

# Modelli Meteorologici e Monitoraggio Idrologico in Telemisura: un Approccio WebGis in Tecnologia Open Source

Attilio Colagrossi, Lorenzo Felli, Nicolò Giua, Gabriella Masella  
APAT, Via Curtatone, 3 – 00185 Roma  
[attilio.colagrossi@apat.it](mailto:attilio.colagrossi@apat.it)

## Sommario

In questo lavoro si presenta l'integrazione, in un unico sistema WebGis, dei risultati prodotti da sistemi informatici distinti, rispettivamente per il monitoraggio in tempo reale dei fenomeni termopluviometrici e di forecasting a 48 ore degli stessi fenomeni. Il sistema che ne risulta permette di verificare, da un lato l'attendibilità delle previsioni (confrontando le previsioni con le osservazioni relative a 3, 6, ... 96 ore precedenti), e dall'altro di stimare l'evoluzione di fenomeni meteorologici sulla base delle osservazioni termopluviometriche acquisite in tempo reale. Le tecnologie impiegate sono tutte open source.

## Abstract

In this paper the integration of real time data concerning rainfall and temperature and weather forecast in a single WebGis system is presented. Such a system allows a user to evaluate the reliability of the weather forecast system by comparison with the observations relative to 3, 6, ...96 hours before. On the other hand, the WebGis integrated system allows also to estimate the trend of rainfall and temperature by comparing the real time observations with the forecast. The technologies used are all open source.

## 1. Introduzione

Lo stato dei fenomeni meteorologici in ambito locale può, com'è noto, essere ben valutato attraverso le reti di monitoraggio idropluviotermometrico. La legislazione italiana affida la competenza sulle reti alle regioni. L'accordo Stato Regioni del 24 maggio 2001 prevede la costituzione di una rete di monitoraggio a scala nazionale, da realizzare attraverso l'individuazione, in ciascuna regione, di stazioni di rilevamento idrologicamente adeguate a rappresentare i fenomeni idropluviotermometrici locali. Pur non essendo, allo stato attuale, ancora stata costituita una siffatta rete a scala nazionale, una chiara valutazione dei fenomeni meteorologici può essere fornita dalla rete cosiddetta BIM (Bollettino Idrologico Mensile) dell'ex Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale, costituita da circa 400 stazioni di telerilevamento [4]. I valori forniti in tempo reale dalla rete BIM chiaramente caratterizzano i fenomeni in modo locale ed istantaneo [2]. Per ottenere anche una valutazione della loro evoluzione, è indispensabile avvalersi di un sistema predittivo basato su calcolo ad alte prestazioni [1], nella fattispecie di un modello meteorologico ad area locale [3]. In particolare, la combinazione dei valori rilevati in tempo reale e di quelli predetti dal modello possono, su base georiferita, fornire indicazioni affidabili dello stato pluviotermometrico istantaneo e della sua evoluzione a breve e medio termine. Ne risulta un sistema cartografico a tematismo meteorologico capace di fornire le valutazioni sulla precipitazione avvenuta, in corso ed attesa, su di una porzione di territorio selezionata dall'utente finale, a scala nazionale.

La realizzazione del sistema si fonda sulle tecnologie open source. In dettaglio, gli elementi che entrano in gioco sono:

- i dati provenienti dalla rete di monitoraggio idropluviotermometrico in telemisura a scala nazionale, memorizzati e gestiti con MySQL;
- il modello meteorologico utilizzato (BOLAM, BOlogna Limited Area Model), eseguito su una macchina parallela in ambiente Linux ed i risultati memorizzati in MySQL;



### 3. Il sistema previsionale meteorologico

Il sistema previsionale è composto da una serie di modelli numerici di tipo atmosferico ed oceanico, eseguiti in cascata. In questo paragrafo viene riportata una breve descrizione del sistema previsionale e del modello meteorologico ad area limitata *BOLAM*.

Presso l'APAT è operante da diversi anni il sistema previsionale costituito da un modello meteorologico ad area limitata (che viene eseguito a due diverse risoluzioni spaziali HR/VHR *BOLAM*), un codice per la simulazione del moto ondoso (*WAM*), un codice *shallow-water* per la simulazione della circolazione e dell'elevazione del Mar Adriatico (*POM*) ed un codice agli elementi finiti per la previsione del livello dell'acqua nella laguna (*VL-FEM*). Il sistema, in fase operativa, deve produrre 48 ore di previsione meteo-marina con risoluzione di circa *10 km* su tutto il bacino Mediterraneo; la previsione dell'elevazione del bacino Ionio-Adriatico avrà una risoluzione crescente arrivando sino a circa *5 km* alle bocche della laguna di Venezia e un dettaglio ancora maggiore al suo interno. Lo schema logico che descrive come i vari modelli che operano in cascata è riportato in Fig 2.

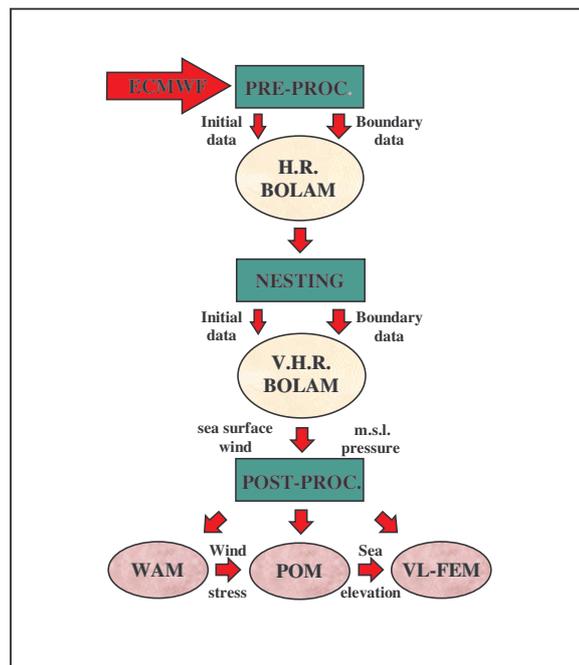


Fig. 2 – Modelli meteomarini eseguiti in APAT

Gli elementi rappresentati con ellissi costituiscono i modelli atmosferici e oceanici. Con rettangoli sono indicati quei codici necessari al pre/post- processamento dei dati per i vari modelli. Le frecce rappresentano i dati che vengono scambiati tra gli elementi del sistema.

Il modello meteorologico *BOLAM* è il *core* del sistema, di gran lunga l'elemento più pesante dal punto di vista computazionale. Esso ha infatti richiesto l'uso di un calcolatore parallelo al fine di soddisfare il requisito operativo di produrre 48 ore di previsione in qualche decina di minuti.

Il modello meteorologico ad area limitata utilizzato nel sistema si basa sul modello *BOLAM* (*Bologna Limited Area Model*) sviluppato dal *CNR-FISBAT* di Bologna. *BOLAM* è un modello tridimensionale esplicito, che integra le equazioni di conservazione della massa, del momento e dell'energia. Le variabili prognostiche sono le componenti longitudinale e latitudinale della velocità del vento, la temperatura potenziale, l'umidità specifica e la pressione superficiale. Il grigliato orizzontale, di tipo "staggered", è quello "C" di Arakawa mentre in verticale è stato impiegato il grigliato di Lorentz .

Lo schema numerico utilizzato nel modello per l'avvezione orizzontale e verticale delle variabili prognostiche tridimensionali è denominato *FBAS* (*Forward-Backward Advection Scheme*).

All'interno del sistema previsionale il modello meteorologico viene eseguito a due differenti risoluzioni spaziali. Con la sigla *HR-QBolam* (*High Resolution QBolam*) si è indicata la

configurazione ad alta risoluzione (circa 30 km di passo di griglia orizzontale) e con la sigla *VHR-QBolam* (*Very High Resolution QBolam*) si è indicata la configurazione ad altissima risoluzione (circa 10 km di passo di griglia orizzontale). Il grigliato del modello *VHR-QBolam* copre l'intero bacino del Mar Mediterraneo ed è innestato nel grigliato di *HR-QBolam* nella maniera indicata in Fig. 3.

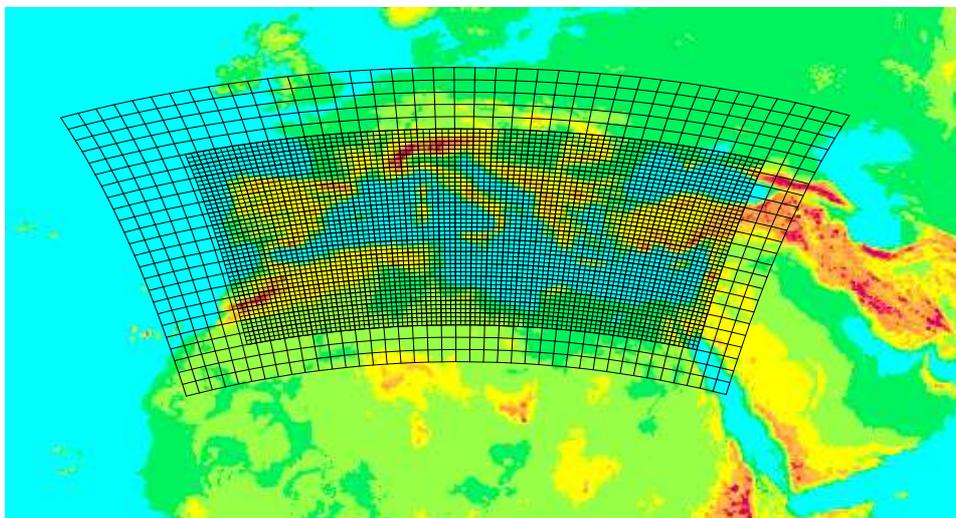


Fig. 3 – Grigliato del modello BoLAM

#### 4. Il sistema WebGis integrato osservazioni/previsioni

I dati in tempo reale vengono messi a disposizione degli utenti finali, assieme ad una mappa delle previsioni elaborate dal modello QBOLAM (per 3, 6, 9.. 24.. 72 ore successive) in modo da poter sovrapporre i due tipi di informazione.

L'interfaccia, per la natura dei dati, è di tipo cartografico, implementato su architettura client/server con software free od open source liberamente disponibile sulla rete (Alov/TimeMap per la parte cartografica, MySQL per i dati numerici, GrADS per la creazione di mappe meteorologiche); l'interfaccia utente è implementata tramite Java servlet, script PHP e Javascript. I programmi di elaborazione dei dati in tempo reale sono realizzati in Pascal, mentre quelli per il modello di previsione sono in Fortran 90. Le piattaforme server sono MS Windows e Linux.

Le tipologie di dati che sono visualizzate sono le precipitazioni e la temperatura dell'aria.

L'interfaccia utente permette di visualizzare in sovrapposizione diversi strati (layers) di informazioni:

- Raster Italia fisica
- Confini regionali
- Province
- Aree idrografiche (ex compartimenti Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale)
- Fiumi
- Laghi
- Bacini idrografici
- Stazioni storiche di rilevamento
- Termometri in tempo reale
- Pluviometri in tempo reale

Per le previsioni meteo, sono disponibili le previsioni di precipitazione, temperatura, direzione e intensità del vento sotto forma di mappe tematiche, sovrapponibili in trasparenza ai layers precedenti, a step di 3 ore dalle ore 03 del giorno corrente alle 23 del giorno successivo.

Le mappe tematiche previsionali relative alla precipitazione ed alla temperatura sono realizzate in GrADS (Grid Analysis and Display System). GrADS è un software per l'analisi di griglia e la rappresentazione grafica di dati geofisici, più semplicemente un strumento interattivo usato per accedere, manipolare e visualizzare facilmente dati relativi alle scienze della Terra. Il formato dei dati può essere binario, GRIB, NetCDF, o HDF-SDS (Scientific Data Sets).

GrADS è disponibile per numerose piattaforme comunemente utilizzate ed è distribuito gratuitamente mediante Internet.

L'utente inoltre può avere informazioni sulla denominazione degli oggetti tramite i c.d. "tooltips" visualizzati automaticamente al passaggio del mouse sopra un oggetto del layer attivo in quel momento, ed inoltre, al click del mouse sopra il simbolo di un sensore (pluviometro o termometro), consultare i dati della telemisura delle 48 ore precedenti all'attuale, con un campionamento variabile a seconda dell'area di appartenenza (ad es. per la Campania è di 10 minuti).

In Fig. 4 è mostrato un esempio dell'interfaccia con attivi i layer fisico, aree idrografiche e pluviometri, con le previsioni delle ore 03 e con le precipitazioni rilevate nelle 48 ore precedenti per il pluviometro di Venezia.

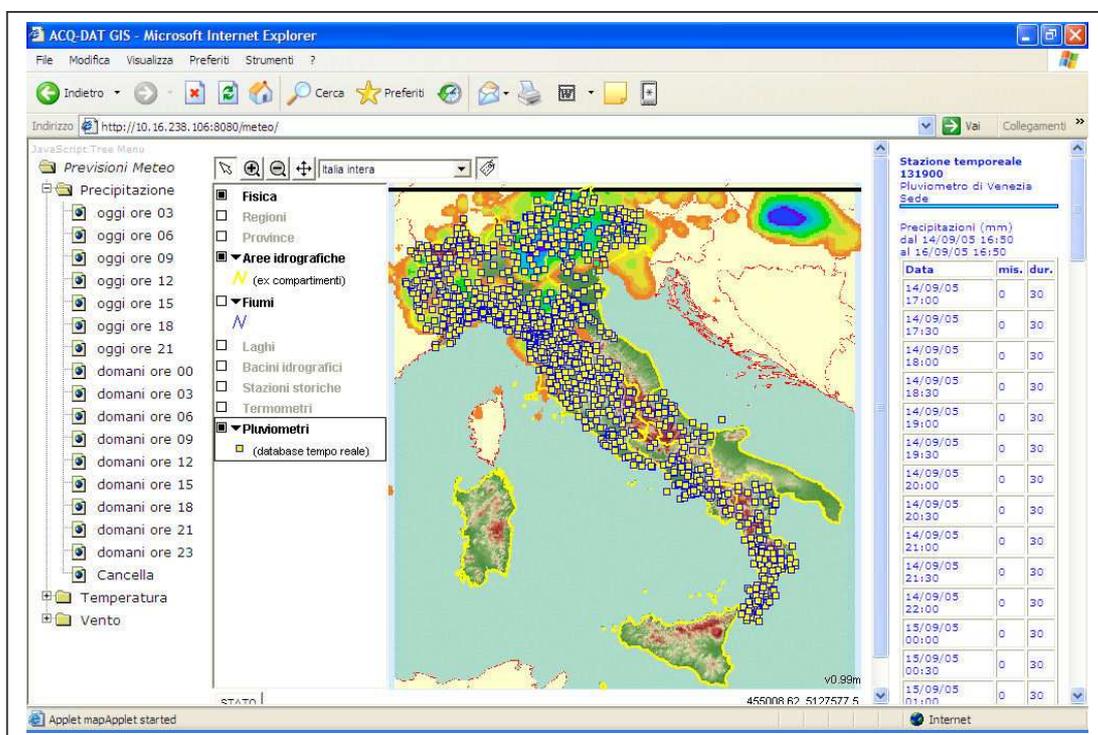


Fig. 4 – Interfaccia WebGis con alcuni layers attivi

Il frame di sinistra della schermata in Fig. 4 permette di visualizzare sulla cartografia presente nella parte centrale le previsioni meteo relative alle successive 48 ore (si veda dettaglio in Fig. 5).

I dati meteo che possono essere cartografati riguardano la precipitazione, la temperatura e il vento. Sono presenti previsioni a 48h ad intervalli di tre ore.

Le immagini relative ai dati delle precipitazioni, vengono rese, tramite una pre-elaborazione, trasparenti nelle zone di non precipitazione in modo da poter essere meglio interpretate. Tutte e tre le tipologie di immagini prodotte dal modello meteo, prima di essere visualizzate, vengono georiferite in modo da essere visualizzate coerentemente con gli altri layer cartografici presenti nel sistema.

Tale sistema è composto di due parti:

**Client:** Si preoccupa, tramite un'applet, di visualizzare correttamente i layer cartografici e permette all'utente di operare con alcuni classici strumenti cartografici (pan, zoom, etc.) e si interfaccia ai database dei dati pluviometrici e termometrici attraverso la tecnologia PHP.

Server: Riceve le richieste da parte del client, accede al database MySQL, effettua le interrogazioni cartografiche e invia i dati risultanti al client.

Un sistema Web Gis “Client/Server” permette, a differenza di sistemi “solo Client” di avere caricamenti di dati incrementali, una migliore gestione dei formati vettoriali grazie ad un sistema di caching dei dati proprietario. E’ compatibile con la tecnologia “OpenGIS World Map Service” per la gestione di immagini raster. L’applet lato client che gestisce l’interazione con l’utente è di circa 200KB.

Selezionando una delle stazioni (Stazioni storiche, Termometri, Pluviometri), nel frame di destra vengono elencati i corrispondenti dati in forma tabellare. Tali dati riguardano le ultime 64h ad intervalli di 15m.

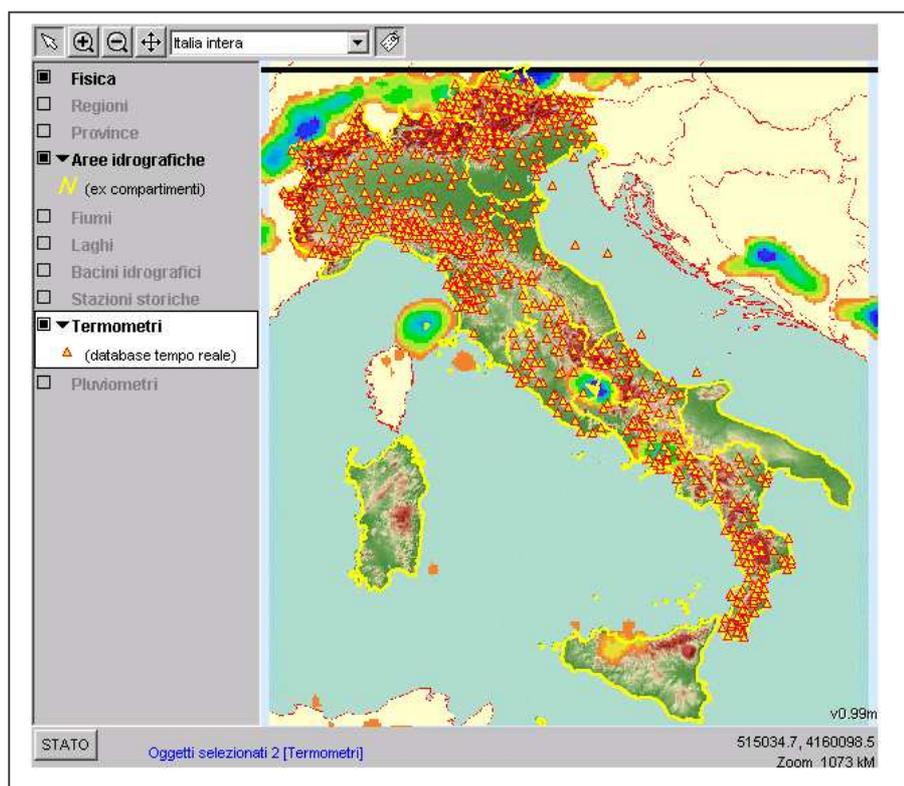


Fig. 5 – Dettaglio dell’interfaccia WebGis che mostra le previsioni meteo

## Riferimenti Bibliografici

- [1] Colagrossi, F. Valentinotti: *Esperienze di sistemi meteorologici numerici in configurazione di servizio basati su calcolo ad alte prestazioni in APAT*, 8° Workshop sul Calcolo ad Alte Prestazioni in Italia, CILEA, Milano, 2004.
- [2] Colagrossi, G. Nardone: ‘Technologies For Storing, Processing and Fruition of Hydrological Data’, Proc. of the Second International Conference on River Basin Management, Las Palmas, 2003.
- [3] Colagrossi, A.M. Rizzo: *Tecnologie di storage and retrieval: il Data Warehouse Idrologico*, Atti della Settima Conferenza Nazionale delle Agenzie Ambientali, Milano, novembre 2003.
- [4] Colagrossi, C. Accadia, G. Arena, A. Barbano, M. Bencivenga, M. Casaioli, S. Corsini, R. Inghilesi, S. Mariani, G. Monacelli, G. Nardone, A. Rizzo: *Il Sistema Idro-Meteo-Mare e le reti di monitoraggio marino dell’APAT*, Atti della Settima Conferenza Nazionale delle Agenzie Ambientali, Milano, novembre 2003.
- [5] Colagrossi, G. Di Toma, N. Giua, F. Guiducci: ‘SASI: an Automated System for Hydrological Monitoring’, Proc. of the 21<sup>st</sup> Urban Data Management Symposium, Venezia, 1999.