

# STRUMENTI E PROCEDURE PER L'ACQUISIZIONE DI DATI GEOREFERENZIATI NEI SITI DI BONIFICA NAZIONALI

Maria Elena PICCIONE, Carlo INNOCENTI, Lorenzo ROSSI, Andrea SALMERI, Giuseppe TRINCHERA, Alessandro NAVACH

ICRAM (Istituto Centrale per la Ricerca Scientifica e Tecnologica Applicata al Mare). Via di Casalotti, 300 00166 Roma. Tel. +390661570490, Fax. +390661561906. Indirizzo e-mail [e.piccione@icram.org](mailto:e.piccione@icram.org)

## Riassunto

L'ICRAM è impegnato dal 2001 nell'ambito delle attività inerenti la caratterizzazione e la bonifica di aree marine o salmastre incluse nel "*Piano Nazionale di Bonifica (DM 468/01)*". In tale contesto, risulta di notevole importanza la realizzazione di sopralluoghi, finalizzati alla raccolta di dati georeferenziati, indispensabili per la conoscenza approfondita delle aree in esame e delle criticità che in esse si riscontrano.

La strumentazione utilizzata nel corso di un sopralluogo è costituita da un computer palmare, con ricevitore GPS integrato, una bussola ed una macchina fotografica *bluetooth*.

La gestione e l'acquisizione dei dati sul palmare avviene attraverso uno specifico software sul quale è possibile caricare la cartografia georeferenziata dell'area in esame. Per facilitare la procedura di acquisizione del dato è stato progettato uno specifico *datadictionary*, con *feature* predefinite ed attributi da compilare durante le fasi di acquisizione. I dati raccolti nel corso dei sopralluoghi vengono successivamente scaricati sul computer e gestiti all'interno di un progetto costruito con Arcgis. Questa procedura, applicata nei diversi siti di bonifica, risulta essere un valido strumento di supporto alle attività di progettazione, in quanto consente la visualizzazione di tutte le informazioni utili a definire le peculiarità dei siti oggetto di caratterizzazione.

## Abstract

ICRAM, since 2001, is involved with the characterisation and clean up activities of coastal areas included in the national programme "*Piano Nazionale di Bonifica (DM 468/01)*". Field works and acquisition of geo-referred data are regularly carried out in order to find hot spots.

During field activity researchers use a pocket-PC with an integrated GPS receiver, a compass and a camera with bluetooth technology.

A dedicated software is used for data acquisition and management through the laptop. It allow the upload of the geo-referenced cartography for the area of interest. To simplify the acquisition, a particular data-dictionary has been created. It includes predefined features and attributes that can be selected during the acquisition. Then, field data are downloaded and can be managed in ARCGIS projects. The protocol presented in the present work helps to plan field activities in coastal areas, as it is used to catalogue all information necessary to investigate the sites in an efficient way.

## **Introduzione**

Nell'ambito del Programma Nazionale di Bonifica e di Ripristino Ambientale (D.M. 18 settembre 2001 n. 468) l'ICRAM è stato incaricato della redazione dei piani di caratterizzazione, ai fini della bonifica delle aree marino-costiere e salmastre incluse nelle perimetrazioni dei siti di bonifica di interesse nazionale.

Gli obiettivi delle attività di caratterizzazione consistono principalmente nel determinare la distribuzione spaziale (orizzontale e verticale) delle concentrazioni dei contaminanti nelle diverse matrici indagate (sedimento, acqua, comparto biotico), in relazione alle fonti di inquinamento ed alle caratteristiche delle aree in esame. Al fine di avere un quadro esaustivo delle aree oggetto della caratterizzazione, è indispensabile disporre del maggior numero di informazioni che ne possano definire le diverse peculiarità e criticità, quali la localizzazione delle possibili fonti di inquinamento (ubicazione delle aziende, degli scarichi...), nonché la definizione degli aspetti idrodinamici, morfologici, geologici dell'area ecc.. Anche se alcune di queste informazioni possono essere desunte dalla bibliografia esistente e dalla cartografia disponibile, per ottenere un quadro esaustivo, è indispensabile pianificare sopralluoghi, finalizzati alla raccolta di dati aggiornati e georeferenziati. L'obiettivo è quindi individuare le criticità dei singoli siti all'interno del loro contesto geografico e riportare sulla cartografia esistente le nuove informazioni, fondamentali per una corretta caratterizzazione del sito stesso. Durante un sopralluogo, con l'ausilio della strumentazione adeguata, si procede alla georeferenziazione delle aree contaminate, degli scarichi, delle foci fluviali, alla delimitazione degli arenili ed all'acquisizione di tutti quegli elementi che possono risultare utili ai fini della progettazione del piano di caratterizzazione.

## **Metodologia di lavoro e strumentazione utilizzata**

La pianificazione e la realizzazione di sopralluoghi per l'acquisizione di dati georeferenziati si inserisce in un ampio contesto di lavoro che coinvolge sia i ricercatori esperti di cartografia e GIS sia i progettisti e prevede, non solo l'attività di campo in quanto tale, ma un lavoro di organizzazione e gestione del dato sia nelle fasi precedenti che successive al sopralluogo.

Tutte le attività che concorrono alla corretta esecuzione di un sopralluogo possono essere distinte come segue:

- organizzazione della cartografia esistente e creazione del *datadictionary* per l'acquisizione dei dati
- attività di campo ed acquisizione di dati georeferenziati
- trasferimento dati su computer e correzione differenziale
- visualizzazione dei dati e realizzazione della cartografia

La gestione dei dati cartografici viene effettuata mediante l'impiego dei software GIS *Arcgis* (versione *Arcinfo 9.x*) della ESRI, integrati con i software per l'acquisizione del dato su campo. La strumentazione utilizzata nel corso di un sopralluogo è costituita da un computer palmare, con ricevitore GPS integrato, predisposto per lavorare in modalità DGPS (*Trimble GeoExplorer*) ed una macchina fotografica *bluetooth*.

Il trasferimento dei dati tra computer e palmare avviene utilizzando le funzionalità del software *Pathfinder office*. Lo stesso software viene impiegato anche per effettuare la correzione differenziale dei dati acquisiti. Tutte le operazioni di posizionamento, acquisizione dati e cartografia vengono gestite ed effettuate su campo utilizzando il software *Terrasync* caricato sul palmare.

### Organizzazione della cartografia esistente e creazione del *datadictionary* per l'acquisizione dei dati

Prima di effettuare un sopralluogo è necessario raccogliere ed organizzare la cartografia esistente sul sito in oggetto; tutte le immagini georeferenziate, quali ortofoto, carte nautiche o CTR, oltre che

gli *shapefile* di *Arcgis*, possono essere utilizzati come riferimento per l’acquisizione dei dati. Prima di essere esportati sul palmare, tutte le immagini in formato .tiff, e gli *shapefile* necessari, vengono caricati all’interno di un progetto creato con *Pathfinder office*; da qui automaticamente possono essere poi trasferiti sul palmare. La creazione di un progetto permette l’archiviazione dei dati e la loro gestione in maniera ordinata. Avere la possibilità di caricare sul palmare la cartografia, permette innanzitutto di avere un riferimento geografico durante le fasi di acquisizione dei dati. Inoltre, in tal modo è possibile non solo verificare la corretta georeferenziazione delle carte caricate sul palmare, ma anche controllare la precisione del dato acquisito e la corrispondenza di questo con la cartografia.

Per semplificare l’acquisizione dei dati, è stato progettato un *datadictionary*, ovvero un database geografico con *feature* e attributi predefiniti. Il *datadictionary* è stato costruito utilizzando le funzionalità di *Pathfinder office*. La definizione delle *feature* e degli attributi corrispondenti è stata condotta valutando tutte le possibili casistiche che si possono verificare durante un sopralluogo. Al fine di semplificare l’inserimento degli attributi, per alcuni dei campi sono stati definiti menu a tendina con scelta obbligata; in tal modo i tempi di acquisizione si accelerano e gli errori vengono limitati. Ad oggi le *feature* definite nel *datadictionary* sono: i punti in cui vengono scattate le fotografie, gli accessi a mare, gli scarichi, le foci fluviali ed i punti di georeferenziazione, acquisiti come *feature* puntuali; i confini fronte mare, acquisiti come *feature* lineari; gli arenili, le attività, le aree contaminate e le opere, acquisiti come *feature* poligonali. Ciascun oggetto è corredato di attributi propri che ne definiscono le caratteristiche. Ad esempio, per la *feature* “Scarichi” sono stati definiti i seguenti attributi: “Data”, “Nome”, “In\_attività”, “Tipologia”, “Odore”, “Trasparenza\_acqua”, “Origine\_reflui”, “Proprietà”, “Autore”, “File\_audio”, “Note” (Figura 1).

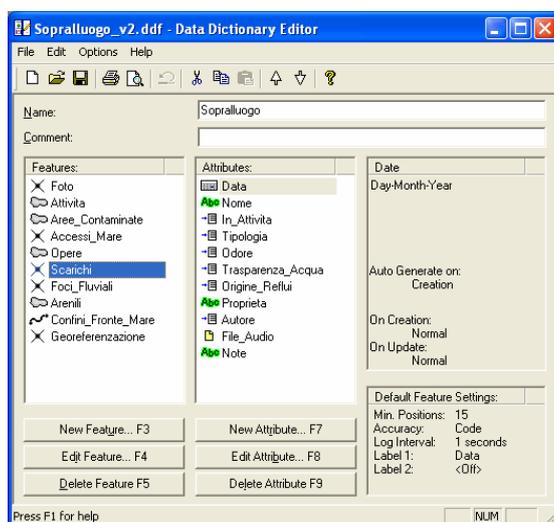


Figura 1 – Struttura del data dictionary

Il campo “Data” viene compilato automaticamente dal software, i campi “Nome”, “Proprietà” e “Note” sono liberi e permettono l’inserimento di un testo, i restanti campi, ad eccezione del “File\_audio”, sono predefiniti e prevedono una scelta obbligata da un menu a tendina. Il campo “File\_audio”, così come il campo “File\_foto” definito per la *feature* Foto, meritano un’attenzione particolare. All’interno di tali campi viene scritto il nome del file che viene acquisito durante il sopralluogo (ad esempio foto1); successivamente, quando verranno scaricati i dati sul computer, il nome del file verrà aggiornato con il percorso completo che riconduce alla *directory* dove è salvato il file. I *datadictionary* possono essere aggiornati e modificati sia utilizzando *Pathfinder office* sul computer, sia direttamente con *Terrasync* sul Palmare.

### Attività di campo ed acquisizione

L'acquisizione dei dati viene effettuata con il software *Terrasync* caricato sul palmare. Le modalità di acquisizione del dato presuppongono l'utilizzo di alcune accortezze nell'impostazione dello strumento. I principali parametri che regolano la precisione del dato acquisito sono tre: l'*Elevation mask*, ovvero l'altezza minima richiesta dei satelliti sull'orizzonte; l'*SNR (Signal to Noise Ratio)*, cioè il rapporto tra il segnale ricevuto dai satelliti ed il rumore di fondo ed infine il *PDOP (Position Dilution of Precision)*, cioè il valore numerico che rappresenta la geometria dei satelliti. In condizioni ottimali per avere la massima precisione possibile tali parametri dovrebbero essere così impostati: un'*Elevation mask* minima pari a 15°, un *SNR* minimo pari a 4 ed un massimo valore di *PDOP* pari a 6. Tali parametri possono essere variati in relazione alle condizioni operative ed alla precisione che si vuole ottenere. In alcuni casi infatti è possibile favorire la produttività dello strumento a scapito della precisione, ad esempio diminuendo l'*Elevation mask* per acquisire dati da un maggior numero di satelliti (anche se bassi sull'orizzonte), o accettando valori di *PDOP* maggiori di 6. Un ulteriore parametro da considerare per la precisione dei dati acquisiti è il tempo di stazionamento, che determina la quantità di punti su cui viene mediata la posizione del ricevitore.

In relazione al tipo di feature che si desidera acquisire può essere usato un diverso tempo di stazionamento sul punto che può variare da pochi secondi a qualche minuto. Poiché il tempo di stazionamento regola la nuvola di posizioni che vengono acquisite e, di conseguenza, la precisione del dato, al fine di ottenere dati molto precisi è necessario stazionare sul punto per un tempo sufficientemente lungo. Per alcune delle feature definite nel *datadictionary*, come ad esempio i punti che vengono usati per la georeferenziazione delle carte, è stato imposto un numero minimo di posizioni e quindi un tempo di stazionamento minimo di due minuti (considerando che ogni posizione viene acquisita con la cadenza di un secondo).

A titolo esemplificativo si riportano di seguito gli esempi di acquisizione delle *feature* "foto" ed "arenili", rispettivamente puntuale e poligonale.

La feature "Foto" è un punto al quale viene associata una fotografia, scattata con macchina fotografica digitale in collegamento *bluetooth* con il palmare. La direzione di scatto di ogni foto viene definita utilizzando una bussola magnetica; la foto viene trasferita sul palmare e salvata come file multimediale. Il nome della foto viene salvato all'interno del campo "File\_foto" e servirà a mantenere il collegamento tra il punto ed il file dopo che questo è stato scaricato sul computer.

Il perimetro degli arenili viene definito acquisendo i vertici di una spezzata. Le posizioni acquisite corrispondono ai punti in cui la linea di demarcazione della spiaggia cambia direzione. Quando si rilevano i punti di un arenile non è necessario avere un dato particolarmente preciso e di media si staziona su ogni vertice 20 secondi. La chiusura di ogni poligono avviene automaticamente dopo l'acquisizione dell'ultimo vertice.

Il rilievo di un arenile è comunque piuttosto complesso, in quanto non sempre è possibile determinare con precisione il perimetro stesso della spiaggia. La presenza di una fitta vegetazione a monte, barche e stabilimenti balneari possono infatti impedire di individuare chiaramente la linea di demarcazione dell'arenile; inoltre in condizioni di mare agitato il moto ondoso impedisce di definire correttamente la linea di battigia. Qualora non sia possibile posizionarsi direttamente sul punto che si desidera acquisire può essere utilizzata una funzione dello strumento che permette di inserire un *offset*, ovvero una distanza ed una direzione (espressa in gradi) sulla base delle quali automaticamente lo strumento sposta il punto acquisito nella reale posizione. Inoltre, poiché, l'acquisizione del dato può diventare molto soggettiva, in caso di sopralluoghi ripetuti nello stesso sito, è opportuno che questi vengano effettuati dalle medesime persone, che manterranno lo stesso criterio nell'acquisizione del dato.

### Trasferimento dati su computer e correzione differenziale

Terminato il sopralluogo i dati vengono scaricati sul computer fisso, corretti ed esportati nel formato proprietario di *Arcgis*.

Mediante *Pathfinder office* i dati sono trasferiti dal palmare al computer e successivamente corretti. Molte istituzioni, quali centri di Ricerca ed Università, rendono disponibili gratuitamente i file *rinex* per effettuare la correzione differenziale dei dati. Utilizzando ad esempio il collegamento al sito <http://sopac.ucsd.edu/sites/> è possibile scaricare la lista aggiornata delle stazioni permanenti che mettono a disposizione i file per le correzioni differenziali. La scelta della stazione di riferimento dipende dalla distanza della stazione dall'area in cui è avvenuto il sopralluogo, ma soprattutto dall'”*integrity index*”, ovvero l'indice riassuntivo della qualità dei dati forniti dalla stazione base. La scelta della stazione di riferimento deve tenere conto di entrambe i fattori ed essere un giusto compromesso tra un dato di buona qualità e una stazione non troppo lontana dal sito del sopralluogo. La correzione differenziale viene applicata al file dei dati acquisiti in campo, dal quale ne viene automaticamente creato uno nuovo corretto. Un file di testo riassume le correzioni eseguite su ciascun elemento georeferenziato. Il file corretto può così essere esportato dal formato proprietario di *Pathfinder office* al formato *shapefile* di *Arcgis*.

### Visualizzazione dei dati e realizzazione della cartografia

I dati corretti ed esportati in formato *shapefile* sono a questo punto pronti per essere visualizzati e rappresentati su GIS. Poiché da ogni feature viene generato un singolo *shapefile* (foto.shp, arenili.shp...), la metodologia di lavoro adottata prevede la creazione di un *geodatabase* avente la stessa struttura del *datadictionary*, nel quale importare i singoli *shapefile*. Preliminarmente alla costruzione del *geodatabase*, utilizzando il software *Microsoft Visio*, è stato ricostruito lo schema del *datadictionary* e delle singole *feature* in esso definite, con i relativi attributi ed i loro domini. Lo schema creato con *Visio* è stato così salvato ed esportato come file .xml.

All'interno di *Arcgis* viene creato un *geodatabase* vuoto nel quale è caricata dal file .xml la struttura del *datadictionary*. Attraverso questa procedura viene generato automaticamente un *dataset* contenente le *feature* corrispondenti a quelle del *datadictionary*. All'interno di ciascuna *feature* possono essere importati i dati corretti scaricati dal GPS e contenuti nei diversi *shapefile*. La diretta corrispondenza tra i campi, ricreata nello schema del *geodatabase*, garantisce l'integrità dell'acquisizione dei dati che vengono in tal modo trasferiti su GIS mantenendo le proprietà salvate durante l'acquisizione.

Il *geodatabase* con i dati completi può essere conseguentemente caricato all'interno di un progetto .mxd di *Arcgis* per la visualizzazione e l'interrogazione dei dati. Al fine di operare sempre con gli stessi criteri ed avere un'interpretazione rapida ed intuitiva delle informazioni raccolte si è deciso di definire una simbologia standard da utilizzare per tutti gli elementi che vengono georeferenziati durante i sopralluoghi. Di seguito si riporta la leggenda della simbologia utilizzata nei progetti *Arcgis* (Figura 2)

Legenda sopralluogo	
Scarichi	Foto - Direzione dello scatto
Foci Fluviali	● E
Punti generici	● N
Linee generiche	● NE
Opere	● NW
Arenili	● S
	● SE
	● SW
	● W

Figura 2 – Simbologia utilizzata per rappresentare le feature acquisite durante i sopralluoghi

Per ciascuna *feature* è stato scelto un simbolo significativo e rappresentativo dell'oggetto rilevato. Ad esempio, per rappresentare i punti in cui sono state scattate le fotografie, si è scelto di utilizzare delle frecce orientate secondo i punti cardinali, ad indicare la direzione lungo la quale è stata

scattata la fotografia. Il collegamento della fotografia al punto avviene mediante la creazione di un *hyperlink* che indirizza alla cartella dentro la quale è stato salvato il file. In tal modo “cliccando” su ciascun punto è possibile visualizzare la foto corrispondente. Con il medesimo criterio i file audio vengono collegati alle corrispondenti *feature* “arenili” e “scarichi”.

All’interno di *Arcgis* su una base cartografica esistente (ortofoto, carta nautica, CTR) vengono così riportati tutti i dati acquisiti durante il sopralluogo per essere visualizzati e studiati durante le attività di supporto alla bonifica (Figura 3). La cartografia ottenuta può essere pertanto consultata, visualizzata, stampata ed esportata.



Figura 3 – Esempi di cartografia realizzata dai sopralluoghi effettuati lungo gli arenili di San Giovanni a Teduccio (Napoli Orientale) e Priolo

## Conclusioni

La metodologia di lavoro presentata in questa pubblicazione è stata progettata e realizzata con l’obiettivo di facilitare le operazioni di acquisizione di dati georeferenziati a supporto di tutte le attività inerenti la caratterizzazione e la bonifica dei siti contaminati individuati dalla legislazione nazionale. La scelta della strumentazione e le metodiche sviluppate sono state verificate durante tutte le attività di campo e conseguentemente perfezionate nel corso degli anni. Ad oggi si è giunti alla definizione di un apposito *datadictionary* per l’acquisizione delle *feature* geografiche, che risulta comunque ulteriormente migliorabile e perfezionabile in relazione a future specifiche esigenze. Le scelte operate sono risultate estremamente funzionali e hanno permesso di costruire una banca dati aggiornata per la maggior parte dei siti oggetto delle attività di bonifica.

## Bibliografia

Michael Zeiler. (1999), *Modelling Our World. The ESRI Guide to Geodatabase Design*. ESRI Press. Redlands, California USA, 199 pp.

David K. Arctur, Michael Zeiler. (2004). *Designing Geodatabases: Case Studies in GIS Data Modeling*. Redlands, California USA, 408 pp.