

**Il Sistema Informativo Nazionale Ambientale: dati sulle acque superficiali
derivanti dal *Piano di controllo degli effetti dei prodotti fitosanitari sui
comparti ambientali vulnerabili***

Dr. Daniele Onofri

**Tutor: Valter Sambucini
Con la collaborazione di Fabio Baiocco**

INDICE

- Prefazione
- Abstract
- **Cap.1** Introduzione
 - 1.1** Riferimenti normativi
 - 1.2** Soggetti competenze e obiettivi dell'Accordo 08/05/03
 - 1.3** Sistemi di riferimento e proiezioni
- **Cap.2** Metodologia
 - 2.1** Dati 2003
 - 2.2** Operazioni preliminari e bonifica dei dati
 - 2.3** Georeferenziazione
 - 2.4** Creazione del Data Base
 - 2.5** Dal Data Base al GIS
- **Cap.3** Applicazioni GIS
 - 3.1** Strumenti GIS per l'analisi dei dati
- **Cap.4** Conclusioni
 - 4.1** Risultati
 - 4.2** Criticità residue

Prefazione

Lo stage oggetto della presente tesina è stato svolto all'interno della struttura di APAT che gestisce il Modulo Nazionale SINAnet, cioè il centro di coordinamento per i flussi informativi che devono essere resi disponibili a livello nazionale. L'attività principale riguarda l'armonizzazione dei dataset provenienti da diverse realtà regionali, concordando il contenuto informativo e georeferenziando correttamente i dati, in modo da rappresentarli su di un unico sistema di riferimento cartografico, così come richiesto da accordi nazionali e internazionali. L'obiettivo è quello di rendere accessibili i dati sullo stato dell'ambiente e di poter effettuare analisi integrate a vari livelli, dal decisore politico fino al cittadino, attraverso la realizzazione del Sistema Informativo Nazionale Ambientale (SINA).

Nel presente lavoro sono stati elaborati i dati di monitoraggio delle acque superficiali relativi al *Piano nazionale di controllo degli effetti ambientali dei prodotti fitosanitari*, raccolti e messi a disposizione dal *Settore sostanze pericolose del Dipartimento nucleare – rischio tecnologico e industriale dell'APAT* con l'ausilio del *Servizio raccolta e gestione dati del Dipartimento tutela delle acque interne e marine* che gestisce il repository dei dati. L'elaborazione dei dati è stata effettuata attraverso l'approfondimento di tecnologie informatiche, in particolare di applicativi GIS. La metodologia applicata ha permesso, oltre alla corretta georeferenziazione delle informazioni, di arrivare a realizzare un Sistema Informativo Territoriale, utile piattaforma per migliorare nel futuro la raccolta e l'analisi dei dati stessi.

Abstract

Il Piano di controllo e la valutazione di eventuali effetti derivanti dall'utilizzazione dei prodotti fitosanitari sui comparti ambientali vulnerabili, definito secondo l'Accordo tra i Ministri della salute, dell'Ambiente e della Tutela del territorio, le Regioni e le Province autonome di Trento e Bolzano dell'8 maggio 2003, ha promosso la raccolta di dati derivati dal monitoraggio delle acque.

L'obiettivo principale di questo lavoro è stato creare un sistema informativo geografico partendo dai dati sulle acque superficiali trasmessi all'APAT dalle Regioni.

Attraverso l'utilizzo integrato di diversi applicativi si è proceduto nelle varie fasi del lavoro seguendo una metodologia ben precisa che, partendo dalla bonifica dei dati di base, attraverso i processi di analisi, di georeferenziazione e di creazione di banche dati geografiche, è terminata con la pubblicazione web.

I dati sui fitosanitari, caricati insieme ai livelli informativi disponibili, possono essere elaborati e analizzati attraverso le analisi spaziali GIS in modo da individuare corpi idrici contaminati ed evidenziare eventuali aree vulnerabili. I tematismi prodotti in questo modo possono costituire un valido supporto a strategie di prevenzione.

The SINA (Italian Environmental Information System): freshwater data coming from “pesticide effects evaluation plan on vulnerable environmental compartments”

The Plan of control, defined by Minister of Health and Minister of Environment, promoted study, analysis and production of a Geographic information System. Main work objective was to create a system that individualizes, for example, contaminated water places and produces thematic maps, strategies that will go to expect eventual interventions. The methodologies includes a multi – phase process: preliminaries operations and discount of data, georeferentiation, building database, building GIS, GIS applications.

1.1 Riferimenti normativi

L'Accordo dell'8 maggio 2003 tra i Ministri della Salute, dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, le Regioni e le Province Autonome di Trento e di Bolzano, per l'adozione dei Piani nazionali triennali di sorveglianza sanitaria ed ambientale su eventuali effetti derivanti dall'utilizzazione dei prodotti fitosanitari (G.U. n. 121 del 27-5-2003), rende operativo quanto già previsto dal Decreto Legislativo 17 marzo 1995, n. 194 in materia di immissione in commercio di prodotti fitosanitari.

È necessario evidenziare che i piani triennali previsti dall'Accordo 8 maggio 2003 devono inserirsi organicamente nel sistema complessivo dei controlli, in particolare nel quadro dei provvedimenti per la tutela delle acque dall'inquinamento previsti dal decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152 e decreti derivati. Al riguardo va detto che il D.lgs 152/99 prevede già il monitoraggio dei prodotti fitosanitari in tutti i corpi idrici, ove rilevante in funzione dell'uso del suolo e delle quantità impiegate, e richiede inoltre l'identificazione delle zone vulnerabili ai fitosanitari secondo le metodiche previste dall'allegato 7 parte B. In questo contesto, i piani triennali diventano parte integrante dei piani di tutela previsti dal decreto 152/99, e la rete di monitoraggio deve integrarsi nella rete generale di monitoraggio della qualità delle acque prevista da detto decreto.

In particolare è necessario richiamare il D.M. 19 agosto 2003, "Modalità di trasmissione delle informazioni sullo stato di qualità dei corpi idrici e sulla classificazione delle acque" che stabilisce sia i riferimenti per quanto riguarda le metodologie analitiche, le procedure di campionamento, conservazione e trattamento dei campioni, sia le codifiche e i sistemi di individuazione cartografica e geografica da utilizzare per la trasmissione dei dati.

È necessario inoltre richiamare il D.lgs 6 novembre 2003, n. 367 "Regolamento concernente la fissazione di standard di qualità nell'ambiente acquatico per le sostanze pericolose, ai sensi dell'articolo 3, comma 4, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152", che stabilisce per un certo numero di sostanze pericolose individuate a livello europeo, tra cui diversi pesticidi, limiti molto restrittivi e ha notevoli implicazioni per quanto riguarda gli adeguamenti analitici e organizzativi.

1.2 Soggetti competenze e obiettivi dell'Accordo 08/05/03

L'Accordo assegna all'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici (APAT) il compito di coordinare le indagini relative al **“piano per il controllo e la valutazione di eventuali effetti derivanti dall'utilizzazione dei prodotti fitosanitari sui comparti ambientali vulnerabili”**. A questo scopo l'APAT è chiamata a dare indirizzi tecnici alle Regioni e alle Province autonome che devono attuare i piani a livello locale, a raccogliere i risultati, valutarli e formulare proposte di misure cautelative in relazione ad eventuali effetti indesiderati dei prodotti fitosanitari.

Le modalità di realizzazione di tale piano sono indicate nell'articolo 3 dell'Accordo e nell'allegato relativo. Le finalità del piano, che ha inizio nel 2003, sono:

- rilevare eventuali effetti non prevedibili in sede di valutazione e immissione in commercio dei prodotti fitosanitari;
- favorire la definizione di un quadro conoscitivo adeguato per la prevenzione dei rischi derivanti dall'utilizzo dei prodotti fitosanitari;
- armonizzare i sistemi di monitoraggio messi in atto a livello locale.

Obiettivo principale del piano è quello di valutare l'esposizione, vale a dire la presenza e il livello delle concentrazioni di residui di prodotti fitosanitari nelle acque superficiali e sotterranee; le concentrazioni rilevate saranno quindi confrontate con quelle ritenute ammissibili dalla normativa e con le "concentrazioni di non effetto" utilizzate in sede di valutazione del rischio. Il monitoraggio effettuato dalle amministrazioni regionali è pertanto una parte fondamentale del piano e una sua corretta impostazione presuppone uno studio multidisciplinare che prenda in considerazione i consumi dei prodotti fitosanitari, le aree di impiego e le pratiche agronomiche, le caratteristiche morfologiche, idrologiche, idrogeologiche e pedologiche del territorio, la pericolosità delle sostanze impiegate e le altre caratteristiche che determinano le modalità con cui queste si distribuiscono nell'ambiente.

Il piano triennale del 2003 concentra l'attenzione sulle acque superficiali e sotterranee senza escludere per le Regioni la possibilità di avviare iniziative per il controllo degli effetti sul suolo e su organismi non bersaglio. L'Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici coordina dunque, nel triennio che parte dal 2003, l'indagine per la

valutazione degli effetti sull'ambiente dei prodotti fitosanitari, con particolare riferimento al comparto delle acque superficiali e sotterranee.

Nel documento "Indicazioni metodologiche per il campionamento, l'analisi e modalità di trasmissione delle informazioni" l'APAT fornisce una scheda di trasmissione annuale dei dati con cui devono essere registrati i dati di monitoraggio su supporto informatico e secondo il formato standard riportato nelle **Tabelle 1 e 2**:

Regione/Provincia Autonoma	(denominazione)	Codice ¹	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Codice stazione	<input type="text"/>			
Comune	(denominazione)	Codice ²	<input type="text"/>	
Località				
Coordinate metriche proiezione UTM WGS84:				
Fuso	<input type="text"/>	<input type="text"/>	X	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Y	<input type="text"/>
Bacino idrografico ³	(denominazione)	Codice	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Corpo idrico ⁴	(denominazione)	Codice	
Tipologia corpo idrico:				
Corso d'acqua	Lago	Tratto di costa	Acque di transizione	Canale artificiale
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lago artificiale	Acque sotterranee			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Zona vulnerabile ⁵ :	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>

Tabella1

¹ Codice ISTAT delle regioni, il codice 21 per la Provincia autonoma di Bolzano e il codice 22 per la Provincia autonoma di Trento.

² Codice ISTAT del comune.

³ Bacino idrografico: codice SINA. Le acque sotterranee si attribuiscono al bacino idrografico a cui si riferiscono i punti di monitoraggio.

⁴ Corpo idrico: codice attribuito dalla Regione.

⁵ Ai sensi di quanto stabilito nell'Allegato 7 Parte B del D.lgs11 maggio 1999, n. 152.

Codice stazione	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> </div>								
Anno monitoraggio	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> </div>			Mese	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> </div>		giorno	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> </div>	
Frequenza monitoraggio: 12 mesi <input type="checkbox"/> 4 mesi <input type="checkbox"/> Altro ⁶ <input type="checkbox"/>									
Altra tipologia di frequenza di monitoraggio: Nome del laboratorio ⁷ : Sistema di qualità ⁸ :									
Concentrazioni rilevate:									
Sostanza ⁹	Concentrazione (µg/L)				Limite di rilevazione (µg/L)				

Tabella.2

⁶ La frequenza non può essere inferiore a quattro volte l'anno per le acque superficiali e a due volte l'anno per le acque sotterranee.

⁷ Nome del laboratorio che esegue il monitoraggio.

⁸ Descrizione del sistema di garanzia di qualità adottato.

⁹ Le sostanze sono quelle individuate come prioritarie in base ai criteri indicati nell'allegato dell'Accordo dell'8 maggio 2003. Le sostanze sono identificate con il nome comune e il codice CAS.

1.3 Sistemi di riferimento e proiezioni

Le proiezioni geografiche sono quelle metodologie che consentono di proiettare la superficie curva del pianeta su un piano. Proprio a causa della curvatura terrestre non è possibile avere una proiezione senza deformazioni di distanza, di area o di angoli. I moderni sistemi di proiezione tendono a ottimizzare i tre parametri privilegiandone uno: vengono così chiamate *equidistanti* quelle proiezioni che mantengono inalterata la distanza; *equivalenti* quelle adatte ai problemi di area; *conformi* quelle che mantengono inalterati gli angoli. Inoltre il nostro pianeta ha superficie irregolare ed è assimilabile ad un' *ellissoide di rotazione* il quale è matematicamente rappresentabile.

La costruzione di carte prevede, oltre all'uso di una proiezione geografica, anche l'utilizzo di un appropriato sistema di coordinate di riferimento; tale sistema permette di individuare una corrispondenza tra le coordinate geografiche e le coordinate piane (X,Y), in modo tale che ad ogni punto dell'ellissoide corrispondano due coordinate metriche, consentendo così di calcolare successivamente distanze angoli e aree. Un sistema di coordinate di riferimento è definito dal cosiddetto *datum* , che individua il modello matematico per calcolare le coordinate geografiche dei singoli punti. Il datum è costituito da un set di otto parametri (2 relativi alla forma dell'ellissoide e 6 relativi a posizione e orientamento) e da una rete di punti di compensazione.

In Italia, i sistemi di riferimento più usati sono principalmente tre. Quello storicamente utilizzato dalla cartografia tecnica è il cosiddetto *Roma40 – Gauss-Boaga* orientato a Montemario che comprende il territorio nazionale in due fusi denominati EST e OVEST, per questo sistema fu adottata la proiezione conforme di Gauss. Il secondo più usato è il sistema *ED50* (EuropeanDatum1950) orientato a Postdam che adotta la rappresentazione cartografica Mercatore Traversa Universale UTM, da qui il nome *UTM-ED50*; in questo caso l'Italia è divisa in tre fusi denominati 32, 33 (e 34 per la parte più a est della Puglia), divisione che troviamo anche nel terzo e più recente sistema utilizzato che è stato introdotto dalle tecnologie satellitari: il WGS84 (World Geodetic System 1984), utilizzato in tutto il mondo, a questo sistema si associa la rappresentazione UTM. (*UTM-WGS84*)

L'Agenzia Europea dell'Ambiente ha accettato la proposta di istituire un'infrastruttura per l'informazione territoriale nella Comunità (INSPIRE - Bruxelles, 23.7.2004). Obiettivo della proposta INSPIRE è creare un quadro giuridico per la realizzazione e l'attivazione di un'infrastruttura per l'informazione territoriale in Europa, con la finalità di formulare, attuare, monitorare e valutare le politiche comunitarie a tutti i livelli e di fornire informazioni al cittadino. Inoltre, in base all'Accordo per la realizzazione del Sistema

Cartografico di Riferimento, sottoscritto il 30 dicembre 1998 dal Ministro dell'Ambiente, dal Presidente di turno della Conferenza dei presidenti delle Regioni e Province Autonome, nonché successivamente da altri Enti territoriali, si dovranno adottare basi unitarie per la rappresentazione cartografica. Tale Accordo mira alla costruzione di un Sistema Informativo che fornisca una cartografia digitale unica ed omogenea in accordo con gli standard più avanzati adottati in ambito europeo.

L'Accordo pone in particolare rilievo l'aspetto relativo alle basi cartografiche cui correlare i dati alfanumerici; sia nell'Accordo Stato-Regioni che nella proposta Inspire, è stato scelto l'UTM-WGS84 fusi 32 33 come sistema di riferimento verso cui dovranno convergere tutte le informazioni geografiche a livello nazionale. L'APAT dunque si vede obbligata a rispettare questo standard e adotta il sistema WGS84 come riferimento geografico.

Cap. 2 Metodologia

2.2 Dati 2003

In base al "Piano per il controllo e la valutazione di eventuali effetti derivanti dall'utilizzazione dei prodotti fitosanitari sui comparti ambientali vulnerabili", le ARPA regionali sono tenute a raccogliere i dati a partire dal 2003, mentre le Regioni avrebbero dovuto inviare tali dati all'APAT entro il 31 marzo 2004. Va detto, comunque, che in questa fase iniziale si è deciso di lasciare un margine di tolleranza nei tempi. Infatti la raccolta dei dati è proseguita durante tutto l'arco dell'anno 2004.

Le Regioni che hanno inviato i dati sul monitoraggio sono le seguenti:

- Abruzzo
- Basilicata
- Campania
- Emilia Romagna
- Friuli Venezia Giulia
- Lombardia
- Piemonte
- Sicilia
- Toscana
- Trento (Provincia autonoma)
- Umbria

I files di raccolta dati direttamente pervenuti dalle Regioni all'APAT erano tra loro eterogenei. Si è dovuto quindi uniformare regione per regione ogni tabella, presentando così un unico foglio di lavoro Microsoft Excel inerente alle acque superficiali (file base)¹⁰.

COORDINATE MANCANTI	COORDINATE PARZIALI	NOMI DEI CORPI IDRICI PARZIALI
BASILICATA LOMBARDIA SICILIA TOSCANA	ABRUZZO EMILIA ROMAGNA	SICILIA TOSCANA

Nella **tabella3** sono indicate le Regioni che hanno inviato dati incompleti, sia a livello di coordinate sia a livello anagrafico.

2.3 Operazioni preliminari e bonifica dei dati

La prima operazione è stata eseguita sul file base dove erano registrati per tutte le regioni i dati relativi alle misure e alle stazioni di monitoraggio: il foglio di lavoro excel è stato diviso per regioni ottenendo così tanti files\tabelle quante sono le regioni monitorate; a loro volta queste nuove tabelle sono state suddivise in misure e informazioni anagrafiche delle stazioni di monitoraggio. Ad esempio la regione Abruzzo ha il file Abruzzo misure.xls e Abruzzo stazioni.xls .

Durante questa fase di adeguamento e bonifica sono stati riscontrati dei problemi dovuti alla raccolta non standardizzata dei medesimi. Infatti le tabelle in formato .xls contenevano in alcuni casi campi non omogenei, non univoci, dati mancanti o presenza di caratteri “sporchi”. Ad esempio:

REGIONE	CODICE	CODICE STAZIONE	COMUNE	LOCALITA'
Toscana	<i>mancante</i>	<i>mancante</i>	<i>mancante</i>	Frigido foce ,via grossi-Massa-Massa Carrara

FUSO	X	Y	BACINO IDR.	CODICE	CORPO IDR.	CODICE	TIPOLOGIA
32	<i>mancante</i>	<i>mancante</i>	<i>mancante</i>	<i>mancante</i>	<i>mancante</i>	<i>mancante</i>	Acqua superficiale

¹⁰ Questa prima operazione di bonifica è stata eseguita dal responsabile del progetto, l'ing. P.Paris, Dipartimento nucleare, Rischio tecnologico e industriale - APAT

Su entrambi i files di misure e stazioni si è proceduto alla bonifica dei dati per tutte le regioni utilizzando Microsoft Excel:

- I caratteri “sporchi” come *slash asterischi trattini apici* etc. sono stati sostituiti con “_” (*underscore*) , oppure cancellati ove la loro presenza era inutile tramite lo strumento “trova e sostituisci” poiché avrebbero creato problemi in fase di importazione nel data base;
- I segni “virgola” nei campi numerici delle coordinate sono stati sostituiti con i “punti” tramite la medesima funzione poiché il software GIS non legge i caratteri “virgola”;
- Sulle colonne delle tabelle sono stati rinominati i campi sia per renderli univoci, sia per fare in modo che occupino solamente 10 caratteri, affinché siano pronti per l’esportazione in formato.dbf (tale formato infatti non ammette campi con più di 10 caratteri);
- In alcuni record sono state cancellate le informazioni ridondanti e in altri sono state tagliate e spostate da un campo all’altro: ad esempio il nome del **comune** nel campo **località** è stato spostato nel campo **comune** e così anche il nome del **corpo idrico**.

2.4 Georeferenziazione dei punti stazione

Con il termine *georeferenziazione* si intende quella procedura di assegnazione delle coordinate nel sistema di proiezione adottato a dei punti noti. In altre parole consiste nell’assegnare le coordinate standard (secondo una data proiezione) a punti già conosciuti o precedentemente georeferiti.

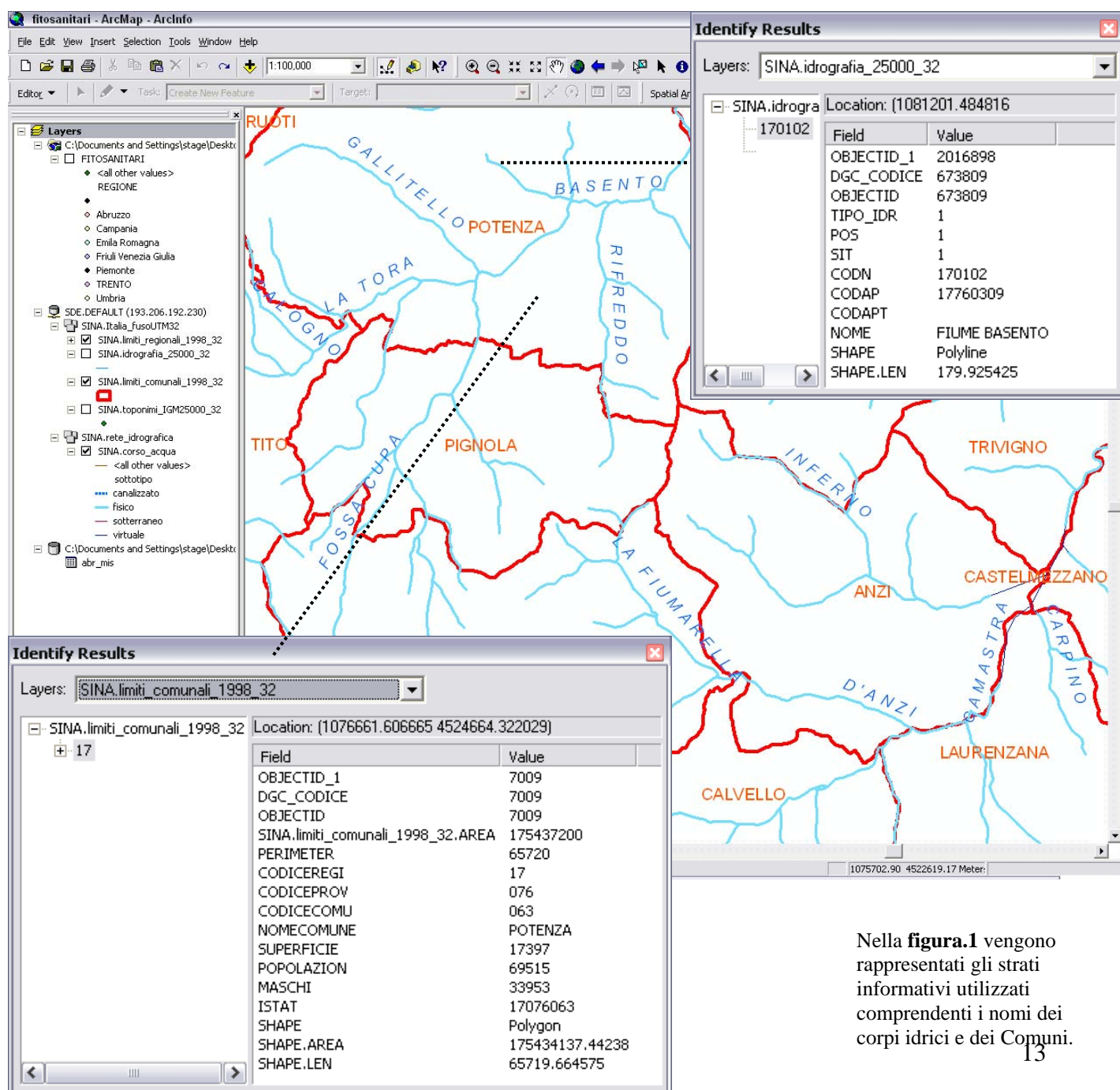
I sistemi di riferimento adottati dalle Regioni che hanno inviato i dati presso l’APAT non erano omogenei. Per uniformare i punti delle stazioni sono stati riproiettati in modo da risultare tutti sul sistema UTM-WGS84 fuso 32 tramite le funzioni del software ESRI ArcToolbox (pacchetto ArcGis) e TerraNova Shark..

UTM-WGS84 FUSO 32	UTM-WGS84 FUSO 33	ROMA40 GAUSS-BOAGA
PIEMONTE	CAMPANIA	ABRUZZO
TRENTO	UMBRIA	FRIULI VENEZIA GIULIA
EMILIA ROMAGNA		

Nella **tabella4** vengono visualizzate singolarmente Regioni e relativi sistemi di riferimento prima della riproiezione

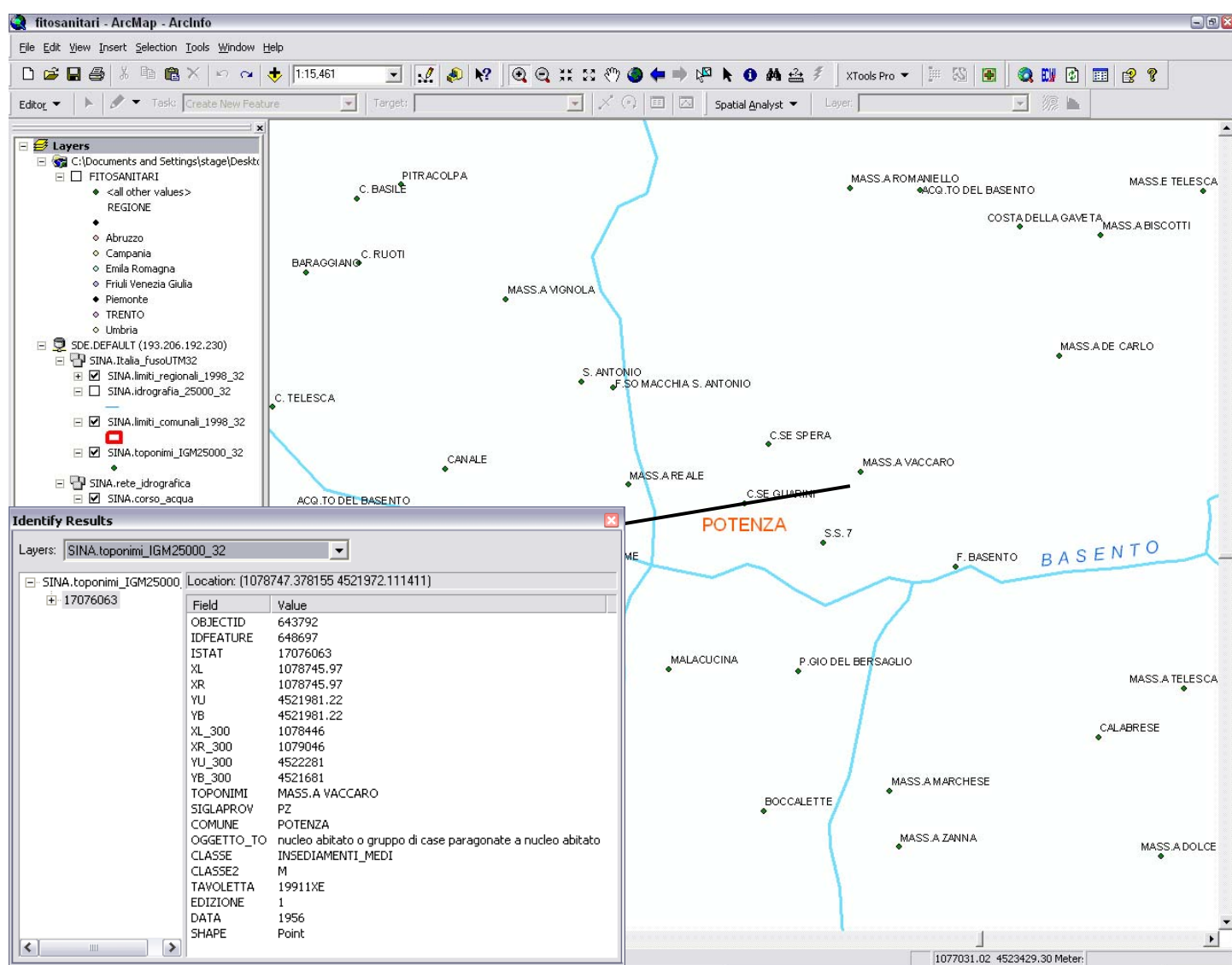
Nei casi in cui non sono state fornite le coordinate, la procedura adottata per attribuire ai punti delle stazioni di monitoraggio delle coordinate “virtuali”, si è articolata in tre fasi:

- individuazione dei dati anagrafici delle stazioni e ricerca delle informazioni particolarmente descrittive come ad esempio comune di *Potenza*, corpo idrico *Fiume Basento*, località *Masseria Vaccaro*.
- Caricamento dei vari strati informativi.
- Successivamente, tramite la funzione “editor” di ArcMap, sono stati fissati fisicamente i punti relativi alle stazioni sul corrispettivo corpo idrico.



Nella **figura.1** vengono rappresentati gli strati informativi utilizzati comprendenti i nomi dei corpi idrici e dei Comuni.

La prima informazione utile è il limite comunale entro il quale ricade la stazione di monitoraggio, in tal modo si inquadra velocemente la zona interessata: tramite la funzione “*selection by attributes*” viene evidenziato il comune, subito dopo si individua con la stessa funzione il corpo idrico. Con lo strato informativo dei toponimi caricato, e aumentando lo zoom, possiamo trovare il punto in cui inserire la stazione di monitoraggio: in questo caso il punto da inserire sul corpo idrico è stato fissato nei pressi della località indicata in figura, una masseria.



Nella **figura.2** vengono rappresentati i toponimi delle località ad una scala più dettagliata.

Una volta fissata sul fiume, la stazione di monitoraggio è georeferita e viene visualizzata con un punto.

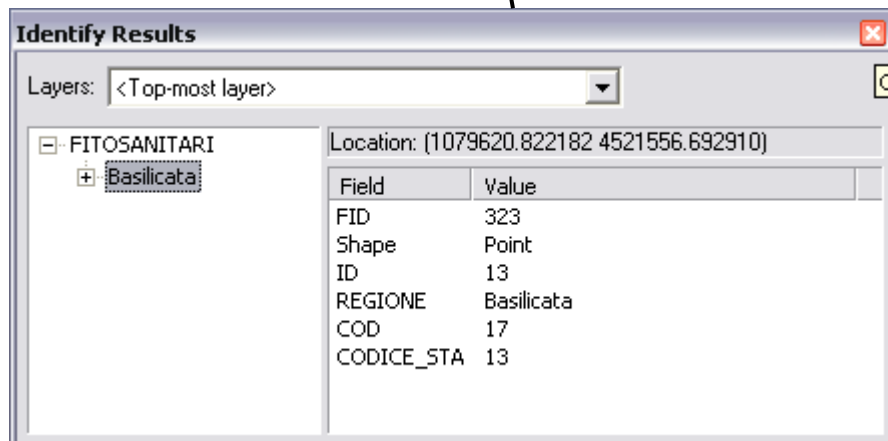
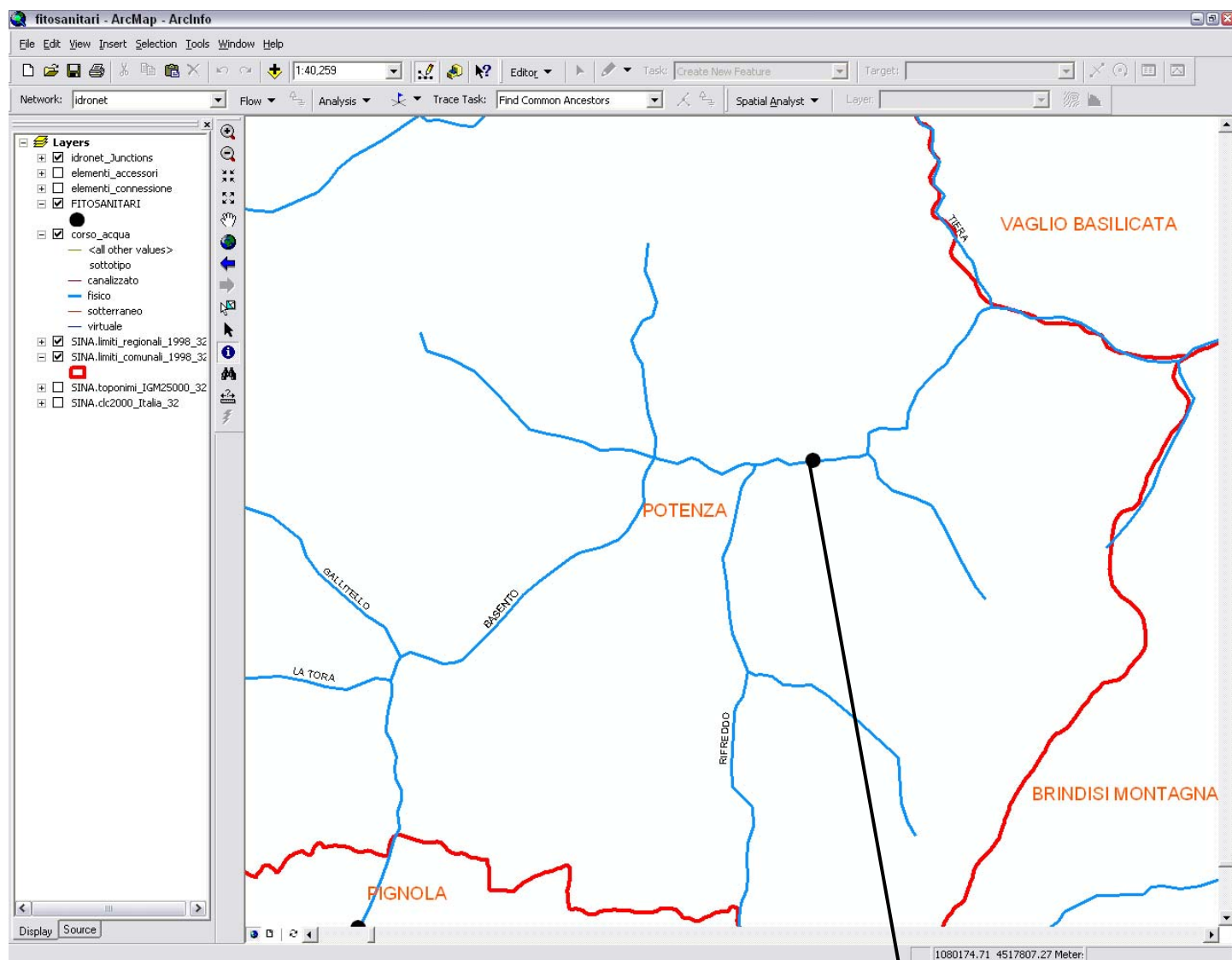


figura.3:
esempio di stazione
georiferita.

2.5 Creazione del Data Base

Negli ultimi anni i Data Base e i relativi sistemi di gestione (come il DBMS – Data Base Management System) hanno raggiunto ottimi livelli e possono assicurare anche la gestione dell'informazione geografica. Oggi, grazie a queste tecnologie, l'informazione geografica può usufruire di tutte le potenzialità dei DBMS in termini di prestazioni, sicurezza, controllo degli accessi, controllo delle ridondanze, integrazione di varie tipologie di dati, ecc. Il database geografico può essere quindi definito come un archivio di entità territoriali e delle loro relazioni, strutturato in file organizzati da un sistema che ne garantisca la gestione efficiente e l'accesso da molte applicazioni ed utenti.

I vantaggi derivanti dall'uso di un database geografico strutturato e gestito da un DBMS sono molteplici:

- **controllo centralizzato:** gli accessi, l'integrità dei dati e gli aggiornamenti vengono controllati dal sistema;
- **riduzione delle ridondanze:** le inutili duplicazioni dei dati, con tutte le conseguenze annesse vengono evitate dalla condivisione di un unico database;
- **efficienza:** la struttura fisica del DBMS garantisce l'accesso multiutente a grandi volumi di dati;
- **linguaggi standard:** le applicazioni si interfacciano con un DBMS attraverso linguaggi standard tipo SQL (Standard Query Language) che garantiscono univocità nella modalità di dialogo tra sistema e programmi.
- **accesso diretto ai dati:** è possibile costruire delle interfacce in modo tale che qualsiasi tipologia di utente, anche non informatico, possa accedere ai dati ed eseguire analisi;

La tipologia di database generalmente applicata ai dati geografici è quella *relazionale*. La caratteristica di questo modello risiede nel fatto che qualsiasi campo può essere usato come chiave di ricerca e i dati sono archiviati in tabelle – file bidimensionali.

Si è quindi deciso di passare alla creazione del DataBase relazionale relativo al monitoraggio degli effetti dei fitosanitari. Solamente dopo la già descritta bonifica dei dati, si è proceduto *step by step* nelle seguenti fasi:

- In ambiente Excel, sono stati separati i fogli dei dati anagrafici delle stazioni di monitoraggio da quelli contenenti i dati sulle misure delle sostanze.
- Utilizzando VBA (Visual Basic Application), è stata creata un macro per estrarre i dati dai fogli excel. Questo passaggio è necessario per controllare e revisionare i dati trattati.

- Sempre in ambiente VBA si è proceduto all'adeguamento del file misure permettendo così alle tabelle di entrare in una logica relazionale: per semplificare possiamo dire che i campi dei complessi nomi delle sostanze sono stati associati ai codici delle sostanze per evitare ridondanza dei dati.

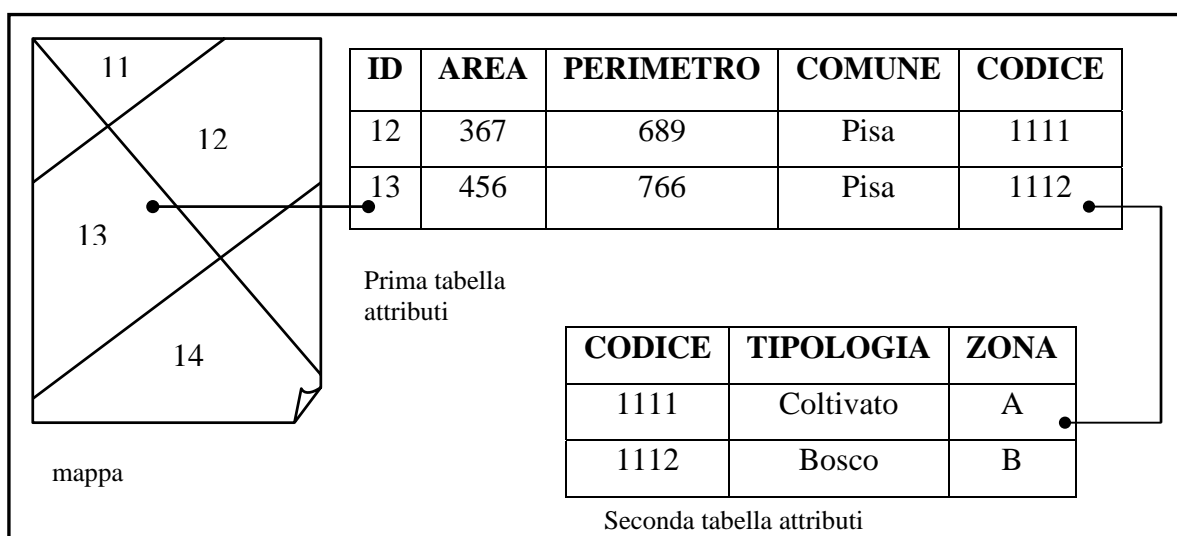
2.6 Dal Data Base al GIS

Per proiettare i dati sul software GIS, il Data Base è stato trasformato da file excel a formato .DBF (formato tabellare leggibile dai software GIS) e successivamente esportato in *shape* (.SHP); in seguito è stata creata una maschera di visualizzazione dei dati modificabile collegata con l'applicativo webgis Mapserver. Tale applicativo permette di pubblicare i dati su internet, ma permette anche di aggiungere, togliere o correggere a livello geografico i punti delle stazioni di monitoraggio

Oltre alla rappresentazione geografica, l'insieme dei dati di un GIS comprende anche tabelle di attributi che descrivono altre caratteristiche degli oggetti. Più tabelle possono essere collegate agli oggetti geografici attraverso un campo comune detto “campo chiave”.

Il campo utilizzato come “chiave”, nel caso dei fitosanitari, è il codice della stazione; a questo sono state relazionate più tabelle e per le interrogazioni sui dati (query) si è utilizzato come interfaccia l'applicativo MySQL.

Questi insiemi di informazioni e relazioni tabellari giocano un ruolo fondamentale nei modelli di dati di un GIS; i campi comuni sono alla base dei legami tra i dati alfanumerici e quelli geografici nei database relazionali.



Nella **figura.4** viene rappresentato un esempio in cui l'informazione geografica si relaziona attraverso codici identificativi alle tabelle di attributi. La prima tabella mostra gli attributi geometrici del poligono 13 mentre nella seconda si trovano tutti gli attributi contenuti nel DB; il campo in comune “codice” collega le due tabelle.

Cap. 3 Applicazioni GIS

3.1 Strumenti GIS per l'analisi dei dati

Un Sistema Informativo Territoriale viene distinto dagli altri sistemi informativi e dagli altri software utilizzati in cartografia (CAD) per una caratteristica fondamentale: **le funzioni di analisi spaziale**. Esse permettono di elaborare dati geografici e descrittivi per rispondere a specifiche domande sul mondo reale. La significatività dell'analisi spaziale è ancora più evidente quando si abbia la possibilità di operare su grandi estensioni geografiche oppure quando si abbia la necessità di analizzare vari scenari e diverse alternative.

Affinché i risultati siano buoni, l'analisi spaziale richiede una particolare attenzione alla definizione della risposta che si vuole ottenere dal sistema; poiché è indispensabile definire esattamente quello che si vuole ottenere, è necessario individuare:

- I dati di partenza necessari
- La sequenza di analisi e i risultati
- Il modello fisico dei dati nelle diverse fasi
- Le funzioni di analisi spaziale necessarie

Esistono molteplici tipologie di analisi spaziale, per i fitosanitari ne sono state utilizzate alcune.

Riclassificazioni, aggregazioni e selezioni: tali funzioni possono operare su dati descrittivi o su dati geografici e descrittivi insieme. Dovendo, ad esempio, creare una **riclassificazione** delle regioni in base alla densità della rete di campionamento dei fitosanitari costituita da stazioni di monitoraggio x 1000 kmq. Sulla legenda si avrà una divisione in classi che va, ad esempio , da <2 a >8 con classi intermedie del tipo 2 – 4 ; 4 – 6 ; 6 – 8 : più la densità è alta più il colore sarà scuro. La riclassificazione, quindi, genera un nuovo attributo descrittivo partendo da un attributo già esistente. È possibile utilizzare i nuovi attributi generati per altre elaborazioni come le **aggregazioni** che uniscono poligoni eliminando linee di separazione, oppure la **selezione spaziale** che permette di evidenziare o estrarre elementi geografici sulla base di poligoni definiti dall'utente.

Un'altra funzione di analisi spaziale è la sovrapposizione di oggetti geografici che viene detta **overlay** ; essa permette di generare una nuova mappa che sintetizza elementi geografici e attributi ricavati dai dati di partenza. Le operazioni di overlay possono essere effettuate sia su dati raster che vettoriali, sovrapponendo livelli informativi differenti. Ne vengono di seguito descritte alcune utilizzate anche per i fitosanitari.

Durante la fase di georeferenziazione, si è utilizzato l'overlay tra lo strato dell'ortofoto, quello della rete idrografica e i limiti amministrativi comunali. Ciò ha consentito di vedere dove ricadeva una stazione di monitoraggio.

Una possibile operazione di overlay utilizzabile in futuro, che mira ad individuare pressioni e impatti relativi alle sostanze fitosanitarie, potrebbe essere, ad esempio, la sovrapposizione tra lo strato dell'uso del suolo e il reticolo idrografico contenente le stazioni; ciò consentirebbe di individuare tutte le tipologie di aree agricole che potenzialmente possono introdurre sostanze pericolose che andranno a ricadere nelle acque del bacino idrografico interessato.

La funzione che genera aree di rispetto intorno ad un determinato elemento geografico viene chiamata **buffer** : intorno all'oggetto geografico, sia esso puntuale, lineare o poligonale, la funzione genera, in base alla distanza predefinita, un'area poligonale che ha punti del perimetro tutti equidistanti dall'oggetto. Se l'elemento in questione è un punto si genererà un cerchio; intorno ad una linea si formerà un poligono con il perimetro parallelo alla stessa linea; mentre l'elemento poligonale genererà un'area chiusa con il perimetro parallelo a quello del poligono interessato.

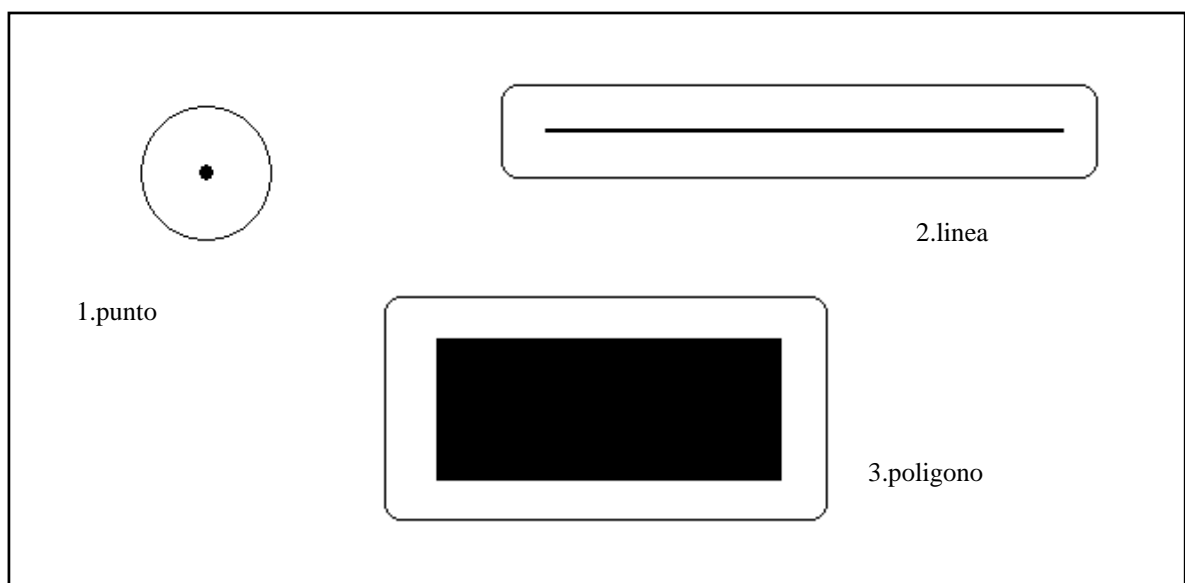


Figura.5: le tre possibili tipologie di buffer

Prima di descrivere l'ultima tipologia di analisi spaziale, è utile premettere dei concetti propedeutici come la *segmentazione dinamica* e il *grafo*.

Il grafo è un insieme interconnesso di archi e nodi (linee e punti) che in un GIS descrive generalmente una rete (stradale, idrografica, tecnologica, ecc.). I software GIS presentano in genere funzioni di analisi e modellizzazione di reti basate su un grafo.

La segmentazione dinamica è una estensione del modello dati¹¹ di un GIS che consente di rappresentare gli elementi lineari a rete e di associare informazioni a qualsiasi porzione di archi. Ad esempio, i dati relativi ad un reticolo fluviale, quali la velocità dell'acqua, la sua portata, la direzione del flusso, ecc. possono essere tutti associati ai singoli tratti del medesimo grafo che rappresenta la rete fluviale.

Il **network** (o analisi di rete) è un tipo di analisi spaziale che si basa su tali concetti. L'idrografia, come anche le infrastrutture viarie e le urbanizzazioni primarie, può essere strutturata come rete ovvero come un'insieme di elementi lineari interconnessi. I principali tipi di analisi di rete sono due:

- La previsione del carico di rete: utile per la stima del carico d'acqua che riceve un tratto di fiume dopo le piogge persistenti.
- L'ottimizzazione dei percorsi: facilita il calcolo del percorso ottimale in base alla distanza minima (navigatori satellitari); oppure mostra il percorso del corso d'acqua da nodo a nodo in un grafo orientato dell'idrografia.

Un'analisi di rete applicata al grafo orientato dell'idrografia permette, ad esempio, di individuare la pericolosità (quindi la concentrazione) di una sostanza a valle del nodo-stazione; in altre parole è possibile vedere fin dove la concentrazione della sostanza trovata è ancora misurabile (non disciolta). È infatti probabile che la confluenza di un altro fiume, dunque l'immissione di nuova acqua, possa diluire la sostanza del prodotto fitosanitario fino a renderlo non misurabile. Al contrario, può accadere che un affluente contaminato da elevate concentrazioni di sostanze aumenti la quantità del prodotto nel fiume in questione.

¹¹ Il modello dei dati è un'astrazione della realtà ossia è un insieme di costrutti necessari per rappresentare la realtà fisica in un computer

Cap.4 Conclusioni

4.1 Risultati

Per quanto riguarda il comparto delle acque superficiali è stato raggiunto l'obiettivo prefissato ovvero la costruzione del sistema informativo sugli effetti dei fitofarmaci. Il lavoro, articolato in varie fasi, è partito dai dati tabellari in excel , ed è passato , come descritto nella metodologia, su varie piattaforme applicative. Alla fine del processo metodologico si è ottenuto un sistema che visualizza i punti georiferiti delle stazioni di monitoraggio e che permette, tramite le query sul data base, di conoscere le informazioni relative sia ai punti di monitoraggio sia alle sostanze fitosanitarie; attraverso le analisi spaziali sopradescritte (soprattutto quelle a rete) sarà inoltre possibile effettuare previsioni, produrre carte tematiche sull'inquinamento, analizzare i dati sotto diversi punti di vista, controllare la diffusione di inquinanti nei corpi idrici. Questa serie di operazioni verrà resa disponibile sul WEB attraverso le tecnologie *open source* ; tale tecnologia permette di pubblicare più insiemi di dati e di gestire la visualizzazione dei vari temi. Le informazioni tecnico-scientifiche vengono contestualizzate nell'ambito territoriale di riferimento e relazionate con altri tematismi. Una pubblicazione web come questa rende il sistema contemporaneamente accessibile e comunicabile.

L'approccio utilizzato è in grado di fornire utili indicazioni per una prima individuazione delle aree maggiormente vulnerabili, ed è applicabile in sede di pianificazione degli interventi a livello regionale o sovraregionale; grazie alle caratteristiche dello strumento GIS è possibile evidenziare, agevolmente e in breve tempo, scenari alternativi e valutarne la validità. Il sistema, in fine, grazie alla sua struttura, si presta ad essere facilmente aggiornate con nuove informazioni sia inerenti a periodi successivi ai dati attuali (dal 2004 in poi) sia relativi a nuove stazioni di monitoraggio.

4.2 Criticità residue

Durante la fase di georeferenziazione il problema rimasto irrisolto è principalmente uno: l'assenza, in alcuni casi, delle coordinate dovuto al mancato invio da parte di alcune Regioni; per ottenere quindi una pubblicazione sufficientemente completa di dati, si è provveduto al posizionamento arbitrario dei punti georeferiti delle stazioni di monitoraggio in base ai dati anagrafici delle medesime. Le stazioni con le coordinate “virtuali” sono state evidenziate in legenda.

Nella fase di adeguamento dati invece, l'assenza del “codice stazione” ha determinato un'assegnazione generica da parte dell'operatore APAT ad ogni record che non aveva un codice identificativo della stazione di monitoraggio; Esiste quindi il rischio di incomparabilità con parte dei dati che verranno inviati nei prossimi anni poiché vi è una probabilità di ritrovare i medesimi formati per i dati del 2004.

Si ringrazia Pietro Paris dell'APAT per i preziosi suggerimenti e Alessandro Troccoli e Antonio Scaramella dell'APAT per la gentile collaborazione.

Bibliografia

Pubblicazioni:

Biallo G. (2002), *“Introduzione ai sistemi informativi geografici”*, Mondogis Edizioni, Roma

Amadio G. , Desideri M., Rossi M., (Ottobre 2002), *“intesa tra Stato Regioni ed Enti locali – Sistema cartografico di riferimento – le specifiche dei DB geografici di interesse generale”*

APAT, (gennaio 2004), *“Indicazioni metodologiche per il campionamento e l’analisi e modalità di trasmissione delle informazioni relative al piano per il controllo e la valutazione di eventuali effetti derivanti dall’utilizzazione dei prodotti fitosanitari sui comparti ambientali vulnerabili”*

Siti internet:

www.apat.it dicembre 2005

www.intesagis.it/default.asp dicembre 2005

www.provincia.bologna.it/pls/provbo/consultazione. gennaio 2006

www.esriitalia.it/gis gennaio 2006

Riferimenti normativi:

Accordo Stato Regioni 8 maggio 2003

D.lgs 17 marzo 1995, n. 194

D.lgs 11 maggio 1999, n.152

D.lgs 6 novembre 2003, n. 367

D.M. 19 agosto 2003