

## LIFE15-ENV-IT-000281 «BrennerLEC»

Il monitoraggio del rumore e della qualità dell'aria con sensori a basso costo lungo l'A22



**BRENNER** **LEC**  
lower emissions corridor

## IL PROGETTO «BRENNER LOWER EMISSIONS CORRIDOR»

<b>Partner</b>	A22 (coordinatore) APPA - Provincia Autonoma di Bolzano APPA - Provincia Autonoma di Trento Università degli Studi di Trento CISMA Srl IDM Südtirol / Alto Adige
<b>Durata attesa</b>	01.09.2016 – 30.04.2021
<b>Budget totale</b>	€ 4.018.005
<b>Budget eleggibile</b>	€ 3.311.365
<b>Co-finanziamento LIFE</b>	€ 1.922.772 (circa 60% budget eleggibile)

# IL PROGETTO «BRENNER LOWER EMISSIONS CORRIDOR»



## Obiettivi

Sviluppare un concetto di «**Low Emissions Corridor**» applicabile all'A22 attraverso lo studio sperimentale e scientifico di un set integrato di misure dinamiche di gestione e controllo del traffico basate su logica proattiva

Definire le modalità di estensione del concetto a tutto il corridoio alpino («**Alpine BLEC**»)

Ottenere il **massimo del beneficio ambientale** con il **minimo dei disagi per l'utente**, con un **utilizzo ottimale dell'infrastruttura** esistente e garantendo in ogni situazione il **massimo livello di sicurezza**

**AlpineBLEC: Kufstein (A) - Affi (I)**



# POLITICHE SPERIMENTALI PROPOSTE

## Tratto BLEC-ENV: Bolzano Nord – Rovereto Sud (circa 90 km)

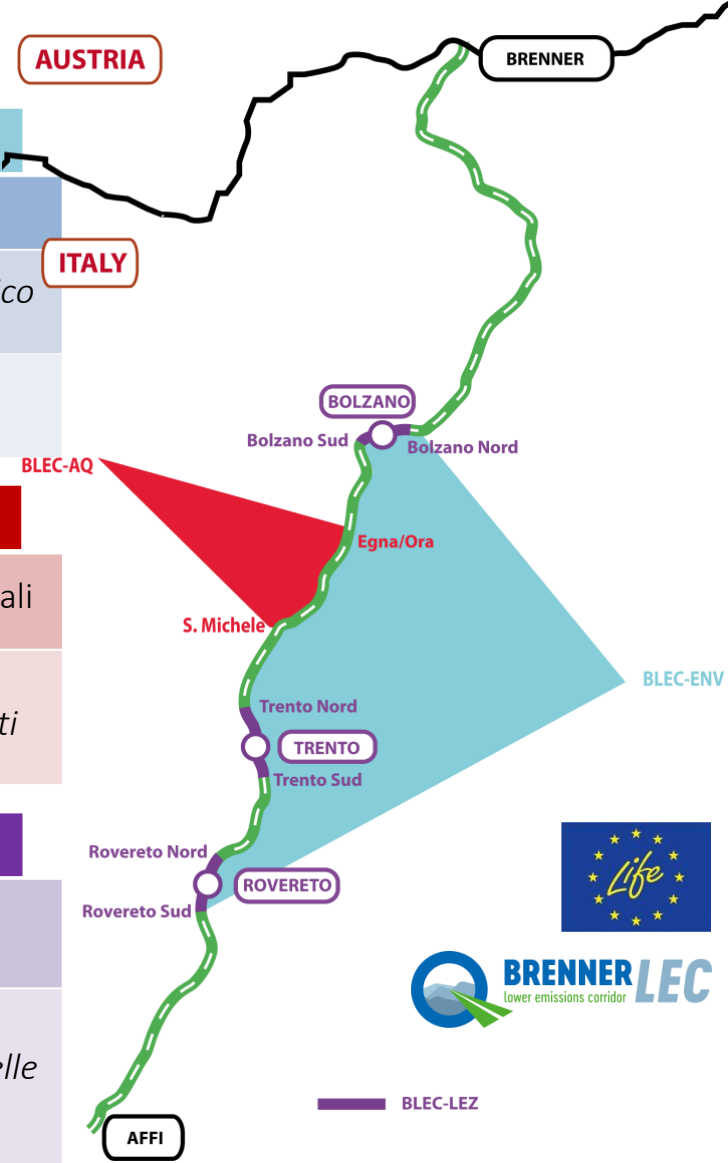
<b>Tipo di politica</b>	Gestione dinamica della capacità autostradale	
<b>Misure</b>	Riduzione limiti di velocità	<i>Giornate con flussi di traffico elevati</i>
	Utilizzo corsia dinamica	<i>Situazioni di elevata saturazione del traffico</i>

## Tratto BLEC-AQ: Egna/Ora – S.Michele (circa 20 km)

<b>Tipo di politica</b>	Gestione dinamica dei limiti di velocità ai fini ambientali	
<b>Misure</b>	Riduzione limiti di velocità	<i>Condizioni di elevate concentrazioni di inquinanti nell'aria</i>

## Tratti BLEC-LEZ: in corrispondenza delle città di Bolzano, Trento e Rovereto

<b>Tipo di politica</b>	Gestione del traffico integrata con le amministrazioni cittadine	
<b>Misure</b>	Utilizzo PMV con raccomandazioni dinamiche sugli accessi in città	<i>Perturbazioni al traffico nelle aree cittadine</i>



BLEC-LEZ

# RUMORE

Sperimentazione eseguita nella notte tra 9 e 10 giugno allo scopo di valutare la correlazione velocità / intensità di rumore

Condizioni: traffico basso, pochi mezzi pesanti

Test effettuato: 100 km/h tra le 21:00 e le 06:00 (9 ore)

Scopo: individuare transiti singoli per correlare velocità (dalle spire) con rumore (dal fonometro).

Per sincronizzare i flussi di informazione e verificare la classificazione leggeri / pesanti è stata installata per il periodo di test una webcam bassa risoluzione con sensore IR

Abbiamo analizzato il periodo 22:00 – 02:00 perché minore traffico

Passaggio isolato: 10 secondi di distacco da altri passaggi

Numero passaggi isolati: 110 di cui 97 leggeri e 13 pesanti

Numero passaggi complessivi: 2329 di cui 1988 leggeri e 341 pesanti

Velocità media: 111 km/h

## Sincronizzazione

- dati webcam
- dati fonometro
- dati spira



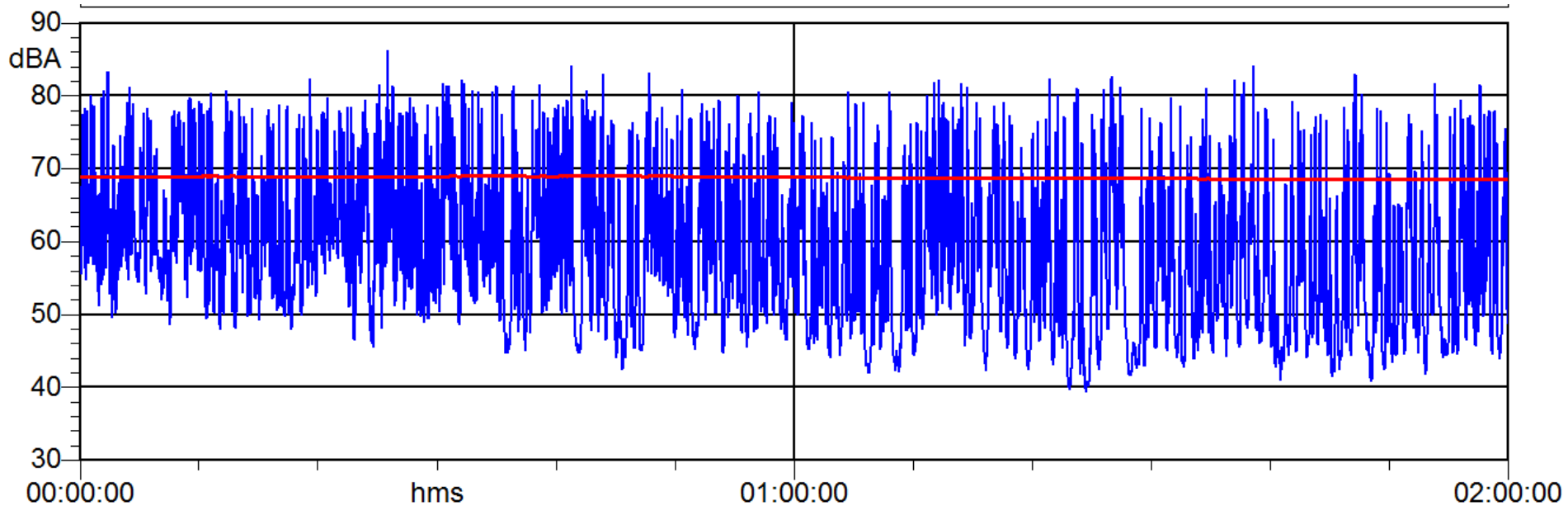
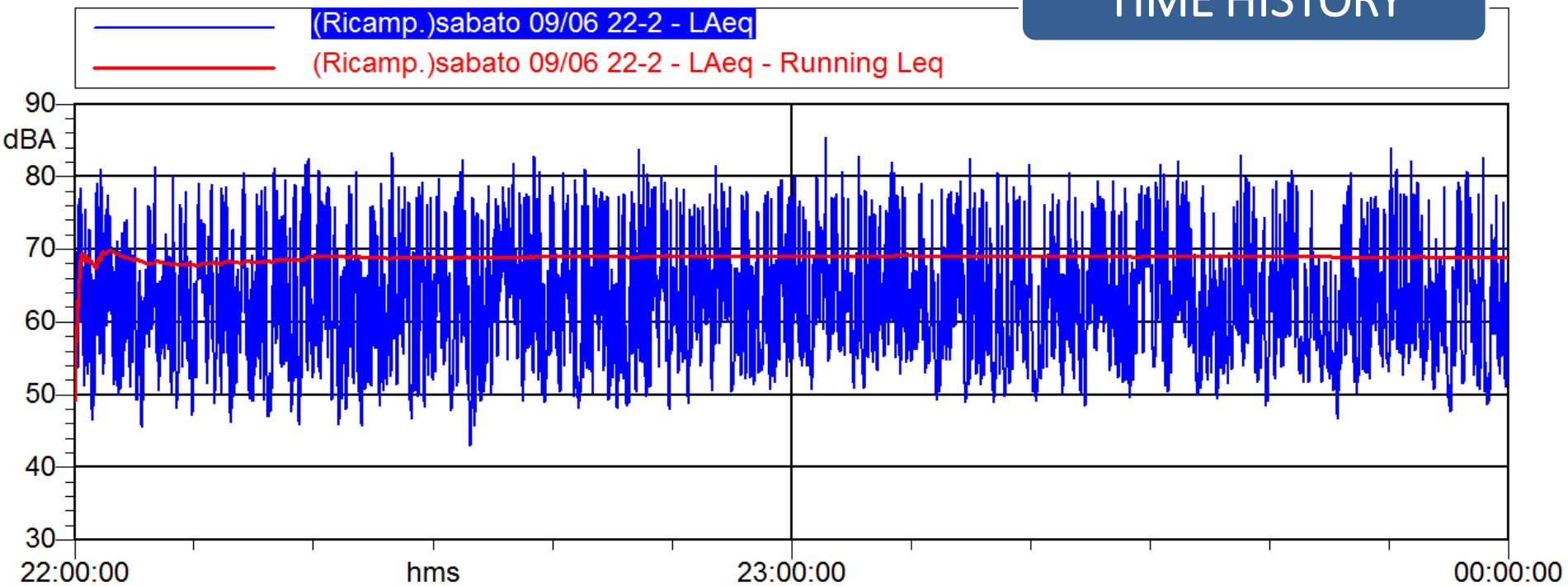
Setup sperimentale:

- fonometro con intervallo di acquisizione 500ms
- webcam con acquisizione IR a 25 fps

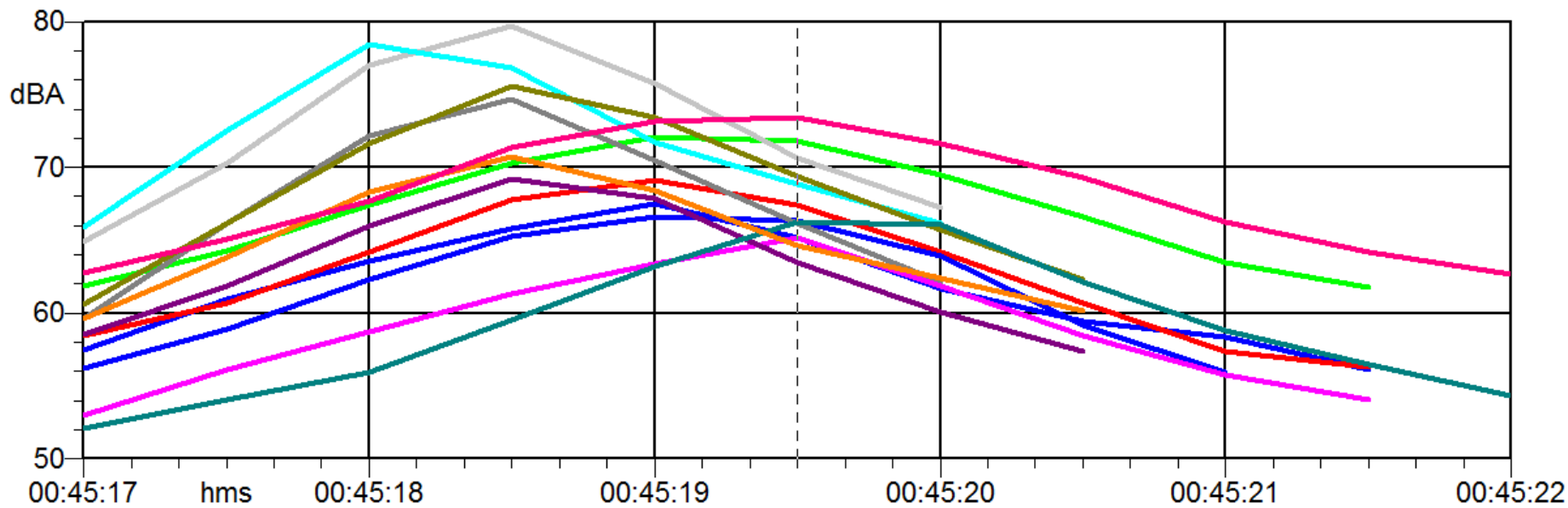
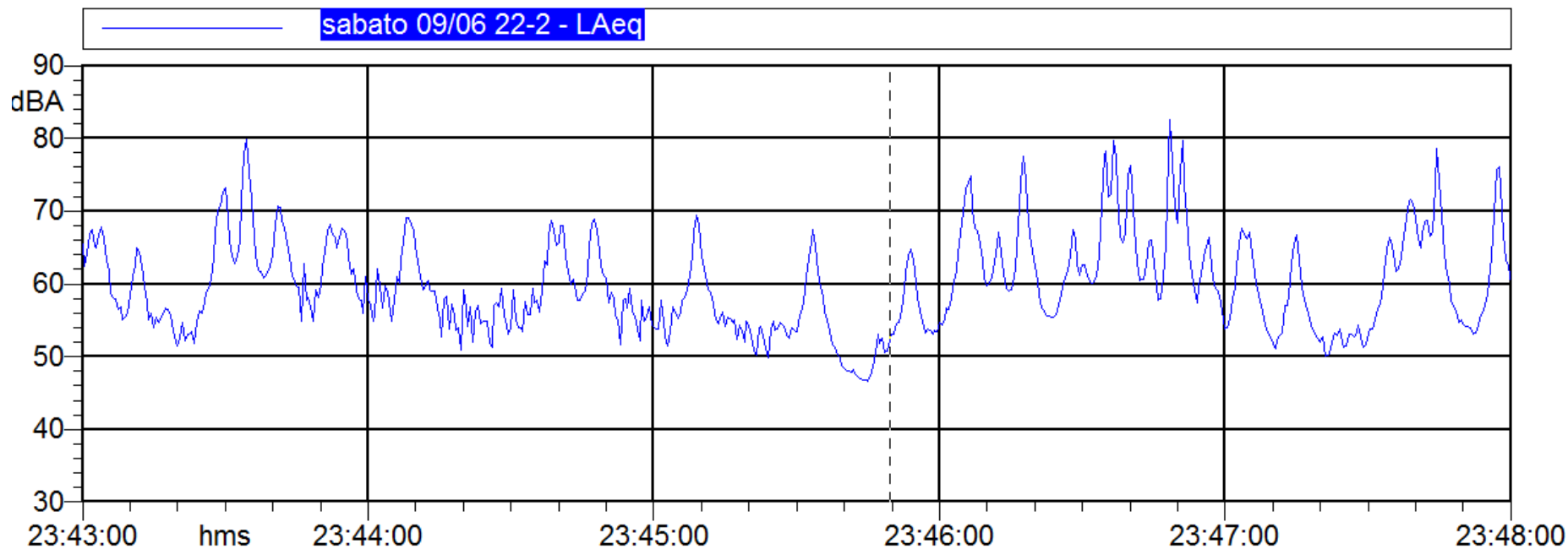
Con l'aiuto della webcam è stato derivato uno shift temporale fonometro – spire pari a 4s e questa informazione è stata usata per allineare i due flussi dati

Poiché i dati di spira sono dati con risoluzione di 1s si è deciso di riportare anche i dati di rumore a questo intervallo (che comunque ha elevate oscillazioni di livello e quindi necessita di ulteriore operazione di media / filtro)

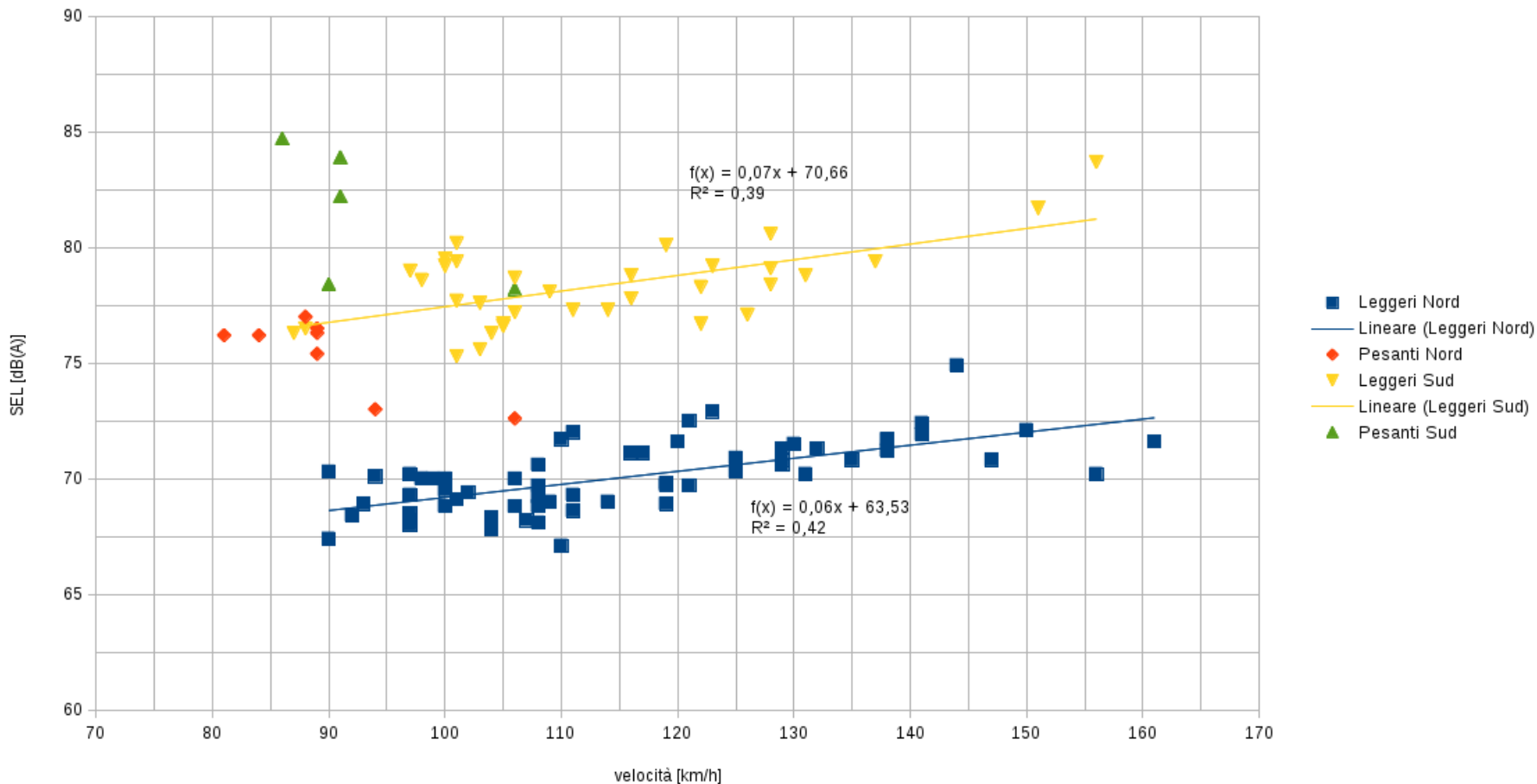
# TIME HISTORY







### Confronto velocità - SEL



## RLS 90 (Germania)

**Ipotesi:** rumore calcolato a 25 m dalla strada e a 4 m di altezza dal piano campagna

$$L_{me} = L_{25} + C_s + C_{rs} + C_g + C_r$$

$C_s$  = coefficiente di correzione per velocità

$C_{rs}$  = coefficiente di correzione per superficie stradale

$C_g$  = coefficiente di correzione per pendenza

$C_r$  = coefficiente di correzione per riflessioni

$L_{25}$  = livello sonoro standardizzato assumendo:

- velocità pari a 100 km/h per i mezzi leggeri e 80 km/h per i mezzi pesanti
- superficie stradale con asfalto nongrooved
- pendenza inferiore al 5%
- propagazione in campo libero

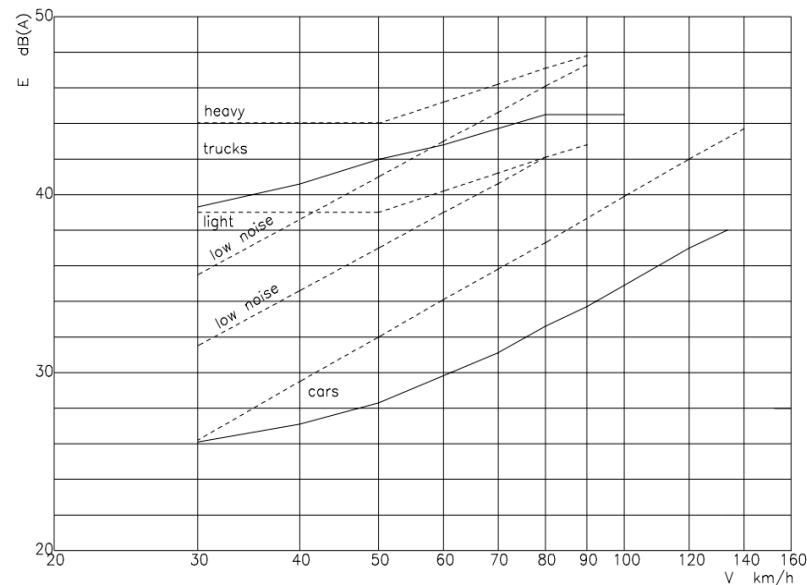
$$L_{25} = 37.5 + 10 * \log_{10} [M * (1 + 0.082 * P)]$$

M = numero di veicoli che transitano in 1 ora

P = percentuale di mezzi pesanti

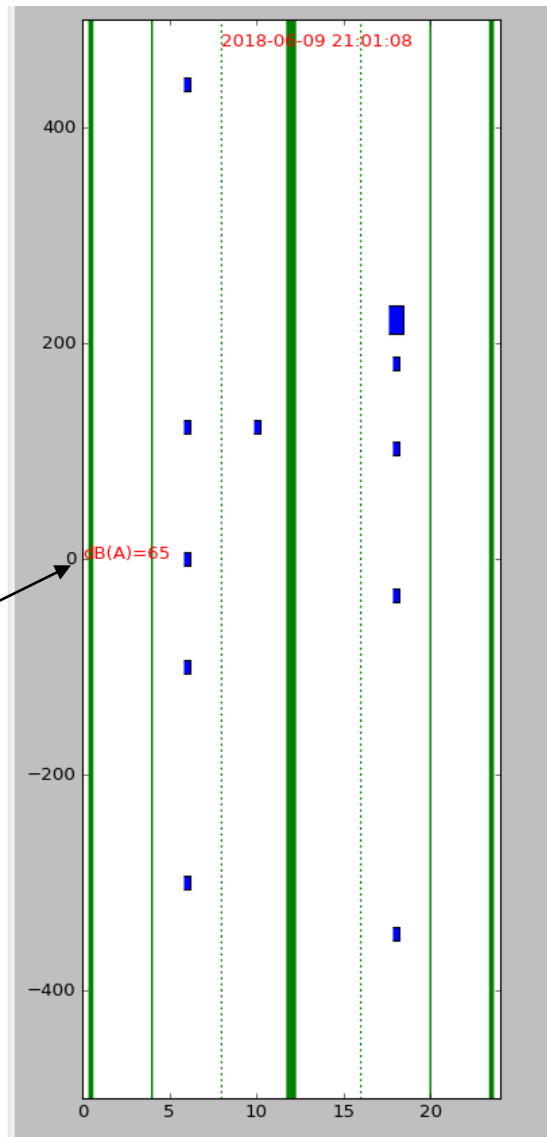


E-values calculated from the German (RLS 90) and from the Austrian (RVS 3.02) road traffic noise calculation model for the comparison with E-values in guide de bruit  
 — RLS 90    - - - - - RVS 3.02



Emissioni sonore (alla sorgente) secondo RLS90 per mezzi pesanti e leggeri in funzione della velocità

punto  
recettore



Modello di rumore descritto in maniera granulare con la somma dei livelli determinati da ogni veicolo transitante sull'autostrada nel periodo di analisi

dominio = 1 km

intervallo di calcolo = 1"

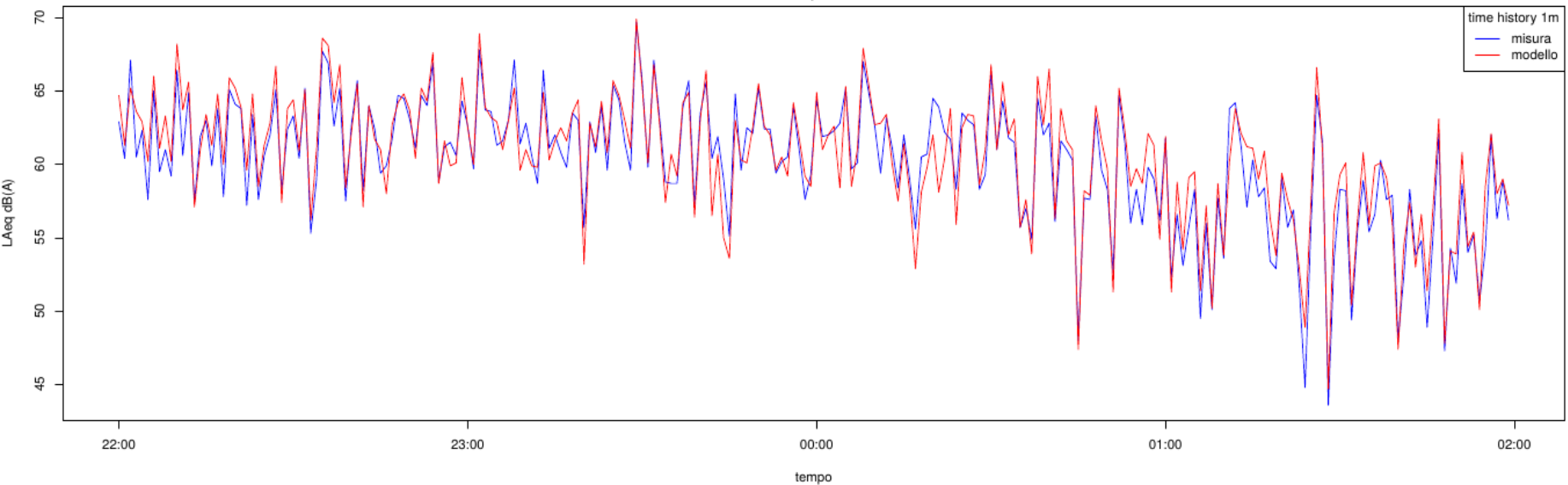
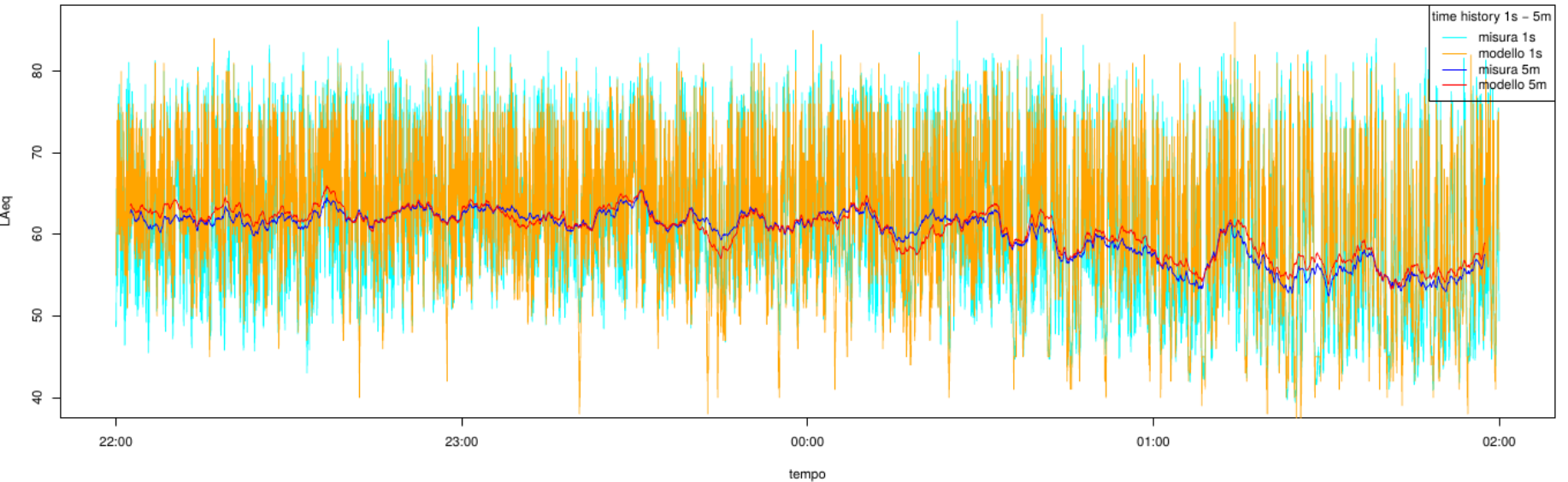
distinzione leggeri / pesanti

dati velocità dalle spire

distanza 3D tenendo conto dell'altezza del fonometro

formulazione secondo RLS-90 ma con velocità istantanee invece che medie

filmato

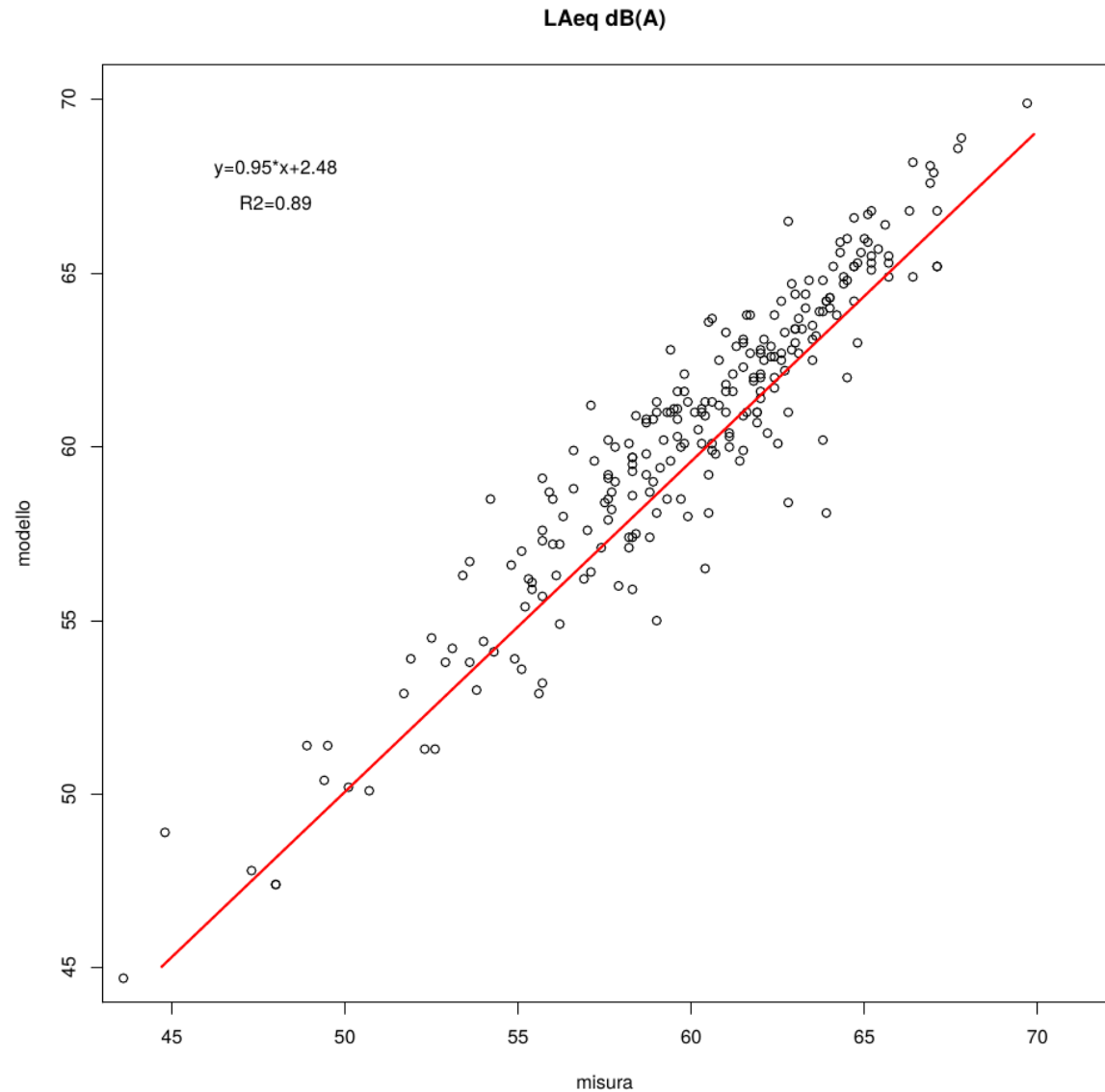


regressione lineare  
buona correlazione



modello utilizzabile  
per scenari

Sono stati ipotizzati 4 scenari  
ideali derivandone i risultati

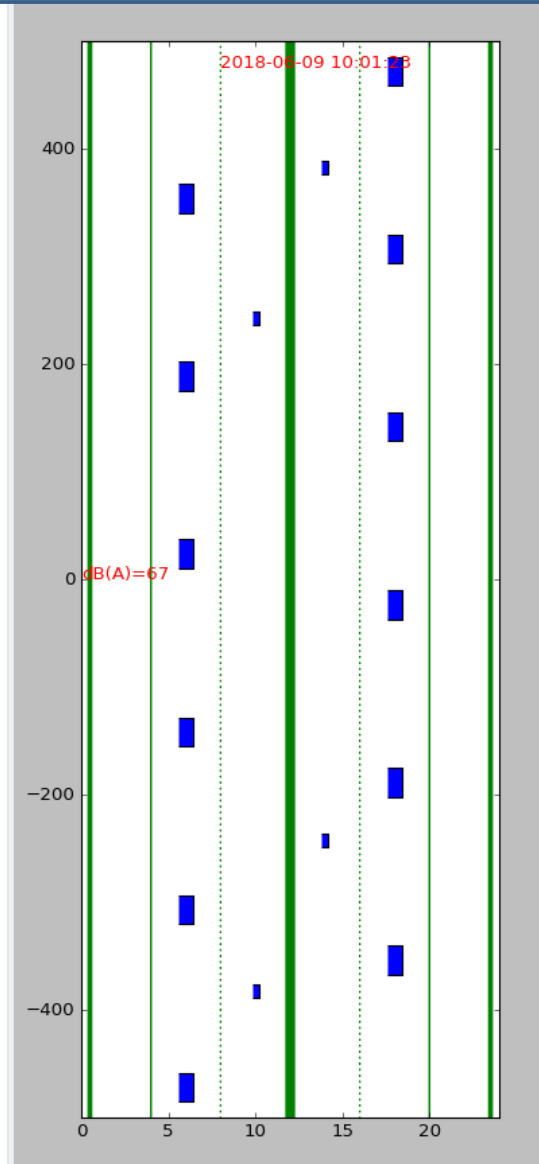


### Scenario 1)

500 veh/h pesanti in corsia di marcia  
(Nord e Sud) @85 km/h  
1000 veh/h leggeri in corsia di sorpasso  
(Nord e Sud) @130 km/h  
LAeq = 68.5 dB(A)

### Scenario 2)

500 veh/h pesanti in corsia di marcia  
(Nord e Sud) @85 km/h  
1000 veh/h leggeri in corsia di sorpasso  
(Nord e Sud) @100 km/h  
LAeq = 68.1 dB(A)



### Scenario 3)

200 veh/h leggeri in corsia di marcia  
(Nord e Sud) @100 km/h  
200 veh/h leggeri in corsia di sorpasso  
(Nord e Sud) @130 km/h  
LAeq = 57.2 dB(A)

### Scenario 4)

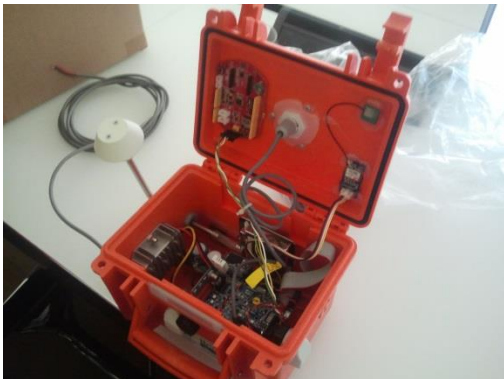
200 veh/h leggeri in corsia di marcia  
(Nord e Sud) @100 km/h  
200 veh/h leggeri in corsia di sorpasso  
(Nord e Sud) @100 km/h  
LAeq = 55.5 dB(A)

- Come previsto dalla teoria la presenza di pesanti (in corsia di marcia) risulta dominante sul rumore a velocità autostradale tanto che la variazione di velocità 130 – 100 sui leggeri ha un effetto trascurabile (< 0.5 dB)
- Con traffico poco intenso e soli veicoli leggeri si simula una riduzione di livello sonoro maggiore ma comunque < 2dB ipotizzando una variazione di velocità 130 - 100 sulle corsie di sorpasso
- In conclusione è irrealistico aspettarsi riduzioni in condizioni di traffico normale oltre 1 dB

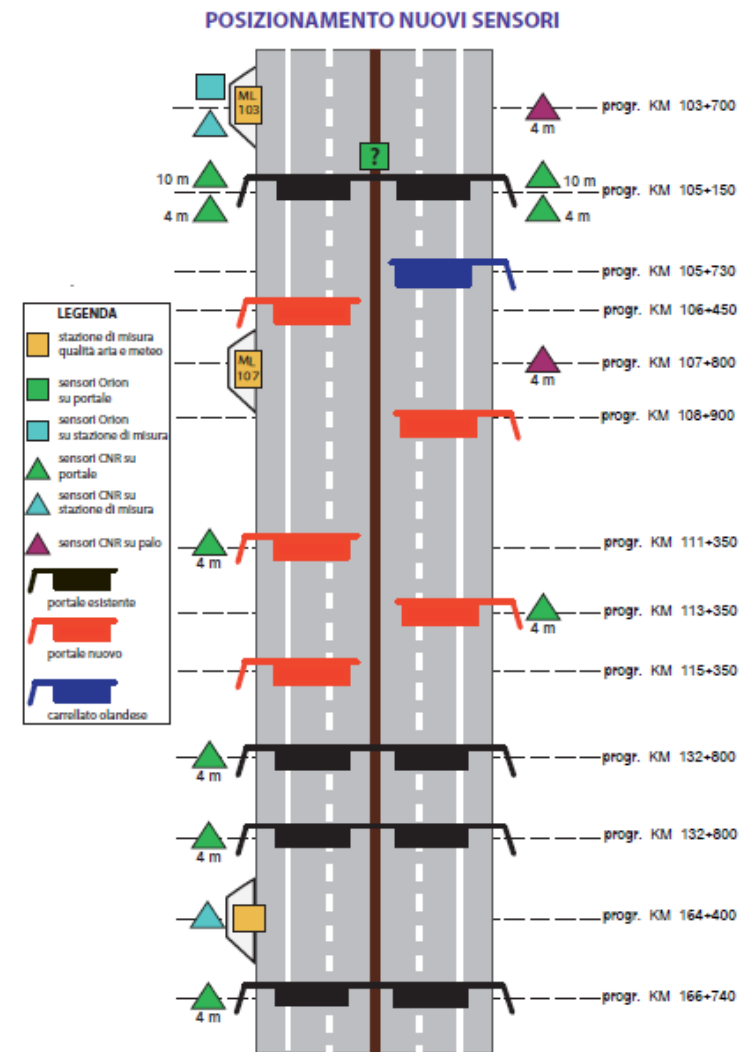


# SENSORI A BASSO COSTO

Altri sistemi di monitoraggio della qualità dell'aria:  
Sono stati installati  
n. 13 sensori multiparametrici del CNR di Firenze...



...e n. 1 sensore Orion (NO<sub>2</sub>).



# INTERCALIBRAZIONE

Confronto dei dati misurati con sensori a basso costo con quelli delle stazioni di misura della qualità dell'aria „convenzionali“

Parametri misurati: NO<sub>2</sub>, NO, PM10, PM2.5, O<sub>3</sub>, VOC, CO, CO<sub>2</sub>



Prima intercalibrazione prima dell'installazione

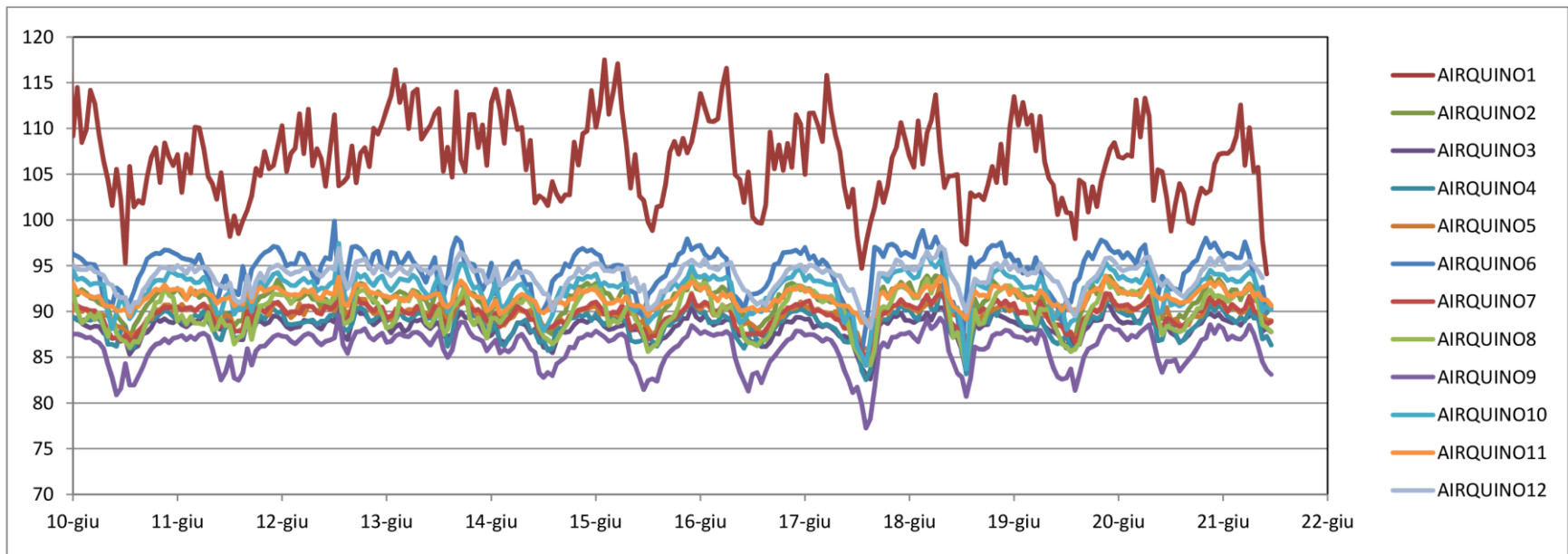


Intercalibrazione stagionale durante l'esercizio

## OSSIDI DI AZOTO

Alphasense NO<sub>2</sub>

I sensori mostrano un discreto accordo tra di loro anche nel dato grezzo, a parte «Airquino1»

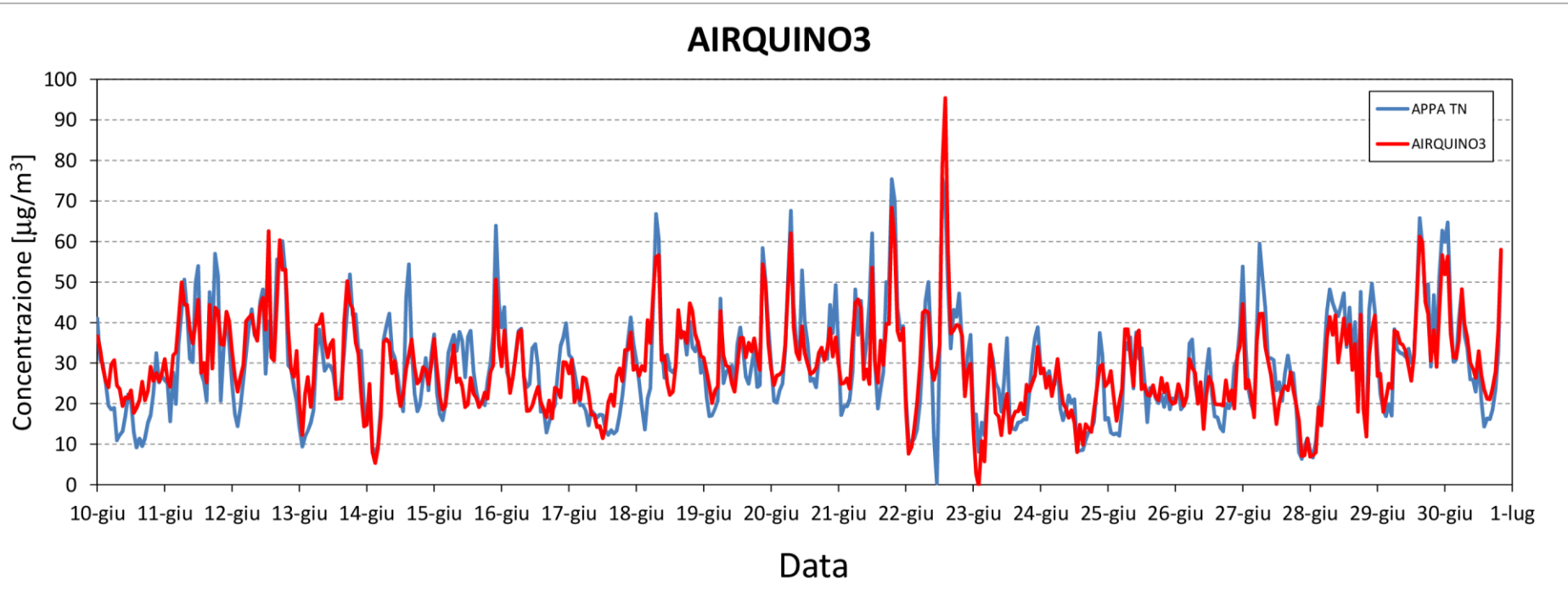


## Alphasense NO<sub>2</sub>

$$C_{NO_2} [\mu g/m^3] = ax^2 + bx + cO_3^{0.1} + dT^4 + eR^{0.1} + f$$

STRUMENTO	CORRELAZIONE
1	0.45
2	0.74
3	0.87
4	0.75
5	0.84
6	0.65
7	0.83
8	0.74
9	0.78
10	0.73
11	0.83
12	0.79

## Alphasense NO<sub>2</sub>

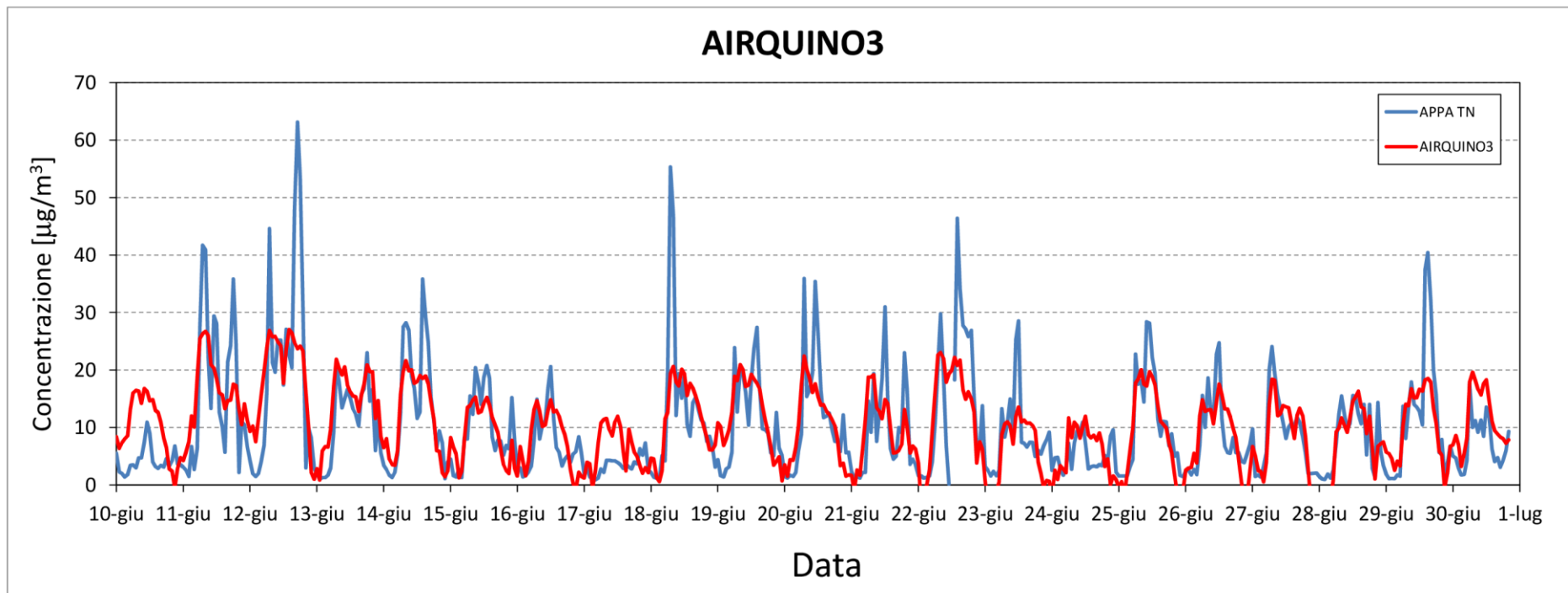


## Alphasense NO

$$C_{NO} [\mu g/m^3] = ax^2 + bx + cO_3 + dT + eR^{0.1} + f$$

STRUMENTO	CORRELAZIONE
1	0.76
2	0.76
3	0.73
4	0.71
5	0.74
6	0.70
7	0.72
8	0.74
9	0.71
10	0.73
11	0.76
12	0.72

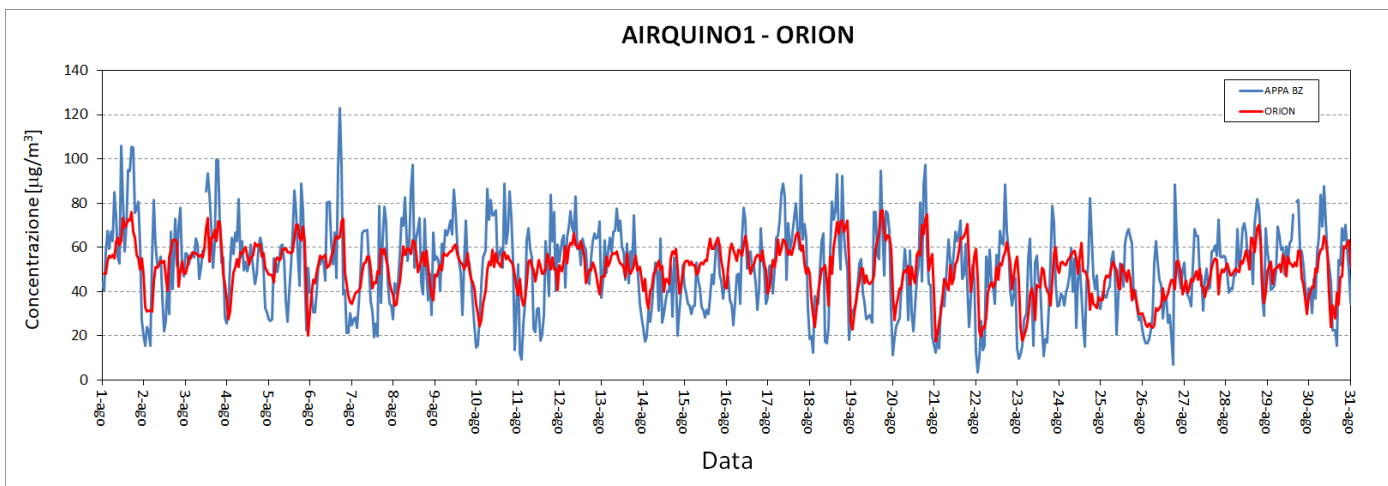
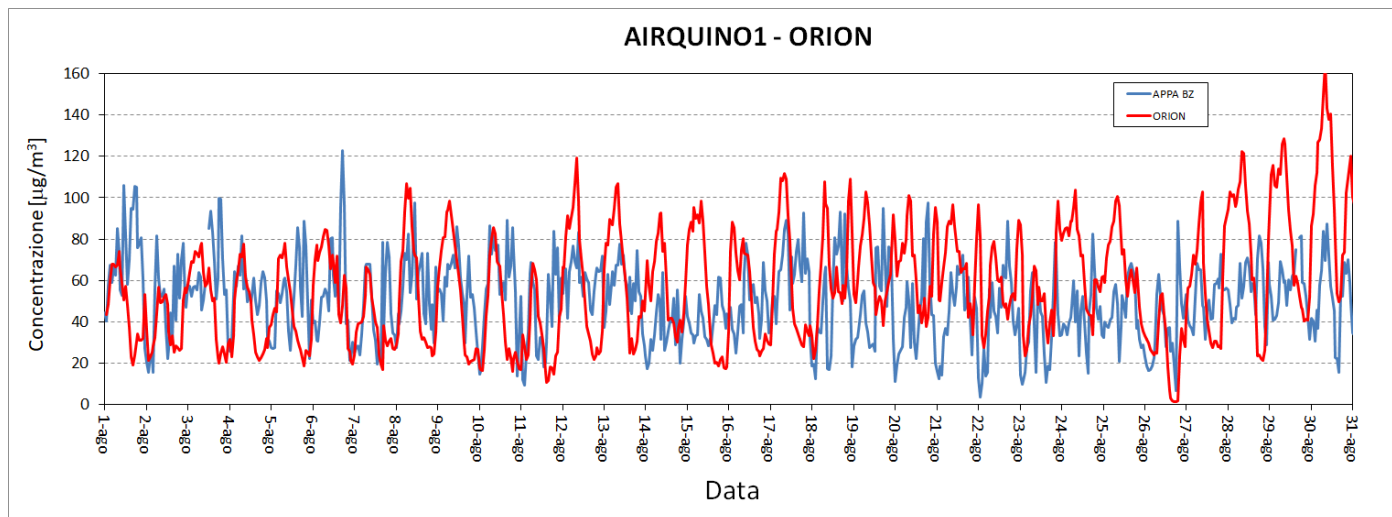
## Alphasense NO



# Orion NO<sub>2</sub>

Formula regressione CNR

$$C_{NO_2} [\mu g m^{-3}] = ax$$



Formula regressione da interconfronto

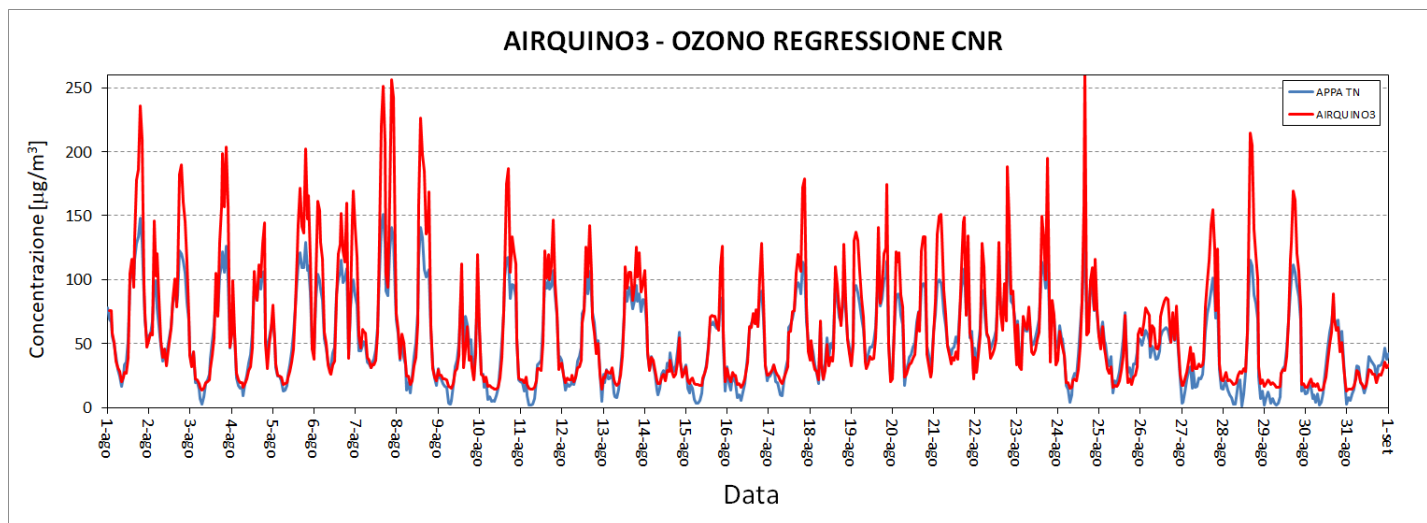
$$C_{NO_2} [\mu g m^{-3}] = ax + bO_3 + cT^4 + dR + eRH^{0.1} + f$$



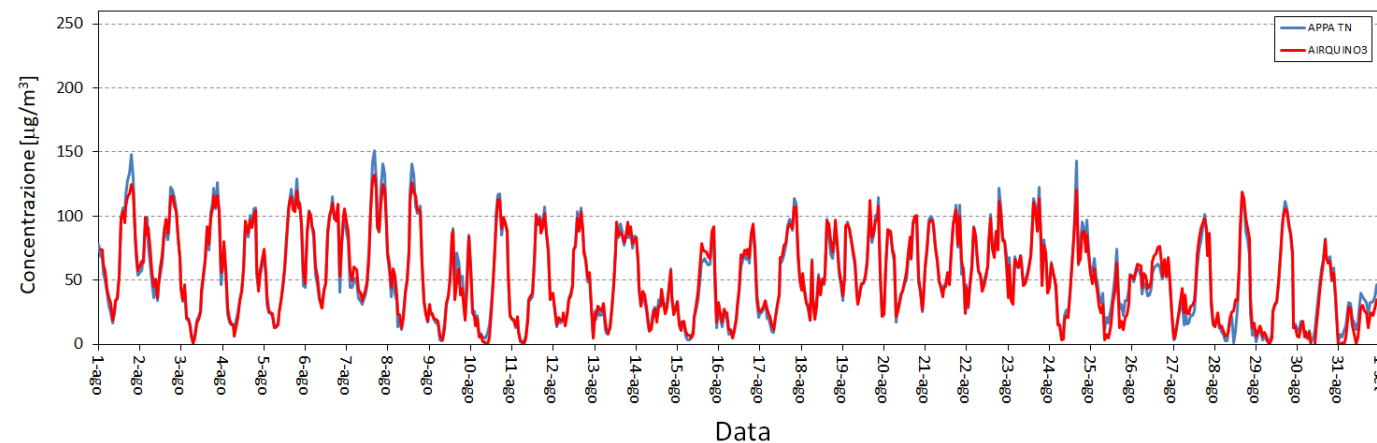
# OZONO

Formula regressione CNR

$$C [\mu g m^{-3}] = ae^{-bx}$$



AIRQUINO3 - OZONO REGRESSIONE NEW



Formula regressione da interconfronto

$$C [\mu g m^{-3}] = ax + bR^{0.5} + cT^2 + d$$

# POLVERI SOTTILI

PM 2.5

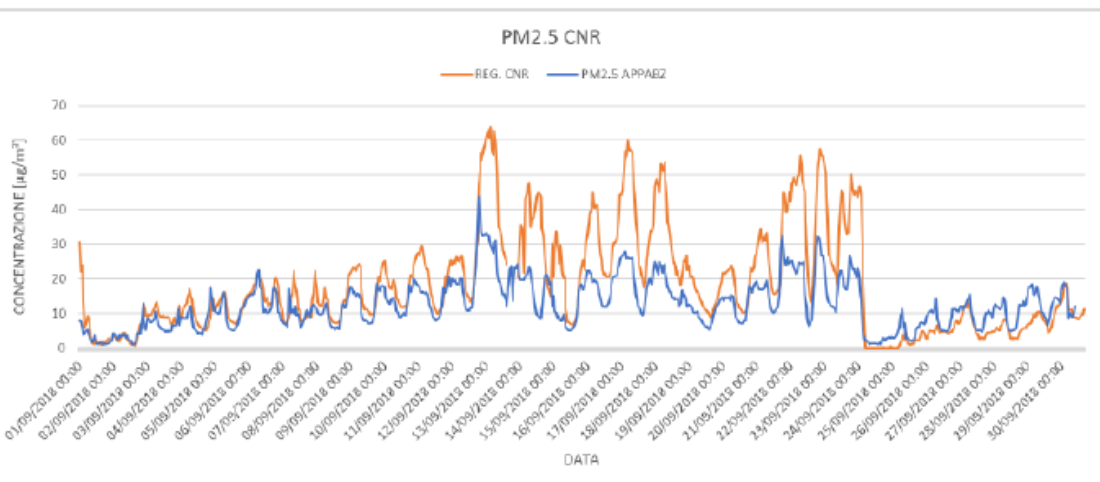
Dati medi orari



Formula regressione CNR

$$2,82 \cdot x^{0,86}$$

correlazione = 0.55

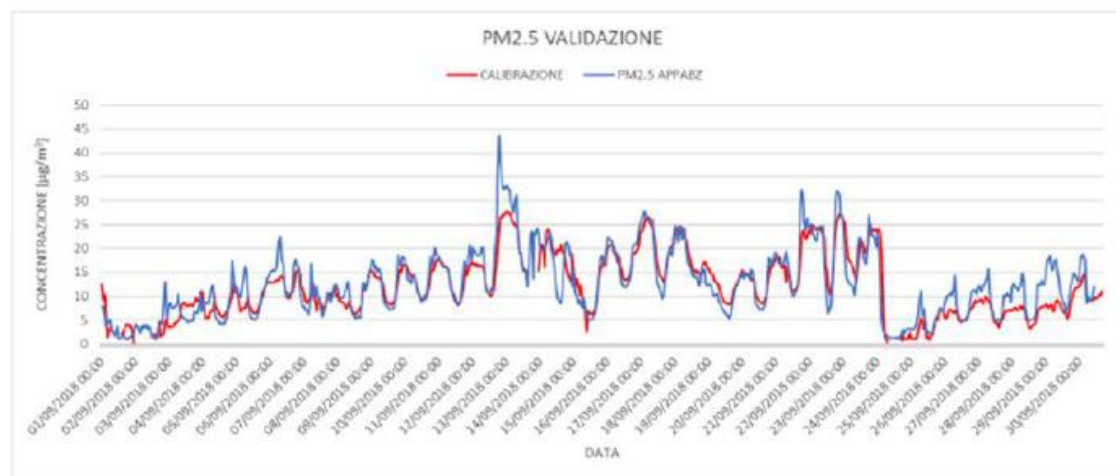


Settembre\_PM2.5\_regressione CNR

Formula regressione da interconfronto

$$4,53 x^{0,5} - 0,02 radiation^{0,7} - 6,79 RH^{28} + 1,04$$

correlazione = 0.74



Settembre\_PM2.5\_regressione

# POLVERI SOTTILI

## PM 10

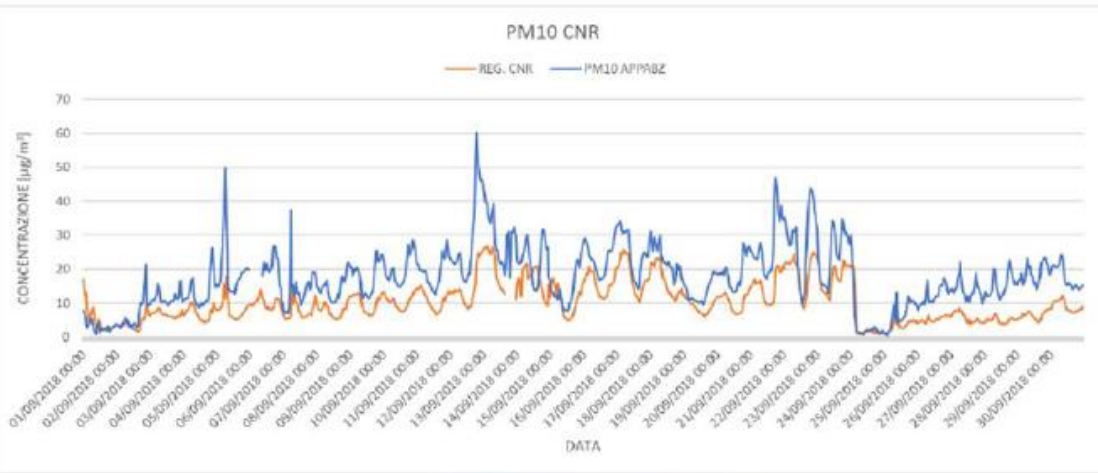
Dati medi orari



Formula regressione CNR

$$2,41 \cdot x^{0,65}$$

correlazione = 0.48

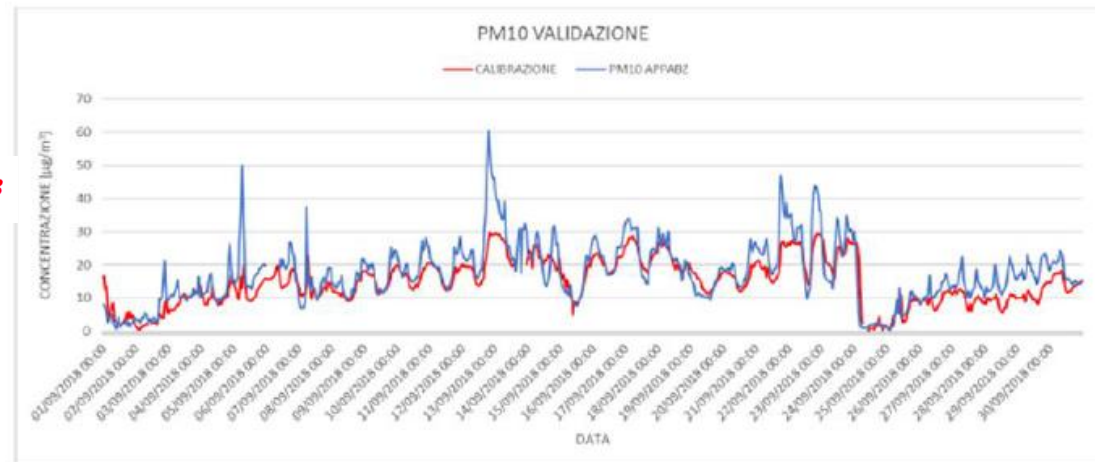


Settembre\_PM10\_regressione CNR

Formula regressione da interconfronto

$$12,33 x^{0,3} - 0,005 radiation - 6,77 RH^{31} + 8,76 \cdot 10^{-10} \cdot Tint^6 - 7,28$$

correlazione = 0.68



Settembre\_PM10\_regressione

LIFE15-ENV-IT-000281 «BrennerLEC»

*Grazie per l'attenzione*

*Laura Gasser*

*Agenzia provinciale per l'ambiente e la tutela del clima  
Provincia Autonoma di Bolzano*



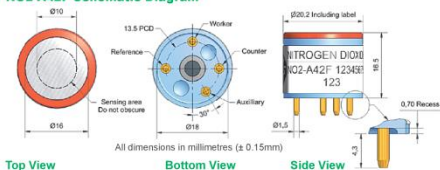
**BRENNER** **LEC**  
lower emissions corridor



## NO2-A42F Nitrogen Dioxide Sensor 4-Electrode



Figure 1 NO2-A42F Schematic Diagram



### PERFORMANCE

Sensitivity	nA/ppm at 1ppm NO <sub>2</sub>	-175 to -350
Response time	t <sub>90</sub> (s) from zero to 1ppm NO <sub>2</sub>	< 60
Zero current	nA in zero air at 20°C	-25 to +75
Noise*	±2 standard deviations (ppb equivalent)	15
Range	ppm NO <sub>2</sub> limit of performance warranty	20
Linearity	ppm error at full scale, linear at zero and 20ppm NO <sub>2</sub>	< ±0.5
Oversig limit	maximum ppm for stable response to gas pulse	50

\* Tested with Alphasense AFE low noise circuit

### LIFETIME

Zero drift	ppb equivalent change/year in lab air	0 to 20
Sensitivity drift	% change/year in lab air, monthly test	< -20 to -40
Operating life	months until 50% original signal (24 month warranted)	> 24

### ENVIRONMENTAL

Sensitivity @ -20°C	% output @ -20°C/output @ 20°C @ 2ppm NO <sub>2</sub>	50 to 80
Sensitivity @ 40°C	% output @ 50°C/output @ 20°C @ 2ppm NO <sub>2</sub>	95 to 115
Zero @ -20°C	nA	-5 to +25
Zero @ 40°C	nA	40 to 150

### CROSS SENSITIVITY

O <sub>2</sub>	Filter capacity (ppm hrs)	@	2ppm	O <sub>2</sub>	> 500
H <sub>2</sub> S	sensitivity % measured gas	@	5ppm	H <sub>2</sub> S	< -80
NO	sensitivity % measured gas	@	5ppm	NO	< 5
Cl <sub>2</sub>	sensitivity % measured gas	@	5ppm	Cl <sub>2</sub>	< 75
SO <sub>2</sub>	sensitivity % measured gas	@	5ppm	SO <sub>2</sub>	< -5
CO	sensitivity % measured gas	@	5ppm	CO	< -5
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	sensitivity % measured gas	@	100ppm	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	< 1
NH <sub>3</sub>	sensitivity % measured gas	@	20ppm	NH <sub>3</sub>	< 0.2
H <sub>2</sub>	sensitivity % measured gas	@	100ppm	H <sub>2</sub>	< 0.1
CO <sub>2</sub>	sensitivity % measured gas	@	5% Vol	CO <sub>2</sub>	0.1
Haloethane	sensitivity % measured gas	@	100ppm	Haloethane	nd

### KEY SPECIFICATIONS

Temperature range	°C	-30 to 40
Pressure range	kPa	80 to 120
Humidity range	% rh continuous	15 to 85
Storage period	months @ 3 to 20°C (stored in sealed pot)	6
Load resistor	Ω (AFE circuit recommended)	33 to 100
Weight	g	< 6

At the end of the product's life, do not dispose of any electronic sensor, component or instrument in the domestic waste, but contact the instrument manufacturer, Alphasense or its distributor for disposal instructions.

NOTE: all sensors are tested at ambient environmental conditions, with 47 ohm load resistor, unless otherwise stated. As applications of use are outside our control, the information provided is given without legal responsibility. Customers should test under their own conditions, to ensure that the sensors are suitable for their own requirements.

Alphasense Ltd, Sensor Technology House, 309 Avenue West, Skyline 120, Great Nottley, CM77 7AA, UK  
Telephone: +44 (0) 1376 666 700 Fax: +44 (0) 1376 338 899 E-mail: sensors@alphasense.com Website: www.alphasense.com

Technical Specification



## NO2-A42F Performance Data

Figure 2 Sensitivity temperature dependence

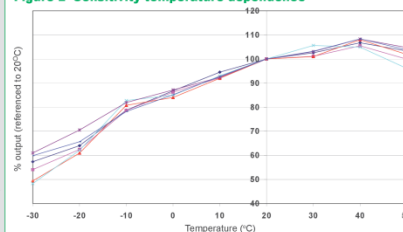


Figure 2 shows the temperature dependence of sensitivity at 2ppm NO<sub>2</sub>. This data is taken from a typical batch of sensors.

Figure 3 Zero temperature dependence

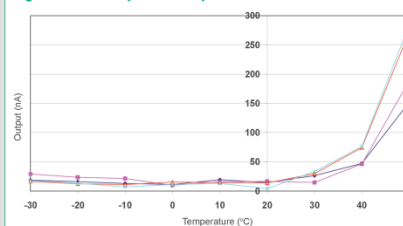


Figure 3 shows the variation in zero output of the working electrode caused by changes in temperature, expressed as nA. This data is taken from a typical batch of sensors. Contact Alphasense for further information on zero current correction.

Figure 4 Response to 200 ppb NO<sub>2</sub>

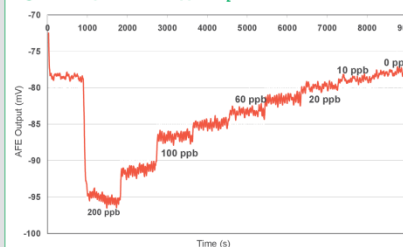


Figure 4 shows response from from 200ppb NO<sub>2</sub> to 0ppb NO<sub>2</sub>. Use of Alphasense AFE circuit reduces noise to 15ppb, with the opportunity of digital smoothing to reduce noise even further.

For further information on the performance of this sensor, on other sensors in the range or any other subject, please contact Alphasense Ltd. For Application Notes visit 'www.alphasense.com'.

In the interest of continued product improvement, we reserve the right to change design features and specifications without prior notification. The data contained in this document is for guidance only. Alphasense Ltd accepts no liability for any consequential losses, injury or damage resulting from the use of this document or the information contained within. (LHA)ALPHASENSE LTD) Doc. Ref. NO2-A42F-040416

Technical Specification