



**POLITECNICO**  
MILANO 1863

# Misurazione delle emissioni dei veicoli elettrici

***Prof. Mario GROSSO***

***Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale***

**Milano, 19 Maggio 2017**

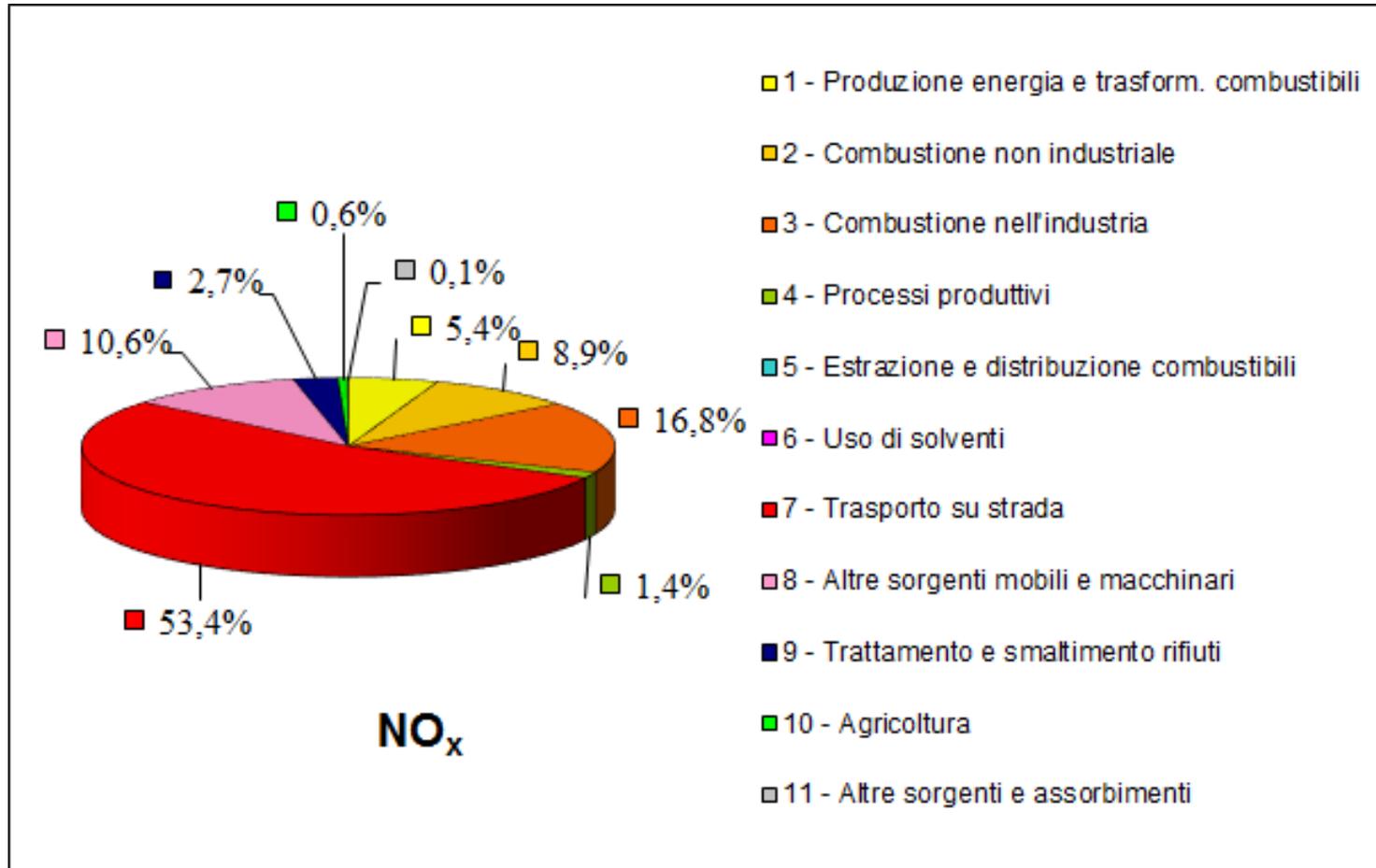
# ASPETTI DA CONSIDERARE

- Riduzione degli impatti locali
  - ✓ Qualità dell'aria → emissioni allo scarico e **evaporative**
  - ✓ **Materiale particolato → consumo dei freni**
  - ✓ Impatto acustico
  - ✓ **Isola di calore urbana**
- Riduzione delle emissioni globali? (analisi del ciclo di vita)
  - ✓ **Energia elettrica utilizzata per la ricarica**
  - ✓ **Produzione e riciclo delle batterie**
  - ✓ **Dimensione della batteria**



# RIDUZIONE DEGLI IMPATTI LOCALI

## Ripartizione delle emissioni di NO<sub>x</sub> in Lombardia nel 2014

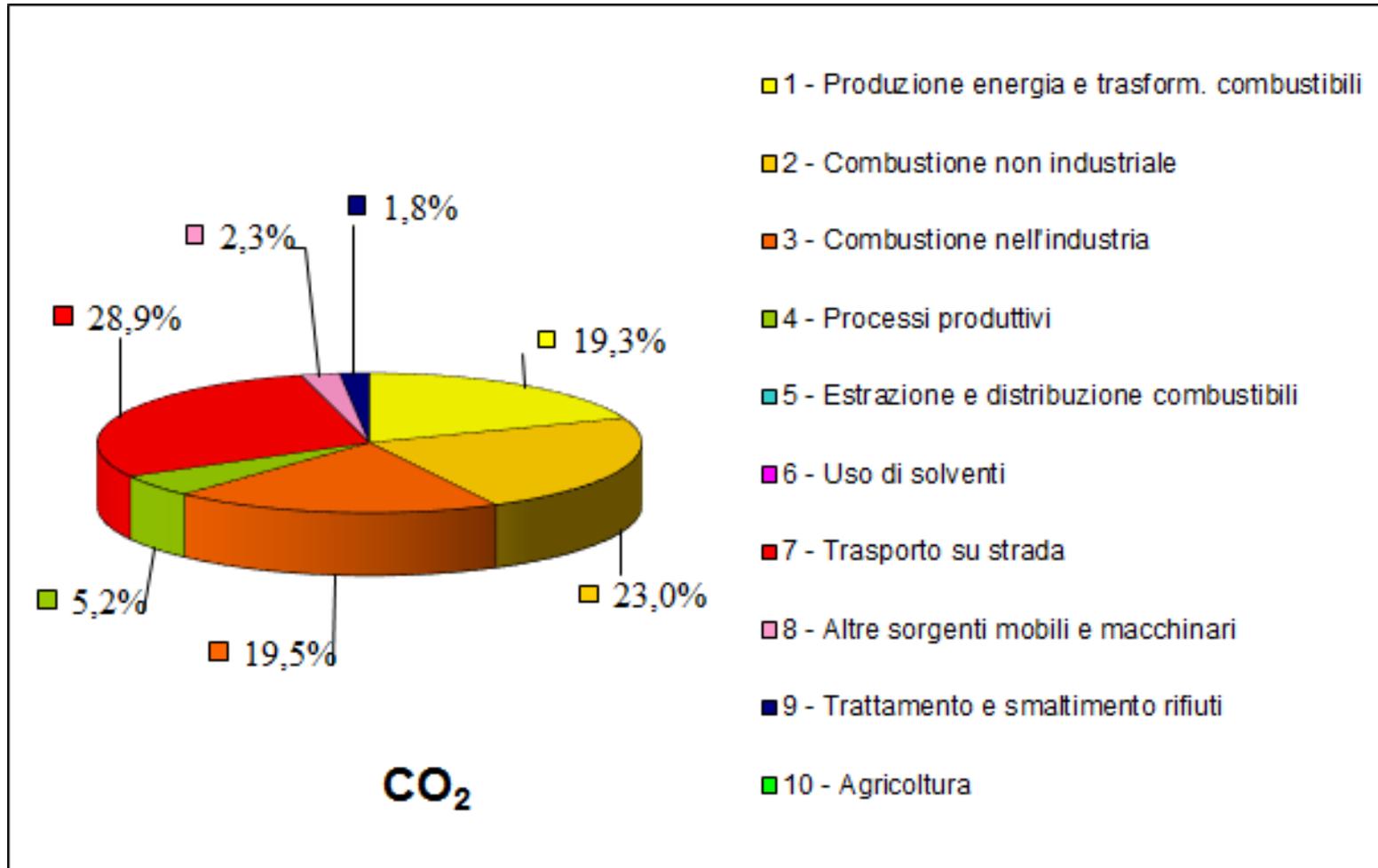


(Fonte: INEMAR ARPA LOMBARDIA)



# RIDUZIONE DEGLI IMPATTI LOCALI

## Ripartizione delle emissioni di CO<sub>2</sub> in Lombardia nel 2014

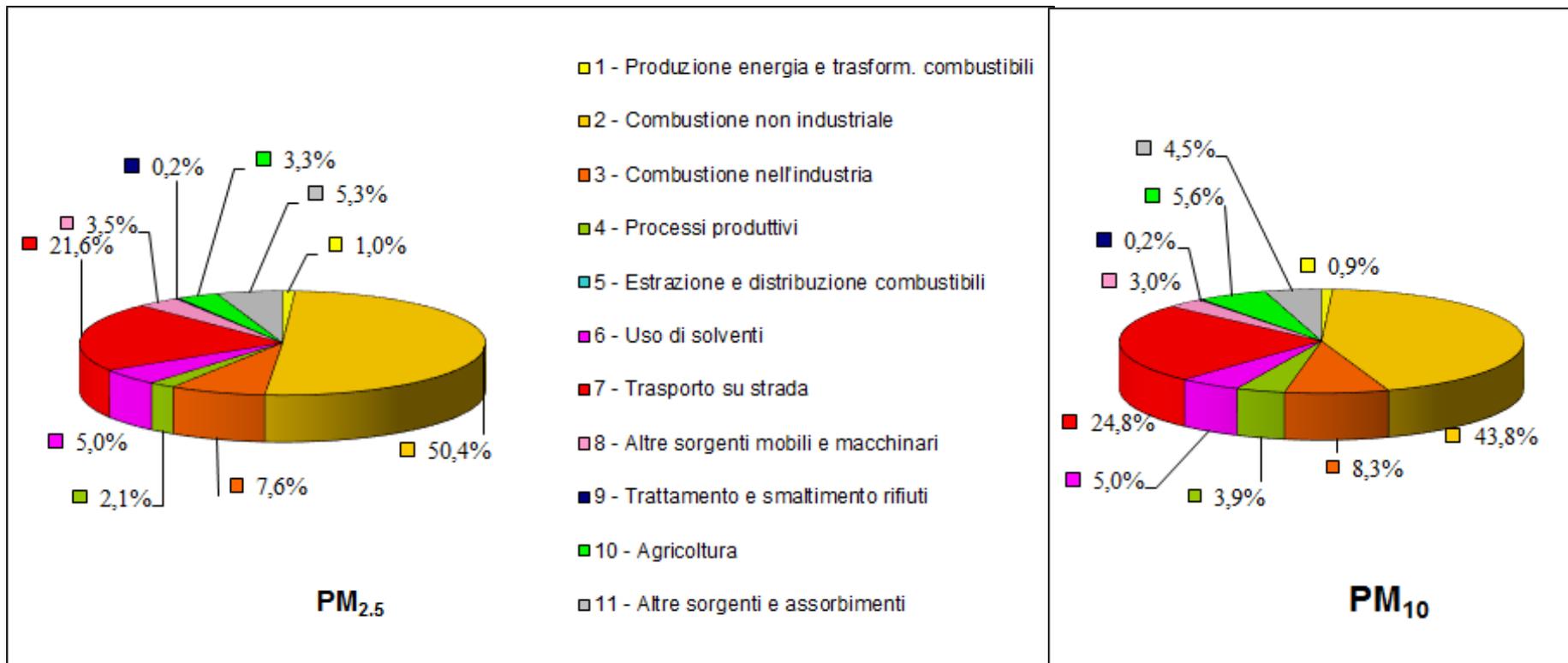


(Fonte: INEMAR ARPA LOMBARDIA)



# RIDUZIONE DEGLI IMPATTI LOCALI

## Ripartizione delle emissioni di particolato in Lombardia nel 2014



(Fonte: INEMAR ARPA LOMBARDIA)



# RIDUZIONE DEGLI IMPATTI LOCALI

## Fattori di emissione medi da traffico in Lombardia nel 2014 per tipo di veicolo - public review

| Tipo di veicolo                           | Consumo specifico | SO <sub>2</sub> | NO <sub>x</sub> | COV   | CH <sub>4</sub> | CO    | CO <sub>2</sub> | N <sub>2</sub> O | NH <sub>3</sub> | PM2.5 | PM10  | PTS   |
|---|-------------------|-----------------|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|------------------|-----------------|-------|-------|-------|
|   | g/km              | mg/km           | mg/km           | mg/km | mg/km           | mg/km | g/km            | mg/km            | mg/km           | mg/km | mg/km | mg/km |
| Automobili                                | 55                | 1,0             | 433             | 36    | 9,2             | 442   | 167             | 5,9              | 13              | 28    | 40    | 53    |
| Veicoli leggeri < 3.5 t                   | 79                | 1,5             | 864             | 59    | 4,3             | 434   | 237             | 7,9              | 2,8             | 60    | 77    | 94    |
| Veicoli pesanti > 3.5 t e autobus         | 203               | 4,0             | 5.572           | 256   | 43              | 1.408 | 612             | 22               | 5,4             | 169   | 218   | 276   |
| Ciclomotori (< 50 cm <sup>3</sup> )       | 21                | 0,4             | 142             | 3.651 | 78              | 6.535 | 68              | 1,0              | 1,0             | 69    | 75    | 81    |
| Motocicli (> 50 cm <sup>3</sup> )         | 33                | 0,6             | 156             | 1.116 | 97              | 6.302 | 102             | 2,0              | 2,0             | 25    | 31    | 37    |
| Veicoli a benzina - Emissioni evaporative |                   |                 |                 | 136   |                 |       |                 |                  |                 |       |       |       |

(Fonte: INEMAR ARPA LOMBARDIA)



# RIDUZIONE DEGLI IMPATTI LOCALI

## Fattori di emissione medi da traffico in Lombardia nel 2014 per tipo di combustibile - public review

| Combustibile | Consumo specifico | SO <sub>2</sub> | NO <sub>x</sub> | COV   | CH <sub>4</sub> | CO    | CO <sub>2</sub> | N <sub>2</sub> O | NH <sub>3</sub> | PM2.5 | PM10  | PTS   |
|--------------|-------------------|-----------------|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|------------------|-----------------|-------|-------|-------|
|              | g/km              | mg/km           | mg/km           | mg/km | mg/km           | mg/km | g/km            | mg/km            | mg/km           | mg/km | mg/km | mg/km |
| benzina      | 55                | 1,1             | 146             | 450   | 34              | 1.863 | 169             | 2,8              | 30              | 21    | 35    | 50    |
| diesel       | 69                | 1,4             | 1.052           | 39    | 3,7             | 221   | 207             | 9,0              | 1,6             | 50    | 63    | 79    |
| GPL          | 56                | 0,0             | 77              | 43    | 4,0             | 645   | 167             | 3,6              | 10              | 17    | 31    | 46    |
| metano       | 71                | 0,0             | 146             | 51    | 100             | 641   | <del>197</del>  | 2,0              | 20              | 17    | 31    | 46    |

**Biometano**

(Fonte: INEMAR ARPA LOMBARDIA)



# RIDUZIONE DEGLI IMPATTI LOCALI

## Fattori di emissione medi da traffico in Lombardia nel 2014 per autoveicoli in aree urbane - public review

| Combustibile | Consumo specifico | SO <sub>2</sub> | NO <sub>x</sub> | COV   | CH <sub>4</sub> | CO    | CO <sub>2</sub> | N <sub>2</sub> O | NH <sub>3</sub> | PM2.5 | PM10  | PTS   |
|--------------|-------------------|-----------------|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|------------------|-----------------|-------|-------|-------|
|              | g/km              | mg/km           | mg/km           | mg/km | mg/km           | mg/km | g/km            | mg/km            | mg/km           | mg/km | mg/km | mg/km |
| benzina      | 71                | 1,4             | 163             | 117   | 47              | 1.469 | 219             | 4,9              | 31              | 16    | 30    | 43    |
| diesel       | 61                | 1,2             | 706             | 21    | 1,6             | 133   | 182             | 12               | 1,3             | 46    | 60    | 73    |
| GPL          | 64                | 0,0             | 113             | 82    | 5,6             | 924   | 193             | 6,2              | 9,1             | 16    | 30    | 43    |
| metano       | 77                | 0,0             | 107             | 100   | 140             | 1.023 | 211             | 4                | 16              | 16    | 30    | 43    |

+ benzene, metalli pesanti, IPA, diossine/furani

**Solo non da scarico**

(Fonte: INEMAR ARPA LOMBARDIA)





## Electric **MO**bility Development in Italy: a multidisciplinary evaluation

*TEAM:*

*Awaz Alfadil*

*Claudio Giuseppe Carnabuci*

*Gregorio Cioppa*

*Federico Consonni*

*Emanuela Di Carlo*

*Qianqian Li*

<http://www.asp-poli.it/courses-and-projects/successful-projects/>



## MINORE CONSUMO DEI FRENI

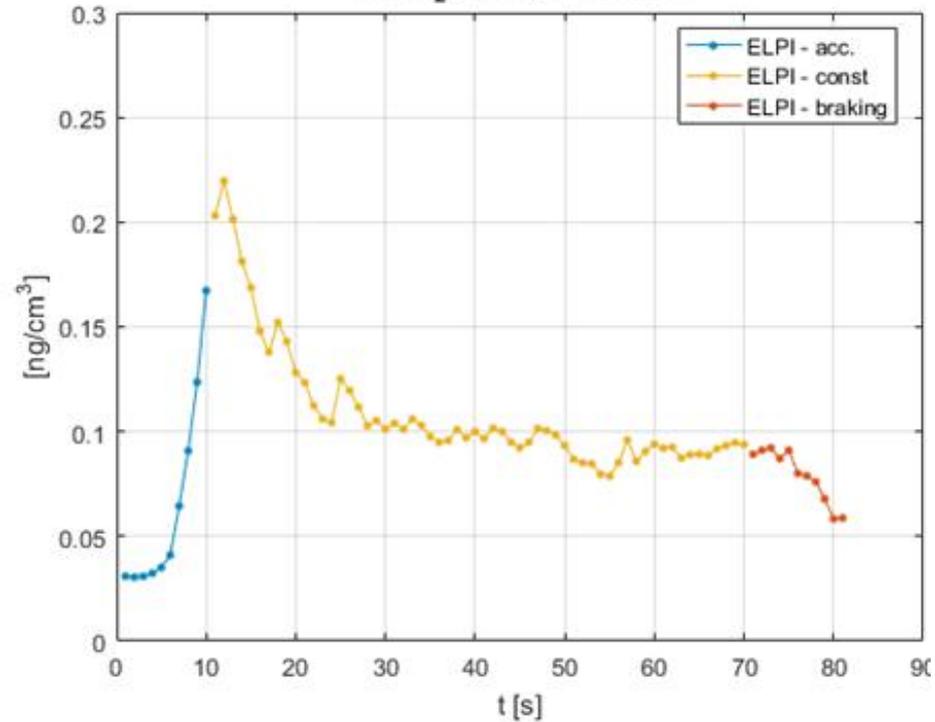
- Ottenibile grazie alla frenata rigenerativa

Test presso la Stazione Sperimentale dei Combustibili di San Donato: Nissan Leaf e BMW i3 (RSE) vs. Peugeot 308 Diesel



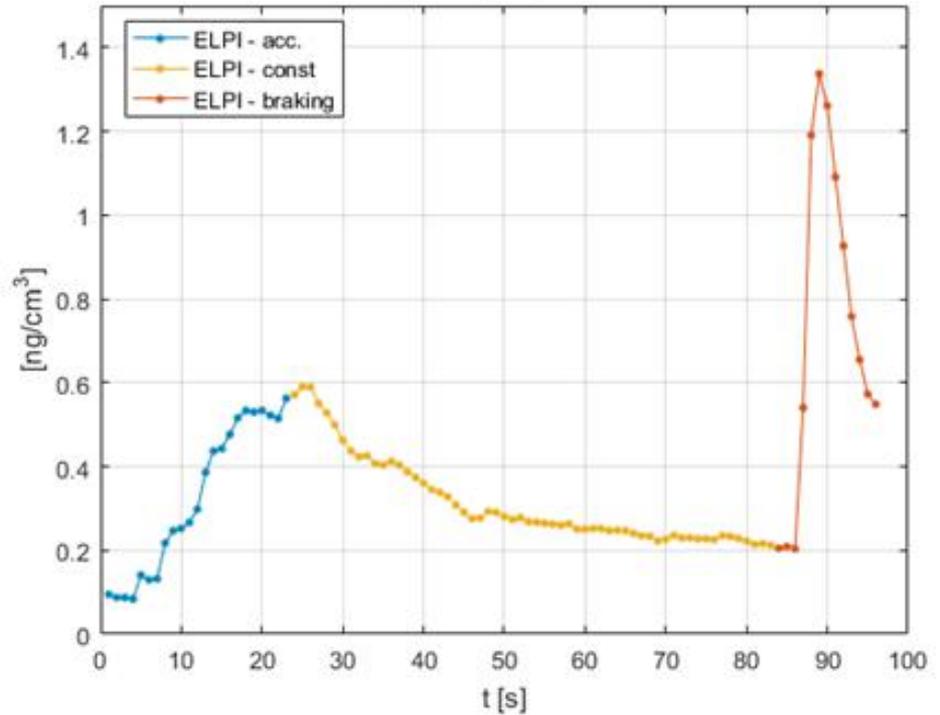
# MINORE CONSUMO DEI FRENI

Test 8<sub>2</sub>, BMW, 0-100km/h



EV

Test 6<sub>1</sub>, Peugeot, 0-100km/h

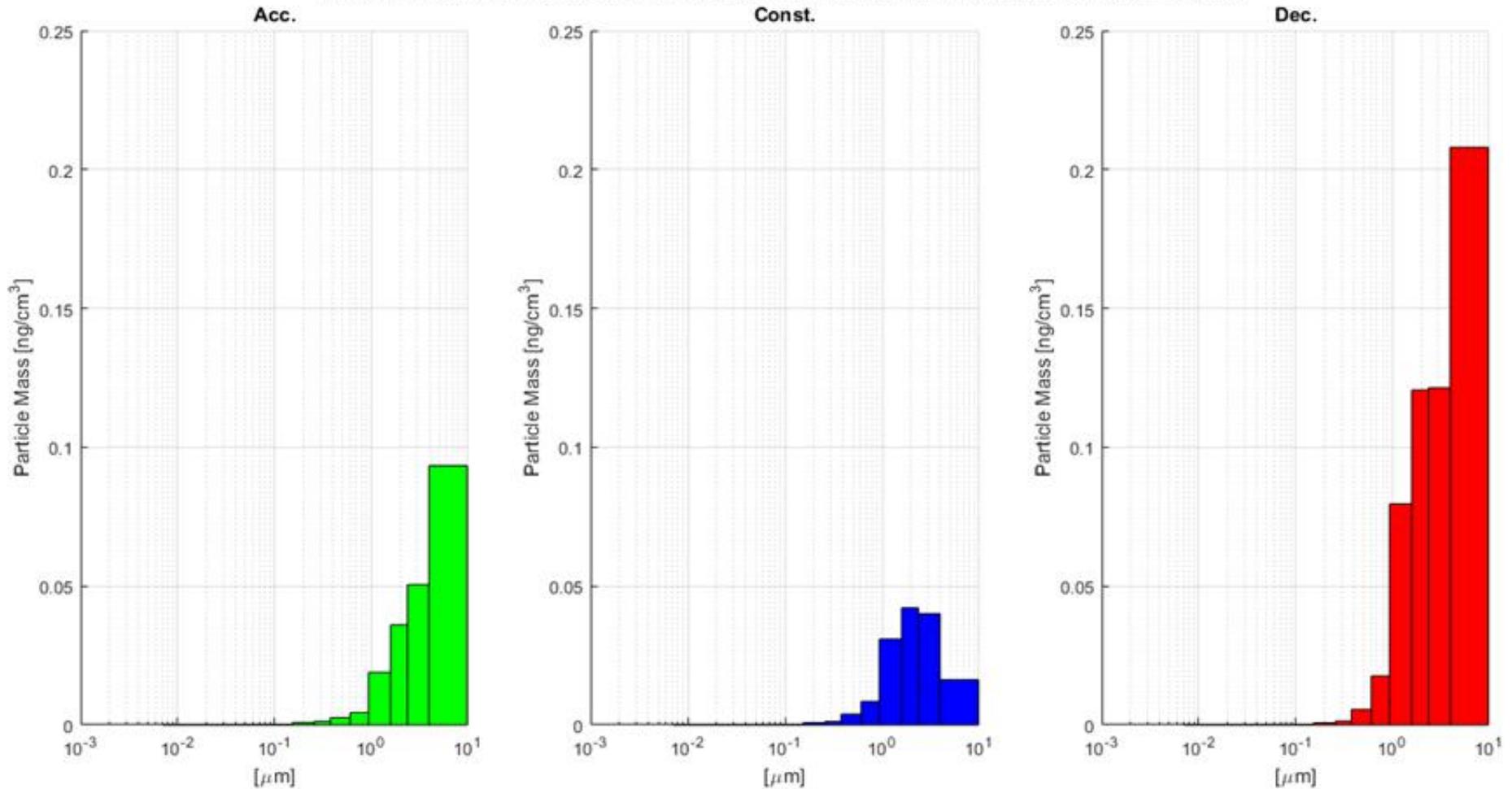


ICEV



# MINORE CONSUMO DEI FRENI

Difference of Mass Distribution between Peugeot 308 and BMW i3 with pedal, 0-100km/h test, ELPI



## Differenza tra ICEV e EV



# MINORE CONSUMO DEI FRENI

Quanto pesano le emissioni dai freni rispetto alle altre non-exhaust?

Secondo "*Non-exhaust traffic related emissions. Brake and tyre wear PM – Literature review*" (JRC, 2014):

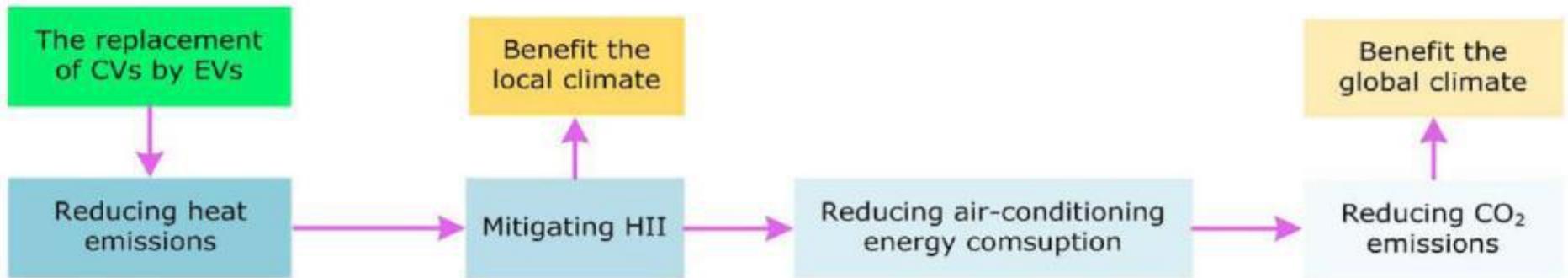
- ✓ **16-55% (consumo freni)**, 5-30% (consumo pneumatici) e 28-59% (risospensione)
- ✓ Risulta emessa come **PM<sub>10</sub> il 50% della polvere da consumo dei freni** e solo lo 0,1-10% di quella da consumo delle gomme

|            | PM <sub>2.5</sub>   | PM <sub>2.5-10</sub>  |
|------------|---|---|
| Brake Wear | Transition metals (Cu, Fe), Sb (III), Sb (V), Sn, Ba, Zr, Al, S, OC>>EC | FeO, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Cu oxides, Sb (III), Sb (V), Sn, Ba, Zr, Al |
| Tyre Wear  | Zn, organic Zn, Cu, S, Si, Organic carbon, EC                           | Zn, organic Zn, Cu, Si, Mn  |



# IMPATTO SULL'ISOLA DI CALORE URBANA

- Grazie al minore rilascio di calore del motore elettrico rispetto a quello a CE (-80%)



Caso studio:  
Pechino



Li et al., "Hidden Benefits of Electric Vehicles for Addressing Climate Change" (Nature, 2015)



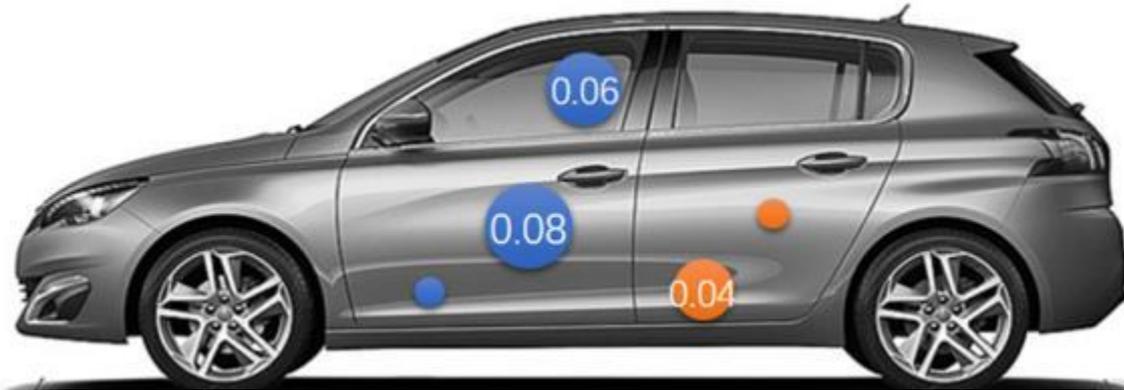
# IMPATTO SULL'ISOLA DI CALORE URBANA

- Test presso la SSC su cicli di guida standard

| Vehicle     | Driving cycle | $\Delta T$ [°C] |
|-------------|---------------|-----------------|
| Nissan Leaf | ARTEMIS urban | 0.2             |
|             | WLTC-low      | 0.3             |
|             | WLTC-low      | 0.2             |
| BMW i3      | WLTC-low      | 0.3             |
|             | ARTEMIS urban | 0.3             |
| Peugeot 308 | WLTC-low      | 1               |
|             | ARTEMIS urban | 1.1             |



# CAMPI MAGNETICI INTERNI AL VEICOLO



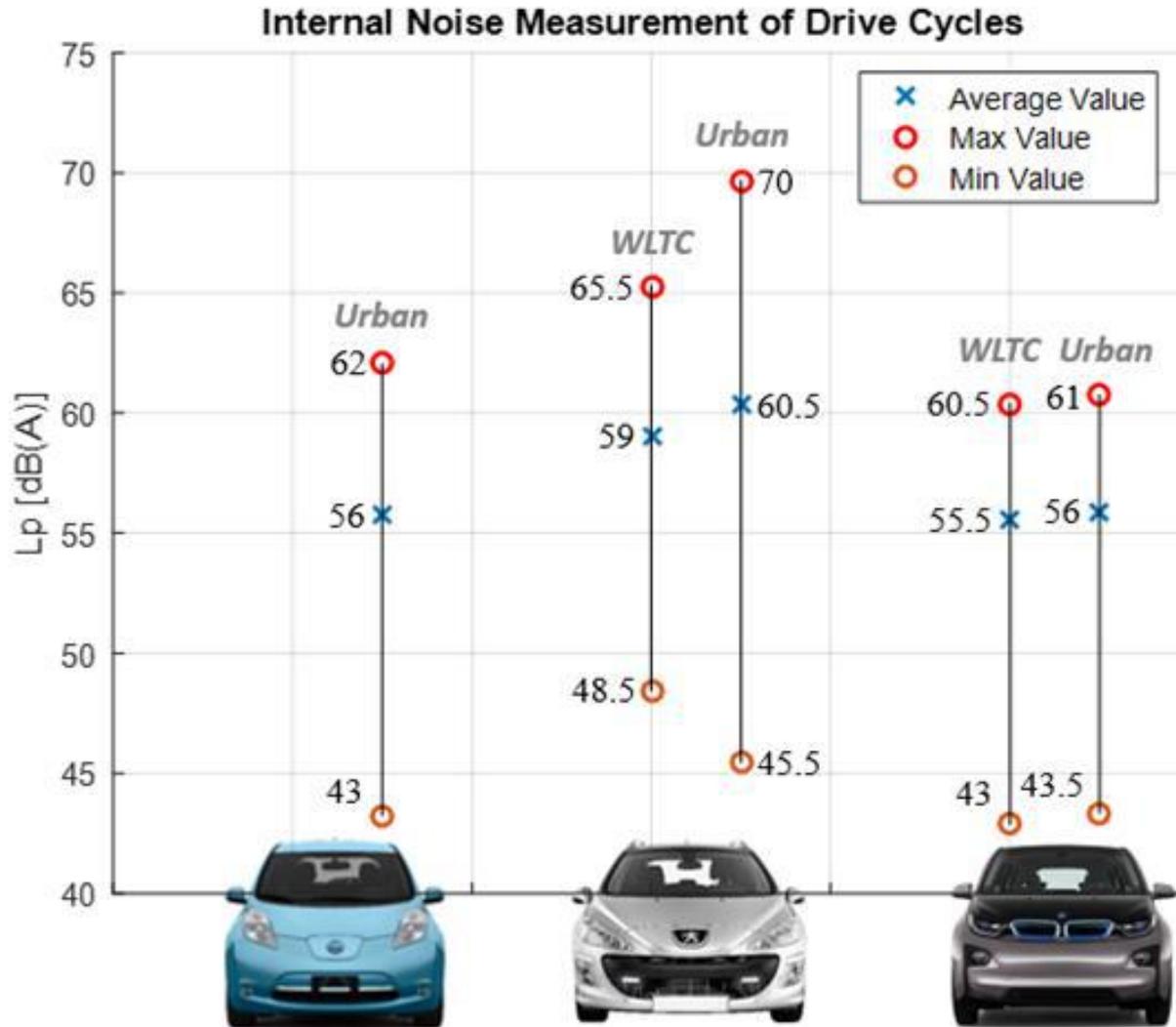
Valori in  $\mu T$



- $EMF_{max}$ :  $0.18 \mu T @ 50 Hz$  (BMW i3)
- *Standard*:  
 $143 \mu T @ 35 Hz$ ,  $6.25 \mu T @ 500 Hz$



# RUMORE INTERNO AL VEICOLO

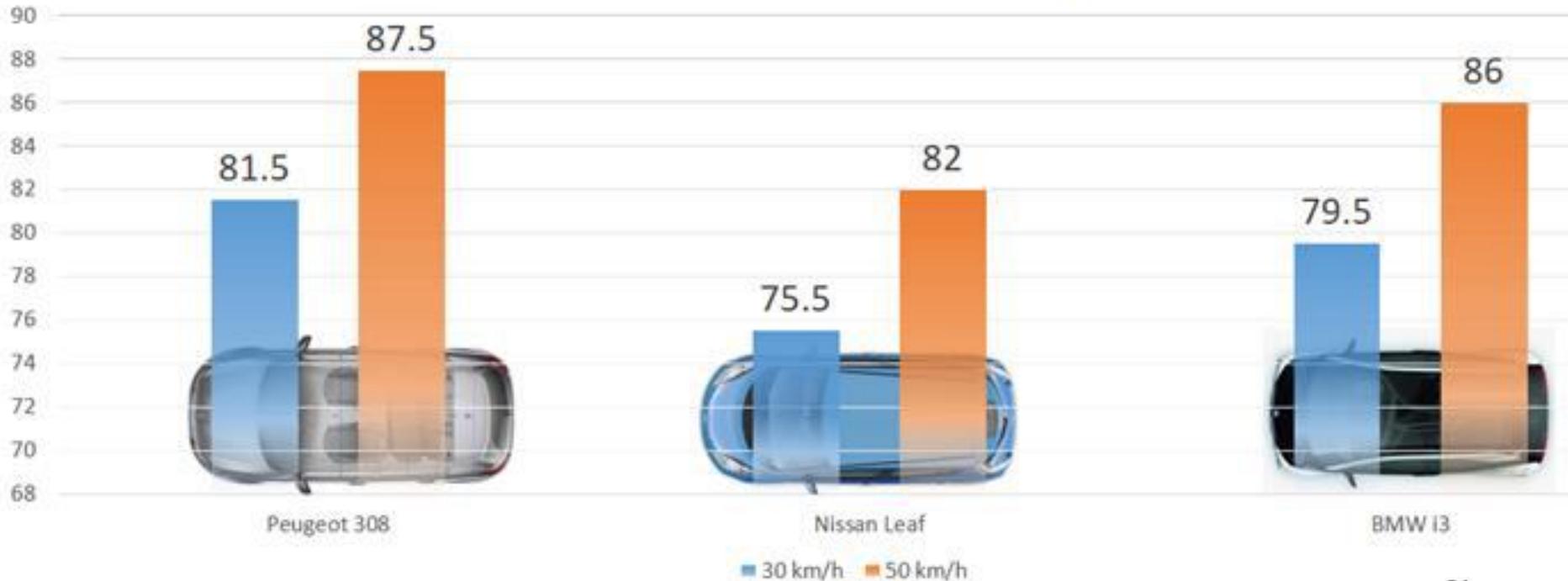


Riduzione media del 50% del rumore interno

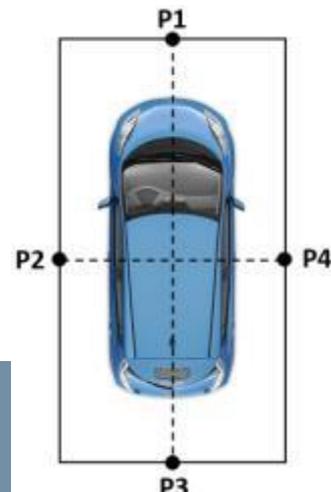


# RUMORE ESTERNO AL VEICOLO

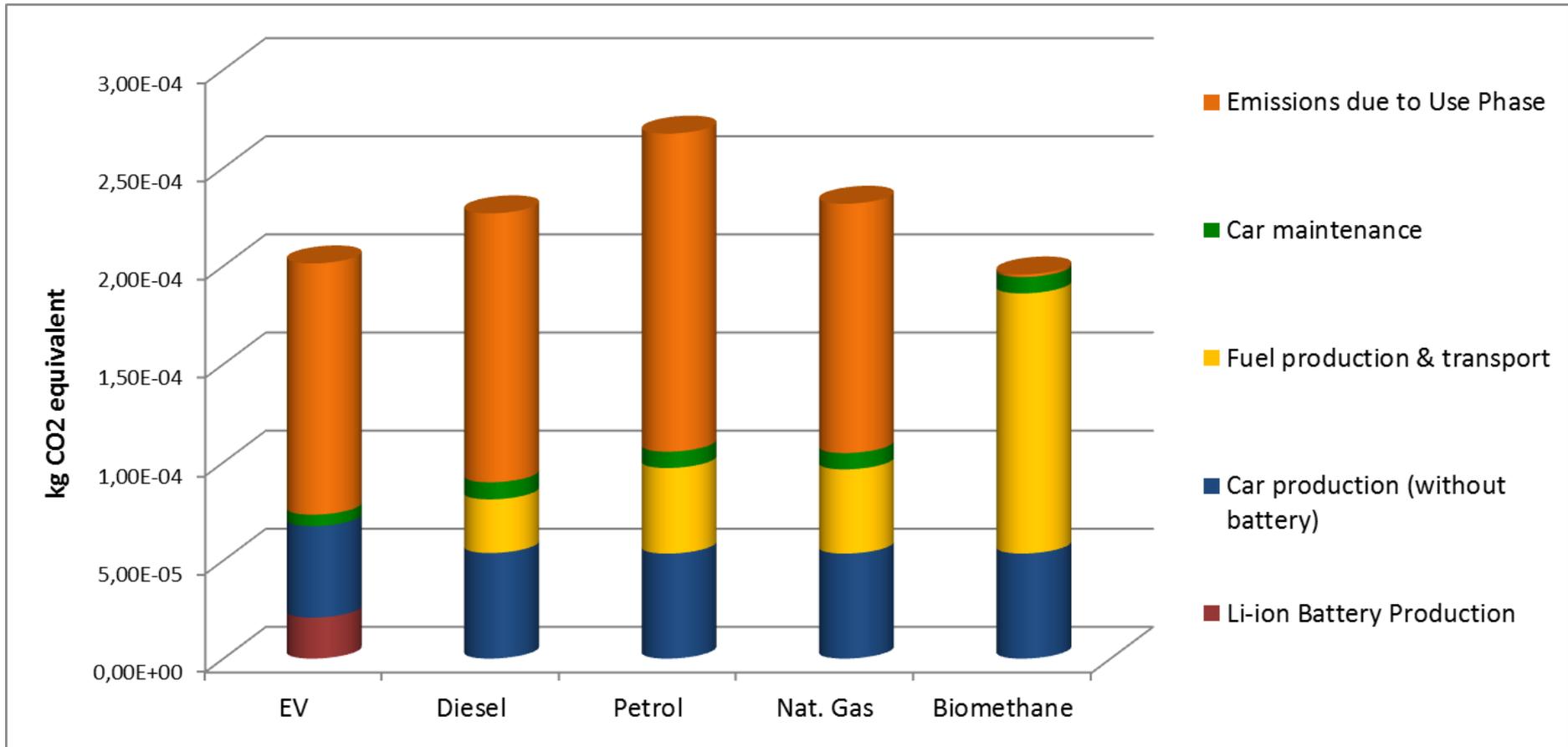
## SOUND PRESSURE LEVEL ALL POINTS



Riduzioni tra il 20 e il 75%  
del rumore esterno  
(valori medi rilevati su 4 punti)



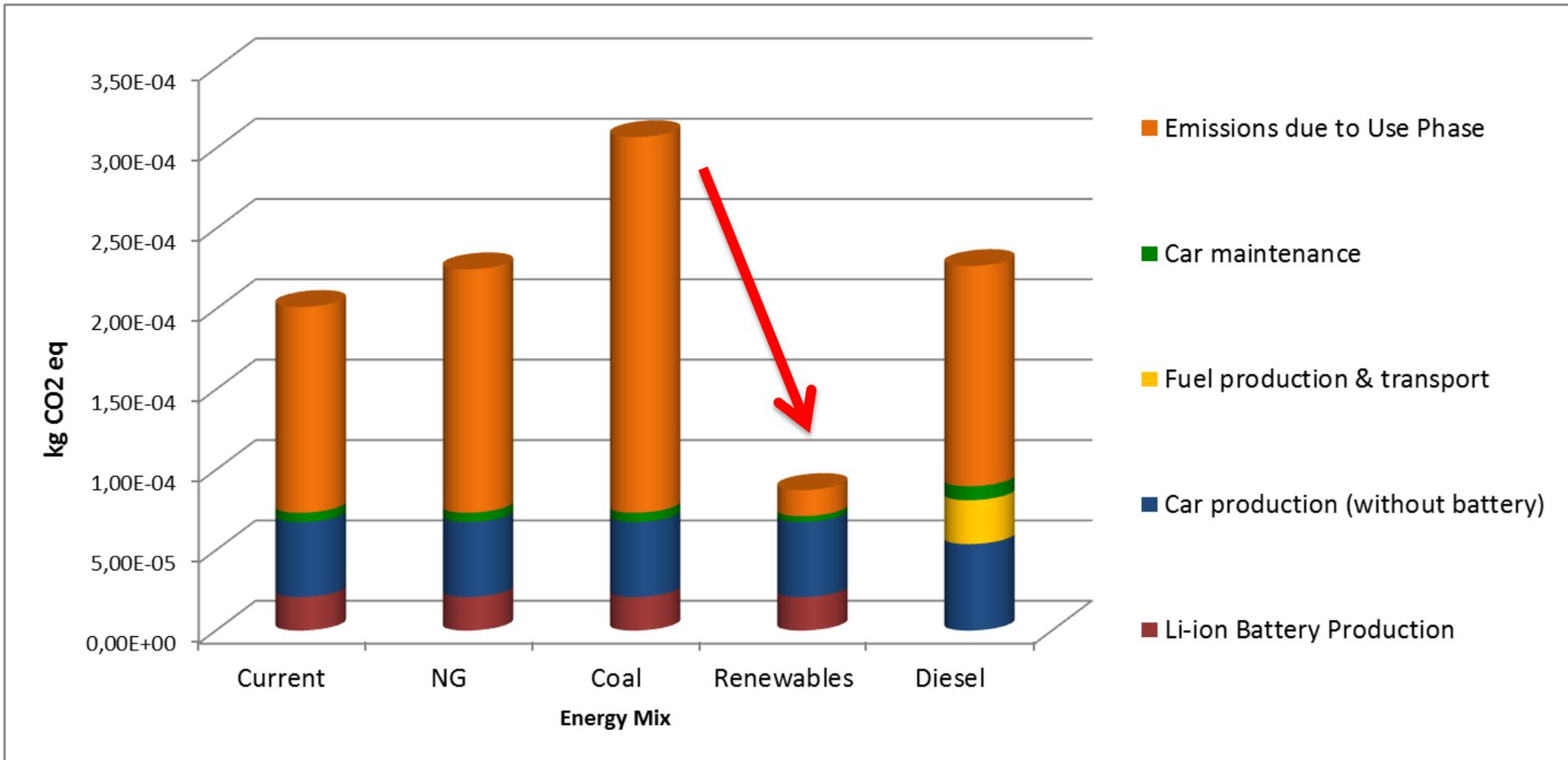
# IMPATTO GLOBALE



Confronto tra diverse tipologie di veicoli



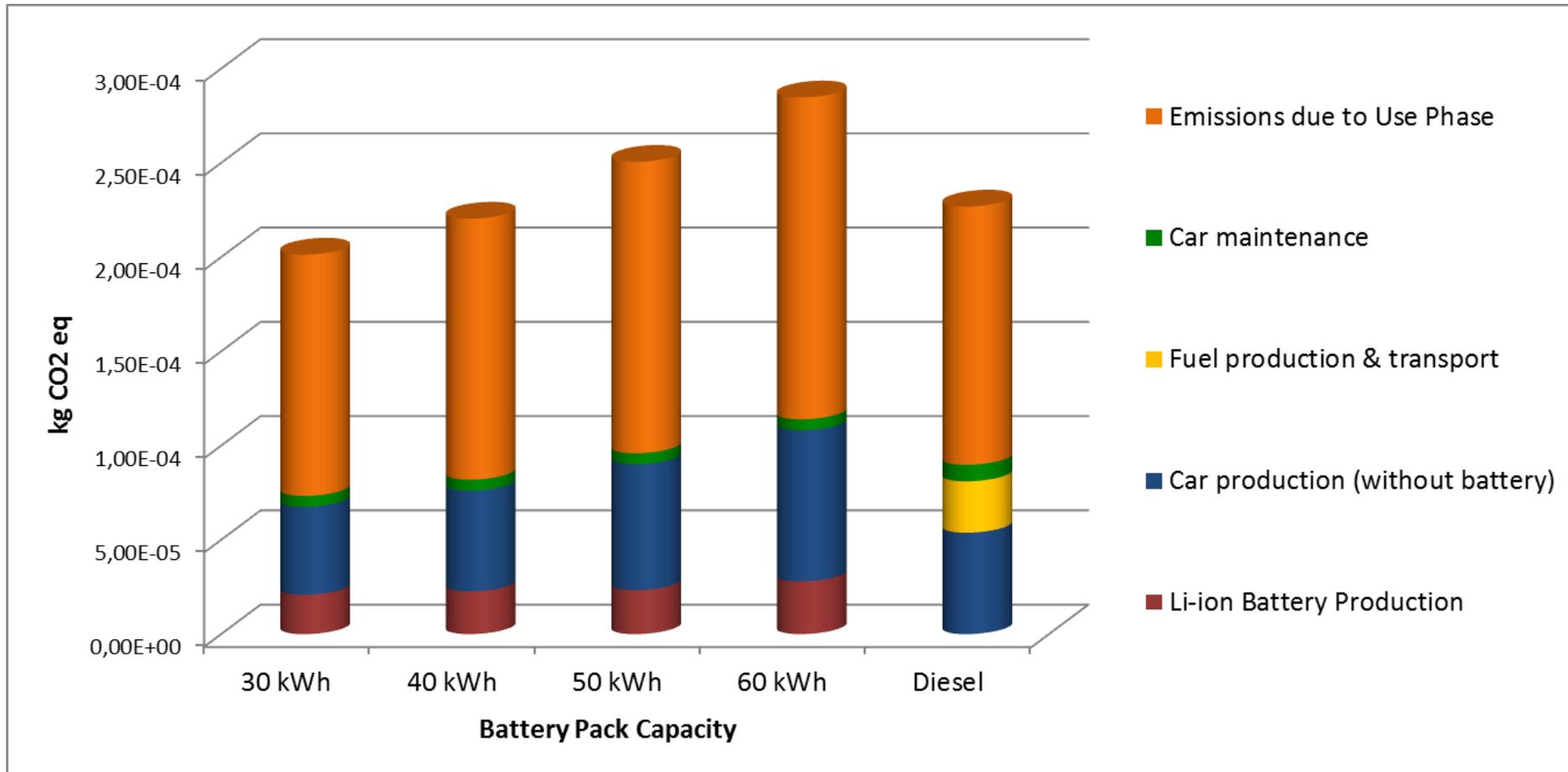
# IMPATTO GLOBALE



Effetto del mix energetico utilizzato



# IMPATTO GLOBALE



Effetto della dimensione della batteria  
(tecnologia attuale)



## CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Come si produce l'energia che alimenta gli EV?

In Italia:

- ✓ Caso base: mix nazionale → 40% rinnovabile
- ✓ Caso migliore: fotovoltaico (+ accumulo?)
- ✓ Caso peggiore: la componente fossile è quasi esclusivamente gas naturale ad alto rendimento (...il meno "sporco")
- ✓ Emissioni da pochi camini monitorati rigorosamente e in continuo vs. emissioni da milioni di tubi di scarico ad altezza strada e monitorati "come sappiamo" (revisione ogni 4/2 anni???... dieselgate...)



# GRAZIE!

mario.grosso@polimi.it

