

IL NUOVO OSPEDALE DI LIVORNO

MODELLO DI MICROSIMULAZIONE DEL DEFLUSSO VEICOLARE



Ing. Vincenzo Gallelli

14 Dicembre 2020

IL NUOVO OSPEDALE DI LIVORNO

MODELLO DI MICROSIMULAZIONE DEL DEFLUSSO VEICOLARE

- 1. Introduzione
- 2. Micromodello dell'ospedale allo stato attuale
- 3. Micromodello dell'ospedale allo stato di progetto
- 4. Analisi comparativa dei due scenari

L'area oggetto di intervento



Ing. Vincenzo Gallelli

14 Dicembre 2020

La Micro-simulazione dinamica su rete

I modelli di simulazione microscopica sono in grado di rappresentare in maniera puntuale, precisa e specifica il traffico e la sua evoluzione istantanea, prendendo in considerazione gli aspetti geometrici di dettaglio dell'infrastruttura e il comportamento reale del conducente, legato all'accoppiamento delle caratteristiche del veicolo e del guidatore.

Offerta

Tutte le elaborazioni grafiche per l'implementazione della rete viaria sono state effettuate avendo come base una cartografia aggiornata dell'area di studio, in versione informatizzata.

Domanda

Sulla base dei rilievi sono state costruite 5 diverse matrici Origine/Destinazione:

- Bici/Moto;
- Autovetture;
- Veicoli Commerciali Leggeri;
- Veicoli Pesanti;
- Autobus.

Scenari

Le simulazioni sono state condotte riproducendo il traffico dell'ora di punta della mattina (07.45-08.45) che è risultata essere il momento più critico per la rete nel giorno feriale medio.

La Micro-simulazione dinamica su rete

La valutazione degli scenari, condotta tramite il Software di Microsimulazione dinamica Aimsun 8.0, si è basata su due tipologie di analisi :

- una valutazione visiva della realtà virtuale simulata (on-line);
- una valutazione analitica dei parametri prestazionali della rete (off-line).

Parametri prestazionali analizzati tramite il software al termine di ciascuna assegnazione dinamica:

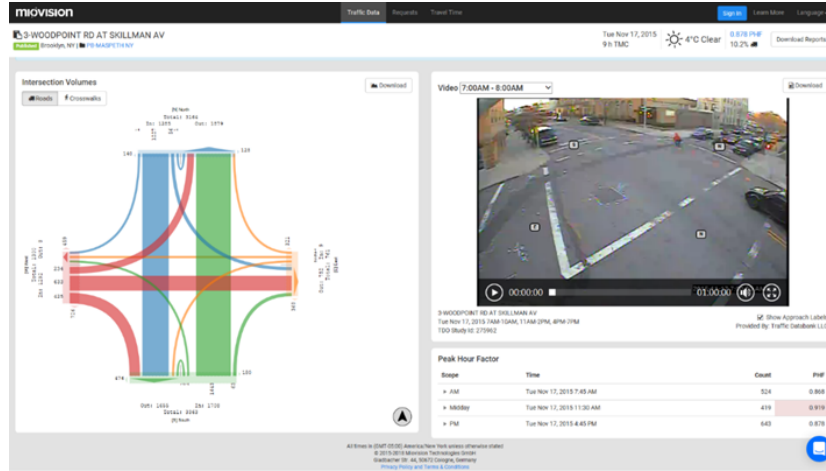
- Flussi assegnati (veic/h): numero veicoli ora che durante il periodo di simulazione;
- Densità veicolare (veic/km): numero medio di veicoli per chilometro sull'intera rete;
- Velocità media (km/h): velocità media di tutti i veicoli all'interno della rete;
- Ritardo Medio (sec/km): ritardo medio per veicolo per chilometro che si ottiene come differenza tra il tempo di percorrenza atteso e l'effettivo tempo di percorrenza;
- Tempo di attesa in coda (sec/km): tempo medio di attesa in coda per veicolo per chilometro;
- Numero di fermate: numero di fermate per veicolo per chilometro;
- Tempo di percorrenza totale (h): Tempo di percorrenza totale [h] di tutti i veicoli che si trovano nella rete o che l'hanno già lasciata.
- Distanza totale percorsa (km): numero totale chilometri percorsi dai veicoli all'interno della rete.
- Lunghezza media virtuale della coda (veic). In ciascun passo di simulazione viene calcolata la lunghezza media di coda per intervallo di tempo.
- Lunghezza massima virtuale della coda (veic). In ciascun passo di simulazione viene calcolato la lunghezza massima di coda per intervallo di tempo.

I rilievi di Traffico

Rilievo condotto
in data
16/09/2020
attraverso 4
camere
MioVision e 4
rilevatori radar
per l'intera
giornata.



I rilievi di Traffico



Sezione	Volume (veic _{eq})
S1A	52
S1B	224
S1C	32
S1D	33
S1E	166
S1F	53
S1G	1249
S1H	939
S1I	844
S1L	1312
S2A	1220
S2B	1419
S2C	644
S2D	401
S2E	1080
S2F	1189
S2G	664
S2H	599
S3A	446
S3B	526
S3C	213
S3D	693
S3E	562
S4A	443
S4B	223
S4C	233
S4D	1104
S4E	850
S4F	842
S4G	1097
S6A	1139
S6B	973
S7A	824
S8A	285

Il modello di Offerta allo Stato Attuale

Rappresentazione schematica delle caratteristiche fisiche e organizzative della stessa, in modo da sintetizzarne gli aspetti rilevanti e fornire un supporto adeguato alle procedure di simulazione dell'interazione fra offerta e domanda di mobilità. Si tratta di un grafo estremamente complesso in quanto pone in connessione, allo stato attuale, 23 Centroidi di Zona con una rete viaria che si articola su un unico livello.

Ad ogni nodo e arco sono state assegnate le rispettive caratteristiche geometriche (lunghezza, numero di corsie, interconnessioni) e funzionali (velocità di libero deflusso, classi veicolari ammesse, manovre consentite, regole di precedenza, etc.).

Grafo viario

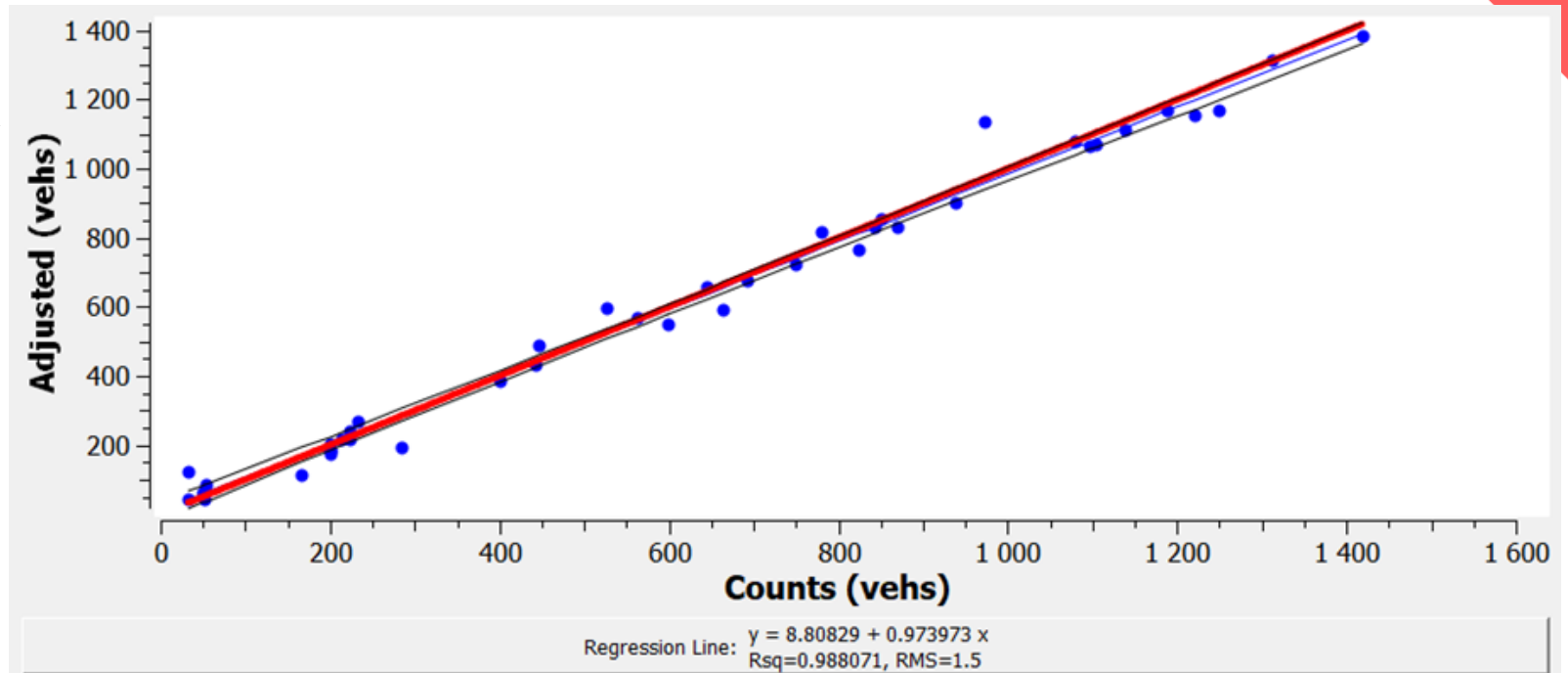


Il modello di Domanda allo Stato Attuale

A partire dalla schematizzazione geometrico-funzionale dell'offerta di trasporto e della matrice O/D rappresentativa della mobilità dell'area nel giorno feriale medio, mediante analisi modellistiche di tipo microscopico è stato possibile ottenere la distribuzione dei carichi veicolari sui vari elementi della rete e la valutazione dei principali parametri di deflusso, che descrivono le attuali condizioni di circolazione dell'area dell'ospedale di Livorno.

A garanzia di una fedele rappresentazione della realtà da parte del modello di simulazione, quest'ultimo è stato calibrato sulle reali condizioni di circolazione rilevate mediante la campagna di monitoraggio dei flussi di traffico e durante i sopralluoghi sul campo.

Si è ottenuto un livello molto elevato di accostamento fra i risultati simulati e i dati rilevati, con un $R^2=0,988$



Il modello di Domanda allo Stato Attuale

La matrice, espressa in veicoli equivalenti, ottenuta per l'ora di punta del giorno feriale medio (tra le 07:45 e le 08:45) a seguito dalla calibrazione è la seguente

O/D	V1-Carducci_Est	V10-Marconi	V11-Petrarca	V12-Salviano	V15-Badaloni	V16-Cherubini	V17-Tripoli	V18-Ospedale_1	V19-Ospedale_2	V2-Nievo	V20-Ospedale_3	V20-Park Baldini	V21-Park_Ospedale	V21-Pronto Soccorso	V3-Panificio	V5-Sant'Andrea	V6-LardereI	Totale
V1-Carducci_Est	0	174	421	136	0	0	0	3	13	51	13	106	13	42	5	5	27	1010
V10-Marconi	5	0	80	21	17	15	9	0	0	0	0	20	0	0	7	6	35	215
V11-Petrarca	28	172	0	124	95	88	109	0	3	204	3	3	3	5	46	36	164	1082
V13-Don Bosco	13	85	186	0	46	42	30	0	1	96	1	15	1	6	23	17	92	656
V14-Carega	1	0	0	0	5	3	4	0	0	12	0	2	0	1	4	3	19	54
V15-Badaloni	0	0	0	0	0	3	4	0	0	12	0	2	0	1	4	3	19	48
V18-Ospedale_1	0	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26
V19-Ospedale_2	12	2	1	1	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	2	2	1	36
V2-Nievo	57	10	24	8	0	0	0	0	5	0	5	6	5	2	100	94	518	834
V20-Ospedale_3	12	2	0	1	0	0	0	0	4	14	0	0	0	0	2	2	1	39
V20-Park Baldini	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
V21-Park_Ospedale	12	2	1	1	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	2	0	1	34
V21-Pronto Soccorso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V4-Galilei	202	14	31	12	0	0	0	0	1	76	1	4	1	1	4	4	100	452
V6-LardereI	460	28	60	24	0	0	0	1	2	168	2	3	2	1	38	40	0	830
V7-Mentana	6	63	54	15	12	11	6	0	0	20	0	14	0	0	3	4	32	240
V8-Amedeo	6	63	54	15	0	11	6	0	0	20	0	14	0	0	3	4	32	228
V9-Paoli	3	63	54	0	12	11	6	0	0	23	0	14	0	0	5	4	22	218
Totale	820	679	1008	385	185	185	173	4	30	723	26	202	26	62	249	223	1065	6043

Lo Scenario Attuale

I risultati delle simulazioni modellistiche mostrano, così come direttamente rilevato sul campo, che il sistema viario dell'area dell'ospedale di Livorno risulta interessato da flussi di traffico importanti durante l'ora di punta della mattina del giorno feriale medio. Si manifestano infatti fenomeni di congestione e di coda in particolare su viale Carducci e su via Alfieri: il numero complessivo di veicoli equivalenti che si muovono all'interno della rete durante l'ora di punta del giorno feriale medio è superiore a 6000 veic_{eq}/h.



Lo Scenario Attuale

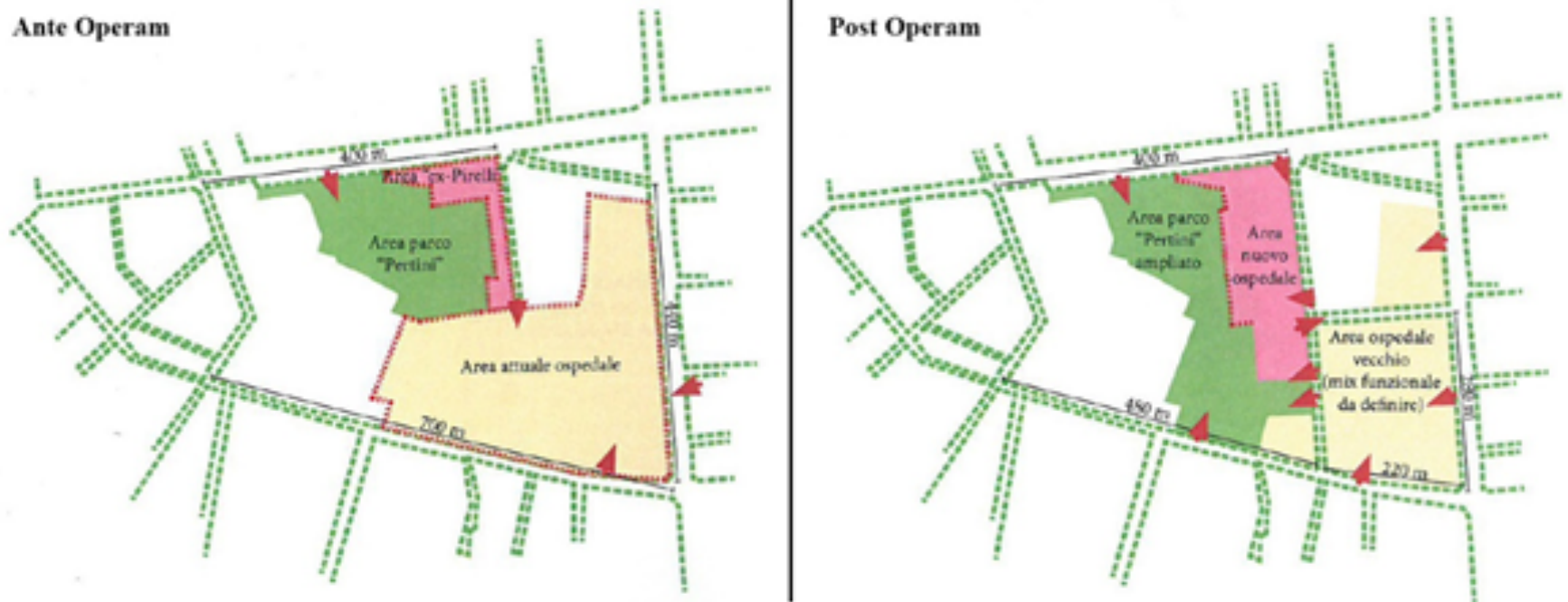
Qui di seguito si riportano in maniera aggregata, gli indicatori prestazionali dell'intera rete analizzata nello Scenario 0 caratterizzante lo Stato Attuale

Indicatore	Valore	Unità di Misura
Tempo medio di Ritardo	344,97	sec/km
Densità Veicolare	34,81	veic/km
Flusso veicolare	4727,00	veic/h
Velocità Armonica	10,60	km/h
Emissioni CO2	2405648	g
Concentrazione Emissioni CO2	174035	g/km
Emissioni Nox	3773	g
Concentrazione Emissioni NOx	273	g/km
Emissioni PM	525	g
Concentrazione Emissioni PM	38	g/km
Emissioni VOC	6193	g
Concentrazione Emissioni VOC	448	g/km
Lunghezza Massima della Coda	37,75	veic
Numero medio di fermate	4,76	
Velocità media	18,63	km/h
Tempo medio di fermata	323,27	sec/km
Distanza Totale percorsa	4534,52	km
Tempo Totale di viaggio	527,29	h
Tempo Medio di viaggio	411,47	sec/km

Lo Scenario di Progetto

Per orizzonti temporali di medio-lungo periodo (5-10 anni) non sono previsti incrementi della domanda durante le ore di punta, pertanto la matrice O/D che verrà utilizzata è quella derivante dai rilievi condotti con le MioVision, e con i radar espressa in veicoli equivalenti.

Dal punto di vista infrastrutturale, invece, lo scenario di progetto prevede la realizzazione della *Hospital street*, che corre parallela a via della Meridiana e che consentirà l'accesso al parcheggio interrato dell'ospedale. Un'altra strada potrà essere facilmente creata da viale Alfieri fino a via della Meridiana.



Il modello di Offerta allo Stato di Progetto

Il grafo di rete utilizzato per la costruzione del modello di offerta tiene quindi conto delle modifiche infrastrutturali appena esposte ed è riportato in dettaglio nella figura. Il grafo presenta 21 Centroidi di Zona, già visti nello Scenario 0 Attuale, con una rete disposta su di un unico livello ed introduce soprattutto la nuova viabilità realizzata a valle dell'intervento urbanistico



Il modello di Domanda allo Stato di Progetto

Quindi, per orizzonti temporali di medio-lungo periodo (5-10 anni) non sono previsti incrementi della domanda durante le ore di punta, pertanto la matrice O/D che verrà utilizzata è quella derivante dai rilievi condotti con le MioVision ed i radar, espressa in veicoli equivalenti.

Pertanto, la matrice oraria calibrata per lo Scenario 0, espressa in veicoli equivalenti e stimata per l'ora di punta della mattina (07:45-08:45) del giorno feriale tipo, è stata utilizzata per le simulazioni modellistiche dello Scenario 1 di progetto.

O/D	V1-Carducci_Est	V10-Marconi	V11-Petrarca	V12-Salviano	V15-Badaloni	V16-Cherubini	V17-Tripoli	V18-Ospedale_1	V2-Nievo	V20-Park Baldini	V21-Park Ospedale	V21-Pronto Soccorso	V3-Panificio	V5-Sant'Andrea	V6-Lardarel	Totale
V1-Carducci_Est	0	174	340	136	0	0	0	3	71	106	113	42	5	5	27	1022
V10-Marconi	5	0	60	21	17	15	9	0	0	20	20	0	7	6	35	215
V11-Petrarca	28	172	0	124	95	88	109	0	204	3	83	5	46	36	84	1077
V13-Don Bosco	13	85	186	0	46	42	30	0	96	15	1	6	23	17	92	653
V14-Carega	1	0	0	0	5	3	4	0	12	2	0	1	4	3	19	54
V15-Badaloni	0	0	0	0	0	3	4	0	12	2	0	1	4	3	19	48
V18-Ospedale_1	0	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26
V2-Nievo	57	10	24	8	0	0	0	0	0	6	5	2	100	94	518	824
V20-Park Baldini	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
V21-Park Ospedale	37	6	2	4	0	0	0	0	43	0	0	0	6	4	4	106
V21-Pronto Soccorso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V4-Galilei	202	14	31	12	0	0	0	0	76	4	1	1	4	4	100	449
V6-Lardarel	460	20	30	24	0	0	0	1	168	3	40	1	38	40	0	825
V7-Mentana	6	33	52	15	12	11	6	0	20	14	50	0	3	4	32	257
V8-Amedeo	6	33	34	15	0	11	6	0	20	14	50	0	3	4	32	228
V9-Paoli	3	33	34	0	12	11	6	0	23	14	50	0	5	4	22	218
Totale	820	580	834	385	185	185	173	4	743	202	414	62	249	223	985	6043

Lo Scenario di Progetto

Con la realizzazione del nuovo ospedale e delle relative modifiche viabilistiche, i risultati delle simulazioni evidenziano come il sistema viario dell'area urbana del presidio ospedaliero di Livorno presenti dei parametri di performance aggregati della rete notevolmente migliorati rispetto allo scenario attuale.

Durante l'ora di punta della mattina del giorno feriale medio si manifestano ancora fenomeni di coda su viale Carducci e su via Gramsci, ma il livello di performance complessivo della rete è notevolmente migliorato.



Lo Scenario di Progetto

Qui di seguito si riportano in maniera aggregata, gli indicatori prestazionali dell'intera rete analizzata nello Scenario 1 caratterizzante lo Stato di Progetto. I risultati dimostrano quindi la bontà delle modifiche viabilistiche previste nello scenario di progetto.

Indicatore	Valore	Unità di Misura
Tempo medio di Ritardo	207,86	sec/km
Densità Veicolare	20,46	veic/km
Flusso veicolare	5216,00	veic/h
Velocità Armonica	16,87	km/h
Emissioni CO2	1949859	g
Concentrazione Emissioni CO2	127007	g/km
Emissioni Nox	2926	g
Concentrazione Emissioni NOx	191	g/km
Emissioni PM	439	g
Concentrazione Emissioni PM	29	g/km
Emissioni VOC	3929	g
Concentrazione Emissioni VOC	256	g/km
Lunghezza Massima della Coda	20,19	veic
Numero medio di fermate	3,15	
Velocità media	23,03	km/h
Tempo medio di fermata	193,35	sec/km
Distanza Totale percorsa	5154,08	km
Tempo Totale di viaggio	388,07	h
Tempo Medio di viaggio	274,58	sec/km

Analisi comparativa tra gli Scenari

Considerando che questa è comunque una delle zone più trafficate dell'area urbana di Livorno, tutti gli indicatori prestazionali migliorano nel passaggio dallo stato attuale a quello di progetto. In particolare, il tempo medio di ritardo della rete diminuisce del 40% nonostante il flusso veicolare complessivo aumenti del 10%. Decisamente importanti sono anche le contrazioni dei livelli di emissioni inquinanti che si abbattano tra il 16% ed il 24%. Ciò è ovviamente correlato alla diminuzione dei tempi totali di viaggio (-26%) dei veicoli nella rete e dei tempi medi di fermata (-40%) e conseguentemente della lunghezza massima della coda (-46%).

Indicatore	Scenario 0	Scenario 1	Unità di Misura	Scarto %
Tempo medio di Ritardo	344,97	207,86	sec/km	-39,75%
Densità Veicolare	34,81	20,46	veic/km	-41,22%
Flusso veicolare	4727,00	5216,00	veic/h	10,34%
Velocità Armonica	10,60	16,87	km/h	59,15%
Emissioni CO2	2405648	1949859	g	-18,95%
Concentrazione Emissioni CO2	174035	127007	g/km	-27,02%
Emissioni Nox	3773	2926	g	-22,45%
Concentrazione Emissioni NOx	273	191	g/km	-30,18%
Emissioni PM	525	439	g	-16,51%
Concentrazione Emissioni PM	38	29	g/km	-24,81%
Emissioni VOC	6193	3929	g	-36,56%
Concentrazione Emissioni VOC	448	256	g/km	-42,88%
Lunghezza Massima della Coda	37,75	20,19	veic	-46,52%
Numero medio di fermate	4,76	3,15		-33,82%
Velocità media	18,63	23,03	km/h	23,62%
Tempo medio di fermata	323,27	193,35	sec/km	-40,19%
Distanza Totale percorsa	4534,52	5154,08	km	13,66%
Tempo Totale di viaggio	527,29	388,07	h	-26,40%
Tempo Medio di viaggio	411,47	274,58	sec/km	-33,27%

GRAZIE

