei settori con la maggior varietà di situazioni ambientali: arenili, alte falesie rocciose, scogliere litoranee, golfi. Il principale corso d'acqua della zona è il fiume Entella.

La carta acquisita dalla pubblicazione di MORRI *et al.* (1986), in origine in scala 1:30.000, è una raccolta di tutte le conoscenze sulle biocenosi bentiche sull'area.

Le biocenosi riportate nella carta si riferiscono ai fondali che si estendono dalla linea di costa fino oltre la batimetrica dei 500 m.

Secondo quanto calcolato mediante l'impiego del sistema GIS, la superficie cartografata è circa 257 km².

In relazione alla scala di realizzazione della carta, le biocenosi costiere di fondo roccioso sono rappresentate in maniera semplificata e quelle delle sopralitorale, mesolitorale ed infralitorale superiore sono state omesse.

Popolamento	Superficie occupata in km²
Biocenosi dei fanghi terrigeni costieri (VTC)	99,8
Biocenosi dei fanghi profondi (VP)	76,5
Biocenosi dei fondi detritici del largo (DL)	16,7
Biocenosi dei fondi detritici infangati (DE)	13,1
Biocenosi delle sabbie fini ben calibrate (SFBC)	12,9
Biocenosi dei fondi detritici costieri (DC)	11,4
Facies a <i>Leptometra</i> della biocenosi dei fondi detritici del largo (DL/Lept.)	10,4
Biocenosi dei coralli bianchi (CB)	5,5
Prateria di <i>Cymodocea nodosa</i>	2,9
Insieme delle biocenosi fotofile infralitorali su substrato duro	2,8
Biocenosi dei fondi coralligeni (C)	2,4
Biocenosi della roccia del largo (RL)	1,3
Prateria a <i>Posidonia oceanica</i> su matte	1,2
Biocenosi dei coralli bianchi: facies a <i>Madrepora oculata</i>	0,9

Le biocenosi dominanti sono rappresentate dai fanghi terrigeni costieri e dai fanghi profondi che ricoprono porzioni di fondale piuttosto ampie. In termini di superfici, rilevanti sono le biocenosi dei fondi detritici e delle sabbie fini ben calibrate.

I fondi mobili litorali fangosi o sabbiosi del Golfo del Tigullio sono tra i più studiati del mar Ligure. Numerosi sono gli studi sul macrobenthos e sulle biocenosi bentoniche realizzati su aree campione (ALBERTELLI *et al.*, 1980; ALBERTELLI e CATTANEO, 1983, 1985; TUNESI e PEIRANO, 1985).

Piuttosto scarse sono invece le conoscenze sui fondi detritici. La biocenosi dei fondi detritici costieri è presente lungo il versante meridionale del promontorio di Portofino, mentre sul lato orientale è sostituita dalla biocenosi del detritico infangato.

Nella carta inoltre viene segnalata, fra i popolamenti dei fondi duri del largo anche la presenza della biocenosi della roccia del largo, ma come riportato nel testo del lavoro di MORRI *et al.*(1986), mancano studi in merito.

Praterie di fanerogame marine si rinvengono lungo i primi metri di profondità ed il loro limite inferiore non scende oltre i 15 m.

Facendo un confronto fra le praterie di Posidonia ed i prati di *Cymodocea*, appaiono ben più estesi questi ultimi, con una superficie complessiva oltre il doppio di quella di *P.oceanica*.

Rilevante è comunque la superficie ascrivibile sia alle biocenosi fotofile di substrato duro, che alla biocenosi dei fondi coralligeni, evidente soprattutto sul versante occidentale e meridionale del promontorio di Portofino, con un'area ben distinta a sud della Punta di Portofino.

4.4. LA CARTOGRAFIA SEDIMENTOLOGICA DEI FONDALI COSTIERI LIGURI

4.4.A. Considerazioni su quanto disponibile e sulle aree e le problematiche per le quali sarebbero necessari approfondimenti

La conoscenza della natura sedimentaria dei fondali marini, analogamente alla morfologia degli stessi, riveste una notevole importanza non solo dal punto di vista scientifico ma anche, e soprattutto, per i suoi aspetti applicativi. In passato la conoscenza dei fondali marini era focalizzata soprattutto allo studio della morfologia, come strumento di base per la navigazione; oggi, con lo sviluppo di attività marine differenziate, risulta ormai insufficiente il solo studio batimetrico per una corretta conoscenza dei fondali. Questo ha portato gli addetti ai lavori a rivolgere la loro attenzione verso altri settori scientifici che indagano sui fondali, quali la sedimentologia e la geologia marina, per giungere ad una corretta visione dei fondali marini.

L'importanza di realizzare carte tematiche con la distribuzione dei sedimenti assume un'importanza fondamentale non solo per gli addetti ai lavori, ma anche per chi opera nelle discipline affini che si interessano dello studio dei fondali marini, come biologi, chimici, ingegneri.

Nonostante la carta sedimentologica sia un'importante strumento di base per la conoscenza e l'interpretazione dei fenomeni connessi all'evoluzione dei fondali marini, fino ad oggi, in Italia non esiste alcuna cartografia tessiturale completa della piattaforma continentale; le uniche carte a disposizione sono riferibili a singoli lavori in settori di particolare interesse o sono legate a specifici progetti di ricerca delle strutture pubbliche. Le fonti non omogenee degli studi pongono il problema sui criteri di analisi del campione e sulla elaborazione del dato che risultano diversi in funzione delle differenti classificazioni adottate.

Solo ultimamente, con la realizzazione della nuova cartografia geologica in scala 1:50.000, è stata avviata la realizzazione di alcuni settori a mare coincidenti per l'appunto con i fogli costieri, (ad esempio nella Regione Liguria sono in via di attuazione i settori a mare dei fogli S.Remo e La Spezia).

Il Gruppo di ricerca che si è occupato della cartografia sedimentologica della fascia costiera ligure fa parte del Dipartimento per lo Studio del Territorio e delle sue Risorse (DIP.TE.RIS.).

Le attività di ricerca hanno previsto la raccolta dei dati sedimentologici esistenti in bibliografia e la loro elaborazione in forma di cartografia realizzata a varie scale legate alla densità di campionamento. L'obiettivo del lavoro è stata la realizzazione di una carta sedimentologica dei fondali costieri della Liguria.

La cartografia prodotta è stata georeferenziata ed implementata su sistema GIS con la stessa procedura adottata per l'inserimento delle carte biocenotiche.

Inoltre sono state rese disponibili in formato Microsoft Excel[®], le tabelle con le indicazioni relative alle singole stazioni prese come riferimento per la costruzione della cartografia sedimentologica.

La ricerca bibliografica ha evidenziato come i principali studi sedimentologici relativi alla piattaforma continentale ligure siano da attribuire all'attività svolta dall'Università di Genova e dall'ENEA di La Spezia. Solo sporadicamente, e con obiettivi che esulano dal presente studio, hanno lavorato in questo settore altri enti di ricerca italiani (Università, C.N.R.) e stranieri, soprattutto francesi (C.N.R.S., Ifremer). Dati relativi al settore prettamente costiero sono stati prodotti, a seguito di studi locali a livello di Comune, mentre a livello regionale risulta importante l'indagine condotta dalla Società Aquater per conto della Regione Liguria.

Dal complesso dei dati raccolti sono stati selezionati i lavori aventi le caratteristiche congrue alle finalità del lavoro. Particolare importanza è stata data alla localizzazione geografica del campione che doveva essere georeferenziato; ogni campione utilizzato ha un riferimento diretto con le coordinate geografiche riportate nel testo ossia le sue coordinate sono ricavabili in modo sicuro dalla cartografia allegata al lavoro: il dato è stato, pertanto, ricavato solo da lavori che riportavano una cartografia di dettaglio.

Tutte le ubicazioni dei campioni sono state controllate valutando la posizione in relazione alla granulometria nell'ambito del singolo lavoro; questo per ridurre la possibilità di utilizzare dati non corretti. In alcuni casi si è dovuto provvedere a delle correzioni e questo si è verificato soprattutto per lavori che riportavano coordinate provenienti da apparecchiature Loran; la correzione è stata possibile

solo nei punti in cui esistevano informazioni supplementari utilizzabili come, ad esempio, la profondità di prelievo del campione.

Per il settore più costiero è stato riscontrato un alto numero di campioni prelevati sulla linea di battigia che sono stati utilizzati per porre il limite a terra del rilevamento cartografico. Sono stati utilizzati, a questo fine, dati reperiti dalle carte dell'Atlante delle Spiagge Italiane e dal lavoro della Società Aquater; le informazioni ricavate presentano limiti legati alla georeferenziazione, ma hanno comunque permesso di tracciare, con buona approssimazione, il limite a terra della distribuzione dei sedimenti.

Nel complesso sono stati selezionati i dati relativi a 14 campagne oceanografiche, svolte in un periodo compreso tra il 1971 ed il 1996, per un totale di 621 campioni.

Questi dati, dopo essere stati processati e restituiti su carta, sono stati ulteriormente sottoposti ad una opera di controllo ed interpretazione utilizzando altre informazioni provenienti da studi sedimentologici generali, geofisici e morfo-strutturali che, pur non fornendo informazioni quantitative, davano comunque importanti indicazioni sulla distribuzione dei sedimenti.

Il quadro che emerge da questa raccolta di dati, presenta purtroppo alcune lacune specie nel ponente ligure, che risulta essere il meno indagato. In particolare nel tratto prospiciente la costa tra Capo Noli e Capo Mele i campioni sono risultati insufficienti per la scala cartografica prevista. Per non perdere comunque le informazioni utilizzabili e per fornire un prodotto completo, solo per questa area, la cartografia è stata costruita utilizzando anche le informazioni quantitative e qualitative dedotte da lavori puntuali svolti nella zona e ritenuti corretti anche se privi dell'insieme dei parametri utili per essere posti in banca dati; si sono inoltre utilizzate le conoscenze dirette degli autori del presente lavoro.

Per contro in altri settori, grazie alla notevole mole di dati utilizzabili, è stato possibile presentare delle carte sedimentologiche a scala di dettaglio. In particolare è stato possibile produrre carte a grande scala relativamente ai tratti di litorale centrati su Varazze e Lavagna. Nel complesso la piattaforma continentale ligure presenta una copertura di campioni con analisi granulometriche tale da permettere una restituzione cartografica 1:50.000.

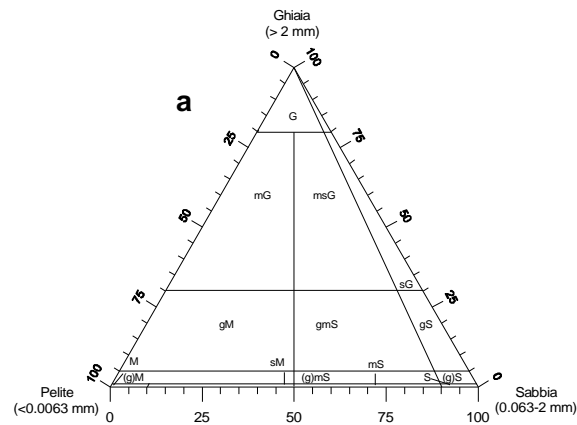
I dati utilizzati sono distribuiti in circa 25 anni d'attività e, di conseguenza, sono stati trattati dagli autori con criteri spesso dissimili ed interpretati adottando differenti sistemi di classificazione.

Il problema da risolvere inizialmente è stato quindi quello di rendere omogenei i dati. Un esempio, che ben descrive le difficoltà incontrate è relativo all'utilizzo, in alcuni studi, del limite tra sedimenti fini (peliti) e grossolani (sabbie) posto a 74 μm (limite adottato nelle classificazioni geotecniche), rispetto a quello posto a 63 μm , che abitualmente viene utilizzato nelle classificazioni sedimentologiche; per rendere omogenei i dati si è dovuto provvedere ad una estrapolazione del valore a 63 μm per tutti i lavori utilizzati e questo è stato fatto o sulla base dei dati forniti dagli autori o sulla base della ricostruzione della curva di distribuzione delle classi granulometriche.

Il passo successivo ha riguardato la scelta di un sistema di classificazione che rispettasse le esigenze del committente, che ha il fine di produrre carte biocenotiche ponendole in rapporto alle carte sedimentarie, ma che nello stesso tempo ben si adattasse al complesso di dati in nostro possesso.

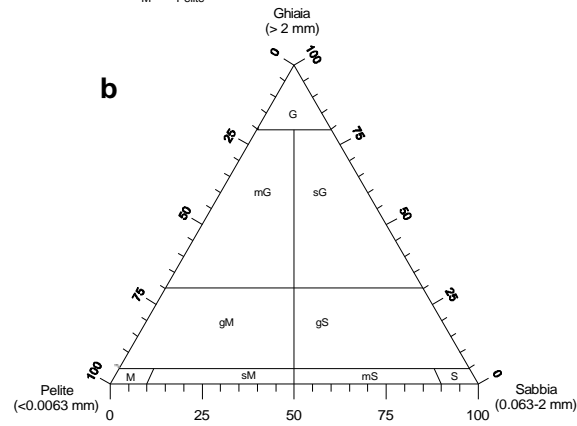
Le classificazioni sedimentologiche suddividono i sedimenti in diverse tipologie dimensionali, ma gli autori, per le loro considerazioni, spesso producono solo rappresentazioni in diagrammi ternari; ne consegue che generalmente vengono rappresentate solo tre classi e non sempre le stesse pur essendo disponibili tutti i dati. Non potendo, per ovvie ragioni grafiche, rappresentare su carta tutte le suddivisioni possibili, abbiamo quindi preferito privilegiare la frazione grossolana (sabbia e ghiaia) che meglio caratterizza i fondali indagati e meglio si presta allo studio delle biocenosi presenti.

Conseguentemente la classificazione è stata effettuata secondo la metodologia proposta da FOLK e WARD, però adottando una semplificazione che riducesse le classi dalle originarie quattordici ad un numero di nove. Si è provveduto cioè ad eliminare le classi intermedie ovvero quelle meno rappresentative; in figura 4.1 sono riportati il diagramma originale di FOLK & WARD (in alto) e quello semplificato (in basso).



Legenda

- G Ghiaia
- sG Ghiaia sabbiosa
- msG Ghiaia sabbioso-pellica
- mG Ghiaia pellica
- gS Sabbia ghiaiosa
- gmS Sabbia pellico ghiaiosa
- gM Pelite ghiaiosa
- (g)S Sabbia debolmente ghiaiosa
- (g)mS Sabbia pellica debolmente ghiaiosa
- (g)M Pelite debolmente ghiaiosa
- S Sabbia
- mS Sabbia pellica
- sM Pelite sabbiosa
- M Pelite



Legenda

- G Ghiaia
- sG Ghiaia sabbiosa
- mG Ghiaia pellica
- gS Sabbia ghiaiosa
- gM Pelite ghiaiosa
- S Sabbia
- mS Sabbia pellica
- sM Pelite sabbiosa
- M Pelite

Figura 4.1 – Diagramma di FOLK e WARD (a) e diagramma modificato (b).

Questa tecnica di classificazione del sedimento prevede il posizionamento del campione all'interno di una delle nove classi in funzione della composizione tessiturale espressa in valore percentuale. La metodica prevede l'utilizzo di un diagramma triangolare con ai vertici le tre principali tipologie che sono ghiaia (>2mm), sabbia (0.063 – 2 mm) e pelite (<0.063mm). Ai lati del triangolo sono riportate le varie frazioni percentuali relative alle due tipologie dei vertici considerati, mentre l'area interna è suddivisa in funzione delle percentuali relative alle tre tipologie. Avvicinandosi a un vertice il sedimento andrà ad assumere sempre più le caratteristiche della tipologia riportata fino a identificarsi nella stessa.

I dati relativi alle 14 campagne sono stati introdotti nel diagramma e conseguentemente classificati.

La nuova classificazione è stata quindi utilizzata per la redazione delle carte di distribuzione dei sedimenti. Come anticipato i dati raccolti non risultano essere ben distribuiti su tutta la fascia costiera ligure e sostanzialmente sono insufficienti per realizzare carte tematiche a scala 1:25.000; si è quindi dovuto adottare la scala 1:50.000.

Scendendo nel dettaglio della distribuzione geografica del campione si segnala una buona copertura nel settore della Liguria di Levante fino a Genova; in particolare la zona di Lavagna risulta dotata di una buona copertura ed è stato possibile produrre una carta di dettaglio con scala 1:10.000.

Il settore compreso tra Genova e Savona (Varazze), pur presentando una copertura inferiore a quella della zona precedente, presenta un numero sufficiente di campioni ed è stato quindi possibile, anche in questo caso, ottenere una distribuzione con scala 1:10.000.

La cartografia sedimentologica così realizzata, restituita a scala 1:25.000, è presentata in Allegato 2 (Carte Sedimentologiche 1-35).

5. DISCUSSIONE E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il presente progetto è stato sviluppato con l'obiettivo di permettere una visione d'insieme di tutte le informazioni cartografiche, di bionomia bentonica e sedimentologiche, disponibili per la fascia costiera marina antistante la Regione Liguria.

In base a questo obiettivo è stato messo a punto uno specifico sistema informativo geografico che, facilitando il confronto di carte relative a studi diversi, spesso realizzati in momenti e con metodiche differenti, costituisce un nuovo strumento di fruizione delle informazioni e quindi un contributo alla gestione dei dati necessari per pianificare attività di studio e di gestione della fascia costiera.

La cartografia bionomica infatti, sia per le sue notevoli capacità di sintesi, sia per le ampie possibilità di impiego, presenta notevoli potenzialità come strumento di lavoro nella pianificazione di interventi di carattere ambientale. Efficacia che viene inoltre esaltata dalla possibilità di effettuare confronti diretti tra carte bionomiche rilevate in periodi differenti, riconoscendo l'evoluzione temporale e le alterazioni subite dagli ecosistemi in una data regione (MÉAILLE *et al.*, 1998).

Le potenzialità di questo strumento aumentano ulteriormente se la cartografia è realizzata seguendo le indicazioni proposte dall'ecologia del non equilibrio (KIKKAWA e ANDERSON, 1986), che considera gli ecosistemi "non deterministici e imprevedibili" perché soggetti a perturbazioni stocastiche, e quelle formulate da SUGIHARA e MAY (1990) che tendono a considerare gli ecosistemi come entità non prevedibili, a causa della loro elevata sensibilità anche a ridotti cambiamenti delle condizioni iniziali.

Il G.I.S. facilita la comparazione di carte georeferenziate redatte in momenti diversi, sia permettendone la "sovrapposizione" diretta, che meglio evidenzia eventuali diversità, sia mediante la "classificazione" delle carte con "metadata", *files* che contengono le informazioni atte a qualificare gli studi che hanno portato alla realizzazione delle singole carte, fornendo notizie relative ad aspetti tecnici quali, a esempio, la precisione della strumentazione impiegata per la conduzione dei rilevamenti.

Le potenzialità espresse dagli attuali sistemi cartografici si estrinsecano

anche nella possibilità di restituire cartograficamente le informazioni a scale diverse da quelle originali; questo aspetto può risultare di particolare interesse nell'ambito di attività di pianificazione costiera (REGIONE LIGURIA, 1999).

Diminuendo la scala di rappresentazione può però accadere che aree interessate da biocenosi di estensione ridotta tendano a scomparire dalla carta. Una soluzione a questo problema può essere costituita dall'identificazione di retini standard che permettano la rappresentazione di "gruppi di biocenosi", identificati in funzione dell'affinità dei popolamenti che concorrono a comporli (MEINESZ *et al.*, 1983; ARDIZZONE, 1991).

Per quanto attiene ai risultati conseguiti con il presente studio, va rilevato che la reale fruibilità delle informazioni raccolte e caricate sul sistema è percepibile solo mediante l'impiego dello strumento informatico costituito dal GIS, e che la presente relazione permette solo in parte di apprezzare le caratteristiche dello strumento realizzato.

Considerando l'insieme delle informazioni raccolte va rilevato che, nonostante la Liguria sia una delle aree maggiormente studiate d'Italia, le superfici di fondale costiero per le quali si dispongono di informazioni di cartografia bionomica sono ancora relativamente ridotte.

Infatti, considerando l'intervallo batimetrico 0-200 m, che si estende su una superficie 2.060 km², le aree per le quali sono disponibili informazioni di carattere biocenotico coprono solo 392 km², pari al 19% del totale.

Il livello di conoscenza può essere considerato migliore considerando l'intervallo più strettamente costiero, compreso tra 0 e 50 m di profondità. In questo caso, per una superficie complessiva di 387 km², le aree per le quali sono disponibili informazioni ammontano a 183 km², pari al 47% del totale.

Quindi, in estrema sintesi, la visione offerta dal presente contributo evidenzia che gli studi di carattere biocenotico sino ad oggi condotti in Liguria permettono di ottenere una discreta conoscenza per la fascia più strettamente costiera. Al contrario, risultano molto scarse le informazioni di carattere biocenotico disponibili per i fondali siti a profondità maggiori di 30-50 metri. A questo proposito sarebbe auspicabile che future indagini di campo possano fornire

informazioni specifiche almeno fino alla batimetrica dei 100 m, anche in relazione alla presenza nel ponente ligure di *Caulerpa taxifolia* (CINELLI *et al.*, 1998), la cui espansione desta notevoli preoccupazioni.

In relazione a quanto sopra evidenziato, i set di carte disponibili per i fondali costieri liguri hanno permesso confronti solo per alcune aree, perché la maggioranza delle cartografie disponibili sono relative a zone diverse; gli unici confronti su ampia scala sono possibili tra la mappatura delle fanerogame marine e le singole carte biocenotiche, in quanto solo la prima fornisce una copertura di tutto l'arco di costa ligure.

Entrando nello specifico, si possono identificare alcune situazioni che possono essere prese ad esempio di quanto rilevato mediante l'impiego del sistema realizzato. In particolare si può focalizzare l'attenzione su due principali aspetti:

- Differenze distributive chiaramente legate alla qualità e precisione del dato o alle metodiche di campionamento (strategia di campionamento e finalità dello studio), piuttosto che a reali modificazioni dei popolamenti;
- Differenze distributive che è possibile considerare effetto di reali modificazioni nella presenza di specifici popolamenti.

In relazione al primo punto ricordato, uno degli aspetti che colpisce l'attenzione, confrontando le carte disponibili per comuni tratti di fondale, è costituito dalle differenze nella distribuzione dei popolamenti che sembrano essere spiegabili facendo riferimento alla precisione dei dati, piuttosto che a reali modificazioni.

Ad esempio, l'osservazione delle carte n° 5 e 6 (Allegato 2), relative alla mappatura delle fanerogame marine (1995) ed alla cartografia delle biocenosi di Imperia (1998), permette di rilevare limiti inferiori e superiori delle praterie di *Posidonia* e di *Cymodocea*, che in alcuni casi risultano molto diversi. In realtà queste differenze possono essere spiegate considerando la scala di precisione delle due carte originali (1:25.000 per la mappatura delle fanerogame marine e 1:8.000 per la cartografia delle biocenosi di Imperia), e rilevando che il primo

studio non interessava i tratti più costieri, dove spesso si spingono i limiti superiori delle fanerogame marine.

Le osservazioni formulate per queste carte possono a loro volta essere condotte per la maggioranza delle altre carte, come, ad esempio quelle 7 e 8, confrontando la mappatura delle fanerogame marine (1995) con lo studio relativo alle biocenosi di Laigueglia (2000).

Ovviamente, aumentando la definizione, si accrescono le differenze riscontrabili tra le cartografie; ad esempio per l'area di Bergeggi, rappresentata nella carta n° 12 della carta bionomica a scala 1:25.000 (ICRAM, 1993 – Allegato 2), i fondali circostanti l'isola sono ascrivibili all'insieme delle biocenosi fotofile infralitorali su substrato duro, mentre la carta n° 37, realizzata a scala 1:3.000, fornisce un dettaglio molto maggiore. Da ciò si evince quanto sia importante la precisione del dato e inoltre che la scelta della scala non comporta solamente un maggiore o minore dettaglio: essa influisce sul significato stesso dei fenomeni rappresentati (BUREL *et al.*, 1992).

In alcuni casi è però possibile rilevare a pieno l'importanza del sistema realizzato per identificare differenze reali nella distribuzione dei popolamenti sui fondali liguri. Ciò è particolarmente chiaro lungo la Riviera di Ponente, i cui fondali sono stati interessati negli ultimi anni dall'espansione dell'alga verde *C.taxifolia*. I tratti di fondale popolati da questa alga costituiscono un'indicazione sicura del cambiamento nell'estensione di popolamenti bentici.

Nello specifico è possibile osservare un esempio di questo fenomeno confrontando le carte n° 5 e 6 (Allegato 2) relative alla mappatura delle fanerogame marine (1995) con quelle relative alla cartografia delle biocenosi di Imperia (1998); in realtà l'impiego del sistema informatico, permettendo la sovrapposizione diretta dei relativi *layers*, rende molto più agevole il confronto e permette di percepire in modo più efficace le imponenti modificazioni determinate dalla comparsa di *C.taxifolia* su questi fondali.

Quanto sopra rilevato evidenzia la necessità e l'importanza di pianificare delle attività sistematiche di cartografia bionomica dei fondali costieri, che permettano di disporre di un quadro bionomico di dettaglio sufficiente a scala regionale, al fine di disporre di uno strumento atto a monitorare eventuali

cambiamenti nella distribuzione dei popolamenti bentici costieri. Questo aspetto è strategico per quanto attiene ai fondali del ponente ligure, per i quali sono disponibili veramente poche informazioni e per i quali esiste il pressante problema di uno loro stravolgimento a causa dell'espansione dell'alga verde *C.taxifolia*.

Inoltre queste considerazioni sono in linea con quanto previsto dal Decreto Legislativo 11 maggio 1999, n° 152 *“Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole”* (G.U. Spp. Ord. N°124 del 29 maggio 1999 Serie Generale) che prevede al comma **3.4.1.2 Biota** del punto **3.4 Acque Marine Costiere**, anche se addizionali, *“... le indagini sulle biocenosi di maggior pregio ambientale (praterie di fanerogame, coralligeno, ecc.) presenti nell'area indagata, al fine di una più completa definizione dello stato ecologico. Tali indagini infatti rappresentano una “memoria biologica” dell'area di studio, fornendo informazioni integrate sugli effetti indotti dai diversi impatti antropici...”*.

Inoltre al comma **3.4.2.1 Criteri per la scelta delle stazioni di prelievo**, per il **biota** prevede: *“...Devono inoltre essere identificate stazioni più rappresentative delle biocenosi di maggior pregio ambientale presenti nell'area in studio al fine della realizzazione di una cartografia biocenotica con scala ipotizzabile di 1:25.000.”*

Questi concetti, accolti all'interno della normativa nazionale accentuano ulteriormente il ruolo della cartografia biocenotica come strumento insostituibile nell'ambito degli studi conoscitivi e di monitoraggio dell'ambiente marino.

A questo proposito nel corso del presente studio è stata condotta un'esperienza di cartografia per l'area costiera compresa tra Capo Mele e la Foce del Torrente Centa (SV), al fine sperimentare un approccio che potesse essere applicato successivamente a scala regionale. In questo ambito si è scelto di condurre prima uno studio geomorfologico affiancato, in successione temporale, da una serie di rilevamenti bionomici con telecamera e raccolta di campioni con benna.

I risultati preliminari di questo studio che, a causa di condizioni meteomarine avverse si sono protratti oltre i limiti previsti, permettono però di rilevare che questo tipo di approccio sembra costituire un buon compromesso tra la necessità di informazione, la sua qualità ed i costi che un'iniziativa di questo tipo avrebbe, nel caso in cui venisse estesa all'intero arco dei fondali costieri della Regione.

L'esperienza acquisita nel corso della realizzazione del presente progetto conferma la notevole importanza dell'impiego del GIS per la gestione di cartografie bionomiche, costituisce un esempio della loro organizzazione su supporto informativo georeferenziato e permette di suggerire l'estensione di questo tipo di approccio alla restante parte dei fondali costieri italiani, in relazione all'importanza della cartografia bionomica per l'ottimizzazione degli interventi di gestione e protezione ambientale.

6. BIBLIOGRAFIA

- ALBERTELLI G., CATTANEO M., DELLA CROCE N., DRAGO N., (1981) - Benthos della piattaforma continentale ligure. Alassio-Savona-Chiavari-Corniglia (1977-1981). *Catt. Idrobiol. Pescic., Univ. Genova, Rapp. Tecn.* **14**: pp.1-29.
- ARDIZZONE G.D., (2000) – La rappresentazione cartografica nelle ricerche di biologia marina in Mediterraneo. *Biol. Mar. Medit.* **7** (1): (in stampa)
- ARDIZZONE G.D., BELLUSCIO A., CORSI F., GRAVINA M.F., SOMASCHINI A. (1993) - Nota preliminare sulle caratteristiche bionomiche dei fondali interessati dal disastro "Haven". *Biol. Mar.*, **1**: 213.
- BALDUZZI A., BIANCHI C.N., CATTANEO-VIETTI R., CERRANO C., COCITO S., COTTA S., DIVIACCO G., DEGLI'INNOCENTI F., MORGIGNI M., MORRI C., PANSINI M., SALVATORI L., SENES L., SGORBINI S., TUNESI L. (1994) - Primi lineamenti di bionomia bentica dell'isola Gallinaria (Mar Ligure). *Atti X Congr. A.I.O.L.:* 603-617.
- BIANCHI C.N., CINELLI F., MORRI C. (1995) - La carta bionomica dei mari toscani: introduzione, criteri informativi e note esplicative. *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Suppl.* **102**: 255-270.

- BIANCHI C.N., MORRI C., PEIRANO A., ROMEO G., TUNESI L., (1987)-
Caratterizzazione ecotipologica delle coste italiane. Bibliografia ecotipologica sul Mar Ligure - Elenco preliminare. Collana di studi ambientali, ENEA, Roma: 1-90.
- BIANCHI C.N., PEIRANO A. (1995) - *Atlante delle Fanerogame marine della Liguria*. Posidonia oceanica e Cymodocea nodosa. ENEA, Centro Ricerche Ambiente Marino, La Spezia: 1-146.
- BUREL F., BAUDRY J., CLERGEAU P., CONSTANT P., EYBERT M.C. (1992) –
Approche spatiale des phénomènes écologiques: échelle et hiérarchie. *Bull. Ecol.*, **23** (1-2): 93-101.
- CINELLI F., CECCHERELLI G., ORESTANO C., IERARDI S., MANGIALAJO L., RELINI M.,
TUNESI L., MEINESZ L., CHIAVERINI D & COTTALORDA J.-M., (1998) – Suivi de
l'invasion de l'algue tropicale *Caulerpa taxifolia* devant les cotes italiennes de
la Méditerranée: situation au 31 décembre 1997. Meinesz A., Cottalorda J.-M.,
Chiavérini D., Cassar N. & Vaugelas J. De (eds), LEML-UNSA publ.: 179-204.
- COCITO S., BIANCHI C.N., DEGL'INNOCENTI F., FORTI S., MORRI C., SGORBINI S. E
ZATTERA A. (1991) - Esempio di utilizzo di descrittori ambientali nell'analisi
ecologica del paesaggio sommerso marino costiero. *S.It.E./Atti*, **13**: 65-68.
- CORRADI N., FANUCCI F., FIRPO M., PICCAZZO M., TRAVERSO M. (1980) – L'olocene
della piattaforma continentale ligure da Portofino a La Spezia. *Ist. Idrogr.
Marina e Univ. Studi Genova, F.C./1099 G.R.O.G.* **12**: 1-13
- CORRADI N., FANUCCI F., FIERRO G., FIRPO M., PICCAZZO M., MIRABILE L. (1984) – La
piattaforma continentale ligure: caratteri struttura ed evoluzione. *Rapp. Tec.
Finale del Prog. Final. "ocean. E Fondi Mar."*, CNR, Roma: 14-31
- CORRADI N., PICCAZZO M., TUCCI S., FERRARI M., CAVALLO C., ROSSO F. (1994a) –
Evoluzione delle spiagge nel tratto di costa compreso tra Varazze e Voltri
(Liguria occidentale). *AIQUA* **7(1)**: 515-522
- CORRADI N., SETTI M., TUCCI S., FERRARI M. (1994b) – Distribuzione dei minerali
argillosi nei sedimenti della piattaforma continentale compresa tra Capo
Mortola ed Alassio (Liguria occidentale). *Atti X Congr. A.I.O.L.*: 575-585
- DEP-ECO (1989) - *Studio delle biocenosi bentoniche presenti lungo la costa
compresa tra Varazze e Capo Noli. Studi ambientali dell'area costiera di
Vado Ligure*. ENEA Serie studi ambientali: 197-226
- DIVIACCO G., (1993) - Indagine ambientale del sistema marino costiero della

- Provincia di Savona con particolare riferimento alla zona da Capo Vado a Capo Mele, in relazione alle problematiche inerenti la gestione della fascia costiera. *Relazione finale ricerca ICRAM-Ministero della Marina Mercantile, II Piano triennale della pesca*: pp.1-994.
- DIVIACCO G. (1998) - Indagine ambientale del sistema marino costiero della Provincia di Savona finalizzata alla gestione della fascia costiera. *Biol. Mar. Medit.*, **5**(3): 726-735.
- DIVIACCO G., TUNESI L. (1999) – Emergenze naturalistiche della futura area protetta marina di Bergeggi (Liguria Occidentale) e proposte per la loro salvaguardia. *Biol. Mar. Medit.*, **6**(1): 493-495.
- DIVIACCO G., TUNESI L., in press - Analisi dell'ambiente naturale ed antropico finalizzata alla gestione della fascia costiera della Provincia di Savona (Mar Ligure). Atti del Convegno CONISMA - Unimar “*La ricerca scientifica e tecnologica per lo sviluppo compatibile della pesca e della maricoltura*”, Fano, 1996: in press.
- DRAGO N., ALBERTELLI G. (1978) - Etude faunistique et bionomique du littoral de Cogoleto (Golfe de Genes). *Thetys*, **8** (2): 203 – 212.
- FANUCCI F. (1978) – Il plioquaternario della piattaforma continentale ligure tra Genova e Savona. *Atti II Congr. A.I.O.L.*: 81-87.
- FOLK L.R., W. C. WARD (1957) - Brazos River bar: a study in the significance of grain-size parameter. *J. Sedimentol. Petrol.*, **27**: 3-26.
- ICRAM (1993) - Indagine ambientale del sistema marino costiero della Provincia di Savona con particolare riferimento alla zona da Capo Vado a Capo Mele in relazione alle problematiche inerenti la gestione della fascia costiera. Ricerca finanziata dal Ministero della Marina Mercantile (II Piano Triennale Pesca): 1-944.
- INTERNATIONAL SEAWAY MARINE CARTOGRAPHY, (1990) – Carta da pesca e dell'ambiente marino. P2, Delfino editrice s.r.l., Marina di Pisa.
- ISTITUTO DI ZOOLOGIA, UNIVERSITÀ DI GENOVA e CITTÀ DI ALASSIO, (1996) - *Progetto di area marina protetta anche tramite barriere artificiali*. Laboratori di Biologia Marina ed Ecologia Animale, Istituto di Zoologia, Università di Genova: 1-54.
- KIKKAWA J., ANDERSON D.J. (a cura di) (1986) – *Community ecology: pattern and process*. Blackwell Scientific Publications, Melbourne: 1-432.

- MEAILLE R., WALD L., BOUDOURESQUE C.F. (1988) – Cartes des peuplements benthiques en Méditerranée: constitution d'une banque de données géocodées et synthèse cartographique. *Oceanologica Acta*, **11** (2): 201-211.
- MEADEN G.J, DO CHI T. (1996) - Geographical information systems. Application to marine fisheries. *FAO Fish. Tech. Pap.*, 356, Rome, FAO: 335pp.
- MEINESZ A., BOUDOURESQUE F., FALCONETTI C., ASTIER J.M., BAY D., BLANC J.J., BOURCIER M., CINELLI F., CIRIK S., CRISTIANI G., DI GERONIMO I., GIACCONE G., HARMELIN J.G., LAUBIER L., LOVRIC A.Z., MOLINIER R., SOYER J., VAMVAKAS C. (1983) - Normalization des symboles pour la représentation et la cartographie des biocénoses benthiques littorales de Méditerranée. *Ann. Inst. Océanogr.*, Paris, **59** (2): 155-172.
- MEINESZ A. (1985) – Travaux présentés lors d'une séance interdisciplinaire sur la cartographie biologique: méthodes et exploitation. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, **29** (6): 193-248
- MEINESZ A., COTTALORDA J.M., CHIAVERINI D., CASSAR N., DE VAUGELAS J. (1998) – Suivi de l'invasion de l'algue tropicale *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée. Situation au Décembre 1997: 1-238.
- MOLINIER R., PICARD J. (1960) – Délimitation et cartographie des peuplements marins benthiques de la mer Méditerranée. *Bull. Serv. Carte phytogéogr. C.N.R.S., sér. B*, **4** (1): 73-84.
- MORRI C., BIANCHI C.N., DAMIANI V., PEIRANO A., ROMEO G., TUNESI L. (1986) - L'ambiente marino tra Punta della Chiappa e Sestri Levante (Mar Ligure): Profilo ecotipologico e proposta di carta bionomica. *Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova*, **52** suppl.: 213-231.
- PÉRÈS J.M. e PICARD J., (1964) – Nouveau manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée. *Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume*, **31** (=47): 1-37.
- REGIONE LIGURIA (1999a) – *Agenda XXI Regionale. Documento per l'inchiesta pubblica Approvato con deliberazione della Giunta Regionale n. 710 in data 2 luglio 1999*. Regione Liguria, Dipartimento Ambiente e territorio: 1-428.
- REGIONE LIGURIA (1999b) – *PTC della costa. Progetto del Piano ex art.4 l.r. 39/84 adottato con D.G.R. n.209 del 26.2.1999*. fascicoli 1-4.5, Regione Liguria, Dipartimento Pianificazione Territoriale e Paesistica.
- RELINI M., TORCHIA G., (1992) – Prima segnalazione di *Caulerpa taxifolia* (Vahl.)

- C. Agardh in acque italiane. *Doriana*, **6**(279): 1-4.
- SEA WORLD DELFINO, (1996) – Carta nautica da pesca e dell'ambiente marino.
P3. Delfino editrice s.r.l., Marina di Pisa.
- SPERANZA M., PUPPI BRANZI G. (1993) - Lo studio della vegetazione e la sua rappresentazione cartografica come strumenti di conoscenza del territorio. *Biologi italiani*, **23** (4): 28-35.
- SUGIHARA G., MAY R.M. (1990) – Nonlinear forecasting as a way of distinguishing chaos from measurement error in time series. *Nature*, **344**:734-741.
- TUNESI L., ROMEO G., PEIRANO A., (1991) - Metodiche di studio dei popolamenti bentici marini. *Fines*, **2**: 70-73.