

CONFRONTO TRA TECNICHE GEOCHIMICHE E RADIOMETRICHE PER IL MONITORAGGIO DI SUOLI URBANI

R. Salzano^{*}, R. Casacchia^{*}, R. Salvatori^{*} & M. Angelone^{**}

^{*} CNR- Istituto Inquinamento Atmosferico, 00016 Monterotondo Stazione (Roma); c.a.: salzano@iia.cnr.it

^{**} ENEA, C.R. Casaccia, PROT-CHIM, Via Anguillarese 301, 00060 Roma, Italy

Riassunto

Il suolo è la principale matrice ambientale in grado di registrare i processi di inquinamento dell'atmosfera urbana. Lo studio della contaminazione dei suoli da parte di traccianti geochimici come il Pb, ha finora permesso di definire la dispersione spaziale delle emissioni veicolari. Le misure spettroradiometriche rappresentano uno strumento innovativo e competitivo dal punto di vista dei tempi e delle risorse, e forniscono risultati confrontabili con quelli delle tecniche tradizionali. In questo lavoro è stata verificata la possibilità di integrare le analisi geochimiche con quelle spettroradiometriche per monitorare gli effetti determinati dall'inquinamento atmosferico dovuto al traffico veicolare sui suoli urbani, individuando in tal modo una metodologia che consenta di contenere costi e tempi di esecuzione.

Summary

Soils are the main environmental matrix which can record pollution in the urban atmosphere. Geochemical tracers, as Pb, provide the opportunity to define the spatial dispersion of vehicular emissions. Spectroradiometric surveys are an innovative tool that is relatively low cost in terms of money and time and which gives comparable results to traditional techniques. This work tests the possibility to integrate geochemical and spectroradiometric data. Considering the attention of public administration on this issue, this is an attempt to develop a "low-cost" tool useful for monitoring the effects caused by atmospheric pollution on the urban environment.

1. Introduzione

La prevenzione della salute pubblica è tra i principali obiettivi delle amministrazioni e degli organi di governo, specialmente nelle grandi aree metropolitane, dove il monitoraggio dell'inquinamento atmosferico è uno dei maggiori fattori di rischio ambientale. Nella grandi città il principale fattore di riduzione della qualità dell'aria è il traffico veicolare che, come noto, immette in atmosfera sostanze nocive quali polveri sottili e metalli pesanti.

La pedosfera è uno degli elementi dell'ambiente urbano che più interagisce con le emissioni antropiche. Lo studio dei suoli permette di indagare intervalli temporali estesi (anni) e di valutare l'influenza sull'ambiente urbano delle varie condizioni climatiche, urbanistiche e geologiche che lo controllano. La conoscenza di questi meccanismi di interazione fornisce le informazioni necessarie per progettare e gestire le reti di monitoraggio per la determinazione dei livelli d'inquinamento su tutta l'area urbana.

La contaminazione dei suoli è il diretto effetto dei processi di interazione con l'atmosfera e del conseguente assorbimento degli inquinanti nella pedosfera. Le tradizionali tecniche geochimiche (Fergusson, 1995) utilizzate per lo studio dei suoli sono spesso dispendiose in termini di tempo e costi. Nello studio dei suoli urbani si registra, da parte della comunità scientifica, un interesse crescente verso tecniche di monitoraggio affidabili, ma che consentano di ridurre i tempi ed i costi delle tradizionali analisi geochimiche. Tra queste un interesse particolare interesse è rivolto alle

tecniche di telerilevamento, basate sui principi della radiometria spettrale (Palacios-Orueta A., Ustin S.L., 1996).

2. Area di studio

L'area di studio è situata nella parte meridionale della città di Roma, all'interno del quartiere EUR (Fig. 1). Il sito è un'area verde che si estende per 4 km² e che circonda il bacino idrico artificiale ("Lago dell'EUR"), costruito in occasione dei Giochi Olimpici del 1960. In concomitanza di questo evento i suoli affioranti vennero completamente rimaneggiati per realizzare l'attuale assetto stradale. Circa 100.000 automobili attraversano giornalmente l'arteria stradale principale ("Via Cristoforo Colombo"), che rappresenta l'accesso meridionale alla città e che è collocata in una delle zone più inquinate della città.

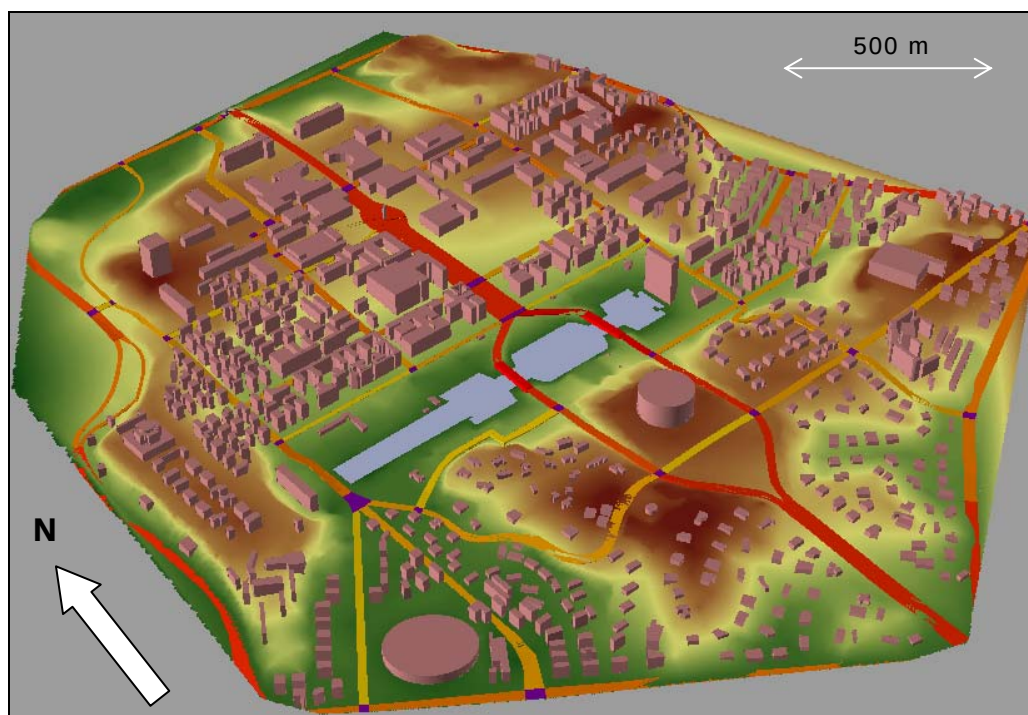


Figura 1 - Assetto urbanistico del quartiere dell'EUR.

Nell'area di studio i suoli sono impostati su materiale di riporto, costituito principalmente da rocce vulcaniche rimaneggiate associate alla sequenza eruttiva dei Colli Albani.

3. Metodi

3.1 Analisi chimiche

Sono stati prelevati 118 campioni di suolo seguendo una strategia stratificata: una griglia principale, costituita da maglie 40 x 40 m, è stata orientata propriamente in modo da includere l'intera area di studio. I siti di prelievo sono stati individuati casualmente all'interno di celle 10 x 10 m inserite all'interno dello schema principale. Ogni campione è stato ottenuto aggregando tre diverse aliquote prelevate con una sonda in grado di raggiungere 10 cm di profondità. Tutti i campioni sono stati setacciati sotto 1 mm ed essiccati a 105 °C.

Le soluzioni analizzate sono state preparate mediante digestione a caldo con HF-HClO₄ dei campioni, in accordo con il metodo descritto da (Potts, 1995). La determinazione di Ca, Al, Fe, Ba, Zn e Cu è stata eseguita con uno strumento Perkin-Elmer ICP-OES Optima 2000. Pb e Cd sono stati

determinati mediante HGA-AAS, con un Perkin-Elmer 5100. La qualità del dato e tutte le procedure analitiche sono state controllate usando materiali di riferimento certificati.

3.2 Protocollo per le misure spettroradiometriche

Le misure spettroradiometriche in laboratorio dei campioni di suolo sono state effettuate mediante uno spettroradiometro Fieldspec FR (Analytical Spectral Device, Boulder, CO, USA) dotato di tre spettrometri a fibra ottica, sensibili a radiazioni comprese tra 350 e 2500 nm. Le condizioni sperimentali di misura sono riportate nella Tab. 1. Tutte le misure sono state eseguite in un laboratorio appositamente allestito, oscurato alla luce solare.

Diametro campione	cm	4
Spessore campione	cm	1
Distanza fonte luminosa (d)	cm	35
Potenza fonte luminosa	W	200
Inclinazione fonte luminosa (b)	°	25
Distanza sensore ottico (c)	cm	3.8
Tempo di acquisizione	sec	1
Numero di acquisizioni	-	50
Numero di posizioni	-	5
Apertura ottica del sensore (a)	°	8

Tab.1 - Parametri descrittivi dell'assetto sperimentale

I problemi legati alle differenze granulometriche e fisico-chimiche del campione sono stati ovviati mediando gli spettri misurati in diverse posizioni ed orientazioni del campione stesso. L'errore medio è stimabile intorno al 5 % e varia con la lunghezza d'onda, in relazione alla sensibilità dei tre diversi spettrometri.

4.2 Risultati

4.1 Caratterizzazione geochemica

I suoli affioranti nell'area derivano in prevalenza da materiale di riporto e, come tutti i suoli urbani, denotano una scarsa evoluzione ed eterogeneità. Nell'area è stato identificato un orizzonte organico sovrapposto a quello minerale. Maggiori approfondimenti sui risultati della caratterizzazione geochemica dei suoli sono riportati in (Salzano, 2005).

Il metodo d'interpolazione scelto è stato il “*Natural Neighbor*”, a causa della estrema variabilità ed eterogeneità del suolo e dalla forma complessa dell'area di studio. Questo metodo è di tipo deterministico e si basa sull'interpolazione attraverso una serie di poligoni di Thiessen.

In tutte le carte prodotte, appare evidente la notevole eterogeneità del suolo, che inficia la definizione del tasso d'inquinamento della matrice analizzata. Le distribuzioni dei singoli elementi sono influenzate da molteplici parametri (mineralogia, pedologia, vegetazione, geologia etc..) i cui effetti si sommano e determinano le variazioni composizionali del suolo. Il Pb è l'unico elemento che mostra una chiara dipendenza dal reticolo stradale (Fig. 2). Tale effetto è ben noto in letteratura ed è causato dal passato impiego di tale metallo come additivo antidetonante nelle benzine.

4.2 Analisi delle firme spettrali

Le firme spettrali sono state analizzate seguendo un approccio di tipo geometrico in modo da quantificare le evidenti differenze morfologiche delle firme spettrali e di valutarne il significato geochemico, come mostrato da (Dematté et al., 2004). I parametri descrittivi del modello che meglio

interpolata la curva spettrale vengono poi correlati ed interpretati in funzione del contenuto in acqua del suolo.

I parametri morfologici individuati sono (Fig. 3): (a) indice di colore, calcolato come integrale della riflettanza tra 490 e 700 nm; (b) angolo di pendenza della firma spettrale tra 500 e 800 nm; (c) l'altezza dello spettro, calcolata come media dei valori di riflettanza tra 1520 e 1720 nm.

Ad eccezione dell'indice di colore, che in ogni caso è un parametro utilizzato in telerilevamento per la classificazione dei suoli), gli altri parametri costituiscono una semplificazione geometrica della firma spettrale di questi suoli. Tali parametri risolvono il problema di rappresentazione del dato radiometrico, passando da un sistema a più di 2000 variabili ad uno con sole tre incognite.

Le carte della distribuzione spaziale di questi valori (Fig. 4) all'interno del Parco dell'EUR sono state costruite impiegando criteri identici a quelli utilizzati per gli elementi chimici.

Il colore del suolo non evidenzia alcuna particolare distribuzione. L'altezza della firma spettrale e l'angolo di pendenza dello spettro mostrano una distribuzione che è più chiaramente legata alla presenza e vicinanza da arterie stradali.

Tra gli indici definiti in questa fase d'analisi, le variazioni d'altezza della firma spettrale sembrerebbero essere le più affini con il modello di circolazione dei veicoli che si può ipotizzare in questa area (Salzano, 2005). Sulla carreggiata sinistra della Via C.Colombo, che conduce fuori città, le auto sono impegnate da dislivelli in salita. In questo tratto la pressione dei gas di scarico è maggiore e costante rispetto all'altro senso di marcia, dove i veicoli sono agevolati dalla discesa. La pendenza dello spettro mostra un andamento generale simile; tuttavia la presenza di alcune anomalie a minore scala, sottolinea la possibile interazione di più fenomeni.

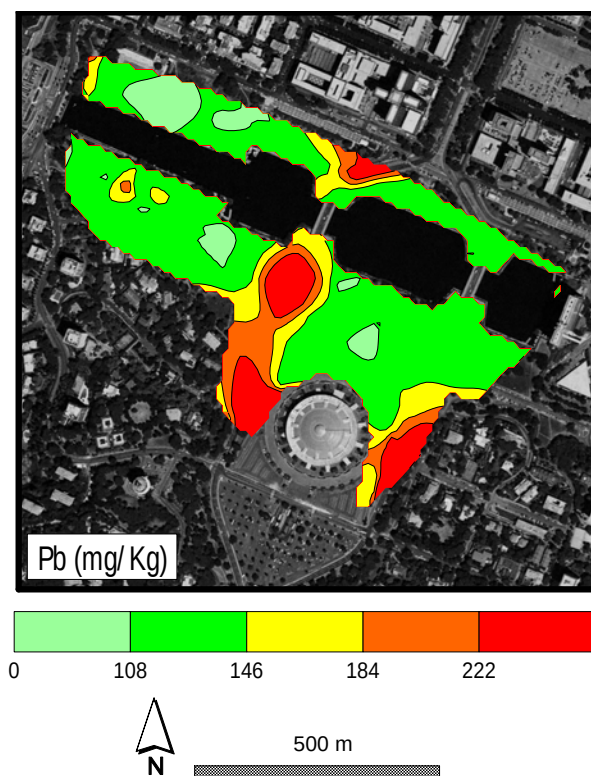


Fig. 2 - Carta delle isoconcentrazioni del Pb.

Vista la complessità della matrice analizzata, i coefficienti di correlazione tra i parametri geometrici e quelli fisico-chimici non evidenziano affinità ben definite. Premettendo la necessità d'ulteriori approfondimenti, si può affermare che: il colore del suolo è legato maggiormente alle caratteristiche pedologiche (composizione granulometrica, vegetazione e contenuto in acqua); mentre l'altezza della firma spettrale e la pendenza dello spettro dipendono dalla presenza di materiale a bassa

riflettanza (particelle metalliche o carboniose) probabilmente prodotto dai processi di combustione delle automobili; l'angolo di pendenza, infine, dello spettro può essere influenzato anche dalle differenze mineralogiche del suolo.

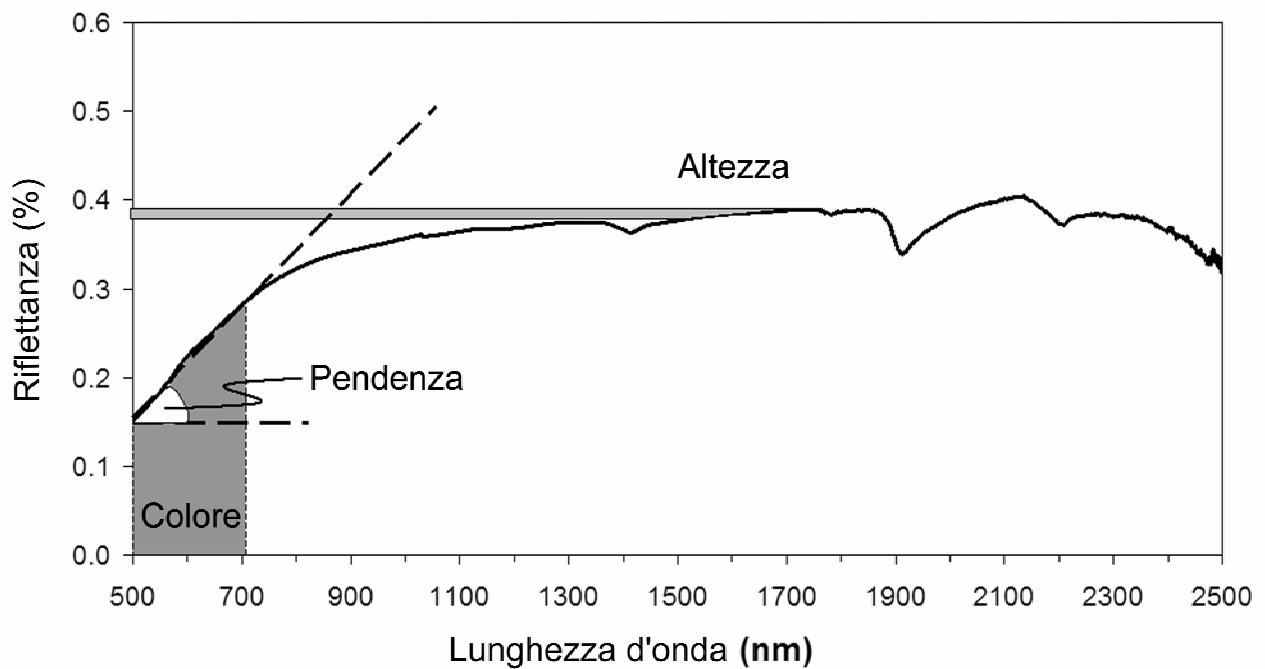


Fig.3 - Parametri morfologici individuati nella firma spettrale.

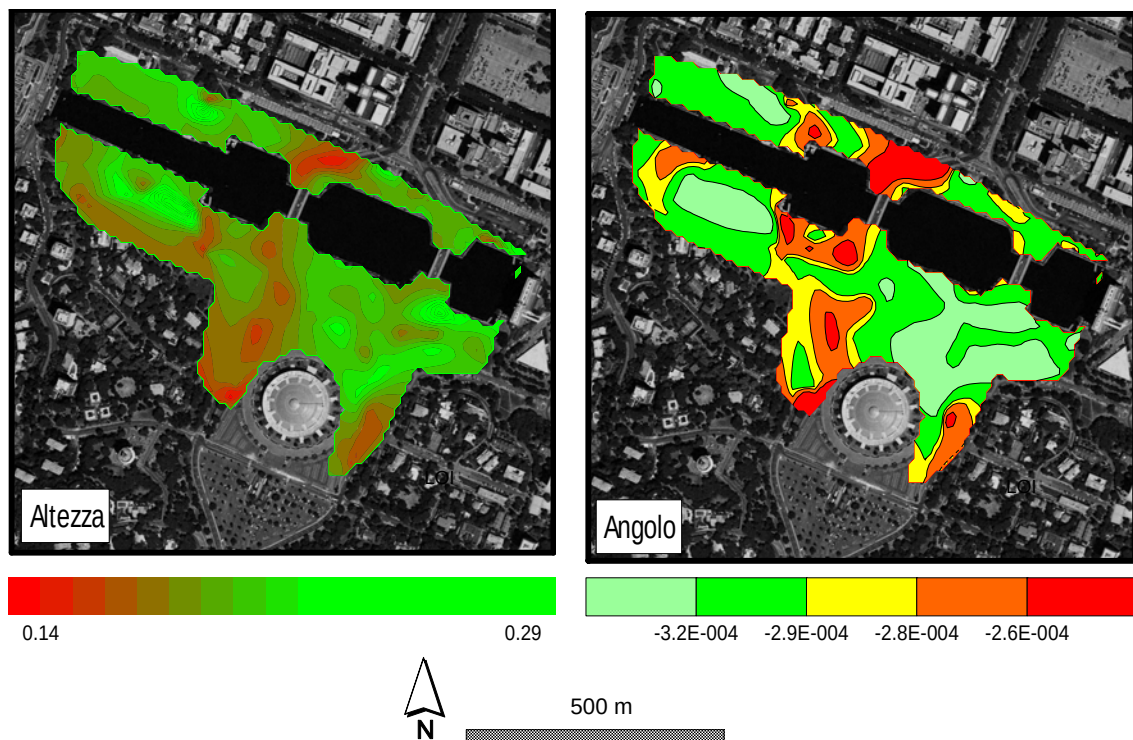


Fig.4 - Carta delle variazioni dei tre parametri radiometrici indagati.

5. Conclusioni

Il confronto tra dati geochimici e radiometrici ha fornito le indicazioni necessarie ad un approfondimento della metodologia utilizzata. Pertanto, pur essendo evidente che non è stato possibile riscontrare una correlazione diretta tra queste tipologie di dati, l'informazione ricavata dalle firme spettrali è tuttavia utilizzabile per determinare, ancora allo stato qualitativo, la variazione di particelle "scure" nel suolo.

Queste particelle, dovute alle emissioni veicolari, determinano una netta diminuzione dei valori di riflettanza rilevabile nell'intervallo di lunghezza d'onda 1520-1720 nm. In fig. 3 e 4 sono riportate rispettivamente la distribuzione del Pb e dell'indice radiometrico "altezza". La carta con l'indice di "altezza" della firma spettrale, mostra una distribuzione del tutto simile a quella osservata con tecniche analitiche "tradizionali". La scarsa relazione osservata con il contenuto di Pb dei suoli, indica che i processi d'emissione e dispersione delle polveri indagate con la radiometria sono gli stessi, ma che la tipologia di particelle, cui questa tecnica è sensibile, è diversa. E' probabile che il segnale registrato con tecniche radiometriche sia imputabile alle particelle carboniose scure, emesse con maggiore efficienza dove le vetture sono soggette a fasi d'accelerazione, esattamente come descritto per il Pb.

Bibliografia

- Demattê J.A.M., Campos R.C., Alves M.C., Fiorio P.R., Nanni M.R. (2004). "Visible-NIR reflectance: a new approach on soil evaluation". *Geoderma* 121(1-2), 95-112.
- Fergusson D. (1990). *The heavy elements: chemistry, environmental impact and health effects*. Pergamon Press Inc., New York.
- Leone A.P. & Sommer S. (2000). Multivariate analysis of laboratory spectra for the assessment of soil development and soil degradation in the Southern Apennines (Italy). *Remote Sensing of Environment* 72: 346-359.
- Palacios-Orueta A., Ustin S.L. (1996). Multivariate statistical classification of soil spectra. *Remote Sensing of Environment* 57: 108-118
- Potts P.J. (1995). A handbook of silicate rock analysis. *Blackie Academic & Professional, Glasgow*.
- Salzano R. (2005). *Analisi spaziale e temporale dell'inquinamento da metalli pesanti in ambiente urbano: il caso di Roma. Confronto tra diverse tecniche di monitoraggio*. Tesi di Dottorato di Ricerca. Dip. Scienze Geologiche, Università degli Studi Roma TRE.