

# Explorer interattivo di dati di monitoraggio ambientale marino

Luciano FORTUNATI (\*), Francesca BALDINI (\*\*)

Istituto ISTI, Area della Ricerca CNR, Via G. Moruzzi 1 (Loc. S. Cataldo), 56010 Ghezzano (Pisa)

(\*) tel: 050 3152943, e-mail: Luciano.Fortunati@cnuce.cnr.it

(\*\*)tel: 050 3152933, e-mail: FrancescaBaldini.@tin.it

## Sommario

L'attività di monitoraggio ambientale effettuata nell'ambiente marino produce una grande quantità di dati per un insieme molteplice di motivi:

- la durata e la cadenza temporale delle campagne;
- l'estensione geografica della zona di investigazione;
- il numero delle stazioni di misura nella zona;
- il numero di parametri da acquisire per ciascuna stazione (sonda multiparametrica);
- il numero degli attributi identificati da analisi di laboratorio, misurati ed osservati in campo.

Generalmente questi dati sono analizzati con strumenti che non considerano la posizione geografica del dato e che producono informazioni di carattere statistico o di sintesi, geograficamente non correlate.

Il sistema in oggetto è una applicazione basata su un sistema informativo geografico (GIS) capace di gestire ed analizzare i dati prodotti dalle campagne di misura (integrati con dati ausiliari come le terre emerse, la batimetria e i toponimi, ...) riferendoli alla rispettiva posizione geografica, producendo informazioni di sintesi efficaci, sia in modo tabellare che grafico (istogrammi, mappe tematiche, tabelle ..). Esso mette a disposizione un insieme di funzioni con le quali si può operare dinamicamente sull'insieme dei dati, selezionando tra le varie misure e tra i parametri che le caratterizzano.

Il sistema Explorer può essere considerato uno strumento di analisi preliminare dei dati prodotti dalle campagne di monitoraggio ed i risultati da essi derivati costituiscono un consistente punto di partenza per uno studio più approfondito e multidisciplinare, focalizzato ad una maggior conoscenza della stato di salute dell'ambiente marino ed alla sua gestione.

Il sistema è basato sul software ArcView Gis della ESRI e Access DBMS della Microsoft. La versione corrente fa uso di dati relativi ad una specifica area geografica in determinati periodi di tempo, ma può essere generalizzata a qualsiasi altro insieme storico di dati relativo ad un generico contesto geografico.

## Abstract

The monitoring of the marine environment generally produces a lot of data related to:

- the duration and the temporal timing of the surveys;
- the geographic extension of the investigation area;
- the number of stations in the area;
- the number of parameters to be acquired for each station;
- the number of attributes identified in laboratory analyses, measured or observed on the field.

Normally, such data is analysed with tools which do not consider the geographical position of each single datum and which produce statistical or synthetic information that is not geographically correlated.

The developed system described here is based on a geographical information system (GIS) which can manage and analyse these kind of data by referring them to the respective geographical positions, thus producing efficient summaries, both in tabular and graphic form. The system makes available a set of functions with which users can operate dynamically on the set of data, by selecting from the various measurements and parameters that characterise the data. The system can be considered as a tool for preliminary analysis of the data produced during the monitoring surveys. The results obtained

constitute a solid starting point for more detailed and multidisciplinary studies focused to a better knowledge of the health of the marine environment and to its management.

The system is based on ArcView GIS software and Access DBMS. The current version makes use of data related to the marine environment monitoring in a specific area and time period, but it can be generalised to historical data sets relating to any geographical context.

## **I dati**

Il sistema Explorer opera su due tipi di dataset: il primo comprende dati identificativi delle stazioni di rilevamento (posizione geografica, profondità del fondale e distanza dalla costa); il secondo comprende dati relativi a campioni acquisiti periodicamente nelle stazioni di rilevamento nelle varie campagne di misure.

Esistono anche dati geografici (acquisiti dalla cartografia) relativi a entità geografiche usati sia per una maggiore descrizione dell'ambiente interessato dalle attività di monitoraggio ambientale sia come informazione complementare per rappresentare i risultati del processo. In particolare, si è fatto uso di dati relativi alla batimetria, alla linea di costa, ai fiumi e ai toponimi.

Tutti i dati geografici sono inseriti nel GIS ArcView e organizzati in strati di entità geografiche omogenee (punti, linee e poligoni).

## **Le informazioni acquisite**

L'attuale versione del sistema utilizza dati relativi all'attività di monitoraggio lungo le coste della Toscana effettuata dall'Area "Mare" (*Area per la tutela dell'ambiente marino, lagunare, lacustre, costiero e dell'ittiofauna*) dell'A.R.P.A.T. (*Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana*). Tale attività è svolta in base alle convenzioni:

- Ministero dell'Ambiente - Regione Toscana (relativamente alla legge 979/82);
- Ministero dell'Ambiente - Regione Toscana (relativamente al D.Lgs.152/99)L'attività relativa alla legge 979/82, rivolta al controllo dell'eutrofizzazione, al monitoraggio degli ecosistemi e al monitoraggio dei molluschi bivalvi lungo la costa della Toscana, interessa i trienni:

- 1997-2000: attività svolta su un totale di 46 stazioni (suddivise in 23 transetti) con cadenza mensile e 120 stazioni (suddivise in 40 transetti) con cadenza stagionale. Le stazioni sono disposte lungo un transetto (perpendicolare alla costa) a distanza rispettivamente di 500 m., 1000 m. e 3000 m. dalla costa. I transetti sono disposti a circa 10 km. di distanza l'uno dall'altro, da nord di Marina di Carrara fino a sud del lago di Burano.

- 2001-2004: attività svolta su 18 stazioni (suddivise in 6 transetti) con cadenza quindicinale.

L'attività relativa al D.Lgs. 152/99, rivolta alla conoscenza dello stato di qualità ambientale delle acque marine della costa toscana, interessa il triennio:

- 2001-2004: attività svolta su 24 stazioni (suddivise in 8 transetti) con cadenza trimestrale per tutte le stazioni e con cadenza quindicinale (da giugno a settembre) per 4 transetti a nord di Livorno. La disposizione delle stazioni lungo i transetti è, anche in questo caso a 500 m., 1000 m. e 3000 m. dalla costa.

Per ogni stazione di misura, sono state raccolte le seguenti informazioni:

- *coord. geografiche*: latitudine e longitudine espresse nel sistema di coord. geografiche ED50 (European Datum 1950);
- *profondità del fondale*;
- *distanza dalla costa*.

Per ogni campagna, sono stati raccolti dati relativi a vari insiemi di parametri ambientali. Tali dati sono stati forniti sia in file in formato .xls che in formato .mdb. Quelli in formato .xls sono stati trasformati a sua volta in formato .mdb. Tutti i dati sono stati inseriti nel database generando così un insieme di tabelle in accordo alla struttura descritta in seguito.

### *Dati tabellari e loro organizzazione*

Le varie tabelle, contenenti le informazioni sulle stazioni e sull'attività di monitoraggio, sono organizzate in un database Access come riportato nel Modello Relazionale dei dati di Fig.1.

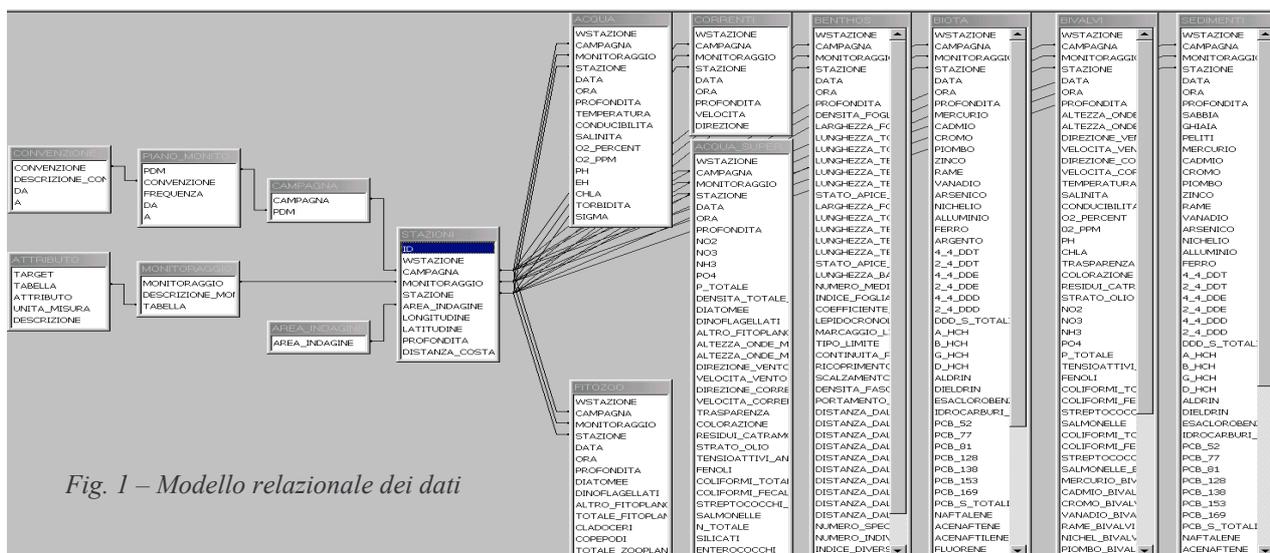


Fig. 1 – Modello relazionale dei dati

Di seguito è riportata la descrizione sintetica delle tabelle relative ai monitoraggi definite dal database:

Nome Tabella	Descrizione Contenuto
ACQUA	rilevamenti relativi al monitoraggio dell'acqua;
ACQUA_SUPERFICIALE	rilevamenti relativi al monitoraggio dell'acqua eseguiti alla profondità di 0,5 m.;
BENTHOS	rilevamenti relativi al monitoraggio del Benthos (complesso degli organismi vegetali (fitobenthos) e animali (zoobenthos) che vivono ancorati sul fondo marino, come i coralli e le madrepore, o liberi e dotati di capacità di spostamento autonomo, oppure infossati nei sedimenti incoerenti, dove scavano tane e gallerie);
BIOTA	rilevamenti relativi al monitoraggio del Biota;
BIVALVI	parametri relativi alla polpa dei bivalvi (classe di molluschi dal corpo a simmetria bilaterale, compresso e con conchiglia a 2 valve) e i rilevamenti relativi all'acqua in cui è stato effettuato il prelievo dei bivalvi.
CORRENTI	rilevamenti relativi al monitoraggio delle correnti;
FITOZOO	rilevamenti relativi al monitoraggio del Fitozoo (complesso degli organismi animali che vive fissato al substrato e che presenta una forma a simmetria raggiata simile a quella di un fiore);
SEDIMENTI	rilevamenti relativi al monitoraggio dei sedimenti;
STAZIONE	informazioni relative alla localizzazione delle stazioni;

Esiste anche una serie di tabelle di lavoro utilizzate sia in ambiente Access che in ambiente ArcView per contenere le informazioni dinamiche relative alle selezioni correnti e ai risultati delle funzioni del sistema.

### Dati geografici

Tutti i dati di natura geografica sono identificati in un sistema di riferimento di coordinate geografiche (longitudine e latitudine) espresse in Decimal Degree (DD). Tali informazioni sono state fornite in un file in formato .xls che è stato a sua volta convertito nel formato .dbf. Quest'ultimo file viene relazionato (mediante il comando *join*) allo shape file in modo da avere in ArcView tutte le caratteristiche associate ai punti georeferenziati.

### Funzionalità del sistema

Il sistema si propone di visualizzare i dati in modo sintetico, selettivo e interattivo, dando all'utente la possibilità di selezionare i vari parametri che caratterizzano le analisi da effettuare. Queste funzionalità sono già predisposte per operare sui dati precedentemente descritti e possono essere attivate mediante bottoni e menù disposti sulla parte superiore dell'interfaccia utente.

### Tipi di selezione

Oltre alla selezione dell'area geografica di interesse (mediante una box rettangolare tracciata direttamente sulla mappa), il sistema permette le selezioni dei seguenti parametri:

- Convenzione;
- Piano di monitoraggio;
- Variabile chimico /fisica.
- Periodo;
- Profondità.

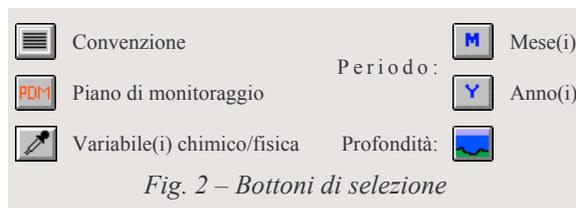


Fig. 2 – Bottoni di selezione

Queste operazioni possono essere eseguite tramite una serie di bottoni riportati in Fig. 2. Ciascun bottone attiva una finestra (Fig. 3) contenente la lista delle scelte possibili: per alcuni

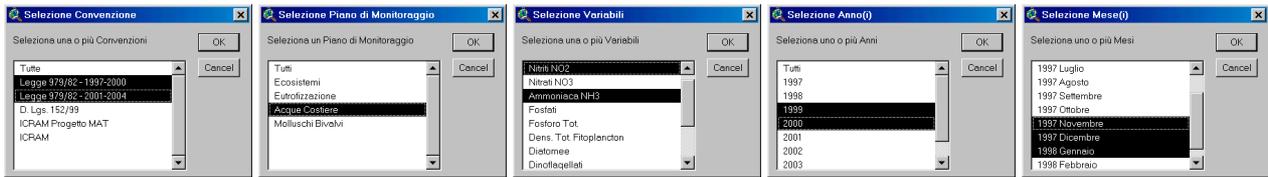


Fig. 3 – Finestre per le selezioni dei parametri

parametri è consentita la selezione multipla. Ogni selezione imposta i parametri corrispondenti che saranno usati dal sistema; la selezione iniziale è impostata a “Tutte(i)”, cioè sono selezionati tutti i valori del parametro. Le selezioni correnti sono mantenute aggiornate in tabelle riservate del Database Access.

### Tipi di rappresentazione

Il sistema consente di ottenere tre tipi di rappresentazioni, una per informazioni geografiche, una per informazioni statistiche ed infine una tabellare. Fanno parte del primo gruppo tutte le rappresentazioni di dati (Fig. 4) che possono essere visualizzate su uno sfondo geografico:

- terre emerse, batimetria, città, fiumi, limiti amministrativi, toponimi, ecc.; costituisce il riferimento di base comune a tutte le mappe;
- localizzazione delle stazioni di monitoraggio;
- rappresentazione di una variabile mediante simbolo specifico proporzionale;
- rappresentazione di più variabili mediante istogrammi o torte.

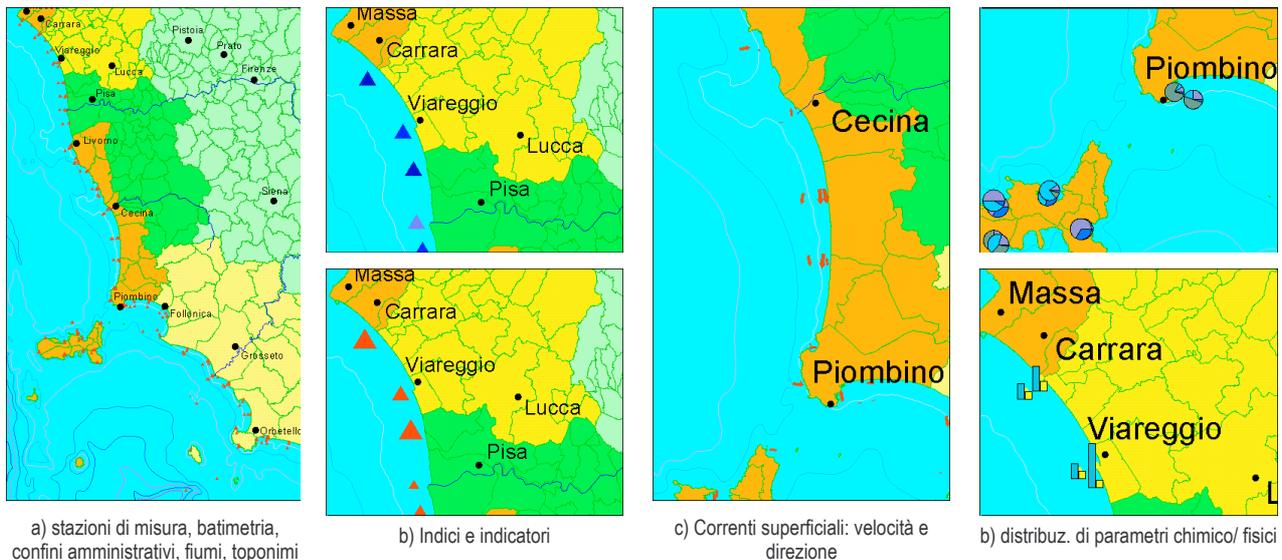


Fig. 4 – Alcuni esempi di tipi di rappresentazioni geografiche

Fanno parte del secondo gruppo alcune rappresentazioni statistiche, riportate sotto forma di istogrammi, grafici, torte (Fig. 5), relative alla variabilità nel tempo e nello spazio dei valori delle variabili fisico/chimiche.

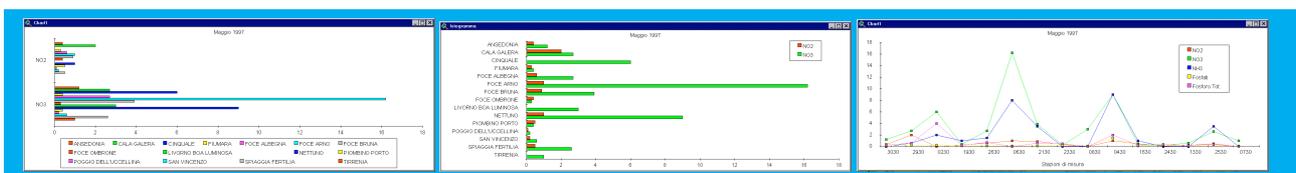


Fig. 5 – Alcuni esempi di tipi di rappresentazioni statistiche

E' definito inoltre il tipo di rappresentazione tabellare per la visualizzazione delle selezioni correnti.

### Funzioni di elaborazione

Il sistema è predisposto per eseguire funzioni che forniscono all'utente informazioni su vari indicatori relativi allo stato dell'ecosistema marino. Questo può essere effettuato in modo selettivo e interattivo, fornendo all'utente la possibilità di selezionare i vari parametri che vengono coinvolti nella funzione specifica. Queste funzionalità sono rese disponibili nel menù **Funzioni** posto nella parte superiore dell'interfaccia utente:

- **Funzioni statistiche:** consentono di produrre in modo guidato analisi statistiche sui dati selezionati;
- **Indice trofico (TRIX):** è un indicatore dello stato ambientale delle acque marino-costiere espresso mediante la combinazione di 4 parametri (ossigeno disciolto, clorofilla "a", fosforo e azoto) su una scala da 2 a 8. La qualità dell'acqua è tanto migliore quanto più basso è il valore dell'indice;
- **Indice di qualità batteriologico (IQB):** è un indicatore dello stato ambientale delle acque marino-costiere che evidenzia la presenza di batteri provenienti da scarichi civili (coliformi fecali e streptococchi fecali). La qualità dell'acqua è tanto migliore quanto più alto è il valore percentuale di campioni esenti da contaminazioni batteriche.

Il sistema dispone anche di 3 funzioni di utilità, disponibili nella parte superiore dell'interfaccia utente:

- **Program Restart:** per riportare il sistema allo stato iniziale;
- **Selection Info:** per mostrare le selezioni correnti;
- **Selection Print:** per stampare la lista delle selezioni correnti.

### Architettura del sistema

I due sistemi utilizzati (ArcView GIS 3.1 e Access 97) comunicano usando il protocollo *Open DataBase Connectivity* (ODBC) per accedere al Server SQL da programmi esterni (Fig. 6).

L'applicazione sviluppata consiste di un insieme di script di ArcView in linguaggio Avenue che eseguono funzioni specifiche. In uscita il sistema produce un insieme di viste e istogrammi in accordo con le specifiche funzioni ed in base ai parametri selezionati dall'utente. L'interfaccia utente si basa sullo schema standard del sistema ArcView che comprende i documenti Views, Tables, Charts, Layouts e Scripts.

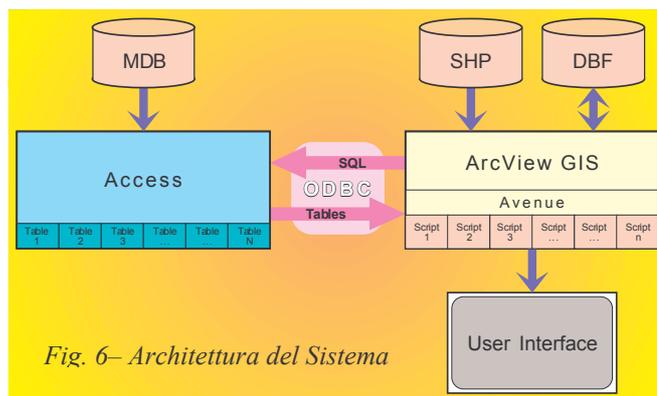


Fig. 6– Architettura del Sistema

- **Views:** all'attivazione del sistema risulta definita la view "Explorer interattivo di dati di monitoraggio ambientale marino" che contiene gli strati di base (terre emerse, batimetria, fiumi, toponimi e stazioni di misura) con le relative legende già impostate. Su questa view vengono costruite in modo dinamico ed interattivo tutte le varie rappresentazioni. Una serie di bottoni, specifici dell'applicazione, sono definiti nella Button Bar associata alla view, a ciascuno dei quali corrisponde una funzione specifica di selezione. Alla barra dei menù standard è stato aggiunto il menù **Funzioni**. Nuovi strati informativi, con le relative legende già impostate, possono essere generati in base alle funzioni attivate.
- **Tables:** il sistema utilizza tabelle permanenti e dinamiche; le prime (caricate alla partenza del sistema o dopo la reinizializzazione mediante il tasto *Program Restart*) sono quelle coinvolte nel processo di selezione dei parametri, le seconde sono generate dalle varie funzioni del sistema.
- **Charts:** possono essere generati istogrammi, grafici e torte per descrivere l'andamento nello spazio e nel tempo dei parametri fisico/chimici rilevati.
- **Layouts:** sono stati definiti layouts per stampare la view corrente, gli istogrammi ed i grafici.
- **Scripts:** all'attivazione del sistema tutti gli scripts dell'applicazione risultano definiti.

### Organizzazione e struttura del sistema

Il sistema è stato progettato per operare in due fasi: la prima consiste nella selezione dei parametri, la seconda nell'esecuzione delle funzioni che agiscono sulle selezioni fatte:

- **Fase di selezione:** l'utente può specificare la selezione dei parametri (Convenzione, Piano di monitoraggio, Variabile chimico/fisica, Mesi/Anni, Profondità) che saranno coinvolti nei passi successivi del processo. Per ogni selezione le tabelle corrispondenti nel Database di Access sono impostate in funzione delle scelte fatte. All'attivazione del sistema o dopo l'esecuzione del *Program Restart*, tutte le tabelle (e di conseguenza tutte le selezioni) sono impostate a "Tutte(i)" (cioè sono selezionati tutti i componenti inclusi in ciascun parametro). Le selezioni correnti possono essere visualizzate tramite il bottone *Selection Info*.
- **Fase di esecuzione:** l'utente può attivare le funzioni di esecuzione che operano sui parametri selezionati. Un primo gruppo di funzioni (raggruppate sotto il menù *Funzioni statistiche*) produce come risultato istogrammi, grafici e torte con informazioni statistiche; un secondo gruppo (*Indice Trix e Indice IQB*) fornisce informazioni di tipo spaziale e tabellare relative a temi specifici.

### *Organizzazione e struttura dei dati*

Il sistema gestisce due tipi di dati geografici e tabellari. I dati geografici sono memorizzati in *files* di tipo .shp, i dati tabellari sono costituiti da *files* di tipo .dbf residenti o da tabelle virtuali provenienti da interrogazioni SQL al *database* Access.

I dati geografici rappresentano elementi puntuali, lineari e areali. Fanno parte di questo tipo di dati i seguenti *datasets*: batimetria (linee), terre emerse (aree), fiumi (linee), città (punti), stazioni di misura (punti). Questi *files* sono generati con un GIS, esportati come *shape files* di ArcView e inseriti nell'ambiente dell'applicazione.

I dati tabellari consistono in un *database* Access (.mdb) e di *files* (.dbf) contenenti informazioni indirettamente correlate ad elementi geografici

Il *database* .mdb è creato a partire da una serie di tabelle Excel. E' stato usato un insieme di funzioni di utilità per produrre informazioni sulle varie tabelle del *database* in accordo al modello dei dati definito. Viene anche creato un insieme di tabelle di lavoro (permanenti e dinamiche) come risultato delle interrogazioni SQL. E' stata progettata anche un'interfaccia utente dedicata (non ancora implementata) per l'inserimento dei dati provenienti dall'attività futura di monitoraggio per l'aggiornamento diretto del Database.

I *files* .dbf vengono creati automaticamente dal sistema alla partenza e dopo il *Program Restart*. In questo caso contengono la lista completa delle stazioni di misura e delle variabili chimico/fisiche previste nei vari piani di monitoraggio. Possono anche essere creati dall'utente per salvare uno specifico tema come risultato di un processo.

In generale, tutti i dati di lavoro sono organizzati in strutture di ArcView chiamate *Project*.

Per utilizzare, in successive sessioni di lavoro, i risultati parziali o definitivi raggiunti in un *Project*, è necessario effettuare il salvataggio prima di chiudere la sessione di ArcView.

### **Conclusioni**

Il sistema Explorer per la gestione e l'analisi dei dati di monitoraggio ambientale marino, ha permesso di descrivere in un unico database tutti i rilievi effettuati nelle varie campagne, consentendo la selezione, la visualizzazione e l'elaborazione dei dati. La normativa di legge prevede il controllo sistematico dell'ambiente marino mediante la valutazione di indici specifici, sulla base dei quali operare scelte di programmazione territoriale. Il sistema in oggetto consente di calcolare gli indici suddetti, sia su base spaziale che temporale, visualizzandoli in modo interattivo sia graficamente mediante mappe tematiche che in forma tabellare.

L'aspetto statistico sarà inoltre potenziato mediante la futura integrazione nel sistema del software statistico S-PLUS, direttamente interfacciabile da ArcView; ciò consentirà uno scambio bidirezionale dei dati tra i due sottosistemi e quindi l'analisi statistica avanzata e multivariata, nonché la produzione di grafici per l'analisi comparata di più variabili chimico/fisiche.