

# APPLICAZIONE GIS AL MONITORAGGIO DELLE LAGUNE COSTIERE: LA PIALASSA BAIONA (RAVENNA)

Carla ASCANI, Massimo PONTI, Giovanni GABBIANELLI

Centro Interdipartimentale di Ricerca per le Scienze Ambientali in Ravenna dell'Università di Bologna, V. Degli Ariani n. 1, 48100 Ravenna, Telefono 0544 484758, Fax 0544 484758, e-mail: carla\_ascani@hotmail.com

## **Riassunto**

Nell'ambito di un protocollo d'intesa tra Università di Bologna (sede di Ravenna) ed enti locali è stato realizzato un supporto GIS finalizzato al monitoraggio e risanamento della Pialassa Baiona, una laguna salmastra della estensione di circa 1.100 ettari, situata a nord del porto-canale Candiano. Attraverso tale supporto informativo è stata ricostruita l'evoluzione geomorfologica del territorio a partire dalla cartografia pre-geodetica. Fra i dati ambientali disponibili vi sono i parametri chimico fisici delle acque, le concentrazioni di inquinanti organici ed inorganici nelle acque, il rischio patogeno nelle vongole e la distribuzione delle comunità bentoniche. L'integrazione delle diverse tipologie di dati realizzata dal supporto GIS costituisce la base per valutare l'attuale assetto ambientale della Pialassa Baiona e fornisce un valido strumento per la gestione integrata di questo ambiente lagunare.

## **Abstract**

*Accord among Municipality, Environment Agency, Health Authority, Consortium for the Po River Park and the University for the monitoring of the coastal lagoon "Pialassa Baiona" included the implementation of a GIS. Developed GIS integrated the different data source including routine monitoring activities and specific research projects. Geomorphologic evolution was carried out from the earlier historical map until the latest aerial photographs. The environmental data were interpreted in the respective geomorphological contest. Among available data were chemical and physical water parameters, organic and inorganic polluting concentrations, pathogenic risk of clams and benthic assemblage distribution. The developed GIS constitute the basis for the environment assessment and for further integrated management activities.*

## **Introduzione**

Le lagune costiere costituiscono ambienti di transizione di riconosciuta importanza sia ecologica sia socio-economica. La loro conservazione è strettamente legata alle politiche di gestione che spesso devono contemperare le opposte esigenze di salvaguardia e di sfruttamento delle risorse da parte dei diversi fruitori. Alla base di una corretta gestione integrata vi è una attenta e costante opera di monitoraggio delle condizioni ambientali e dello stato igienico sanitario nonché lo svolgimento di attività di ricerca e controllo sul campo. Queste attività vengono svolte da enti ed autorità, numerosi ed a differenziata competenza, seguendo approcci e modalità diverse. Per una efficace gestione di tali ambienti vi è quindi l'esigenza di analizzare ed integrare tra loro informazioni di diversa origine e tipologia; per poi definire realistici e corretti piani gestionali. In tal senso, le piattaforme GIS rappresentano ormai un valido ed indiscutibile strumento ed ausilio per la soluzione di problemi sia tecnico-scientifici che economico-gestionali finalizzati alla programmazione ambientale e territoriale. In quest'ottica viene qui portato l'esempio applicativo della Pialassa Baiona, una laguna costiera iscritta fra le zone umide di importanza internazionale (Convezione di Ramsar) e comunitaria (siti SIC e ZPS), situata nel Comune di Ravenna tra il corso del fiume Lamone, la

pineta di San Vitale, gli abitati di Marina Romea e Porto Corsini e l'area portuale ed industriale di Ravenna.

### **Materiali e metodi**

La ricostruzione dell'evoluzione storica della Pialassa Baiona, a partire dalle sue prime fasi di formazione, ascrivibili all'incirca alla fine del XVII sec., è stata possibile attraverso l'applicazione di metodologie GIS basate su Arcview 3.2 e CAD-Overlay; queste hanno permesso di raggiungere una buona approssimazione quantitativa, oltre che qualitativa, anche nella rigenerazione di cartografia pre-geodetica. Tale condizione, per altro, è stata soddisfatta grazie all'elevato numero di punti di aggancio "trigonometrico" disponibili nell'area ravennate (ad esempio, manufatti ed edifici storici) di cui si è conservata traccia, talora anche come caposalda della rete catastale pontificia (Comune di Ravenna, 1994) grazie alle peculiarità storico-archeologiche che quest'area presenta. Per delineare la sua evoluzione più recente (ultimo secolo circa) ci si è invece ovviamente basati su cartografia geodetica di varia scala (da 1:25 000 IGM a 1:5 000 Comune di Ravenna) e, a partire già dal 1935, su riprese aerofotogrammetriche. Queste ultime, in particolare, hanno permesso di ricavare utili informazioni anche sui principali processi e dinamiche sedimentarie che, unitamente alle notevoli trasformazioni antropiche iniziate a partire dal secondo dopoguerra, hanno portato all'attuale assetto della Pialassa.

La base di riferimento utilizzata nella georeferenziazione di tutta la cartografia disponibile è costituita da un file vettoriale fornito dal SIT del Comune di Ravenna, contenente tutti i tematismi topografici necessari alla calibrazione dei singoli prodotti (pre-geodetici e non).

I metodi usati per rigenerare tali prodotti nell'intorno più prossimo alla base di riferimento sono stati, sostanzialmente, il *Matching*, per scalare e ruotare l'immagine, ed il *Rubber sheeting*, per rototraslare e deformare le immagini georeferenziate attraverso la *standard deviation table* e selezionando il grado del polinomio da applicare all'immagine stessa.

Per quanto riguarda i dati ambientali disponibili, questi comprendono analisi chimico-fisiche dei sedimenti e delle acque, analisi microbiologiche delle acque e dei molluschi bivalvi, analisi di bioaccumulo dei metalli in *Tapes philippinarum*, studi sulla distribuzione dell'avifauna e delle comunità bentoniche. Tutte le stazioni di campionamento scelte nelle numerose indagini sono state georeferenziate ed i valori delle analisi archiviati all'interno del GIS. Per quanto riguarda l'attività di monitoraggio igienico sanitario condotta da ARPA e AUSL è stato predisposto un database relazionale su piattaforma Microsoft Access 2.0 in cui sono stati archiviati tutti gli esiti analitici dal 1990 ad oggi. Il database è stato collegato al sistema GIS. Inoltre sono state predisposte delle procedure automatizzate in grado di compiere un'analisi dei dati ed evidenziare eventuali anomalie e il superamento dei limiti di qualità imposti dalla legge.

### **Risultati**

#### **Evoluzione geomorfologica**

A scala ampia l'attuale assetto del territorio ravennate, di cui la Pialassa Baiona rappresenta un'importante ed estesa area umida costiera, è il prodotto della rapida evoluzione geologica che negli ultimi due millenni circa ha caratterizzato il settore meridionale del sistema deltizio del Po (Ciabatti, 1969; Nelson, 1970; Fabbri, 1994; Bondesan et al., 1995; Simeoni et al., 2000).

Più in particolare, sotto il profilo geomorfologico e sedimentologico, l'evoluzione e le trasformazioni della Pialassa Baiona sono da riconnettersi alle fasi di rapida progradazione che l'area costiera di tutto il sistema deltizio del Po ha fatto registrare all'incirca tra il 1500 ed il 1850 (Bondesan, 1985, 1988; Veggiani, 1984, 1986; Gabbianelli et al., 2000). Periodo storico che, almeno fino ai primi anni del '600 vedeva nel Fiume Primaro (attuale Reno) un efficiente ramo del Po. Soprattutto però, un periodo caratterizzato da un peggioramento climatico (la cosiddetta "Piccola Età dal Ghiaccio"), ormai abbastanza conosciuto nella sua intensità ed effetti (Denton, Karlen, 1973; Veggiani, 1984; Bradley, Jones, 1992), marcato da notevole piovosità (e conseguente incremento degli apporti solidi a mare che finirono per produrre una eccezionale accentuazione

degli apparati fociali dei fiumi e torrenti romagnoli) ed aumentata intensità e frequenza nei fenomeni meteomarinari. L'evoluzione che creò l'attuale Pialassa Baiona già dalle sue prime fasi è stata controllata dall'azione antropica a cui va ascritto il merito, almeno fino al 1950 circa, di avere contribuito in modo sostanziale al persistere di questo spazio lagunare sino ai giorni. Queste piallasse infatti si sono formate (con meccanismi ben conosciuti e riassumibili nel modello evolutivo del tipo "sistema barriera-laguna") a seguito della progressiva chiusura (ad opera dello sviluppo di cordoni litoranei; Fig. 1/B-C) ed interrimento di un'ampia insenatura marina che si sviluppava tra le prominenti cuspidi sedimentarie che caratterizzavano le foci dell'allora Primaro (oggi Reno; Fig. 1/A), Lamone e Ronco - Montone (che all'epoca sfociavano uniti in prossimità dell'attuale Punta Marina). Cuspidi progressivamente smantellate dall'azione del mare innanzitutto a causa delle regimentazioni idrauliche operate dall'uomo quali, tra le principali, quelle relative alla completa disattivazione del Primaro dal sistema del Po a cui fece poi seguito, nel XVIII sec., la diversione dall'abitato di Ravenna dei fiumi Ronco e Montone, portati a sfociare più a sud (attuale foce dei Fiumi Uniti), e successivamente quella del Lamone portato a sfociare nelle valli interne (Fig. 1/D). Opere a cui si aggiungono le prime fasi costruttive, nel 1733-39, del moderno porto canale di Ravenna, impostato sull'asta del canale Corsini, e che sin dall'inizio sfruttò una delle imboccature della pialassa appena formatasi.

La caduta degli input sedimentari che si registrò con la fine della Piccola Età del Ghiaccio, unitamente ai tassi di subsidenza ed alle continue regimentazioni idrauliche portò poi a consolidare e trasformare il sistema delle piallasse ravennati sino a raggiungere grosso modo l'assetto attuale.

La loro evoluzione, così come ricostruibile anche sulla base della cartografia disponibile, è diviene poi pressoché inscindibile, almeno a partire dal XVIII sec., dagli interventi attuati per dare officiosità alla realtà portuale; tant'è che già dalla metà del secolo scorso fu necessario procedere ad opere di "vivificazione" del porto e delle piallasse attraverso la costruzione di un tipico reticolo di canali, con geometria "a spina di pesce" e struttura ad "alveare", ancor oggi in parte rilevabile (Fig. 2).

In passato infatti tutto il sistema "piallasse Baiona-Piomboni" ha rappresentato l'indispensabile bacino di ripulsa del porto canale al fine (influenzando sulla velocità delle correnti di marea in ingresso ed in uscita) di limitare al massimo la formazione di una barra sabbiosa all'imboccatura portuale, riducendone la navigabilità. Sistema che fino a tempi molto recenti ha assicurato anche un sufficiente ricambio delle acque.

Con la costruzione dei circa 3 km di dighe esterne a protezione dell'imboccatura del porto canale, completata alla fine degli anni '60 (accompagnata, per altro, dalla costruzione di un nuovo sbocco a mare del torrente Lamone), questa funzione delle piallasse è andata però a ridursi progressivamente. Negli ultimi decenni quindi, come ben evidenzia la successione (all'incirca quinquennale) delle foto aeree disponibili, l'efficienza idraulica del sistema ha iniziato a presentare sempre più evidenti segni di compromissione se non altro per la concomitante interazione di una serie di fattori negativi tra cui vanno annoverati l'incremento dei tassi di subsidenza, la perdita e/o lo scollegamento di ampie superfici allagate, la mancata manutenzione del sistema dei canali (ridottisi così sia in numero che in geometrie ed efficienza), indotti ed impatti causati dagli insediamenti industriali, ecc. (Comune di Ravenna, 1994). Tutti fattori che, nel loro insieme, hanno ovviamente portato anche ad un sensibile deterioramento della qualità delle acque e dei sedimenti che caratterizzano il sistema porto-piallasse.

Il completamento di questa fase di ricostruzione dell'evoluzione geomorfologica e sedimentologica del sistema, unitamente ai modelli idraulici, anche previsionali, in via di elaborazione (possibili in base alla banca dati GIS messa a punto) permetteranno di individuare alcune coerenti soluzioni da attivare per tentare di migliorare l'efficienza complessiva e, soprattutto, salvaguardarne e consolidarne le peculiarità ed il riconosciuto valore ambientale di queste aree umide.

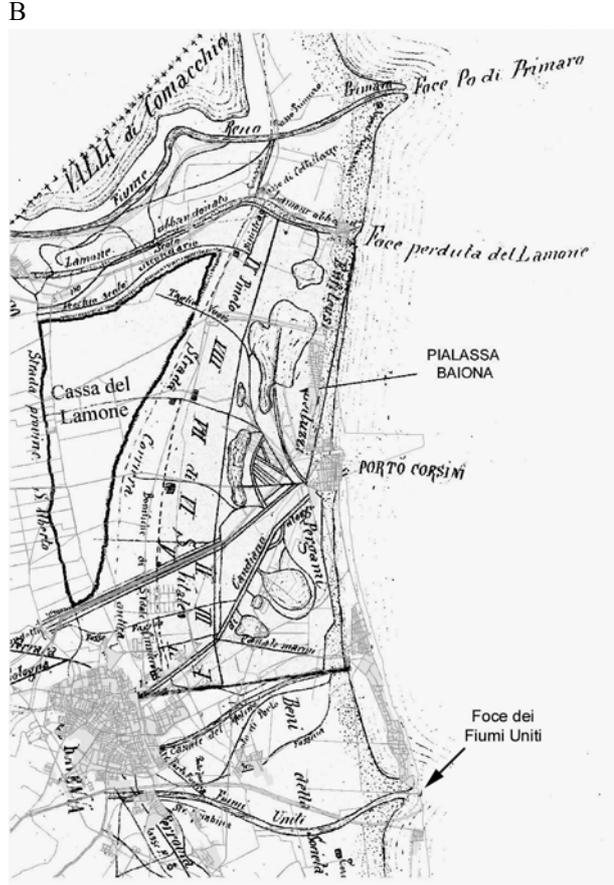
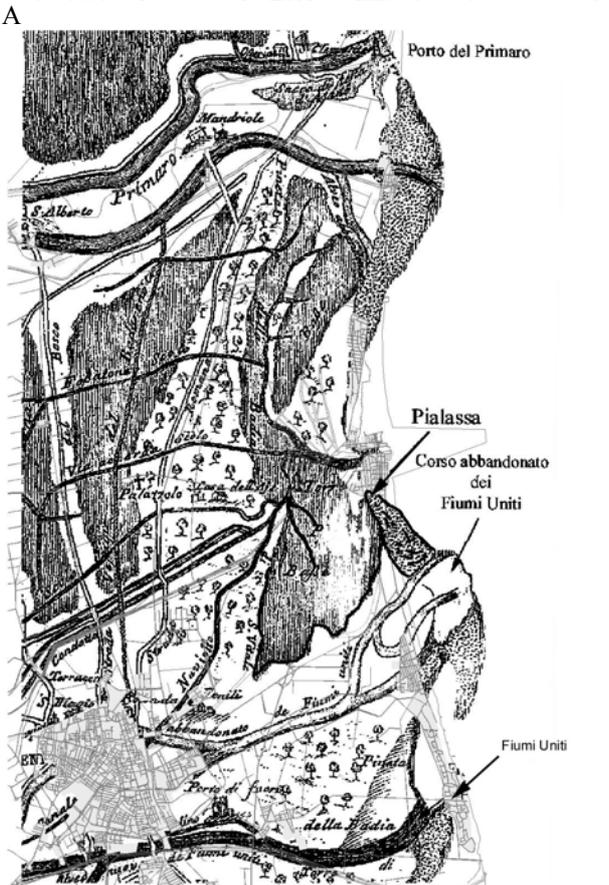
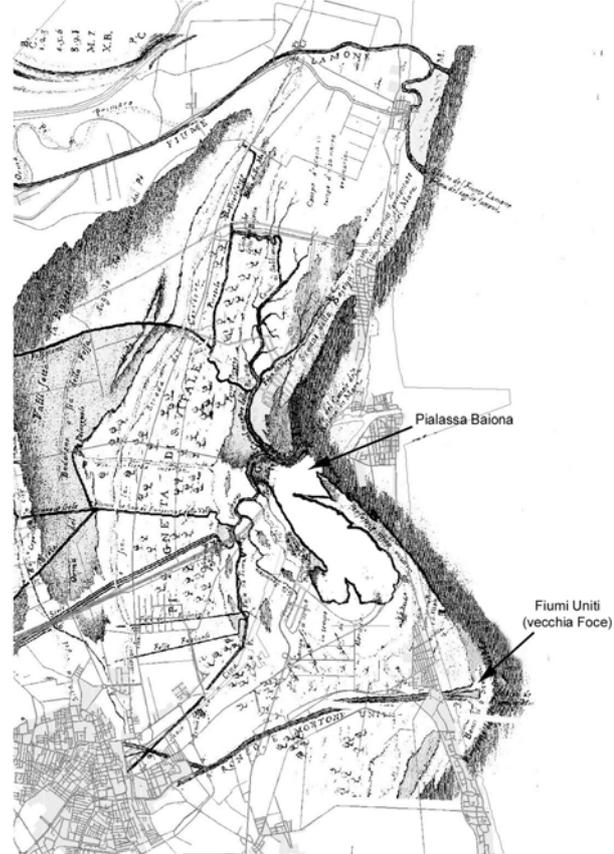
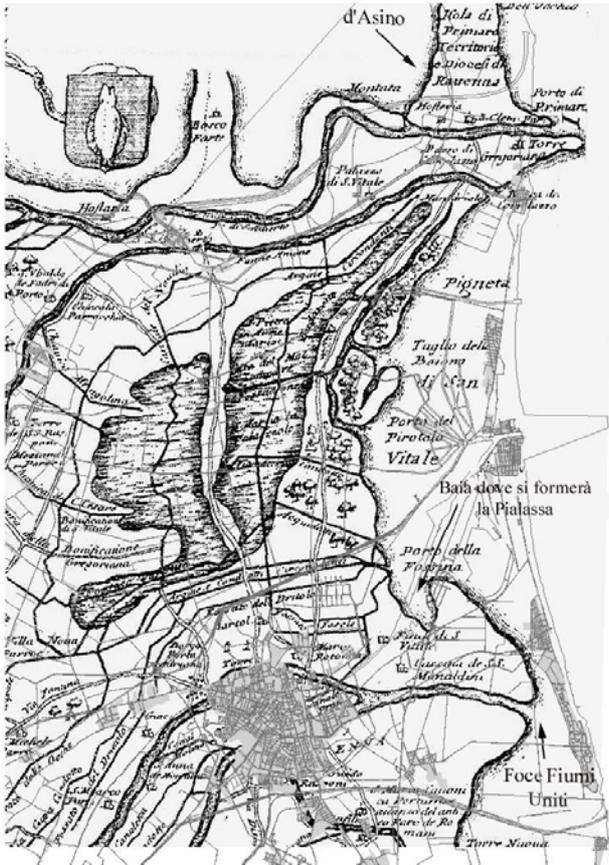


Figura 1 – Evoluzione geomorfologica ricavata dalla cartografia pre-geodetica (A, anno 1692; B, anno 1741; C, anno 1757; D, anno 1898 sovrapposta alla situazione attuale).

### **Integrazione dei dati ambientali**

I dati ambientali raccolti, derivanti da anni d'indagini condotte da enti e per fini diversi, hanno densità spaziali e frequenze temporali eterogenee. La loro analisi comparativa è stata resa possibile dal sistema GIS che consente un'integrazione spaziale nel contesto geomorfologico del periodo in cui l'indagine è stata svolta. Il confronto di studi eseguiti in anni successivi permette l'individuazione dei andamenti evolutivi, correlabili o meno con l'evoluzione del territorio e gli interventi di gestione operati.

Vengono qui riportate a titolo di esempio alcune elaborazioni grafiche. La prima riguarda l'analisi delle temperature medie annuali dell'acqua (Fig. 2/A). L'analisi evidenzia da una parte l'effetto della circolazione delle acque all'interno del sistema, dall'altra l'inquinamento termico attribuibile all'apporto delle acque di raffreddamento di due centrali elettriche.

La presenza di mercurio all'interno dei sedimenti è legata all'attività industriale del polo petrolchimico che annoverava, fra le altre produzioni, quella del cloruro di vinile monomero e quella dell'acetaldeide, entrambe con impiego di catalizzatori al mercurio. Quest'attività, in assenza di un'adeguata normativa, ha comportato il rilascio attraverso le acque di scarico di mercurio fino ai primi anni '70 (Fabbri et al., 1998). L'analisi grafica di Fig. 2/B riporta la prima indagine estensiva sulla concentrazione del mercurio nei sedimenti (Anconelli et al., 1980). Questo studio fornisce il quadro di riferimento per tutte le successive indagini mirate a valutare il rischio sanitario ed ecologico associato a questa contaminazione (Fabbri et al., 1998).

Le indagini sulle comunità bentoniche hanno evidenziato un'elevata eterogeneità dei popolamenti riconducibile a numerosi aspetti ambientali: confinamento, idrodinamismo, granulometria dei sedimenti, salinità, ecc. (Ponti et al., 2002). In particolare è emersa una ridotta diversità specifica nelle aree recentemente arginate e in cui è impedito l'ingresso di acque marine (Fig. 2/C). Al contrario, le zone maggiormente vivificate dalla corrente di marea mostrano livelli di biodiversità più elevati rispetto alle zone confinate.

### **Applicazione di gestione integrata**

La Pialassa Baiona è sede di banchi naturali di molluschi bivalvi, in particolare di vongola verace filippina (*Tapes philippinarum*), il cui sfruttamento è regolamentato ai sensi della vigente normativa sulla pesca e nel rispetto delle norme igienico-sanitarie. In particolare, una parte della Pialassa è stata classificata con Delibera n. 45/97 della Giunta della Regione Emilia Romagna come zona di tipo B, ove è ammessa la raccolta delle vongole da parte di pescatori professionisti. I Servizi del Dipartimento di Sanità Pubblica (AUSL, Ravenna) svolgono un'attività di monitoraggio delle acque e dei molluschi al fine di verificare lo stato sanitario della zona con particolare riferimento alle condizioni dei molluschi. Il sistema di monitoraggio, attivo sin dal 1989, prevede con frequenza quindicinale l'analisi di campioni di acqua e di molluschi in 7 stazioni (Fig. 2/D; Soprani et al., 1994; Strumia et al., 1994). Le leggi vigenti impongono una periodica verifica della classificazione delle zone di pesca. Attraverso l'analisi spaziale e temporale dei dati derivanti dall'attività di monitoraggio, integrati con le caratteristiche geomorfologiche ed idrodinamiche attuali, sono state individuate in modo univoco le zone in cui sono rispettati i requisiti igienico-sanitari. In questo modo i responsabili dei Servizi del Dipartimento di Sanità Pubblica hanno potuto elaborare una proposta di revisione della delimitazione della zona di pesca in grado di contemperare i limiti igienico-sanitari e le diverse esigenze sia dell'autorità di vigilanza (Comune di Ravenna) sia dei fruitori della risorsa (Fig. 2/D). La proposta è stata recepita dalla Regione Emilia-Romagna con Delibera della Giunta n. 821/02. Il processo tecnico-amministrativo seguito fornisce un esempio di gestione efficace di questo delicato e complesso ambiente costiero.

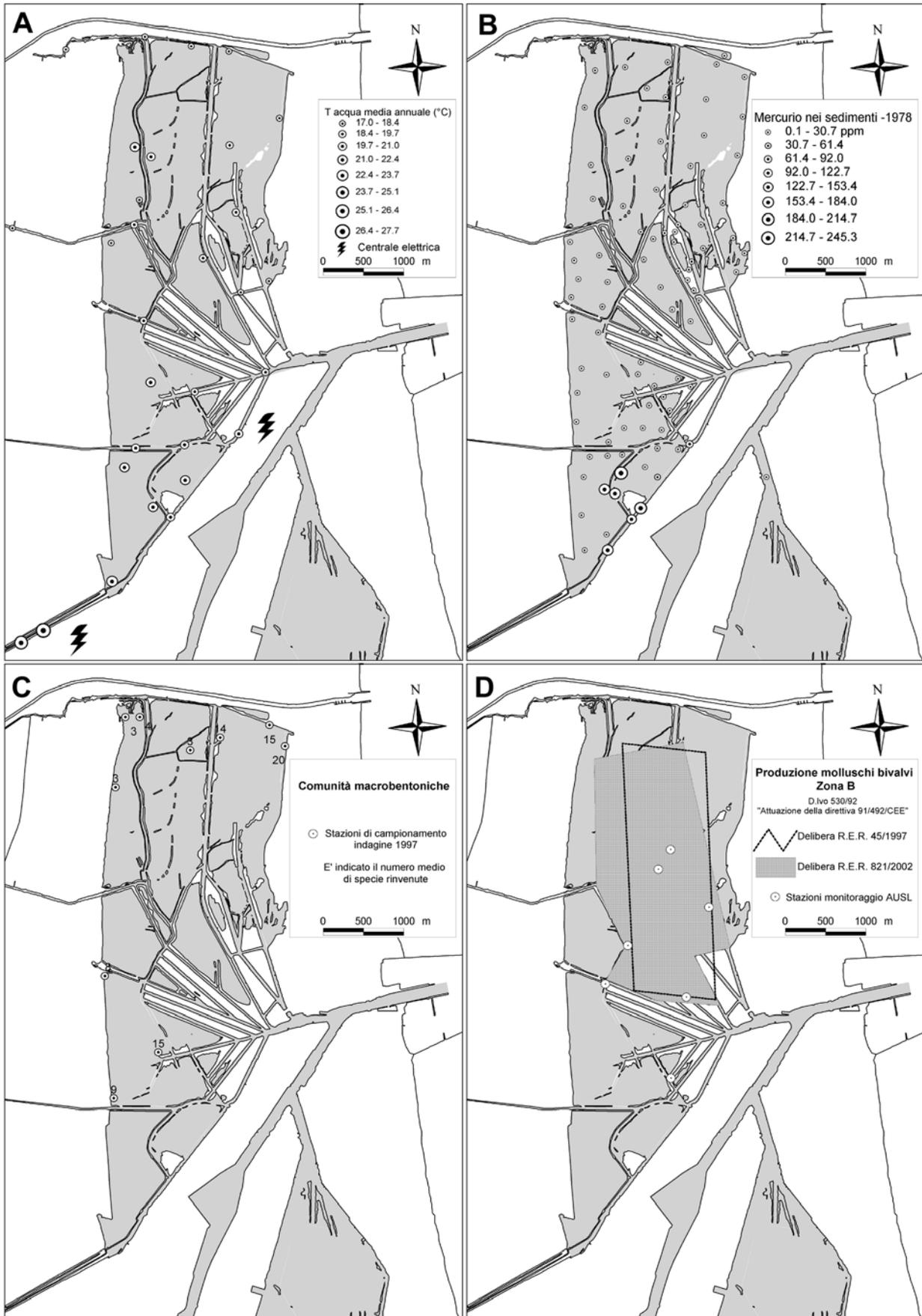


Figura 2 – Esempi di analisi spaziale di dati ambientali (A, temperature medie annuali; B, concentrazioni del mercurio nei sedimenti; C, diversità specifica delle comunità macrobentoniche) e nuova perimetrazione della zona di raccolta dei molluschi bivalvi eduli (D).

## Ringraziamenti

I dati storici ed ambientali sono stati forniti dagli enti pubblici che hanno aderito al protocollo d'intesa per un programma di monitoraggio e risanamento della Pialassa Baiona ed in particolare: Comune di Ravenna, Provincia di Ravenna, Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente dell'Emilia-Romagna, Azienda Unità Sanitaria Locale, Consorzio per il Parco del Delta e Centro Interdipartimentale di Ricerca per Scienze Ambientali in Ravenna dell'Università di Bologna. Sito web: <http://www.ambra.unibo.it/baiona/>

## Bibliografia

- Anconelli MT, Baldrati C, Vandini W. (1980), Studio composito sull'inquinamento da mercurio ed altri oligoelementi delle valli ravennati (Pialasse). *Acqua - Aria* 10: 1323-1331.
- Bondesan M, Costigliani GB, Elmi C, Gabbianelli G, Marocco R, Pirazzoli PA e Tomasin A. (1995), Coastal areas at risk from storm surges and sea-level rise in north-eastern Italy. *Journal of Coastal Research* 11: 1354-1379.
- Bondesan M. (1985), Quadro schematico dell'evoluzione geomorfologica olocenica del territorio costiero compreso tra Adria e Ravenna. Atti Tav. Rot. *Il Delta del Po*, Acc. Sc. Dell'Ist. Di Bologna: 23-36.
- Bondesan M. (1988), Aspetti e problemi geomorfologici del territorio deltizio padano: 2a Escursione Delta del Po. In: Bondesan M, Elmi C, Nesci O, Dal Cin R, Veggiani A (a cura di). *Giuda alle escursioni*. Gruppo Nazionale di Geografia Fisica e Geomorfologia, riunione annuale: Riccione – Delta del Po 21 – 24 Giugno 1988: 31-58.
- Bradley RS, Jones P. (1992), The Little Ice Age. *The Holocene*, 3: 367- 376.
- Ciabatti M. (1969), Ricerche sull'evoluzione del Delta Padano. *Giornale di Geologia* 34: 1-27.
- Comune di Ravenna. (1994), Piano di intervento per ilrisanamento delle Pialasse Baiona e Piombone.
- Denton GH e Karlen W. (1973), Holocene Climatic Variations: their pattern and possible cause. *Quaternary Research*, 3: 155- 205.
- Fabbri D, Felisatti O, Lombardo M, Trombini C, Vassura I. (1998), The Lagoon of Ravenna Italy: characterisation of mercury-contaminated sediments. *The Science of the Total Environment* 213: 121-128.
- Fabbri P. (1994), *Le trasformazioni della costa tra il Po e l'Appennino*. CLUEB Ed., Bologna. 120.
- Gabbianelli G, Del Grande C, Simeoni U, Zamariolo A, Calderoni G. (2000), Evoluzione dell'area di Goro negli ultimi cinque secoli (Delta del Po). In *Studi Costieri* n. 2: 45-63.
- Nelson BW. (1970), Hydrography, sediment dispersal and recent historical development of the Po river delta, Italy. In: *Deltaic sedimentation. Modern and recent*. Soc. Econ. Peleont. Mineral., Spec Publ., 15: 152-184.
- Ponti M, Della Casa C, Bacchiocchi F, Colangelo MA, Ceccherelli VU. (2002), Analisi delle comunità bentoniche della laguna costiera "Pialassa Baiona" (Ravenna). In *Riassunti del 33° Congresso SIBM*, Castelsardo, Società Italiana di Biologia Marina, Genova, 70.
- Simeoni U, Gabbianelli G, Tessari U, Calderoni G, Del Grande C. (2000), Un bacile di nome Delta. In *Studi Costieri* n. 2: 31-44.
- Soprani S, Ricci C, Farina D, Tarroni C, Zanetti S. (1994), Indagine sulle caratteristiche delle acque. In Soprani S, Ricci C. *Analisi dello stato ambientale e sanitario nelle valli ravennati. La Pialassa Baiona*. Azienda U.S.L., Dipartimento dei Servizi di Prevenzione, Ravenna, 201-254.
- Strumia F, Ferrari E, Angelini R, Baldrati C, Bellettini M. (1994), Usi dell'acqua della pialassa. In Soprani S, Ricci C. *Analisi dello stato ambientale e sanitario nelle valli ravennati. La Pialassa Baiona*. Azienda U.S.L., Dipartimento dei Servizi di Prevenzione, Ravenna, 355-411.
- Veggiani A. (1984), Il deterioramento climatico dei secoli XVI- XVIII ed i suoi effetti sulla bassa Romagna. *Studi Romagnoli*, 35: 12-34.

Veggiani A. (1986), Le fluttuazioni del clima dal XVIII al XX secolo. I cicli di Bruckner. *Bollettino della società Torricelliana di Scienze e Lettere* 37: 1-56, Faenza.