



INNOVHUB
STAZIONI SPERIMENTALI
PER L'INDUSTRIA

innovazione e ricerca

Prove di emissioni in laboratorio e su strada di due auto Euro 6d-Temp monofuel a metano

Simone Casadei

Resp. Settore Fonti Mobili – Laboratorio Emissioni

col contributo di ***Tommaso Rossi***
Tommaso Bellin
Davide Faedo

Siamo un centro nazionale di **ricerca, innovazione e trasferimento tecnologico** che offre servizi di **analisi e prove, consulenza tecnico-scientifica, supporto all'innovazione**

Missione: supportare lo sviluppo scientifico e tecnologico dei settori di riferimento in modo sempre più sostenibile

- 4 aree tecniche dotate di laboratori specializzati: **Carta, Combustibili, Oli e Grassi, Seta**
- un'area **Innovazione e progetti** che offre servizi di informazione e assistenza legislazione e finanziamenti comunitari, trasferimento tecnologico transnazionale, supporto alla partecipazione a programmi di R&S



Partner di **Enterprise Europe Network**, per il supporto dell'innovazione, del trasferimento tecnologico e dell'internazionalizzazione di aziende e centri di ricerca.



Laboratorio di prova operante in conformità alla norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2005



innovazione e ricerca



ATTIVITÀ



SERVIZI ANALITICI



RICERCA E INNOVAZIONE



FORMAZIONE E DIVULGAZIONE



NORMAZIONE



RICONOSCIMENTI

Ministero della Sanità: idoneità a effettuare prove chimico-fisiche secondo le **Buone Pratiche di Laboratorio BPL** (test chimico fisici)



TEMATICHE DI COMPETENZA

ENERGIA



- Combustibili tradizionali
- Fonti energetiche alternative

SICUREZZA INDUSTRIALE



- Di prodotto e di processo



FOCUS

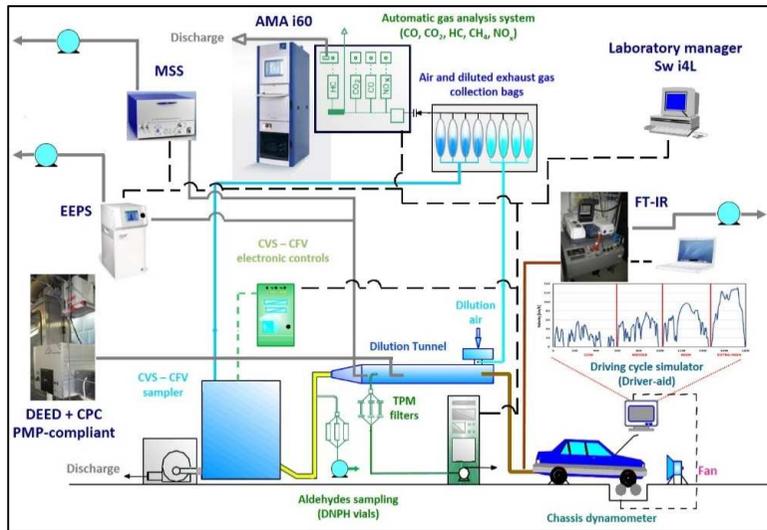
- **Monitoraggio ambientale** (controllo delle emissioni gassose; valutazione influenza delle caratteristiche dei combustibili)
- **Sicurezza di prodotto e processo** (test su gas, vapori, nebbie e polveri; studio reazioni fuggitive e stabilità termiche)



- SNAM e NGV Italy hanno commissionato ad Innovhub-SSI test per rilevare le emissioni allo scarico regolamentate e non e i consumi di 2 autovetture Euro 6d-Temp monofuel a metano (PCs)
- Lo scopo del programma di test era rendere disponibili e condividere i fattori di emissione con stakeholder, ricercatori, policy maker in una fase decisionale molto importante per gli aggiornamenti Euro 7 e del Reg. 631 / 2019
- Sono stati determinati i fattori di emissione di diversi inquinanti e gas serra delle moderne auto a metano monofuel, i cui dati nella letteratura scientifica e tecnica sono limitati
- Le auto sono state testate secondo un protocollo definito con SNAM e NGV, condiviso e discusso con il Gruppo ERMES e ISPRA: entrambi hanno riconosciuto il protocollo come appropriato a determinare fattori di emissione idonei ad alimentare gli inventari delle emissioni da trasporti europei e italiani



innovazione e ricerca



AMAI60: CO, THC, NMHC, CH₄, NO_x, CO₂

Sistema PN - PMP compliant: numero di particelle solide, per veicoli EURO 5/6

Micro Soot Sensor (MSS): frazione carboniosa del particolato (soot)

Engine Exhaust Particle Sizer (EEPS): profilo modale e distribuzione dimensionale delle particelle fini, ultrafini e delle nanoparticelle

Filtri per il PM: particolato totale in massa

Spettrofotometro FT-IR: NH₃, NO₂, N₂O, formaldeide

Fiale di DNPH (fase low – partenza a freddo): aldeidi

Sistema portatile di misura delle emissioni (PEMS), percorso di Innovhub SSI a Milano sud/est: NO_x, CO, CO₂, THC, CH₄, PN – numero delle particelle solide





Un'auto di categoria Media e una di categoria Small, Euro 6d-Temp monofuel GNC

innovazione e ricerca



Autovettura	<u>Medium</u>	<u>Small</u>
Standard di omologazione emissioni	Euro 6d-Temp	Euro 6d-Temp
Cilindrata del motore (cc)	1498	999
N. cilindri	4	3
Max potenza (kW)*	103 @ 5950 rpm	76 @ 4060 rpm
Max coppia (Nm)*	211 @ 2960 rpm	183 @ 3750 rpm
Sistema di iniezione	Accensione comandata Iniezione indiretta	Accensione comandata Iniezione indiretta
Sistema di trattamento emissioni	TWC	TWC



Per entrambi i veicoli chilometraggio all'inizio della prova < 2000 km

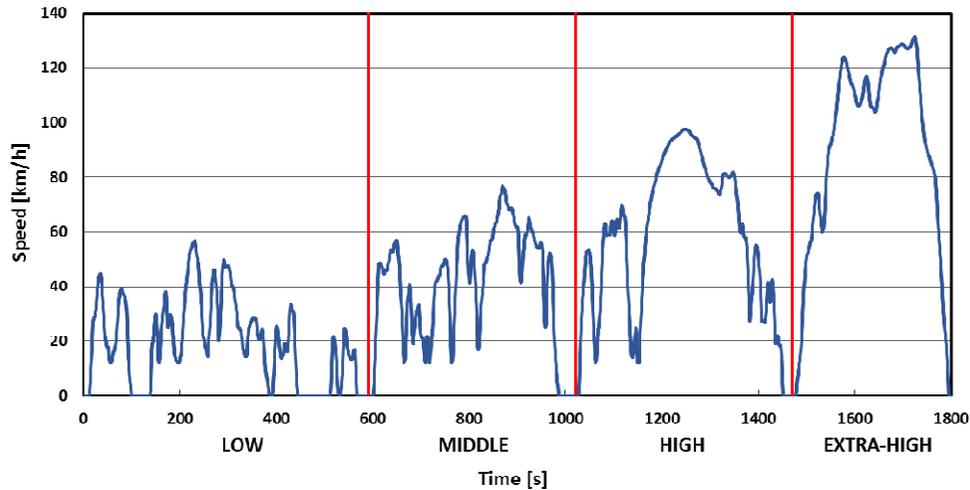
Analizzati i gas combustibili dei veicoli e verificata la loro conformità a D.M.18 Maggio 2018 e UNI EN 16723-2

*Misurato da banco dinamometrico esterno



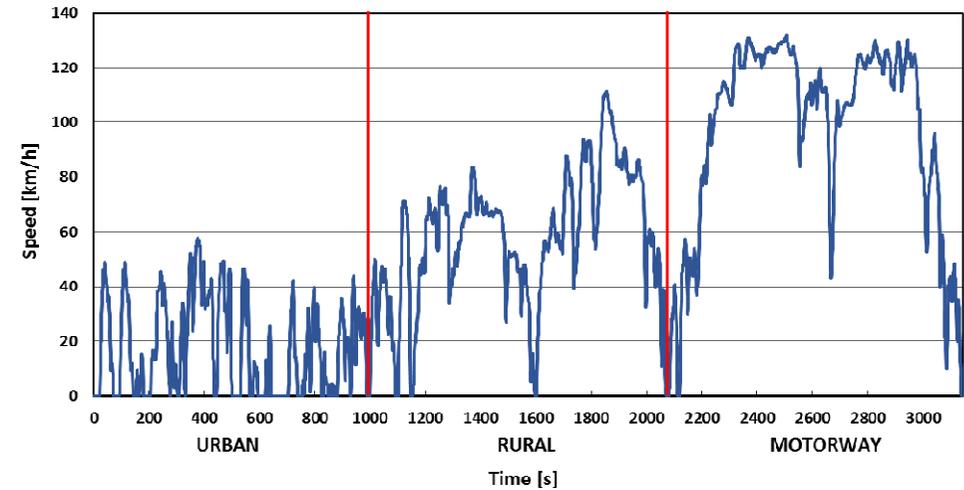
innovazione e ricerca

WLTC (partenza a freddo) Worldwide harmonized Light duty driving Test Cycle - omologazione



		LOW	MIDDLE	HIGH	EXTRA-HIGH
Duration	s	589	433	455	323
Maximum speed	km/h	56.5	76.6	97.4	131.3
Average speed	km/h	18.9	39.5	56.7	92.0
Distance	km	3.10	4.76	7.16	8.25
Time at idle	%	26.5	11.1	6.8	2.2

CADC (partenza a caldo) Common Artemis Driving Cycle - ricerca



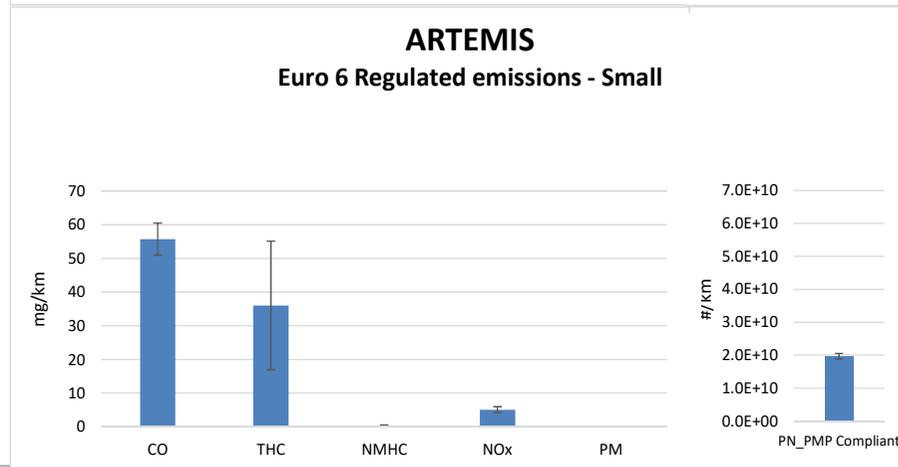
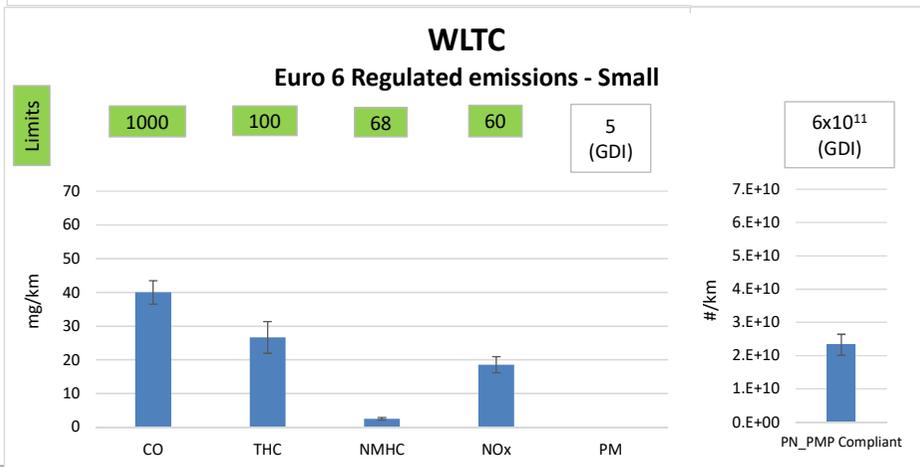
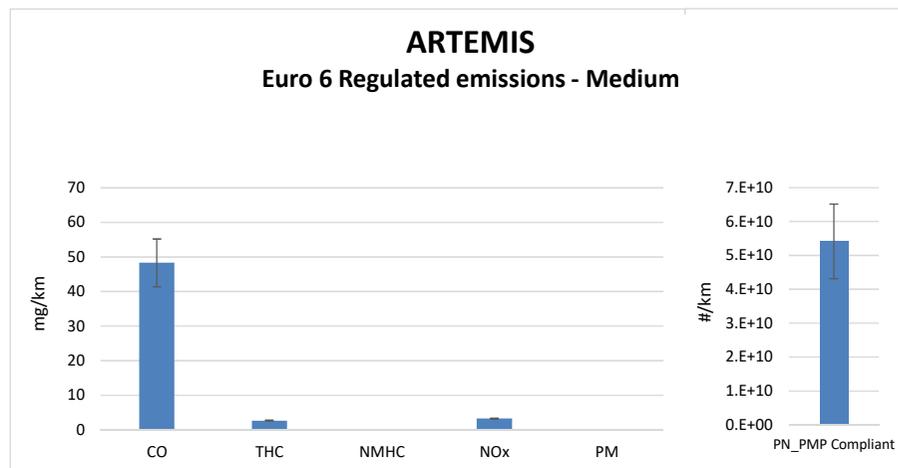
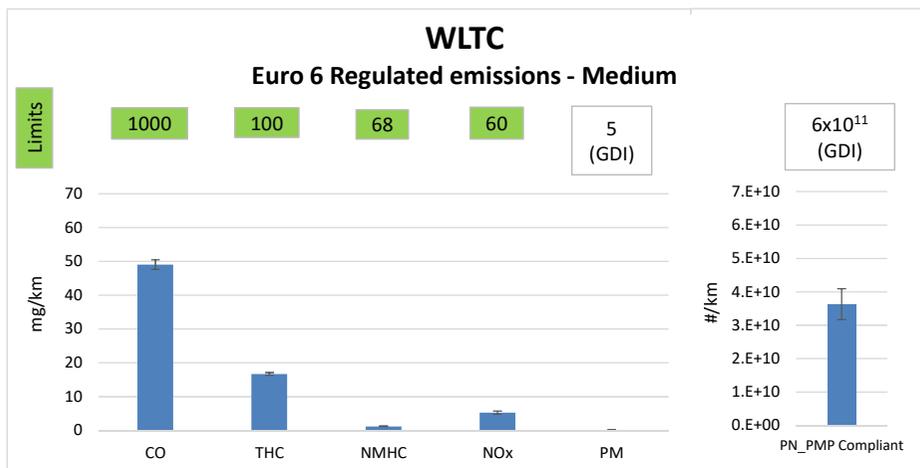
		URBAN	RURAL	MOTORWAY
Duration	s	993	1082	1068
Maximum speed	km/h	57.7	111.5	131.8
Average speed	km/h	17.7	57.5	96.9
Distance	km	4.87	17.28	28.74
Time at idle	%	28.4	3.1	1.5



RISULTATI FINALI NON UFFICIALI

innovazione e ricerca

Tutti i limiti Euro 6 ben rispettati sul WLTC (a freddo), basse emissioni sull'ARTEMIS (a caldo), basse non regolamentate in entrambi i cicli

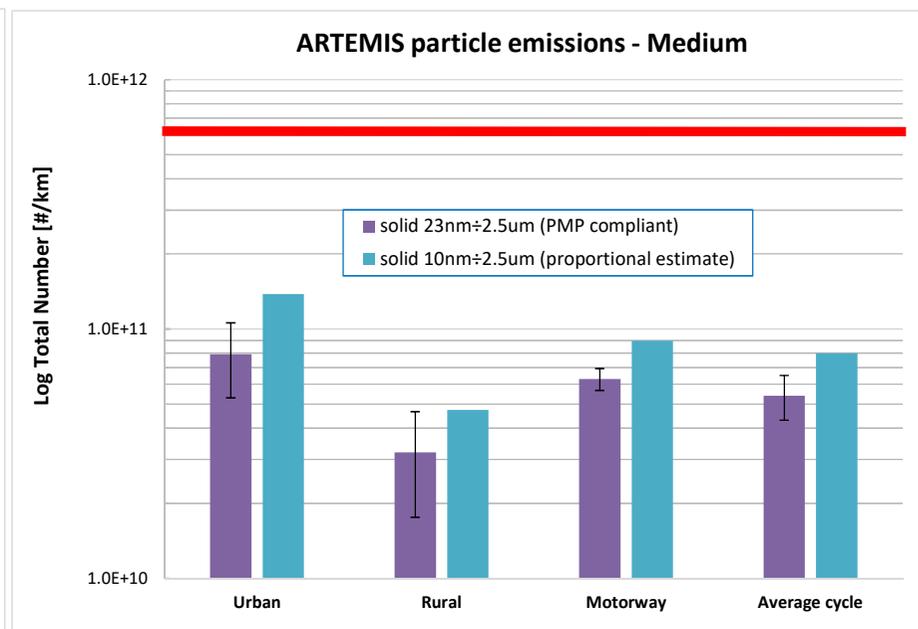
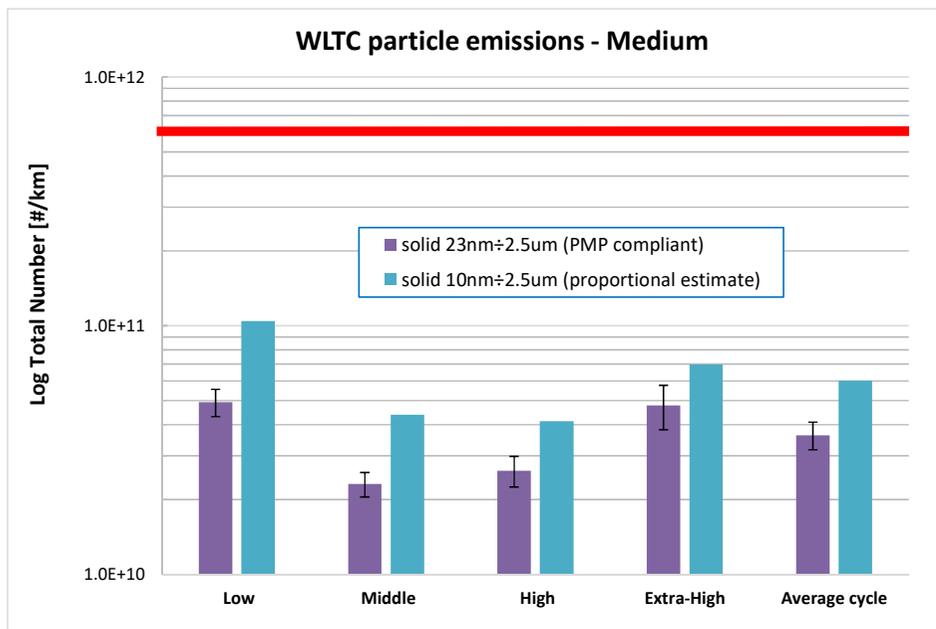




RISULTATI FINALI NON UFFICIALI

innovazione e ricerca

Limite Euro 6 sul PN23 è $6E+11$ (valido per il WLTC a freddo e non applicabile alle auto a benzina non GDI)



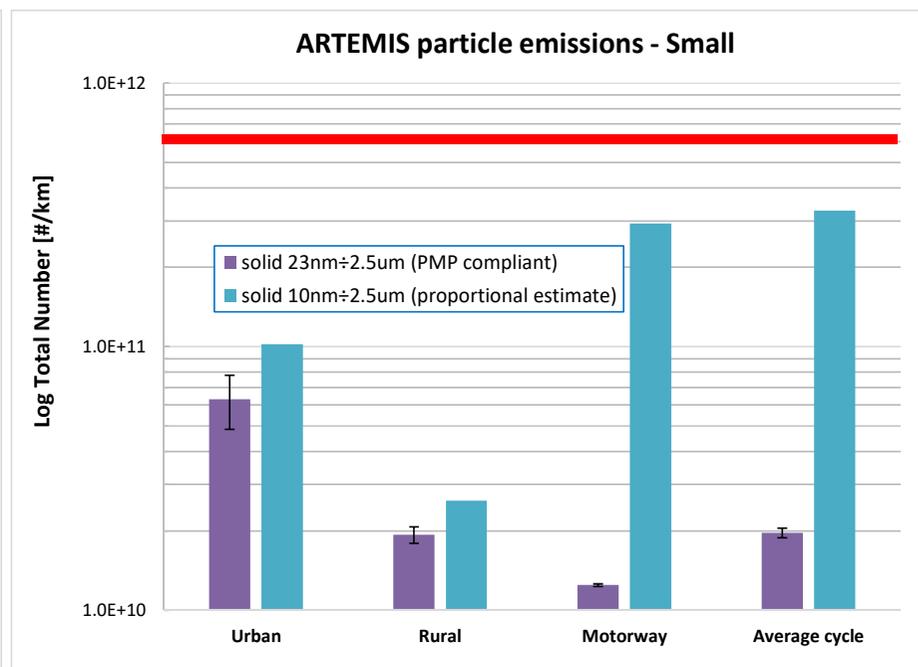
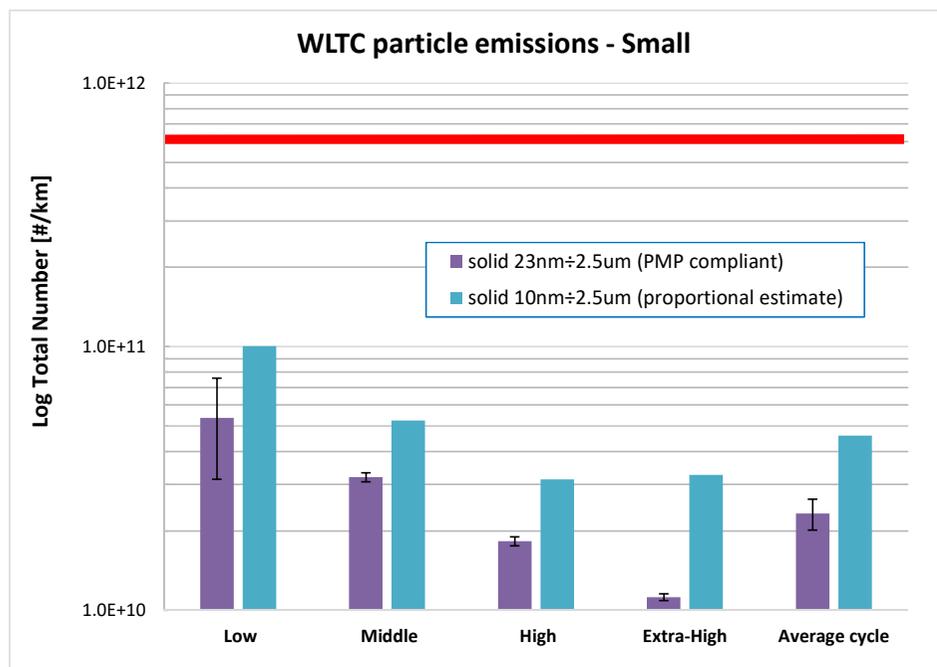
- L'emissione di PN10 solido allo scarico è stata stimata applicando una semplice regressione lineare usando i valori misurati dall'EEPS (negli intervalli $10 \div 23$ & $23 \div 560$ nm) e quelli col sistema PMP. Il PN10 del Medium ben inferiore al limite sul PN23.
- Ma la natura delle nanoparticelle misurate dall'EEPS è ignota: % di volatili, semi-volatili, solide? Es. nella "moda core" del GNC ($2.5 \div 10 D_p$) le particelle sono associate al contenuto di ceneri dell'olio lubrificante o provengono dalla combustione? (Toumasatos Z. et al., 2020 – Aerosol Science and Technology)



RISULTATI FINALI NON UFFICIALI

innovazione e ricerca

Limite Euro 6 sul PN23 è $6E+11$ (valido per il WLTC a freddo e non applicabile alle auto a benzina non GDI)



- Il PN10 della Small ben inferiore al limite PN23 su WLTC. L'ARTEMIS ben più vicino al limite per le nanoparticelle nel Motorway
- Se il picco più elevato in corrispondenza del Motorway fosse composto principalmente da nanoparticelle solide, i valori reali di questa specie potrebbero essere significativamente sottostimati dalla stima proporzionale riportata in figura
- Sono necessari ulteriori studi e ricerche per rilevare le nanoparticelle solide con un D_p prossimo e inferiore ai 10 nm

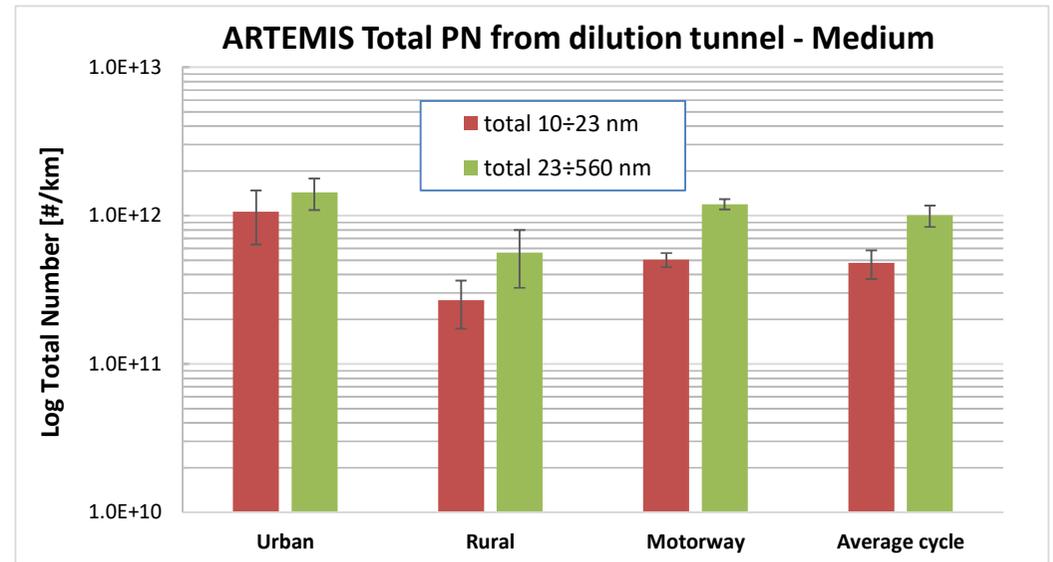
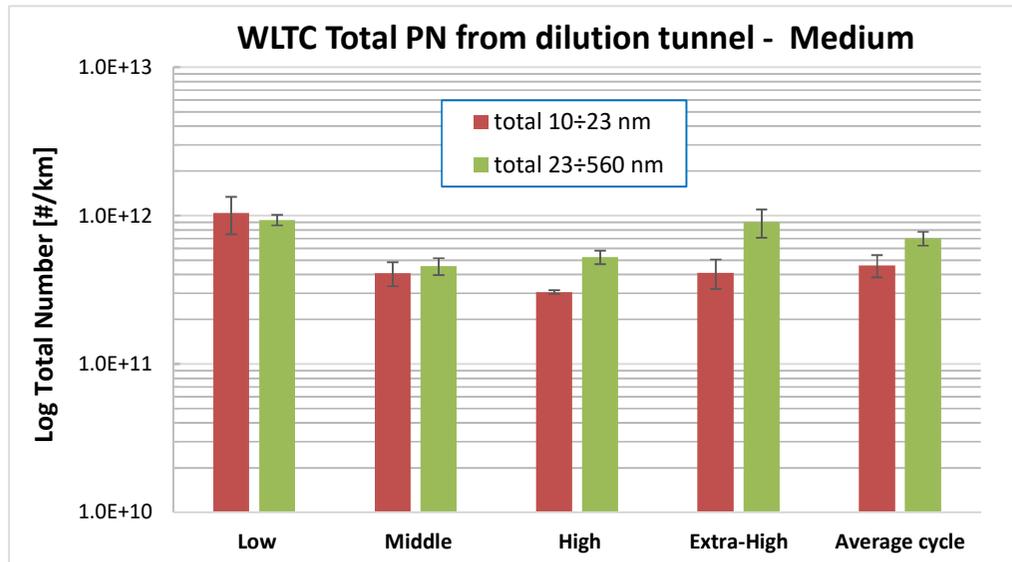


Emissioni di PN totale (EEPS, 5.6 ÷ 560 nm) – Medium

RISULTATI FINALI NON UFFICIALI

innovazione e ricerca

- Valori di particelle totali simili confrontando il WLTC a freddo (2.11E+12 #/km) e l'ARTEMIS a caldo (2.00E+12 #/km)
- Nel valor medio sia del WLTC che dell'ARTEMIS prevalgono le particelle con D_p 23 ÷ 560 nm



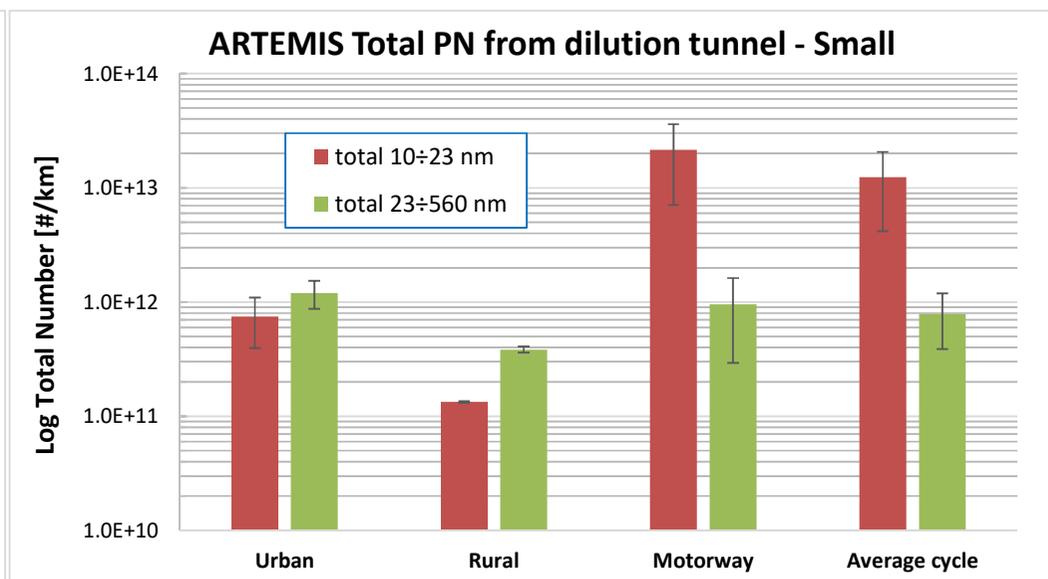
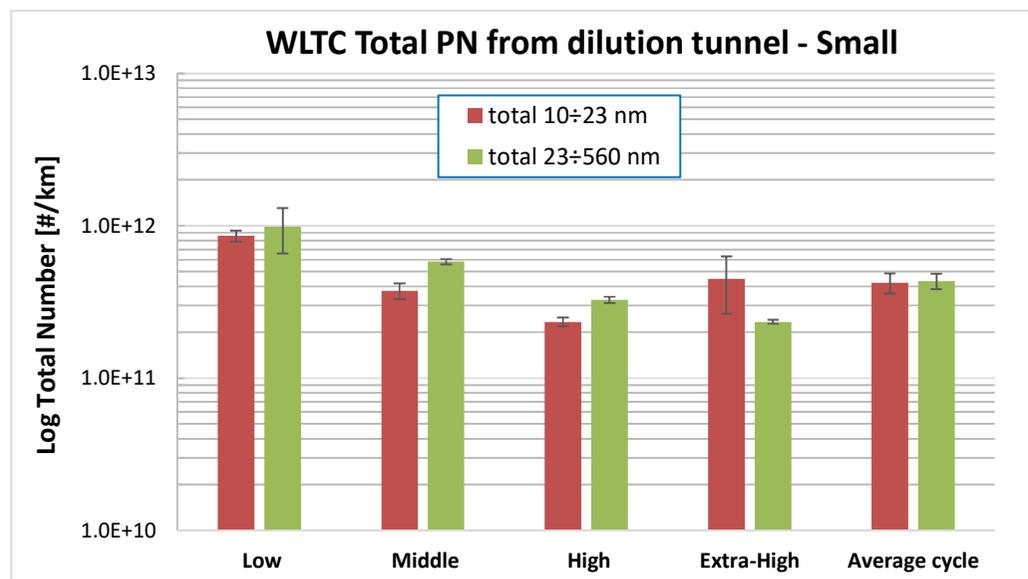


Emissioni di PN totale (EEPS, 5.6 ÷ 560 nm) – Small

RISULTATI FINALI NON UFFICIALI

innovazione e ricerca

- Valori più elevati di particelle totali per l'ARTEMIS a caldo ($7.28E+13$ #/km) che per il WLTC a freddo ($1.74E+12$ #/km)
- Particelle del ciclo medio ARTEMIS chiaramente dominate dalla fase Motorway, prevalenti le particelle con D_p 10 ÷ 23 nm





RISULTATI FINALI NON UFFICIALI

- Emissioni di NO_x e PN ben inferiori ai limiti NTE (Not To Exceed) Euro 6d-Temp
- Emissione di CO₂ maggiore del ~20% dei valori rilevati in laboratorio
- Emissione di CH₄ inferiore a quella del WLTC

CNG Medium - Euro 6d-Temp								
<u>RDE average trip</u>		1	2	3	Average	Std. Dev.	CV, %	Euro 6 d-Temp standards
CO	mg/km	26.05	29.15	50.26	35.15	13.18	37.5	
THC	mg/km	12.93	14.80	15.36	14.36	1.27	8.8	
CH ₄	mg/km	10.64	12.48	13.22	12.11	1.33	11.0	
NO _x	mg/km	2.50	8.03	6.80	5.77	2.91	50.3	126
CO ₂	g/km	121.82	118.79	114.47	118.36	3.69	3.1	
PN	#/km	5.88E+10	3.29E+10	3.51E+10	4.23E+10	1.44E+10	34.0	9E+11
fuel consumption	m ³ /100km	6.00	5.85	5.73	5.86	0.13	2.3	



RISULTATI FINALI NON UFFICIALI

- Emissioni di NO_x e PN ben inferiori ai limiti NTE (Not To Exceed) Euro 6d-Temp
- Emissione di CO₂ maggiore del ~20% dei valori rilevati in laboratorio
- Emissione di CH₄ doppia rispetto a quella del WLTC

CNG Small - Euro 6d-Temp								
RDE average trip		1	2	3	Average	Std. Dev.	CV, %	Euro 6 d-Temp standards
CO	mg/km	64.59	47.50	51.11	54.40	9.01	16.6	
THC	mg/km	40.47	56.47	42.35	46.43	8.74	18.8	
CH ₄	mg/km	35.18	49.86	37.51	40.85	7.89	19.3	
NO _x	mg/km	10.46	20.89	19.29	16.88	5.62	33.3	126
CO ₂	g/km	125.73	117.02	121.27	121.34	4.36	3.6	
PN	#/km	2.04E+10	1.58E+10	1.46E+10	1.69E+10	3.09E+09	18.2	9E+11
fuel consumption	m ³ /100km	6.36	5.92	6.14	6.14	0.22	3.6	



RISULTATI FINALI NON UFFICIALI

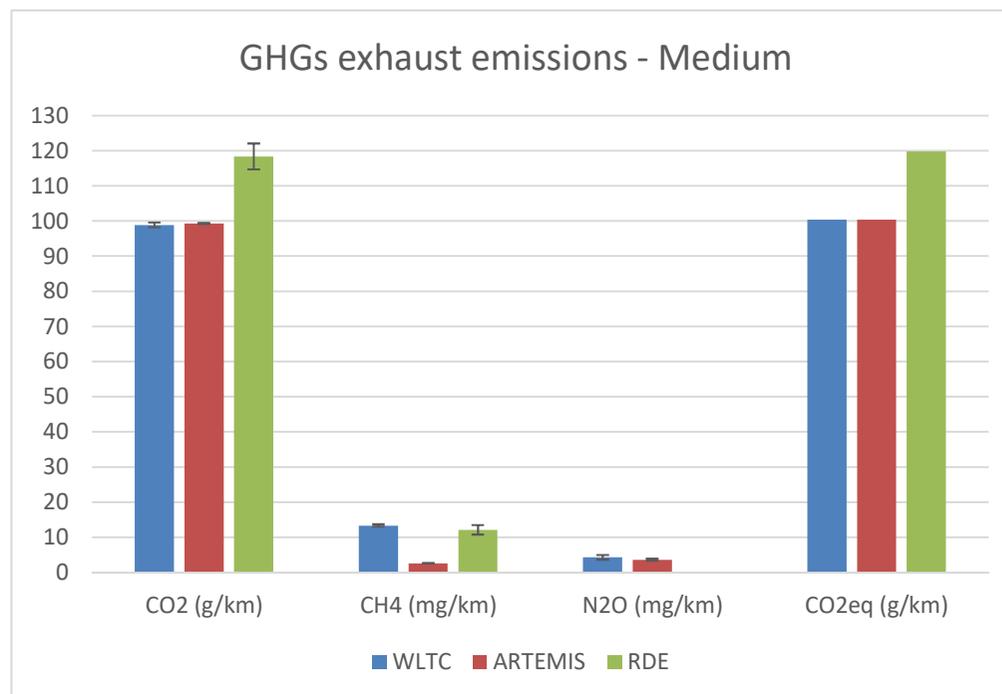
innovazione e ricerca

- Ripetibilità e stabilità del veicolo molto buone sia in laboratorio che su strada
- Emissioni allo scarico di gas ad effetto serra limitate sia in laboratorio che su strada

CNG Medium - Euro 6d-Temp						
	WLTC	Std. Dev.	ARTEMIS	Std. Dev.	RDE	Std. Dev.
CO₂ (g/km)	98.86	0.65	99.28	0.12	118.36	3.69
CH₄ (mg/km)	13.33	0.29	2.57	0.06	12.11	1.33
N₂O (mg/km)	4.23	0.67	3.57	0.28		
CO₂eq (g/km)	100.45		100.41		119.82*	

Valori di GWP, orizzonte temporale di 100 anni: CH₄ (25), N₂O (298)

*per l' N₂O è stato considerato il valor medio tra WLTC e ARTEMIS





RISULTATI FINALI NON UFFICIALI

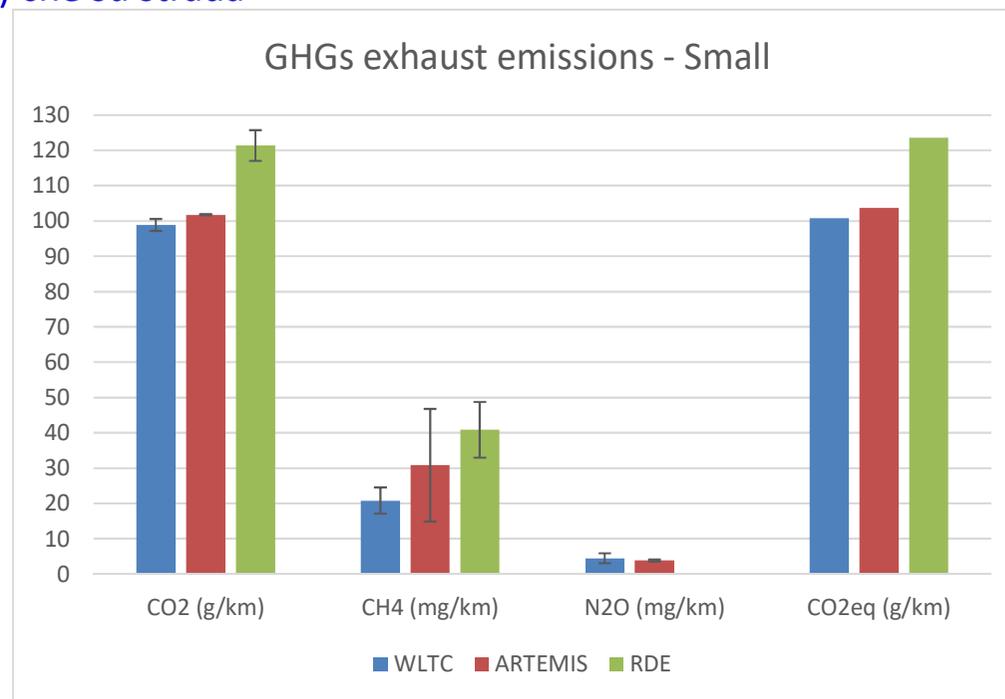
innovazione e ricerca

- Ripetibilità e stabilità del veicolo buone sia in laboratorio che su strada
- Emissioni allo scarico di gas ad effetto serra limitate sia in laboratorio che su strada
- Emissioni di CH₄ maggiori a velocità più elevate, sia in laboratorio (per l'ARTEMIS, non per il WLTC per cui l'emissione in partenza a freddo è prevalente) che su strada

CNG Small - Euro 6d-Temp						
	WLTC	Std. Dev.	ARTEMIS	Std. Dev.	RDE	Std. Dev.
CO ₂ (g/km)	98.87	1.72	101.78	0.13	121.34	4.36
CH ₄ (mg/km)	20.80	3.71	30.81	15.95	40.85	7.89
N ₂ O (mg/km)	4.47	1.37	3.85	0.32		
CO ₂ eq (g/km)	100.72		103.70		123.60*	

Valori di GWP, orizzonte temporale di 100 anni: CH₄ (25), N₂O (298)

*per l' N₂O è stato considerato il valor medio tra WLTC e ARTEMIS





RISULTATI FINALI NON UFFICIALI

innovazione e ricerca

- **Tutti i limiti Euro 6 ben rispettati** ed emissioni non regolamentate molto ridotte in laboratorio sia per il ciclo di omologazione che per quello di ricerca
- **Limiti NTE Euro 6 d-Temp molto ben rispettati per PN e NOx** e basse emissioni di CO e THC rilevate su strada tramite le prove RDE con il PEMS
- Verso la regolamentazione del PN10, **si deve porre attenzione principalmente alle emissioni di particelle con D_p prossimo a 10nm**. Ulteriori studi e ricerche sono necessari.
- **Basse emissioni di gas a effetto serra sia in laboratorio** – sia per i cicli di omologazione che di ricerca – **che su strada**, con l'eccezione del CH₄ ad elevate velocità per l'autovettura di segmento Small
- Da verificare le emissioni di THC / CH₄ / particelle volatili (?) ad elevata velocità per l'autovettura del segmento Small. Sono opportune ulteriori ricerche, anche con gli stessi veicoli a chilometraggio accumulato maggiore
- In generale, **le due autovetture testate sono molto ben calibrate, nella giusta direzione per traguardare i ben più severi limiti Euro 7 in via di definizione**



- Relazione finale ufficiale entro il 30 aprile 2021
- I risultati sono in via di condivisione con ISPRA per l'inserimento nel prossimo aggiornamento e pubblicazione dell'Inventario Nazionale delle emissioni: verranno applicati i fattori di emissione country specific per le autovetture Medium e Small Euro 6 a metano per CO, NO_x, VOC, PM, FC, CH₄, NH₃, N₂O, etc.
- Tutti i dati saranno condivisi nell'ambito del gruppo ERMES al fine di essere inseriti nel database della struttura del HBEFA e del COPERT
- Dati pubblici Tank To Wheel disponibili per analisi LCA
- Obiettivo di Innovhub SSI: contribuire con un approccio neutrale e super partes al continuo aggiornamento dei fattori di emissione delle autovetture sia a livello nazionale che europeo



INNOVHUB
STAZIONI SPERIMENTALI
PER L'INDUSTRIA

Contatti

innovazione e ricerca

Simone Casadei

 simone.casadei@mi.camcom.it

 +39 02 8515.3509



INNOVHUB
STAZIONI SPERIMENTALI
PER L'INDUSTRIA

L'innovazione è la nostra tradizione

innovazione e ricerca