

UN APPROCCIO GIS MULTIDISCIPLINARE A SUPPORTO DI INDAGINI AMBIENTALI

Roberto DELLA MAGGIORE, Elia PEROTTO, Roberto FRESCO, Umberto MAMMINI

Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione "A. Faedo"
Area della Ricerca del CNR, Via G. Moruzzi 1, loc. S.Cataldo, I56124 Pisa, Italia

Tel: +39 050 315 2944 Fax: +39 050 3138092

e-mail: Roberto.dellaMaggiore@cnuce.cnr.it

Riassunto

Il Consiglio Nazionale delle Ricerche ha svolto nel corso del 2001 una campagna di indagini epidemiologiche ed ambientali nell'area sud-est del Comune di Pisa, caratterizzata dalla presenza di un inceneritore di Rifiuti Solidi Urbani. Lo scopo del progetto è di approfondire la conoscenza sulle caratteristiche ambientali nell'area circostante all'impianto di incenerimento, rapportandole allo stato di salute della popolazione residente nella zona. Hanno collaborato al progetto, oltre alla stessa Amministrazione Comunale di Pisa, l'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana (ARPAT), l'Unità Sanitaria Locale (USL 5), l'Università di Pisa (dipartimento di Scienze dell'Uomo e dell'Ambiente).

L'indagine ambientale svolta presenta diversi aspetti e opera su dati di natura eterogenea. In lavori di questo tipo ogni gruppo avendo competenze specifiche utilizza, per le campagne di raccolta dei dati, metodologie del proprio settore disciplinare, cosicché non sempre i risultati raggiunti dai diversi gruppi risultano direttamente confrontabili. L'approccio GIS di raccolta ed analisi di dati epidemiologico-ambientali costituisce invece un elemento di uniformità che si sovrappone alle diverse metodologie, rende 'visivamente' confrontabili i dati raccolti e predispone ad un'analisi comparata dei risultati.

Abstract

During 2001 Italian National Research Council made a field survey of epidemiological and environmental samplings in the area to the southeast of the city of Pisa, which is the seat of a solid waste incinerator. The target of this project is to deepen our knowledge on environmental characteristics in the area around the incinerator installation, connected to the health conditions of people living in the area. Regional Agency for Environmental Protection of Tuscany (ARPAT), Local Health Care District (USL 5), and University of Pisa (Antropic and Environmental Sciences Department) participate in the project.

This environmental survey has different aspects and operates on heterogeneous data. In works of this type every group has specific knowledge and utilizes, for field data surveys, methodologies proper of their disciplinary sector, so that not always results achieved by different groups are directly comparable. The GIS approach of environmental-epidemiological data collection and analysis constitutes instead an element of uniformity, which is superposed to various methodologies, renders 'visually' homogeneous all data collected, and predisposes to a compared analysis of the results.

1. Il progetto

Le indagini ambientali ed epidemiologiche sono state organizzate in un unico progetto, voluto dal Comune di Pisa a seguito di pressanti richieste della popolazione locale. L'area sottoposta all'indagine è circostante ad un inceneritore di rifiuti situato in una zona periferica della città (Ospedaletto), al confine fra una zona agricola ed un'area recentemente destinata ad insediamenti per la piccola e media industria. L'obiettivo inizialmente stabilito è stato quello di prendere in esame il territorio comunale all'intorno dell'inceneritore, indagando per gli effetti da esso prodotti su persone e ambiente. Il CNR è stato incaricato dello svolgimento dell'indagine ed i partecipanti, con i relativi ruoli sono i seguenti:

- Istituto di Fisiologia Clinica (CNR): coordinamento del progetto, indagine di mortalità, indagine campionaria di morbosità, indagine eventi riproduttivi;
- Istituto per la Chimica del Terreno (CNR): coordinamento delle indagini ambientali, campionamento e analisi del suolo;
- Istituto CNUCE (CNR): informazione geografica, analisi spaziale e gestione DB;
- Università di Pisa (Dipartimento di Scienze dell'Uomo e dell'Ambiente): indagine di mortalità;
- Unità Sanitaria Locale (USL 5-Pisa): indagine di mortalità, di morbosità e dei ricoveri ospedalieri;
- Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana (ARPAT): campionamento e analisi del suolo, dell'acqua e dell'aria;
- Comune di Pisa: Sistema Informativo Territoriale, indagine di mortalità.

2. L'approccio GIS

2.1. Vantaggi

Ciascuna delle istituzioni suddette ha svolto indagini disciplinari specifiche producendo una notevole quantità di dati. Fra questi sono particolarmente idonei ad essere gestiti con tecnologia GIS i seguenti:

- lo stato di salute generale della popolazione, effettuato a campione (malattie e sintomi dei soggetti);
- la presenza di metalli pesanti nel terreno;
- la caratterizzazione chimico-fisica dei suoli;
- la presenza di Sostanze Organiche Volatili nell'aria;
- la qualità delle acque superficiali (fossi) e di quelle sotterranee (pozzi).

L'approccio GIS è particolarmente apprezzabile perché la posizione geografica costituisce un legame implicito fra dati multidisciplinari. I dati di competenza di ciascun campo di indagine vengono presentati su strati tematici diversi e questi possono essere visualizzati, assieme alla rappresentazione cartografica del territorio, per valutare le differenze, o le somiglianze, fra i fenomeni. Per i diversi settori disciplinari si possono ottenere mappe di rischio ed effettuare confronti, operando così di fatto su viste diverse dello stesso ambiente. La figura 1 sintetizza quanto detto. L'utilità di un sistema GIS come base di riferimento per l'indagine consiste non solo nelle possibilità avanzate di analisi dei risultati, ma anche nel poter produrre informazione derivata dagli strati tematici esistenti o nel poter facilmente integrare dati ottenuti con apparecchiature tecnologiche differenti. Per il progetto, ad esempio, è stato fatto uso del GPS (Global Positioning System) per il rilievo dei punti di campionamento del suolo, mentre i dati dell'Ufficio di Anagrafe del Comune sono stati utilizzati per il campionamento su base spaziale dei soggetti da sottoporre all'indagine epidemiologica.

2.2. Fase preparatoria

Il Comune di Pisa ha stabilito approssimativamente l'area di indagine definendo una serie di circonferenze aventi tutte per centro l'inceneritore di rifiuti. Ogni corona circolare è stata suddivisa

in 20 settori. Su tale indicazione iniziale è stato utilizzato lo strumento GIS per verificare la pressione antropica sull'area di indagine. Come risultato l'area è stata ridotta limitando la circonferenza esterna a 4 Km al posto dei 5 previsti perché è emerso che sarebbe così stata presa in esame una vasta area per la quale, essendo ormai prossima al centro urbano, l'inquinamento poteva essere dovuto a cause diverse dalla vicinanza all'inceneritore (tipicamente: il traffico veicolare).

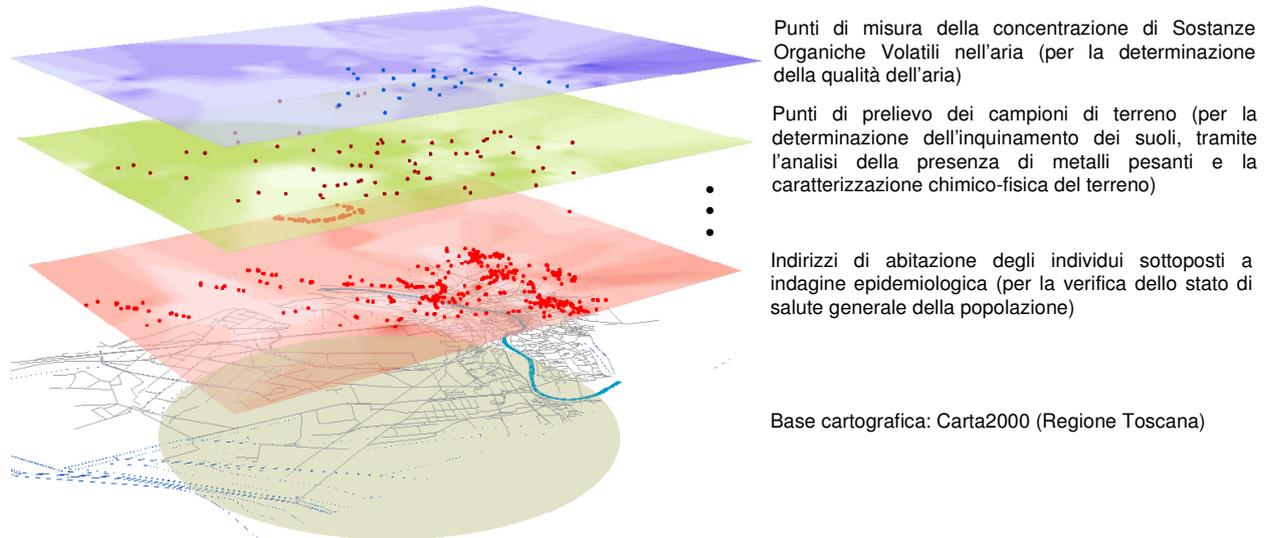


Figura 1: Schematizzazione dei dati raccolti: ogni insieme è un livello informativo geografico

La tecnologia GIS è stata poi utilizzata per due operazioni principali: il campionamento delle persone da sottoporre all'indagine epidemiologica e quello dei siti di prelievo dei campioni di terreno da analizzare. In entrambi i casi si è mirato ad una distribuzione spaziale uniforme dei campioni, operando come segue: per le persone, utilizzando l'indirizzo di abitazione come riferimento al territorio si è provveduto a fare un campionamento su base statistica, definendo la percentuale di campionamento (5%, 10%, 20% o 100%) per ognuno dei settori di territorio individuati geometricamente, dopo avere valutato la pressione antropica su ciascuno di essi. Per il terreno invece è stata preparata una griglia di punti equidistanti fra loro (500 m) che coprisse tutta l'area comunale comprendente il sito di indagine; poi fra questi sono stati scelti tutti quelli che ricadevano entro l'area abitata, più pochi altri situati in campagna per fare una copertura completa dell'area di indagine. L'aspetto interessante è che la scelta dei punti di prelievo sul terreno è stata guidata in maniera determinante dalla presenza di abitazioni sul territorio; l'uso della tecnologia GIS ha reso semplice questa operazione (è stata costruita una poligonale comprendente le abitazioni dei soggetti partecipanti all'indagine epidemiologica, tale che il bordo della poligonale distasse almeno 200 m dall'abitazione più vicina).

2.3. Raccolta dei dati

L'indagine epidemiologica campionaria su sintomi e malattie è stata fatta tramite un questionario standardizzato che è stato sottoposto ai soggetti selezionati per la partecipazione dai rilevatori; questi si sono recati direttamente al domicilio di ciascuno; in questa fase i rilevatori hanno fatto anche la validazione degli indirizzi dei partecipanti verificando l'esatta rispondenza degli stessi sulla mappa. Per rendere possibile ciò sono state preparate con le *facilities* GIS le mappe di dettaglio delle zone di residenza dei soggetti da intervistare con indicazione della via e del numero civico associati al disegno del perimetro dell'abitazione. Le mappe così preparate sono risultate utili ai rilevatori anche per una veloce localizzazione sul territorio degli indirizzi ove recarsi.

Anche per le altre indagini epidemiologiche che fanno parte del progetto (cioè quella sulla mortalità e quella sui ricoveri ospedalieri) è stato utilizzato lo strumento GIS in modo determinante, anche se meno vistoso: infatti, l'intera popolazione residente è stata georeferenziata ed ai ricercatori sono state fornite le coordinate delle abitazioni; queste sono servite ai fini statistici per il calcolo della distanza di ciascuna abitazione dal punto considerato come principale sorgente dell'inquinamento atmosferico nella zona, e cioè l'inceneritore.

Per quanto riguarda l'indagine ambientale relativa al terreno è stata usata un'apparecchiatura GPS su cui sono state caricate le coordinate dei punti della griglia teorica ottenuta come detto sopra; questo è servito ai rilevatori per recarsi direttamente sui siti di prelievo guidati dal GPS (una mappa dettagliata in scala 1:5000 è stata inoltre preparata per tutti i 100 punti di prelievo). Tuttavia in molti casi non è stato possibile fare i prelievi dei campioni di terreno nel punto esatto calcolato dal GIS: ciò sia per difficoltà oggettive costituite dalla presenza di fabbricati, strade, ecc., sia perché l'esperienza professionale dei rilevatori consigliava di fare il prelievo in un punto più o meno distante da quello calcolato teoricamente. Per avere una mappatura esatta dei punti di effettivo prelievo dei campioni è stato perciò nuovamente utilizzato il GPS acquisendo le coordinate dei punti che sono poi state riversate nel GIS per ottenere lo strato tematico relativo ai campioni di terreno.

Anche per altri rilevamenti fatti nell'indagine ambientale è stato valorizzato l'aspetto geografico utilizzando la tecnologia GIS. La concentrazione di Sostanze Organiche Volatili nell'aria del sito di indagine è stata determinata mediante campionatori posizionati principalmente lungo le strade e quindi in posizioni facilmente identificabili sulla mappa cartografica. Anche in questo caso dunque è stato prodotto il relativo strato tematico con dati di tipo puntuale ed il rilevamento dei punti è stato fatto direttamente sulla mappa stessa, in collaborazione con i tecnici incaricati della campagna di raccolta. Analogamente è stata fatta una mappatura per i campioni di acqua di superficie raccolti nei fossi principali in corrispondenza, per lo più, di attraversamenti di strade, come tali facilmente identificabili in cartografia.

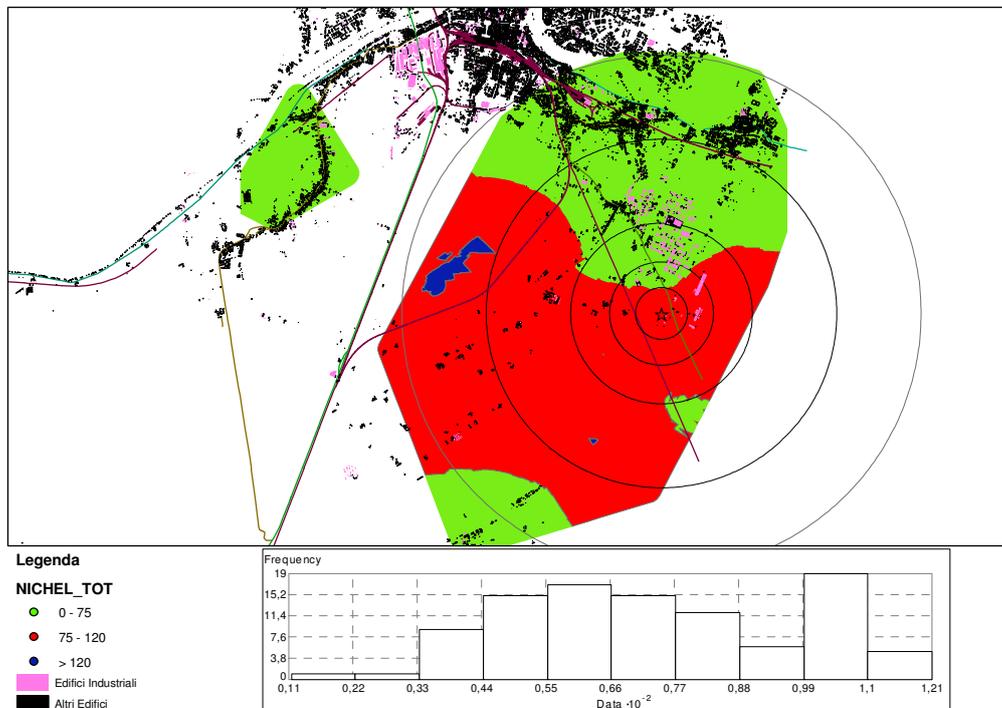


Figura 2 – Mappa della concentrazione di Nichel nel terreno

2.4 - Analisi spaziale dei dati raccolti

L'obiettivo immediato del progetto voluto dall'Amministrazione Comunale di Pisa era quello di realizzare un rilevamento della situazione sanitaria-ambientale dell'area di indagine e gli esperti disciplinari delle istituzioni partecipanti hanno prodotto risultati ciascuno per il proprio settore e secondo metodologie tradizionali. Tuttavia l'impostazione data al progetto ha posto le premesse per una analisi spaziale dei dati raccolti, che ancora non è stata svolta per motivi contingenti, non ultimo quello del *budget*.

Al presente è stato fatto ricorso al GIS per la visualizzazione dei singoli fenomeni con produzione di mappe di rischio tentative e confronti fra le distribuzioni sul territorio dei dati raccolti per i diversi livelli informativi; questi devono essere considerati studi propedeutici ad un'analisi esplorativa spaziale, con ricorso ad analisi geostatistica per i diversi temi trattati e possibilmente una valutazione comparata dei diversi fenomeni.

Le figure 2 e 3 riportano a titolo di esempio due diverse mappe ottenute per interpolazione superficiale con gli stessi dati (presenza di nichel nei campioni di terreno) ma con scopi diversi: la prima, che vede come destinatario l'amministratore pubblico, mostra la suddivisione del territorio, per quanto riguarda il fenomeno in oggetto, rispetto ai valori delle soglie previste dalla legge; la seconda, rivolta all'esperto disciplinare, rende possibile la valutazione dettagliata delle variazioni del fenomeno sul territorio, riportando sia i valori puntuali registrati, sia l'interpolazione ottenuta con essi.

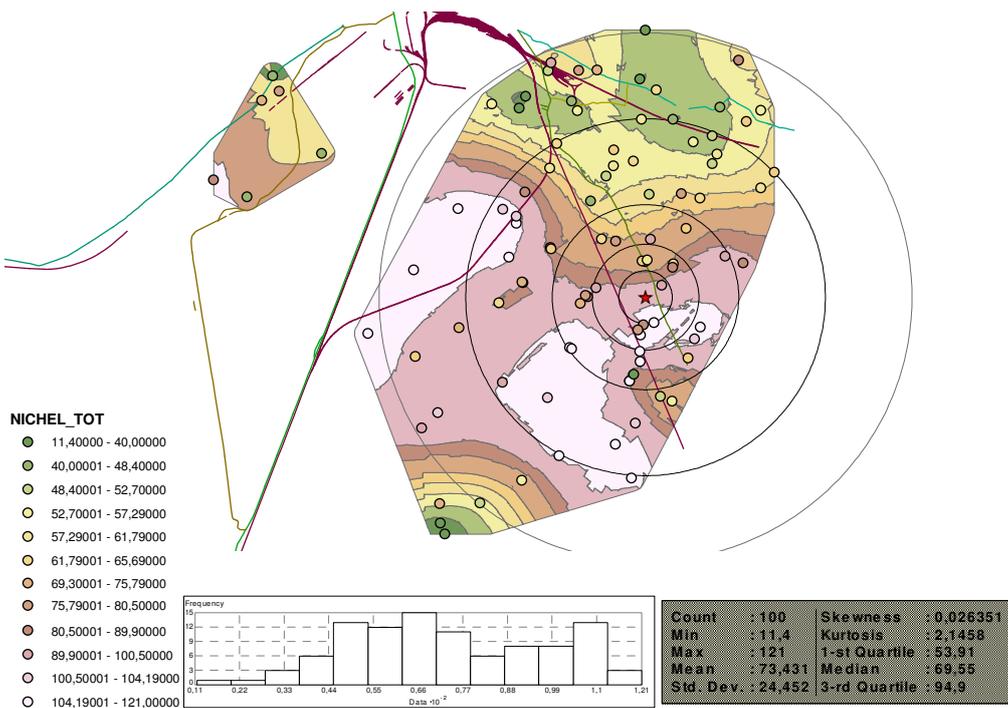


Figura 3 – Mappa di rischio del Nichel: i cerchi indicano i punti di prelievo con i rispettivi valori

3 - Conclusioni

La metodologia introdotta in questo studio per il coordinamento delle attività di progetto con ricorso a tecnologia GIS ha permesso di svolgere le indagini nei diversi settori disciplinari in maniera coordinata e produttiva, ponendo anche le basi per un più significativo confronto fra i risultati di settori diversi. L'approccio GIS ha reso possibile l'analisi preventiva delle caratteristiche geografico-spaziali del territorio e della pressione antropica su di esso. I dati di interesse per lo studio, molto eterogenei per quanto riguarda la loro natura, sono accomunati dal fatto di essere tutti riferiti allo stesso territorio. Ciò costituisce il legame implicito che li unisce e che trova nello strumento GIS il supporto ideale per la valorizzazione delle attività speculative condotte nei diversi settori disciplinari. Le capacità avanzate di visualizzazione dei dati offerte dal

GIS giocano un ruolo importante per capire la dinamica dei fenomeni sul territorio e per suggerire e studiare confronti fra tematismi diversi.

4 - Bibliografia

1. della Maggiore R., Fresco R. Man as biomarker: Conference Abstracts of Geographic Information Sciences in Public Health – 2001, First European Conference 19-20 September, 2001 Sheffield, UK, p.26.
2. Bottai M. Bootstrap Confidence Bands for Assessing Environmental Pollution: Conference Abstracts of Geographic Information Sciences in Public Health – 2001, First European Conference 19-20 September, 2001 Sheffield, UK, p.24.
3. Bianchi F, Baldacci S, Chiaverini F, Linzalone N, Vigotti MA, Vieggi G, Bottai M, Della Maggiore R, Fresco R, Mammini U, Petruzzelli GA, Perco M, Virgone E, Ciacchini G, Balocchi L, Giaconi V. Epidemiological and environmental study by GIS in Pisa suburbs (Italy): Conference Abstracts of Geographic Information Sciences in Public Health – 2001, First European Conference 19-20 September, 2001 Sheffield, UK, p.73.
4. della Maggiore R, Bottai M, Mammini U, Mura E, Fresco R. Technical Report “L’uso di tecnologie informatiche per l’analisi spaziale applicata al monitoraggio dell’inquinamento atmosferico”, CNR (CNUCE) / Cascina Municipality, Italy, may 31, 2000
5. della Maggiore R, Bottai M, Mammini U. Valenza geografica nei dati epidemiologici 3ª Conferenza Nazionale ASITA “Informazioni territoriali e rischi ambientali”, Napoli, Italy, november 9-12, 1999 Conference Proceedings, pp 701-702
6. Gatrell AC, Löytönen M. Gis And Health Research: An Introduction. Gis And Health, GISDATA Series no. 6: pp. 3-16 ; Taylor & Francis Inc., 1998; ISBN 0-7484-07790.
7. Vine MF, Degnan D, Hanchette C. Geographic Information Systems: their use in environmental epidemiologic research. Environ Health Perspect 1997; 105: 598-605.
8. Löytönen M. GIS, time geography and health. GIS and Health, GISDATA 6, Taylor & Francis 1998, ISBN 0-7484-07790.
9. Lovett A et al. Improving health needs assessment using patient register information in a GIS. GIS and Health, GISDATA6, Taylor & Francis 1998, ISBN 0-7484-07790.
10. Van Den Berg N. The development of an epidemiological spatial Information system in the region of Western Pomerania, Germany. GIS and Health, GISDATA6, Taylor & Francis 1998, ISBN 0-7484-07790: 153-165.
11. della Maggiore R, Mammini U, Baldacci S et al. Spatial featuring of epidemiological data of a general population sample living in Central Italy, First International Health Geographics Conference, Baltimore, Maryland, USA, October 16-18, 1998, <http://www.jhsph.edu/ihg>
12. della Maggiore R, Mammini U. Applicazione di tecnologia GIS all’epidemiologia 2ª Conferenza Nazionale ASITA “Rilevamento, rappresentazione e gestione dei dati territoriali e ambientali”, Bolzano, Italy, november 24-27, 1998 Conference Proceedings, pp 561-562
13. Smans M, Esteve J. Practical approaches to disease mapping. Geographical and Environmental Epidemiology, Methods for Small area studies, Oxford University Press 1997, ISBN 0-19-262235-8: 140-150.
14. Haining R. Designing a health needs GIS with spatial analysis capability. Spatial Analytical perspectives on GIS, GISDATA 4, Taylor & Francis 1996, ISBN 0-7484-0339-6.
15. MM Fischer, Scholten HJ, Unwin D. Geographic information systems, spatial data analysis and spatial modelling: an introduction. Spatial Analytical perspectives on GIS, GISDATA Series no. 4: pp. 3-19; Taylor & Francis Inc., 1996; ISBN 0-7484-0339-6.