

## **TECNICHE GIS PER LA GESTIONE DELLA SICUREZZA STRUTTURALE DELLE DIGHE**

Rossella NOCERA (\*), Carlo CALLARI (\*\*)

(\*) Università degli studi del Molise, Facoltà di Ingegneria, Via Duca degli Abruzzi, Termoli (CB)  
Tel.: 0874/404928, e-mail: rossella.nocera@unimol.it

(\*\*) Università degli studi del Molise, Facoltà di Ingegneria, Via Duca degli Abruzzi, Termoli (CB)  
Tel.: 0874/404909, e-mail: carlo.callari@unimol.it

### **Riassunto**

L'età media delle grandi dighe italiane è di circa cinquanta anni. Si avverte quindi la necessità di una continua valutazione delle loro condizioni di sicurezza, finalizzata ad individuare tempestivamente eventuali situazioni di rischio e ad orientare la scelta delle strategie di intervento. Le informazioni relative alle dighe esistenti sono archiviate in diversi formati e con metodi e strumenti indipendenti. Ci si ritrova, quindi, con grandi quantità di informazioni spesso non completamente accessibili e soprattutto non integrabili.

Si è avvertita, pertanto, la necessità di georeferenziare, strutturare ed integrare fra loro tali informazioni nell'ambito di un apposito sistema informativo geografico per la gestione della sicurezza strutturale del sistema diga-fondazione-serbatoio. Si osserva che fra le funzioni dello strumento GIS non vi sarà soltanto l'acquisizione, la gestione e le funzioni di analisi per permettere l'elaborazione spaziale, temporale e tematica dei dati, ma anche la capacità di generare nuove informazioni utili all'applicazione di metodi di simulazione numerica per l'interpretazione e la previsione del comportamento strutturale.

### **Abstract**

Large Italian dams are about 50 years old on average. This generates the need for a continuous safety evaluation, in order to readily recognize possible risk situations and plan adequate solution strategies.

Information concerning dams is archived under different formats using different independent concepts. Therefore, a lot of data is available, which is not completely accessible, nor integrated.

This situation can be solved effectively by georeferencing, structuring, and integrating the existing data within a dedicated geographic information system (GIS) for managing the structural safety of the dam-foundation-reservoir system. This GIS would also provide the capacity of generating new information for numerical simulations of structural behavior as an additional feature completing the needed spatial, temporal and thematic analysis tools.

### **Introduzione**

Le dighe necessitano di una continua valutazione delle condizioni di sicurezza. Tale operazione comporta diverse attività, tra cui:

- una ricostruzione del percorso progettuale e delle modalità costruttive;

- un programma di indagini per caratterizzare le attuali proprietà fisico-meccaniche dei materiali da costruzione dell'ammasso di fondazione;
- un'accurata interpretazione dei dati di monitoraggio registrati nel tempo.

Con riferimento alle informazioni necessarie per la valutazione della sicurezza strutturale si osserva che:

- tali informazioni riguardano un gran numero di punti del sistema diga-fondazione-serbatoio;
- sono acquisite in diversi istanti della vita dello sbarramento;
- sono acquisite con metodi e strumenti fra loro indipendenti;
- sono archiviate in formati tra loro non omogenei;
- sono difficilmente accessibili in quanto mancano le informazioni di supporto (esempio: metadati non disponibili).

Questo contesto spiega l'esigenza di introdurre un Sistema Informativo Geografico come unico strumento idoneo alla gestione dei dati geospaziali interessati. In un ambiente GIS i dati sono opportunamente strutturati e permettono operazioni di acquisizione, aggiornamento, analisi e rappresentazione dei dati in modo efficace e veloce. Oltre alle comuni funzioni di analisi si aggiungono le ricerche più complesse fra gli oggetti interessati (prossimità, calcolo pendenze, esposizione, estrazione idrografia, analisi geostatistiche, ecc.)

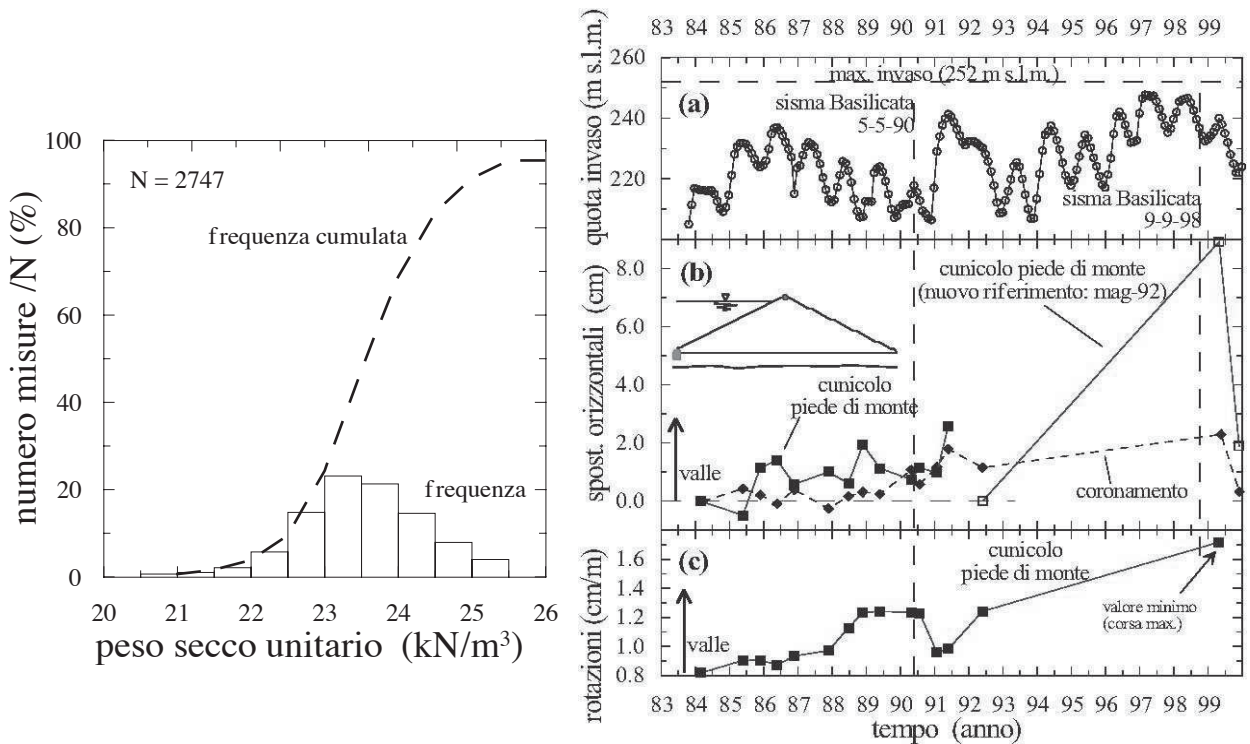
Lo scopo del presente lavoro è quello di fornire, fondamentalmente, uno strumento che possa rappresentare un modello appropriato e consistente in grado di permettere analisi utili nella fase di monitoraggio e *decision making*.

### **Dati di interesse**

La gestione della sicurezza strutturale delle dighe richiede il continuo monitoraggio di numerose grandezze rappresentative del comportamento dello sbarramento e dell'ammasso di fondazione.

L'elaborazione e l'interpretazione di questi dati richiede un'adeguata conoscenza delle caratteristiche del sistema diga-fondazione-serbatoio in termini di geometria, distribuzione nello spazio delle proprietà fisico-meccaniche dei materiali e loro evoluzione nel tempo.

A tal fine, bisogna considerare i dati relativi alla fase di progettazione (elaborati grafici, prove su materiali, in sito e in laboratorio), costruzione (disegni di consistenza, controlli sui materiali, prove di collaudo, misure di spostamenti e sollecitazioni) e esercizio (misure di spostamenti, sollecitazioni, pressioni interstiziali, perdite, rilievi di fenomeni di danneggiamento) (Figg. 1 e 2).



(a) (b)  
 Figura 1- Esempi di dati relativi ad una grande diga italiana: a) controlli sui materiali durante la costruzione; b) misure di spostamenti (Callari e Jappelli, 2004);

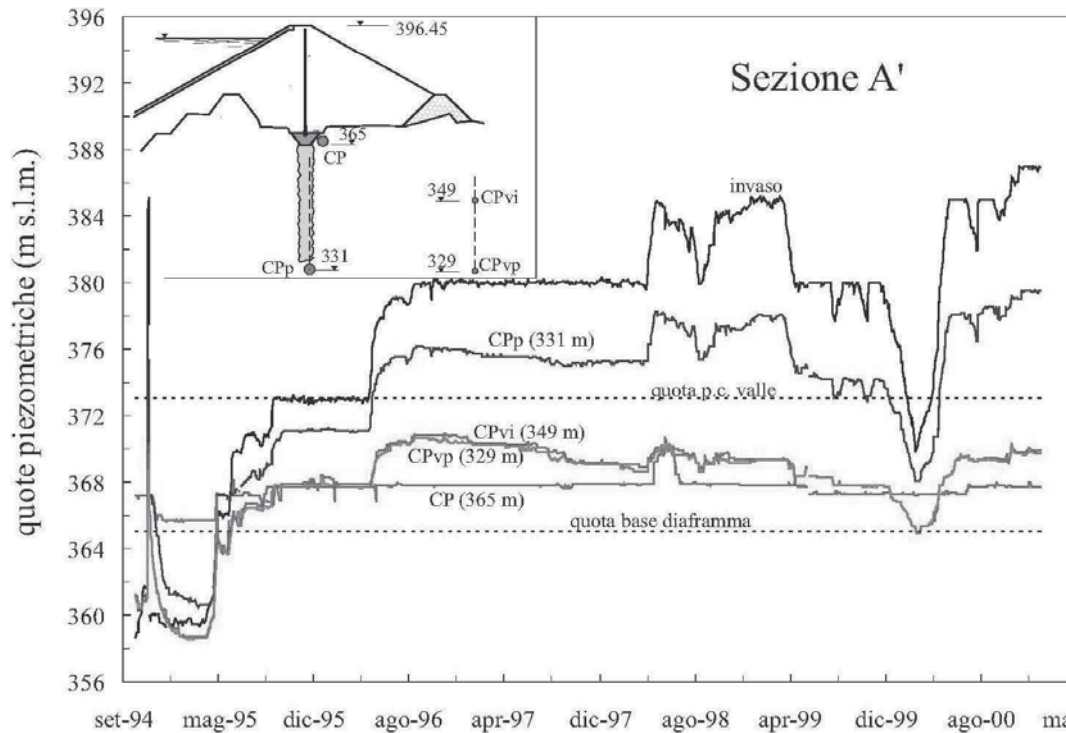
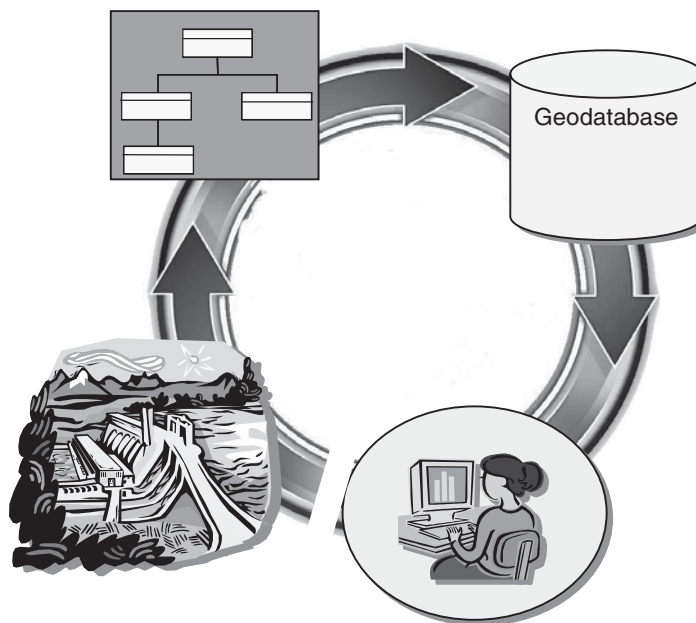


Figura 2- Esempi di dati relativi ad una grande diga italiana: misure piezometriche in fondazione (Di Maio e Callari, 2004);

### Realizzazione del Geodatabase

Il geodatabase è un mezzo di archiviazione dati progettato specificamente per l'acquisizione, memorizzazione e gestione dei dati geospaziali in relazione tra essi (dati geometrici, tematici, tabelle e immagini) in un unico sistema di gestione dati. In tal modo, tutti i diversi formati di dati sono archiviati in un DBMS standard e ciò permette un accesso migliore e più veloce all'informazione e soprattutto facilita le operazioni di gestione e aggiornamento dei dati.

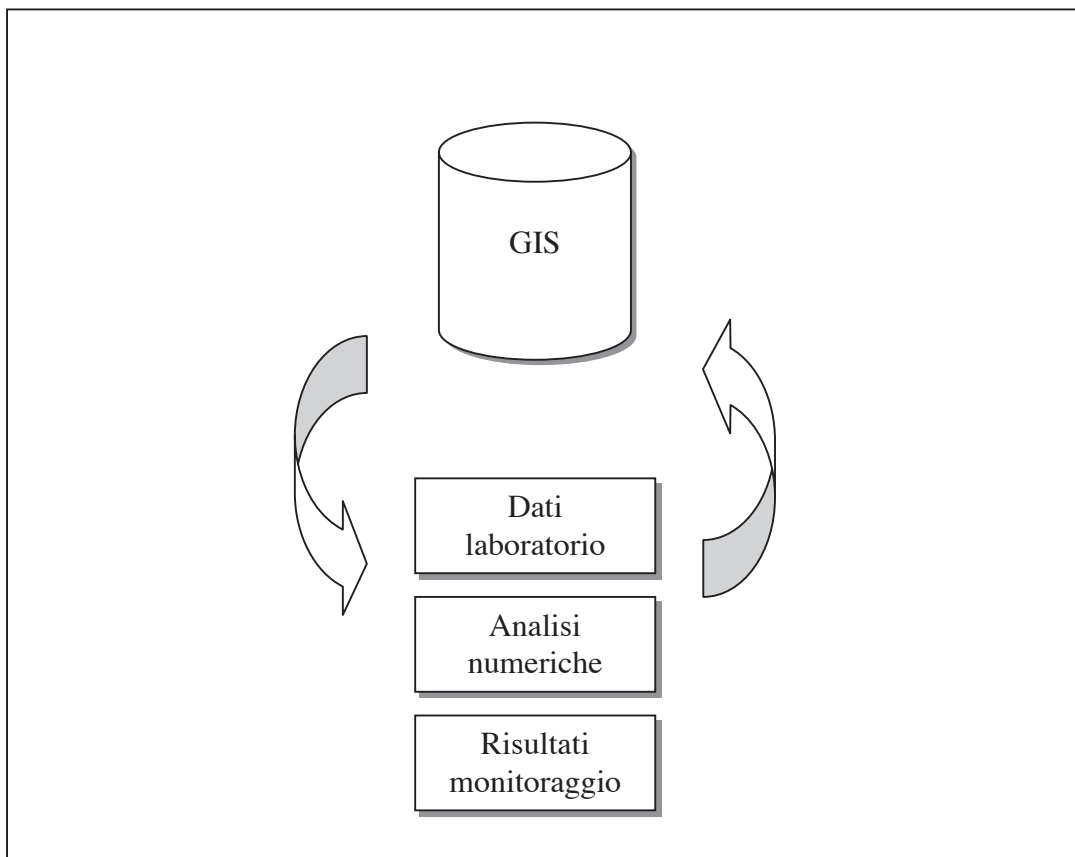
In realtà, questi benefici non si ottengono se la struttura del geodatabase non è opportunamente implementata in modo da tenere conto delle necessità degli utenti. Si avvia, quindi, una prima fase di lavoro in cui si individuano quelle che i diversi competenti ritengono essere le informazioni fondamentali e le relazioni esistenti (modello spaziale).



Le informazioni di interesse già disponibili presentano diverse problematiche e necessitano quindi di opportune elaborazioni per poter essere integrate e strutturate nella banca dati in modo adeguato:

- è necessario riportare molti dati in formato digitale;
- alcune informazioni sono già strutturate in banche dati ma presentano una struttura non normalizzata e non condividono un identificatore (chiave primaria) comune;
- vi sono dati che derivano da altri GIS e occorre integrarli e correlarli alla struttura dati implementata (problema di trasferimento dati e di semantica);
- tutte le informazioni necessitano di essere georeferenziate e rese omogenee nel sistema di proiezione Gauss-Boaga (Roma 40)

La valutazione della sicurezza strutturale del sistema diga-fondazione può essere basata su un'interpretazione numerica del comportamento osservato che tenga conto non solo dei dati di monitoraggio, ma anche di tutti gli altri dati descritti al paragrafo precedente. Il GIS deve essere quindi progettato per fornire i dati di input per l'esecuzione delle altre routine esterne e ricevere poi i risultati delle varie analisi eseguite (Fig. 3).



*Figura 3*

Per l'implementazione del geodatabase si utilizza il software ArcGIS 9.2 (Fig. 4).

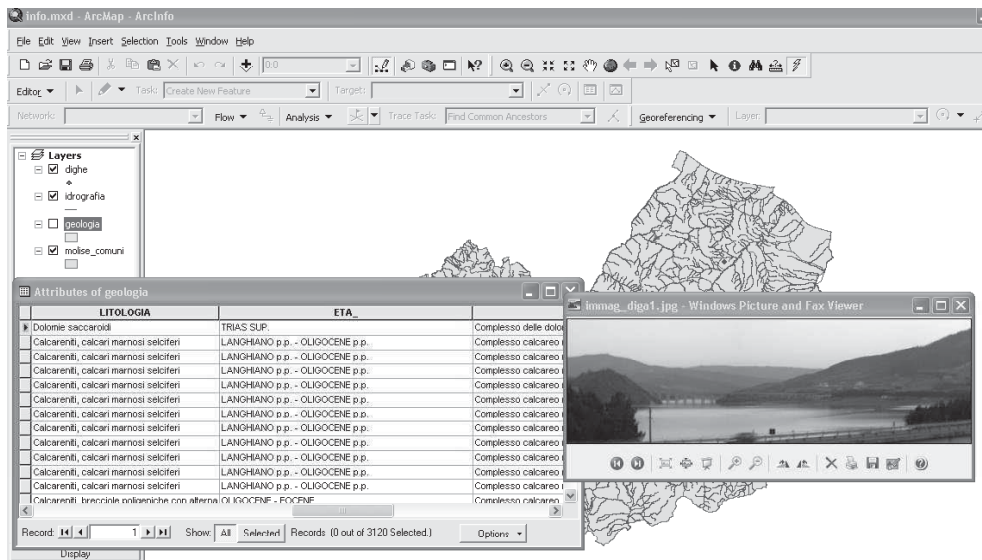


Figura 4

Il presente progetto prevede un'ulteriore fase di lavoro in cui si implementerà un webgis per espandere l'accesso allo strumento GIS ad un più ampio bacino d'utenza ed in modo più rapido ed economico. Questa fase di lavoro sarà svolta con MapServer, uno strumento *opensource* che permette di realizzare applicazioni internet per le informazioni geografiche.

## Bibliografia

Callari C., Jappelli R. (2004), Comportamento a breve e a lungo termine della diga di Monte Cotugno sul fiume Sinni, XXII Convegno Nazionale di Geotecnica "Valutazione delle condizioni di sicurezza e adeguamento delle opere esistenti", Palermo, 22-24 settembre 2004, Pàtron Editore, Bologna, 469-477.

Di Maio S., Callari C., (2004), Comportamento delle dighe di calcestruzzo e di rockfill costituenti lo sbarramento dell'Ingagna, XXII Convegno Nazionale di Geotecnica "Valutazione delle condizioni di sicurezza e adeguamento delle opere esistenti", Palermo, 22-24 settembre 2004, Pàtron Editore, Bologna, 497-505.

Nocera R., Carosio A.: -Il GIS del Parco Naturale delle Gole della Breggia. Atti della 10a Conferenza Nazionale delle Associazioni per le Informazioni Territoriali e Ambientali, Bolzano, 14-17 Novembre 2006.