

### SOMMARIO

#### 1. Notizie e informazioni

- 1.1 Modifica della L.R. 7/2003 “Norme in materia di bonifica e irrigazione”
- 1.2 Approvato il “Piano generale di bonifica, di irrigazione e di tutela del territorio rurale”
- 1.3 Reticolo idrico di minore – d.g.r. 1 agosto 2003, n. 13950

#### 2. Focus su : Approfondimenti sul Progetto SOC – “Sentinel of Canals”

#### 3. Leggi e provvedimenti: BUR gennaio 2005

#### 1. Notizie e informazioni:

- 1.1 La L.R. 8 febbraio 2005, n. 6, (BURL n. 6 del 10 febbraio 2005 – 1° Supplemento Ordinario) “Interventi normativi per l’attuazione della programmazione regionale e di modifica e integrazione di disposizioni legislative – Collegato ordinamentale 2005”, modifica la L.R. 7/2003 come segue: al comma 1 dell’art. 9 dopo le parole “consorzio di bonifica” sono inserite le seguenti “che operi su una superficie corrispondente almeno al 10 per cento dell’intero comprensorio”.
- 1.2 Nell’ultima seduta del Consiglio Regionale è stato approvato all’unanimità il “Piano generale di bonifica, di irrigazione e di tutela del territorio rurale”.
- 1.3 La L.R. 36/2004, art. 1, comma 2, lett. a (BURL n. 52 del 24 dicembre 2004 – 2° Supplemento Ordinario), sancisce l’**abrogazione dell’addizionale regionale del 100%** sui canoni di concessione relativi al reticolo di bonifica ed al reticolo minore di competenza dei comuni, di cui all’allegato “C” della d.g.r. 1 agosto 2003, n. 13950.

#### 2. Focus su: Approfondimenti sul Progetto SOC – “Sentinel of Canals”

L’erosione sotterranea è un fenomeno che comporta la disgregazione e la rimozione di porzioni di terreno. L’elemento scatenante è la circolazione dell’acqua che infiltrandosi lo mobilizza creando delle vie preferenziali oltre a delle cavità. Questo può generare problemi di stabilità agli argini di canali irrigui o fluviali spesso causando persino dei crolli improvvisi. L’erosione è un fenomeno difficilmente individuabile da indagini puntuali o modellazioni matematiche. Durante il progetto SOC - *Sviluppo di una rete di controllo in remoto per l’individuazione dei fenomeni di erosione sotterranea negli argini dei canali irrigui* - ci si è impegnati nello sviluppo di un prototipo di sistema di monitoraggio in remoto dei fenomeni di erosione sotterranea basato su misure di resistività del terreno. Il progetto è stato cofinanziato dalla D.G. Agricoltura della Regione Lombardia, insieme al Politecnico di Milano-Polo Regionale di Lecco, ai Consorzi di Bonifica Est Sesia, Dugali, Navarolo e all’Unione Regionale delle Bonifiche Lombarde, nell’ambito del “Programma regionale di ricerca in campo agricolo 2001-2003”.

#### Fenomeni di erosione sotterranea: un problema per la stabilità degli argini

Due condizioni necessarie per lo sviluppo di un fenomeno erosivo sotterraneo sono: l’esistenza di un flusso d’acqua e la possibilità di allontanare il terreno mobilizzato. L’erosione sotterranea, con fuoriuscita di terreno dal corpo dove accade, è chiamata *piping* per via delle cavità a forma di tubo che produce nel suolo. Il risultato di questo tipo di erosione è la creazione di cunicoli cilindrici che si estendono nel terreno anche per diversi metri. Questo meccanismo, rilevante per la stabilità di infrastrutture in terra, come sono gli argini delle canalizzazioni, viene oggi difficilmente localizzato con indagini puntuali. È un fenomeno complesso e spesso agisce di concerto con altre cause, trasporto e deposito di detriti, che ne mascherano la progressione e



gli effetti. La struttura da cui fuoriesce acqua e materiale eroso risulta indebolita per via della formazione di cavità che possono destabilizzare gli strati di terreno superiore, fino a provocarne il crollo. Il flusso idrico che genera erosione può essere alimentato da fonti naturali oppure da attività umane. I fenomeni di *piping* negli argini delle canalizzazioni si sviluppano con dinamiche simili a quelle che si instaurano nei pendii ma con una differenza importante: l'acqua che alimenta l'erosione proviene dal corpo idrico confinato, si infiltra nelle sponde, si accumula e comincia a erodere il terreno trasportandolo nell'alveo da dove è rimosso dallo stesso corso d'acqua. Questo meccanismo ne rende ancora più difficile l'individuazione perché ne nasconde gli effetti e lo accelera, impedendo che le vie attraverso cui avviene il trasporto all'interno dell'argine si possano chiudere. In questo modo il fenomeno può progredire fino a causare il collasso dell'argine stesso. Nei canali dove argini e platea sono ricoperti da cemento non sono visibili segnali che evidenzino tempestivamente l'erosione, il rivestimento nasconde lo sbocco dei percorsi di extrafiltrazione e svolge una funzione autoprotettiva che ritarda il collasso delle cavità formatesi al suo interno; la corrente provvede a disperdere i detriti che il flusso d'acqua porta nel canale, impedendo l'occlusione delle vie di scorrimento interne all'argine.

### **Misure resistive multitemporali**

I parametri che regolano la circolazione idrica nel sottosuolo sono la porosità ( $n$ ), la permeabilità ( $K$ ) e il contenuto idrico ( $q$ ); conoscere il loro valore e le variazioni nel tempo può servire a capire se un fenomeno di *piping* è in atto. Si può ipotizzare, basandosi su formule empiriche che legano porosità e permeabilità che lo stesso terreno presenti valori diversi di questi parametri prima e dopo l'azione erosiva dell'acqua. Il valore di porosità risulta aumentato per via dell'asporto di terreno mentre la permeabilità aumenta grazie alla maggiore facilità di flusso dovuta all'ingrandimento dei percorsi di filtrazione. In questo caso effettuare delle misure che evidenzino il variare della permeabilità permette l'identificazione di un processo erosivo in corso. In letteratura è documentata l'esistenza di relazioni tra le caratteristiche idrauliche di un terreno e quelle

elettriche; Archie nel 1942 propose la relazione empirica che porta il suo nome:  $F = \frac{r_r}{r_w} = a f^m$  ( $F$ : fattore

di formazione,  $r_r$ : resistività del terreno,  $r_w$ : resistività del fluido di saturazione,  $f$ : porosità,  $m$  e  $a$ : costanti dipendenti dalla cementazione e dal grado di saturazione del terreno). Successivamente alcuni studi hanno approfondito l'analisi dei legami tra i parametri idrogeologici e quelli geoelettrici per derivare i primi. L'esistenza di un legame tra i parametri elettrici ed idrogeologici di uno stesso terreno permette di misurare i primi e mettere i loro cambiamenti in relazione alle mutate condizioni del suolo. Per monitorare i cambiamenti delle caratteristiche idrogeologiche del terreno si possono eseguire misure di resistività elettrica. La diminuzione della resistività elettrica in una regione del terreno, ad esempio, può essere ricondotta ad un aumento del contenuto d'acqua nell'area esaminata. In stazionarie condizioni ambientali si può attribuire all'attivarsi di fenomeni di erosione sotterranea. Le misure georesistive hanno il notevole vantaggio di non essere invasive, di essere estensive e di potere essere condotte dalla superficie dell'argine che si vuole indagare in condizioni di esercizio del canale stesso.

### **Sperimentazione condotta nel corso del progetto SOC**

Nel corso del progetto SOC sono state condotte diverse campagne di misure di resistività del terreno su alcuni tratti di argine dei consorzi di irrigazione che hanno partecipato al progetto con l'obiettivo di verificare l'efficacia nella detenzione dei fenomeni di filtrazione e progettare la migliore geometria di rilievo. Le misure sono state condotte in tratti di argine dove era nota la geometria della struttura, la geologia, ed era possibile verificare i fenomeni di filtrazione. Gli esperimenti si sono in particolare concentrati sulla determinazione dei fenomeni di erosione in argini pensili delle canalizzazioni per il particolare rischio che questi rappresentano. Si sono quindi considerate profondità di indagine fino a 12m, decisamente maggiori delle dimensioni di un comune tratto di canalizzazione. Si sono sperimentate diverse geometrie di acquisizione per determinarne le diverse sensibilità, considerando le geometrie delle strutture da investigare e i possibili meccanismi di filtrazioni, discretizzati in base alla dimensione, posizione e diffusione. La fase sperimentale è stata preceduta da una modellistica durante la quale sono state simulate le diverse situazioni, studiate le modalità di misura, e i risultati sono stati verificati durante la sperimentazione. (Fig. 1,2,3).

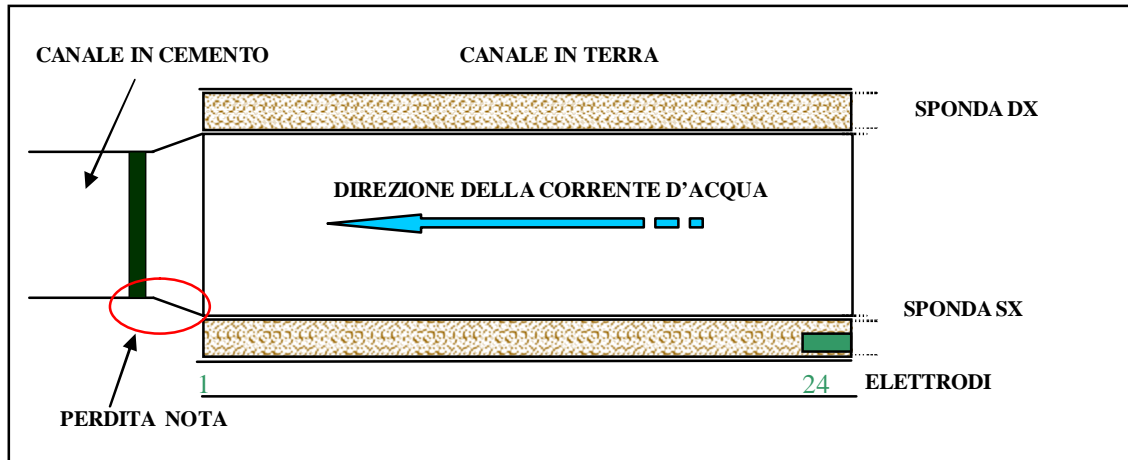


Fig.1 Schema del sito di un esperimento. Nel tratto di incontro di un canale in terra con un tratto in cemento è evidente dalla superficie un fenomeno di extrafiltrazione. E' stato investigato questo fenomeno ponendolo a fianco dello stendimento di 24 elettrodi disposti lungo questo tratto di argine.



Fig. 2 Area di passaggio tra il canale in terra e la struttura in cemento, stendimento degli elettrodi per la realizzazione dell'esperimento.

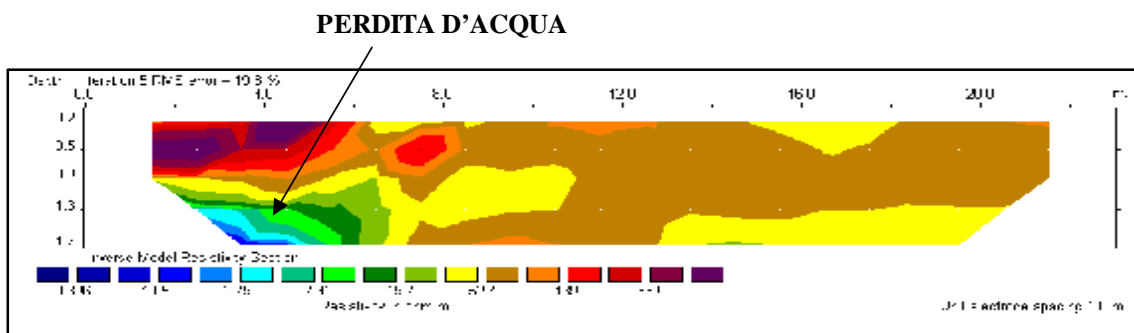


Fig. 3 Sezione di resistività con ben individuata la perdita.

### Sviluppi in corso

I risultati ottenuti nel progetto SOC evidenziano la possibilità di realizzare con efficacia un sistema di monitoraggio in remoto dei fenomeni di erosione sotterranea negli argini delle canalizzazioni. Essendo questa modalità di misura multitemporale, è fondamentale proseguire il progetto per determinare la stabilità delle misure, la confrontabilità e la ripetibilità. Per questo si è installato presso il Politecnico di Milano un sito permanente di sperimentazione di misure resistive del terreno per determinarne la ripetibilità e l'influenza su di esse delle precipitazioni climatiche.

- Per informazioni, fare riferimento all'Ing. Maurizio Lualdi: e-mail: [lualdi@stru.polimi.it](mailto:lualdi@stru.polimi.it)  
Dip. di Ingegneria Strutturale - Politecnico di Milano – P.zza L. Da Vinci, 32

### 3. Leggi e provvedimenti: BUR gennaio 2005

#### DIREZIONE GENERALE AGRICOLTURA

- **Dgr 23.12.2004 - n. 7/19967** (BUR n. 2 – 10.01.2005 SO, pag. 166)  
Disposizioni per l'assegnazione di **prodotti petroliferi agevolati in agricoltura**.  
*Il provvedimento approva la procedura per la gestione della assegnazione di prodotti petroliferi agevolati impiegati in agricoltura tramite il SIARL, rinviando ad un successivo provvedimento del Direttore Generale Agricoltura la redazione di note tecniche esplicative.*
- **Ddg 30.12.2004 - n. 23491** (BUR n. 2 – 10.01.2005 SO, pag. 299)  
**Disposizioni attuative** della d.g.r. n. 19967 del 23.12.2004 “Disposizioni per l'assegnazione di prodotti petroliferi agevolati in agricoltura.”  
*Si tratta del documento tecnico previsto dalla precedente deliberazione.*
- **Dgr 16.12.2004 – dal n.7/19847 al n. 7/19860** (BUR n. 3 – 21.01.2005 - 5° ss)  
**Approvazione**, ai sensi dell'art. 6 della l.r. 7/2003, degli **Statuti dei Consorzi di Bonifica**, rispettivamente di: Alta e Media Pianura Mantovana; Fossa di Pozzolo; Sud-Ovest Mantova; Navarolo - Agro Cremonese Mantovano; Colli Morenici del Garda; Muzza Bassa Lodigiana; Valle del Ticino; Dugali; Sinistra Oglio; Fra Mella e Chiese; Naviglio Vacchelli; Del Chiese di Secondo Grado; Medio Chiese.
- **Dgr 23.12.2004 – n. 7/19964** (BUR n. 3 – 21.01.2005 5° ss, pag.75)  
**Costituzione del Consorzio di Miglioramento Fondiario di secondo grado “Adda-Serio”** con sede in Crema e **contestuale approvazione dello Statuto** ai sensi dell'art. 9 della l.r. 7/2003.

#### ALTRE DIREZIONI

- **Dgr 23.12.2004 n. 7/20047** (BUR n. 3 – 20.01.2005 3°ss, pag. 3)  
“Direttiva regionale per l'**allertamento per rischio idrogeologico e idraulico** e la gestione delle emergenze regionali” (in prima applicazione della Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri del 27 febbraio 2004 e della l.r. 22 maggio 2004, n. 16)  
*Il provvedimento contiene le procedure che Enti locali e altri Enti e Amministrazioni coinvolti nel sistema regionale di protezione civile devono seguire nei casi di rischio idrogeologico e idraulico, proponendo in particolar modo la responsabilizzazione delle Province nel ruolo di gestione dell'emergenza.*

\*\*\*\*\*

**Per maggiori approfondimenti visitateci al sito: [www.urbimlombardia.it](http://www.urbimlombardia.it)**