



*Road Network Design con  
criterio di minimizzazione  
delle emissioni inquinanti*

ROMA



mobilità



*Expert Panel Emissione Trasporti. Milano 20,21 Giugno  
2011*

## Roma Servizi per la Mobilità S.r.l.

### **S.O. Progetti, Pianificazione e Innovazione della Mobilità**

*Responsabile: Ing. Alessandro Fuschiotto*

### **U.O. Pianificazione dei Trasporti**

*Responsabile: Ing. Stefano Brinchi*

### **Settore Piani Integrati Mobilità e valutazioni Ambientali**

*Referente: Ing. Renata Verghini*

#### *Gruppo di Lavoro:*

*Ing. Renata Verghini*

*Ing. Marco Cianfano*

*Ing. Paola Rossi*

*Ing. Manuela Lomonaco*

*Arch. Giulio Lascialfari*

*Ing. Giacomo Tuffanelli*

ROMA



mobilità

## Chi Siamo

L'Agencia Roma Servizi per la mobilità del Comune di Roma si occupa della pianificazione e controllo dei processi che regolano la mobilità pubblica e privata supportando le attività istituzionali del Dipartimento della Mobilità del Comune Roma. In particolare si occupa della pianificazione dei trasporti dell'ingegneria del traffico e della sicurezza stradale, sotto tutti gli aspetti:

- Previsioni di quante persone si sposteranno man mano che la città si trasforma e nascono nuovi quartieri, da dove a dove si muovono, in quanto tempo, con quali mezzi e con quale percorso.
- Stima il traffico su tutte le strade, su tutti i sistemi di trasporto pubblico e l'inquinamento che questo genera;
- Sviluppa i piani e progetti di traffico, dal Piano Generale del Traffico Urbano, fino ai Piani Particolareggiati del Traffico che affrontano in dettaglio le problematiche dei singoli quartieri in termini di interventi semplici e diffusi ma con grande impatto sulla vivibilità e sulla sicurezza stradale.

ROMA



mobilità

## Obiettivi

Dalla esigenza di adempiere alla propria missione in modo sempre più efficace e con approccio innovativo, è stata costituita una collaborazione con l'Università di Roma "La Sapienza" per sviluppare una procedura che si propone un modello di ottimizzazione ed un algoritmo per la risoluzione del problema della progettazione delle reti stradali urbane. (Road Network Design)

Tale problema consiste nell'ottimizzare la configurazione di una rete di trasporto urbana intervenendo solo sui sensi di marcia e sulle intersezioni, ossia sulle caratteristiche geometriche e funzionali delle infrastrutture stradali, volendo ottenere miglioramenti sulla sicurezza stradale, in ambito ambientale sia atmosferico che acustico.

Nelle pratiche applicazioni l'esigenza di una progettazione di questo tipo nasce nell'ambito della redazione dei Piani Urbani del Traffico (PUT) o di schemi di circolazione tesi al miglioramento delle condizioni di traffico e di congestione.

ROMA



mobilità

## Ambito di studio

L'ambito di applicazione è il territorio del Comune di Roma che nel settore della pianificazione dei trasporti è rappresentato e gestito da un DSS (Strumento di supporto alle decisioni) una piattaforma che gestisce tutti i dati di offerta e di domanda attuale e di previsione in possesso dell'Agenzia. In particolare:

- Un grafo multimodale di circa 50.000 archi.
- Matrici O/D provinciali aggiornate in base ad indagini ad hoc;
- Zonizzazione di Traffico a 1.200 zone in linea con le zone ISTAT 2001;
- Modello Demografico a scala provinciale.

ROMA



mobilità

## Le variabili introdotte

La procedura che è in fase test ha al suo interno un algoritmo genetico che individua una rete data dalla combinazione di  $n$  percorsi e una funzione di minimizzazione di variabili legate ai flussi di traffico:

TEMPI TOTALE DI RETE

FLUSSO orario

VELOCITÀ media per ARCO.

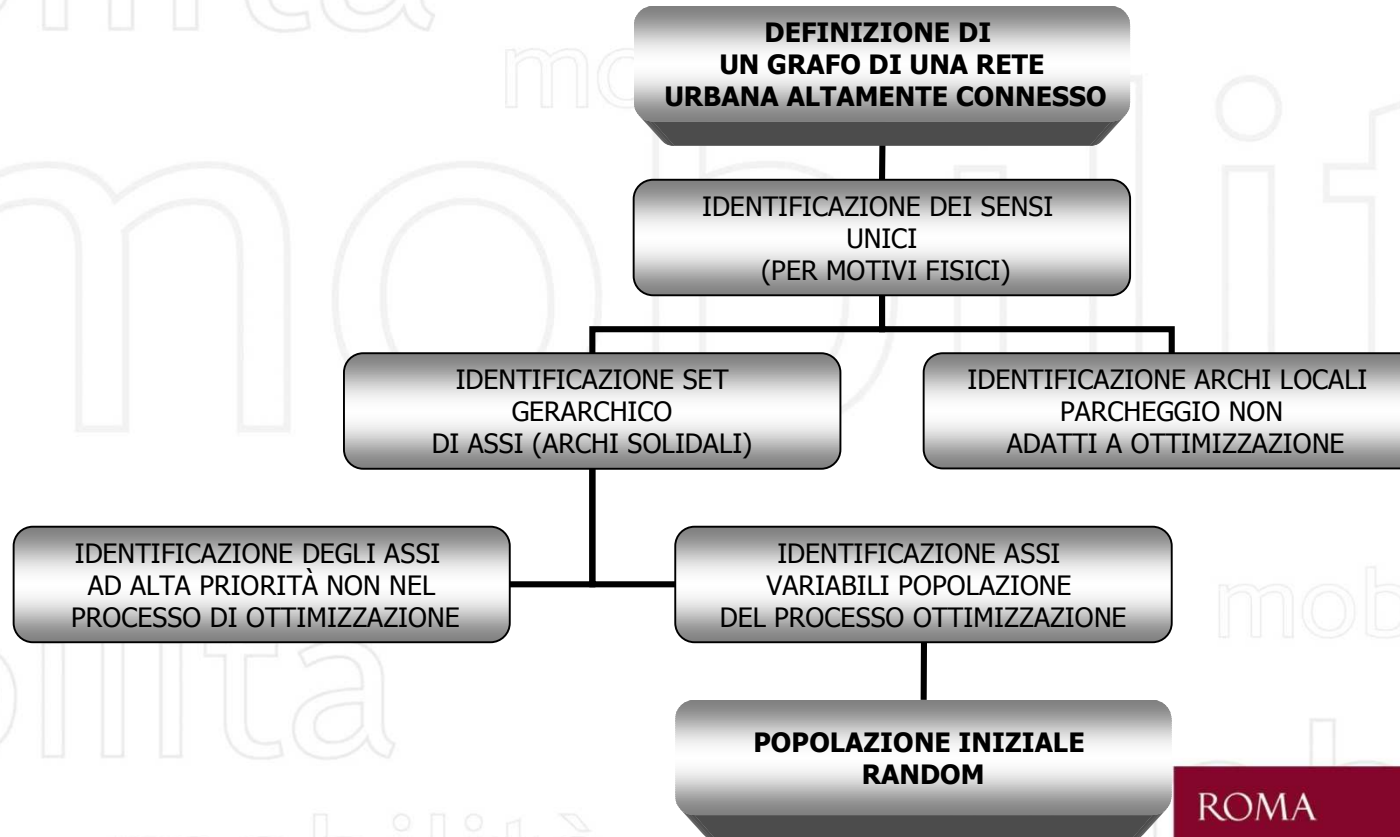
Ad ognuna di queste variabili è assegnato un peso. Al termine di ogni iterazione la funzione verifica il criterio ambientale di riduzione di emissione atmosferica e il vincolo di emissione acustica.

ROMA

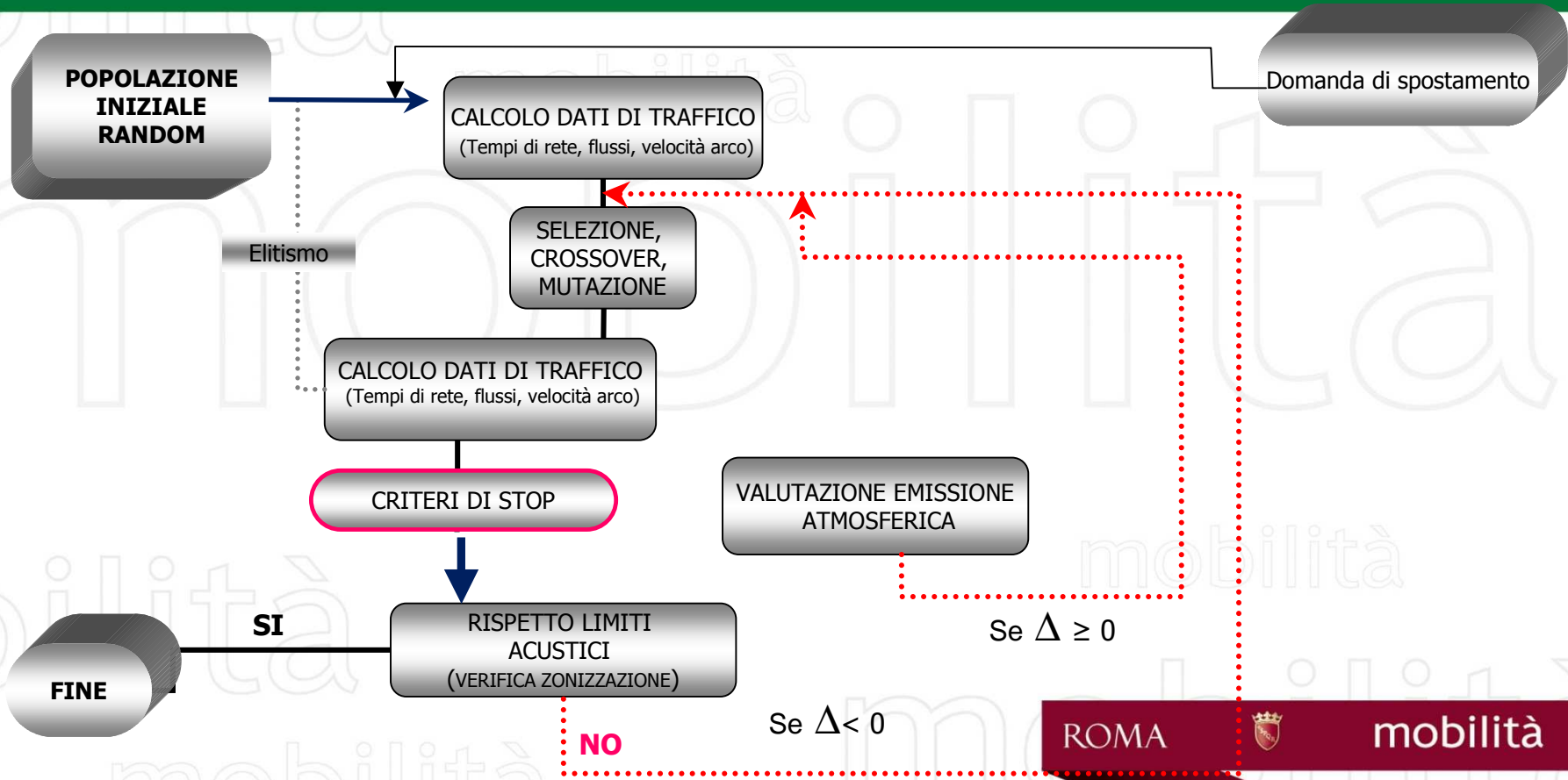


mobilità

# Come funziona la procedura di ottimizzazione



# Utilizzo dell'algoritmo genetico





## Il criterio ambientale utilizzato nella procedura

Per inserire la stima delle emissioni da traffico nella procedura e semplificare il calcolo ad ogni configurazione di rete, è stato necessario individuare un'unica equazione che rappresenti al meglio l'andamento del consumo di carburante, dell'emissione di  $PM_{10}$  e di  $NO_x$  al variare della sola velocità e flusso fissando una composizione media veicolare pari a quella che si riscontra sulla rete urbana di Roma (auto 82,8% moto 10,6% leggeri 6,6% pesanti 2,2%).

Quindi utilizzando il parco ACI aggiornato al 2010 di Roma e mantenendo fissa la lunghezza degli archi a 1 Km sono state valutate con la metodologia COPERT IV le emissioni al variare della velocità con step di 5km/h nel range da 5 a 125 km/h.

## La funzione ambientale nella procedura

Una volta calcolati gli inquinanti sono state rappresentati gli andamenti mediante le equazioni con la formulazione prevista dalla letteratura del settore.

$$(1) V \in [3;15] \quad Y_1(v) = a_1 * V^{b_1}$$

$$(2) V \in ]15;80] \quad Y_2(v) = a_2 * V^2 + b_2 * V + C_2$$

$$(3) V \in ]80;130] \quad Y_3(v) = a_3 * V^2 + b_3 * V + C_3$$

Le incognite sono quindi  $a_i$ ,  $b_i$  e  $c_i$  che sono calcolate mediante metodo dei minimi quadrati imponendo che i risultati da modello siano maggiori o uguali a quelli stimati con i coefficienti Copert IV.

## Le verifiche matematiche

Le incognite sono state individuate anche partendo da una composizione di traffico «pessimistiche» (75% auto 8% moto 10% leggeri 7% pesanti).

La funzione individuata che restituisce un  $R^2=0,92$  rispetto ai valori stimati con la metodologia COPERT IV è intermedia alla composizione media e a quella «pessimistica».

Al termine della procedura viene effettuato il calcolo delle emissioni dell'intera rete con i valori completi di traffico, composizione veicolare compresa, per verificare la bontà dei risultati.

## A che punto siamo

Attualmente stiamo testando la procedura su una piccola rete per poter controllare meglio i risultati e per affinare i pesi di ogni vincolo considerato all'interno della funzione obiettivo.

Stiamo sperimentando per il momento solo il consumo del carburante e il  $PM_{10}$  verificando che la rete ottima trovata soddisfi la condizione che sia la migliore immettendo le giuste componenti di traffico per singolo arco e ricalcolando tutto con la metodologia COPERT IV completa.

I primi risultati sono soddisfacenti e circa il 2% migliore di una rete attuale con caratteristiche geometriche simili.

ROMA



mobilità

## Prossimi passi

Innanzitutto implementare altri inquinanti e provare ad aggiungere vincoli più o meno stringenti per singolo inquinante. Ragionare su una gerarchia, per puntare al risanamento di uno o più inquinanti specifici.

Quando la procedura sarà applicabile a vaste aree della città intendiamo introdurre il vincolo atmosferico direttamente nell'identificazione della rete e non a valle.

In questo modo il livello di riduzione dell'emissione atmosferica sarebbe sicuramente più spinto e la procedura potrebbe essere usata anche come indicazione di schemi di circolazione per ridurre situazioni critiche.

**GRAZIE PER L'ATTENZIONE**

*renata.verghini@agenziamobilita.roma.it*

*marco.cianfano@agenziamobilita.roma.it*

*paola2.rossi@agenziamobilita.roma.it*

ROMA



mobilità