

XIV Incontro EXPERT PANEL
EMISSIONI DA TRASPORTO STRADALE

ARPAV – Venezia, 16 ottobre 2008

**Analisi di parametri cinematici e situazioni di traffico in
ambito urbano finalizzate al calcolo delle emissioni**

Giorgio Zamboni, Chiara Carraro, Massimo Capobianco

Internal Combustion Engines Group (ICEG)
Dipartimento di Macchine Sistemi Energetici e Trasporti (DIMSET)
Università di Genova

Enrico Daminelli

Area 08 Ambiente – Provincia di Genova





Sintesi delle attività svolte



L'indagine viene sviluppata nell'ambito di una convenzione tra Amministrazione Provinciale (Area Ambiente) ed Università di Genova (DIMSET – ICEG)

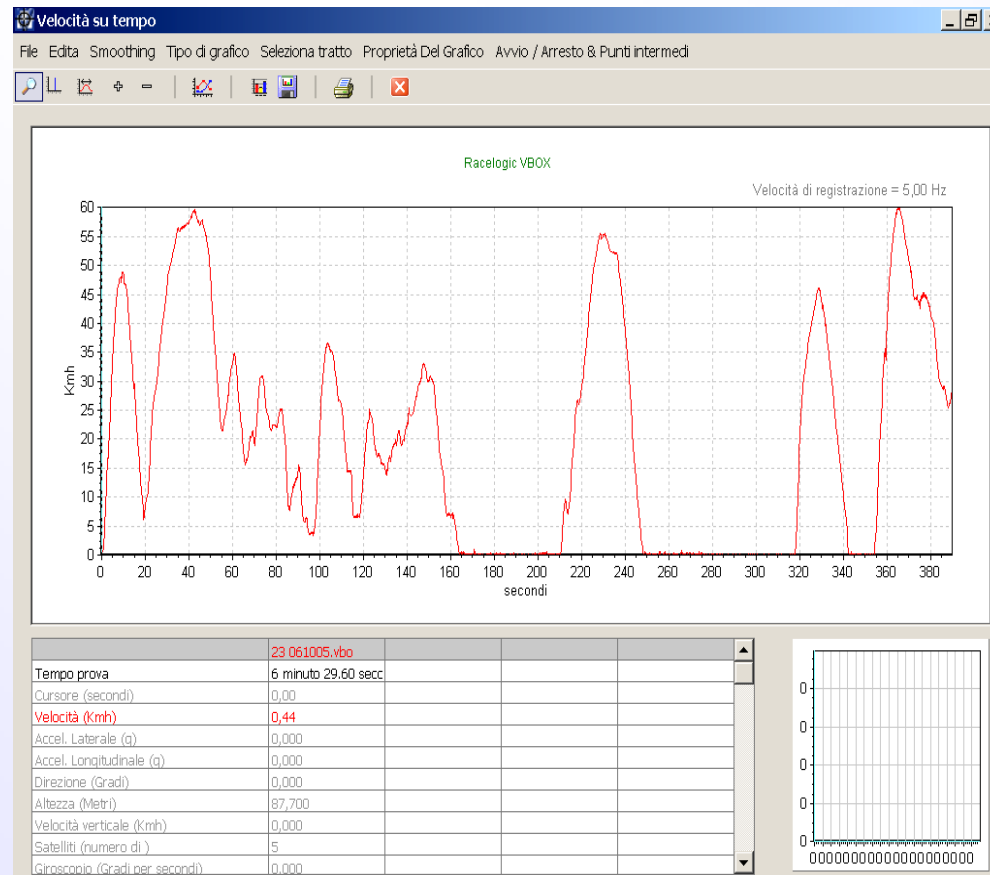
- Selezione di 4 differenti percorsi e definizione di 4 fasce orarie
- Acquisizioni della velocità istantanea di due tipologie di veicoli (auto e scooter con motori di cilindrata pari a 125/150 cm³), equipaggiati con uno strumento VBOX che effettua misure di velocità basate su GPS
 - ❑ Moto: 393 acquisizioni valide effettuate in due periodi (2005 e 2008) per un totale di circa 1150 chilometri
 - ❑ Auto: 1159 acquisizioni valide effettuate in tre periodi (2005, 2006 e 2007), per un totale di circa 3400 chilometri
- Definizione della procedura di elaborazione dei dati finalizzata alla valutazione dei parametri cinematici selezionati
- Analisi dei risultati in termini di valori medi delle diverse grandezze e di distribuzione di frequenza della velocità istantanea
- Valutazione delle emissioni sui percorsi considerati sulla base dei risultati sperimentali con definizione di procedure di calcolo dei fattori di emissione



Definizione dei percorsi urbani e delle fasce orarie



- I 4 percorsi sono stati individuati sulla base delle caratteristiche orografiche della città e delle principali direttrici di traffico, anche sulla base di studi O-D
- A parte un anello centrale (percorso 3), gli altri percorsi collegano il ponente, il levante e l'entroterra con il centro cittadino; sono stati suddivisi in tratti in base alla tipologia delle strade ed alla collocazione urbanistica, individuando per ciascuno tratti periferici, semiperiferici e centrali e strade a scorrimento veloce
- I tratti, che presentano lunghezze variabili tra 1.2 e 4.6 km, sono anche differenziati a seconda della direzione di percorrenza
- La suddivisione dei percorsi ha consentito tra l'altro di
 - verificare la dipendenza dei parametri cinematici dalle diverse zone urbane e quantificare l'influenza delle arterie di scorrimento veloce
 - individuare nel tessuto urbano zone omogenee dal punto di vista del comportamento cinematico del veicolo, in termini di velocità media, tempo di sosta al minimo e distribuzione di frequenza della velocità istantanea
 - applicare le classificazioni utilizzate nel modello Artemis con riferimento sia alle tipologie di strade sia ai livelli di traffico
- Le fasce orarie considerate coprono l'intero arco della giornata (fascia 1: 7:00÷9:30, 2: 9:30÷12:30, 3: 14:00÷17:00, 4: 17:00÷20:00)



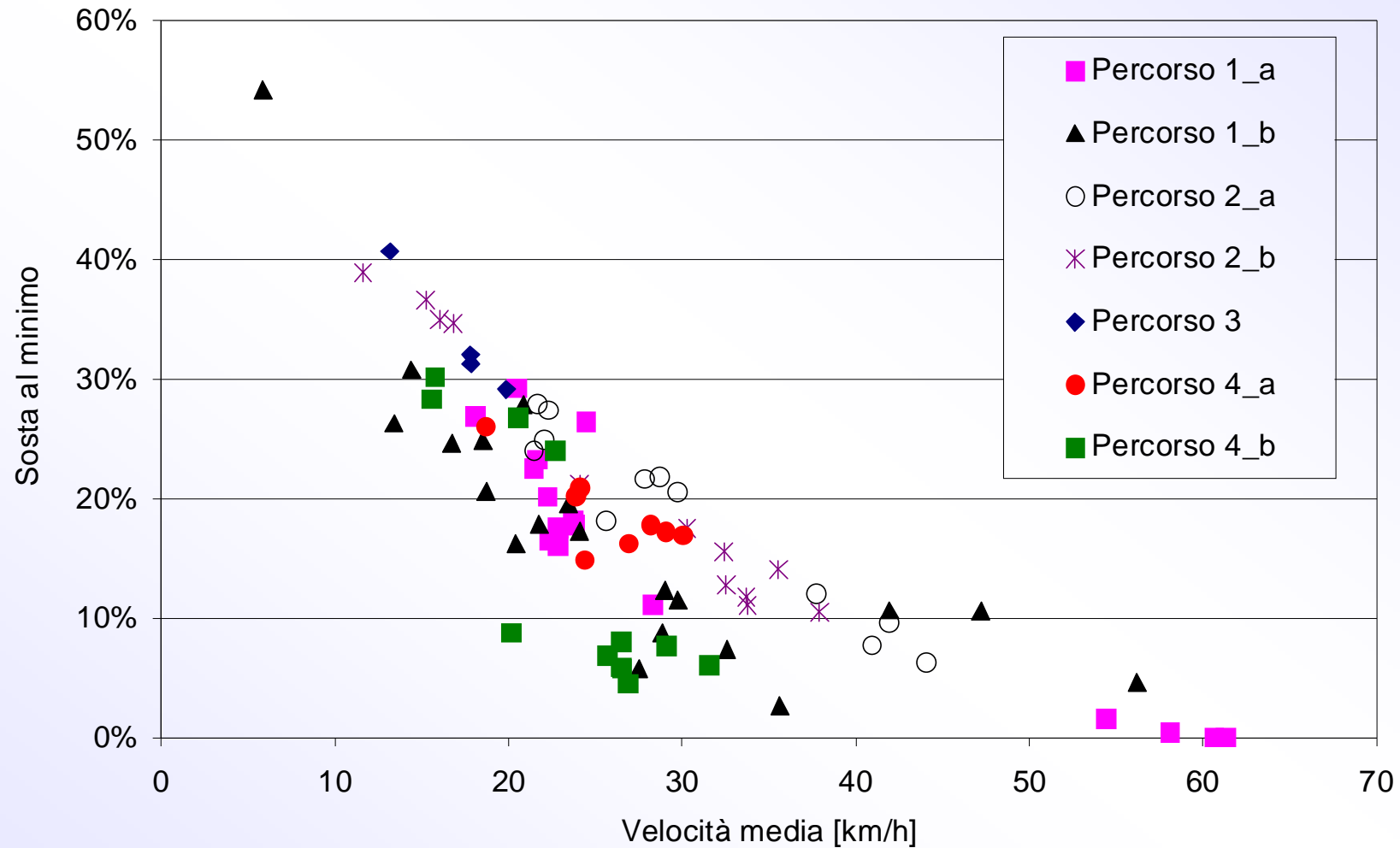
- I profili di velocità istantanea vengono rilevati con una frequenza di campionamento pari a 5 Hz
- Lo strumento memorizza i dati (tempo, velocità, ecc.) in un file, utilizzato per la validazione della misura e la successiva elaborazione
- Le misure sono state effettuate sempre nei giorni feriali del periodo scolastico, sospendendole in concomitanza di particolari eventi (fiere, scioperi dei trasporti pubblici, ecc.)

- Per ciascuna acquisizione vengono calcolate un certo numero di grandezze tra le quali:
 - ❑ velocità media
 - ❑ coefficiente di accelerazione positiva
 $RPA = [\sum_i (v_i * a_i^+) * \Delta t] / L$ in $[m/s^2]$
 - ❑ percentuale di sosta al minimo
 - ❑ distribuzione di frequenza della velocità istantanea secondo dodici classi

Velocità [km/h]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	< 0.5	0.5÷5	5÷10	10÷15	15÷20	20÷25	25÷30	30÷35	35÷40	40÷45	45÷50	> 50

Condizione di veicolo fermo (sosta al minimo), definita dalla soglia di sensibilità dello strumento

- Per ciascun tratto/percorso, i valori relativi alle singole acquisizioni vengono mediati, anche tenendo conto della fascia oraria di esecuzione della misura



Influenza fascia oraria (auto)



Zone centrali

percorso 3	v media [km/h]	v pesata [km/h]	dev stand v media [km/h]	COV v media	sosta al minimo	dev stand minimo	COV minimo	numero acquisizioni
fascia 1	17,8	17,3	3,1	17,2%	32,0%	6,8%	21,1%	20
fascia 2	17,8	17,1	3,8	21,6%	31,3%	9,6%	30,5%	19
fascia 3	19,5	19,5	2,9	14,4%	29,1%	4,9%	17,0%	15
fascia 4	13,2	12,7	2,4	18,4%	40,7%	6,2%	15,2%	17

tratto 24	v media [km/h]	v pesata [km/h]	dev stand v media [km/h]	COV v media	sosta al minimo	dev stand minimo	COV minimo	numero acquisizioni
fascia 1	15,2	14,4	3,5	23,0%	36,6%	4,6%	12,4%	14
fascia 2	16,0	15,5	3,2	19,9%	34,9%	6,4%	18,4%	21
fascia 3	16,8	16,4	2,8	16,7%	34,7%	6,0%	17,3%	10
fascia 4	11,6	11,3	2,2	19,3%	38,9%	4,7%	12,0%	10

tratto 45	v media [km/h]	v pesata [km/h]	dev stand v media [km/h]	COV v media	sosta al minimo	dev stand minimo	COV minimo	numero acquisizioni
fascia 1	15,5	13,5	5,9	38,3%	28,4%	11,1%	39,3%	19
fascia 2	22,7	21,3	4,9	21,8%	24,1%	8,4%	34,9%	20
fascia 3	20,5	19,4	4,5	22,0%	26,8%	9,3%	34,5%	14
fascia 4	15,7	15,5	2,2	13,9%	30,2%	7,4%	24,3%	11

Tratto semiperiferico

tratto 22	v media [km/h]	v pesata [km/h]	dev stand v media [km/h]	COV v media	sosta al minimo	dev stand minimo	COV minimo	numero acquisizioni
fascia 1	21,4	18,9	7,6	35,6%	24,0%	6,8%	28,4%	5
fascia 2	29,7	29,1	4,5	15,1%	20,6%	8,6%	41,8%	15
fascia 3	27,8	26,6	6,1	21,8%	21,7%	8,2%	38,0%	19
fascia 4	28,7	26,5	7,3	25,5%	21,9%	9,9%	45,2%	15

Strada a scorrimento veloce

tratto 12	v media [km/h]	v pesata [km/h]	dev stand v media [km/h]	COV v media	sosta al minimo	dev stand minimo	COV minimo	numero acquisizioni
fascia 1	58,1	56,5	10,9	18,8%	0,5%	0,8%	173,2%	3
fascia 2	61,3	61,2	1,6	2,5%	0,0%	0,0%		7
fascia 3	60,6	60,5	2,7	4,5%	0,0%	0,0%		14
fascia 4	54,4	23,6	12,6	23,1%	1,6%	5,7%	352,0%	42

- I valori di velocità media relativi a tutte le acquisizioni sono stati distribuiti secondo opportune classi, senza distinzione in fasce orarie, ottenendo per i chilometri percorsi le seguenti distribuzioni percentuali:

Tutte le fasce orarie	Classe di velocità media [km/h]					
	< 10	da 10 a 15	da 15 a 20	da 20 a 30	da 30 a 40	> 40
Tutti i tratti	2,2	10,8	15,4	32,1	19,4	20,1
Tutti i tratti eccetto strade a scorrimento veloce	2,7	14,1	21,1	42,4	18,6	1,1
Solo tratti centrali	3,4	23,2	34,5	36,7	2,2	0,0

Nel modello Artemis le velocità sono correlate a diversi livelli di traffico, che vengono utilizzati per definire i fattori di emissione nella procedura basata sulle "Traffic situations":

< 15 km/h ⇒ Stop & go = 15 ÷ 30 km/h ⇒ Saturated = 30 ÷ 45 km/h ⇒ Heavy

Tutte le fasce orarie	Livelli di traffico		
	Stop & go	Saturated	Heavy
Tutti i tratti	13,0	47,5	39,5
Tutti i tratti eccetto strade a scorrimento veloce	16,8	63,5	19,7
Solo tratti centrali	26,6	71,2	2,2

- Le distribuzioni medie di frequenza della velocità istantanea relative ai singoli tratti sono state raggruppate secondo i tre criteri visti in precedenza, ottenendo le seguenti distribuzioni percentuali:

Tutte le fasce orarie	Classi di velocità istantanea [km/h]											
	sosta al minimo	0,5 ÷ 5	5 ÷ 10	10 ÷ 15	15 ÷ 20	20 ÷ 25	25 ÷ 30	30 ÷ 35	35 ÷ 40	40 ÷ 45	45 ÷ 50	> 50
Tutti i tratti	18,7	6,4	5,0	5,3	6,0	6,1	6,5	7,5	7,7	7,3	6,4	17,2
Tutti i tratti eccetto strade a scorrimento veloce	21,2	7,3	5,5	5,9	6,7	6,8	7,4	8,4	8,5	7,8	6,3	8,3
Solo tratti centrali	28,9	7,4	5,3	6,0	7,1	7,2	8,1	8,3	8,0	6,5	4,4	3,0

- Considerando la fascia oraria del tardo pomeriggio (17:00÷20:00):

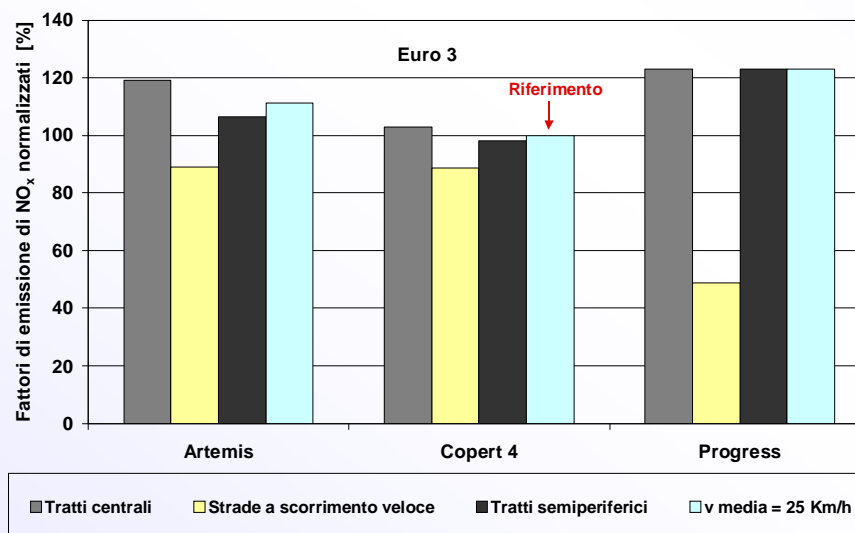
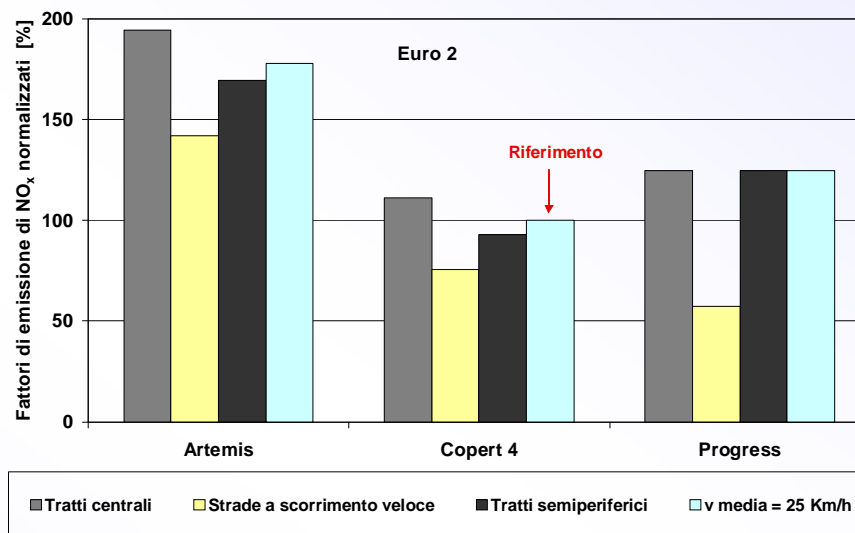
Fascia oraria 4	Classi di velocità istantanea [km/h]											
	sosta al minimo	0,5 ÷ 5	5 ÷ 10	10 ÷ 15	15 ÷ 20	20 ÷ 25	25 ÷ 30	30 ÷ 35	35 ÷ 40	40 ÷ 45	45 ÷ 50	> 50
Tutti i tratti	21,8	7,0	5,1	5,3	6,3	6,6	6,5	8,2	8,3	6,6	5,3	13,1
Tutti i tratti eccetto strade a scorrimento veloce	24,1	7,7	5,6	5,6	6,7	7,0	7,2	9,2	9,2	6,8	5,0	6,1
Solo tratti centrali	30,4	8,4	5,4	5,9	7,0	7,1	7,0	7,5	9,7	6,7	2,9	2,0

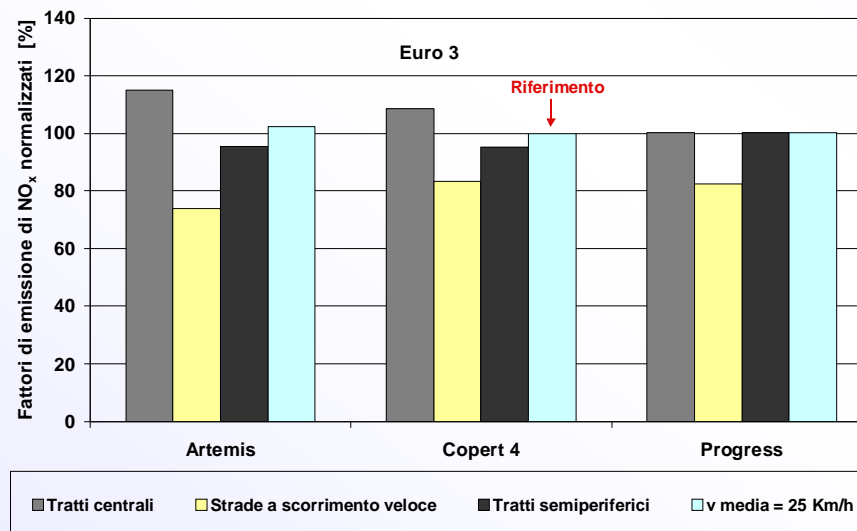
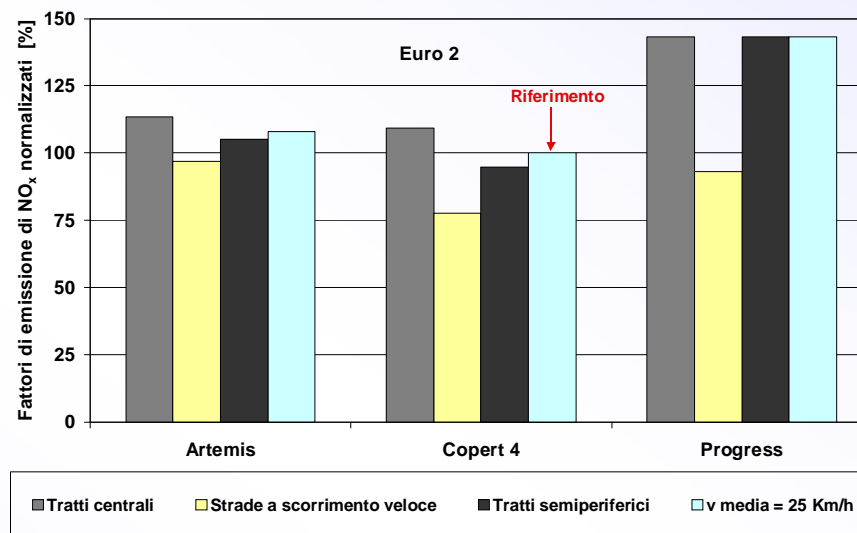


Valutazione dei fattori di emissione a caldo



- Il database sperimentale sulla definizione delle caratteristiche cinematiche dei percorsi tipici urbani viene attualmente utilizzato per la valutazione dei fattori di emissione di auto e moto secondo diversi approcci/procedure
 - velocità media: vengono confrontate le funzioni implementate in diversi modelli (Copert, Artemis e Progress), considerando i valori di velocità sperimentali e quelli tipicamente applicati per il calcolo degli inventari
 - *“traffic situations/reference test patterns”*: la procedura, utilizzata nel modello Artemis, prevede la classificazione delle strade secondo diverse tipologie e dei livelli di traffico sulla base dei valori di velocità. Alle situazioni di traffico vengono poi associati i fattori di emissione, pesando con opportuni coefficienti i valori corrispondenti ai *reference test patterns (Urban dense; Congested urban, low speeds; ecc.)* Verranno utilizzati sia i coefficienti proposti nel modello, sia i coefficienti calcolati sulla base dei dati sperimentali, considerando diversi parametri cinematici
 - distribuzioni di frequenza della velocità istantanea: anche in questo caso verranno utilizzate le funzioni disponibili in Copert ed Artemis, con valutazioni opportune delle portate di inquinanti al minimo
- Per alcune classi di veicoli e percorsi considerati, sarà possibile validare i calcoli sulla base di misure di emissioni eseguite presso l’Istituto Motori







Sviluppi futuri



- ✓ Conclusione delle elaborazioni relative alle misure con motocicli
- ✓ Completamento della valutazione dei fattori di emissione a caldo secondo differenti approcci, per auto e motocicli
- ✓ Sviluppo di procedure di calcolo delle emissioni a freddo utilizzando il database sperimentale

Grazie per l'attenzione!

Per ulteriori informazioni e contatti:

www.iceg.unige.it

