GIS & Public Health: applicazione di tecniche GIS per lo studio degli effetti dell'aerosol marino sulla prevalenza di asma in un campione di popolazione residente nel Comune di Livorno

Ilaria PERETTI (*), Sandra BALDACCI (**), Roberto della MAGGIORE (*),
Roberto FRESCO (*), Franca MARTINI (**), Daniela NUVOLONE (*),
Angela Maria STORTINI (***), Giovanni VIEGI (**)

(*) Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione "Alessandro Faedo" CNR. Via Moruzzi 1, I56124, Pisa
Tel. 050 3152944, Fax 050 3152040, e-mail Roberto.dellaMaggiore@isti.cnr.it
(**) Unità di Epidemiologia Ambientale Polmonare Istituto di Fisiologia Clinica CNR. Via Trieste 41, I56126, Pisa
Tel. 050 502031, Fax 050 503596, e-mail baldas@ifc.cnr.it
(***) Dipartimento di Scienze Ambientali, Università Ca' Foscari, Calle Larga Santa Marta, Dorsoduro 2137, I30123
Venezia Telefono: 041 2348564 Fax: 041 2348584, e-mail stortini@unive.it

Riassunto
Il presente studio propone una reinterpretazione in chiave spaziale dei dati epidemiologici raccolti nell'indagine multicentrica ISAYA (Italian Study on Asthma in Young Adults, 1998-2000), mirata alla valutazione degli effetti dell'aerosol marino e dell'inquinamento atmosferico sulla prevalenza di asma, in un campione di popolazione giovane adulta residente nel Comune di Livorno. Mediante il supporto di tecnologia GIS abbiamo utilizzato la distanza dal mare e da sorgenti inquinanti di tipo industriale come indicatore di esposizione ambientale. I risultati delle analisi statistiche hanno evidenziato un rischio maggiore di asma per coloro che vivono in prossimità della costa ed un rischio maggiore di sintomatologia respiratoria (tosse ed espettorato) per coloro che risiedono nelle vicinanze degli impianti industriali.

Abstract
This study aims to analyse from a spatial point of view the epidemiological data collected during the ISAYA multicentre survey (Italian Study on Asthma in Young Adults, 1998-2000). This survey dealed with the evaluation of the effects of marine aerosol and air pollution on the prevalence of asthma in a population sample of young adults living in Livorno (Tuscany). By means of GIS technology we used distance from the coastline and from the major industrial pollution sources as an indicator of environmental exposure. Results of statistical analyses highlighted the presence of a higher risk of asthma for people living near the coastline (so people exposed to marine aerosol) and a higher risk of respiratory symptoms (cough and phlegm) for people living near the industrial plants.

Introduzione

Nel triennio 1998-2000 l'indagine multicentrica ISAYA (Italian Study on Asthma in Young Adults) è stata condotta in 9 centri italiani con lo scopo di valutare gli effetti del clima e dell'inquinamento atmosferico sulla prevalenza di asma e di sintomi correlati all'asma in un campione generale di popolazione di età compresa tra i 20 e i 44 anni (De Marco et al., 2002). Tra le città toscane coinvolte nello studio (Pisa, Lucca e Livorno) le prime analisi statistiche hanno evidenziato una maggiore prevalenza di asma nella città di Livorno, situata sul mare.
Da questi primi risultati è nata l'ipotesi di una potenziale associazione tra esposizione all'aerosol marino e il manifestarsi di sintomi respiratori, in primis asma e sintomi correlati all'asma. L'aerosol

marino costituisce uno dei principali veicoli per il trasporto di materiale organico ed inorganico dalla fase massiva del mare all'atmosfera (Loglio et al., 1989). L'aerosol marino è una matrice ambientale complessa che viene tenuta sempre in considerazione nello studio degli inquinanti perché ritenuta responsabile del trasporto di sostanze tossiche verso la costa (Giovannelli et al., 1988), come testimoniato dai danni alla vegetazione costiera riscontrabili in molte realtà nazionali ed internazionali (Bussotti, 2001, Diamantopoulos et al., 2001).
Il monitoraggio effettuato a diverse distanze dalla costa livornese riporta un arricchimento dell'aerosol marino in particelle fini, quali sostanze organiche tensioattive, ftalati, n-alcani, idrocarburi policiclici aromatici, che possono essere coinvolti nel trasporto a lungo raggio degli inquinanti (Cincinelli et al., 2001).
Nel presente studio i dati del questionario epidemiologico sottoposto al campione di popolazione sono stati riutilizzati al fine di valutare le caratteristiche spaziali della distribuzione della patologia asmatica sul territorio livornese e di analizzare una possibile associazione con esposizione ad aerosol marino e ad inquinamento di origine industriale. La valutazione dell'esposizione è stata effettuata facendo ricorso alla tecnologia GIS e utilizzando la distanza come indicatore di esposizione ambientale (Cromley, McLafferty, 2002).

Materiali e metodi

I soggetti residenti nel Comune di Livorno che hanno partecipato all'indagine ISAYA (n=1146) hanno compilato un questionario standardizzato ECRHS contenente informazioni generali del soggetto, stato di salute respiratoria, sintomatologia asmatica e correlata all'asma, stile di vita e altri fattori di rischio (esposizione lavorativa, fumo attivo e passivo).

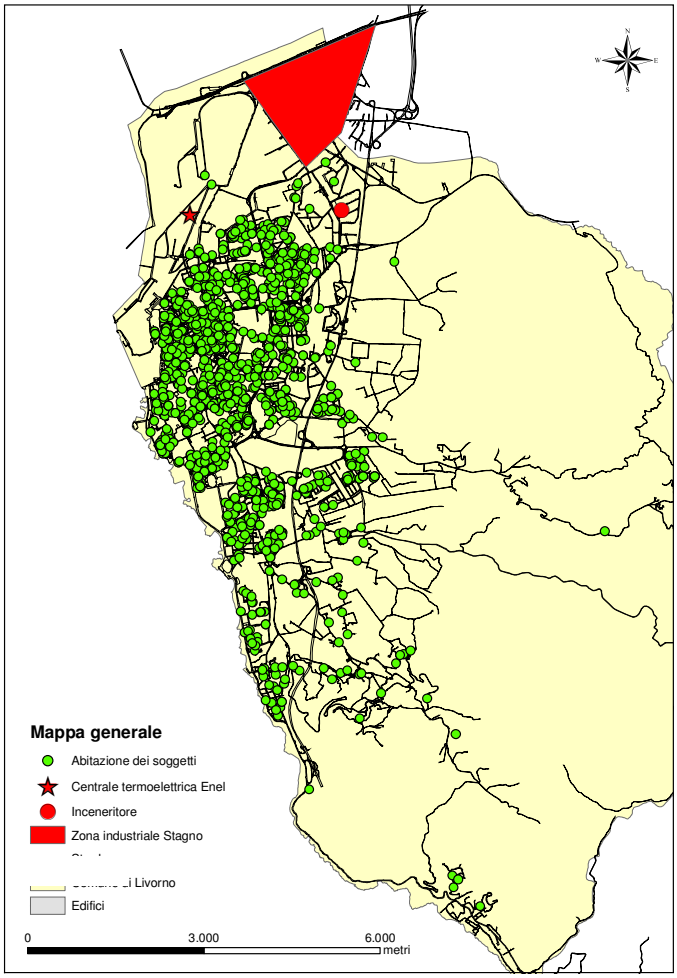


Figura 1 – Georeferenziazione del campione

I soggetti sono stati integrati in un Sistema Informativo Geografico utilizzando il metodo basato sugli indirizzi di residenza (figura 1).
Il processo di geocodifica è stato effettuato *linkando* i dati vettoriali resi disponibile dall'Uffico SIT del Comune di Livorno (nome della strada e numero civico georiferiti sul territorio) con i dati raccolti con il questionario epidemiologico. Questa operazione ha richiesto una fase preliminare di omogeneizzazione della codifica dell'indirizzo che presentava numerose discordanze tra i due dataset. Infatti, 46 soggetti del campione originale sono stati esclusi dalla geocodifica per differenti ragioni: mancanza di indirizzo nel dataset epidemiologico, residenza in un comune limitrofo ma diverso da quello di Livorno, ambiguità nella formulazione dell'indirizzo, mancanza del numero civico nel dataset epidemiologico.
Alla fine del processo di *matching* abbiamo ottenuto un layer di 1100 punti distinti sul territorio.

Per determinare l'esposizione all'aerosol marino abbiamo utilizzato un approccio spaziale basato sulla costruzione di *buffers* a diverse distanze dalla costa (figura 2).
In un primo approccio il territorio è stato suddiviso in tre zone:

- 0-300m dalla linea di costa (alta esposizione);
- 300-1000m dalla linea di costa (media esposizione);
- oltre 1000m dalla linea di costa (zona di controllo).

La scelta di questi valori di cut-off deriva dai riferimenti bibliografici in materia di effetti dell'aerosol marino sull'ambiente, specialmente sulla vegetazione (Paoletti, 2001).

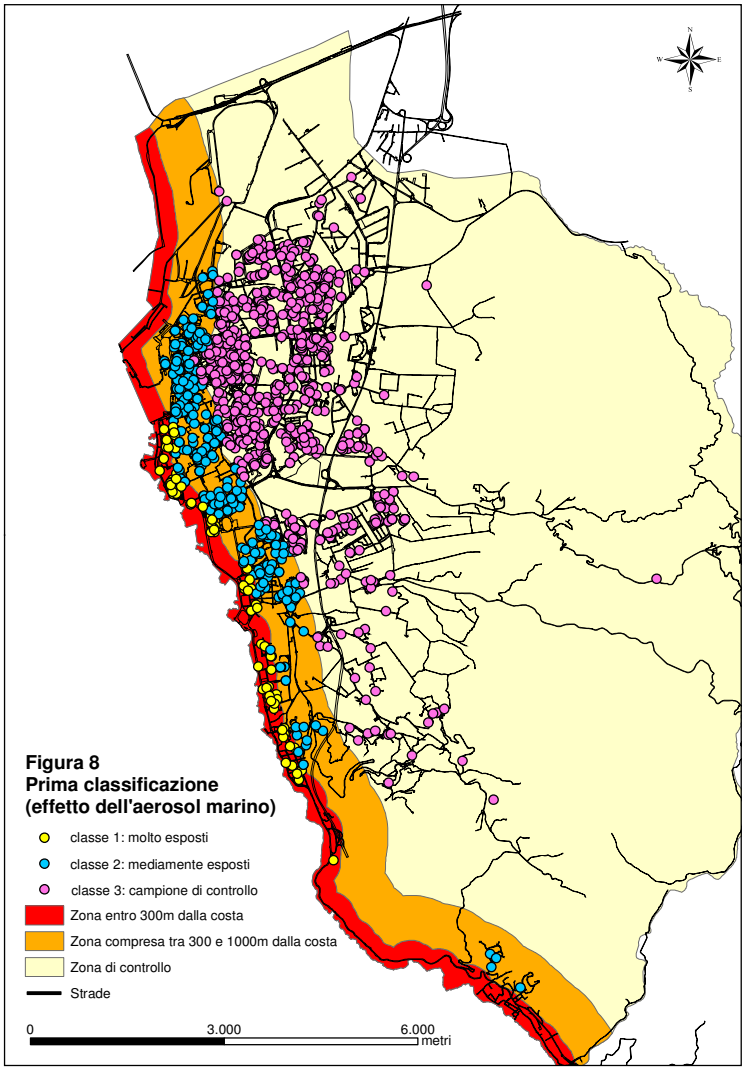


Figura 2 – Prima classificazione spaziale dei soggetti

Dalla sovrapposizione del layer di punti, corrispondente agli indirizzi di residenza dei soggetti, e del layer di zonizzazione del territorio in base all'esposizione all'aerosol marino, abbiamo ottenuto la classificazione del campione di popolazione:

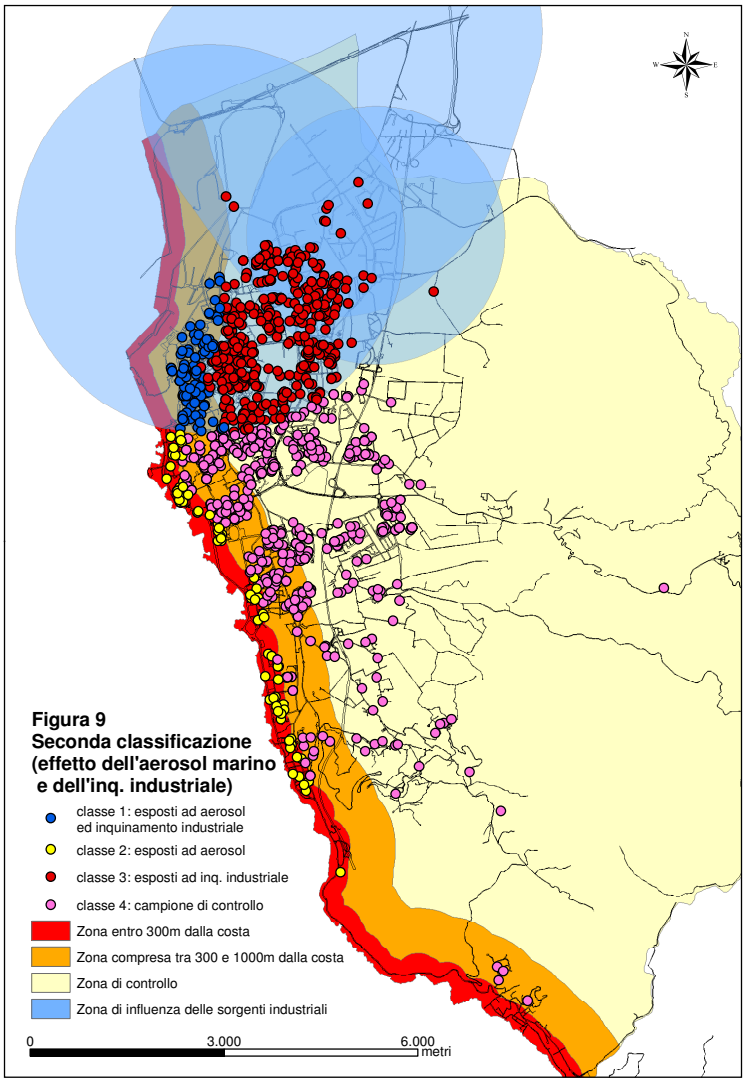
- classe 1: i più esposti (coloro che vivono entro i 300m dalla costa);
- classe 2: i meno esposti (coloro che vivono nella fascia 300-1000m);
- classe 3: controlli.

In un secondo approccio, oltre a considerare gli effetti dell'aerosol marino, è stata anche valutata la vicinanza alle principali sorgenti di inquinamento di tipo industriale. Infatti la città di Livorno è interessata dalla presenza di diversi e consistenti insediamenti industriali, tra cui la centrale termoelettrica ENEL, la raffineria, l'inceneritore, cementifici ed industrie chimiche e petrolchimiche, generalmente localizzati nella zona nord della città.

Per la valutazione dell'esposizione alle sorgenti industriali sono stati costruiti un *buffer* di 3.000m attorno alla centrale ENEL, un *buffer* di 2.000m attorno alla zona industriale di Stagno e un *buffer* di 2.000m attorno all'inceneritore (figura 3). Anche la scelta di queste soglie è stata determinata dopo una ricerca in letteratura (Henry et al.,1992, Bianchi et al., 2001) e da una analisi strutturale dell'area oggetto di studio.

In questo secondo modello i soggetti sono stati classificati in 4 gruppi:

- classe 1: esposti ad aerosol e a inquinamento industriale;
- classe 2: esposti ad aerosol;
- classe 3: esposti ad inquinamento industriale;
- classe 4: controlli.



Successivamente per ciascuna delle due classificazioni sono state condotte analisi statistiche classiche, bivariate e multivariate. I sintomi che sono stati inclusi nelle analisi sono i seguenti: attacchi di asma negli ultimi 12 mesi, diagnosi di asma, asma durante la vita, attacchi di difficoltà di respiro, raffreddore allergico, consumo di medicinali per asma, tosse, sibili, costrizione toracica, numero di giorni lavorativi persi per asma, esami clinici effettuati per asma, ricoveri ospedalieri per asma. Con il test del chi-quadro sono stati comparati i tassi di prevalenza dei suddetti sintomi tra esposti e controlli, al fine di evidenziare una associazione tra esposizione ad aerosol e/o inquinamento industriale e sviluppo di sintomatologia asmatica e/o respiratoria. Inoltre è stato applicato un modello di regressione logistica multipla che consente di considerare anche gli effetti di altri fattori di rischio. Nel modello applicato abbiamo incluso gli effetti indipendenti di età, fumo e posizione lavorativa.

Figura 3 – Seconda classificazione spaziale dei soggetti

Risultati

I risultati delle analisi statistiche hanno mostrato associazioni statisticamente significative tra il vivere in prossimità del mare e manifestare sintomi asmatici. Sia con la prima che con la seconda classificazione è risultato un rischio più che doppio di attacchi di asma per le donne che vivono entro una distanza di 300m dalla costa rispetto al controllo.

Nel caso della seconda classificazione, sempre nel sottogruppo delle donne, l'esposizione combinata ad aerosol marino ed inquinamento di origine industriale è risultata significativamente associata ad asma grave e costrizione toracica. Infine, l'esposizione al solo inquinamento industriale è associata in maniera significativa a tosse ed espettorato cronici con un rischio quasi doppio per coloro che vivono nelle vicinanze delle sorgenti inquinanti..

Discussione

Dal progetto ISAYA è risultato che la prevalenza di sintomatologie asmatiche è maggiore nella città di Livorno, situata vicino al mare, piuttosto che a Pisa e Lucca, ubicate più all'interno.

Noi abbiamo posto l'ipotesi che la causa di ciò sia da ricercare nell'aerosol marino. D'altra parte la letteratura ci rivela che la vegetazione costiera è danneggiata dalle sostanze inquinanti trasportate dall'aerosol marino.

I risultati che abbiamo ottenuto con il presente studio sembrano confermare che anche la salute umana risente degli effetti dell'esposizione all'aerosol marino. Infatti con la zonizzazione del territorio di studio ottenuta con l'applicazione GIS abbiamo rilevato che la prevalenza di molti sintomi è maggiore per i soggetti della prima classe (prima classificazione), cioè per coloro che vivono nella fascia entro i 300 metri dal mare. Inoltre per molti sintomi, sempre riguardo alla prima classificazione, è risultato un trend di prevalenza decrescente dalla classe 1 alla classe 3, cioè all'allontanarsi delle abitazioni dal mare. Anche la statistica multivariata, che consente di considerare nell'analisi gli effetti di possibili fattori di confondimento, ha parzialmente confermato i risultati evidenziando una significatività statistica per gli attacchi di asma nella popolazione femminile residente nella fascia costiera (300 metri dal mare). Peraltro il parametro di significatività statistica (Odds Ratio) pur non raggiungendo la soglia di significatività, dà tuttavia valori più alti nella prima classe.

Con la seconda classificazione abbiamo preso in considerazione anche l'inquinamento prodotto dal sito industriale a nord della città di Livorno, oltre che dalla centrale termoelettrica dell'ENEL e dall'inceneritore di rifiuti solidi urbani, anch'essi situati nella parte nord. La presenza della zona portuale fa sì che non vi siano abitazioni nella fascia costiera (300 metri dal mare) e quindi i soggetti sottoposti all'indagine che sopportano gli effetti dell'inquinamento di origine industriale risultano residenti nella zona compresa fra i 300 e i 1.000 metri o nella parte più interna. I risultati dello studio sembrano indicare azioni indipendenti dell'esposizione all'aerosol marino ed all'inquinamento industriale sulla salute respiratoria della popolazione.

Conclusioni

Il lavoro svolto mostra come l'applicazione della tecnologia GIS possa essere praticata con profitto per estrarre informazione geospaziale da dati esistenti, anche quando l'indagine geografica dettagliata non faceva parte degli obiettivi espressamente previsti al momento della raccolta dei dati. Infatti il progetto ISAYA (1998-2000), cui i dati utilizzati appartengono, è un'indagine multicentrica svolta con l'obiettivo di fornire un quadro della diffusione in Italia di asma e patologie connesse e relativi costi, e non prevedeva in nessun modo un'analisi di dettaglio come quella svolta in questo studio. Tuttavia è stato possibile fare una soddisfacente analisi con approccio spaziale con uno sforzo applicativo più che accettabile resosi necessario per l'adattamento dei dati (revisione degli indirizzi e successiva geocodifica).

Riferimenti bibliografici

De Marco R., Poli A., Ferrrari M., Accordini S., Giammarco G., Bugiani M., Villani S., Ponzio M., Bono R., Carrozzi L., Cavallini R., Fazzoletti L., Ginesu F., Lauriola P., Mandrioli P., Perfetti L., Pignato S., Pirina P., Struzzo P. (2002), "The impact of climate and traffic-related NO_2 on prevalence of asthma and allergic rhinitis in Italy", *Clin Exp Allergy*, 32: 1405-1412

Loglio G., Degli Innocenti N., Gellini R., Pantani F., Cini R. (1989), "Detergents as a condition of pollution from costal marine aerosol", *Marine Pollution Bulletin,* 3: 115-119

Giovannelli G., Bonasoni P., Loglio G., Ricci C., Tesei U., Cini R. (1988), "Evidence of anionic-surfactan enrichment in marine aerosol", *Marine Pollution Bulletin,* 6: 274-277

Bussotti F. (2001), "Il deperimento della vegetazione costiera e l'inquinamento marino da tensioattivi. La situazione sul litorale tirrenico", *Economia montana,* ISSN 012-9836

Diamantopoulos J., Biel C., Savè R. (2001), "Meccanismi di resistenza/sensibilità nei confronti dell'aerosol marino inquinato nella vegetazione costiera della zona di Barcellona", *Economia montana,* ISSN 012-9836

Cincinelli A., Stortini A.M., Perugini M., Checchini L., Lepri L. (2001), "Organic pollutants in sea-surface microlayer and aerosol in the coastal environment of Leghorn-(Tyrrhenian Sea)", *Marine Chemistry,* 76: 77-98

Cromley E.K., McLafferty S.L. (2002), *Gis and Public Health.* The Guilford Press

Paoletti E., Nicolotti G., Bussotti F. (2001), "L'inquinamento da tensioattivi ed i suoi effetti sulla vegetazione", *Economia montana,* ISSN 012-9836

Henry R.L., Bridgman H.A., Wlodarczyk J., Abramson R., Adler J.A., Hensley M.J. (1992), "Asthma in the vicinity of power stations: outdoor air quality and symptom", *Pediatr Pulmonology* 13(4): 267-8

Bianchi F., Baldacci S., Chiaverini F., Linzalone N., Vigotti M.A., Viegi G., Bottai M., della Maggiore R., Fresco R., Mammini U., Petruzzelli G.A., Perco M., Virgole E., Ciacchini G., Balocchi L., Giaconi V. (2001), "Epidemiological and environmental study by GIS in Pisa suburbs (Italy)", Conference abstracts, Geographical Information Science in Public Health First European Conference September 19-20, Sheffield (UK): 73