

# Analisi dei flussi di traffico sulla circonvallazione di Palermo

Gerlando Barresi, S. Cucuzza, R. Di Maria  
Istituto di Costruzioni stradali - Università di Palermo

## Introduzione

Lo studio del deflusso veicolare nelle principali arterie urbane, unitamente ad altre indagini sulla domanda di trasporto, costituisce elemento indispensabile per individuare interventi mirati a migliorare le condizioni di circolazione nell'area interessata. Nel rilevare che esistono sporadici dati relativi alla città di Palermo idonei a fornire ai tecnici del settore informazioni sufficienti a rappresentare la reale situazione del traffico e le esigenze di spostamento degli utenti, con la presente indagine ci si propone di affrontare, anche se solo parzialmente, il problema in questione, focalizzando l'attenzione sulla strada "di circonvallazione" che svolge un ruolo cruciale per la mobilità periferica della città e per il collegamento con la viabilità esterna e con l'area metropolitana.

Questa importante arteria, costituita per quasi tutto il suo sviluppo da quattro carreggiate, due centrali per le correnti principali e due laterali di servizio, risulta interessata dalla sistemazione a livelli sfalsati di alcune intersezioni (Bonagia, via E. Basile, C.so Calatafimi, via Pitrè e viale Michelangelo). Essa presenta la configurazione di una strada urbana di scorrimento caratterizzata da alcuni vistosi "buchi" costituiti dalla assenza di svincoli in alcuni nodi importanti, dalla mancanza di carreggiate laterali in corrispondenza dell'attraversamento del fiume Oreto e da altre carenze di minore entità soprattutto nel tratto centrale. Con l'obiettivo di conoscerne lo stato attuale di funzionalità e di individuare elementi utili per intraprendere opportuni provvedimenti finalizzati ad ottimizzare la sua efficienza, si è eseguita l'analisi del traffico durante l'intera giornata e del suo modo di svolgersi in tutto il percorso urbano.

## 1. Esame preliminare

Per rappresentare la reale situazione dei flussi veicolari presenti nei vari tratti delle carreggiate centrali dell'arteria, che si svolge lungo un percorso che va dal terminale dell'autostrada Palermo-Catania (A19) nella periferia sud-est della città a quello dell'autostrada Palermo-Mazara del Vallo (A29), ricadente a nord-ovest, si è eseguita un'indagine preliminare sulla più opportuna ubicazione delle sezioni di rilevamento. Occorre considerare innanzitutto che la strada in questione assume due importanti funzioni: collega fra di loro le autostrade già dette, garantendo la continuità infrastrutturale fra la Sicilia sud-occidentale e quella orientale e centro-meridionale, anche per quanto riguarda l'aeroporto di Punta Raisi, e costituisce un'arteria di primaria importanza, specie in assenza di infrastrutture di pari capacità, per la circolazione urbana, garantendo lo smistamento dei flussi dall'area suburbana e dalla periferia verso la zona centrale e viceversa.

Il monitoraggio, per essere efficace, deve consentire la individuazione delle dinamiche di interazione fra i diversi tipi di flusso e l'influenza delle immissioni e delle diversioni nelle carreggiate centrali, anche al di fuori delle aree interessate dalle intersezioni.



Sono state così individuate, oltre alle due sezioni terminali, in corrispondenza di via Oreto (terminale sud-est) e di via Belgio (terminale nord-ovest), le sezioni intermedie in corrispondenza di Ponte Corleone, Via Basile, Corso Calatafimi, Via Pitrè, Via E. Di Blasi, Via Giotto, Via De Gasperi. Per quanto riguarda le intersezioni con viale Michelangelo e con via Leonardo da Vinci, quest'ultima particolarmente complessa ed ancora non dotata di svincolo, si sono scelte le sezioni di via Belgio, via Giotto e via Di Blasi, disposte a valle ed a monte delle stesse, in modo da poterne valutare il volume complessivo di traffico afferente, ciò che avviene anche per le altre intersezioni; non risultano invece individuate nel dettaglio le varie correnti in entrata o in uscita, la cui conoscenza risulterebbe necessaria per la valutazione funzionale complessiva del singolo svincolo, ovvero per la scelta tipologica ed il relativo dimensionamento laddove non ancora realizzato.

## 2. Analisi dei flussi per fasce orarie

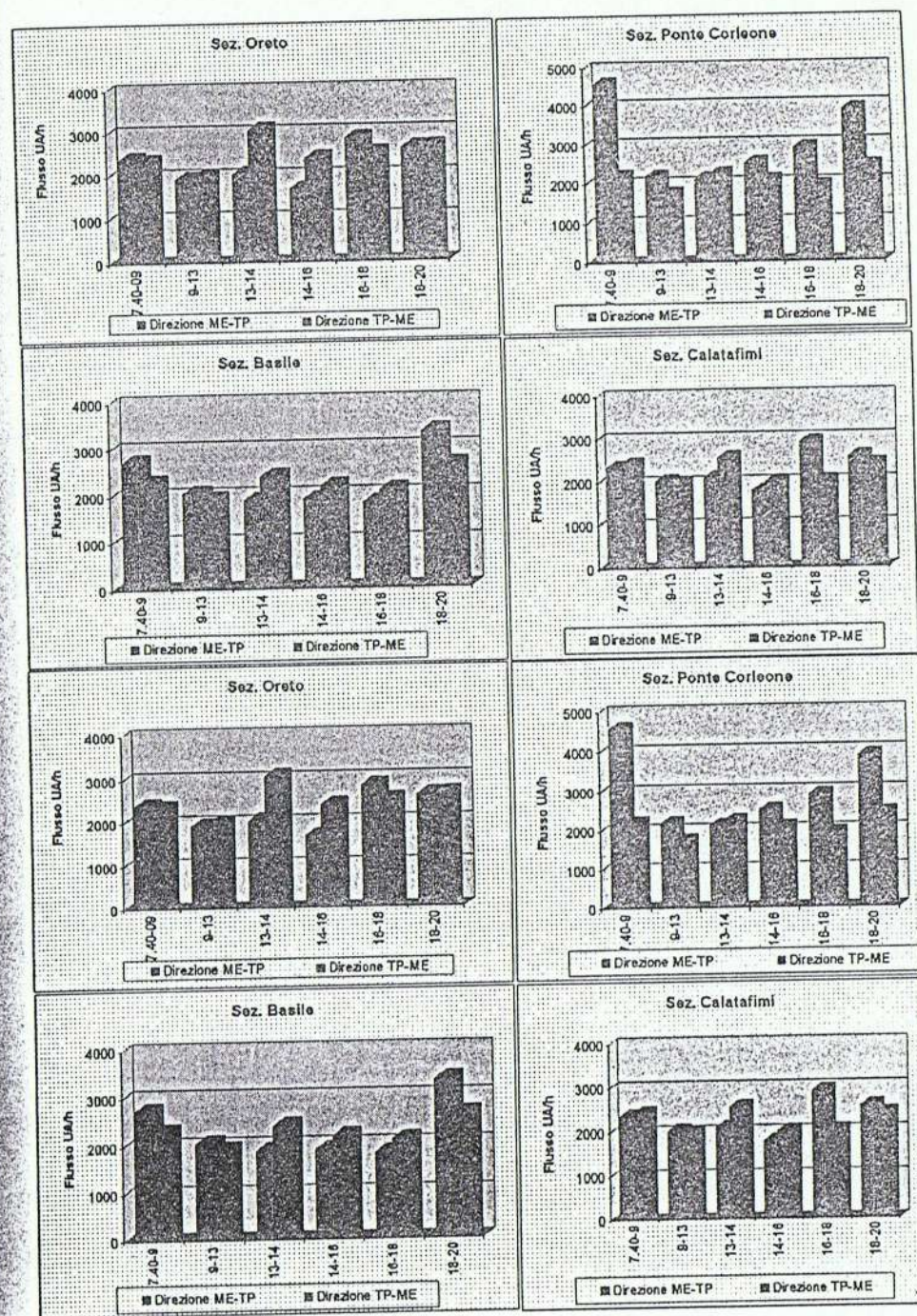
Il periodo di osservazione è stato esteso all'arco temporale che va dalle prime ore della mattinata alle prime ore serali, raggruppando i dati in sei fasce, così delimitate:

Fascia I: 7.40 - 9.00      Fascia III: 13.00 - 14.00      Fascia V: 16.00 - 18.00  
 Fascia II: 9.00 - 13.00      Fascia IV: 14.00 - 16.00      Fascia VI: 18.00 - 20.00

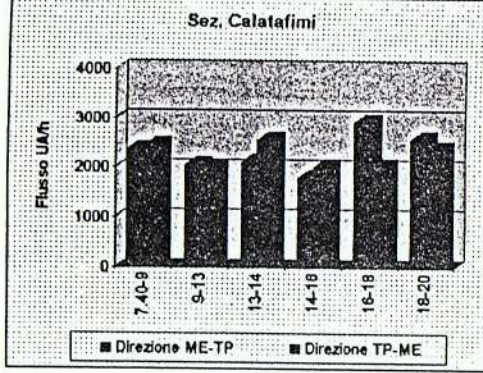
L'intervallo compreso tra le 20 e le 7.40 non è stato preso in considerazione per la poca rilevanza dei flussi riscontrabili. La scelta è stata effettuata in modo da evidenziare il fenomeno della forte ondata iniziale di traffico mattutino, che si verifica intorno alle 8.0 e che subisce poi una notevole attenuazione nel periodo compreso fra le 9.0 e le 13.0; allo stesso modo si registra generalmente un aumento dei flussi intorno alle 13 ed una diminuzione fra le 14 e le 16, per passare quindi ad una crescita che procede progressivamente fino alle ore 20. I rilevamenti sono stati eseguiti nel periodo compreso fra settembre e novembre del 1994, in giorni della settimana compresi fra martedì e venerdì in modo da ottenere per le varie fasce dati confrontabili fra loro da cui ricavare valori medi rappresentativi. I risultati sono riportati nelle tabelle e nei grafici seguenti (tab.2.1, figg.2.1-2.9) dopo aver reso omogeneo il traffico rispetto al veicolo tipo costituito dall'autovettura, mediante opportuni coefficienti di equivalenza, pari a 2,5 per gli autobus ed i mezzi pesanti e 0,5 per i veicoli a due ruote.

Sezione	Direz.	7.40-9	9-13	13-14	14-16	16-18	18-20
Oreto	ME - TP	2391	1920	2040	1675	2846	2618
"	TP - ME	2330	1962	3063	2397	2508	2641
Ponte Corleone	ME - TP	4583	2180	2117	2511	2895	3886
"	TP - ME	2182	1732	2232	2070	1912	2430
Basile	ME - TP	2729	2055	1887	1905	1830	3345
"	TP - ME	2293	1921	2405	2184	2104	2628
C.so Calatafimi	ME - TP	2360	2038	2104	1793	2921	2582
"	TP - ME	2442	1971	2562	2015	2031	2390
Pitrè	ME - TP	3205	2280	3432	2886	3380	2724
"	TP - ME	3181	2321	3900	3084	2828	2984
Di Blasi	ME - TP	4036	2804	4197	3624	4056	3144
"	TP - ME	3434	2893	4293	3396	2942	2948
Giotto	ME - TP	2158	2090	1919	1957	2561	2172
"	TP - ME	1892	1544	1918	1588	1727	1722
De Gasperi	ME - TP	1716	1680	1634	1639	1863	1734
"	TP - ME	1696	993	1398	1223	1308	1047
Belgio	ME - TP	1665	1681	1623	1405	1954	2133
"	TP - ME	1817	1378	1684	1431	1612	1498

tab. 2.1 - Valori dei flussi rilevati espressi in UA/h



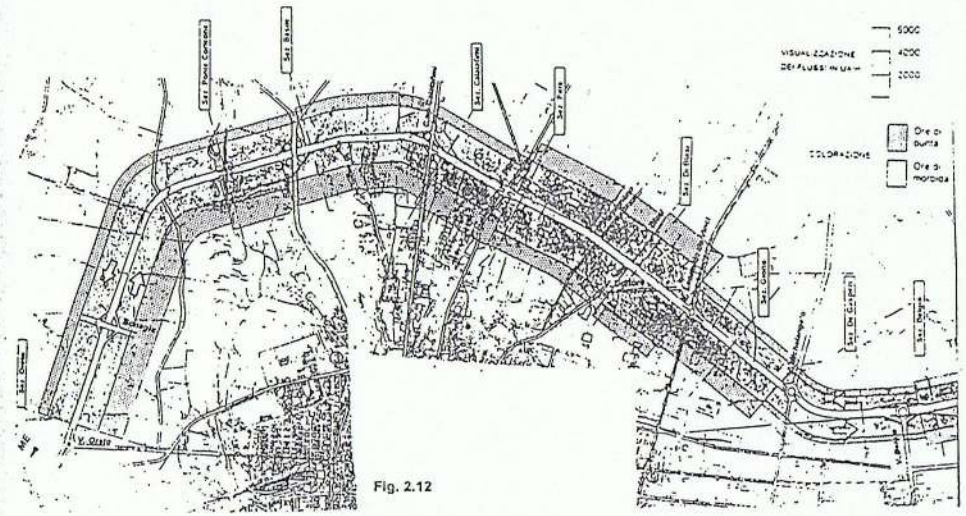
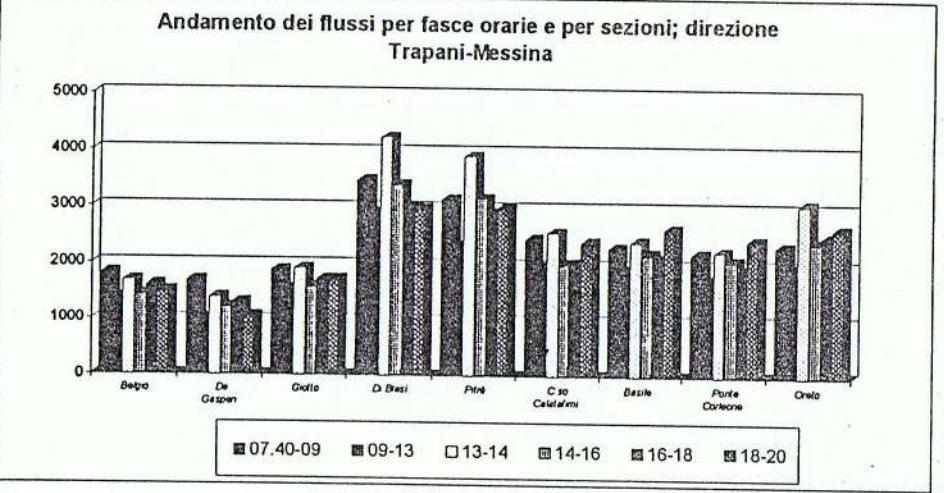
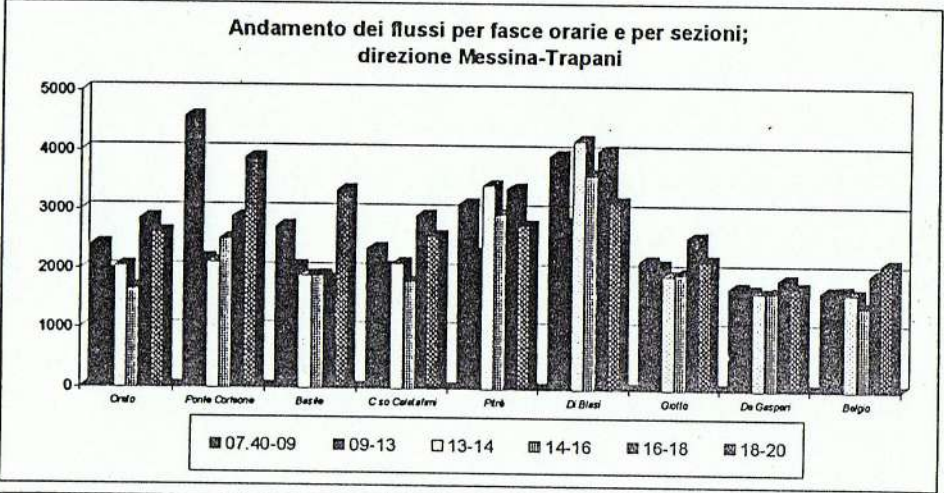




Il flusso nelle varie sezioni per ogni direzione e per ogni fascia oraria è stato determinato come valore medio dei dati disponibili, pari ad almeno tre ripetizioni per la stessa fascia e per la stessa sezione, e risulta espresso in unità equivalenti per ora (UA/h).

I dati ricavati sono stati quindi aggregati in modo da poter analizzare l'andamento del traffico per ogni direzione di marcia (Figg. 2.10-2.11).

Si osserva che nel senso di percorrenza ME-TP si hanno punte massime di flusso in corrispondenza delle fasce 7.40-9.00 e 18.00-20.00 per le sezioni Ponte Corleone e Basile mentre per le altre sezioni si riscontrano situazioni diverse ed in particolare valori più elevati negli intervalli 13-14 e 16-18 per la sezione Di Blasi. Nel senso opposto (TP-ME) si verifica in tutte le sezioni un andamento dei flussi che evidenzia anch'esso alcune punte, ma soprattutto valori più elevati per tutte le fasce in corrispondenza delle sezioni Di Blasi e Pitrè. Di difficile individuazione risulta una vera e propria fascia oraria di morbida distinta. In generale si possono considerare tali le 9-13 e 14-16, con differente comportamento in corrispondenza delle diverse sezioni. Ad ogni modo è opportuno evidenziare come i flussi raramente scendano al di sotto delle 2.000 UA/h, ad eccezione delle sezioni terminali lato Trapani, dove vengono anche raggiunti valori prossimi a 1000 UA/h. Inoltre in tutti i periodi, ad eccezione della fascia 7.40-9.00 e limitatamente alla percorrenza ME-TP, si sono riscontrati fattori dell'ora di punta piuttosto alti ( $F_{hp} = 0,80 \div 0,90$ ) ciò che denota una scarsa variabilità dell'intensità di traffico anche all'interno dei singoli periodi di punta. Allo scopo di rendere più evidenti i valori maggiormente rappresentativi dell'andamento del traffico riscontrato su tutto l'asse viario, viene riportato un diagramma a spessore planimetrico della circonvallazione, in cui sono riportate con due diverse bande i livelli di flusso attribuiti nei due sensi di marcia ad ogni tratto dell'arteria sulla base dei dati registrati in ogni sezione, nei periodi di morbida ed in quelli di punta (fig. 2.12). In particolare, i valori relativi alle ore di morbida riportati nel grafico, rappresentano le medie di tutti i flussi rilevati nelle diverse fasce corrispondenti; quelli relativi alle ore di punta rappresentano invece le massime intensità riscontrate nel corso dei rilevamenti.



L'esame del diagramma a spessore permette una immediata interpretazione delle dinamiche di traffico che complessivamente hanno luogo in tutto lo sviluppo dell'infrastruttura. Un elemento che emerge fra gli altri è costituito dalle notevoli differenze di flusso che si verificano in corrispondenza dell'intersezione con via Leonardo da Vinci, consistente nella riduzione dei flussi in direzione Trapani e nell'aumento di quelli in direzione Messina. L'importanza del suddetto

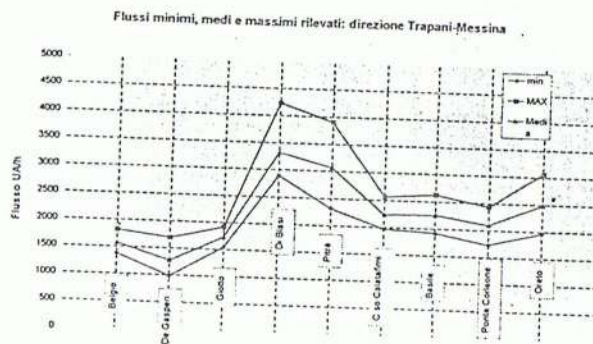
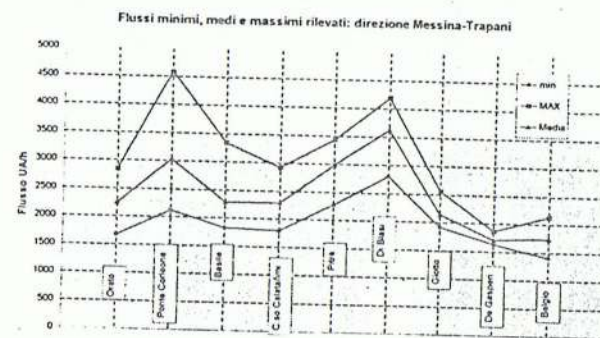


attraversamento che, pur essendo interessato dai maggiori volumi di traffico risulta, come già detto, sistemato attualmente con una pseudo-rotatoria a raso, trova giustificazione nella situazione urbanistica della zona.

Le principali arterie viarie intersecanti o comunque afferenti alla circonvallazione rispondono infatti a due diversi schemi: uno radiale, relativo alle vie Oretto, Basile, Calatafimi, Pitrè, Perpignano, Di Blasi che converge verso il centro della città, ed uno ad assi trasversali che riguarda le vie Belgio, Michelangelo-Lazio e Leonardo da Vinci. Quest'ultima risulta interessata, oltre che dal traffico delle zone residenziali ubicate nelle prossimità della circonvallazione, anche da quello relativo a dei grossi quartieri residenziali ricadenti a monte ed in particolare costituisce il collegamento preferenziale fra i quartieri popolari di Uditore, Passo di Rigano e Borgo Nuovo (quest'ultimo da solo conta circa 30.000 abitanti) ed il resto della città.

### 3. Analisi dei flussi per sezioni

I flussi rilevati sono stati elaborati anche prendendo in considerazione i valori minimi, massimi e medi riscontrati nelle diverse fasce orarie e nelle varie sezioni in modo da evidenziare il loro andamento lungo il tracciato della strada in esame.



mediamente superiore a quello rilevato nella sezione Belgio, e ciò per entrambi i sensi di marcia anche se in maniera più marcata in direzione TP-ME.

Nella direzione ME-TP si rilevano due picchi di flusso nelle sezioni Ponte Corleone, dove viene raggiunto il massimo assoluto di oltre 4500 UA/h, e Di Blasi, mentre il valore minimo assoluto si registra in corrispondenza della sezione Belgio. Nella direzione opposta il volume dei flussi, in tutte le fasce considerate, presenta valori più elevati in corrispondenza delle sezioni centrali (Di Blasi e Pitrè) ed una sostanziale diminuzione man mano che ci si allontana da esse, a parte il lieve aumento che si registra nelle sezioni Oretto e Belgio. I valori rilevati in corrispondenza delle sezioni estreme, peraltro, sono differenti fra loro, risultando il traffico registrato all'altezza di via Oretto

Un'altra caratteristica generale che si evince dall'analisi dei flussi è la differente utilizzazione dell'infrastruttura nei due sensi di marcia. Il picco in corrispondenza della sezione Di Blasi nella direzione di marcia ME-TP (oltre 4.000 UA/h) trova la sua giustificazione nella centralità della sezione rispetto all'asse viario e nel suo inserimento all'interno di un'area fortemente urbanizzata, mentre per quanto riguarda la situazione osservata all'altezza del ponte Corleone (scavalco della vallata del fiume Oretto) sempre nella direzione ME-TP, la forte differenza che si osserva rispetto alla sezione Basile è dovuta alla presenza dello svincolo che collega la circonvallazione con la cittadella universitaria, con la stazione ferroviaria centrale e con l'insieme di strutture amministrative ed ospedaliere situate a valle di esso. La concentrazione di tali flussi si verifica soprattutto nelle ore di punta mattutine e pomeridiane, ciò che conferma l'azione attrattiva delle aree servite dallo svincolo suddetto rispetto alle residenze situate a valle dello stesso, a causa della carenza di altri attraversamenti della depressione dell'Oretto. Anche per la direzione Trapani-Messina si osserva una "punta" di traffico della sezione Di Blasi, dovuta alla elevata immissione di traffico proveniente dalla via Leonardo da Vinci, di cui si è già detto, che si riduce notevolmente lungo il percorso utilizzando prevalentemente le interruzioni di spartitraffico centrale.

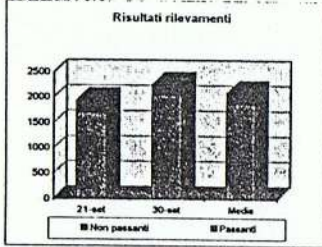
### 4. Flussi di attraversamento

Un elemento che occorre evidenziare per completezza di informazione è la distinzione fra veicoli leggeri e veicoli pesanti. Nelle diverse fasce orarie considerate, si è riscontrata una percentuale di veicoli pesanti poco variabile e compresa generalmente tra il 5 ed il 10% dell'intero flusso in entrambe le direzioni e lungo tutto il percorso. Di notevole importanza è inoltre la conoscenza del flusso cosiddetto di attraversamento, cioè non interessato all'ambito urbano ma che percorre interamente l'infrastruttura viaria utilizzandola come collegamento in ambito metropolitano o regionale. Poiché tale ricerca presenta alcune difficoltà operative, in quanto occorre procedere ad una corretta individuazione dei soli veicoli transitati in entrambe le sezioni terminali, l'indagine è stata limitata a due rilevamenti-campione della durata di 30 minuti circa, effettuati nei mesi di settembre ed ottobre del 1994, in entrambe le direzioni di marcia, a fine mattinata, e cioè nel periodo di prevedibile maggiore affluenza di questo tipo di traffico. L'indagine è stata condotta mediante riprese con videocamere posizionate rispettivamente nei pressi di via Oretto e di via Belgio. La lettura anche parziale delle targhe e le caratteristiche del veicolo in genere (categoria, casa produttrice, colore, etc.) hanno permesso l'individuazione dei veicoli "passanti" in quanto presenti in entrambe le riprese. I risultati, riportati nei grafici seguenti (figg. 4.1-4.10), mostrano una lieve differenza nei due sensi di marcia, essendo il flusso di attraversamento nella direzione Messina-Trapani di poco superiore rispetto a quello in direzione Trapani-Messina ed indicano che il flusso di attraversamento rispetto al totale è variabile fra il 3 e l'11% per i veicoli leggeri e fra il 7 ed il 18% per quelli pesanti. Con riferimento ai flussi orari riscontrati, i massimi assoluti nei due sensi di marcia risultano 196 e 36 veic/h rispettivamente per veicoli leggeri e veicoli pesanti. Dall'esame di tale campione, che si ritiene rappresentativo dell'andamento generale, si può pertanto affermare che il flusso di attraversamento costituisce un'aliquota poco significativa del traffico che percorre quotidianamente la circonvallazione nelle ore diurne, confermando come questa arteria sia interessata prevalentemente dal traffico urbano.



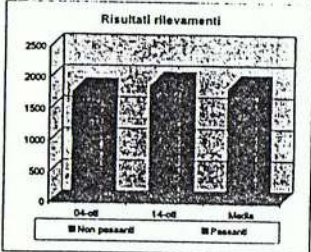
Grafici relativi ai flussi di attraversamento direzione ME-TP

Fig. 4.1



Grafici relativi ai flussi di attraversamento direzione TP-ME

Fig. 4.6



5. Tempi di percorrenza

Allo scopo di conoscere uno dei principali elementi caratterizzanti la qualità della circolazione, si è proceduto alla determinazione dei tempi di percorrenza utilizzando una metodologia che consentisse di ottenere il maggior numero di dati attendibili nella maniera più rapida. Considerato tra l'altro che occorre operare separatamente per ogni direzione di marcia, e che è necessario per l'attendibilità dei risultati un numero significativo di dati per ognuna delle sei fasce orarie prese in esame, si è fatto ricorso al metodo del "veicolo fluttuante", che consiste nel percorrere il tragitto prescelto con un'autovettura civetta che marcia nelle condizioni medie di circolazione, registrando l'orario di partenza, quello di arrivo e gli eventuali periodi di sosta. In tal modo è stato possibile rilevare sia i tempi di percorrenza complessivi che quelli parziali nonché i tempi di attesa ai 4 semafori presenti lungo il tracciato, ubicati in corrispondenza delle

Fig. 4.2



Fig. 4.3

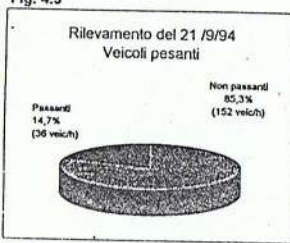


Fig. 4.4



Fig. 4.5

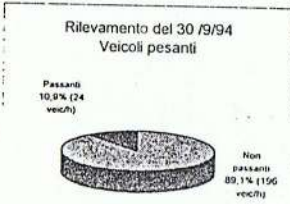


Fig. 4.7

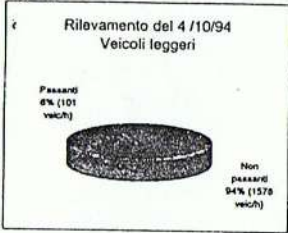


Fig. 4.8



Fig. 4.9



Fig. 4.10



vie Perpignano, Uditore, Leonardo da Vinci e Giotto (solo pedonale). Sono stati effettuati 36 viaggi di andata e ritorno sempre in giorni feriali della settimana lungo il percorso compreso tra la sezione Oreto e la sezione Belgio, della lunghezza complessiva di 10,7 Km in modo da coprire ogni fascia oraria considerata, con un elevato numero di rilevamenti.

Dall'interpretazione dei risultati, riportati sinteticamente nelle tabelle e nei grafici che seguono, in cui vengono evidenziati nelle varie fasce orarie oltre ai tempi minimi, medi e massimi complessivi di percorrenza anche le attese medie ai semafori, si traggono alcune caratteristiche peculiari dello svolgimento del traffico.

tab. 5.1 - Direzione ME-TP: tempi di percorrenza e di attesa (in primi)

Fascia oraria	7.40-9	9-13	13-14	14-16	16-18	18-20
Medio	33.10	11.59	16.34	14.57	14.04	17.52
Massimo	38.20	14.33	21.46	18.32	15.37	23.45
Minimo	28.11	10.36	13.05	13.21	13.03	11.45

Tempi medi di attesa alle intersezioni semaforizzate

Fascia oraria	7.40-9	9-13	13-14	14-16	16-18	18-20
Via Perpignano	13.21	00.46	04.32	01.17	01.09	05.25
Via Uditore	05.31	00.37	01.07	00.58	02.08	00.55
V.le L.da Vinci	03.17	00.52	00.48	00.47	01.25	00.24
Via Giotto	00.20	00.06	00.23	00.11	00.09	00.38

Tempi di percorrenza medi per giorni della settimana

Giorno	lunedì	martedì	mercoledì	giovedì	venerdì
Minuti	16.46	20.39	16.50	22.04	17.48

tab. 5.2 - Direzione TP-ME: tempi di percorrenza e di attesa (in primi)

Tempi di percorrenza complessivi nelle diverse fasce orarie

Fascia oraria	7.40-9	9-13	13-14	14-16	16-18	18-20
Medio	13.05	11.45	14.31	11.27	13.02	13.22
Massimo	15.37	13.59	23.33	12.38	15.36	18.23
Minimo	11.08	10.36	11.06	10.10	11.12	11.01

Tempi medi di attesa alle intersezioni semaforizzate

Fascia oraria	7.40-9	9-13	13-14	14-16	16-18	18-20
Via Perpignano	00.14	00.11	00.13	00.08	00.07	00.11
Via Uditore	01.29	01.02	01.35	00.49	01.22	00.56
V.le L.da Vinci	00.27	00.16	00.14	00.37	00.34	00.15
Via Giotto	01.17	00.30	00.56	00.17	00.37	01.38

Tempi di percorrenza medi per giorni della settimana

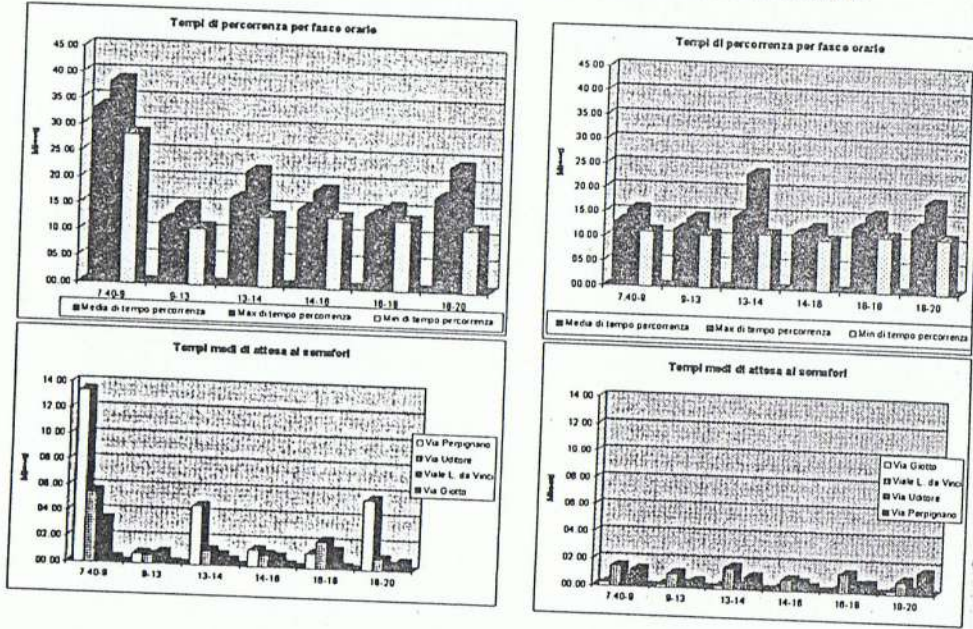
Giorno	lunedì	martedì	mercoledì	giovedì	venerdì
Minuti	12.29	12.10	13.05	13.07	13.33

non riesce a smaltire efficacemente il traffico di punta mattutina che supera in determinati periodi all'interno della fascia considerata i valori di saturazione provocando inaccettabili perditempo con conseguenti code, lunghe anche fino ad 1 Km. Nello stesso intervallo orario si può osservare come i perditempo si riducono gradualmente in corrispondenza dei semafori successivi, anche se essi, ad eccezione di quello esclusivamente pedonale di via Giotto, non presentano differenze notevoli di tempi di verde e di ciclo rispetto al primo. Si comprende quindi facilmente come la semaforizzazione di via Perpignano determini uno scaglionamento dell'ondata di flusso in arrivo alle altre intersezioni poste a valle e a cui corrispondono perditempo minori. Tale dinamica rende evidente la considerazione che semplici interventi localizzati, costituiti ad esempio

Nella direzione Messina-Trapani è stato registrato all'interno della fascia oraria 7.40-9.00 un tempo medio di percorrenza (33'10'') notevolmente superiore rispetto a quello delle altre fasce orarie e della marcia in senso opposto. Tale dato va considerato unitamente al tempo medio di attesa al semaforo di via Perpignano nella stessa fascia (13'21''), anch'esso di gran lunga superiore rispetto ai perditempo relativi sia ad altre fasce per lo stesso semaforo sia ad altre intersezioni semaforizzate. E' evidente quindi come la regolazione semaforica dell'intersezione a raso con via Perpignano, la prima incontrata procedendo da via Oreto verso via Belgio, non



dall'eliminazione del traffico di attraversamento dell'incrocio in questione, comporterebbero l'appesantimento della circolazione nelle intersezioni successive, distribuendo in esse parte del perditempo eliminato. Analoghe situazioni non si verificano invece nella direzione di marcia Trapani-Messina in nessuna delle intersezioni semaforizzate, dove i perditempo sono sempre abbastanza contenuti. Ciò trova giustificazione nell'andamento del flusso all'interno delle fasce orarie, che risulta sempre in condizione di equilibrio statistico in direzione TP-ME mentre nell'opposta direzione nella fascia oraria 7.40-9.00 sono presenti fenomeni di instabilità. Si fa notare ancora che, in entrambe le direzioni di marcia, i tempi di percorrenza medi registrati nelle varie fasce orarie, se si eccettua quella 7.40-9.00 in direzione Messina-Trapani, presentano differenze piuttosto limitate, essendo compresi fra 11'27" e 17'52", a cui corrispondono velocità commerciali variabili fra 36 e 56 Km/h.

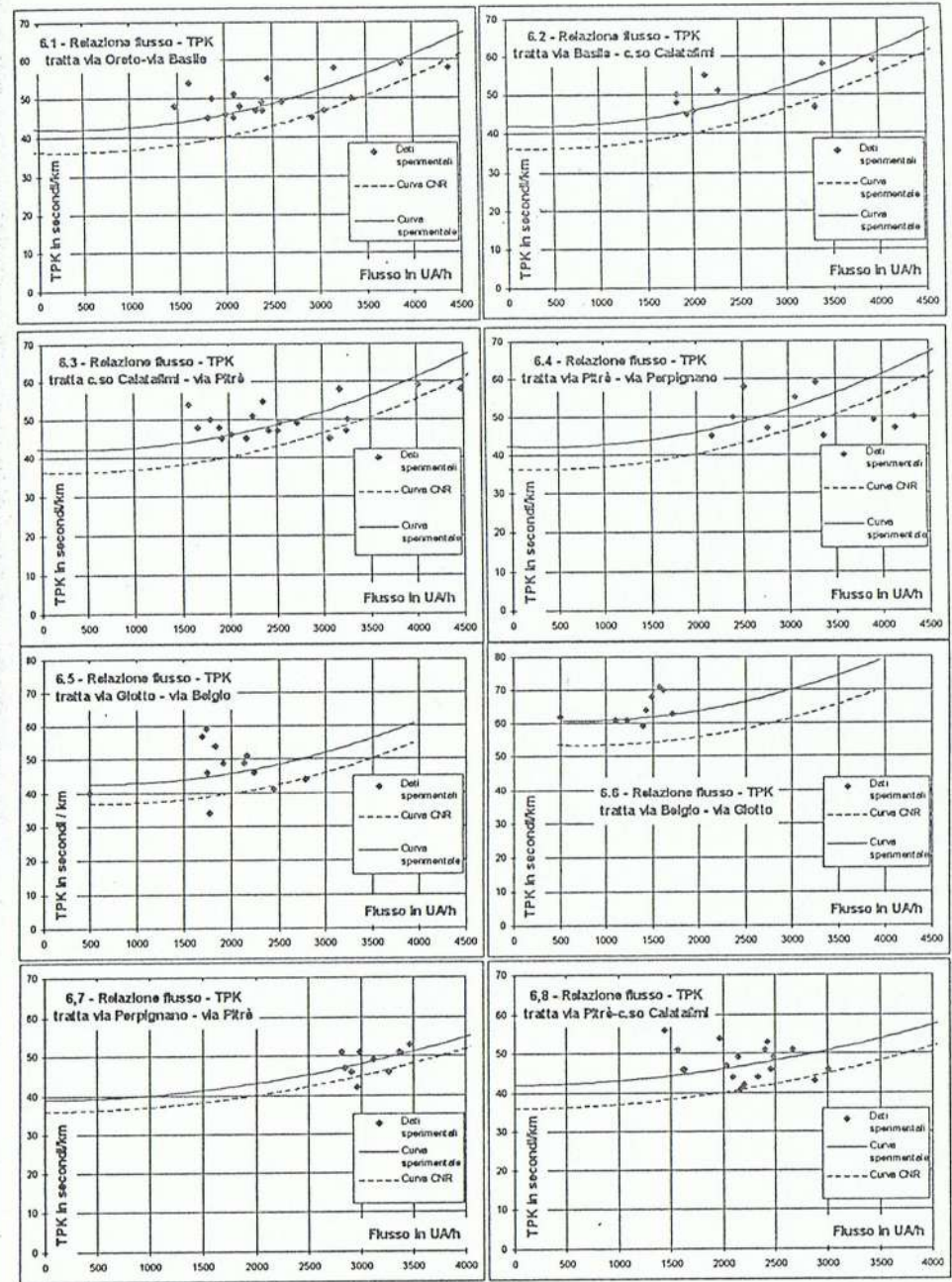


## 6. Relazioni fra tempo di percorrenza e flusso veicolare

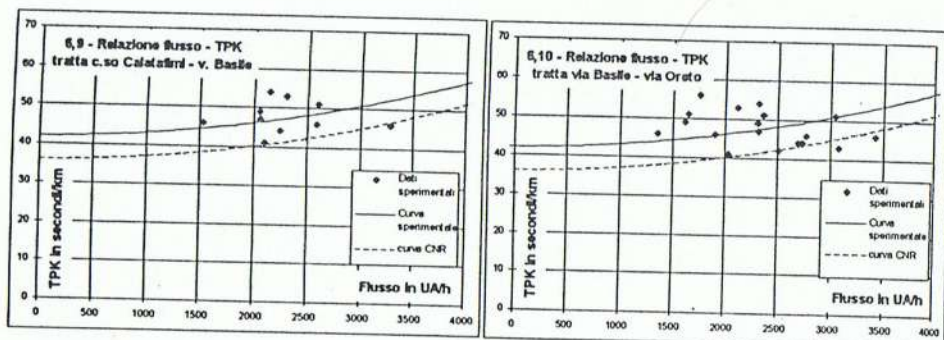
Per ricercare la correlazione esistente fra i tempi di percorrenza chilometrici (TPK) rilevati con il metodo del veicolo fluttuante, ed i flussi determinati negli stessi periodi di rilevamento, sono stati realizzati i diagrammi a dispersione riportati nelle figure seguenti. Essi sono relativi ai tratti di circonvallazione privi di intersezioni a raso, compresi, lato Messina, fra l'intersezione di via Oretò ed il semaforo di via Perpignano e, lato Trapani, fra il semaforo pedonale di via Giotto e lo svincolo di via Belgio, nei due sensi di marcia. In particolare l'itinerario Oretò-Perpignano è stato suddiviso in 4 tratte considerate omogenee per valori di flusso (Oretò-Basile, Basile-Calatafimi, Calatafimi-Pitrè e Pitrè-Perpignano) individuate considerando sia l'ubicazione delle sezioni di rilevamento disponibili che le zone di immissione e diversione, in modo da poter attribuire a ciascuna di esse, senza apprezzabili errori, i dati di flusso relativi ad una singola sezione. Per la tratta Giotto-Belgio non è risultata necessaria una

suddivisione, sia per la minore estensione, sia per la scarsa variabilità dei flussi registrati in corrispondenza delle sezioni De Gasperi e Giotto.

fig. 6 Relazione flusso - TPK







Si sono ritenuti omogenei dati di giornate diverse, (comprese fra Martedì e Venerdì), ma nello stesso periodo di rilevamento in quanto l'osservazione dell'andamento dei flussi ha dimostrato una scarsa variabilità di questi all'interno di ogni fascia oraria nei giorni feriali. Tale comportamento del traffico appare peraltro costante durante tutto il periodo di osservazione. I punti rappresentativi della relazione fra TPK e flusso equivalente (UA/h) sono ottenuti facendo corrispondere alla media dei tempi di percorrenza ad una certa ora il flusso medio rilevato nelle sezioni appartenenti alla tratta in esame nello stesso intervallo temporale. Ciò per entrambe le direzioni di marcia e per ognuna delle tratte considerate.

In ogni grafico, ad eccezione di quello riportato in figura 6.6, è tracciata la curva ricavata in base alle indicazioni della normativa CNR per le strade di tipo III, con un coefficiente di visibilità per il sorpasso pari ad 1 e ad una pendenza media fittizia trascurabile, ciò che risulta accettabile per le tratte indicate, caratterizzate da lunghezze di visuale libera ampie e dal susseguirsi di livellette in discesa e in salita con modesta pendenza (ad eccezione dei brevi tratti in corrispondenza degli svincoli). Dal confronto con i valori reali si osservano tempi di percorrenza maggiori rispetto a quelli teorici. Si sono quindi assunte leggi di variazioni rappresentative dei valori sperimentali dello stesso tipo delle curve riportate, ma opportunamente modificate nel termine indipendente dal flusso: infatti la sequenza dei punti mostra una dipendenza dei tempi dal flusso analoga, ma a partire da un valore iniziale di TPK più alto. Così operando, si è visto che, per una accettabile correlazione con i dati reali nella quasi totalità dei casi, va assunto come primo termine della formula un valore di 42 sec/km, corrispondente ad una velocità media di percorrenza pari a 86 km/h, e pertanto la legge da ritenere più adeguata ai risultati sperimentali, come può osservarsi dai grafici, risulta la seguente, essendo  $q$  e  $Q$  i flussi orari rispettivamente dei veicoli leggeri e pesanti, e il coefficiente di equivalenza:

$$TPK = 42 + 0,001 \cdot (q + eQ) + 0,25 \cdot 10^{-9} \cdot (q + eQ)^3$$

In effetti considerato che le caratteristiche plano-altimetriche e le condizioni di traffico lo consentono, la maggior parte degli utenti, pur in presenza del limite di velocità di 70 Km/h, marcia a velocità superiore a quella prescritta, senza tuttavia raggiungere i valori della curva CNR relativa a strade extraurbane, per effetto delle immissioni e diversioni di veicoli dalle carreggiate laterali o dalle interruzioni dello spartitraffico. Laddove tale influenza è meno sensibile, come nel tratto via Perpignano-via Pitre (v. fig. 6.7), la curva rappresentativa si abbassa rispetto a quella corrispondente alla formula sopra determinata, avvicinandosi alla curva CNR.

Per quanto riguarda infine il tratto dal tracciato più condizionato, compreso tra via Belgio e via Giotto, nel senso di percorrenza TP-ME, pur avendo preso in considerazione la curva CNR relativa alle effettive condizioni di pendenza e di visibilità, la curva di correlazione da assumere in base ai dati sperimentali risulta più alta ma sempre con lo stesso andamento a causa della contemporanea presenza di immissioni laterali e restringimento delle corsie, subito dopo un tratto a forte curvatura. In conclusione pertanto si può affermare che la formula da adottare nelle tratte stradali a deflusso non interrotto ma influenzato da particolari elementi risulta la seguente:

$$TPK = K + 0,001 \cdot (q + eQ) + 0,25 \cdot 10^{-9} \cdot (q + eQ)^3$$

Gli effettivi valori da attribuire al coefficiente  $K$  dovranno essere individuati mediante indagine sul posto, considerato che esso risulta dipendente dalle condizioni locali.

## 7. Considerazioni conclusive

Dalle indagini effettuate si può delineare un quadro alquanto attendibile del ruolo e della funzionalità della circonvallazione nell'ambito del sistema viario della città di Palermo. Si è constatato che essa è solo marginalmente utilizzata per l'intero attraversamento dell'abitato, e ciò non solo perché l'espansione di quest'ultimo ne ha di fatto inglobato al suo interno buona parte del tracciato, ma molto probabilmente anche per una modesta richiesta di trasferimenti di beni e di utenti da una parte all'altra delle aree esterne alla città, talché può considerarsi destinata ad uso prevalentemente urbano.

Come già accennato, la crescita continua di mobilità a cui non è corrisposto un adeguato sviluppo delle infrastrutture di trasporto in tutta l'area urbana ha portato al trasferimento su questa strada di buona parte dei flussi veicolari nordovest-sudest di gran lunga preminenti in una città di forma allungata come Palermo. A tale tendenza si è unito inoltre lo sviluppo dei nuovi quartieri residenziali ubicati a nord della città e di quelli pedemontani ad edilizia economica e popolare che gravitano a monte del tratto di circonvallazione compreso tra le vie Leonardo da Vinci e Michelangelo. Il parziale completamento della strada in oggetto, consistente nel quadruplicamento delle carreggiate e nella sistemazione a più livelli di alcune importanti intersezioni, eseguito a partire dai primi anni '80 e non ancora del tutto concluso, può essere considerato l'unico rilevante intervento d'ingegneria stradale del dopoguerra a Palermo ed ha pertanto costituito un naturale sfogo ai nuovi e notevoli volumi di traffico generatisi nel frattempo, trasformando tale infrastruttura in una strada urbana di scorrimento con elevata capacità attrattiva. Essa, nella attuale configurazione, non riesce a soddisfare, in determinate fasce orarie, la domanda di trasporto e ciò non a causa di una insufficiente capacità delle sezioni stradali, ma per le interruzioni al libero deflusso veicolare dovuto soprattutto alla presenza lungo il tracciato di attraversamenti stradali a raso e ad una non corretta ubicazione delle zone di interscambio relative al traffico che, proveniente dalla carreggiata di servizio o ad essa diretto, effettua la manovra di inversione di marcia utilizzando le interruzioni del marciapiede spartitraffico posto fra le carreggiate centrali. Nelle more dell'attuazione di sistemazioni di tipo definitivo, è possibile apportare subito dei miglioramenti alle condizioni di circolazione provvedendo ad una più efficiente regolazione delle intersezioni semaforizzate e disponendo in maniera più idonea i varchi sia nello spartitraffico centrale che in quello



con le carreggiate di servizio. Inoltre, considerate le dimensioni complessive delle carreggiate centrali, è possibile sistemare le stesse anziché con le attuali due corsie per senso di marcia, larghe 4 metri ed affiancate da una corsia di emergenza larga 2,50 m., realizzando tre corsie di marcia da 3,50 metri.

Tale soluzione, ad eccezione delle zone poste nelle immediate prossimità delle immissioni e diversioni, dove è necessario inserire apposite corsie di accelerazione e decelerazione, comporterebbe un aumento del flusso di saturazione di ogni carreggiata dalle attuali 5.000 UA/h fino a 7.100 UA/h. Pertanto allorché verranno sistemate a livelli sfalsati le intersezioni attualmente a raso di cui si è già detto, sarebbe garantito un efficiente smaltimento anche delle punte di flusso responsabili delle attuali situazioni di temporaneo congestionamento garantendo altresì una necessaria riserva di capacità per far fronte ai futuri incrementi del traffico. Si dovrà comunque procedere senza ulteriori indugi alla sistemazione degli attraversamenti stradali con via Oreto, via Perpignano e via Leonardo da Vinci, realizzando idonei svincoli la cui progettazione tenga accuratamente conto di tutti i flussi interessati. In tal modo si utilizzerebbe appieno la capacità connessa all'ampiezza delle carreggiate, eliminando gli impianti semaforici per l'attraversamento veicolare che, come già sottolineato, creano in determinate fasce orarie code di attesa eccessive. In particolare, per quanto riguarda lo svincolo di via Leonardo da Vinci, considerati i volumi di traffico riscontrati di cui si è già detto, risulta necessario garantire livelli di servizio accettabili anche sull'arteria intersecante e sulle rampe di accesso.

Ciò comporterà, in considerazione degli esigui spazi disponibili, un notevole impegno progettuale, mentre l'attuale sistemazione prevista di una semplice rotatoria a pianta rettangolare allungata nel senso di via Leonardo da Vinci e un sottovia per le carreggiate centrali della circonvallazione, costituisce una soluzione che salvaguarda soltanto il libero movimento delle correnti principali della circonvallazione, senza tenere nel debito conto le entità dei flussi relativi alle altre manovre che non possono certo trovare soluzione nelle limitate zone di scambio assegnate.