



I risultati del monitoraggio dei veicoli elettrici dei progetti CityPorto e Rê.V.E. Grand Paradis

Forte di Bard, 27 giugno 2014

Ing. Mario Silvagni, Politecnico di Torino



**POLITECNICO
DI TORINO**

LIM - Laboratorio di Meccatronica

I progetti

- Ricavare dati reali di funzionamento dei mezzi
- Confrontare e valutare le prestazioni in ambito montano ed urbano del fondo valle.
- Ricavare dati utili al fine della pianificazione energetica in tema di mobilità sostenibile

R.ê.V.E. Grand Paradis



- **66 biciclette a pedalata assistita** (utenti)
- **7 colonnine** di Ricarica per veicoli Elettrici
- **2 veicoli elettrici** (Kangoo ZE Express e Maxi) in dotazione rispettivamente alla Fondation Grand Paradis e al Comune di Rhêmes-Notre-Dame
- Utilizzo principalmente in **ambito montano**
- Compensazione del consumo di energia con l'installazione di **11 pensiline fotovoltaiche**

CityPorto Comune di Aosta



- **Cityporto Aosta – consegne in città**
- Riduzione **CO₂** nel centro storico
- **Colonnine** di Ricarica Pubbliche
- 2 mezzi alimentati a metano
- **3 veicoli elettrici** (Kangoo Express ZE)
- Utilizzo principalmente in **ambito urbano**
- Compensazione del consumo di energia con l'installazione di **2 pensiline ed un impianto fotovoltaico**

Obiettivi del Progetto di Monitoraggio

- Analizzare i veicoli commerciali disponibili
 - Stilare le specifiche necessarie per veicoli elettrici adatti allo scopo

 - Analizzare l'architettura del sistema di monitoraggio
 - Sviluppo del «sistema veicolo»
 - Sviluppo del «sistema server»
 - Installazione e test funzionali
 - Validazione
 - Raccolta dati / Monitoraggio
 - Elaborazione
-
- ▶ **FASE 1: Definizione specifiche e progetto** (da inizio progetto a Marzo 2012)
 - ▶ **FASE 2: Installazione e validazione** (da Marzo 2012 a Marzo 2013)
 - ▶ **FASE 3: Monitoraggio** (da Marzo 2013 a)

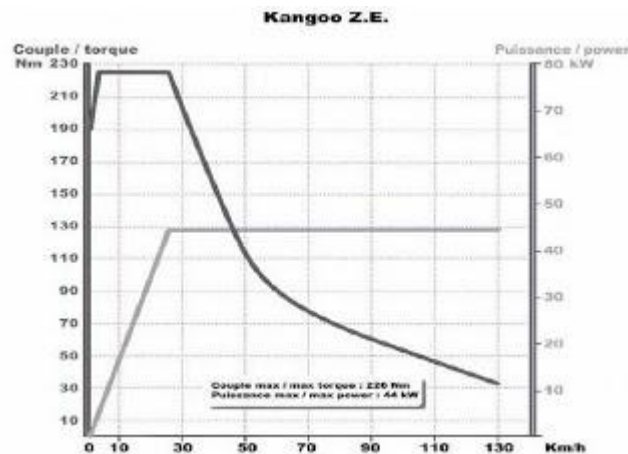


I veicoli

- 4 Renault Kangoo Express Z.E.
- 1 Renault Kangoo Maxi Combi Z.E.



- Motore elettrico:
 - Potenza: 44 kW (50kW)
 - Coppia 226 Nm
- Batterie agli Ioni di Litio
 - 360V con capacità di 22kWh
- Velocità massima di 130 km/h.
- Ricarica da presa 16A e 220V in 6/8 ore



| DIMENSIONS | |
|---|--|
| Length (mm) | 4,213 |
| Width / with exterior mirrors (mm) | 1,829 / 2,133 |
| Unladen height (mm) | 1,818 |
| Wheelbase (mm) | 2,697 |
| Front track (mm) | 1,522 |
| Rear track (mm) | 1,536 |
| Ground clearance, unladen/laden (mm) | 186 /143 |
| Weight (kg) | 1,410 |
| Carrying capacity | Between 3 and 3.5 m ³ |
| Payload | 650kg |
| Number of seats | 2 |
| TECHNICAL DATA | |
| Motor | Synchronous electric motor with rotor coil |
| Power (kW) | 44 |
| Maximum revs (rpm) | 10,500 |
| Torque | 226 Nm |
| Transmission | Direct drive with reducer |
| Battery | Lithium-ion |
| PERFORMANCE | |
| Range (NEDC cycle) | 160km |
| Top speed (kph) (capped electronically) | 130 |

Architettura Generale Sistema Monitoraggio

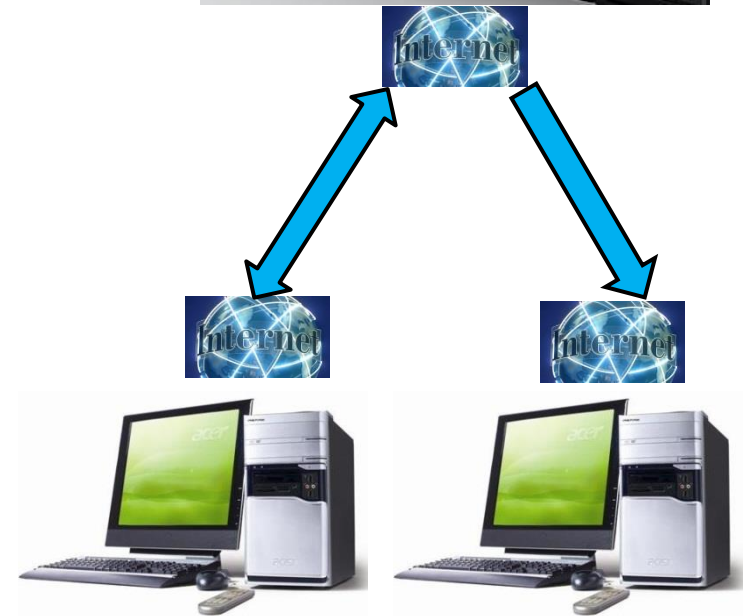


Sistema Veicolo:

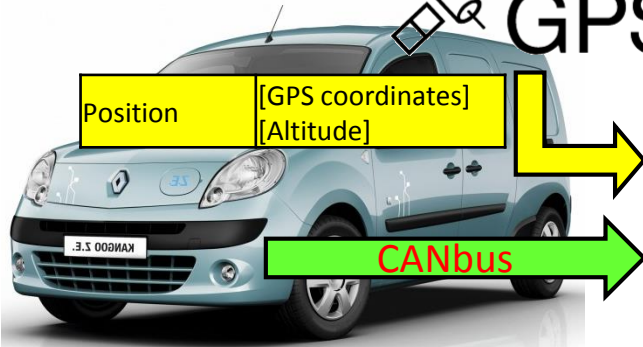
- Acquisizione dati vettura
- Acquisizione dati GPS
- (Acquisizione Accelerometri)

Sistema Server:

- Ricezione Dati
- Generazione Database
- Calcolo
- Pagine Web a livelli d'accesso diversificati



Sistema Veicolo



Dati «Real Time» (1Hz) *

- Posizione
- Velocità
- Stato Batterie
- Temperature.....

Dati «Real Time» Elaborati (1Hz) *

- Consumi
- Medie
- Indici.....

Dati «Batch» **

- Acceleratore
- Freno
- Sterzo
- Correnti
- Velocità.....

| | |
|----------------------|-------|
| Speed | [kph] |
| Throttle | [%] |
| Steer | [deg] |
| Motor Current | [A] |
| Motor Voltage | [V] |
| Battery SOC | [%] |
| Battery Voltage | [V] |
| Battery SOH | [%] |
| Battery Current (+-) | [A] |
| Regenerative Braking | |
| Brake pressure | |
| T Amb | [°C] |
| T Motor | [°C] |
| T Inverter | [°C] |
| T Battery | [°C] |

X, Y, Z, Acceleration [m/s²]

* Trasmissione continua (con buffer)

** Trasmissione discontinua



Sistema Server



Ricezione Dati da Sistema Veicolo
Gestione Database Dati Veicolo
Elaborazione con Algoritmi specifici (PoliTO)

Accessi tramite WebPage:

- Pubblico
 - Visualizzazione «Real Time»
 - Velocità
 - Stato Batterie
 - Totalizzatori
- Servizio
 - Visualizzazione tutti i parametri di servizio
- Ricerca
 - Accesso Database con download File Dati

Installazione su Veicolo



Sistema Veicolo



Porta ODB su veicolo



Posizionamento su veicolo



Ingombro su veicolo



Posizione Antenne

Pagina Web : Divulgazione

Mobilità a emissioni zero in Valle d'Aosta

Sistema di monitoraggio dei veicoli elettrici dei progetti "RêVE-Grand Paradis" e "CityPorto"

R.ê.V.E. Grand Paradis

Renault Kangoo Express Z.E. Maxi (5 posti)



Stato Veicolo

Velocità - km/h

Carica 37 %

| | Km | Consumo energetico | CO ₂ NON Emessa |
|-----------------|----------|--------------------|----------------------------|
| Viaggio Attuale | - km | - kWh | |
| Oggi | 21 km | 10 kWh | 7 kg |
| Dall'inizio | 12186 km | 625 kWh | 406.25 kg |

CityPorto Comune di Aosta

Renault Kangoo Express Z.E. (2 posti)



Stato Veicolo

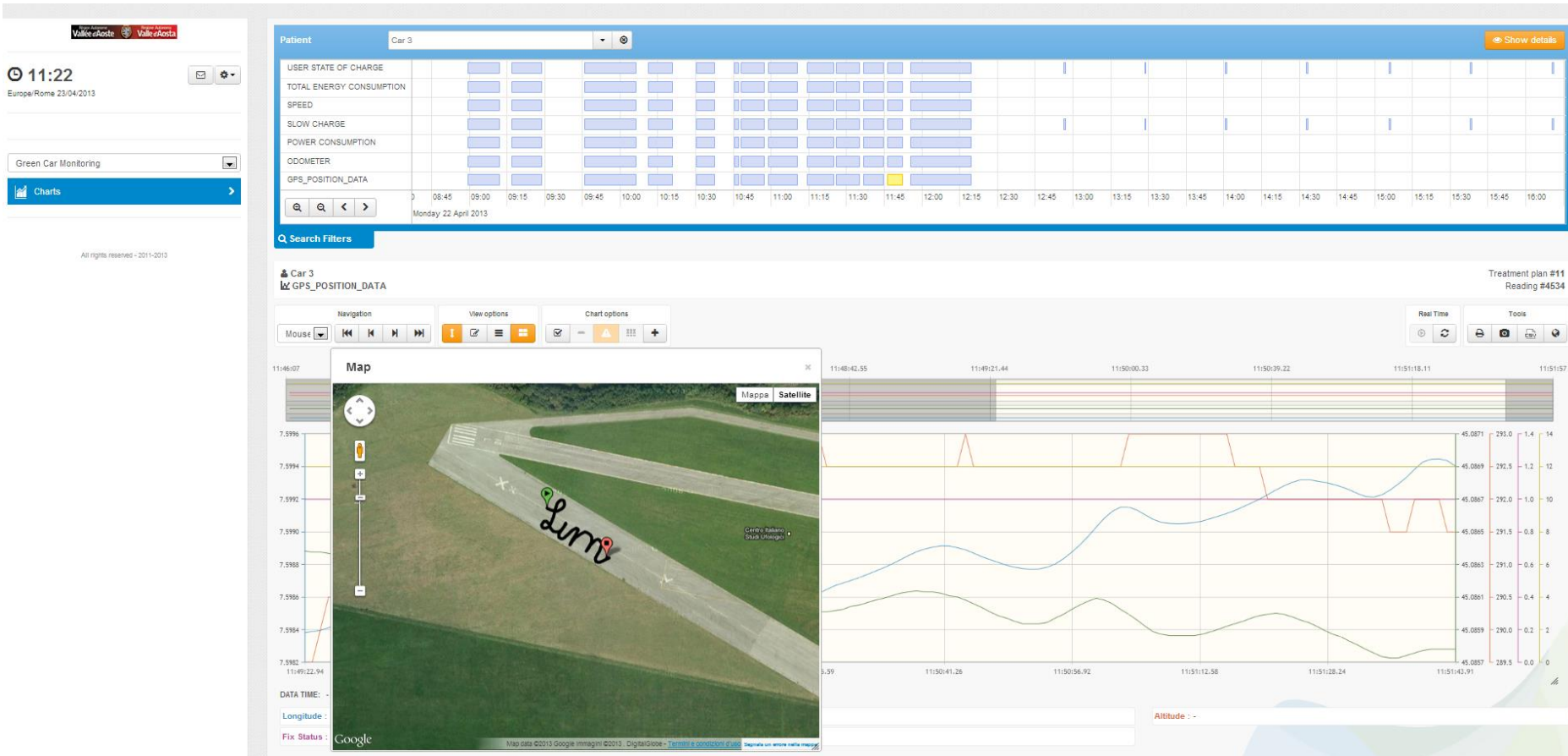
Velocità - km/h

Carica 89 %

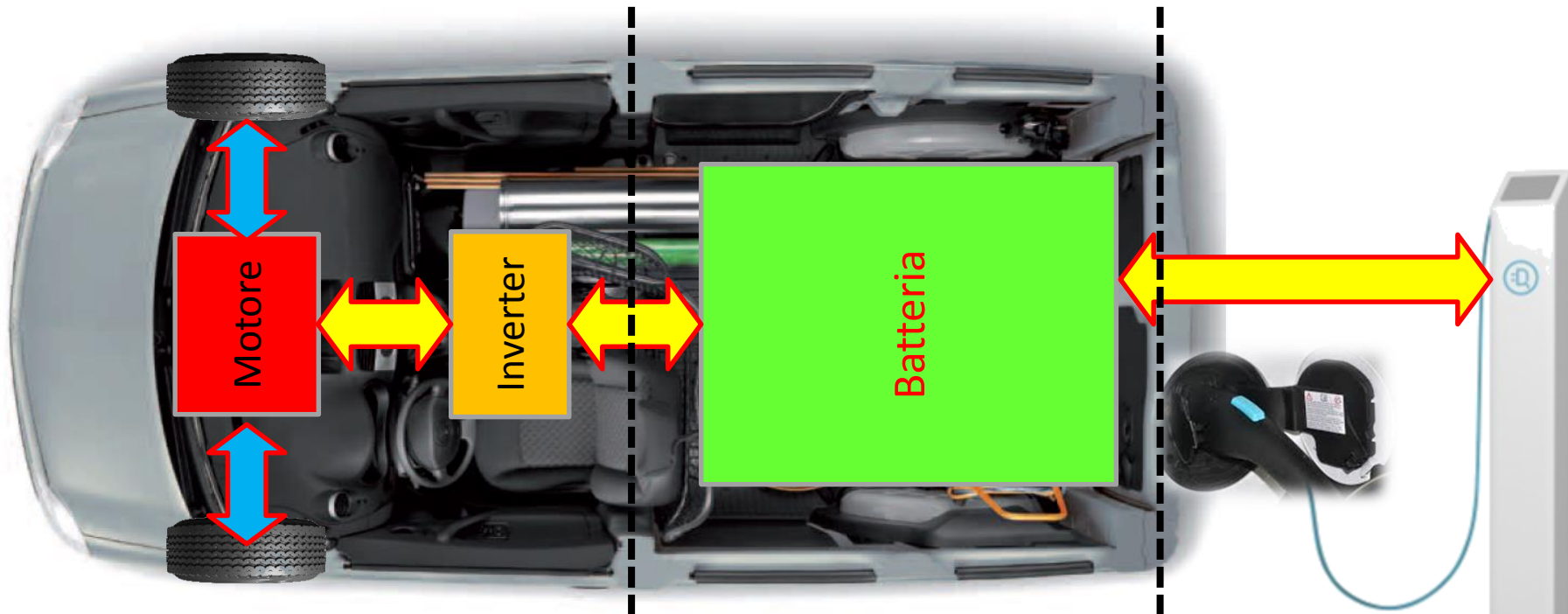
| | Km | Consumo energetico | CO ₂ NON Emessa |
|-----------------|---------|--------------------|----------------------------|
| Viaggio Attuale | - km | - kWh | |
| Oggi | 0 km | 0 kWh | 0 kg |
| Dall'inizio | 3230 km | 486 kWh | 315.9 kg |

http://www.regione.vda.it/energia/mobilita_elettrica/monitoraggio_i.aspx

Piattaforma RASAD : Dati Monitoraggio



Interfacce Scambio Energia



Sistema di Trazione
(Dati Monitoraggio: Potenza, Energia)

Sistema Batteria
(Dati Monitoraggio: SOC)

Sistema Ricarica

Rendimenti sistema di Trazione
(inclusi nei dati acquisiti)

Rendimenti Batteria : 92%

Rendimenti Ricarica 91%

Dati Acquisiti

Dati misurati e relativo periodo di acquisizione durante il moto del veicolo (Key-On)

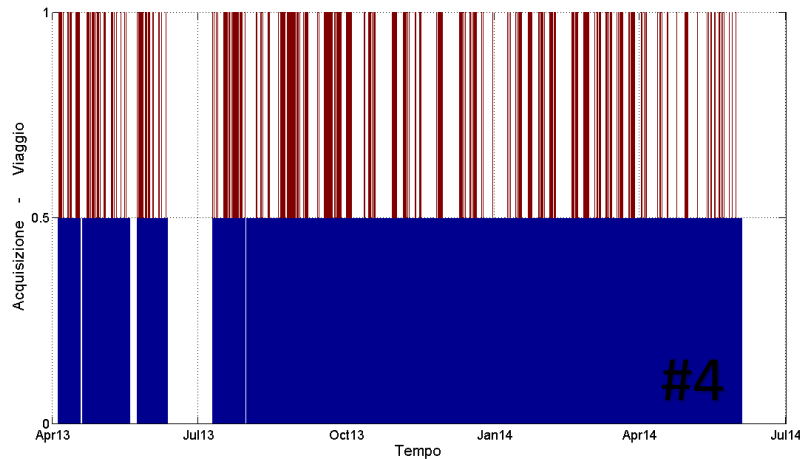
| Dato | Unità di Misura | Periodo acquisizione |
|--------------------|-----------------|----------------------|
| Stato di Carica | -- | 1s |
| Consumo Totale | kWh | 1 s |
| Velocità | km/h | 1 s |
| Consumo Istantaneo | kW | 1s |
| Odometro | km | 3 s |
| GPS - Latitudine | ° | 1s |
| GPS - Longitudine | ° | 1s |
| GPS - Altitudine | m | 1s |
| GPS - Stato FIX | -- | 1s |
| GPS – Nr.Satelliti | -- | 1s |
| Ricarica | SI/NO | 1s |
| Termine Carica | min | 1s |

Dati misurati e relativo periodo di acquisizione durante la sosta del veicolo (Key-Off)

| Dato | Unità di Misura | Periodo acquisizione |
|-----------------|-----------------|----------------------|
| Stato di Carica | -- | 1s |
| Ricarica | SI/NO | 1s |
| Termine Carica | min | 1s |

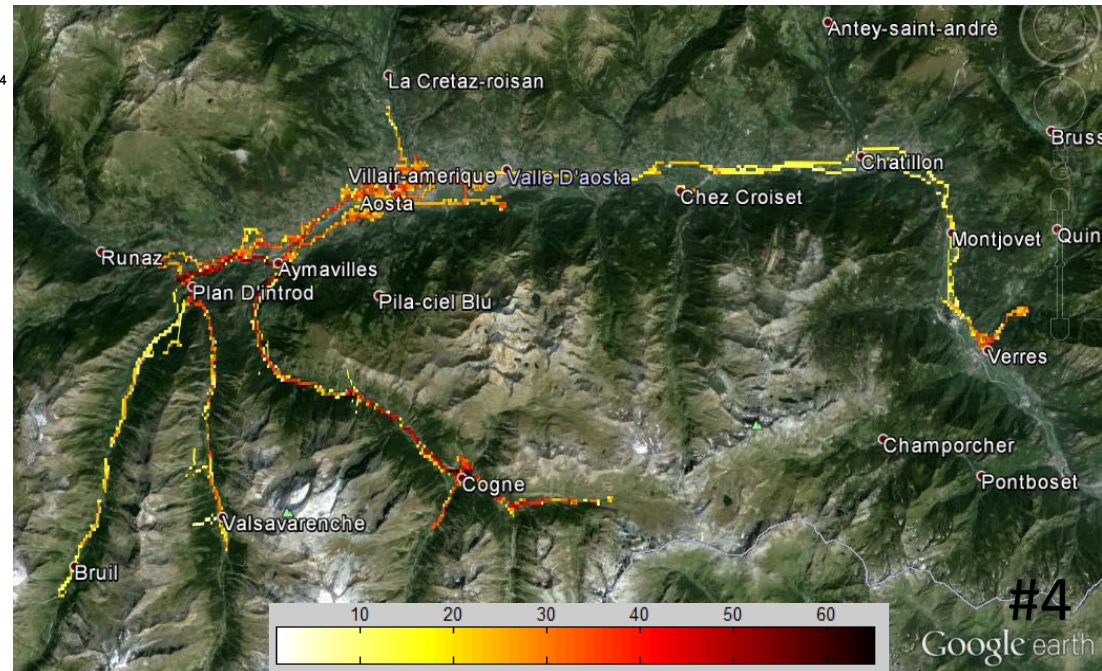


Risultati: Acquisizioni/Viaggi/Posizioni

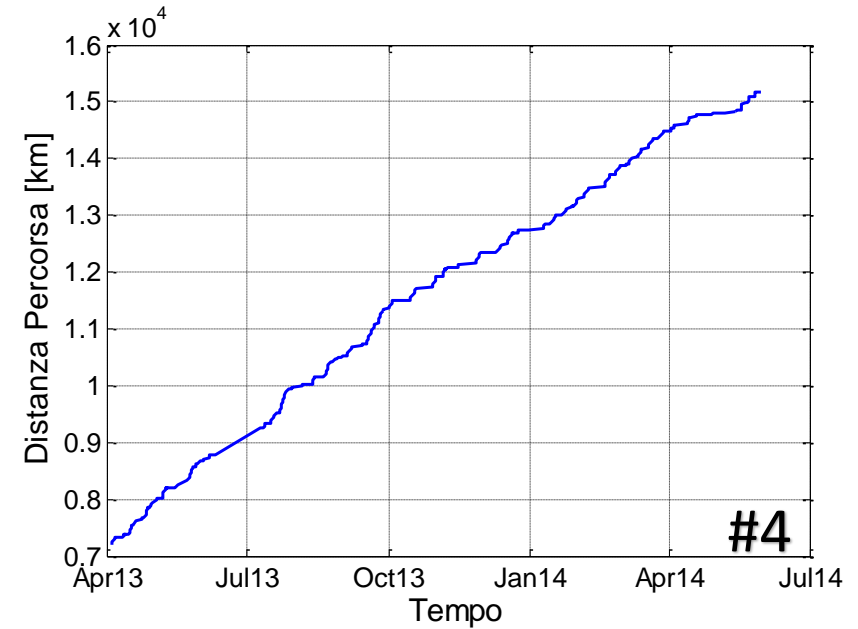
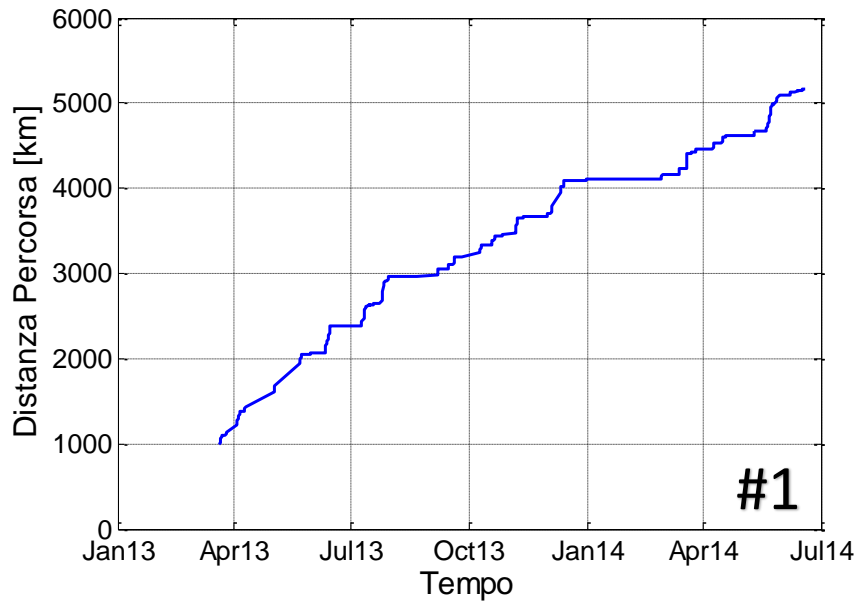


Periodi di Acquisizione e Viaggi

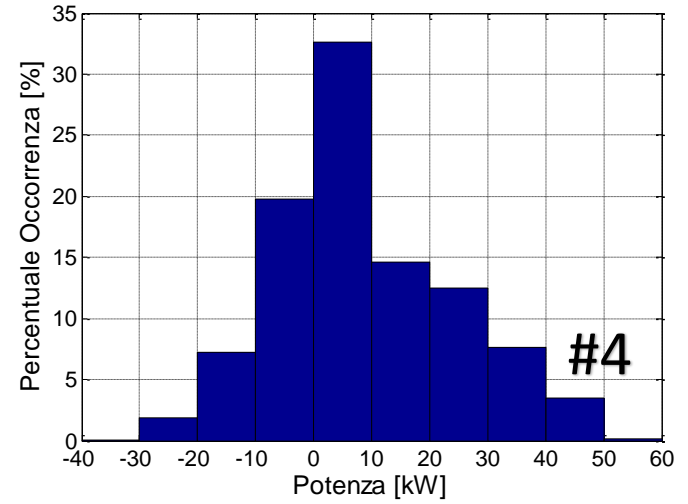
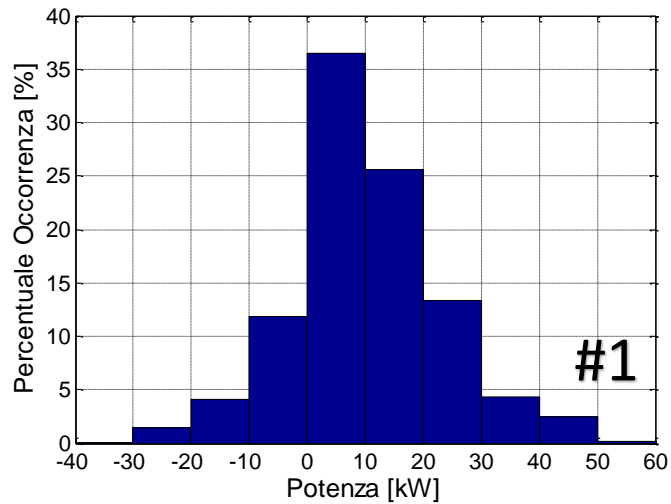
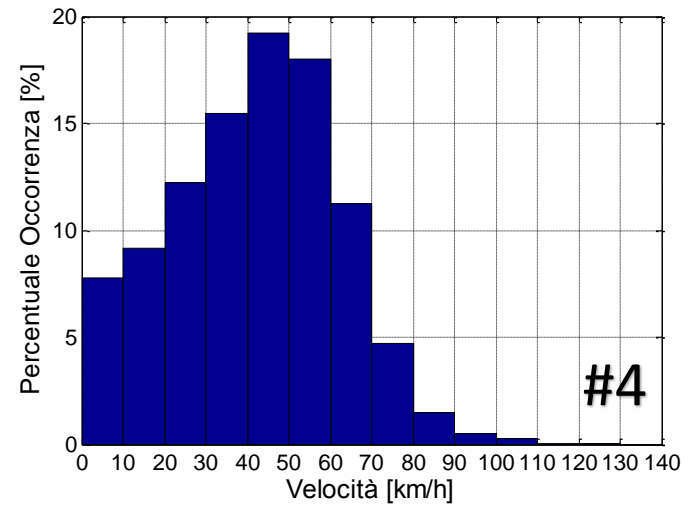
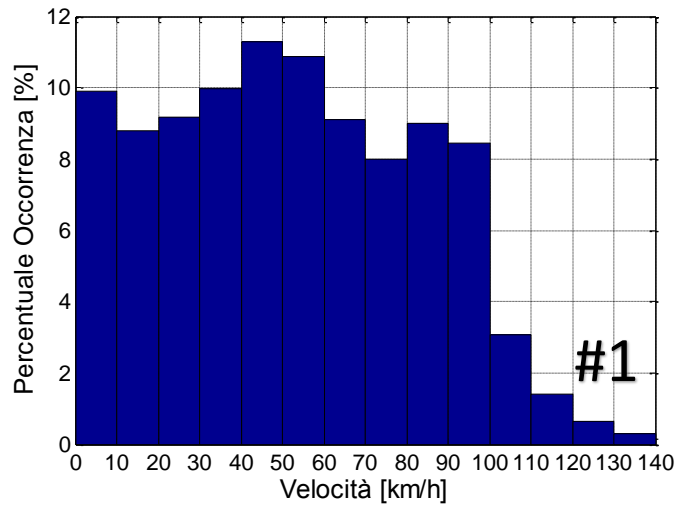
Distribuzione geografica della presenza della vettura



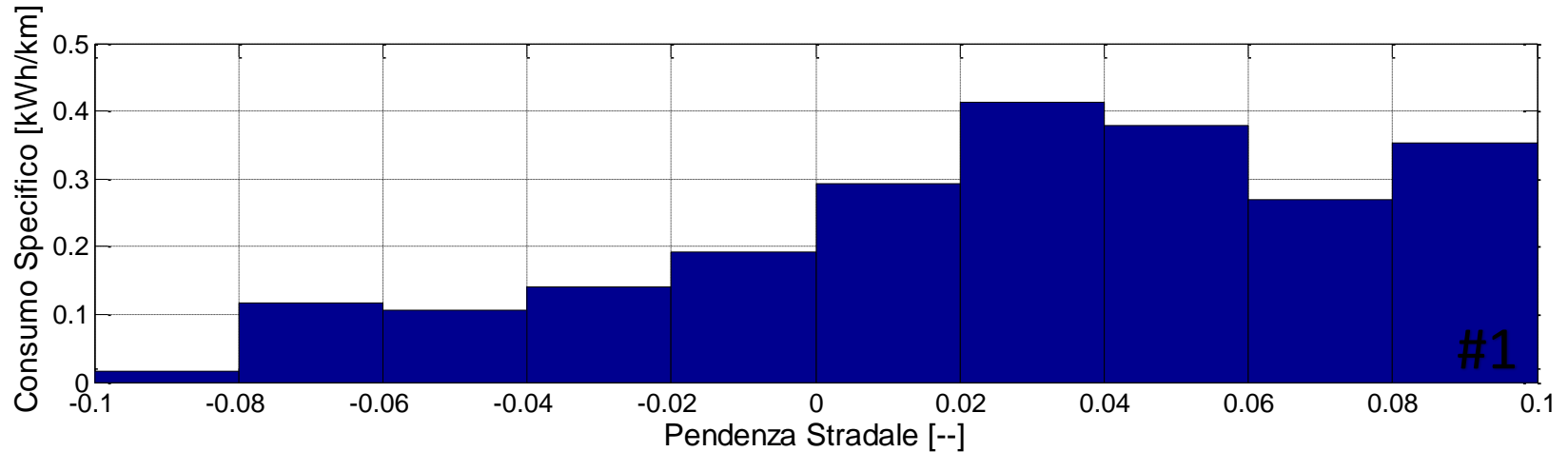
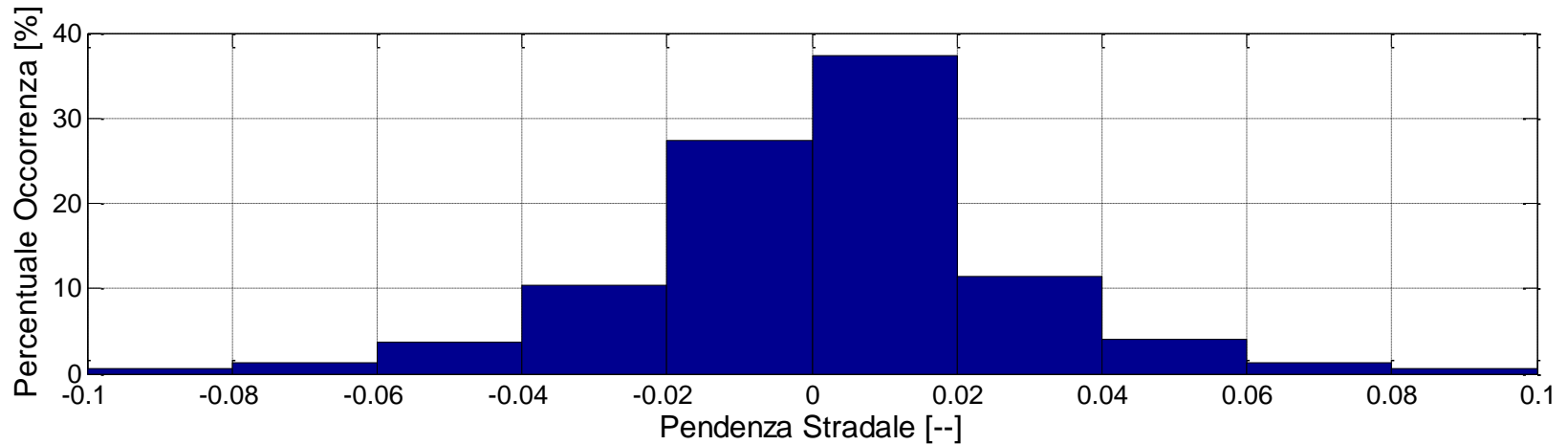
Andamento della distanza percorsa



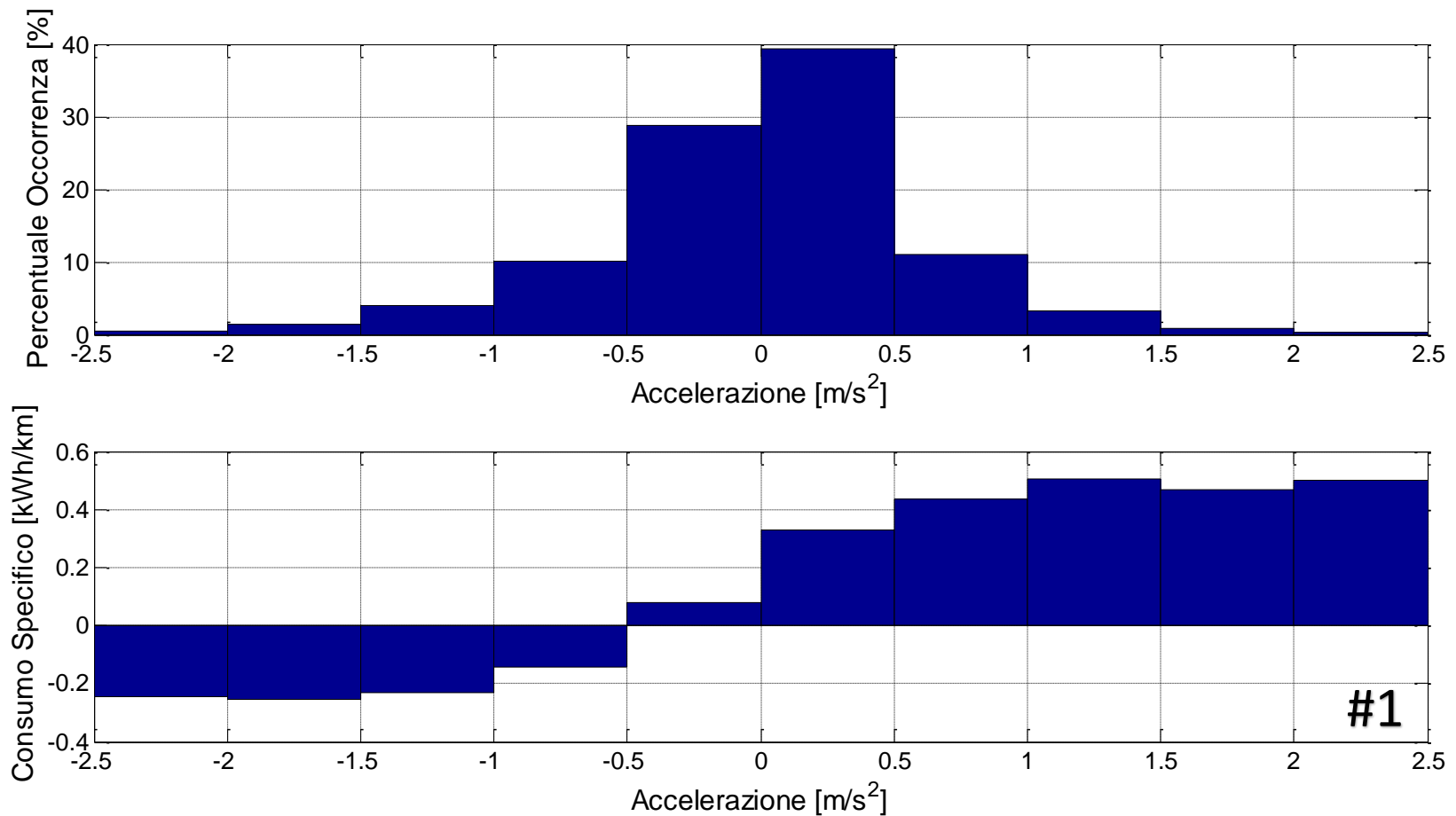
Distribuzione delle Velocità e delle Potenze



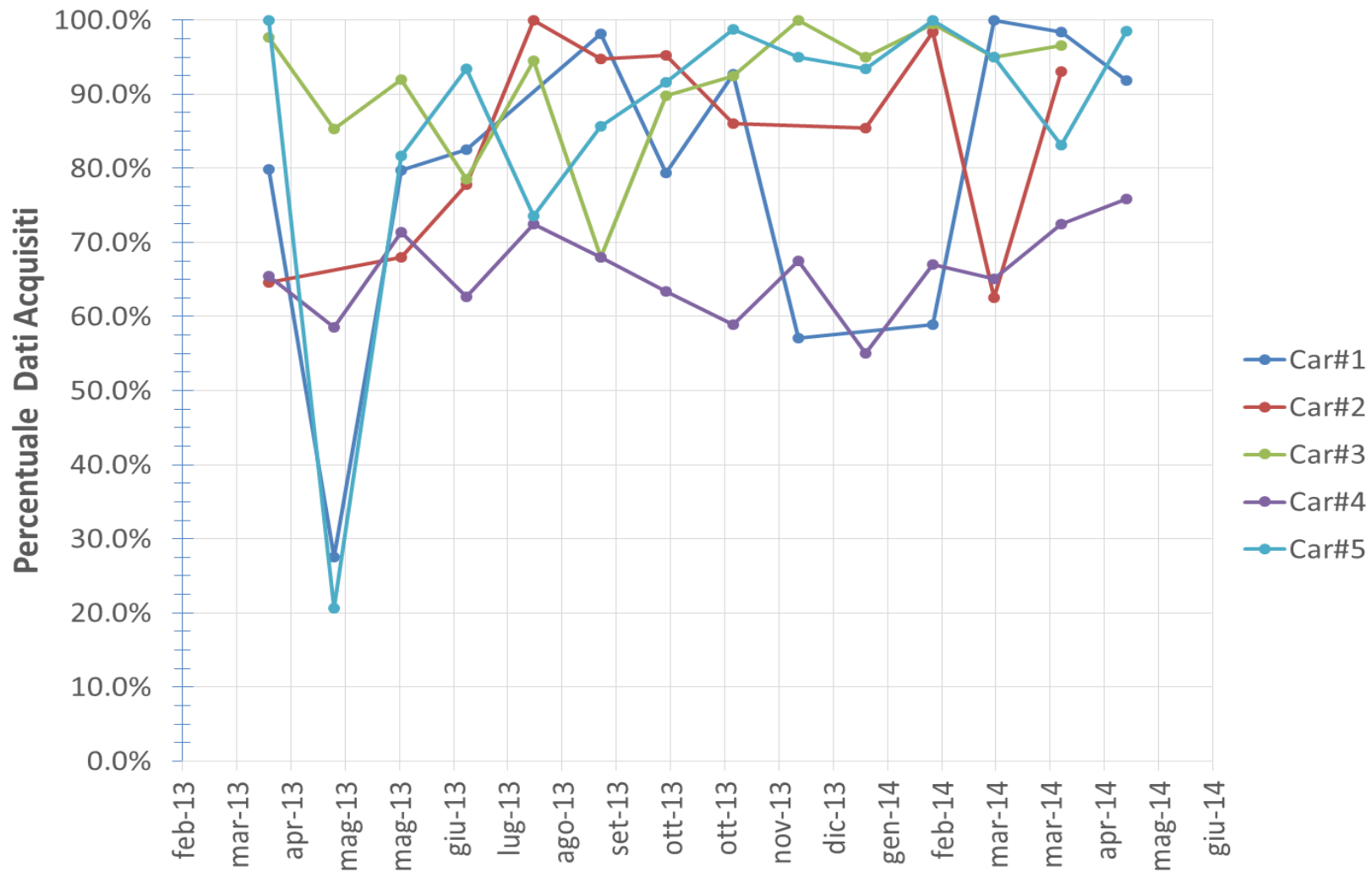
Distribuzione Pendenza e Consumo Specifico



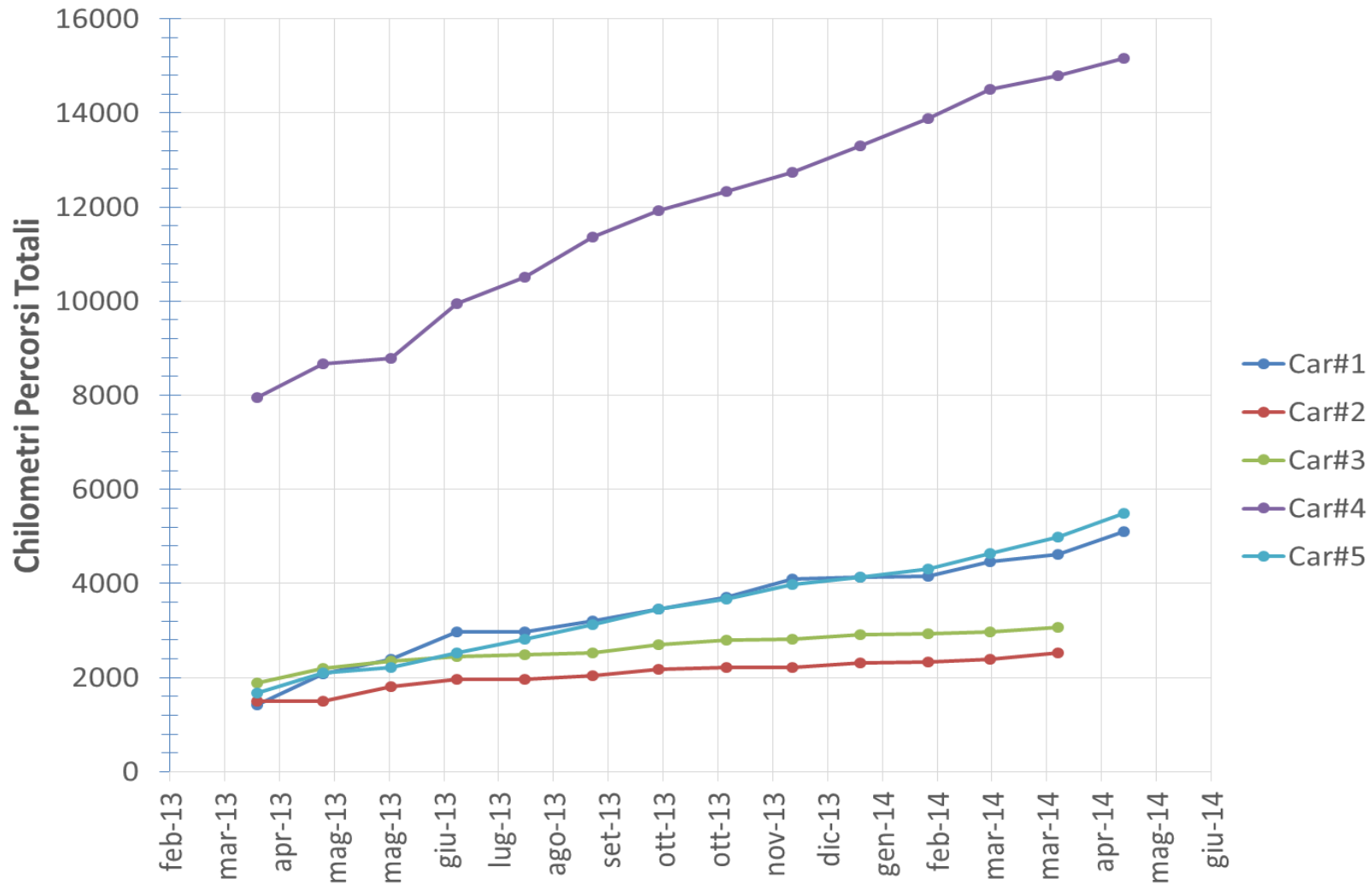
Distribuzione Accelerazioni e Consumo Specifico



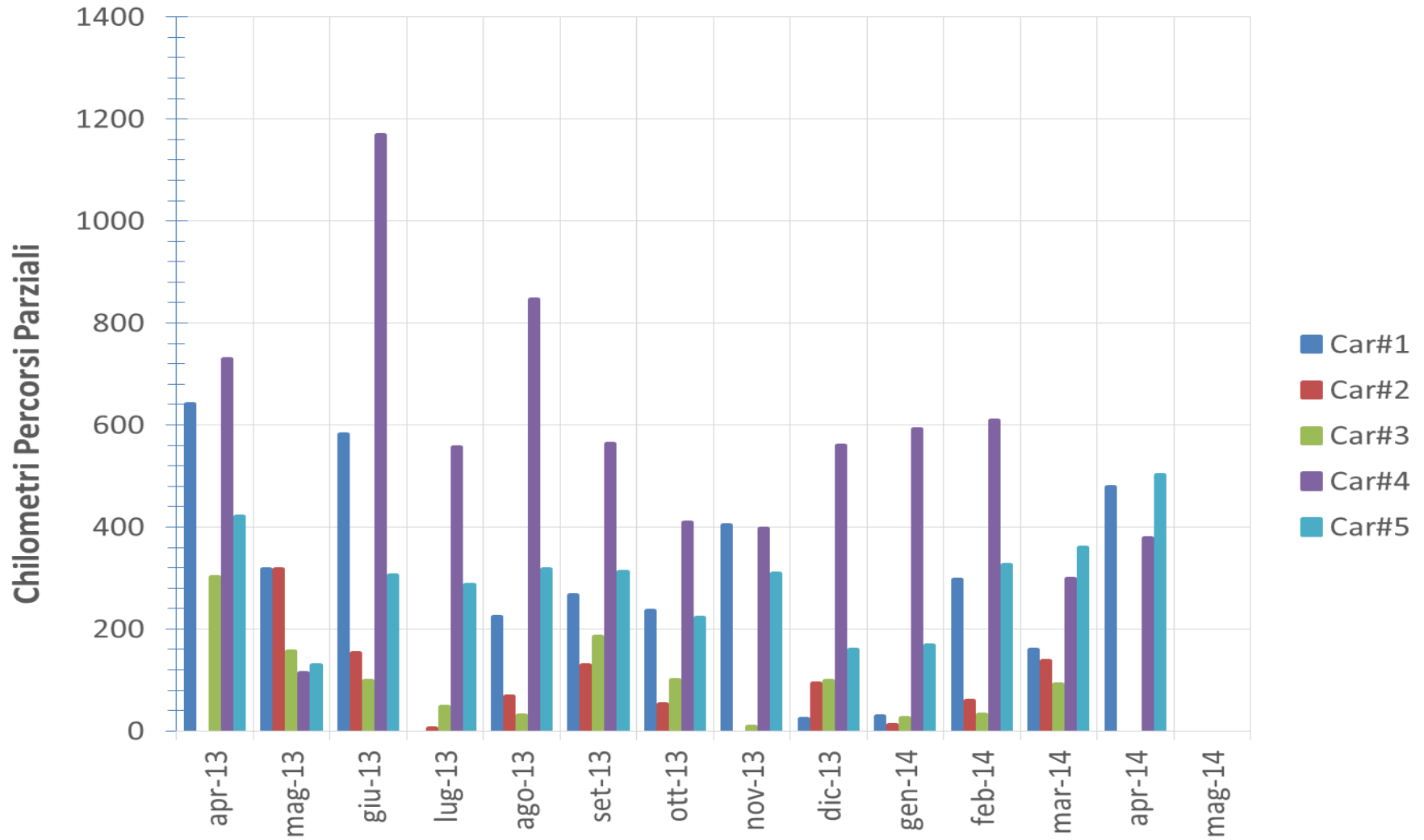
Efficacia Mensile Acquisizioni



Andamento Mensile Odometro



Incremento Mensile Odometro



Dati Globali Percorrenze

| Progetto | CityPorto | | | RêVE | |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Veicolo# | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Inizio Acquisizione | 20/03/2013 16:06 | 10/04/2013 17:43 | 17/04/2013 12:07 | 04/04/2013 14:21 | 05/04/2013 16:38 |
| Fine Acquisizione | 19/06/2014 09:17 | 21/04/2014 07:18 | 23/04/2014 11:54 | 03/06/2014 08:15 | 25/06/2014 09:38 |
| Odometro Attuale [km] | 5166 | 2527 | 3065 | 15171 | 5738 |
| Distanza percorsa nel periodo di acquisizione [km] | 4179 | 1346 | 1492 | 7973 | 4242 |
| Distanza percorsa durante il monitoraggio [km] | 2972 | 1033 | 1358 | 4850 | 3330 |
| Efficacia Acquisizione | 71.1% | 76.8% | 91.0% | 60.8% | 78.5% |
| Velocità massima durante il monitoraggio [km/h] | 133.42 | 132.18 | 118.51 | 120.26 | 120.09 |
| Velocità media durante il monitoraggio [km/h] | 52.13 | 35.97 | 37.49 | 41.55 | 43.74 |
| Altitudine GPS Media [m] | 364 | 538 | 543 | 1113 | 942 |
| Altitudine GPS Massima[m] | 1565 | 1292 | 1282 | 2614 | 1630 |
| Altitudine GPS Minima [m] | 7 | 1 | 192 | 145 | 218 |
| Dislivello Totale [m] | 101137 | 50127 | 49418 | 383753 | 202369 |
| Indice Pendenza | 3.4% | 4.9% | 3.6% | 7.9% | 6.1% |



Dati Globali Consumi

| Progetto | CityPorto | | | RêVE | |
|--|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| Veicolo# | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Inizio Acquisizione | 20/03/2013 16:06 | 10/04/2013 17:43 | 17/04/201 3 12:07 | 04/04/2013 14:21 | 05/04/2013 16:38 |
| Fine Acquisizione | 19/06/2014 09:17 | 21/04/2014 07:18 | 23/04/201 4 11:54 | 03/06/2014 08:15 | 25/06/2014 09:38 |
| Energia integrale durante il monitoraggio [kWh] | 527 | 196 | 240 | 906 | 602 |
| Energia Assorbita durante il monitoraggio [kWh] | 613 | 253 | 311 | 1201 | 813 |
| Energia Rigenerata durante il monitoraggio [kWh] | -86 | -56 | -71 | -295 | -211 |
| Energia Gestita durante il monitoraggio [kWh] | 700 | 309 | 382 | 1496 | 1024 |
| Percentuale di energia Assorbita rispetto alla gestita [--] | 87.7 | 81.8 | 81.3 | 80.3 | 79.4 |
| Percentuale di energia Rigenerata rispetto alla gestita [--] | -12.3 | -18.2 | -18.7 | -19.7 | -20.6 |
| Consumo Specifico durante il monitoraggio [kWh/km] | 0.177 | 0.190 | 0.176 | 0.187 | 0.181 |
| Consumo Specifico * durante il monitoraggio [kWh/km] | 0.193 * | 0.207 * | 0.192 * | 0.203 * | 0.197 * |
| Consumo Specifico ** durante il monitoraggio [kWh/km] | 0.212 ** | 0.227 ** | 0.211 ** | 0.223 ** | 0.216 ** |
| Consumo TOTALE ** da messa su strada veicolo [kWh] | 1094 ** | 574 ** | 646 ** | 3385 ** | 1239 ** |

* Includendo il rendimento della batteria (92%)

** Includendo il rendimento della batteria e del Sistema di Ricarica (92% X 91%)



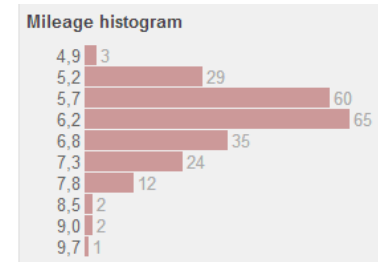
Metodi di Calcolo Emissioni

- A) CO2 NON Emessa equivalente a Renault Kangoo Diesel (80/1268)
Utilizzando il valore da catalogo di un Renault Kangoo Diesel:

$$\text{CO2}[\text{kg}] = \text{Distanza percorsa} [\text{km}] * 0.129 \left[\frac{\text{kg}}{\text{km}} \right]$$

- B) CO2 NON Emessa equivalente a Renault Kangoo Diesel (dati Utenti)
Similmente ad (A), ma utilizzando dei dati di consumi/emissioni reali anziché i valori della norma di omologazione. Utilizzando il valore mediano di consumo (6.2l/100km), confrontato con il valore fornito da Renault per il ciclo misto (4.9l/100km):

$$\text{CO2}[\text{kg}] = \text{Distanza percorsa} [\text{km}] * 0.129 \left[\frac{\text{kg}}{\text{km}} \right] * \frac{6.2}{4.9}$$



<http://www.spritmonitor.de>

- C) CO2 NON Emessa metodo CopertVdA Medio Autovetture

<http://www.eea.europa.eu/publications/copert-4-2014-estimating-emissions>.

I dati di riferimento utilizzati sono relativi al percorso Medio di autovetture relative al set dei fattori di emissione dell'Inventario Regionale Emissioni gestito da ARPA Valle d'Aosta. Il metodo di calcolo si basa sulla cumulata di emissioni sul periodo di monitoraggio tenendo conto della velocità istantanea e della sua distribuzione

NOTA: le emissioni sono calcolate a livello veicolo non includendo rendimenti di generazione, trasmissione etc...



Dati Globali Emissioni

| Progetto | CityPorto | | | RêVE | |
|---|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| Veicolo# | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Inizio Acquisizione | 20/03/2013 16:06 | 10/04/2013 17:43 | 17/04/201 3 12:07 | 04/04/2013 14:21 | 05/04/2013 16:38 |
| Fine Acquisizione | 19/06/2014 09:17 | 21/04/2014 07:18 | 23/04/201 4 11:54 | 03/06/2014 08:15 | 25/06/2014 09:38 |
| CO2 NON Emessa equivalente a Renault Kangoo Diesel (80/1268) nel periodo di Monitoraggio [kg] (A) | 383 | 133 | 175 | 626 | 430 |
| CO2 NON Emessa equivalente a Renault Kangoo Diesel (dati Utenti) nel periodo di Monitoraggio [kg] (B) | 469 | 169 | 223 | 769 | 525 |
| CO2 NON Emessa metodo CopertVdA Medio Autovetture [kg] (C) | 485 | 169 | 222 | 792 | 544 |
| CO2 TOTALE NON Emessa equivalente a Renault Kangoo Diesel (dati Utenti) [kg] (B) | 843 | 412 | 500 | 2476 | 937 |



Considerazioni Conclusive 1/2

- Il sistema di monitoraggio garantisce la raccolta dati dai veicoli, il loro salvataggio ed organizzazione in un database e la fruizione a vari livelli
- Nonostante alcuni periodi d'interruzione (dovuti ad aggiornamenti, fermi macchina e sperimentazione) i dati raccolti sono coerenti e rappresentativi.
- I dati acquisiti sono stati elaborati al fine di identificare parametri significativi per la diagnostica e l'analisi del servizio
- Il *Consumo Specifico* è tendenzialmente una costante per la vettura e pari a: 0.21 kWh/km
- Il *Consumo Specifico* non mostra una sensibile differenza tra i dati relativi ai veicoli dei due progetti
- Il *Consumo Specifico* ottenuto (0.21 kWh/km) è inferiore ai valori di un veicolo equivalente diesel che presenta valori tra 0.43 e 0.63 kWh/km (**non include il processo di generazione/distribuzione**)
- *L'energia rigenerata* è pari a circa il 20%, con valori maggiori per l'utilizzo in strade montane



Considerazioni Conclusive 2/2

- Il *consumo specifico* non sembra, **in media**, influenzato dallo stile di guida, dal dislivello e dalla tipologia stradale, mentre è naturalmente influenzato, **localmente**, dalla *pendenza stradale*
- Il metodi di calcolo della *CO2 NON emessa* che risultano maggiormente affidabili sono: Metodo Copert su dataset VdA (autovetture su ciclo medio) e Metodo equivalente a Renault Kangoo Diesel (dati utenti). Quest'ultimo si presta agevolmente all'implementazione sulla pagina web di divulgazione
- Non risulta ad oggi evidente alcun effetto di "*usura*" delle batterie





Contatti:

ing. **Mario Silvagni**

Politecnico di Torino
Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Aerospaziale
Laboratorio di Meccatronica

C.so Duca degli Abruzzi 24, Torino
Via Luigi Barone,8 Verrès (AO)

Tel: +39 (0)11 090.6239
+39 (0)125 922.538

E-mail : mario.silvagni@polito.it

