



UN SISTEMA INFORMATIVO TERRITORIALE PER L'ANALISI DI INCIDENTALITÀ IN AMBITO URBANO

Antonino D'Andrea

Dipartimento Costruzioni e Tecnologie Avanzate – Università di Messina
Salita Sperone, 31 – 98166 -Villaggio S.Agata (Messina)
Tel. +39.090.6765619- Fax: +39.090.395022
E-mail: dandrea@ingegneria.unime.it

Giuseppe Mussumeci

Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale - Università di Catania
Viale A.Doria 6, 95125 Catania
Tel. +39.095.7382212 - Fax +39.095.7382247
E-mail: gmussume@dica.unict.it

Antonio Condorelli

Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale - Università di Catania
Viale A.Doria 6, 95125 Catania
Tel. +39.095.7382218 - Fax +39.095.7382247
E-mail: acondor@dica.unict.it

UN SISTEMA INFORMATIVO TERRITORIALE PER L'ANALISI DI INCIDENTALITÀ IN AMBITO URBANO

ANTONINO D'ANDREA – Dip. Costruzioni e Tecnologie Avanzate – Università di Messina

GIUSEPPE MUSSUMECI – Dip. di Ingegneria Civile e Ambientale – Università di Catania

ANTONIO CONDORELLI - Dip. di Ingegneria Civile e Ambientale – Università di Catania

SOMMARIO

Le problematiche inerenti la sicurezza stradale sono da qualche anno divenute argomento di grande attualità ed è sempre crescente l'attenzione dei mezzi di informazione e dell'opinione pubblica sulle drammatiche conseguenze dell'incidentalità e sui fattori che la determinano.

Tuttavia, il tema specifico dell'incidentalità in ambito urbano, forse erroneamente ritenuto di minore rilevanza in considerazione della più rigida regolamentazione della circolazione e delle velocità generalmente inferiori rispetto all'ambito extraurbano, non è stato finora oggetto della dovuta attenzione né da parte delle Pubbliche Amministrazioni né, per la verità, della comunità scientifica. Solo recentemente sono state avviate, sia in ambito nazionale che internazionale, ricerche specifiche su questo settore, che si presenta, in molti aspetti, ben più complesso ed articolato rispetto a quello, da più tempo indagato e studiato, dell'incidentalità extraurbana.

Eppure, una simile condizione non è certamente giustificabile alla luce delle dimensioni del fenomeno, che assume sempre più le caratteristiche di un vero e proprio problema sociale. La motorizzazione di massa che oggi caratterizza tutte le moderne città industrializzate ha causato, infatti, livelli e modalità di utilizzazione delle reti stradali spesso inadeguati alle caratteristiche infrastrutturali oppure incompatibili con le differenziate tipologie di utenza degli spazi urbani. Per queste ed altre ragioni, oggi l'incidentalità stradale è da ritenere uno dei più gravi problemi legati al traffico veicolare nelle aree urbane.

A conferma di tutto questo è utile riportare sinteticamente alcuni dati: nella sola Unione Europea, ogni anno muoiono in incidenti stradali circa 45000 persone ed una grande percentuale dei sinistri avviene in ambito urbano. Secondo alcune ricerche dell'ISTAT, condotte sul territorio nazionale, circa il 75% degli incidenti stradali si verificano in ambito urbano. Anche se, generalmente, le conseguenze di questa alta percentuale di incidenti "urbani" sono meno gravi rispetto a quelle che derivano dall'incidentalità sulla viabilità extraurbana, vengono comunque registrati indicatori tutt'altro che trascurabili. Ad esempio si registra, in ambito urbano, un numero di decessi pari al 44% della totalità, mentre il numero dei feriti sale addirittura a circa il 70% del totale.

Lo studio del fenomeno, complesso ed articolato, richiede innanzitutto il rilievo di una serie di dati di diversa natura attinenti, ad esempio, alle caratteristiche infrastrutturali della rete o alla tipologia del contesto urbano. Nel contempo è anche necessario pensare a nuove ed appropriate metodologie di indagine e di analisi che permettano, sulla base dei dati disponibili, di comprenderne i fattori di rischio e le mutue relazioni. Data la notevole quantità e varietà dei dati da gestire, dovuta anche alla eterogeneità del territorio urbano, il GIS (Sistema Informativo Geografico) si propone efficacemente come uno strumento ad alta produttività, ideale per l'analisi e l'aggregazione di tutte queste informazioni.

Con la presente memoria si riferisce sulle metodologie adottate e sui i primi risultati ottenuti affrontando lo studio del fenomeno in tale direzione su un esteso campione di incidenti avvenuti, nell'arco di due anni, nell'area urbana del Comune di Catania. Lo studio è stato condotto interamente in ambiente GIS, attraverso la preliminare georeferenziazione degli eventi, la definizione, strutturazione ed implementazione del database e l'applicazione di una metodologia originale di analisi dei dati.

ABSTRACT

Road safety have become since some years ago a really actual subject. Mass media and people's attention about the dramatic consequences of accidents, and about the elements that determine them, is always growing. However, the specific argument of urban road safety hasn't been still now studied neither by Public Administration nor, to be honest, by scientific community, perhaps because it is erroneously considered less important than the extra-urban one because of the sticter rules of circulation and because of the less quick speeds. Just recently, national and international specific researches on this subject were started, discovering that this argument, under many points of view, is more articulated and more complex than the more studied extra-urban one.

A similar condition can't be justified in consideration of phenomenon's dimension that assumes more and more the characteristics of a social problem. The great motorization, that today characterises all modern industrialised cities, caused, infact, inadequate uses of road network to the infrastructure's characteristics, or incompatibilities with the different users of urban spaces. For these and other reasons, today road accidents have to be considered one of the most important problems due to traffic in urban areas.

To confirm that, we synthetically report some dates: just in European Union each year about 45000 people die for road accidents and a great part of these happens in urban zones. According to some national ISTAT researches about 75% of the accidents happens in urban zones. Even if generally the consequences of this high percentage of urban accidents are less serious than the ones originated by rural roads accidents, we can however register considerable indicators. For example, we have registered in urban areas a number of deaths near to the 44% of the totality, while the number of injured grows about to the 70% of the total.

The study of the phenomenon needs above all a survey of series of dates about, for example, the infrastructural characteristics of road network or about urban context. At the same time, it is necessary to think about new and appropriate methodologies, that permit us to understand risk factors and correlated links. Because of the considerable quantity and diversity of the dates due to the heterogeneity of urban territory, G.I.S. (Geographical Informative System) proposes itself as an efficient instrument of high productivity, ideal for the analysis and the aggregation of all these informations.

In this paper we report about the chosen methodologies and about the first results of a study produced in this direction on a large sample of accidents happened in two years in the urban area of Catania District. This study has been produced all in G.I.S. environment through the previous georeferenziation of the events, the definition, structuration and implementation of database, and the application of an original methodology of analysis of dates.

1. INTRODUZIONE

Il fenomeno dell'incidentalità stradale rappresenta indubbiamente un grave problema anche nelle aree urbane. L'incidentalità urbana, erroneamente interpretata in passato come un fenomeno di minore rilevanza rispetto a quella extraurbana, ha assunto infatti dimensioni che non possono più essere ignorate, sia in termini strettamente "numerici" sia in termini di gravità delle conseguenze. A tal proposito, e a conferma di quanto sostenuto poco sopra, è utile riportare alcuni dati statistici relativi all'Italia e ad alcuni Paesi europei.

Ogni anno, nella sola Unione Europea, muoiono in incidenti stradali circa 45000 persone ed una grande percentuale dei sinistri avviene in ambito urbano.

Secondo alcune ricerche dell'ISTAT [1], condotte sul territorio nazionale (cfr. Tab.1), circa il 75% degli incidenti stradali si verificano in ambito urbano. È importante, ad ogni modo, osservare che le conseguenze di questa alta percentuale di incidenti "urbani" sono, generalmente, meno gravi rispetto a quelle che derivano dall'incidentalità su viabilità extraurbana: in città infatti ogni 1000 incidenti muoiono 16.9 persone, mentre nelle autostrade tale quota sale a 56 e addirittura a 74.2 nelle altre strade extraurbane. Ciò nondimeno, a causa dell'elevato numero di eventi, la percentuale dei decessi rispetto al totale è comunque considerevole e si aggira attorno al 42%, mentre quella dei feriti è di circa il 71%.

Anno	Autostrade			Strade Statali			Strade Provinciali		
	Incidenti	Morti	Feriti	Incidenti	Morti	Feriti	Incidenti	Morti	Feriti
1997	11582	698	20342	19337	1489	32580	12207	1039	19199
1998	13836	759	24356	18683	1464	30849	12083	940	18925
1999	14147	801	24885	19690	1581	33008	13930	1075	22046
2000	13396	750	22542	19659	1547	32120	13726	1082	21248
Anno	Strade Comunali Extraurbane			Strade Urbane			Totale		
	Incidenti	Morti	Feriti	Incidenti	Morti	Feriti	Incidenti	Morti	Feriti
1997	7381	334	11048	139561	2633	188946	190068	6193	272115
1998	7101	370	10450	152912	2809	209262	204615	6342	293842
1999	7793	429	11624	163472	2747	225135	219032	6633	316698
2000	6945	364	10157	158215	2667	215492	211941	6410	301559

Tabella 1 – Incidentalità urbana ed extraurbana in Italia (1997-2000)

Facendo riferimento particolare alle utenze deboli, la cui presenza sulla strada è ovviamente molto elevata in città, si possono individuare alcuni dati particolarmente significativi, tra cui, ad esempio, la percentuale di incidenti con coinvolgimento di pedoni che avvengono nelle aree urbane. Nel 1999 tale percentuale si è assestata su un valore pari al 93%, il che significa, evidentemente, che tale tipologia di incidente avviene quasi esclusivamente in ambito urbano. È necessario precisare che,

contrariamente a quanto affermato poco sopra, gli incidenti stradali con coinvolgimento di utenze deboli, tipici delle aree urbane, hanno generalmente conseguenze gravi. Nel bilancio generale sulle conseguenze degli incidenti stradali in Italia si individua infatti che ben il 12.6% dei morti sono proprio pedoni; tale valore, se riferito al precedente 93%, indubbiamente evidenzia uno stato di fatto della sicurezza stradale urbana per le utenze pedonali quantomeno preoccupante. Prendendo in considerazione, sempre con riferimento al 1999, tutte le utenze deboli (pedoni, ciclisti, motocicli) coinvolte in incidenti stradali si rileva il 36.3% dei morti e il 31.6% dei feriti.

Negli altri stati Europei la situazione è per numerosi elementi abbastanza simile al caso nazionale e, di caso in caso, la percentuale di incidenti che avviene in aree urbane varia rispetto al totale dal 60% al 74%. È possibile tuttavia cogliere (cfr. tab. 2) anche numerose differenze che caratterizzano il fenomeno dell'incidentalità stradale nei Paesi Europei esaminati [2]. Al di là delle percentuali di incidenti avvenuti in area urbana che si attestano su valori simili, non si può infatti non notare che il tasso di mortalità riferito a 100000 abitanti differisca nei casi estremi addirittura di un fattore pari a 3, passando da un valore 6.2 del Regno Unito ad un valore di 18.3 per la Grecia. Non si riscontra inoltre una precisa concordanza tra gli indicatori di morti e feriti normalizzati a 100000 abitanti, il che evidentemente significa che esistono forti differenze anche per quanto riguarda le conseguenze degli eventi incidentali.

Stato	Morti	Feriti	% Incidenti in area urbana	Popolazione	Rapporto morti/100000 abitanti	Rapporto feriti/100000 abitanti
Austria	1216	51974	60	8050000	15.1	645.6
Repubblica Ceca	1588	36967	69	10330000	15.4	357.9
Danimarca*	546	9757	62	5230000	10.4	186.6
Francia	8412	181403	68	58140000	14.5	312.0
Germania*	9814	516400	63	81640000	12.0	632.5
Grecia*	1909	30297	72	10460000	18.3	289.6
Italia	6512	259571	73	57270000	11.4	453.2
Paesi Bassi	1227	10210	54	15460000	7.9	66.0
Regno Unito*	3650	315189	74	58605000	6.2	537.8

Tabella 2 – N. di morti e feriti in incidenti stradali nel 1995 o (*)1994 nei Paesi Europei

Osservando l'andamento dell'incidentalità stradale nei Paesi europei si può osservare (cfr. tab. 3) che il fenomeno fa registrare un riduzione della mortalità che si attesta generalmente attorno al 20 – 35 %. Nel generalizzato contesto sopra descritto esiste una eccezione: la Grecia, in cui si è registrato un leggero incremento della mortalità, dovuto probabilmente al notevole incremento della mobilità degli ultimi anni. Se da un lato le conseguenze degli incidenti sono meno gravi, il numero dei sinistri è comunque tendenzialmente in crescita, come confermato anche dal dato relativo all'Italia, in vertiginoso aumento dal 1997 al 1999, ma fortunatamente in diminuzione per il 2000.

Come è possibile intuire anche dai dati sinteticamente riportati, è un punto di vista oramai ampiamente accettato quello che individua nel fenomeno della motorizzazione di massa dei paesi industrializzati la causa basilare dei problemi di sicurezza del traffico. Le dimensioni di questo triste fenomeno divengono spesso particolarmente evidenti nelle realtà urbane più antiche, molto frequenti in Europa, in cui le reti infrastrutturali di trasporto non sono state evidentemente concepite per i volumi e le

tipologie di traffico oggi esistenti. La motorizzazione di massa ha causato, infatti, livelli e modalità di utilizzazione delle reti stradali spesso inadeguati alle caratteristiche infrastrutturali oppure incompatibili con le differenziate tipologie di utenza degli spazi urbani.

Ne consegue una delle sfide più impegnative e difficili per i tecnici e per i pianificatori: conciliare l'esigenza sempre più pressante di una mobilità efficiente con la sicurezza di esercizio delle reti urbane di trasporto.

Stato	Incidenti 1998	Incidenti 1999	Variaz. % incid. (1998-99)	Morti 1999	Morti per 1000000 ab. (1991)	Morti per 1000000 ab. (1999)	Variaz. % morti (1991-99)
Austria	39225	42348	+8.0	1079	199	134	-32.7
Belgio	51167	51601	+0.8	1397	187	137	-26.7
Danimarca	7556	7605	+0.6	514	118	97	-17.8
Finlandia	6902	6997	+1.4	431	126	84	-33.3
Francia	124387	124524	+0.1	8487	184	144	-21.7
Germania	377257	395689	+4.9	7772	141	95	-32.6
Grecia	24836	24231	-2.4	2116	206	209	+1.5
Irlanda	8239	7807	-5.2	413	126	110	-12.7
Italia	204615	219032	+7.0	663	142	115	-19.0
Lussemburgo	1053	1062	+0.9	58	207	143	-34.8
Paesi Bassi	41299	42271	+2.4	1090	85	68	-18.8
Portogallo	49319	47966	-2.7	1995	326	243	-35.6
Regno Unito	246410	242610	-1.5	3564	82	61	-26.8
Spegna	97570	97811	+0.2	5738	227	151	-35.7
Svezia	15514	15834	+2.1	580	86	60	-23.3
UE 15	1295349	1327388	+2.5	41867	153	112	-26.8

Tabella 3 - Numero di incidenti e di morti per incidentalità stradale nei Paesi Europei

2. FATTORI CHE INFLUENZANO LA SICUREZZA STRADALE URBANA

L'approccio allo studio del fenomeno dell'incidentalità stradale urbana può richiedere procedure particolari. In generale non è infatti semplice (in alcuni casi potrebbe essere addirittura impossibile) applicare ad un'area urbana metodologie di studio della sicurezza stradale ormai consolidate per il sistema extraurbano. Lo studio della sicurezza stradale in ambito urbano presenta infatti numerose problematiche che solo in alcuni casi possono essere ricondotte al caso della viabilità extraurbana, mentre in molti altri sono anche sensibilmente differenti. Più in particolare, nel caso in cui la strada presenti caratteristiche infrastrutturali e d'uso simili a quelle di una strada extraurbana (es. autostrade urbane, tangenziali) le problematiche connesse alla sicurezza di esercizio riguarderanno, tra l'altro, la geometria, la visibilità, lo stato di conservazione ed il livello di manutenzione, ecc... Nel caso in cui, invece, la strada abbia caratteristiche nettamente "urbane" (es. una antica via all'interno di un centro storico) fermo restando quanto esposto precedentemente, si deve rilevare che il livello di sicurezza viene più significativamente influenzato da altri fattori che verranno esaminati nel seguito.

2.1. VELOCITÀ

I più recenti studi condotti nel settore della sicurezza stradale, con particolare riferimento agli ambienti urbani, hanno messo in evidenza la stretta correlazione

esistente tra le velocità e il numero di incidenti occorsi. Tra questi si segnala il progetto DUMAS [2,3] (Developing Urban Management And Safety), finanziato dalla Commissione Europea e sviluppato da numerosi enti di ricerca dell'Unione, nell'ambito del quale si è stimato che, in corrispondenza di una riduzione della velocità media di soli 5 km/h, nell'intera rete europea si determinerebbe una riduzione annuale di circa 11000 morti e di circa 180000 feriti. Una simile riduzione del fenomeno dell'incidentalità stradale comporterebbe una riduzione dei costi conseguenti pari a 30-40 bilioni di euro all'anno. La fig. 1 mostra una relazione estrapolata sperimentalmente [4] su un campione di strade urbane, in cui si evidenzia una riduzione del 2-4% del numero di incidenti per ogni Km/h di riduzione della velocità media dei veicoli.

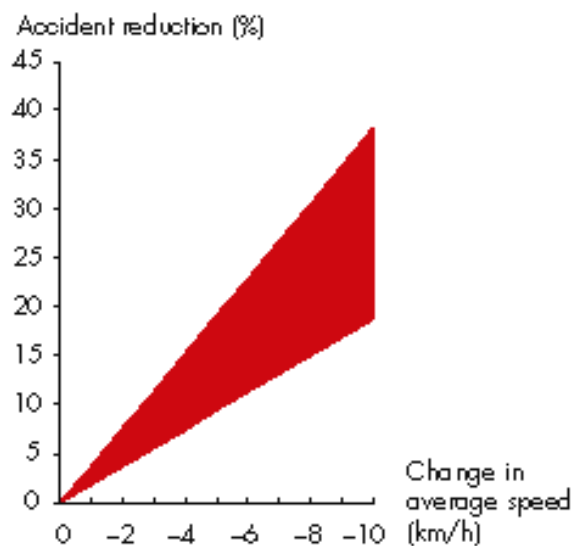


Figura 1 – Relazione la velocità media e la riduzione del numero di incidenti in Europa

Un gran numero degli studi più recenti condotti nel settore evidenziano quindi una significativa dipendenza della sicurezza stradale urbana con i valori medi di velocità, non solo in relazione al numero di incidenti, ma anche per quanto riguarda l'entità delle conseguenze. Alcune relazioni sperimentali evidenziano che il numero dei morti è proporzionale alla quarta potenza della velocità media del flusso veicolare, mentre il numero dei feriti gravi cresce con la terza potenza della velocità. Analogamente, il numero complessivo dei feriti aumenta con il quadrato della velocità e il numero degli incidenti aumenta di circa il 2% per ogni incremento di 1 km/h della velocità.[5-7].

Il grafico di figura 2 evidenzia come anche piccole variazioni nella velocità media possono provocare conseguenze notevolmente differenti [4]. Pertanto le strategie per la lotta all'incidentalità stradale devono necessariamente prevedere interventi per il controllo e la limitazione delle velocità. Tale controllo deve essere inteso sia in termini assoluti, sia in termini di riduzione delle differenze di velocità dovute ad utilizzazioni promiscue della stessa infrastruttura.

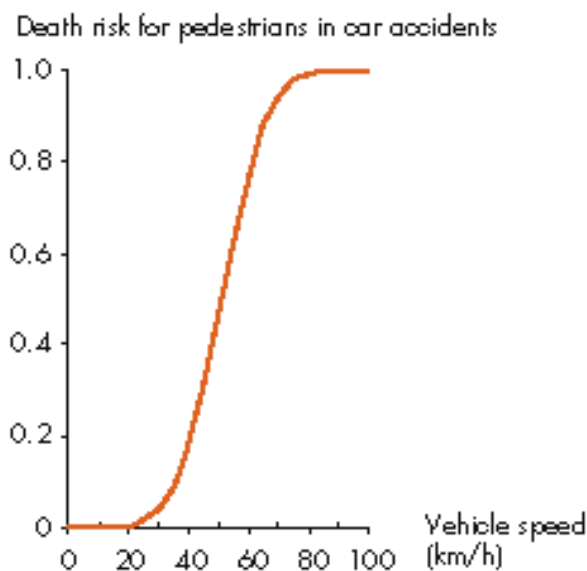


Figura 2 – Relazione la velocità dei veicoli ed il rischio di morte per pedoni investiti

In ambito urbano le tecniche del traffic calming si sono dimostrate in numerosi contesti estremamente utili per queste finalità: alcune esperienze europee hanno permesso riduzioni incidentalità comprese tra il 15% e

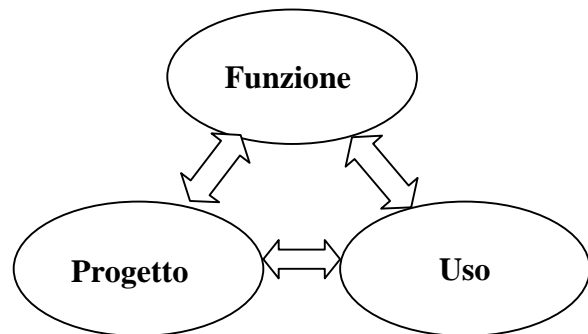
l'80% [8]. Analogamente per quanto attiene i provvedimenti di limitazione di velocità sulla soglia dei 30 km/h all'interno delle zone residenziali. Tale velocità, in base agli studi effettuati [9-10], risulta essere infatti il limite superiore al di sotto del quale è statisticamente minima la probabilità che l'impatto di un veicolo con un pedone si risolva in un incidente mortale: tale probabilità è del 5% a 30 km/h e sale al 40% se la velocità del veicolo è pari a 50 km/h e addirittura al 90% se la velocità è di 70 km/h.

2.2. PROMISCUITÀ FUNZIONALE E CONTESTO AMBIENTALE DI MARGINE

Nello studio del fenomeno dell'incidentalità è evidente una relazione tra il livello di incidentalità ed i flussi di traffico, ma, in ambito urbano, ancor più determinanti sembrano essere le conflittualità tra le diverse componenti di traffico che, il più delle volte, impegnano l'infrastruttura stradale in modo promiscuo. Particolarmente importanti, in tal senso, appaiono le conflittualità tra il traffico veicolare e quello pedonale, che sono una delle cause più frequenti del verificarsi di incidenti con gravi conseguenze.

La motorizzazione di massa ha infatti inevitabilmente condotto anche ad una notevole promiscuità funzionale delle reti stradali: traffico veicolare di attraversamento o di accesso al centro, esigenza di parcheggi, presenza di utenze "deboli" delle strade (pedoni, ciclisti, anziani e bambini) cui si dovrebbe in ogni modo garantire il diritto alla vivibilità ed alla sicurezza nelle zone residenziali e commerciali. Tutti gli elementi fin qui richiamati, apparentemente indipendenti, devono, per una corretta analisi, essere considerati tra loro fortemente correlati. Diviene quindi fondamentale comprendere e, se necessario, definire quali siano tali collegamenti, che possono efficacemente essere riassunti mediante le relazioni tra i seguenti concetti:

- **Funzione** → ciascuna infrastruttura, a livello di pianificazione dei trasporti, dovrebbe essere concepita in modo da svolgere un unico e determinato ruolo all'interno della rete cui appartiene; in termini pratici, questo si traduce con il servire principalmente alcuni tipi di movimento (es. accesso o attraversamento) contraddistinti da determinate caratteristiche (velocità, distanze di percorrenza, composizione del traffico, ecc.);
- **Progetto** → è l'entità materiale mediante cui si attua nella realtà il concetto funzionale precedentemente definito. In questo termine rientrano anche i progetti di adeguamento;
- **Uso** → pur disponendo di progetti di qualità in grado di tradurre in realtà la funzione prevalente che si desidera assuma l'infrastruttura, è necessario sempre eseguire delle verifiche in quanto, particolarmente in ambito urbano, è molto difficile riuscire a mettere in atto una drastica segregazione funzionale delle utenze. In tal senso è necessario prevedere in fase di gestione regole o sistemi che costringano o, quantomeno, inducano all'uso



desiderato della strada. Ad ogni modo, forti e prolungate divergenze tra funzione pianificata ed uso dell'infrastruttura indicano di norma la necessità di ritornare alla fase del progetto, intesa sia come possibilità di ulteriori adeguamenti per la strada in difformità funzionale, oppure anche come possibilità di costruzione di un nuovo tracciato che assuma esclusivamente su se stesso le funzioni delle quali si intende esautorare la strada preesistente.

Ogni volta che si verifica un conflitto o anche semplicemente un "attrito" tra questi tre elementi si può correttamente ritenere che si inneschi una generica causa potenziale di insicurezza del traffico. Al contrario, risolvere o attenuare tali conflitti diviene un'ottima metodologia di intervento per contenere i problemi di sicurezza del traffico.

In generale, accade molto spesso che i sistemi stradali debbano svolgere numerose funzioni, spesso anche tra loro difficilmente compatibili. Questo problema si esaspera notevolmente in ambito urbano per il fatto che, come è facile intuire, è più probabile che su una stessa infrastruttura convergano numerose ed eterogenee funzioni ed esigenze e che possano, quindi, confluire tipologie di traffico fortemente differenti per caratteristiche e velocità di esercizio: correnti veicolari di attraversamento, di accesso, o residenziali, traffico pedonale e ciclistico, trasporto pubblico, etc. Gli utenti appartenenti a ciascuna di queste categorie di traffico, evidentemente, utilizzano l'infrastruttura stradale in modi molto diversi ma presumendo, spesso, di interferire esclusivamente con flussi di traffico simili a quello cui appartengono.

In tal senso, come già sostenuto precedentemente, sarebbe quindi utile elaborare in fase di pianificazione una adeguata e vincolante classificazione funzionale e gerarchica, finalizzata ad assegnare a ciascuna strada una categoria dominante di traffico. In tal modo sarebbe possibile prevenire usi non adeguati dell'infrastruttura, eccessive differenze nelle velocità di esercizio o evitare incertezze nel comportamento degli utenti della strada.

Nell'ambito urbano, è necessario evidenziare che tali condizioni di promiscuità funzionale vengono molto spesso causate da fattori esterni all'infrastruttura stessa. Alcune indagini statistiche recentemente effettuate [11] hanno, ad esempio, messo in evidenza che le seguenti condizioni possono notevolmente favorire il fenomeno degli incidenti stradali urbani:

- zone residenziali ad alta densità di edificato;
- antichi centri storici;
- zone commerciali ricche di negozi;
- zone scolastiche;
- sistemi stradali con bassa differenziazione delle categorie di traffico e numerose intersezioni;
- grandi volumi di traffico con grandi quantità di veicoli parcheggiati.

Un ulteriore elemento che, in questa sede, si intende evidenziare è dato dal problema dell'incidentalità alle intersezioni. In ambito urbano, infatti, buona parte degli incidenti si verificano alle intersezioni, proprio per il fatto che in queste aree relativamente ristrette, si esasperano ai massimi livelli i conflitti tra le differenti correnti di traffico.

3. IL GIS COME STRUMENTO DI INTEGRAZIONE, GESTIONE ED ANALISI DEI DATI RELATIVI ALL'INCIDENTALITÀ STRADALE URBANA

Da quanto sinora esposto per quanto riguarda l'analisi di incidentalità in ambito urbano emerge indubbiamente un quadro estremamente complesso, articolato su numerosi ed eterogenei dati, indispensabili per la caratterizzazione dell'infrastruttura e

del contesto socio-economico-ambientale in cui è inserita. Questi dati, fortemente differenziati e spesso riconducibili anche a vari settori di interesse (mobilità, infortunistica, attività economiche, commerciali, sociali, ecc..) trovano indubbiamente un comune denominatore nella base cartografica cui è possibile riferirli.

Per una maggiore efficacia dello studio, dalla fase di acquisizione ed elaborazione dei dati alla successiva fase di rappresentazione dei risultati, si è ritenuto proficuo definire come “ambiente” di lavoro un Sistema Informativo Geografico (GIS), nella consapevolezza che uno strumento di questo tipo consente non solo un’utile gestione ed aggiornamento dei dati necessari per l’analisi di incidentalità (parametri geometrici, di traffico, di sicurezza, ambientali, ecc.), ma anche di relazionarli tra loro per diverse tipologie di indagine. Nel caso specifico, data la mole e l’eterogeneità dei dati da gestire ed analizzare, l’utilizzazione del GIS risulta particolarmente vantaggiosa, se non addirittura indispensabile, in quanto consente di operare contemporaneamente su numerosi database relativi ai vari aspetti indagati, anche mediante indagini incrociate, mantenendo sempre un riferimento integrato alla cartografia della rete e del territorio.

Evidentemente, una volta progettata l’architettura e la struttura informativa del sistema ai fini dell’analisi di incidentalità, è necessario programmare ed eseguire un rilievo adeguato e completo dei dati da studiare e definire, quindi, opportune metodologie che permettano di comprenderne i fattori di rischio e le mutue relazioni. In tal caso, il GIS (Sistema Informativo Geografico) si propone a buon diritto come uno strumento ad alta produttività, ideale per l’analisi e l’aggregazione di tutte queste informazioni.

Per quanto riguarda i dati a disposizione, è necessario fare alcune precisazioni di carattere generale. Senza voler entrare nel merito specifico del dibattito scientifico sulle carenze generalizzate che frequentemente caratterizzano gli archivi degli incidenti stradali, si deve certamente osservare che spesso, per quanto riguarda l’ambito urbano, tali mancanze sono così esasperate da rendere il dato quasi del tutto infruibile ai fini di qualsiasi tipologia di indagine specifica. Capita spesso, infatti, di imbattersi in database che, pur contenendo numerosi elementi relativi ad eventi urbani, sono articolati su strutture informative evidentemente calibrate solo per gli incidenti extraurbani. In simili contesti, frequentemente gli eventi urbani vengono trattati quasi come elementi anomali del database, identificati con etichette del tipo “ambito urbano”, ma privi di qualsiasi contenuto informativo (localizzazione, modalità, orario, tipologia, etc.).

Fermo restando quindi la denuncia delle gravi carenze dei dati a disposizione, sia dal punto di vista quantitativo sia dal punto di vista qualitativo, si deve ancora mettere in evidenza un ulteriore aspetto che, particolarmente per le aree urbane, può assumere un notevole importanza. In molti casi le istituzioni per la registrazione e l’archiviazione degli incidenti vengono “attivate” esclusivamente in presenza di eventi con gravi conseguenze. Questa metodologia operativa, che tende quindi a limitare le proprie azioni esclusivamente ai casi di una certa rilevanza, esclude automaticamente tutti gli eventi che possono essere indicati, nel loro complesso, con il termine “microincidentalità”. Questi incidenti con conseguenze “minori”, frequentissimi in ambito urbano, costituiscono tuttavia un importantissimo strumento (che in tal modo viene a priori escluso) per la definizione dei siti a maggiore pericolosità all’interno di una città. Per questa ragione le analisi delle banche dati non sempre conducono a risultati pienamente affidabili e completi: si corre sempre il rischio di alterare la realtà trascurando un gran numero di eventi “minori” non registrati o sopravvalutando pochi incidenti “gravi” catalogati.

4. APPLICAZIONE AL COMUNE DI CATANIA: I DATI DISPONIBILI E LA CREAZIONE DEL SISTEMA INFORMATIVO

In questo lavoro si presenta una estesa applicazione, condotta nelle aree urbane del Comune di Catania, sul tema dell'analisi di incidentalità. In mancanza di un archivio utilmente strutturato, è stato possibile analizzare un significativo campione di dati relativi al biennio 1994/95, in quanto in tale arco temporale la Polizia Municipale ha redatto schede di incidente nell'ambito delle indagini preliminari alla realizzazione del PUT. I dati dedotti da un'attenta analisi delle suddette schede hanno così permesso di pervenire ad un campione che, pur se non pienamente soddisfacente dal punto di vista statistico, permette certamente di ottenere risultati in linea generale affidabili.

Si deve inoltre precisare che tale campione si riferisce ad eventi urbani che hanno determinato l'intervento della Polizia Municipale o della Polizia Stradale e non può essere pertanto considerato un database completo degli incidenti avvenuti nel territorio (anche extraurbano) del Comune di Catania.

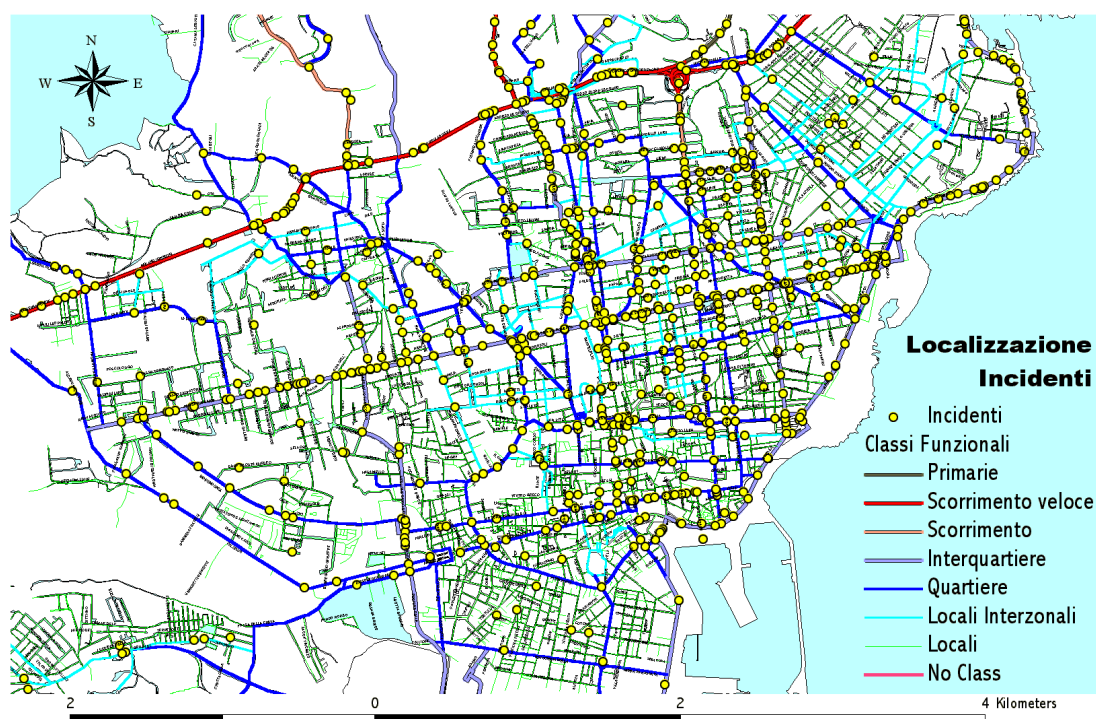


Figura 3 – Georeferenziazione in ambiente GIS degli incidenti stradali (1994-95) dell'area urbana del Comune di Catania su base cartografica vettoriale 1:2000

Le schede di incidente a disposizione sono state quindi informatizzate creando un ampio database, ricco di numerosi campi informativi per ogni incidente, di cui si darà una esauriente descrizione nel seguito.

Gli elementi del database sono stati successivamente georeferenziati in ambiente GIS utilizzando basi cartografiche vettoriali alla scala 1:2000 ed ortofotocarte (1:10000). La metodologia utilizzata per la georeferenziazione si è basata fondamentalmente sulla procedura semiautomatica di geocodifica degli indirizzi in base ai numeri civici. I risultati che si ottengono, pur non permettendo, in base ai dati a disposizione, precisioni di dettaglio planimetrico, garantiscono comunque un buon livello di affidabilità alla

scala di lavoro, in quanto si riesce pienamente ad individuare ciascun incidente in relazione alla via e al numero civico o all'intersezione in cui è avvenuto.

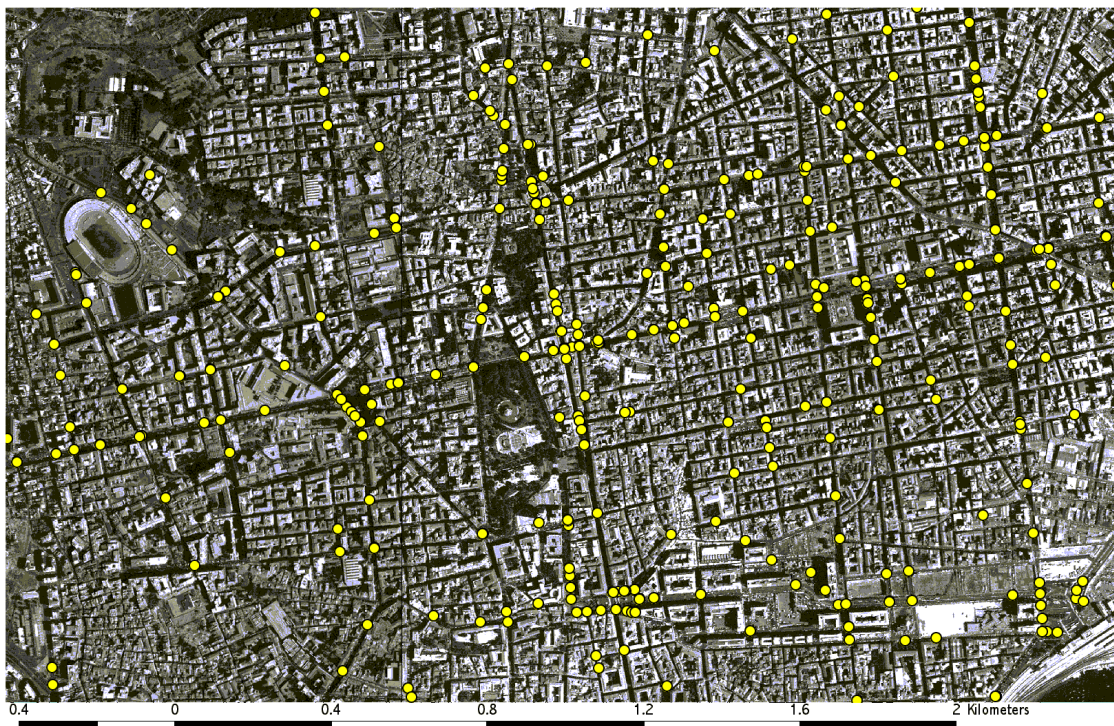


Figura 4 – Georeferenziazione in ambiente GIS degli incidenti stradali (1994-95) dell'area urbana del Comune di Catania su ortofotocarte 1:10000

A causa della incompletezza di alcune schede, purtroppo, nella fase di georeferenziazione sono andati perduti alcuni dati (poco meno del 10%) che non è stato possibile in nessun modo posizionare sulla carta. Il tematismo di eventi georeferenziati che si è ottenuto alla fine della procedura consta quindi di 1222 incidenti, per un totale di 1819 autovetture coinvolte, 22 furgoni, 126 autocarri, 53 autobus, 137 motocicli, 312 ciclomotori, 7 biciclette e 140 pedoni. Per quanto riguarda le conseguenze, si devono registrare 8 morti e 961 feriti per un totale di 11134 giorni di convalescenza in ospedale. Per quanto riguarda i morti, occorre precisare che il dato, apparentemente basso, si riferisce esclusivamente a decessi avvenuti sulla scena dell'incidente o nelle fasi immediatamente successive di trasferimento verso l'Ospedale.

Sembra a questo punto opportuno fornire qualche dettaglio in più riguardo i contenuti informativi del database incidenti. Più in particolare, i campi dell'archivio possono essere descritti come segue:

- **Dati relativi all'identificazione:** codici identificativi, numero di pratica, data ed ora dell'evento, riferimenti alla scheda, etc.;
- **Dati relativi al contesto ambientale:** giudizi sull'illuminazione e sulla visibilità, sulle condizioni operative della pavimentazione (asciutto/bagnato, ghiaccio, presenza di olii o ghiaia, etc.) e sullo stato di manutenzione della stessa, presenza di segnaletica (verticale, orizzontale, luminosa);
- **Dati relativi ai soggetti coinvolti:** numero di autovetture, furgoni, autocarri, autobus, motocicli, ciclomotori, biciclette, pedoni o altro;

- **Dati relativi alle conseguenze:** numero di morti e di feriti, numero complessivo di giorni di convalescenza trascorsi in ospedale per tutti i soggetti coinvolti;
- **Dati relativi alla localizzazione:** indirizzo e numero civico di ubicazione ovvero individuazione dell'intersezione come "crocevia";
- **Dati relativi alle dinamiche:** tipologia di incidente, note del compilatore.

Il tematismo appena descritto relativo agli incidenti è stato inserito, nell'ambito del Sistema Informativo Geografico, come un tassello chiave in una struttura dati ben più complessa ed articolata su numerosi altri tematismi (edifici, sezioni censuarie, municipalità, semafori, attività commerciali, scuole, etc.) ciascuno con il relativo database, che, per evidenti motivi di spazio, non è possibile dettagliare nell'ambito della presente memoria, ma che comunque ha un ruolo ben preciso nelle analisi che saranno di seguito illustrate.

5. CARATTERIZZAZIONE DELLA RETE VIARIA URBANA DI CATANIA

La rete viaria del Comune di Catania si articola attraverso le dieci municipalità della città secondo una struttura assimilabile, a grandi linee, ad una serie di maglie ortogonali di varie dimensioni. Sono abbastanza evidenti delle direttrici fondamentali di mobilità in direzione est-ovest ed in direzione nord-sud per il collegamento del centro urbano con l'estesa area metropolitana che gravita sulla città. Si individuano anche alcune direttrici diagonali, nonché una circonvallazione a nord e alcune importanti direttrici che seguono la costa. Lo sviluppo totale della rete urbana è di circa 590 Km, cui si devono aggiungere altri 37 Km di viabilità primaria essenziale per la città (tangenziale, A18-diramazione, Asse dei servizi) che non verranno tuttavia presi in considerazione in tutte le analisi del presente studio in quanto maggiormente assimilabili, per caratteristiche, a strade extraurbane. A completamento di questo sintetico quadro sulle caratteristiche della città sembra utile riportare (cfr tab.4) alcuni dati recentemente pubblicati [12] sulla mobilità ed altri parametri sociali o statistici di interesse.

	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
N° abitanti	327163	332733	341623	341455	342275	339271	337962
N° nuclei familiari	98276	102300	129751	129750	130000	135911	135551
N° autobus AMT(*)	311	311	330	370	411	411	470
Anzianità bus AMT	13.0	14.0	15.0	15.0	12.8	13.0	14.6
N° di passeggeri AMT(*) (milioni)	46.91	40.90	41.00	49.00	47.06	44.80	46.50
Km di rete di trasporto pubblico	328	349	349	360	281	296	281
V. comm. bus km/h	12.87	19.20	10.00	13.90	14.70	13.97	14.05
N° autovetture circolanti	199747	199677	199624	199807	200263	201183	202593
Rapporto abitanti/autovetture	1.64	1.67	1.71	1.71	1.71	1.69	1.67
N° motocicli circ.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	22821	n.d.
% circolante con età >10 anni	45.18	47.81	50.53	51.10	53.74	53.76	52.55
N° autoveicoli di nuova immatric.	7898	7099	5869	5276	9522	11095	10692

Tabella 4 – Dati statistici e sulla mobilità del Comune di Catania
 (*) AMT = Azienda Municipalizzata Trasporti

Sembra inoltre opportuno precisare che la mobilità del capoluogo comprende nella realtà un ambito territoriale metropolitano ed extracomunale ben più vasto di quello identificato come “urbano” e che coinvolge globalmente una popolazione di circa 700.000 abitanti.

Le strade urbane di Catania sono state caratterizzate nell’ambito del Sistema Informativo Geografico in base a numerosi ed eterogenei fattori.

Un primo passo di una certa importanza, anche ai fini dell’analisi di incidentalità, è la classificazione funzionale dei rami della rete viaria. Rinviano ad altra sede la descrizione delle complesse metodologie operative finalizzate alla classificazione, si riportano in figura 5 i risultati ottenuti mediante tale procedura, articolati secondo le classi individuate dalle direttive per la redazione dei PUT [13]. Poter disporre di una rete viaria “classificata” permette di individuare immediatamente le direttrici funzionali di maggior rilievo sulle quali si sviluppa gran parte del traffico viario e, quindi, di “semplificare” la rete da studiare, che sarebbe altrimenti inutilmente appesantita dalla presenza di rami del tutto influenti ai fini dell’analisi.

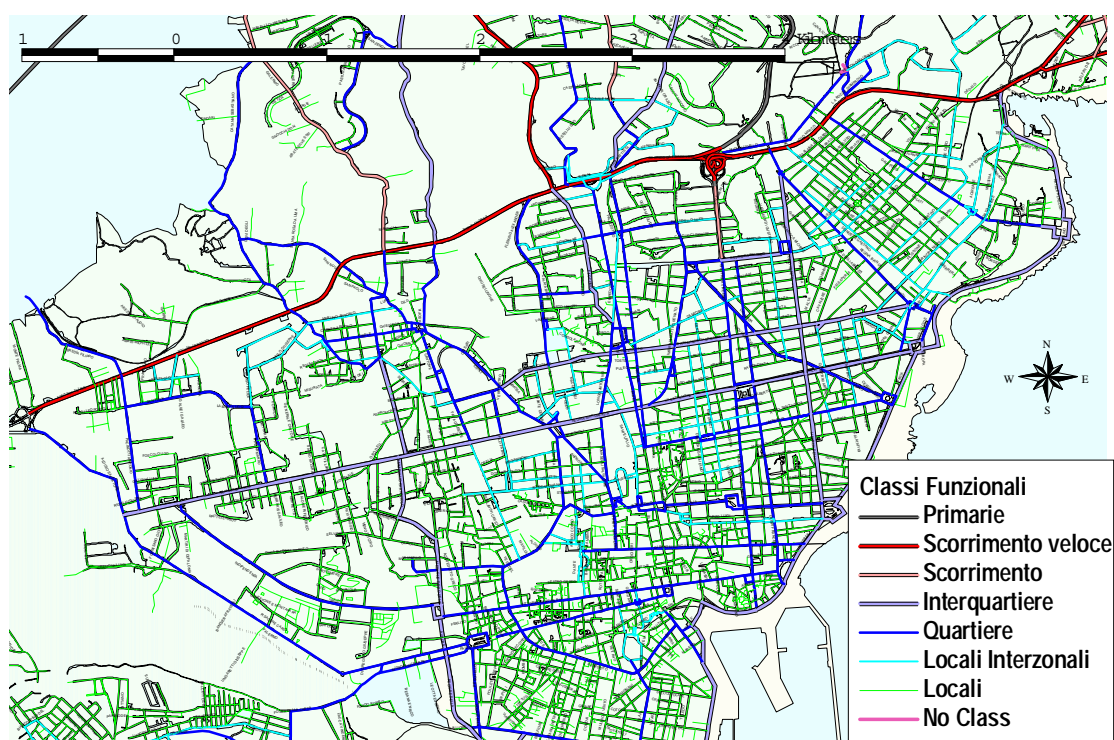


Figura 5 – Classificazione funzionale degli assi viari del Comune di Catania

Un ulteriore passo di notevole importanza è la caratterizzazione infrastrutturale dei vari rami della rete. In questa fase le diverse vie vengono studiate in base alle caratteristiche geometriche di maggior rilievo ai fini dell’analisi di incidentalità. Vengono presi in considerazione fattori come la sezione, il numero di corsie, l’eventuale separazione fisica tra le carreggiate. Altri fattori che riguardano la geometria (raggi di curvatura, pendenza trasversale e longitudinale, etc.) che nel caso extraurbano assumono una notevole importanza, per le strade urbane risultano essere meno influenti sul fenomeno dell’incidentalità e, pertanto, sembra ammissibile, quanto meno in una

prima fase dello studio, trascurarli. Nella mappa viaria di figura 6 si riportano i risultati delle analisi condotte ai fini della caratterizzazione infrastrutturale degli elementi viari.

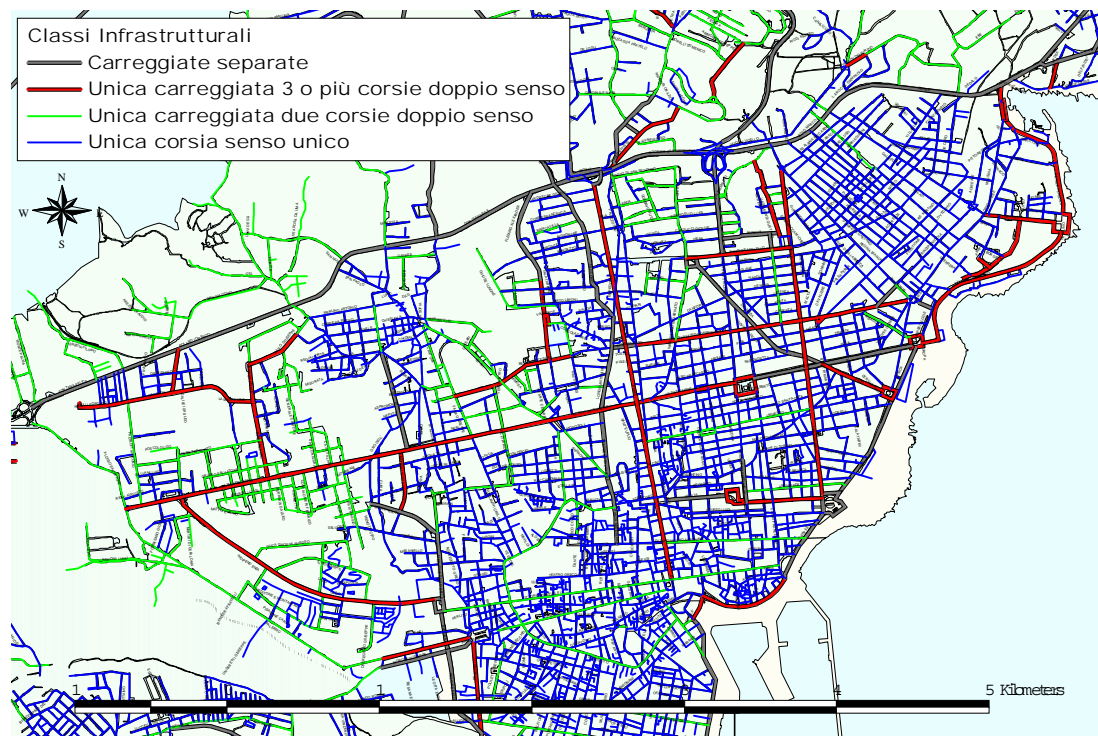


Figura 6 – Caratterizzazione infrastrutturale degli assi viari del Comune di Catania

Al solo fine di condurre utilmente le successive analisi i tronchi stradali sono stati classificati in quattro classi comprendenti rispettivamente: 1) strade a quattro o più corsie a carreggiate separate oppure ad una carreggiata con due o più corsie a senso unico; 2) strade a carreggiata unica a più corsie a doppio senso (anche per presenza di corsia riservata ai mezzi pubblici); 3) strade ad unica carreggiata a due corsie a doppio senso; 4) strade ad una corsia.

Altri fattori che si sono rivelati importanti nello studio del fenomeno incidentalità sono le attività “di margine” che si svolgono lungo i percorsi urbani. Ad esempio le attività commerciali, specialmente se presenti con una certa densità, provocano un notevole disturbo alle correnti veicolari dovuto ai frequenti rallentamenti o arresti per la ricerca di un parcheggio, alla conflittualità con le correnti di traffico pedonale che vengono attratte dai negozi presenti, alla elevata probabilità di imbattersi in veicoli in manovra, etc.. Anche se le dinamiche di innesco di una condizione di rischio possono essere molteplici e differenziate (e pertanto difficilmente valutabili e prevedibili) si ritiene comunque corretto considerare la presenza di attività commerciali a margine della strada come una generica condizione di pericolosità ambientale. Analogo discorso vale per gli accessi laterali alle proprietà, che generano sulla rete dei veri e propri “pseudo-nodi”. Nella figura 7 si riportano i risultati di queste analisi, basati su un ampio censimento delle attività commerciali effettuato dal Comune.

Ulteriori informazioni fondamentali ai fini dell’analisi d’incidentalità sono legate all’entità ed alla composizione dei flussi di traffico. In questo senso è necessario osservare che esiste effettivamente una notevole carenza di disponibilità di questi dati, sia in termini quantitativi che qualitativi. Le condizioni di lavoro ideali richiederebbero

infatti la conoscenza su tutta la rete dei flussi orari per ciascuna corrente di traffico, inclusa quella pedonale. Riferirsi infatti a macroindicatori aggregati come il TGMA, che per altro viene valutato molto raramente in ambito urbano, non permetterebbe di tenere nella giusta considerazione il fenomeno di estrema variabilità del traffico urbano.

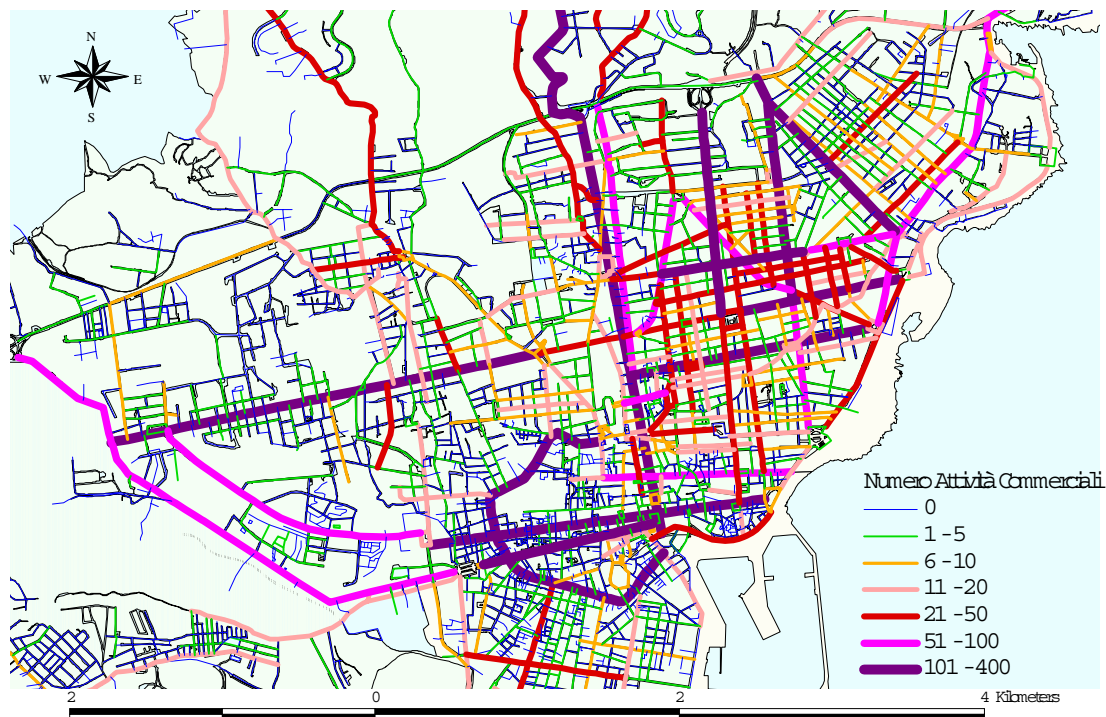


Figura 7 –Assi viari del Comune di Catania in base al numero di attività commerciali presenti

Maggiore dettaglio e completezza dei dati di traffico consentirebbero, ad esempio, di valutare “tassi d’incidentalità” per fasce orarie e, quindi, più adeguati alle reali condizioni di esercizio delle reti urbane. Acquisire una simile mole di dati è certamente un impegno ed un onere che esula dagli scopi del presente lavoro, per cui la procedura di analisi si è basata esclusivamente sui dati disponibili. Più in particolare si è fatto riferimento ad un flussogramma relativo all’ora di punta mattutina (8:00-9:00) calcolato, in fase di redazione del PGTU, mediante un apposito software a partire da una matrice Origine/Destinazione. Tali informazioni sono state integrate, ove possibile, mediante alcuni rilevamenti al cordone o in sezioni interne (estesi all’arco di un’intera giornata e disaggregati per componenti) realizzati e gentilmente messi a disposizione dall’Ufficio Traffico Urbano del Comune. Si sottolinea la notevole coerenza temporale dei dati di traffico utilizzati, calcolati o misurati nello stesso momento storico (redazione del PGTU o fasi immediatamente successive) al quale si riferisce il database di incidenti disponibile.

Un ultimo aspetto fondamentale per l’analisi di incidentalità riguarda la caratterizzazione dei vari rami della rete in base alle velocità medie di esercizio dei veicoli in transito. Nel presente lavoro si propone una metodologia operativa ad alto rendimento, di cui si fornirà ampia descrizione nel paragrafo seguente, finalizzata proprio alla valutazione delle velocità.

6. METODOLOGIA GPS/GIS PER IL RILIEVO DELLE VELOCITÀ

Prima di entrare nel merito della descrizione della metodologia proposta è opportuno individuare quali dati relativi alla velocità possano essere d'interesse ai fini del presente studio. In campo urbano, specialmente ai fini della valutazione dell'efficienza del trasporto pubblico, un indicatore frequentemente utilizzato è la "velocità commerciale". Questo parametro, che tiene conto anche delle fasi in cui il moto è nullo, è spesso poco rappresentativo delle reali condizioni di esercizio operative e, soprattutto, non permette di cogliere adeguatamente la distribuzione della velocità nei vari tronchi stradali. D'altra parte, mutuare verso l'ambito urbano concetti consolidati ed utilizzati per l'ambito extraurbano non è sempre possibile, in quanto spesso vengono meno alcune condizioni essenziali. È questo il caso della velocità operativa (V_{85}) che rappresenta, in condizioni di flusso indisturbato a veicolo isolato, la velocità che effettivamente adottano gli utenti in funzione delle caratteristiche dell'infrastruttura, dell'ambiente e del veicolo. Poiché in ambito urbano è pressoché impossibile che si verifichino condizioni di deflusso a veicolo isolato, tale indicatore appare molto difficilmente valutabile.

Ai fini dell'analisi di incidentalità, invece, è più importante evidenziare le variazioni e i picchi di velocità (che possono anche superare i limiti di legge) che il flusso veicolare mediamente raggiunge, anche per brevi tratti, lungo i suoi percorsi. Questo perché è proprio in tali condizioni che si verificano le più alte probabilità che si verifichi un incidente (conflitti con componenti di traffico più lente) e che, all'occorrenza, esso abbia gravi conseguenze (ad es. per i pedoni e, più in generale, per le utenze deboli). A tal fine si propone una metodologia ad alto rendimento per il rilievo della velocità del flusso, basata sul posizionamento satellitare GPS in modalità cinematico-differenziale seguito da un postprocessing dei dati gestito ed automatizzato in ambiente GIS.

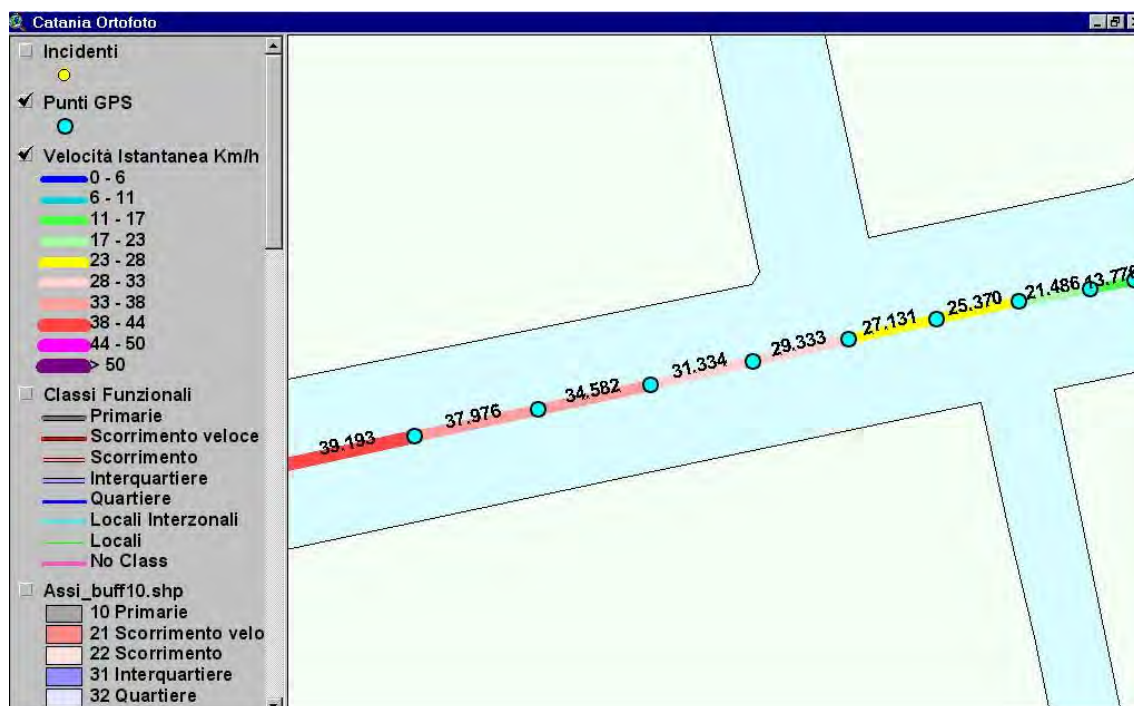


Figura 8 – Calcolo in ambiente GIS delle velocità caratteristiche (Km/h) di ciascun segmento percorso. I punti in azzurro rappresentano le acquisizioni GPS.

La fase di acquisizione avviene mediante un veicolo rilevatore equipaggiato con un ricevitore GPS. Si procede quindi con il veicolo lungo i percorsi prestabiliti adeguandosi sempre alla velocità media del flusso ed acquisendo in modalità cinematica un punto al secondo. La tecnica di guida è analoga a quella che si adotta per la valutazione della velocità commerciale: se si viene superati da n veicoli, bisognerà adeguare la velocità in modo da effettuare n sorpassi. In tal modo, si dimostra, la velocità del veicolo rilevatore è pari alla media spaziale delle velocità dei veicoli del flusso corrente. La procedura proposta, effettuata su segmenti di lunghezza ridotta del tronco stradale, consente di pervenire alla conoscenza delle “velocità istantanee” del flusso (cfr. fig.8) e, quindi, di individuare variazioni e picchi.

Conclusa la fase operativa di rilievo e della successiva restituzione e correzione differenziale, si ottiene come risultato cartografico in ambiente GIS una “semina” di punti lungo i percorsi selezionati. A ciascuno di questi punti è associato un record di un database contenente le coordinate nel sistema di riferimento cartografico utilizzato e, soprattutto, l’ora, i minuti e i secondi dell’acquisizione. Sono quindi disponibili tutti gli elementi che permettono di effettuare il calcolo della velocità: è sufficiente infatti dividere la distanza tra due punti successivi per il tempo intercorso tra le due acquisizioni (tempo che, a meno di perdite di segnale, è normalmente pari ad un secondo). La procedura di calcolo è stata implementata e totalmente automatizzata in ambiente GIS mediante un apposito script che si articola fundamentalmente sulle seguenti fasi (cfr. fig.8):

- creazione della polilinea interpolante i punti rilevati;
- segmentazione dinamica della polilinea;
- calcolo della lunghezza di ciascun segmento;
- calcolo del tempo di rilievo relativo a ciascun segmento;
- calcolo della velocità di percorrenza di ciascun segmento.



Figura 9 – Diagramma delle velocità rilevate (Km/h) su Corso Italia, Viale Africa, Viale Ruggero di Lauria e la rotatoria di Piazza Europa

Alcuni risultati delle esperienze effettuate vengono riportati nelle figura 9. La metodologia proposta presenta numerosi vantaggi. Anzitutto una grande versatilità e semplicità operativa unita all'elevata potenzialità di acquisizione in tempi ridotti. In tal senso, le esperienze maturate sul campo hanno mostrato che, mediamente, è possibile monitorare le velocità su percorsi di circa dieci Km di lunghezza per ogni ora di rilievo. Inoltre, rispetto a qualsiasi altra tecnica di rilevamento, con la metodologia proposta si può disporre di numerosi dati di velocità naturalmente distribuiti sulla rete di interesse, in raffronto a poche sezioni di rilievo dell'approccio tradizionale che, a meno di non realizzare fitte campagne di misura, lunghe ed onerose, non potranno mai caratterizzare la rete nel suo complesso. È inoltre possibile realizzare campagne di rilievo pianificate per fasce orarie, in modo da ricavare diagrammi orari di velocità ed evidenziare con maggiore dettaglio le zone e le fasi di maggiore pericolosità.

La procedura di rilievo, opportunamente reiterata, consente di pervenire a valori statisticamente rappresentativi dell'evoluzione spazio-temporale del parametro. Evidentemente subentrano problemi di natura topologica nel relazionare dal punto di vista spaziale diversi rilievi, che, certamente, non coincideranno. Anche in questo caso, il GIS mette a disposizione strumenti di analisi spaziale che permettono la soluzione di questo tipo di problematica. Tra essi, ad esempio, lo strumento "buffer", che è in grado di creare delle fasce poligonali attorno ai singoli segmenti. Configurando la larghezza di tali fasce in modo da rendere trascurabili gli scarti sulle traiettorie percorse nelle differenti fasi di rilievo, è possibile eseguire un calcolo spaziale basato sulla media dei valori di velocità associate ai buffer di differenti acquisizioni che superino tra loro un certo livello di sovrapposizione.

Un'ultima considerazione va fatta in relazione alle possibili perdite di segnale GPS in ambito urbano, specie in zone ove l'edificato è denso ed "alto". Le tecnologie oggi disponibili permettono di risolvere il problema integrando la tecnologia GPS con un sistema inerziale INS. Esistono, tra l'altro, dispositivi INS a basso costo, impiegati anche presso il Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale di Catania nella messa a punto di un veicolo attrezzato per rilevamenti stradali [14], in grado di supplire bene all'assenza di segnali satellitari con errori medi di deriva contenuti entro 5m/Km.

7. ANALISI DEI DATI DI INCIDENTALITÀ

Un primo aspetto che deve certamente essere evidenziato si deduce dalla distribuzione degli incidenti nelle varie fasce orarie. Dall'istogramma di figura 10 è perfettamente leggibile una similitudine con i ben noti grafici che mettono in relazione i flussi di traffico e le relative ore del giorno. Si notano infatti dei picchi in corrispondenza delle ore di punta, mentre il numero degli incidenti diminuisce sensibilmente in corrispondenza delle ore caratterizzate da flussi inferiori. Questo, certamente, evidenzia una notevole dipendenza tra il numero degli incidenti che si verificano ed i flussi di traffico presenti.

Per quanto riguarda il traffico e la mobilità dell'area urbana sembra utile segnalare un ulteriore elemento. In base ai dati di traffico disponibili e agli indicatori generali sulla mobilità dell'area, è possibile stimare che più del 90% dei flussi che globalmente interessano la città si sviluppano su una parte estremamente ridotta della rete, pari a circa al 25% della lunghezza totale.

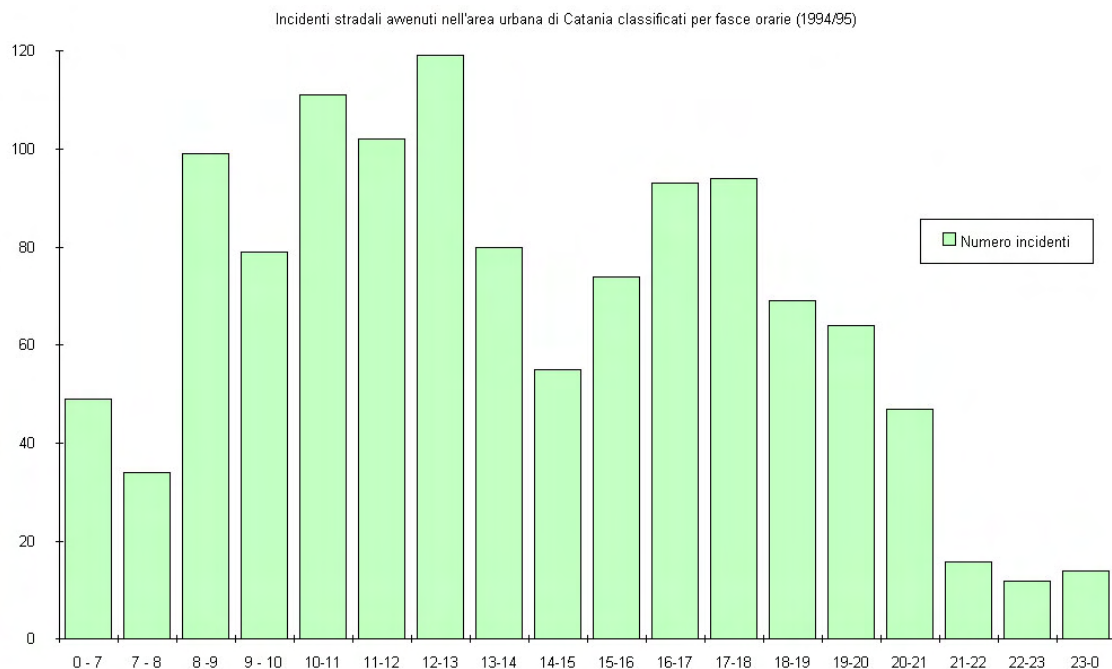
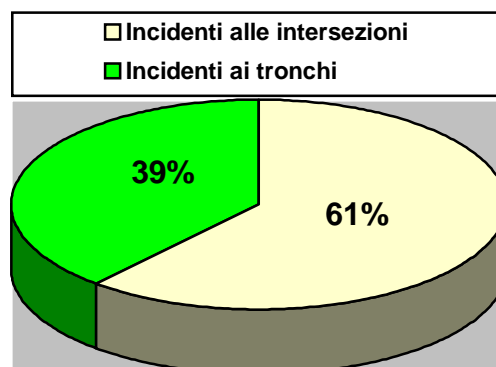


Figura 10 – Classificazione degli incidenti del database per fasce orarie

Questo particolare, apparentemente poco rilevante ai fini dell'analisi di incidentalità, evidenzia invece un aspetto molto importante: troppo spesso le reti di trasporto sono caratterizzate da un disorganico accostamento ed intreccio di differenti percorsi ed itinerari. Se si riuscissero a sfruttare meglio e con più omogeneità (anche mediante opportuni adeguamenti) le risorse viarie della rete, sarebbe certamente possibile un abbattimento dei picchi di traffico cui dovrebbe corrispondere, data la correlazione traffico/incidenti, anche un notevole beneficio sul piano della sicurezza.

Procedendo nelle analisi dei dati disponibili, un altro aspetto che è fondamentale mettere in evidenza è dato dall'elevata percentuale di incidenti in corrispondenza delle intersezioni stradali. Tale dato infatti, considerando solo la catalogazione come "incidente in intersezione" nelle schede della Polizia Municipale, globalmente supera il 60%. Tuttavia, eseguendo delle analisi spaziali finalizzate ad individuare anche sui tronchi le "zone di influenza" dovute alle intersezioni, tale percentuale cresce, computando anche tali aree, addirittura fino al 70% circa.



Più in dettaglio, nel grafico di figura 11 vengono rappresentati gli incidenti in base alla classe funzionale dell'arco della rete sul quale sono avvenuti. Vengono anche in questo caso evidenziati gli incidenti alle intersezioni, omogenee (tra strade della stessa classe) o disomogenee. Si tenga presente che il campione di incidenti a disposizione è prevalentemente "urbano", per cui non si devono ritenere particolarmente significativi i valori indicati per quanto attiene la viabilità primaria. Una netta prevalenza assumono invece gli incidenti avvenuti su strade di quartiere o alle intersezioni "disomogenee" tra strade locali e strade di quartiere. Quest'ultimo aspetto è probabilmente imputabile alla

tipologia di questa classe di intersezioni, nel caso in esame tutte a raso e generalmente regolamentate semplicemente da “STOP” o “Dare precedenza”. Evidentemente, in tali condizioni questa tipologia di intersezioni non garantisce elevati livelli di sicurezza e questo aspetto viene ulteriormente confermato anche dall’elevato numero di incidenti rilevati alle intersezioni tra strade locali, che presentano caratteristiche simili alle precedenti.

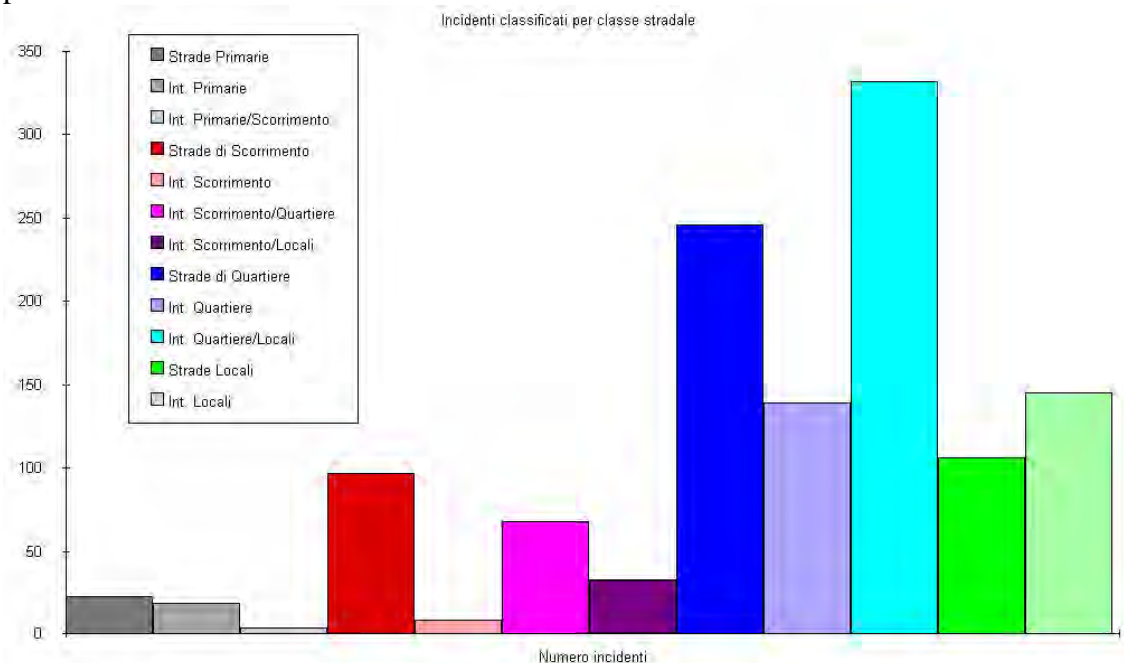


Figura 11 – Incidenti in base alla classe funzionale del tronco o dell’intersezione

Data la notevole percentuale di incidenti alle intersezioni, si è ritenuto opportuno condurre l’analisi di incidentalità sulla rete seguendo un approccio disaggregato, basato su indagini parallele ma indipendenti, eseguite rispettivamente sui tronchi e sui nodi. Il vantaggio di questo modo di procedere sta nel fatto che è possibile individuare con maggior dettaglio le zone caratterizzate da elevata incidentalità, distinguendo problematiche imputabili alla strada o all’intersezione, che potrebbero richiedere rispettivamente interventi di tipo differente.

Per effettuare l’analisi di incidentalità sono stati quindi generati, nell’ambito del GIS, dei buffers areali (con raggio in funzione delle caratteristiche infrastrutturali precedentemente valutate) attorno ai punti di intersezione degli assi viari. In tal modo viene individuata l’area d’intersezione vera e propria e le zone immediatamente limitrofe. Mediante una serie di relazioni topologiche tra aree di intersezione e punti di incidente in esse contenuti, è quindi possibile caratterizzare tutti i nodi della rete in base al numero di sinistri. Si procede analogamente anche per i tronchi, ma, ovviamente, escludendo dalle relazioni topologiche tutti gli incidenti già “assegnati” alle intersezioni. Alcuni risultati di queste indagini vengono riportati nella figura 12.

In considerazione della difficoltosa applicabilità al caso urbano degli indicatori già consolidati per l’ambito extraurbano, si propone di utilizzare un tasso di incidentalità modificato rispetto a quello tradizionale, che prenda come riferimento il traffico orario medio alle varie ore del giorno. In questo modo si ottengono una serie di tassi di incidentalità orari, calcolati in base al numero di incidenti avvenuti in ciascuna fascia oraria ed al relativo traffico orario medio.

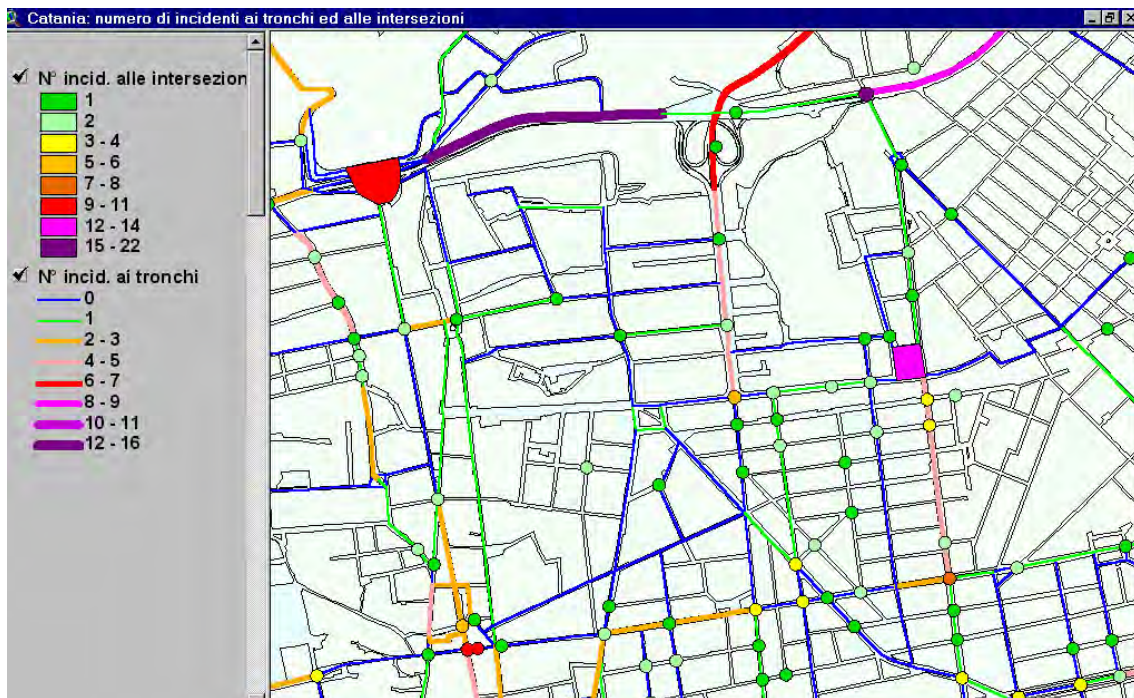


Figura 12 – Particolare della mappa di distribuzione degli incidenti ai tronchi e alle intersezioni

Per quanto riguarda le intersezioni, il calcolo del tasso di incidentalità viene eseguito utilizzando come traffico di riferimento, la somma di tutti i flussi entranti.

Ulteriori analisi, i cui risultati vengono riportati nel grafico a barre di figura 13, riguardano le diverse componenti di traffico coinvolte negli incidenti in funzione della classe funzionale della strada. Appare evidente che, al decrescere del livello funzionale dell'infrastruttura, corrisponda una maggiore percentuale di utenze deboli, soprattutto pedoni e ciclomotori. Anche in questo caso, è significativo osservare come, particolarmente per le utenze deboli, le condizioni più gravose si verifichino proprio alle intersezioni disomogenee tra strade locali e strade di quartiere. Al contrario, risulta che le intersezioni omogenee tra strade di quartiere, normalmente regolamentate da semafori, forniscano condizioni di sicurezza superiori anche per le utenze deboli.

L'analisi di incidentalità effettuata nell'ambito del GIS ha permesso di eseguire anche alcune elaborazioni finalizzate ad individuare eventuali relazioni con i parametri ritenuti maggiormente significativi, ovvero le velocità rilevate e le attività di margine.

Per quanto riguarda il primo aspetto, essendo stati individuati numerosi tronchi ad alta incidentalità in corrispondenza di velocità sia elevate che basse, ad un primo esame si potrebbe ritenere che non esista una vera e propria relazione tra i due parametri. Una conclusione di questo tipo potrebbe ritenersi plausibile solo se la velocità fosse l'unico fattore da prendere in considerazione, mentre nel campione di incidenti indagato solo una parte degli elementi possono essere imputati a tale causa. Restringendo pertanto le indagini ad un campione di strade ove la velocità dovrebbe essere un parametro più significativo (strade di scorrimento) è possibile individuare numerosi incidenti concentrati in corrispondenza di tratti percorsi a velocità elevate, ma si continuano ad osservare anche zone percorse a velocità sostenute caratterizzati da pochi sinistri.

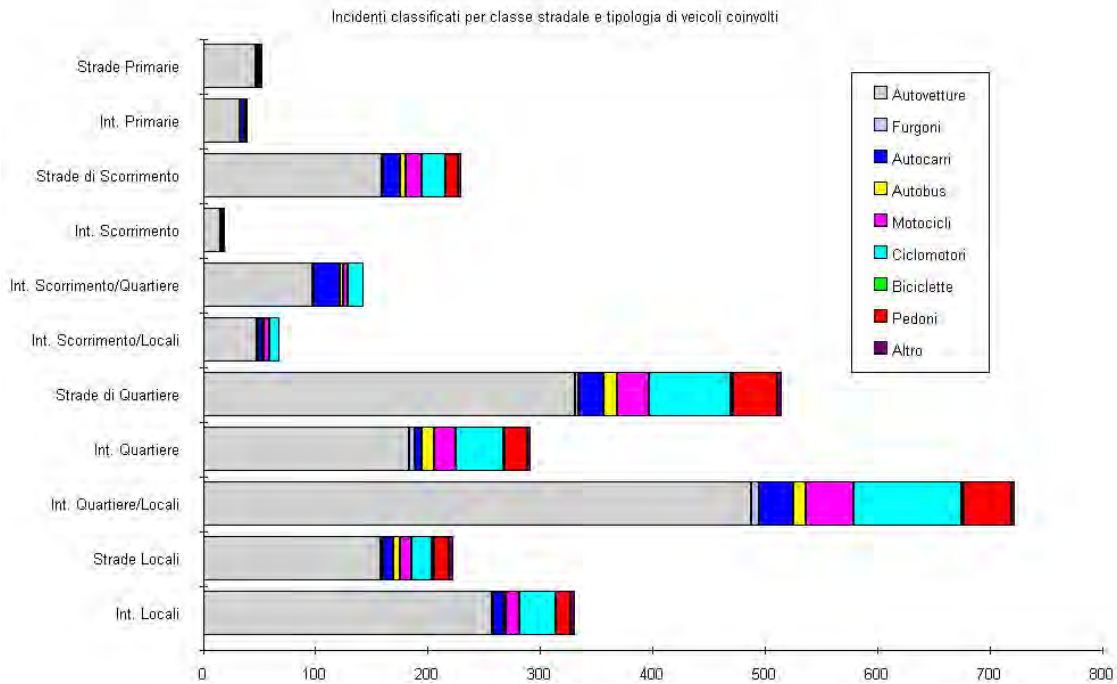


Figura 13 – Distribuzione degli incidenti per classe di veicolo e classe stradale

Osservando con maggiore attenzione si nota tuttavia che le elevate concentrazioni di incidenti in zone ad elevata velocità corrispondono quasi sempre ad attraversamenti pedonali (cfr. fig.14). Si può pertanto concludere da questa prima analisi che, a parte le intersezioni, che sono comunque caratterizzate da molti sinistri, per quanto riguarda l'incidentalità sui tronchi è soprattutto il conflitto fra componenti di traffico differenti a determinare elevati livelli di pericolosità, ancor più che l'elevata velocità di percorrenza.

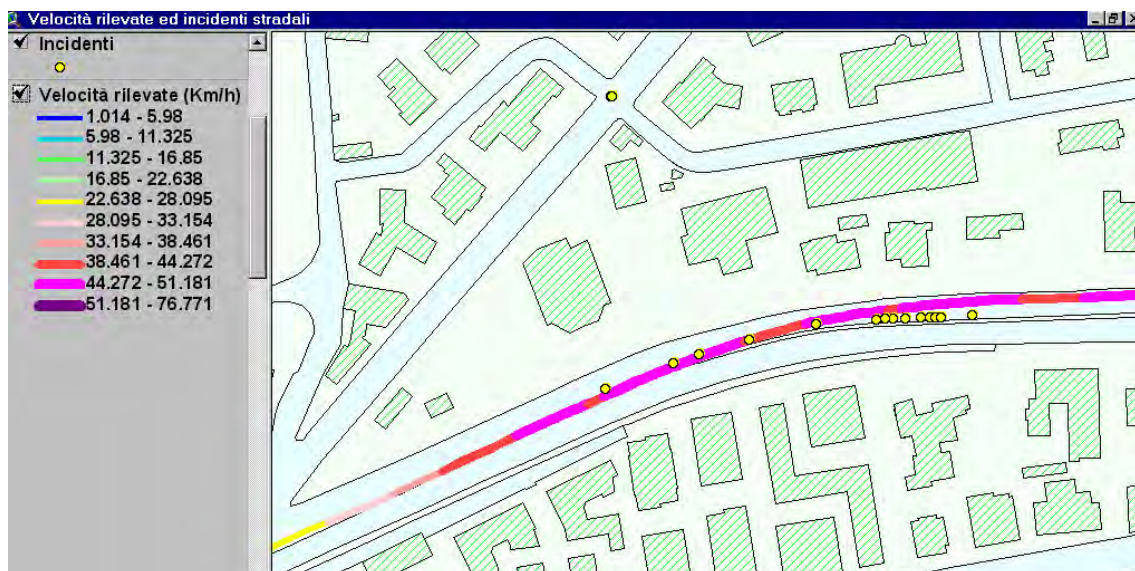


Figura 14 – Circonvallazione: numerosi incidenti in un tratto percorso a velocità sostenuta ed in corrispondenza di un attraversamento pedonale

Per quanto riguarda le relazioni con le attività di margine, anche in questo caso, è possibile individuare numerose corrispondenze a livello di cartografia tra le aree ad elevata incidentalità e le zone a notevole concentrazione di attività commerciali. In questo caso si è preferito comunque, avendo a disposizione un campione informativo più ampio, procedere anche per via analitica, estrapolando le relazioni tra la densità delle attività ed il numero degli incidenti avvenuti (cfr. fig.15). È opportuno chiarire che il campione comprende tutte le tipologie stradali presenti nella rete viaria di Catania con esclusione solo delle strade primarie. In una successiva fase della ricerca, sarà eseguita un'analisi più mirata individuando dei sub-campioni dalle caratteristiche più omogenee.

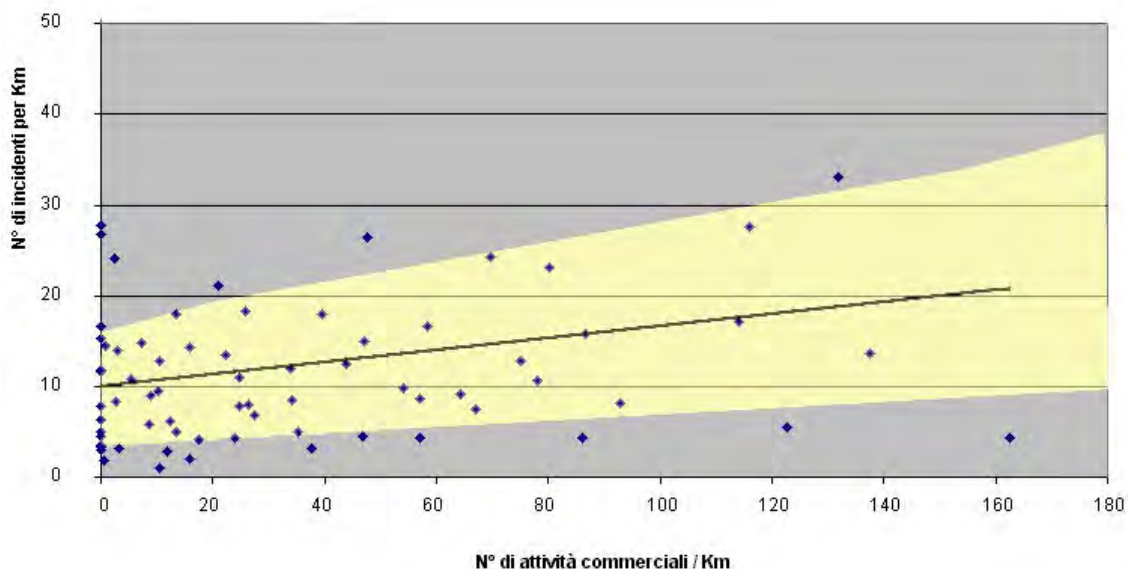


Figura 15 – Relazione tra densità delle attività commerciali e numero di incidenti al Km

Ciò premesso, dall'analisi dei dati riportati in figura 15 è possibile già in questa fase individuare un "campo di esistenza" ed una sfumata linea di tendenza crescente: una maggiore densità di attività commerciali si correla pertanto ad una maggiore concentrazione di incidenti per km. Appare interessante nella prossima fase dell'indagine, condurre l'analisi del fenomeno non solo attraverso la quantificazione degli incidenti per km ma anche attraverso il numero di pedoni globalmente coinvolti in sinistri sui tronchi esaminati.

8. CONCLUSIONI

Nella memoria si è proposta una metodologia per l'analisi dell'incidentalità stradale urbana e la sua applicazione alla città di Catania.

Il fenomeno studiato si manifesta particolarmente complesso ed articolato e richiede, pertanto, la conoscenza e la gestione di numerose e differenziate informazioni sia riguardo le infrastrutture e le relative caratteristiche di utilizzazione sia riguardo il contesto urbanistico ed ambientale in cui le stesse sono inserite. La ricerca ha consentito di evidenziare interessanti aspetti del fenomeno relativamente al ruolo che svolgono tali molteplici elementi interdipendenti nella generazione di condizioni di pericolosità.

L'esigenza di gestione di grandi quantità di dati eterogenei ha indirizzato la ricerca verso un'applicazione gestita interamente mediante un GIS, strumento che si propone come ambiente operativo ideale, in quanto permette di integrare e relazionare

reciprocamente tutte queste informazioni, mediante il comune denominatore della base cartografica.

Più in particolare, il tematismo degli incidenti ed il relativo database sono stati creati mediante la procedura di geocodifica degli indirizzi, utilizzando come base informativa un archivio di schede di sinistri redatte dalla Polizia Municipale. In tal senso è evidente che le potenzialità del GIS nella georeferenziazione degli eventi, se adeguatamente supportate dalla qualità dei dati disponibili, potrebbero raggiungere anche precisioni planimetriche di dettaglio. È pertanto auspicabile che in futuro la raccolta e l'archiviazione dai dati di incidentalità si indirizzi su standard qualitativi superiori.

Per quanto riguarda i dati da acquisire ai fini dell'analisi, è stata proposta una procedura di rilevamento delle velocità basata sull'impiego di strumentazione GPS in modalità cinematica differenziale e su un postprocessing automatizzato in ambiente GIS. Tale metodologia, visti i rapidi tempi di rilevamento-restituzione e gli alti livelli di dettaglio raggiungibili, può essere a buon diritto definita "ad alto rendimento".

BIBLIOGRAFIA

1. ISTAT, "Statistica degli incidenti stradali" Anno 2000
2. European Commission DG VII "The DUMAS Project – Developing Urban Management And Safety" – anno 1997-2001, <http://www.trl.co.uk/dumas/index.htm>
3. Com (97) 131, Commissione delle comunità europee, "Promuovere la sicurezza stradale nell'Unione europea: il programma 1997-2001", Bruxelles, 9 aprile 1997.
4. P.Greibe, I.Herrstedt, P.K. Nilsson – "Speed Management in Urban Areas – part of DUMAS project" – Route/Roads, n°306, Aprile 2000
5. Gerondau C. "I trasporti in Europa" Les Moniteur Parigi, 1996.
6. Kallberg V. P., "The two effects of speed on accidents: number and severity", 77th TRB Annual Meeting - gennaio 1998, Washington D.C., USA.
7. VTT "Managing Speeds of Traffic on European Roads", Final Report del progetto MASTER (1988), EU IV Programma Quadro.
8. Danish Road Directorate, "Speed management in urban areas", report n°168, 1999
9. European Traffic Safety Council, "Reducing traffic injuries resulting from excess and inappropriate speed", 1995.
10. Swedish National Road Administration, "En route to a society with safe road traffic", 1997.
11. Par F. Wegman – "Road Safety in residential areas. The dutch experiences" – Route/Roads n°284 IV – 1994
12. Min. Lavori Pubblici "Direttive per la redazione, adozione, ed attuazione dei Piani Urbani del Traffico (art.6 D.Lgs. 30.04.1992 n°285, Nuovo Codice della Strada" – G.U. n°146 del 24.06.1995.
13. Automobile Club d'Italia, "Osservatorio della conferenza sulla mobilità nei principali comuni italiani - 7ª ed. 2001" – 57ª Conferenza del traffico e della circolazione, Riva del Garda, ottobre 2001
14. G.Mussumeci, G. Manzoni et alii, "Il progetto COFIN2000 per il rilevamento DGPS/INS di strade con alta precisione e produttività", Vª Conferenza ASITA, Rimini, 9-12 ottobre 2001
15. A.D'Andrea, G. Bosurgi, F. Cerruto - "Experimental investigation on the accident rate on a Stretch of Motorway" - XIII Congresso Mondiale I.R.F. - Toronto, 1997
16. G.Mussumeci, "GPS and GIS for realization and government of Road Cadastre", International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS) WG VI/3 - IV/3, Lubiana, 2/5 febb. 2000.
17. A.D'Andrea, G. Bosurgi, F. Cerruto - "Sulle cause di incidentalità di un tronco autostradale- Analisi della correlazione incidenti-flusso" - Convegno S.I.I.V. "La sicurezza stradale" - Pisa, 1997.
18. G.Mussumeci, A.Condorelli, F.Musumeci, A.Triglia, G.Privitera "Rilevamento cinematico e georeferenziazione mediante DGPS di campi elettromagnetici" – 4ª Conferenza Nazionale ASITA "Informazione Geografica: innovazione e formazione" – Genova, 3 - 6 ottobre 2000.
19. G.Mussumeci, A.Condorelli, F. Colombrita "Potenzialità d'impiego del GPS per il rilevamento geometrico e l'accatastamento delle intersezioni stradali"- X Convegno S.I.I.V. - Catania, 26 - 28 Ottobre 2000.
20. A.D'Andrea, S. Cafiso, G. Mussumeci, M.G. Augeri- "L'analisi dell'incidentalità come strumento per il miglioramento della sicurezza stradale" - XXIII Convegno Nazionale Stradale - Verona , 1998
21. G.Mussumeci "DGPS cinematico integrato con videoriprese per il collaudo della segnaletica orizzontale e la restituzione della linea d'asse", X Convegno Nazionale della Società Italiana di Infrastrutture Viarie (SIIV), Acireale (CT), 26-28 ottobre 2000.