



Provincia
di Milano

XIII Expert panel emissioni da trasporto su strada

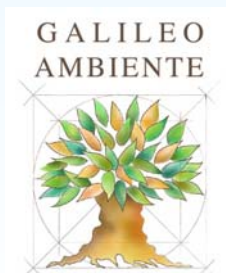
Roma, 4 ottobre 2007

Analisi dei dati di traffico esistenti per la
definizione dei profili temporali:
metodologia ed esempio di applicazione.

C. Lavecchia*; S. Pilati*; E. Angelino**; G. Fossati**

*) Galileo Ambiente S.n.c.

**) ARPA Lombardia



Agenzia Regionale
per la Protezione dell'Ambiente
della Lombardia

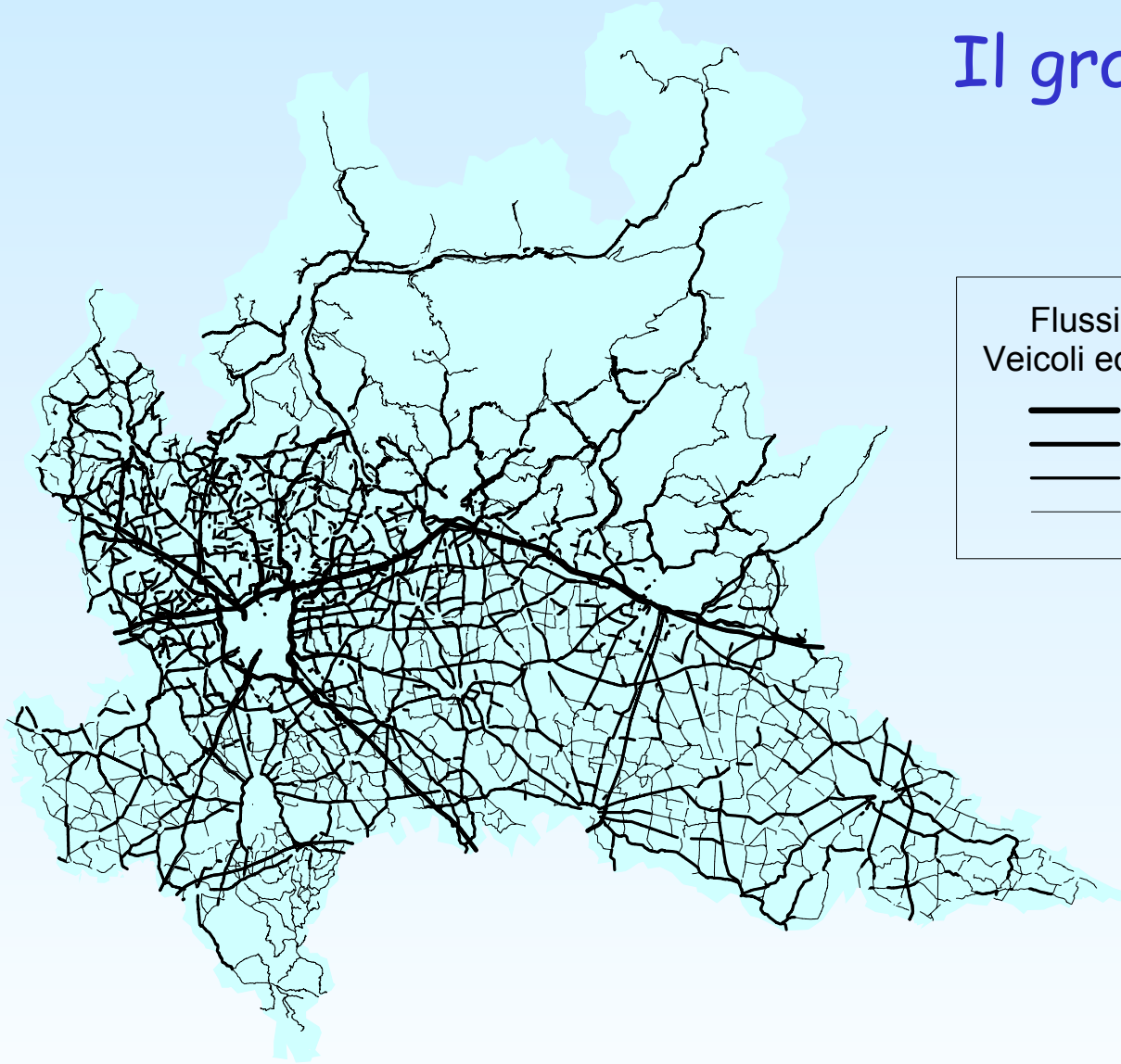
*Nell'ambito di uno studio commissionato dalla Provincia di Milano – Direzione Centrale Risorse Ambientali Settore Affari Generali (Ambiente) è stata applicata una metodologia statistica basata sulle tecniche di **Cluster Analysis** finalizzata alla **determinazione di profili temporali e di composizione in macroclassi veicolari per “tipi” di archi stradali.***

*L'applicazione della Cluster è stata effettuata sul dataset dei conteggi disponibili sui principali archi della provincia di Milano.
E' stato possibile caratterizzare in modo quantitativo la rappresentatività statistica dei profili così ottenuti.*

I risultati dello studio hanno permesso una revisione dei dati di ingresso dell'inventario regionale al fine di pervenire ad una stima più accurata delle emissioni da traffico per il territorio provinciale.

Lo studio ha inoltre fornito l'occasione di elaborare una proposta di metodo di analisi che, se condivisa anche da altri esperti del settore ed applicata in modo analogo ad altri dataset, potrebbe rendere disponibili profili temporali per “tipi” di archi metodologicamente comparabili ed informazioni fra loro complementari.

Il grafo di rete



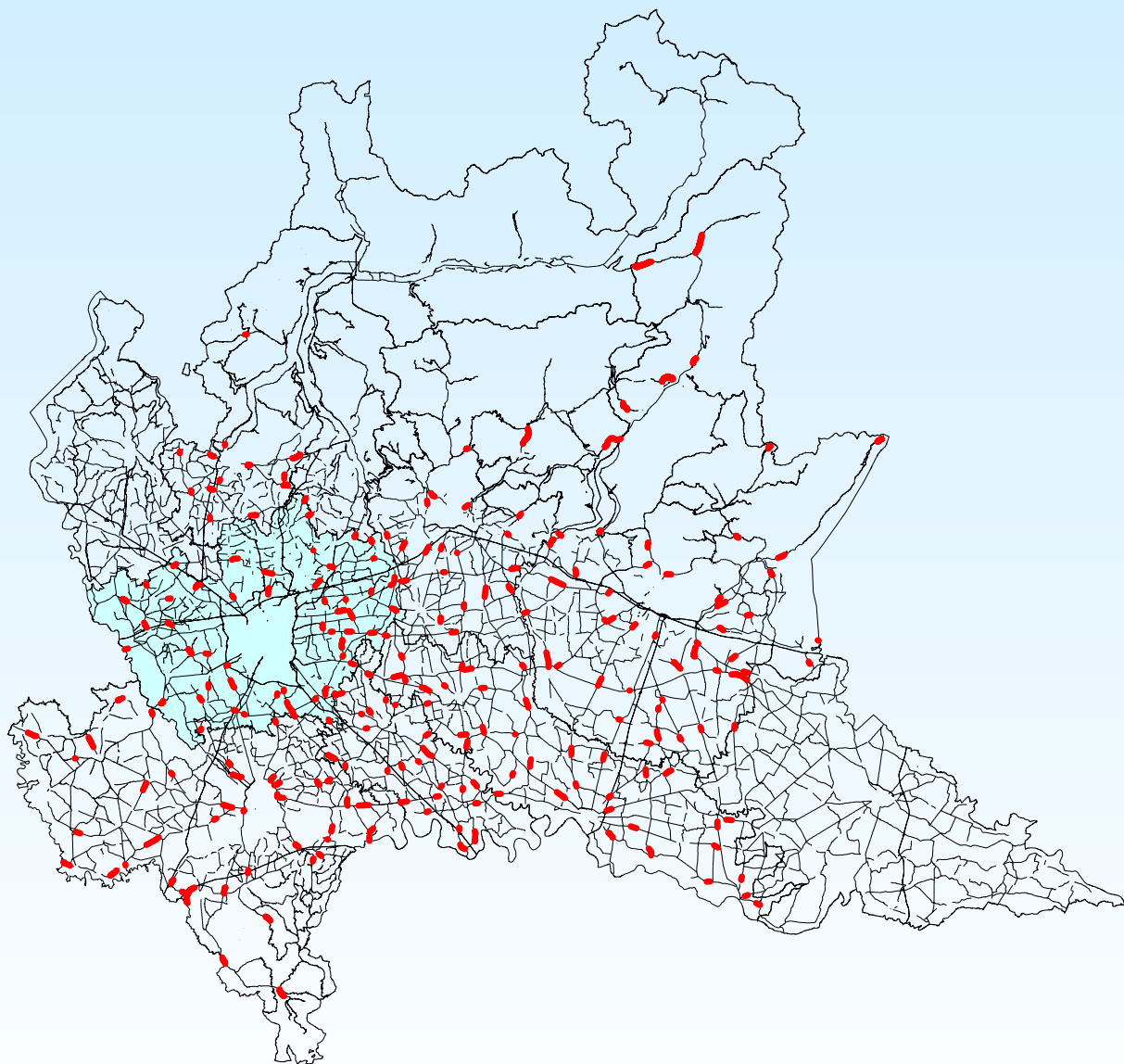
Flussi medi feriali ore 7-9	
Veicoli equivalenti	n° archi
10000 - 23000	(167)
5000 - 10000	(876)
1000 - 5000	(8959)
0 - 1000	(6633)

Flussi biorari di veicoli equivalenti assegnati da Regione Lombardia - DG
Trasporti mediante modello a partire da matrice OD

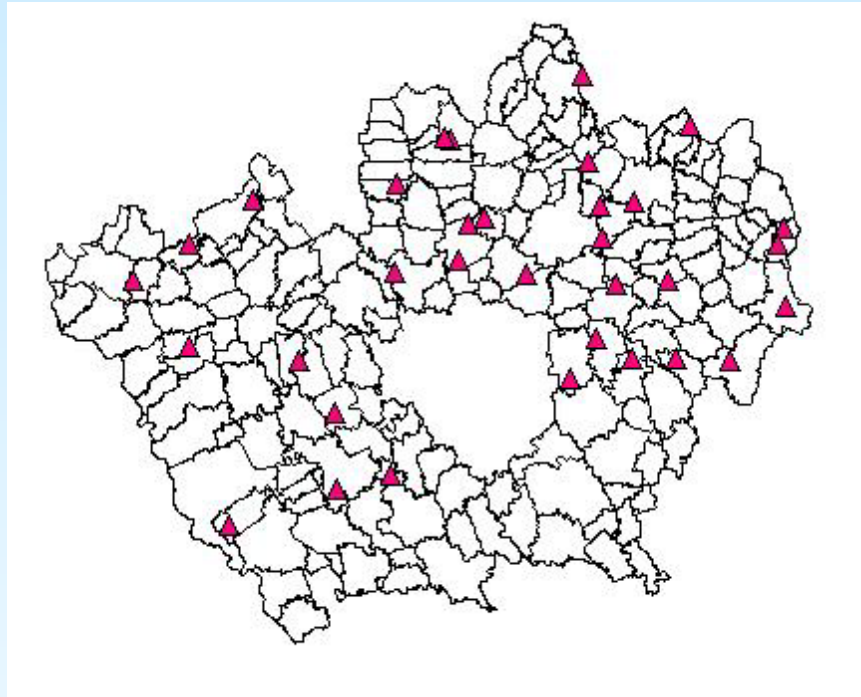
E' necessario:

1. Trasformare i flussi di veicoli equivalenti in flussi per tipo di veicolo (moto, auto, leggeri, pesanti)
2. Determinare i flussi ad ogni ora per tipo di giorno (feriale, prefestivo, festivo) e stagione a partire dal flusso all'ora di punta

Localizzazione
postazioni di
rilevamento flussi
di traffico
Maggio 2004
Febbraio 2005



Localizzazione delle
34 centraline attive in
4 stagioni nella
provincia di Milano
tra aprile 2005 e
marzo 2006



classe di lunghezza (metri)	Descrizione automezzi
$L < 2$	Ciclomotori e motocicli
$2 < L < 5$	Auto (anche con rimorchio)
$5 < L < 7.5$	Autocarri e furgoni con massa minore di 3 t
$7.5 < L < 10$	Autocarri e furgoni con massa maggiore di 3 t
$10 < L < 12.5$	Autobus
$12.5 < L < 16.5$	Autoarticolati
$16.5 < L < 19$	Autotreni
$L > 19$	Trasporti eccezionali

I dati di traffico rilevati per ciascuna direzione di marcia sono stati così elaborati:

Accorpamento delle classi di lunghezza in 5 categorie di veicoli

- moto ($L < 2\text{m}$)
- auto ($2\text{m} < L < 5\text{m}$)
- veicoli leggeri ($5\text{m} < L < 7.5\text{m}$)
- veicoli pesanti ($7.5\text{m} < L < 12.5\text{m}$)
- veicoli pesantissimi ($L > 12.5\text{m}$)

Calcolo del flusso medio orario per le 5 categorie di veicoli distinto per tipologia di giorno (feriale, prefestivo e festivo) e per stagione dell'anno

Normalizzazione dei flussi medi orari rispetto al TGM medio feriale per ogni categoria veicolare e per ogni stagione

Si sono ottenuti per 63 sezioni stradali, distinte per direzione di marcia, i seguenti dati:

1. **composizione veicolare media annua nelle 5 categorie veicolari** all'ora di punta mattutina (08 - 09) di un giorno feriale
2. **curva di distribuzione normalizzata dei flussi veicolari**, costituita da 24 coefficienti del tipo:

$$x_{nmjk} = \frac{F_{nmjk}}{TGM_{mk}} \cdot 100$$

dove

F_{nmjk} = numero veicoli circolanti all'ora n ($n=1-24$), per la classe veicolare m ($m=1-5$), il tipo di giorno j ($j=1-3$) e la stagione k ($k=1-4$)

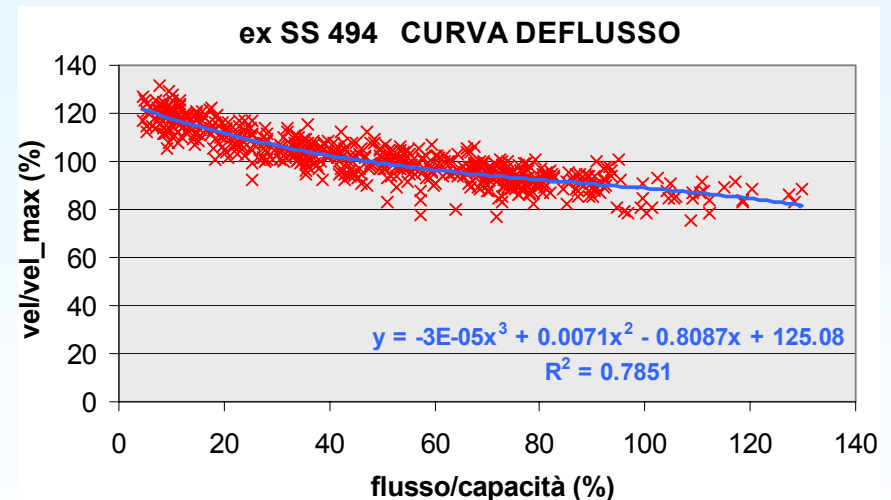
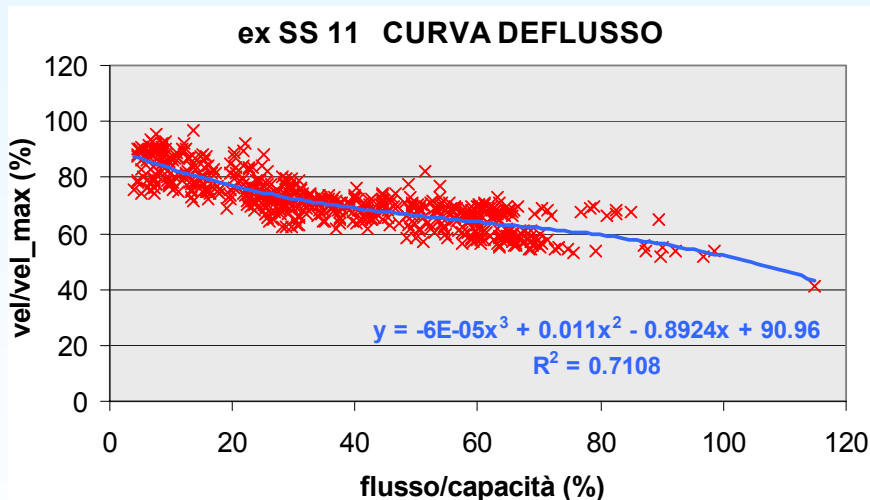
TGM_{mk} = traffico giornaliero medio feriale per la macroclasse veicolare m e la stagione k della strada di interesse

Per ciascuna delle 34 strade provinciali, senza distinzione di direzione di marcia, è stato elaborato per tipo di giorno (feriale, prefestivo, festivo) e stagione:

la **curva di deflusso** rapporto tra velocità di percorrenza e velocità massima in dipendenza dal rapporto tra flusso equivalente e capacità dell'arco.

Flusso equivalente calcolato moltiplicando i flussi per i seguenti valori:

- 1.0 per moto e auto;
- 1.5 per i veicoli leggeri;
- 2.0 per i veicoli pesanti;
- 3.0 per i veicoli pesantissimi.



L'Analisi a Cluster è una tecnica di analisi dei dati multivariata volta alla ricerca e raggruppamento di elementi omogenei in un insieme di dati.

Le tecniche di clustering si basano sul concetto di distanza tra due elementi: gli algoritmi di clustering raggruppano gli elementi a seconda della distanza e quindi l'appartenenza o meno ad un insieme dipende da quanto l'elemento preso in esame è distante dall'insieme.

La bontà delle analisi ottenute dagli algoritmi di clustering dipende essenzialmente da quanto è significativa la metrica rispetto agli obiettivi del raggruppamento cioè da come è stata definita la distanza.

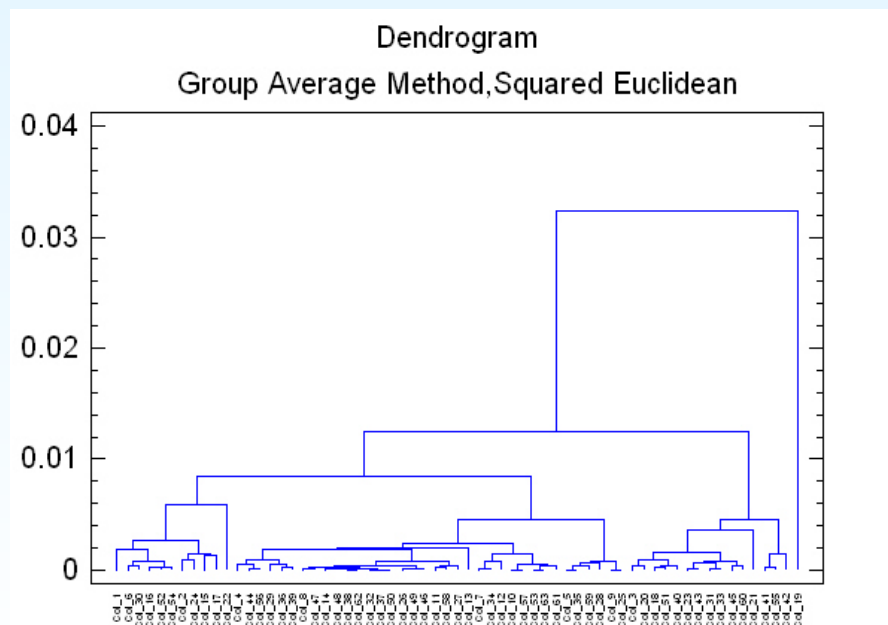
I metodi gerarchici considerano inizialmente un numero di gruppi pari al numero di oggetti trattati e contenenti ciascuno quindi un solo oggetto; attraverso successive fusioni si riduce il numero di gruppi. Ad ogni fusione, che coinvolge solo due clusters, vengono ricalcolate le distanze tra i nuovi gruppi emersi.

Ciò che differenzia i vari metodi gerarchici è il modo in cui, dopo una fusione, vengono calcolate le distanze tra il nuovo gruppo e i rimanenti (es. distanza minore, maggiore o media tra gli elementi dei due gruppi).

Il prodotto dei metodi gerarchici è una serie di possibili raggruppamenti o partizioni, che graficamente vengono rappresentate attraverso un “dendrogramma” o “diagramma ad albero”.

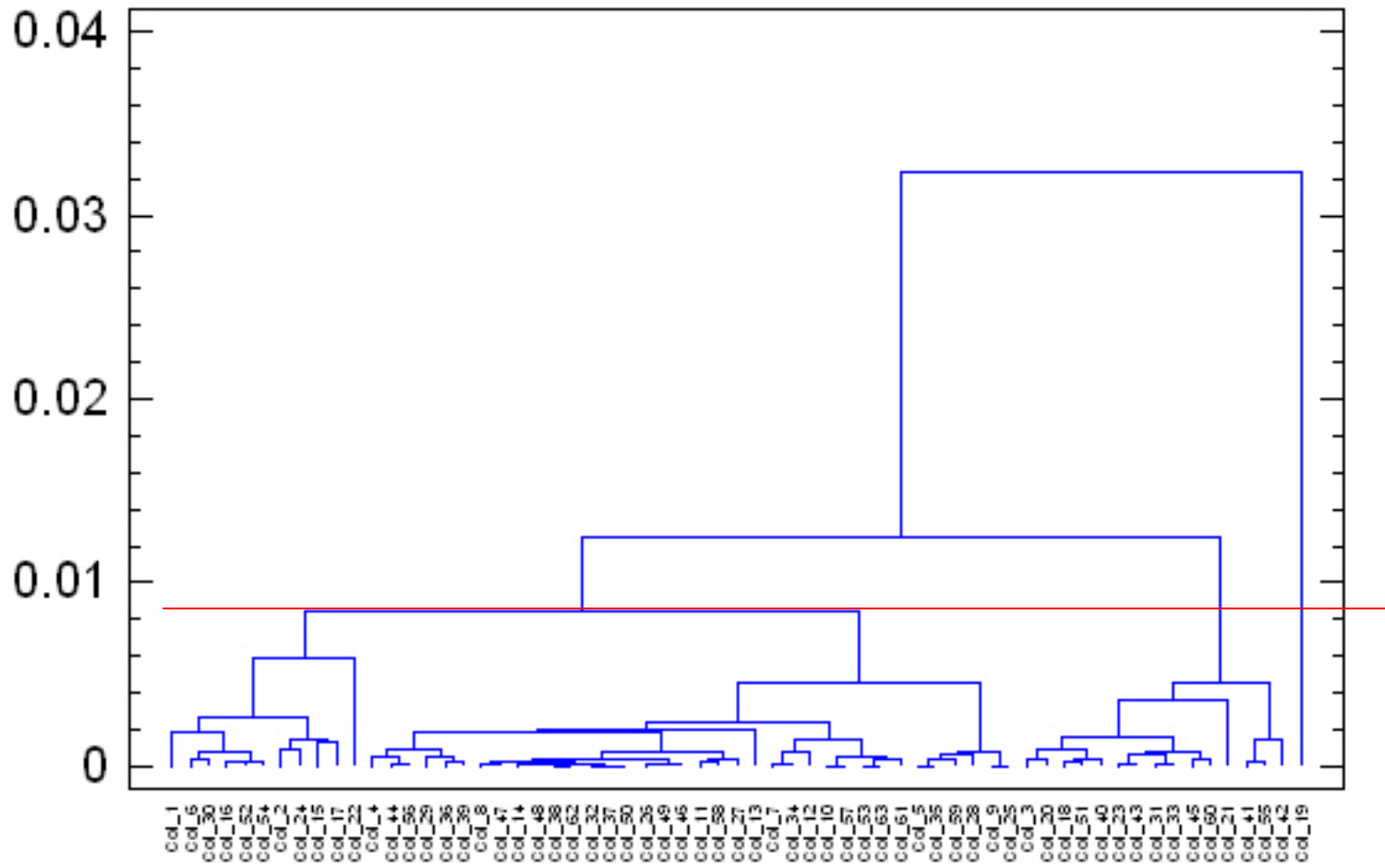
In tale diagramma le ascisse rappresentano i singoli oggetti le ordinate corrispondono ai livelli di distanza. Ogni ramo (linea verticale) rappresenta un gruppo, mentre la linea di congiunzione (orizzontale) di due o più rami individua sull’asse Y la distanza di fusione tra i gruppi.

Mediante il dendrogramma si ha quindi la visione globale della struttura dell’insieme e si potrà scegliere tra infiniti livelli di distanza, a ciascuno del quale corrisponde una partizione.



Dendrogram

Group Average Method, Squared Euclidean



Nel presente lavoro l'Analisi a Cluster è stata utilizzata per individuare:

1. Tipologie di composizione veicolare feriale media annuale alle ore 08:00 nelle 5 categorie
2. Tipologie di andamento orario dei flussi di traffico per categoria veicolare, tipo di giorno (feriale, prefestivo, festivo) e stagione

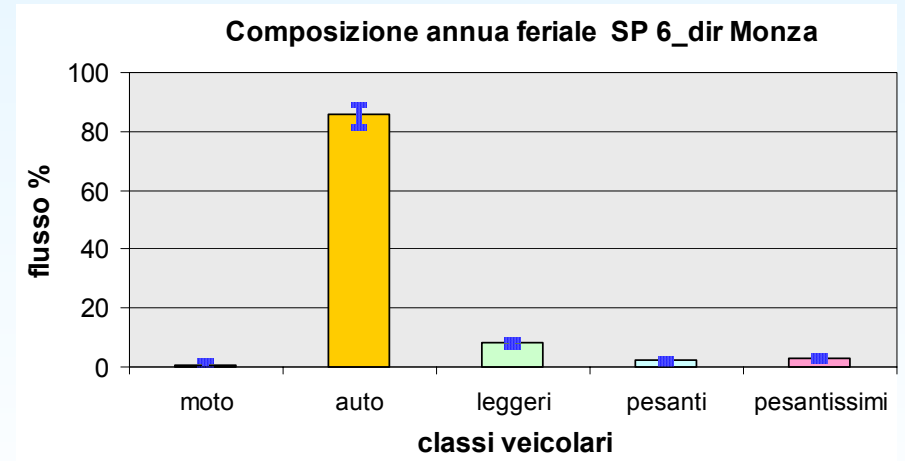
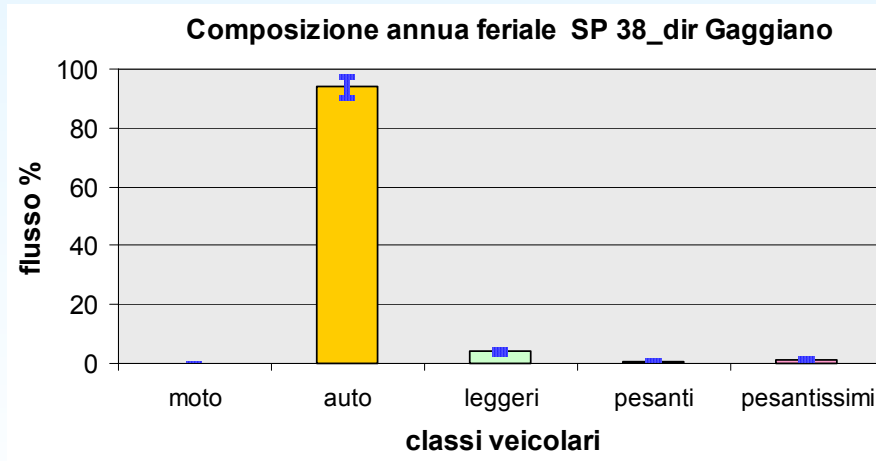
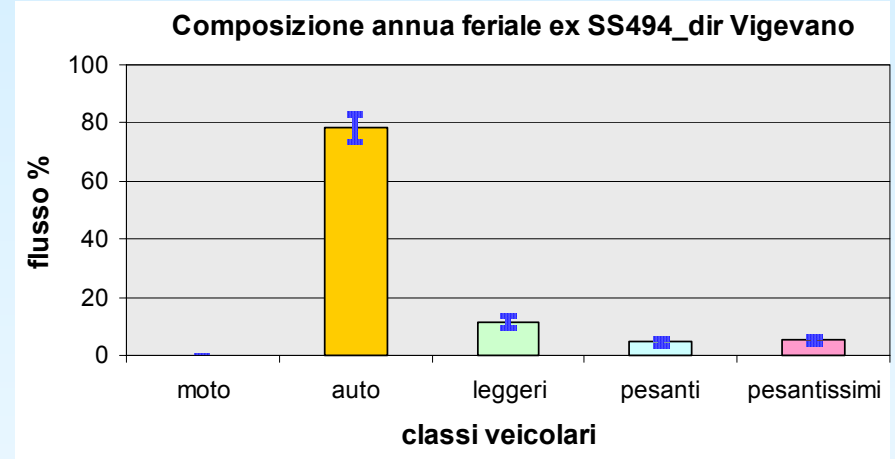
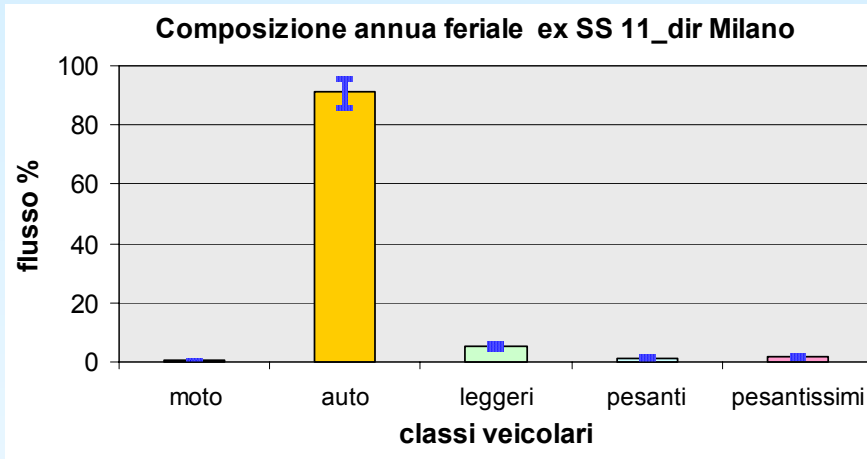
che caratterizzano il traffico nel territorio milanese.

Sono state testate diverse possibili combinazioni tra metodo di raggruppamento (7 metodi) e indice di distanza (3 indici).

Il confronto tra i risultati ottenuti ha indicato l'opportunità di ricorrere al metodo Group Average e all'utilizzo della Distanza euclidea al quadrato. In questa metodologia la distanza tra due clusters è calcolata come distanza media tra tutti gli oggetti che li compongono e la distanza tra coppie di elementi è data dalla formula:

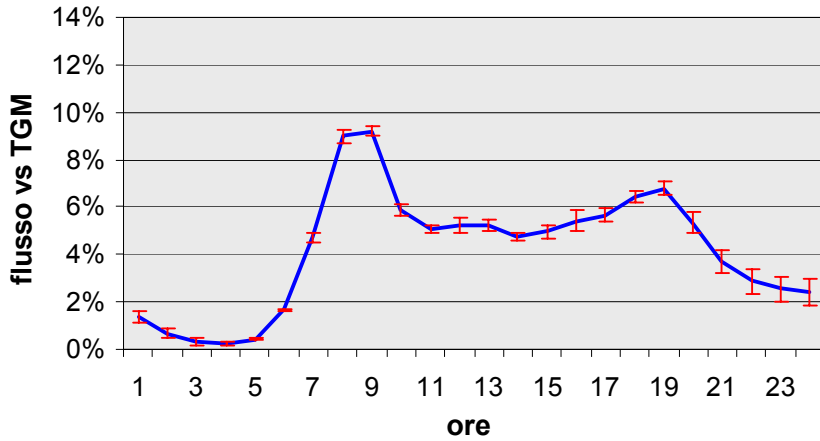
$$\left(\sum_i (x_i - y_i)^2 \right)$$

Vettori a 5 componenti

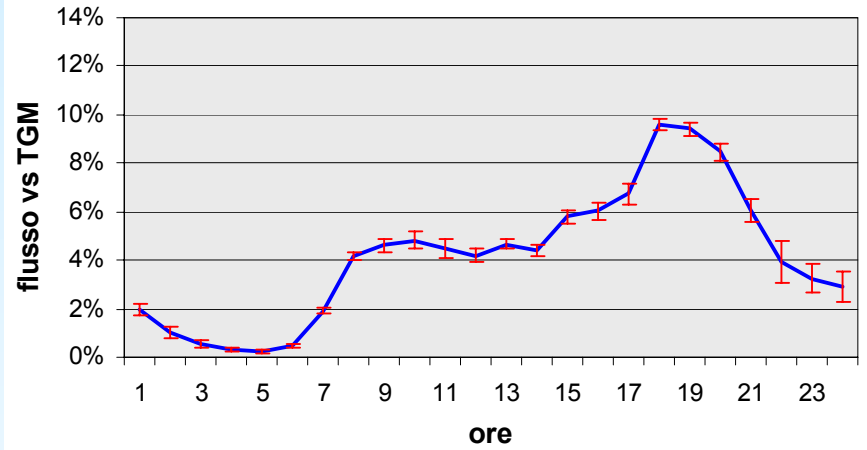


Vettori a 24 componenti

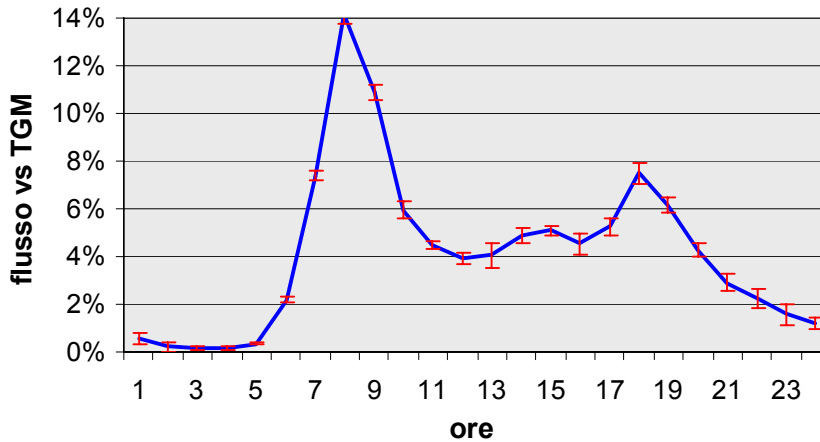
ex SS 11_dir Milano AUTO inverno feriale



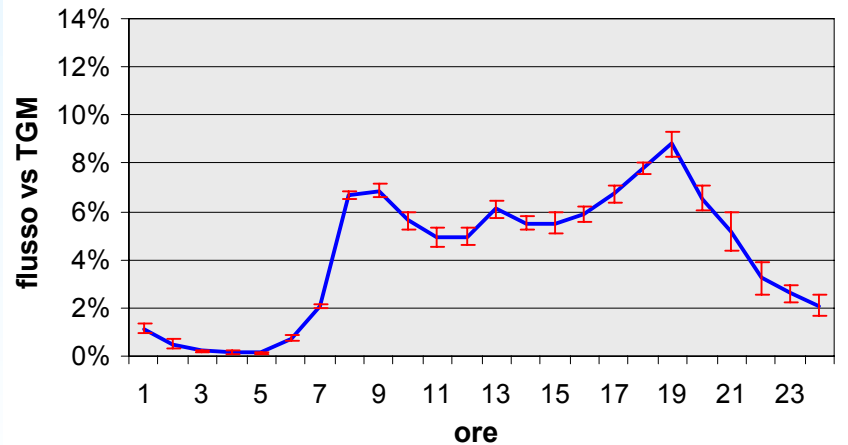
ex SS 494_dir Vigevano AUTO inverno feriale



SP 38_dir Gaggiano AUTO inverno feriale



SP 6_dir Monza AUTO inverno feriale

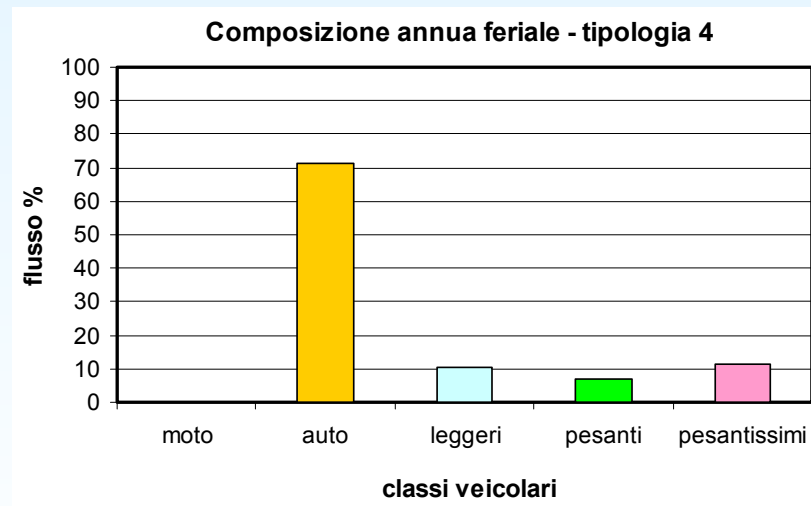
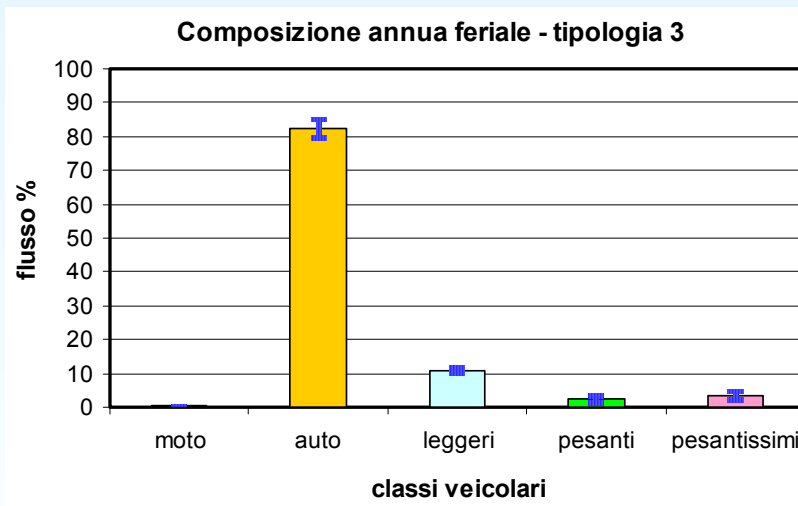
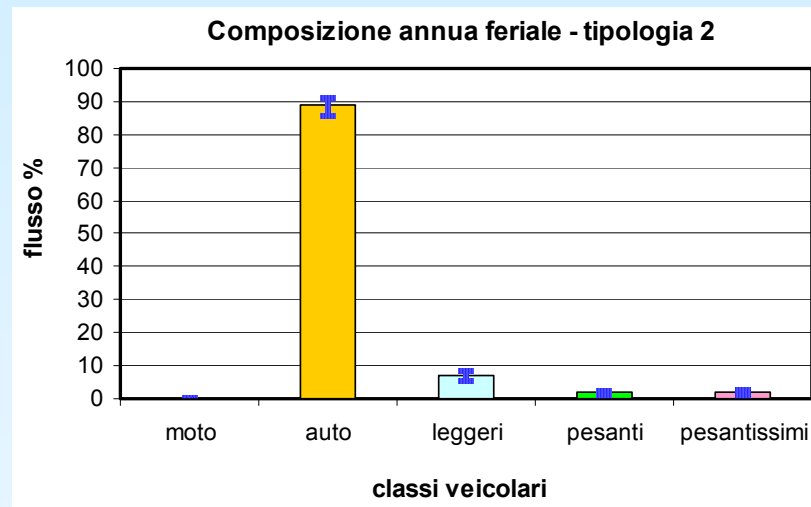
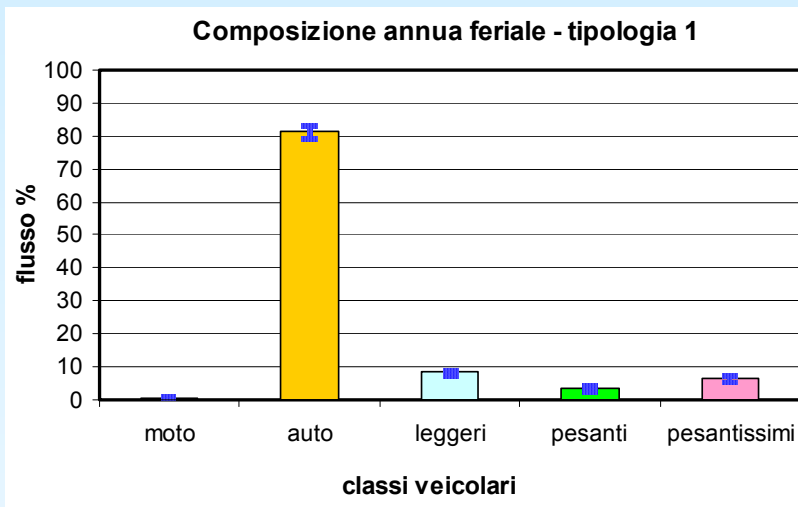


Caratteristiche prevalenti dei 4 cluster ottenuti per la composizione dei flussi

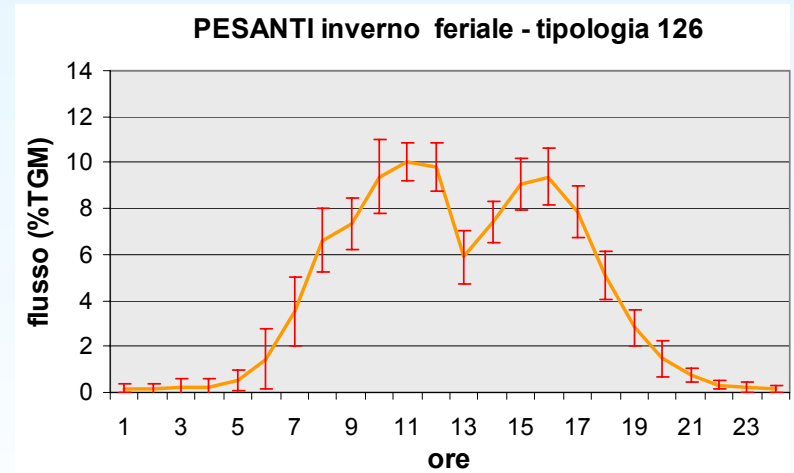
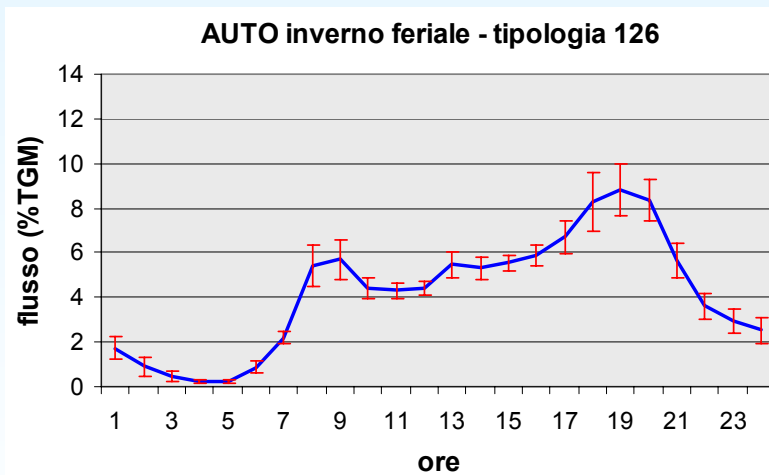
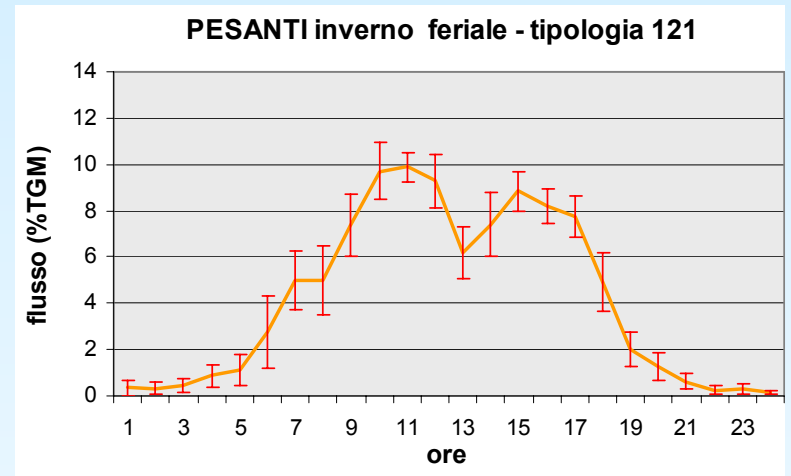
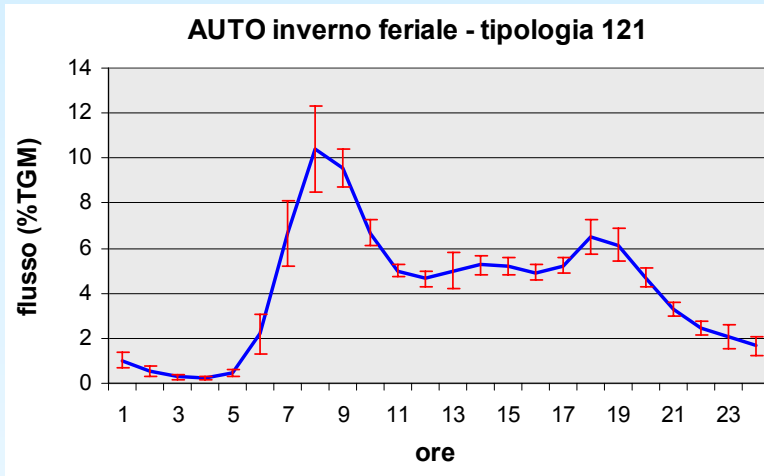
Caratteristiche	Tipologia 1	Tipologia 2	Tipologia 3	Tipologia 4
	SP 1	SP 2	SS – SP 1	SP 1
Localizzazione prevalente	E, NE	O, NO radiali, E	N, E radiali	SP Rivoltana verso Rivolta
V media	55	57	60	68
V ₀	67	63	72	70
Flusso	1022	886	1159	933
Capacità	1745	1450	1667	1200

SP2-SP3=provinciali minori SP1=provinciali principali
SS=strade statali 1° livello

Centroidi dei 4 clusters ottenuti per la composizione dei flussi



Esempio centroidi di clusters ottenuti per l'andamento temporale



Il numero di clusters emergenti dall'analisi è risultato piccolo rispetto alla numerosità dell'insieme di dati analizzato

I gruppi individuati hanno senso fisico ovvero rappresentano andamenti e caratteristiche del traffico differenti tra loro, significativi dal punto di vista temporale e rappresentativi dal punto di vista spaziale.

Per ciascun gruppo, la deviazione standard associata a ogni variabile del centroide è risultata generalmente contenuta rispetto al valore assoluto della variabile.

Questo assicura che non vi siano intersezioni tra i diversi raggruppamenti, ovvero che i clusters sono ben separati tra loro e omogenei internamente.

**Variazioni percorrenze rispetto alla precedente
elaborazione per la provincia di Milano**

	Auto	Merci leggeri	Merci pesanti
Percorrenza ora di punta	+13%	+16%	-27%
Percorrenza totale	+0.1%	+33%	-22%

Riferimenti per l'applicazione del metodologia descritta:

software:

- un programma “fatto in casa” che implementi un metodo di Cluster Analysis (codici forniti in Fortran da Anderberg e Hartigan, si veda biblio)
- un pacchetto statistico che contempli alcuni metodi di Cluster Analysis, come NCSS (\$499.95), Statgraphics (\$ 695), SPSS (\$1599) o il SAS;
- un pacchetto di Cluster Analysis, come CLUSTAN (\$750), CLUSTER 3.0 (freeware, <http://www.geo.vu.nl/~huik/cluster.htm>), MIXMOD (freeware, <http://www-math.univ-fcomte.fr/mixmod/index.php>)

bibliografia:

- H. Charles Romesburg, (2004). “Cluster Analysis fir Researchers”. LULU Press, North Carolina.
- M.R. Anderberg, 1974. “Cluster Analysis for applications”. Academic Press Inc., U.S..
- S. Sadocchi, (1993). “Manuale di analisi statistica multivariata per le scienze sociali”. Franco Angeli, Milano.

Contatti

Galileo Ambiente, tel. 0239316500, e-mail: c.lavecchia@galileo-ambiente.it
Arpa Lombardia, tel 0269666348, e-mail: g.fossati@arpalombardia.it