

L'utilizzo di sistemi di posizionamento GPS per la determinazione di curve di deflusso in ambito urbano

Prof. Giuseppe Salvo (*), Ing. Luigi Caruso (**)

(*) Università di Palermo – Viale delle Scienze – Tel 091 238415 Fax 091 423105 e-mail salvo@ditra.unipa.it

(**)Università di Palermo – Viale delle Scienze – Tel 091 238411 Fax 091 423105 e-mail caruso@ditra.unipa.it

Abstract

I fenomeni della congestione da traffico e tutti gli effetti ad essa connessi pongono le pubbliche amministrazioni nella necessità di dover fornire risposte concrete ad un problema ormai non più rimandabile nel tempo. Per analizzare i problemi ambientali che affliggono le città è necessaria la conoscenza delle caratteristiche della rete di trasporto e delle condizioni di circolazione, tenendo conto della dinamicità che caratterizza la domanda di mobilità. Le grandezze fondamentali per lo studio del deflusso lungo una rete stradale sono, oltre il flusso, la densità e la capacità. Tutti i modelli matematici noti pongono in relazione le tre grandezze e necessitano, per il loro calcolo, di una vasta base di dati, frutto di un monitoraggio di almeno due delle tre grandezze citate con rilevanti costi per il rilievo, oltre che per l'analisi dei dati. La metodologia proposta, prevede la registrazione di tracce di posizionamento di veicoli sonda che circolano lungo la rete stradale urbana e la determinazione di curve di deflusso sperimentali ottenute ponendo in relazione, attraverso metodi statistici, le caratteristiche cinematiche del veicolo sonda (spazio, velocità e tempo di percorrenza lungo l'itinerario) con le caratteristiche geometriche degli archi stradali interessati e le regole di circolazione vigenti. La metodologia è stata applicata lungo un itinerario della città di Palermo che è di attraversamento della città ed al tempo stesso al servizio della mobilità intrazonale. Utilizzando un veicolo sonda strumentato con GPS si sono raccolte le diverse tracce della marcia del mezzo nella fascia oraria che va dalle 7.30 alle 8.30 e nei due versi di marcia. I risultati ottenuti sono stati implementati in un sistema GIS e sono stati analizzati tramite la Geostatistica. La costruzione delle curve di deflusso basate sulla localizzazione in tempo reale del veicolo sonda ha messo in evidenza situazioni di criticità, in corrispondenza di attraversamenti pedonali o svincoli di capacità non adeguate, cause di congestioni che possono essere così svelate e gestite. Dall'analisi svolta è possibile operare correzioni e intervenire sulla fluidità della circolazione gestendo e controllando i flussi di traffico, classificando la rete viaria in base ai tempi e alla tipologia d'uso reali, operando dove necessario, opportuni interventi per migliorare le condizioni di deflusso.

The condition of most urban areas is characterized by a highly congested traffic, this places a series of problems to Public Administrations needing prompt and effective solutions, since this problem cannot be ignored any more. Due to the variability of the transportation demand, knowledge of the network and of the traffic conditions is essential to analyze and solve the environmental problems affecting urban areas. Traffic density and capacity along with traffic flow rate, are the fundamental variables in the study of the traffic flow in road networks. All known mathematical models rely on this three, variables. As a consequence, the computation process requires a large database obtained by monitoring at least two of the three variables, leading to high costs both for survey and analysis. The method here proposed is based on the tracking of vehicles moving in the urban road network and on determining experimental outflow curves derived from statistical methods relating the cinematic variables (position, speed and trip duration) to the geometric characteristics of the road arches of interest taking also in to account the circulation rules enforced. This method was applied along a particular route in the city of Palermo crossing the town and conveying both inter area

traffic and vehicles only in transit to reach other towns. A vehicle equipped with GPS was tracked between 7:30 a.m. and 8:30 a.m. while driving both ways along the mentioned route. The surveyed data were implemented in a GIS software applying Geostatistical methods. The traffic outflow curves, based on the real time positioning, showed critical point on pedestrian crossings and along under-dimensioned road junctions, these causes of traffic congestion can be eventually identified and managed. The analysis carried out makes possible to adjust and correct traffic fluidity by managing and monitoring the traffic flow and classifying the road network according to trip duration and true road typology.

Introduzione

Il traffico veicolare è un complicato processo stocastico, descritto da alcuni parametri dipendenti dal tempo e dallo spazio. Quando i flussi sono prossimi alla capacità massima della strada, si innesca il fenomeno della congestione che può modificare in modo significativo i tempi di viaggio, l'affidabilità, i consumi di carburante aumentando così l'inquinamento acustico e atmosferico dell'ambiente che ci circonda. La congestione influenza quindi, la scelta da parte dell'utente dei diversi modi di trasporto e determina l'accessibilità relativa delle diverse zone della città, rendono cioè più o meno agevole raggiungere una certa zona dalle altre. Per conoscere le effettive situazioni di criticità della rete stradale e operare possibili correzioni al fine di migliorare la fluidità della circolazione è necessario una misura reale dei flussi di traffico. In questo paper è stata proposta una nuova metodologia per la stima e la misura reale dei flussi e delle diverse densità veicolari, applicata ad un asse di scorrimento della città di Palermo. Il comune di Palermo la cui estensione è di circa 160 km², ha una popolazione secondo il censimento dell'ISTAT del 2001 pari a 729.855 abitanti con una densità territoriale di 4.558,46 abitanti/km². Come per tutte le grandi città, l'inquinamento dovuto al traffico veicolare negli ultimi anni ha assunto un peso sempre più rilevante nelle scelte che le pubbliche amministrazioni devono adottare per ridurre questo fenomeno. Dai dati ricavati per la redazione del Piano Urbano del Traffico è emerso che la domanda di mobilità di Palermo è così distribuita:

- 600.000 Spostamenti interni al territorio comunale;
- 150.000 Spostamenti di scambio e attraversamento;
- 1,3 Coefficiente medio di occupazione delle auto (persone/auto);
- 180.000 Flusso giornaliero di persone su mezzo pubblico (spostamento interni al territorio comunale).

Il flusso di auto nell'ora di punta 8.00 - 9.00 è pari a :

- 60.000 Spostamenti interni al territorio comunale;
- 13.000 Spostamenti di scambio e attraversamento;

per un totale di 73.000 spostamenti complessivi.

Il tasso di motorizzazione individuale (autovetture/abitanti) del comune di Palermo è 0,70, pari a quello nazionale che risulta essere 0,71 (banche dati dell'ACI e dell'ISTAT, entrambe aggiornate all'anno 2000). La rete stradale di Palermo presenta elevati livelli di congestione veicolare dovute essenzialmente alle caratteristiche urbanistiche della città caratterizzata da alcune zone con una elevatissima densità abitativa che ha prodotto esigenze di mobilità e di accessibilità inadeguate rispetto alla capacità fisiche della rete stradale e del sistema del trasporto pubblico. L'incremento della motorizzazione privata e l'aumento della sosta illegale dei veicoli, che riduce la sezione utile delle carreggiate e quindi la capacità di scorrimento e la velocità commerciale dei mezzi pubblici, sono inoltre degli elementi che agevolano i fenomeni di congestione. Il rilievo dei dati alla base della messa a punto della metodologia proposta ha interessato un asse longitudinale che attraversa per intero la città e che rappresenta, ai suoi estremi, due importanti varchi di accesso per Palermo. L'asse scelto, Via Regione Siciliana che va dal ponte di via Giafar allo svincolo di via Belgio è il proseguo naturale dell'autostrada che congiunge la città di Palermo con Trapani e Marsala da un lato e con Messina e Catania dall'altro. Classificata in base al Nuovo codice della Strada (art. 2) e

alle Norme di cui al DM 05/11/2001, come strada urbana di scorrimento cioè come strada a carreggiate indipendenti o separate da spartitraffico, ciascuna con almeno due corsie di marcia, ed una eventuale corsia riservata ai mezzi pubblici, banchina pavimentata a destra e marciapiedi, con le eventuali intersezioni a raso semaforizzate, è caratterizzata da un flusso giornaliero stimato in 65.250 mila veicoli, al quale vanno aggiunti 8.410 per il trasporto merci. Di questi, 10.000 mezzi impegnano l'arteria viaria solo come flusso d'attraversamento. La rimanente parte del traffico riguarda gli spostamenti interni per collegare le diverse zone di Palermo. La velocità consentita va dai 50 ai 70 km/h a seconda della presenza o meno di attraversamenti pedonali o incroci a raso, sono ammessi in carreggiata tutte le categorie di motoveicoli, autoveicoli, mezzi per il trasporto pubblico collettivo senza fermate di linea, mezzi pesanti.

Dal “Global Positioning System” alla determinazione delle curve di deflusso del traffico stradale urbano

La procedura utilizzata si fonda sull'ipotesi che a partire da veicoli strumentati dotati di sistemi GPS per la localizzazione della posizione, sia possibile ricavare le condizioni di deflusso del traffico veicolare. Ottenute le coordinate del punto in cui ciascun mezzo si trova, insieme alla coordinata temporale, contenuta anch'essa nei file di output del GPS, è possibile ricavare la velocità di percorrenza per ciascun intervallo di rilevamento. Dotando un veicolo sonda di un GPS si sono raccolte le diverse tracce del veicolo nella fascia oraria che va dalle 7.30 alle 8.30 e nei due versi di marcia. I risultati ottenuti sono stati organizzati ed implementati in un sistema GIS, ottenendo tramite successive elaborazioni le velocità del deflusso veicolare per ciascun segmento di itinerario rilevato (fig. 1).

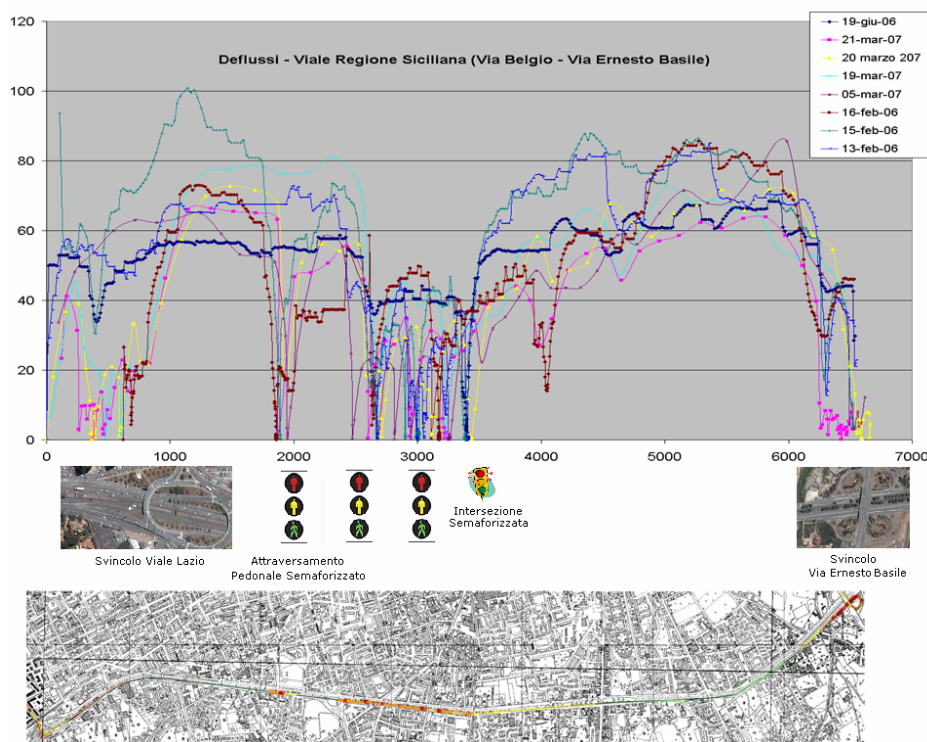


Figura 1 – Andamento reale delle velocità

L'intero asse di Viale Regione Siciliana è stato diviso in 8 macro tronchi, in relazione alle caratteristiche geometriche della sezione stradale. Per ciascun macro tronco, le caratteristiche geometriche, di regolazione della circolazione ed i principali valori rilevati, sono state organizzate in schede sinottiche (fig. 2), riportando inoltre la velocità media di deflusso e la velocità massima raggiunta.

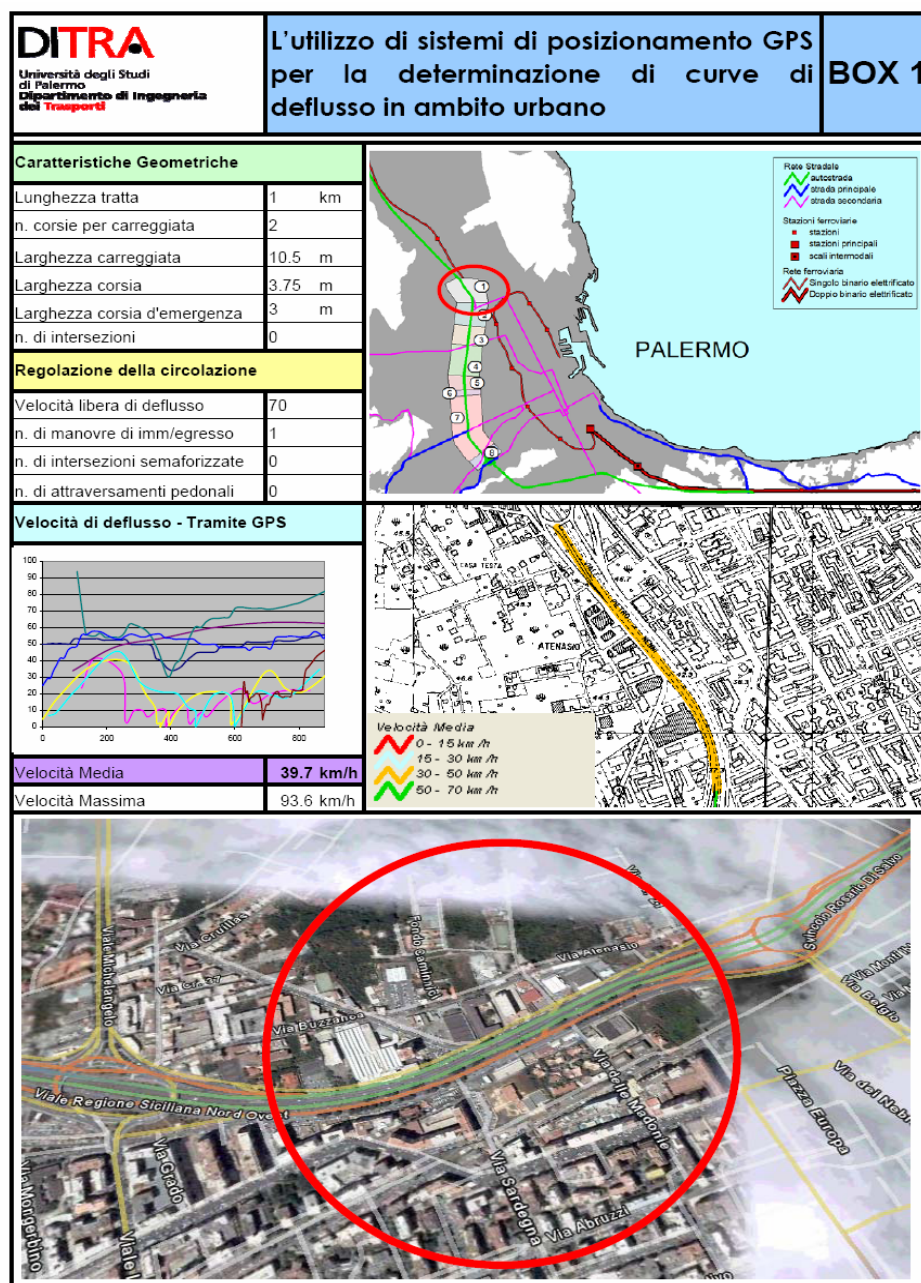


Figura 2 – Caratteristiche del macro tronco n.1

La velocità media di deflusso è stata calcolata come il valore atteso della distribuzione delle varie velocità, all'interno di ogni macro tratto, rilevate con il Global Positioning System. Si è deciso di fermarsi al 95° percentile in modo tale da eliminare quei valori estremi di velocità poco rappresentativi delle condizioni medie di deflusso.

Confronto tra i vari modelli presenti in letteratura

I valori di velocità ottenuti sperimentalmente sono stati confrontati con i valori forniti dall'utilizzo di modelli di simulazione di flusso presenti in letteratura. In particolare si sono selezionati i modelli basati sull'ipotesi di flusso ininterrotto, cioè valido in quegli archi di infrastruttura stradale caratterizzati da condizioni di stazionarietà e di flusso regolare con l'eliminazione dei punti di conflitto e delle soste lungo il percorso. Dal confronto è stato escluso solo il macro tronco n. 4 che va dalla rotonda di Via Leonardo da Vinci all'incrocio con Via Perpignano, dove non è rispettata questa ipotesi perché è presente un'intersezione semaforizzata e quindi per tale motivo non verrà

considerato nella nostra analisi. Le curve di deflusso descrivono l'offerta di mobilità di ciascun elemento della rete stradale. Detta curva, in funzione delle caratteristiche geometriche, ambientali e di traffico di una strada, fornisce per ciascun tronco stradale omogeneo l'andamento della velocità della corrente veicolare in funzione del flusso di traffico. Il deflusso in ambito urbano è influenzato ad esempio dalla presenza di intersezioni, auto in sosta ai margini della strada e pedoni. Nella strada di scorrimento presa in esame, e solo in alcuni tronchi, si è verificata la presenza delle condizioni di stazionarietà e di flusso regolare. Con queste ipotesi anche in campo urbano si possono verificare le condizioni di flusso ininterrotto ed è possibile così analizzare il fenomeno attraverso diversi modelli quali:

- Greenshields;
- Greenberg;
- Underwood;
- Drake;
- Drew.

Il primo step è stato quello di determinare la capacità di Viale Regione Siciliana, cioè il numero massimo di veicoli che possono passare per una sezione in un assegnato intervallo temporale. L'espressione utilizzata è stata quella fornita dal "Manuale della Capacità delle Strade" dell'American Association of State Highway Officials (AASHO), in cui la capacità dipende dal numero delle corsie presenti nella carreggiata e dal prodotto dei coefficienti relativi al tipo di infrastruttura, al traffico commerciale ed al traffico degli autobus che gravitano sull'asse considerato. Ottenuto il valore della capacità pari per tutta Viale Regione Siciliana a circa 3300 veic/h, si è proceduto al calcolo della portata "q", ovvero al numero di veicoli che nell'unità di tempo transitano nei vari macro tronchi. A condizione che il flusso sia stazionario, la portata "q" è direttamente proporzionale alla densità spaziale "k" ed alla velocità di deflusso "v":

$$q = k v' \text{ [veic/h]}$$

La densità spaziale "k", ovvero il numero di veicoli che in un dato istante sono compresi in un tratto di strada di lunghezza unitaria, dipende, anche se con espressioni differenti a seconda del modello di flusso ininterrotto utilizzato, dalla velocità libera di deflusso (velocità imposta dal Codice della Strada) che costante all'interno di ogni macro tronco assume i valori di 50 o 70 km/h, dalla capacità della strada e dalla velocità media di deflusso ricavata empiricamente (si è utilizzata la velocità media di deflusso ricavata tramite GPS). La velocità di deflusso "v", espressa anch'essa in maniera diversa in base al modello usato, è funzione della densità spaziale, della capacità e della velocità libera di deflusso. I risultati forniti dai differenti modelli sono stati confrontati con i dati di output ottenuti dall'applicazione di un modello di assegnazione dei flussi di traffico (fig. 3). Tramite il software MT Model si è dunque effettuata l'assegnazione di equilibrio stocastico (SUE) alla rete considerata, nell'ipotesi di un comportamento della scelta del percorso di tipo probabilistico. Nella "Stochastic User Equilibrium" (SUE) la rete stradale si considera congestionata ed i flussi risultanti corrispondono ad una condizione in cui per ciascuna coppia O-D il costo dei percorsi utilizzati dipende dall'utilità percepita che all'equilibrio è considerata una variabile aleatoria e quindi gli utenti possono scegliere qualunque itinerario anche quello non di minimo costo.

Risultati e Sviluppi futuri

I modelli di Underwood e Drake sono poco rappresentativi delle condizioni di circolazione che si verificano nella realtà. Sebbene il modello di Greenshields dia dei risultati accettabili per la maggior parte dei macro tronchi, in alcuni casi sottostima i valori di flusso rispetto ai dati simulati dal software MT Model. Più aderenti alle condizioni di deflusso sono i risultati dei modelli di Drake e di Greenberg. Non essendo disponibili dei dati reali rilevati per Viale Regione Siciliana, nei prossimi mesi sono previste delle campagne di rilevazione dei flussi di traffico in sezioni significative all'interno degli 8 macro tronchi, in modo tale da poter valicare i modelli anche con dei flussi rilevati. Le informazioni acquisite verranno utilizzate per calibrare un nuovo modello, valido per la circonvallazione palermitana ma anche per quelle realtà simili a quella analizzata. Le

curve di deflusso reali così ottenute saranno un valido supporto alla pianificazione della mobilità nell'area metropolitana, ma anche un altrettanto prezioso supporto agli utenti sia prima di compiere lo spostamento, sia durante.

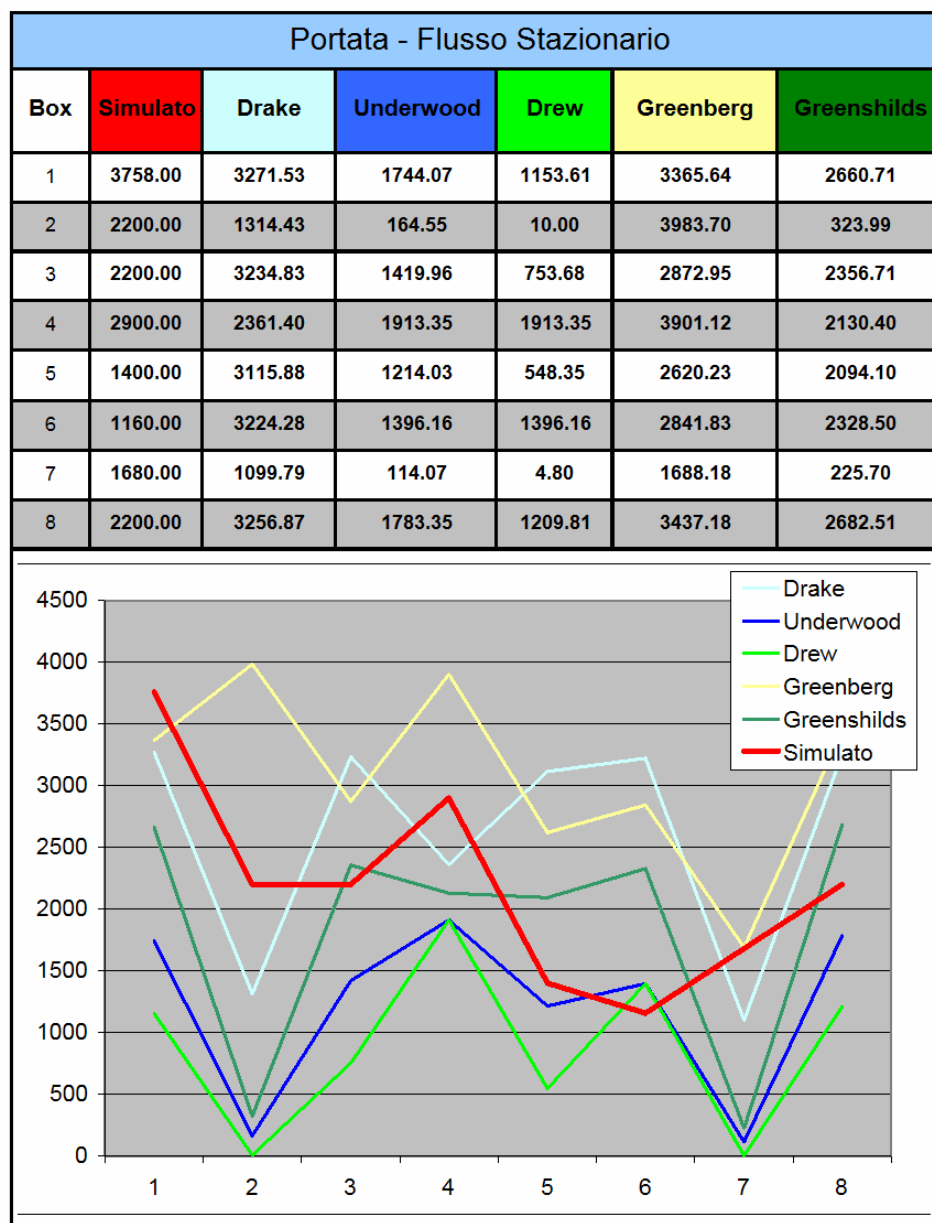


Figura 3 – Schema riassuntivo dei dati ottenuti

Bibliografia

Astarita V., D'Elia S., Guido G.: "Stima dei parametri del traffico mediante il conteggio dei terminali di telefonia mobile", tratto da "Metodi e tecnologie dei trasporti" Società italiana docenti di trasporti, Edizioni Franco Angeli, Seminario 2002;

Introduzione alla Tecnica dei Trasporti e del Traffico con Elementi di Economia dei Trasporti a cura di G. E. Cantarella – UTET 2001

E. Cascetta : Teoria e metodi dell'Ingegneria dei Sistemi di Trasporto - UTET