CONVEGNO NAZIONALE

Trieste 20-21-22 aprile 2005

LUOGHI E TEMPO NELLA CARTOGRAFIA

ATTI - VOLUME 1

ISSN 00449733

bollettino della associazione italiana di cartografia

123-124-125

aprile-settembre-dicembre 2005

I POSTER

26 - Utilizzo del free GIS nella didattica: possibili applicazioni del CLC 90 e 2000 *di Anna Rosa Caldura* ..... pag. 361
27 - L'insediamento meridionale e la sua rappresentazione cartografica. Temi e prospettive di un atlante storico in costruzione *di Mauro Caprioli, Biagio Salvemini, Eufemia Tarantino* ..... » 371
28 - Le carte del Patrimonio territoriale come progetto di conoscenza *di Massimo Carta, Iacopo Zetti* ..... » 385
29 - Aggiornamento della cartografia archeologica in ambiente GIS. Un caso applicativo: il comune di Cividale del Friuli *di Sara Gonizzi Barsanti, Marco Mastronunzio* ..... » 407
30 - Determinazioni delle variazioni della costa sabbiosa per l'aggiornamento della cartografia *di Claudio Marchesini* ..... » 417
31 - Approccio GIS multitemporale per la stima delle variazioni del Land Cover in un area trasfrontaliera: la coltura della vigna nella penisola di Muggia *di Marco Mastronunzio, Giovanni Mauro* ..... » 421
32 - L'utilizzo di dati iperspettrali MIVIS per un'analisi geografico-territoriale: la media valle del Tagliamento come caso di studio *di Giovanni Mauro, Andrea di Lullo* ..... » 435
33 - Il ruolo delle rappresentazioni «dense» nel governo del territorio. Esperienze a confronto *di Camilla Perrone* ..... » 447
34 - Tempo e spazio nelle cartografie non-europee *di Marco Picone* ..... » 459
35 - Utilizzo di veicoli MMS per la valutazione speditivi della qualità dell'aria e la validazione di modelli *di Eleonora Agostini, Gabriella Caroti, Iliano Ciucci, Marino Mazzini, Andrea Piemonte* ..... » 469
36 - Atlante della bibliografia storica dei terremoti italiani *di Simone Sammartino, Pierluigi Totaro* ..... » 479
37 - Le relazioni tra insediamento umano e sistema ambientale: metodi di lettura dei modelli insediativi locali *di Claudio Saragosa, Michela Chiti* .. » 491
38 - L'atlante storico dinamico delle circoscrizioni amministrative della Campania *di Claudio Parente, Pierluigi Totaro* ..... » 505
39 - Il contributo fornito dall'ARPA Piemonte allo sviluppo dei flussi informativi territoriali e ambientali regionali *di Enrico Bonansea, Gabriele Garnero, Danilo Godone, Angelo Penon, Anna Vignola* ..... » 515
40 - Esperienze di utilizzo di tecnologie SAR nel calcolo del Digital Elevation Model e nel monitoraggio di strutture edilizie interessate da deformazioni del territorio *di C. Marzo, A. Losurdo, L. Guerriero, A. Colangelo* ..... » 525
41 - Un GIS quale metodo di lavoro nello studio del territorio da parte di una scuola media *di Cesare Tarabocchia* ..... » 535

APPENDICE

Libro dei soci 2005 ..... » 541

Bollettino A.I.C. nr. 123-124-125 / 2005

UTILIZZO DI VEICOLI MMS PER LA VALUTAZIONE SPEDITIVA DELLA QUALITÀ DELL'ARIA E LA VALIDAZIONE DI MODELLI

USE OF MMS CARS FOR THE SPEEDY EVALUATION OF THE AIR QUALITY AND THE MODEL VALIDATION

Eleonora Agostini (**), **Gabriella Caroti** (*), **Iliano Ciucci** (**), **Marino Mazzini** (**), **Andrea Piemonte** (*)

(*) Università di Pisa, Dipartimento di Ingegneria Civile - Sezione di Topografia e Fotogrammetria.

(**) Università di Pisa, Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Nucleare e della Produzione.

Riassunto

Il Dipartimento d'Ingegneria Civile (DIC) – sez. Topografia e Fotogrammetria dell'Università di Pisa, è da tempo impegnato, in collaborazione con il Centro di Eccellenza in Telegeomatica dell'Università di Trieste, nello studio di nuove metodologie per la valutazione speditiva della qualità dell'aria. Sono stati approntati a tale scopo due veicoli MMS (Mobile Mapping System), dotati di strumentazione di posizionamento GPS ed inerziale e di strumentazioni per la misura delle concentrazioni in aria di monossido di carbonio e polveri sottili. Tramite questi veicoli è possibile produrre dei GIS contenenti mappe di concentrazione per la valutazione preliminare della qualità dell'aria. La possibilità di eseguire misure con un veicolo mobile ha permesso poi la validazione di un modello, che, nei casi consentiti dall'attuale normativa, possa sostituire l'uso delle centraline fisse di monitoraggio. Il modello in questione è stato realizzato dal Dipartimento d'Ingegneria Meccanica, Nucleare e della Produzione dell'Università di Pisa tramite l'utilizzo dei codici ISC3 e CALINEA4. L'articolo riporta i risultati ottenuti nell'area test di Livorno.

Abstract

Department of Civil Engineering (DIC), Topography and Photogrammetric Chair, University of Pisa, is working, in collaboration with Department of Mechanical, Nuclear and Production Engineering (DIMNP) and Tuscany Regional Protection Agency, on a research about small scale air pollution due to traffic emissions. The mathematical model is based on CALINEA4 code, integrated with ISC3 code for background's concentrations evaluation. Experimental CO measures were obtained both by ARPAT instruments, located inside fixed monitoring network's boxes, and by a standard instrument for CO concentration's survey on board of a GNNS vehicle. Measure's evidences are used to evaluate the capability of kinematic survey to validate the forecast model. The use of mathematical model is suggested by European law 96/62/CE as fixed monitoring net data's integration.

1. Introduzione

La cattedra di Topografia dell'Università di Pisa da alcuni anni sta sperimentando, in collaborazione con l'Università di Trieste, un metodo per il monitoraggio dell'inquinamento atmosferico (in particolare quello dovuto all'ossido di carbonio prodotto dal traffico veicolare) in cinematico.

La possibilità di effettuare misure lungo le varie strade del territorio comunale permetterebbe da un lato l'acquisizione di dati in zone non coperte dalle centraline della rete fissa di monitoraggio, dall'altro costituirebbe motivo di confronto con i valori misurati dalle postazioni fisse (diversa altezza di prelievo del campione, prelievo effettuato lungo la corsia e non a lato della strada, etc.) ed inoltre fornirebbe una conoscenza relativamente dettagliata dello stato attuale della qualità dell'aria nonché informazioni per la validazione di modelli di diffusione di inquinanti.

Proprio da quest'ultima potenzialità ha preso avvio una ricerca in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Nucleare e della Produzione (DIMNP) della stessa Università di Pisa e l'ARPAT. Lo studio è rivolto a validare i modelli di dispersione e diffusione degli inquinanti, richiesti dall'ARPAT e realizzati dal DIMNP, tramite i rilievi cinematici e *stop and go* effettuati con il nuovo veicolo multisensore VINCI'S (*Vehicle-borne Integrated Navigation and Cartographic Information Prime System*) del Dipartimento di Ingegneria Civile (Fig. 1).

Il sistema di rilevamento messo a punto consiste in un veicolo ad alta produttività equipaggiato con strumentazioni di posizionamento GPS integrati con un sistema inerziale a basso costo, sensori ambientali e telecamera.

FIGURA 1 – *Veicolo multisensore MMS del Dipartimento di Ingegneria Civile.*

Il sito scelto per la sperimentazione, in accordo con l'ARPAT, è stato il centro urbano di Livorno, in quanto costituisce un buon banco di prova per i modelli essendo presenti numerose tipologie di fonti d'inquinamento, da quello industriale, a quello portuale, a quello dell'industria di vernici e solventi, a quello ancora del traffico veicolare leggero e pesante.

A Livorno inoltre è presente una rete di centraline fisse per il monitoraggio abbastanza fitta, che sono servite per un'ulteriore validazione dei risultati.

2. Strumentazione

La strumentazione per il posizionamento DGPS/INS in tempo reale del veicolo è costituita da due ricevitori GPS: uno di questi, il Placer 455DR della Trimble, è integrato da un sistema

FIGURA 2 – *Strumento per la misura del CO. M300-AMX APIcom e telecamera.*

inerziale a basso costo (costituito da un odometro piezoelettrico e giroscopio allo stato solido), che permette di stimare la posizione del veicolo anche quando il segnale GPS non è presente (situazione questa molto frequente nei centri urbani) ed inoltre ha la possibilità di lavorare in differenziale; l'altro ricevitore GPS, il DGPSMax della csi, include un sensore capace di ricevere le correzioni RTCM, tramite i satelliti geostazionari della costellazione omnistar, e di trasmetterle all'altro strumento.

La localizzazione del veicolo avviene con precisione sub-metrica se il GPS lavora in DGPS, metrica se il GPS lavora nella modalità *stand alone*. L'utilizzo dei soli dati forniti dal sistema inerziale fornisce la posizione con una precisione più bassa dovuta alla caratteristica deriva del sistema. In generale, il GPS-INS nella modalità *stand alone* garantisce una precisione stimata in 8m, mentre in DGPS-INS è del metro.

Per i nostri scopi anche quando ci troviamo nella situazione peggiore la precisione offerta dal sistema rilevatore è accettabile. Infatti i dati acquisiti di posizione, concentrazione di inquinante ed immagini vengono elaborati ed esportati in un GIS con base cartografica vettoriale in scala 1:2000.

Il sensore ambientale di inquinante utilizzato in questa sperimentazione è l'M300-AMX della APIcom (Fig. 2). Esso utilizza uno standard europeo per il prelievo e la misura del monossido di carbonio ed ha le stesse caratteristiche degli strumenti delle centraline della rete provinciale gestita dall'ARPAT.

Si e così potuto calibrare il rilevatore portatile, prima della campagna di misura, con la strumentazione ed i sistemi presenti nelle centraline fisse della rete di monitoraggio, consentendo una migliore confrontabilità dei dati registrati dalle centraline della rete provinciale con quelli misurati dal rilevatore portatile. Inoltre, il tempo di risposta e di aggiornamento del dato fanno dell'M300 un buon strumento per un rilievo di tipo cinematico.

La telecamera, infine, istallata su di un supporto motorizzato, registra il con-

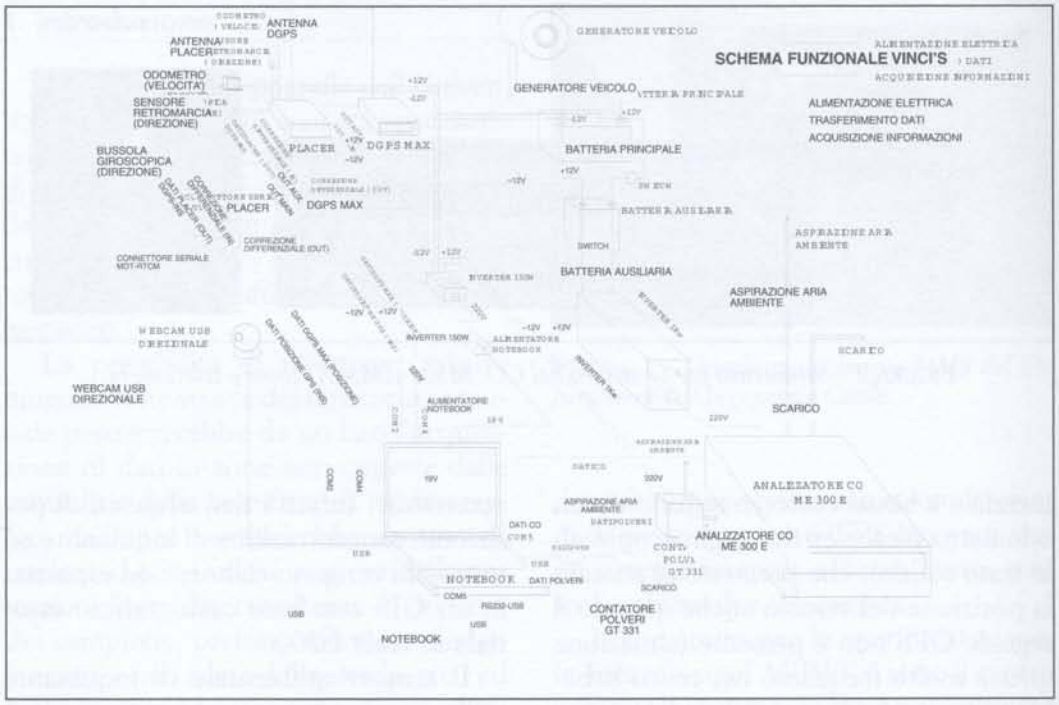

FIGURA 3 – *Schema funzionale VINCI'S.*

testo ambientale durante la fase di rilievo CO ed è anche di supporto per valutare il volume ed il tipo di traffico veicolare, che costituiscono due degli input dei programmi di modellizzazione.

L'intero schema funzionale del veicolo MMS è riportato in figura 3.

3. Software

È stato sviluppato un software specifico per gestire il funzionamento delle varie strumentazioni in modo sincrono, cosicché da un unico PC a bordo del veicolo l'operatore comanda le diverse periferiche ed i dati acquisiti vengono elaborati ed esportati in un GIS a base cartografica per essere visualizzati ed analizzati (Fig. 4).

4. Modelli

La necessità di sviluppare la modellistica applicata all'inquinamento atmosferico dell'aria ambiente è sottolineata dalla Direttiva Europea 96/62/CE, recepita in Italia con il D.Lgs. 4 agosto 1999, n. 351, che prevede la combinazione delle misure con tecniche modellistiche allorché, per un periodo significativo, il livello d'inquinamento atmosferico risulti al di sotto della soglia di valutazio-

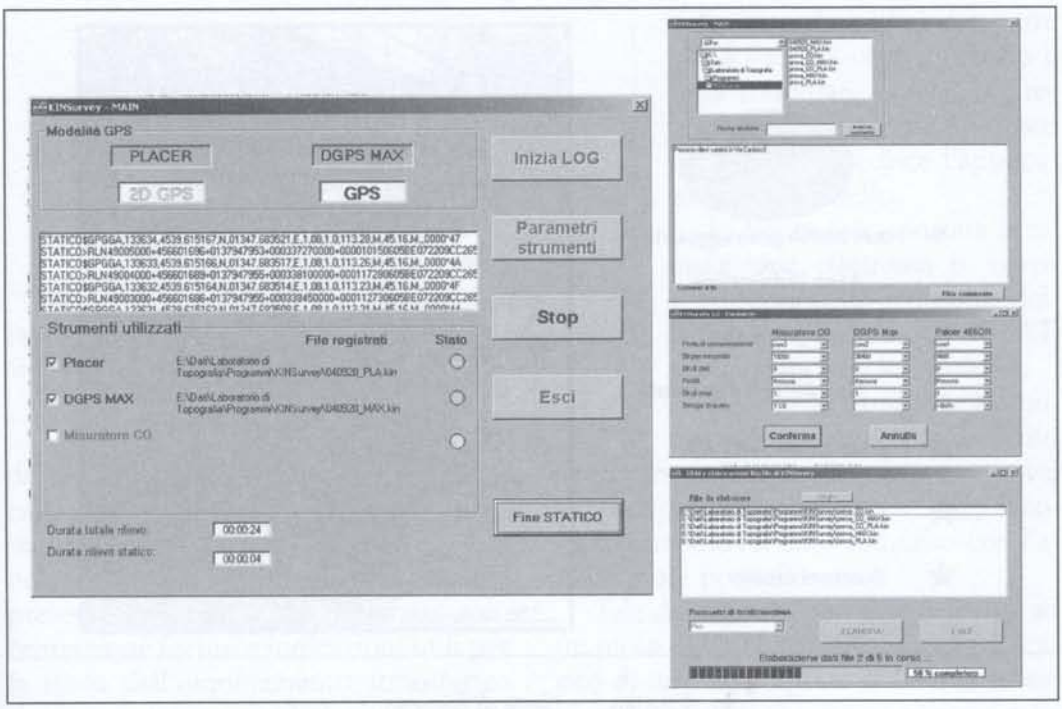

FIGURA 4 – *Software KINSurvey per i rilievi cinematici.*

ne superiore. L'uso della modellistica in alternativa alla misura effettuata presso centralina fissa, è permesso in tutti quei casi in cui, per un periodo di tempo significativo, i valori acquisiti risultino al di sotto della soglia di valutazione inferiore.

Studi effettuati sugli squilibri ambientali nell'area di Livorno, nell'ambito dell'intesa di programma tra Ministero dell'Ambiente e Regione Toscana, avevano evidenziato una situazione critica relativamente all'inquinamento da Composti Organici Volatili (STA 1998). Ciò ha portato allo sviluppo di uno studio che ha previsto anche un'applicazione modellistica relativa all'inquinamento atmosferico causato dal traffico veicolare.

Uno studio preliminare sulla scelta del modello da applicare all'area urbana di Livorno ha tenuto conto dell'orografia, delle caratteristiche urbanistiche, delle condizioni meteorologiche prevalenti, del tipo di attività antropiche responsabili di tale inquinamento, della quantità e qualità dei dati di input a disposizione.

A tale scopo si è scelto di rappresentare il sito tramite una sovrapposizione di modelli gaussiani, CALINE4 (DTC) per lo studio del contributo del traffico veicolare, e ICS3 (US-EPA) per la stima del fondo.

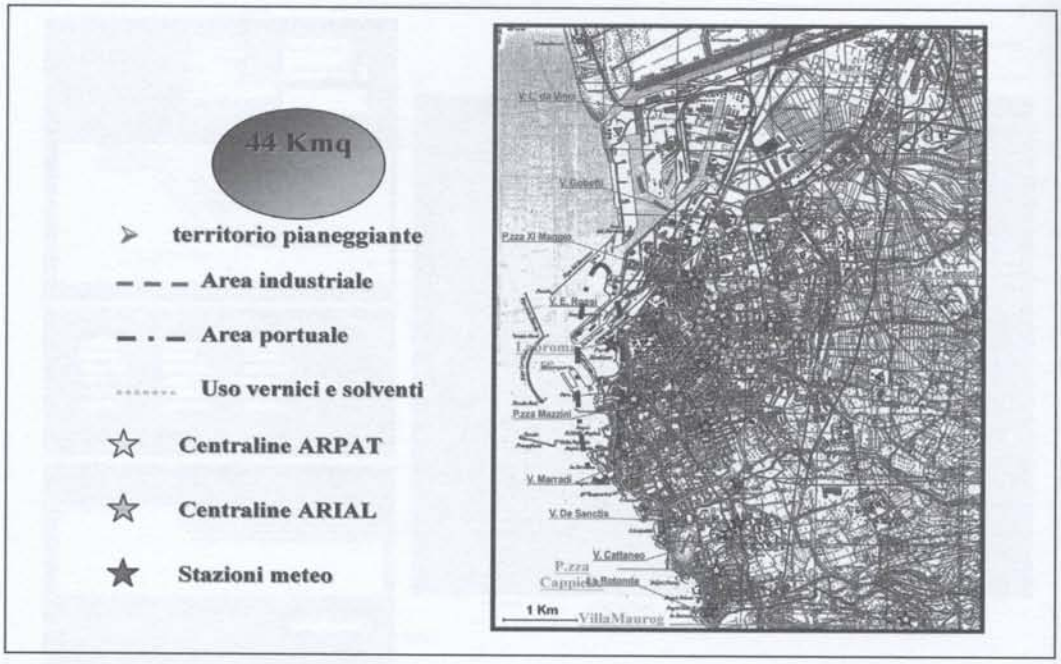

FIGURA 5 – *Carta di Livorno.*

5. Evidenze sperimentali

Il sito prescelto è costituito dall'area urbana di Livorno, città posta lungo la costa Tirrenica (Figura 5). Le principali attività responsabili dell'inquinamento da Composti Organici Volatili (COV) nel centro urbano, sono rappresentate dalle attività industriali individuabili nella zona più a Nord, da quelle portuali lungo la costa, e da tutte quelle ditte che fanno uso di vernici e solventi concentrate per lo più nel centro del sito urbano (Corezzi 2003).

Mentre il codice ISC3 era stato validato in studi precedenti (Agostini et al. 2003/2004), poche informazioni si avevano relativamente alla capacità di CALINE4 di rappresentare il sito oggetto dello studio. Per questo, dopo un'applicazione preliminare ristretta ad un'unica arteria stradale effettuata su dati forniti dalla Regione Toscana (IRSE 2002), dall'ARPAT (ARPAT 2002) (dati meteorologici, concentrazioni di monossido di carbonio acquisite presso le centraline della rete provinciale dislocate sul territorio, dati relativi ai volumi di traffico lungo alcune arterie), dal Comune di Livorno (Comune di Livorno 2002) (dati topografici e dati sul traffico) e dall ACI (ACI 2000), si è deciso di effettuare una campagna di misure lungo un percorso pianificato in modo tale da tener conto delle caratteristiche del sito.

Come indicatore per la validazione

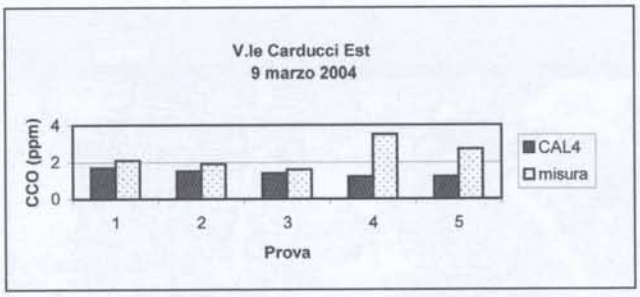

FIGURA 6 – *Confronto tra dato simulato e valore sperimentale in V.le Carducci.*

del modello è stato scelto il monossido di carbonio sia perché non subisce trasformazioni chimico – fisiche apprezzabili nel periodo di tempo considerato nel presente studio, sia perché la sua concentrazione fornisce indicazioni utili per la stima dell'inquinamento atmosferico da Composti Organici Volatili (COV) tra cui il benzene.

Il percorso coperto durante la campagna di misure è stato prescelto tenendo conto dei seguenti aspetti:

- caratteristiche urbanistiche;
- volume di traffico;
- condizioni meteorologiche;
- orografia.

L'analisi di sensibilità del codice è stata effettuata tenendo conto della presenza o meno di strade a forma di canyon (profilo urbanistico) e dell'intensità del traffico veicolare. Si è inoltre tenuto conto delle diverse condizioni meteorologiche che si possono verificare lungo un'arteria posta in prossimità del litorale rispetto a quelle che possono instaurarsi in una zona delimitata da edifici. La parte più a sud del centro urbano è stata trascurata poiché la presenza di un'orografia piuttosto complessa impedisce l'applicazione del modello.

In figura 6 è riportata la simulazione effettuata in corrispondenza della centralina della rete provinciale dell'ARPAT, posizionata in V.le Carducci.

Il modello riproduce in modo soddisfacente l'andamento sperimentale durante le prime tre prove; in corrispondenza delle prove 4 e 5 il codice sottostima il dato acquisito con l'analizzatore portatile.

Tale discrepanza può essere dovuta ad un picco di CO (causato o dal gas di scarico di un veicolo posto nelle immediate vicinanze dell'analizzatore, oppure dalla compresenza di veicoli con un fattore di emissione maggiore del valore medio stimato, per questo studio, tramite il modello COPERT (ANPA 2000) e basato sul parco veicolare medio del Comune di Livorno fornito dall'ACI (ACI 2000) che il modello non è in grado di riprodurre.

In figura 7 è, invece, riportata una si-

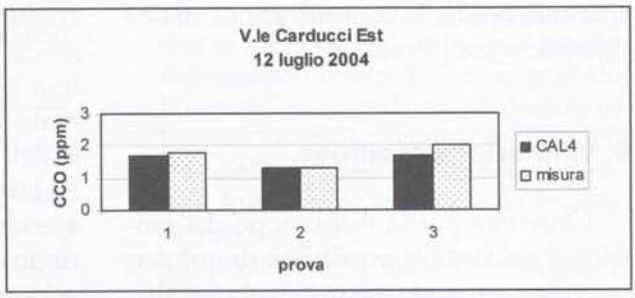

FIGURA 7 – *Confronto tra dato simulato e valore sperimentale in V.le Carducci.*

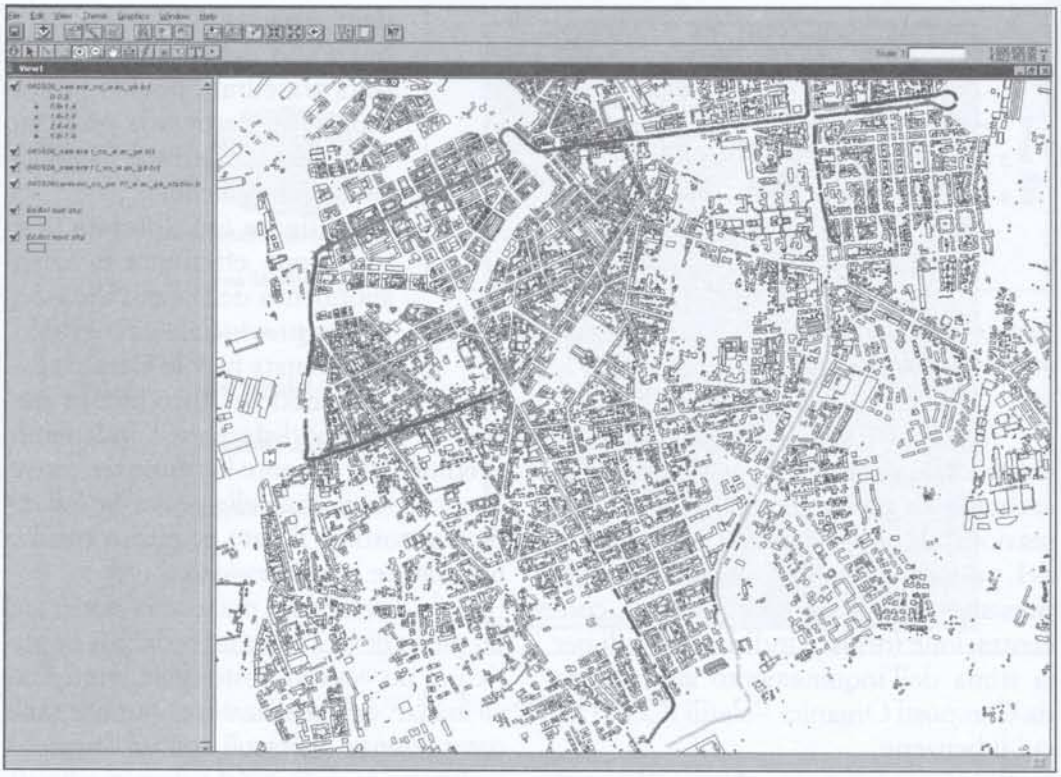

FIGURA 8 – *Esempio di rilievo cinematico speditivo della concentrazione di CO.*

mulazione riferita alla campagna svoltasi il 12 luglio 2004.

In questo caso è evidente l'ottimo accordo tra l'andamento teorico e quello sperimentale della concentrazione di CO durante le tre prove.

6. Valutazione speditiva

Oltre che per la validazione dei modelli, è evidente la possibilità di utilizzare i rilievi cinematici e *stop and go* realizzati anche per la generazione di mappe speditive, che permettano la valutazione della situazione reale della distribuzione degli inquinanti nell'area urbana. Nell'attesa, infatti, che vengano perfezionati i sistemi di modellistica auspicati dalla comunità europea, le sole centraline fisse di monitoraggio, seppur numerose, non possono che fornire un dato puntuale di inquinamento e non lo stato reale dell'intero agglomerato urbano.

I rilievi cinematici, invece, pur non avendo la precisione, data dal lungo periodo di osservazione delle centraline, permettono di avere un'alta risoluzione spaziale del dato di inquinamento su tutto il territorio.

Le mappe generate, di cui viene riportato in figura 8 un esempio, possono costituire uno strumento di rapida realizzazione dal gestore del territorio per evidenziare evidenti casi di criticità.

7. Conclusioni

Per una validazione completa del modello è necessario uno studio più completo del sito che tenga conto, in particolare, di situazioni meteorologiche diverse. Durante le campagne di misura, infatti, non è stato possibile avere una conoscenza diretta delle condizioni meteorologiche locali, ma ci si è basati sui dati forniti dalle centraline meteo fisse gestite dall'ARPAT. È quindi possibile che si siano verificate, sul sito studiato, condizioni di vento, sia in modulo che direzione, diverse da quelle registrate dalle stazioni dislocate nel centro urbano.

Tuttavia la quantità e la qualità dei dati sino ad ora acquisiti, costituisce una banca dati completa per quanto riguarda il centro urbano di Livorno, dalla quale possono essere tratte informazioni sufficienti per la validazione del modello e indicazioni sulla sua capacità di descrivere siti analoghi a quello oggetto dello studio.

Bibliografia

CEFALO R., MANZONI G., SKERL G., *Road survey for GIS by means of low cost DGPS/DR*, CISM Courses and Lectures. N.365 - Data acquisition and analysis for multimedia GIS , Udine, pp. 21-33, SpringerWienNewYork, 1995.

APAT, *Le emissioni in atmosfera da trasporto stradale*, Serie Stato dell'Ambiente n.12, 2000.

ACI, *Autoritratto 2000* - Parco veicolare della Prorincia di Livorno, 2000.

Regione Toscana, *Inventario Regionale delle Emissioni in Aria Ambiente (IRSE)*, 2002.

PIEMONTE A., *Real time GNSS. Application to air pollution monitoring*, Proceedings of the Seinar REAL TIME GNSS (WG Satellite Navigation System of the CEI WG Science and Technology, Section C, Geodesy), Trieste 2002, Reports on Geodesy No. 3(63), Warsaw Institute of Technology, Institute of Geodesy and Geodetic Astronomy, 2002.

AGOSTINI E., COREZZI M., CIUCCI I., MAZZINI M., *Studio dell'inquinamento da COV e da benzene nel territorio di Livorno*, ARPAT - DIMNP NT 01(03), 2003.

AGOSTINI E., CIUCCI I., MAZZINI M., STRINATI S., *Studio dell'inquinamento atmosferico da COV sul territorio di Livorno, con applicazione dei codici ISC3 e CALINE4*, RL 1016(03), 2003.

CALIFORNIA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, *CALINE4-A Dispersion Model for Predicting Air Pollutant Concentrations near Roadway*, Report FHWA/CA/TL-84115.

TOFFI C., *Aggiornamento dati emissione di COV da sorgenti diffuse*, DIMNP(03) , 2003.

PIEMONTE A., ANAPOLI K., *GNSS monitoring of air pollution due to thin powder. Experimental results*, Proceedings of the Bilateral Geodetic Meeting Italy-Poland, Bressanone 2003, Reports on Geodesy No. 2(65), Warsaw Institute of Technology, Institute of Geodesy and Geodetic Astronomy, 2003.

U. S. ENVIRONNRENML PROTECTION AGENCY, *User's Guide for the Industrial Source Complex (ISC3) Dispersion Model*, vol. I and II. EPA-454,,b-95-0036, 2004.