



## Integrazione dei sistemi per la ricarica dei veicoli elettrici in ottica “smart grid” e il progetto *Strade Verdi*

*ing. Andrea Bianchin - Deval SpA*

*ing. Davide Falabretti - Politecnico di Milano*

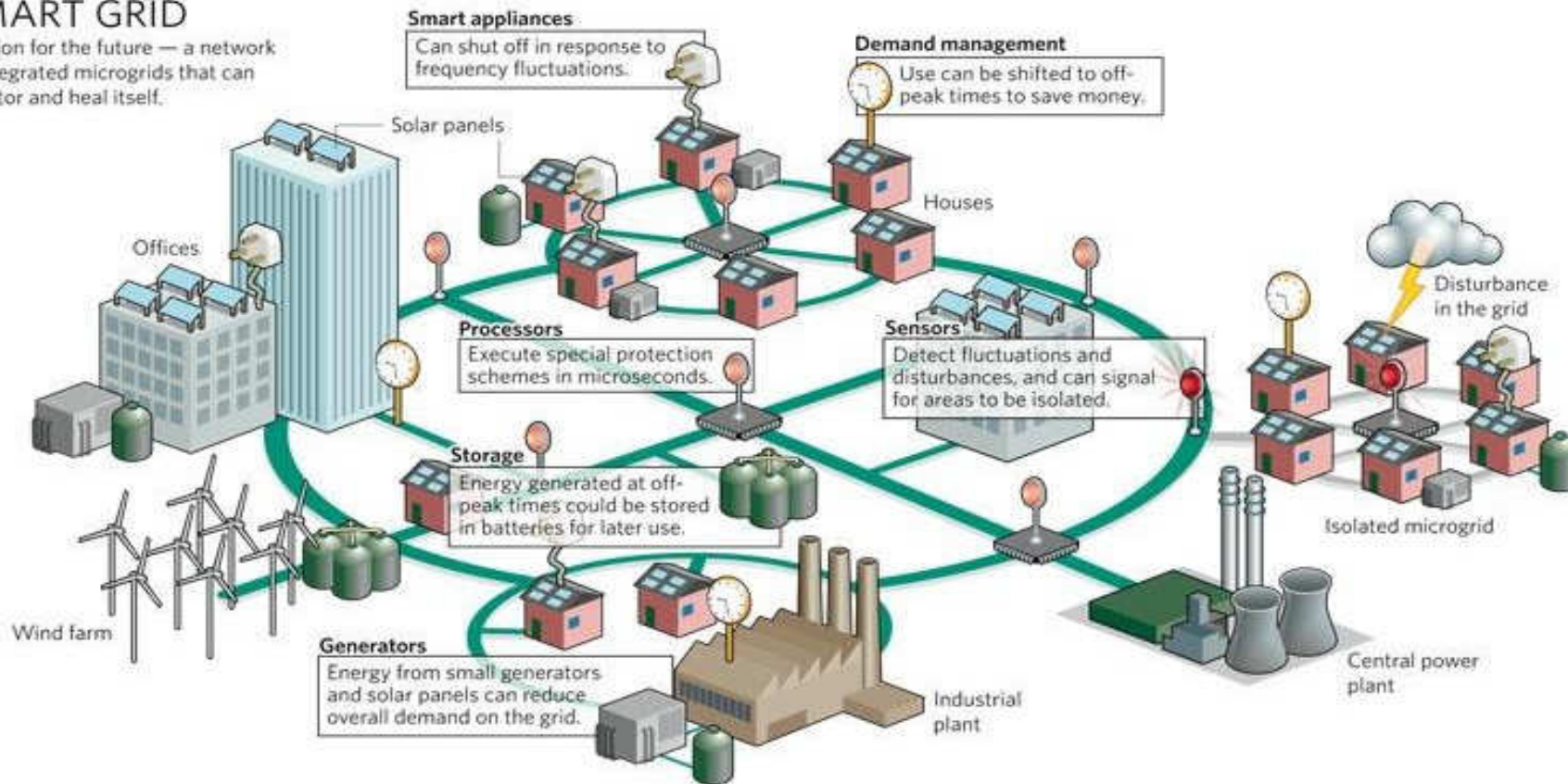
*Workshop Tecnico – Bard, 27 giugno 2014*



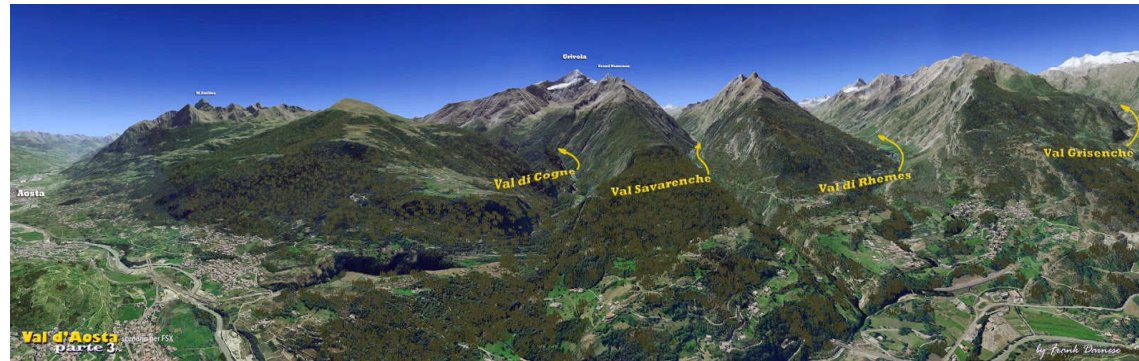
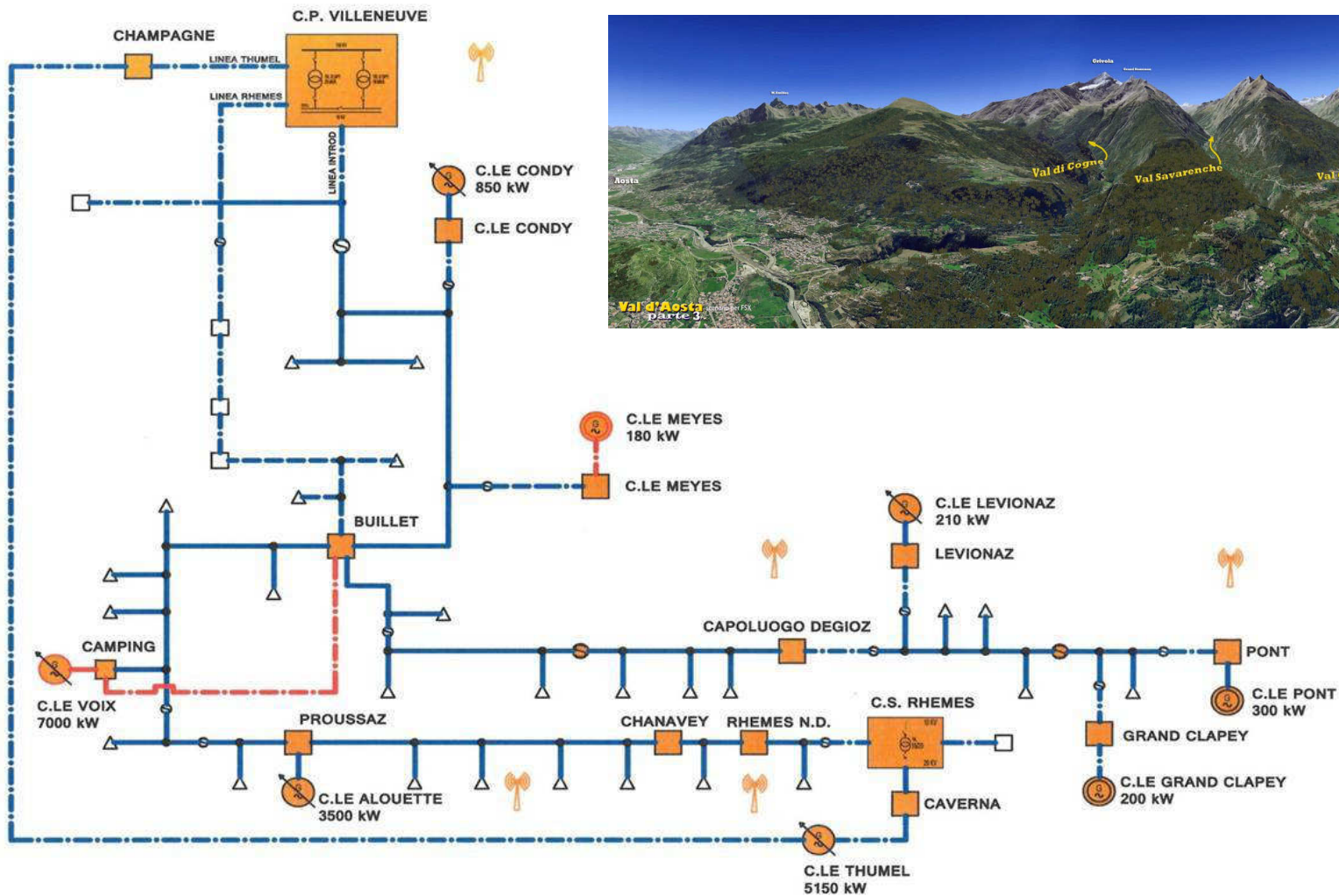
# La rete elettrica di distribuzione

## SMART GRID

A vision for the future — a network of integrated microgrids that can monitor and heal itself.

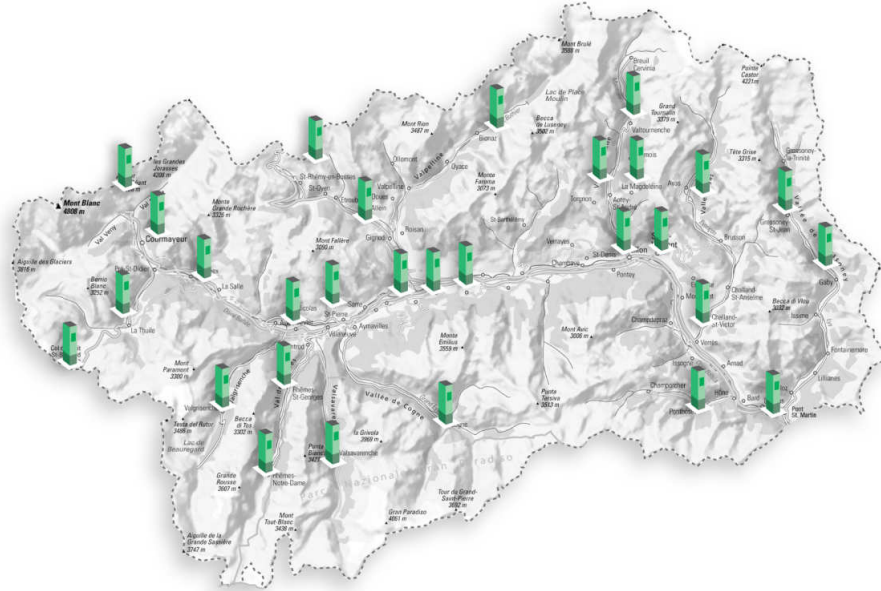


# Il progetto pilota di Deval

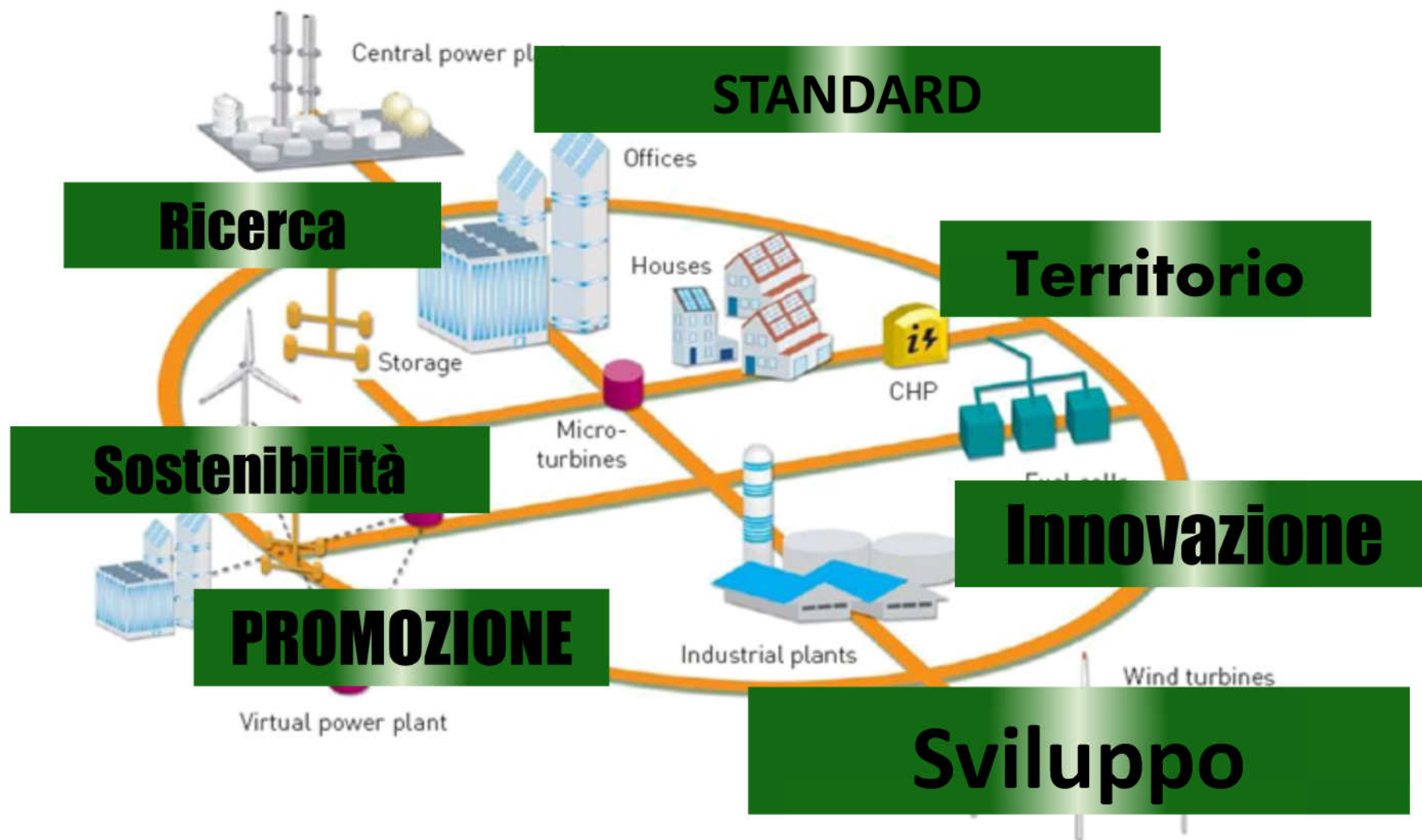




# Da cosa, nasce cosa



# I paradigmi del Progetto StraDEVerdi

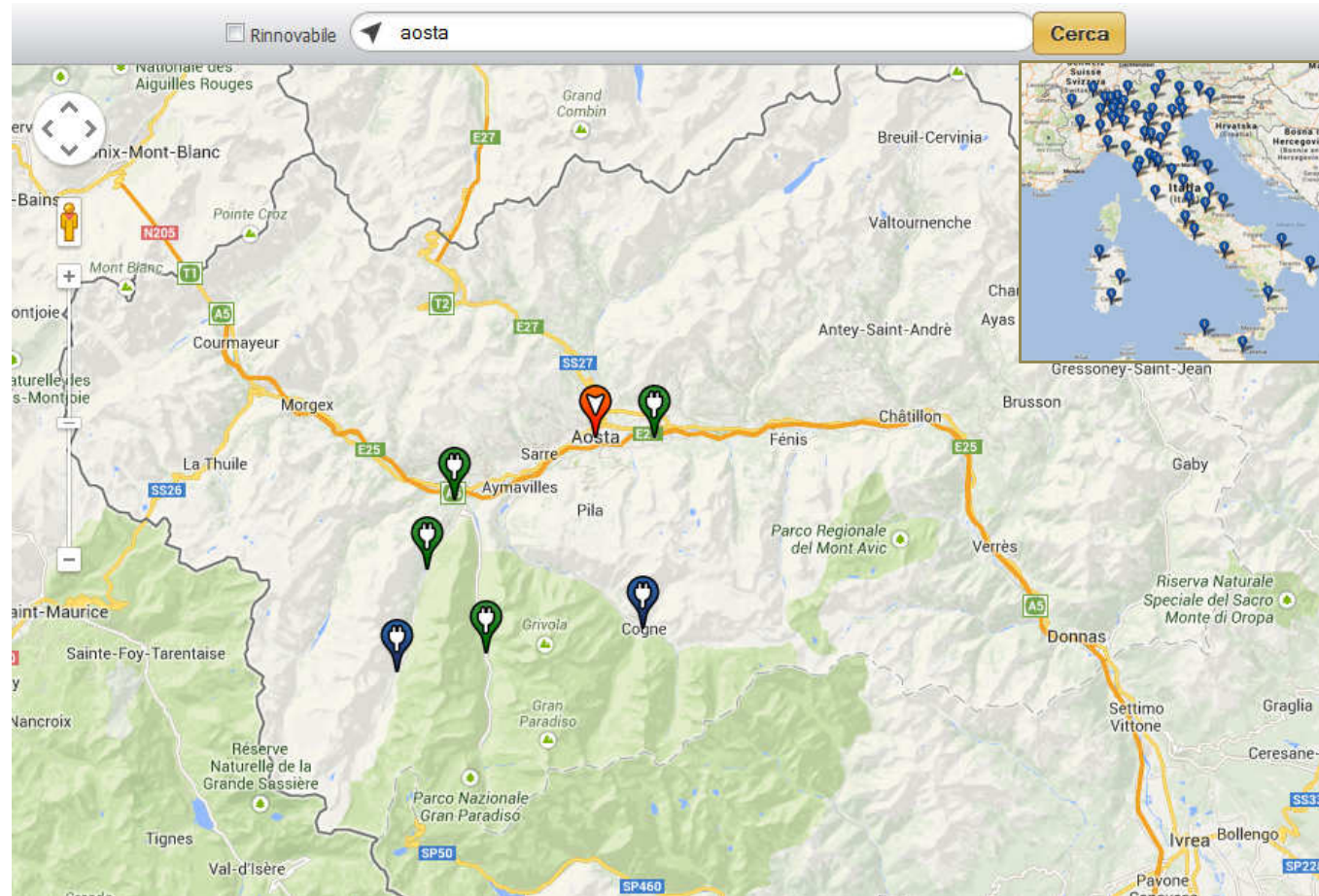




# Lo stato dell'arte

**9 colonnine installate al 27/06/2014:**

- Aosta**
- Pollein**
- Introd**
- Cogne (3)**
- Valsavarenche**
- Rhemes S.G.**
- Rhemes N.D.**



STRADEV ERDI DEVAL. MOBILITÀ ELETTRICA



# Il servizio ai clienti



Home

Infrastruttura Ricariche Cruscotto Amministrazione v8.1.1

Mondo Italia

Regione	Disp.	Ric.	Man.	Tot.
Vale d'Aosta	4	0	0	4

Tot. 4 0 0 4  
Tot.Mondo 4 0 0 4

Cruscotto

- 61 ricariche effettuate
- 108 kWh erogati
- 132 Kg risparmiati

Mappe: France, Svizzera, Italia, etc.

Sessioni di ricarica in corso: Elenco CU, Lista Allarmi

Risultati 0 - 0 di 0. Tot pag: 0

S/N	indirizzo	città	inizio	durata	kWh	presa	uso	RFID	tar.
-----	-----------	-------	--------	--------	-----	-------	-----	------	------



# L'innovazione al servizio del Territorio





# Le finalità dello studio

Nel contesto di diffusione della mobilità elettrica delineato, assume un crescente interesse:

1. valutare l'idoneità della rete di distribuzione a soddisfare i requisiti energetici dei veicoli elettrici;
2. individuare strategie per gestire efficacemente i processi di ricarica.

Nell'ambito della collaborazione tra DEVAL e Politecnico di Milano:

1. si è svolta una analisi circa l'impatto della *e-mobility* sulla rete elettrica (contesto urbano: città di Aosta);
2. si è sviluppata un'architettura per la gestione ottimizzata delle ricariche.

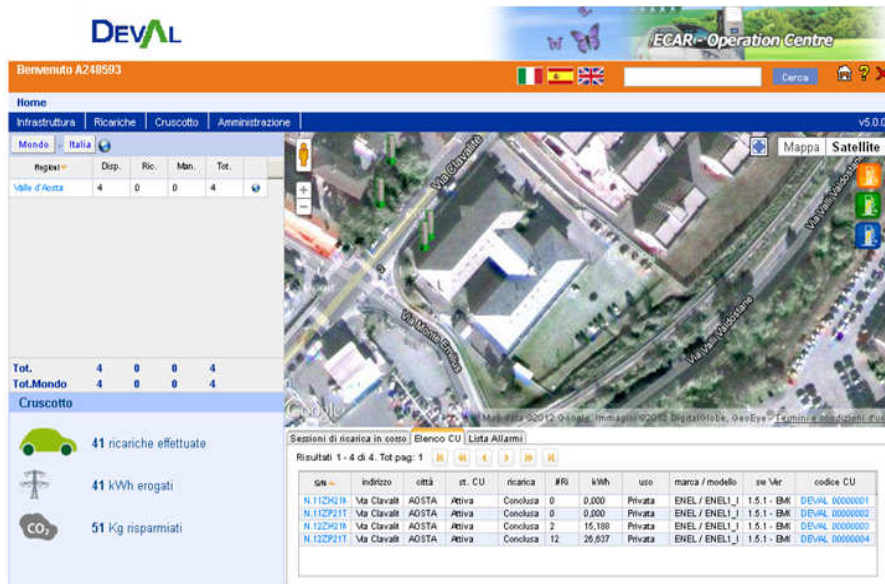


STRADEVERDI DEVAL. MOBILITÀ ELETTRICA



# Il sistema attuale

L'architettura concepita per la gestione della *e-mobility* si configura come una evoluzione del sistema di controllo e monitoraggio oggi in servizio presso il centro DEVAL.



Benvenuto A248503

Home

Infrastruttura | Ricariche | Cruscotto | Amministrazione

Mondo | Italia

Registri

Registri	Disp.	Ric.	Man.	Tot.
Valle d'Aosta	4	0	0	4

Tot. 4 0 0 4  
Tot.Mondo 4 0 0 4

Cruscotto

- 41 ricariche effettuate
- 41 kWh erogati
- 51 Kg risparmiati

Sessioni di ricarica in corso: Elenco CU | Lista Allarmi

Risultati 1 - 4 di 4. Tot pag: 1

Sit	Indirizzo	città	st. CU	ricarica	#Ri	kWh	uso	marca / modello	se Ver	codice CU
N.112HQ1A	Via Clavali	AOSTA	Attiva	Conclusa	0	0,000	Privata	ENEL / ENEL I	1.5.1 - EM	DEVAL_00000001
N.112P21T	Via Clavali	AOSTA	Attiva	Conclusa	0	0,000	Privata	ENEL / ENEL I	1.5.1 - EM	DEVAL_00000002
N.122HQ1A	Via Clavali	AOSTA	Attiva	Conclusa	2	15,188	Privata	ENEL / ENEL I	1.5.1 - EM	DEVAL_00000003
N.122P21T	Via Clavali	AOSTA	Attiva	Conclusa	12	26,637	Privata	ENEL / ENEL I	1.5.1 - EM	DEVAL_00000004

## Oggi:

- ✓ Monitoraggio real-time ricariche
- ✓ Inibizione/abilitazione ricarica da remoto
- ✓ Reportistica
- ✓ Tariffazione

## In futuro...



STRADEVERDI DEVAL. MOBILITÀ ELETTRICA



# L'evoluzione proposta

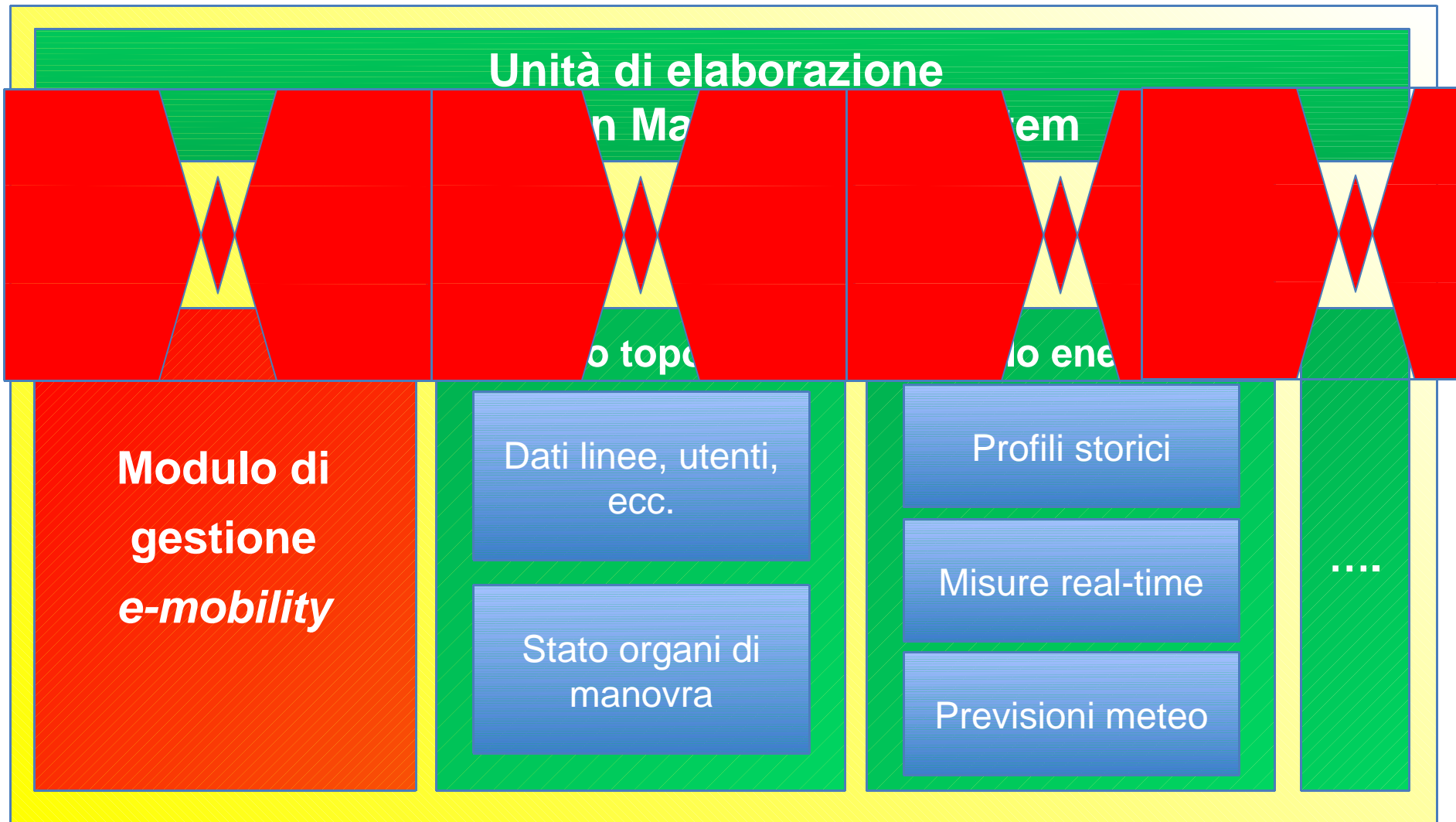
**In futuro**, il sistema potrebbe essere reso più *smart* consentendo la gestione ottimizzata delle ricariche in accordo alle esigenze dell'utente e della rete elettrica.

L'evoluzione proposta si inserisce nel contesto più ampio di *Smart Grid*:

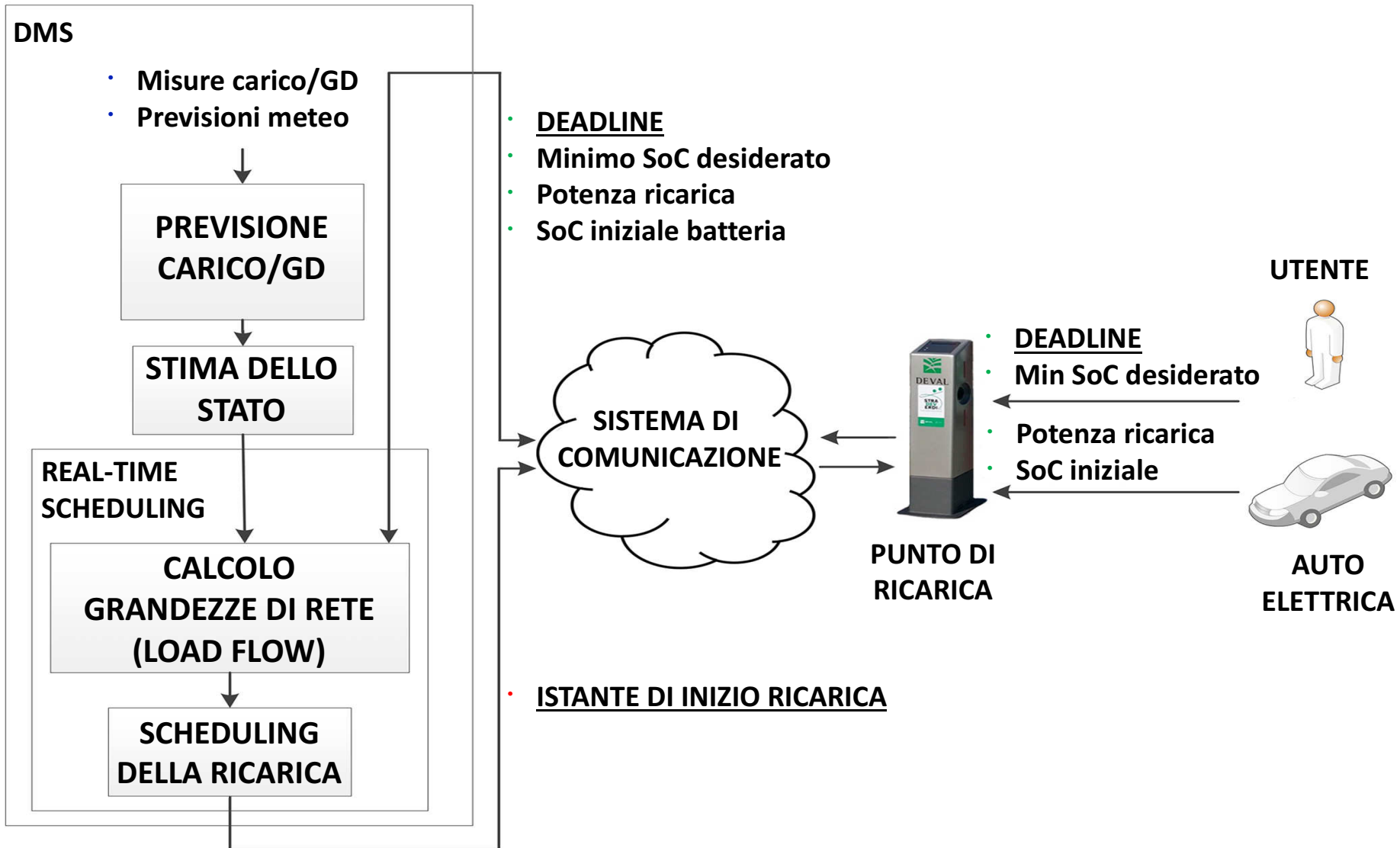
- monitoraggio in tempo reale della rete elettrica (acquisizione prelievi/immissioni utenti, misure, ecc.);
- stima su base previsionale (es., su 72 h) della produzione da fonte rinnovabile e del carico sotteso alla rete;
- stima dello stato della rete, real-time e previsionale;
- Demand-Side Management, per il coordinamento della domanda energetica degli utenti con le esigenze della rete.



# Lo scheduler & il DMS



# L'architettura complessiva



# Gli algoritmi sviluppati

La logica alla base del processo di scheduling è stata concepita a partire da algoritmi del mondo energetico e di applicazioni ICT.

$$\begin{cases} P_n(t) = V_n(t) \cdot \sum_{m=1}^N [Y_{nm} \cdot V_m(t) \cdot \cos(\alpha_{nm}(t))] \\ Q_n(t) = V_n(t) \cdot \sum_{m=1}^N [Y_{nm} \cdot V_m(t) \cdot \sin(\alpha_{nm}(t))] \end{cases}$$

$$\Sigma_i^{min} = \{\sigma_m \in \Sigma_i : m = \operatorname{argmin} \bar{p}_k\}$$

$$\Sigma_i = \{\sigma : \forall \sigma \in \mathbb{N}_0 : r_i \leq \sigma \leq d_i - C_i\}$$

$$C_i = \left\lceil \frac{\gamma_i^{th} - \gamma_i(r_i)}{P_i \cdot \tau} \right\rceil$$



$$\begin{cases} P_j(t) = -\sum_{i=1}^{h_j(t)} P_i(t) - P_{Lj}(t) + P_{Gj}(t) \\ Q_j(t) = -Q_{Lj}(t) + Q_{Gj}(t) \end{cases}$$

$$[\bar{I}(t)] = [\bar{Y}] \cdot [\bar{V}(t)]$$

$$\bar{p}_k = \frac{1}{C_i} \cdot \sum_{t=\sigma_k}^{\sigma_k+C_i} p(t) \quad \sigma_k \in \Sigma_i$$

$$\hat{p}_k = \max_{t \in [\sigma_k, \sigma_k+C_i]} p(t) \quad \sigma_k \in \Sigma_i$$

$$\Sigma'_i = \{\sigma \mid r_i \leq \sigma \leq d_i - C_i \wedge f_i(t) = 1 \forall t \in [\sigma, \sigma+C_i]\}$$



# ***Gli obiettivi***

---

Il modulo di gestione sviluppato agisce come logica centrale allo scopo di **schedulare le ricariche** della *e-mobility* (= definirne l'istante di inizio).

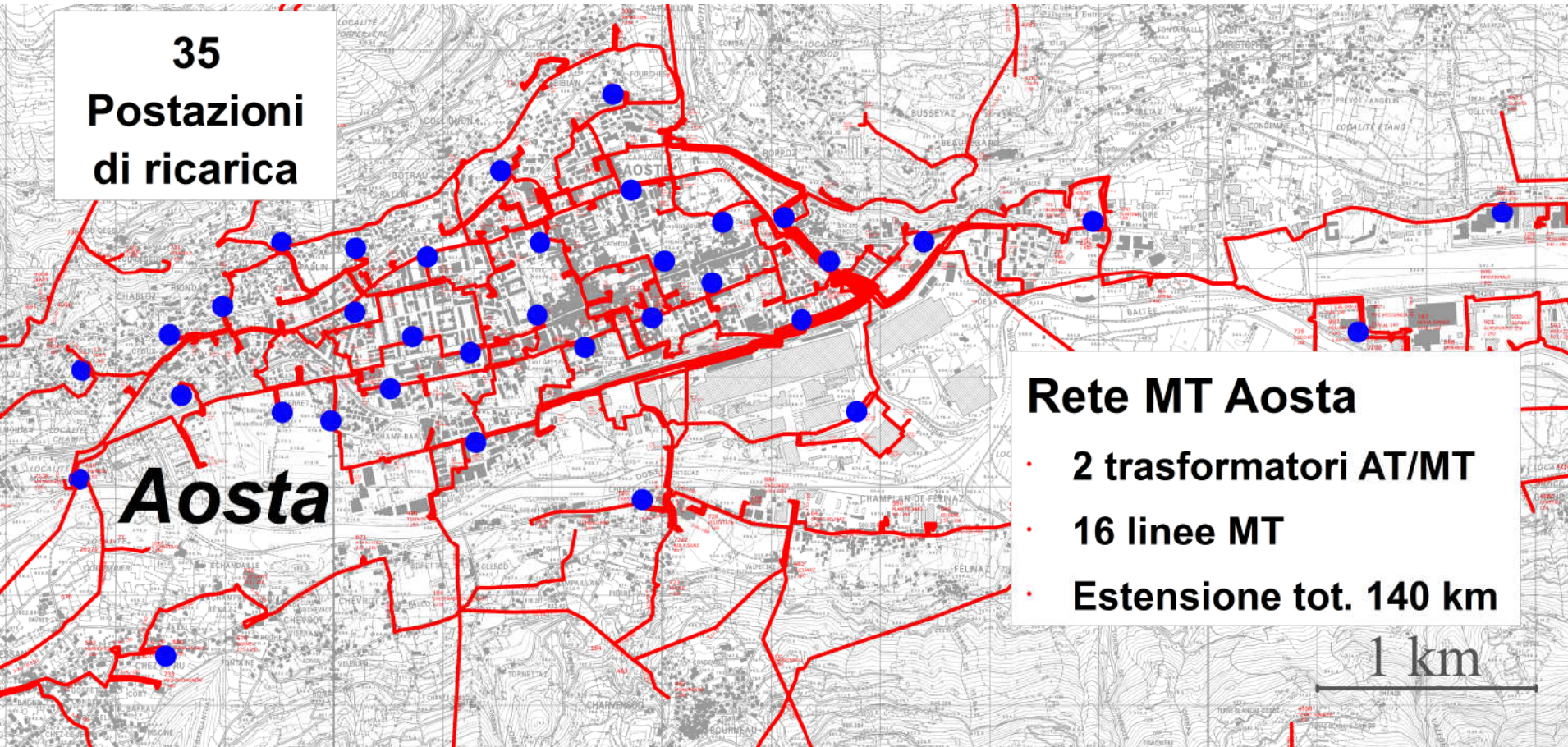
## **Obiettivi:**

- ridurre l'impatto della ricarica sulla rete elettrica (evitare infrazioni dei limiti tecnici di rete: tensioni & correnti);
- fornire un servizio migliorato agli utenti, consentendo, a parità di asset di rete, di soddisfare più richieste di ricarica;
- migliorare l'efficienza di utilizzo della rete, limitando le perdite.



# Lo scenario analizzato

Lo scheduler è stato testato sullo scenario urbano della città di Aosta.



# Le analisi sperimentali

Analisi numeriche parametriche rispetto al numero di veicoli elettrici in circolazione nella città di Aosta.

→ Scenari con 1.000, 2.000, 3.000, ..., 20.000 auto.

Per ciascun livello di penetrazione della *e-mobility* si è simulato il comportamento dello *scheduler* in differenti scenari:

- mantenendo inalterati i profili di carico e di generazione (comportamento della rete invariato);
- originando una nuova popolazione di auto, in modo da valutare l'impatto della variabilità del traffico sui risultati.



# Lo scheduling & gli utenti

Il traffico urbano è generato su base probabilistica.



Ogni auto:

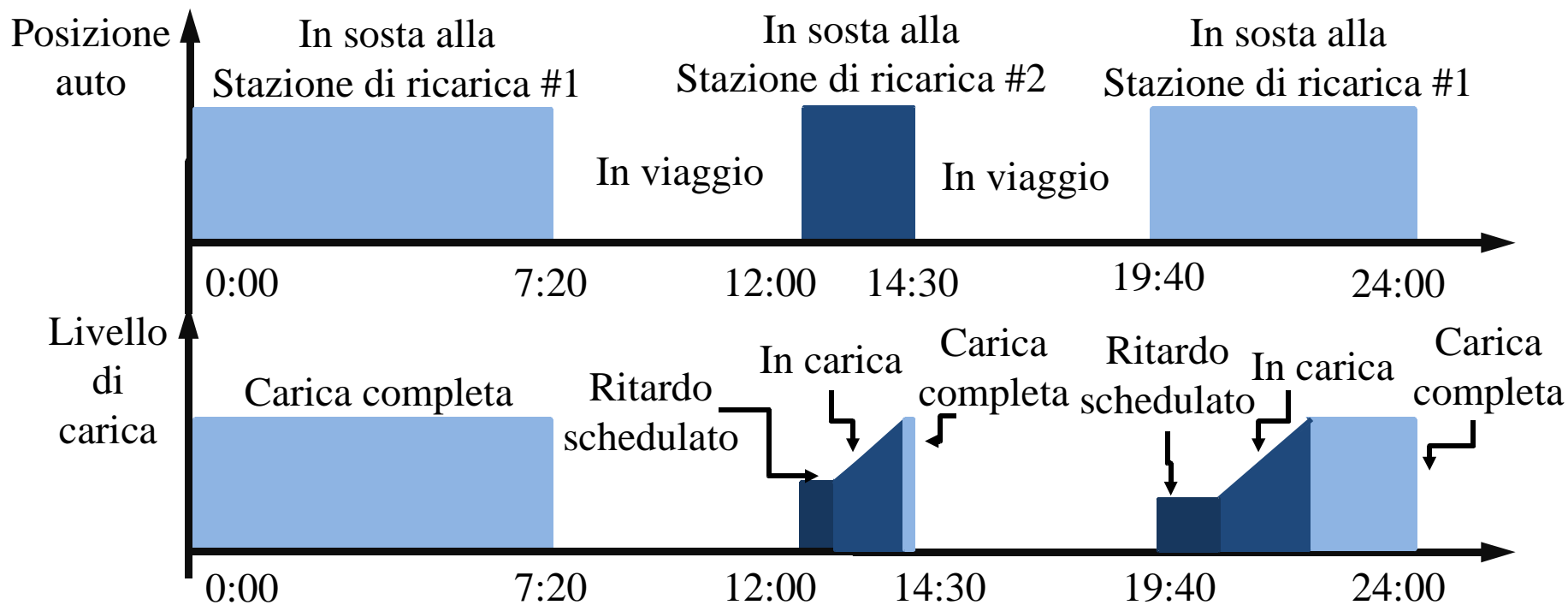
- parte (la mattina) da un luogo predefinito;
- effettua una o più soste durante la giornata presso i punti di ricarica dislocati in città;
- torna (nel tardo pomeriggio) al luogo di partenza (posteggio munito di colonnine).

Caratteristiche auto:

- Potenza di carica: 22 kW
- Capacità batterie: 30 kWh
- Consumo medio: 0,2 kWh/km
- Percorrenza media: 39,02 km/g

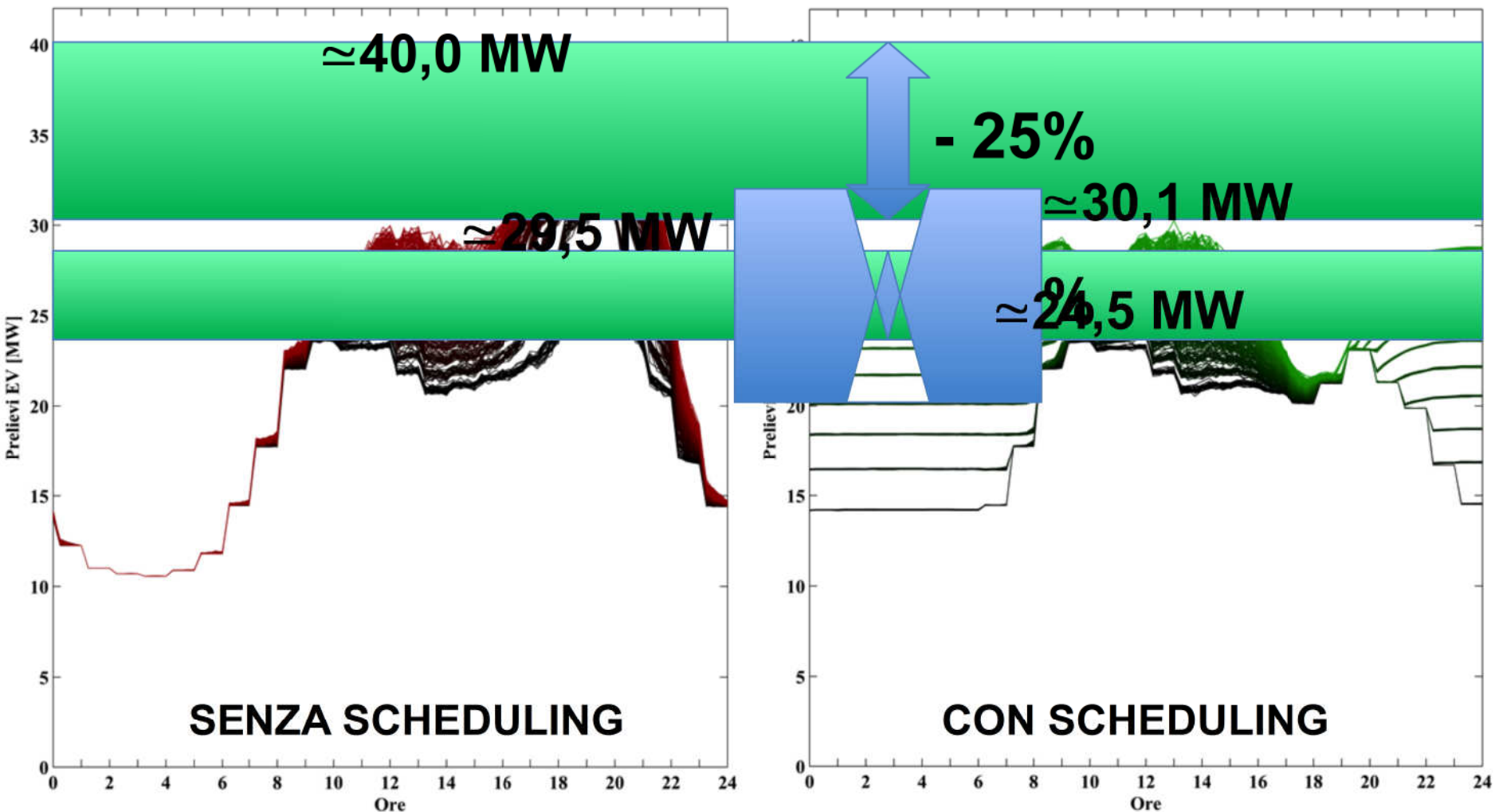
# Lo scheduling & gli utenti

La logica di controllo sfrutta la permanenza di un veicolo in un dato sito per modulare il profilo di carico complessivo della rete.



# Risultati: profili di prelievo dalla rete AT

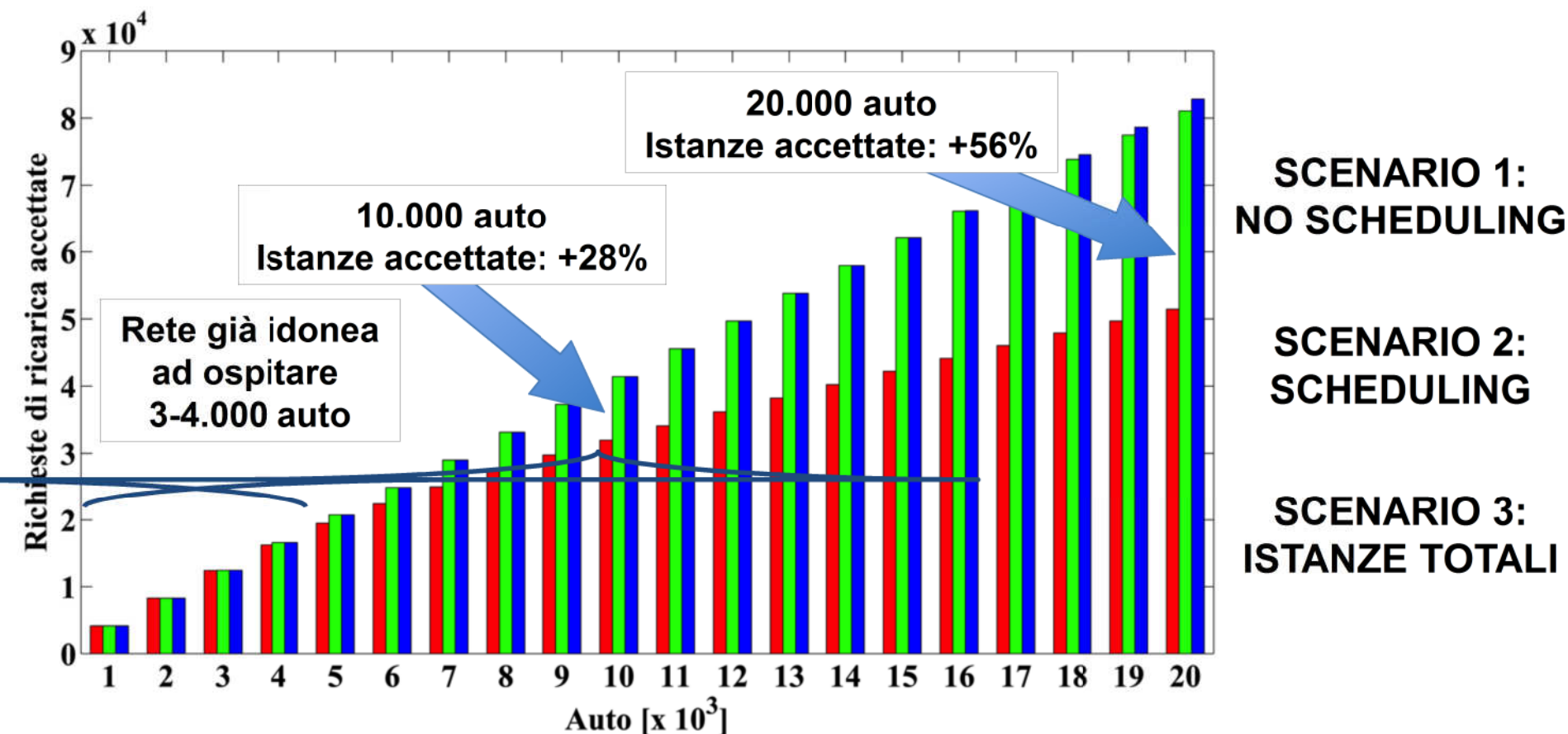
210 0000 auto





# Risultati: istanze di ricarica accettate

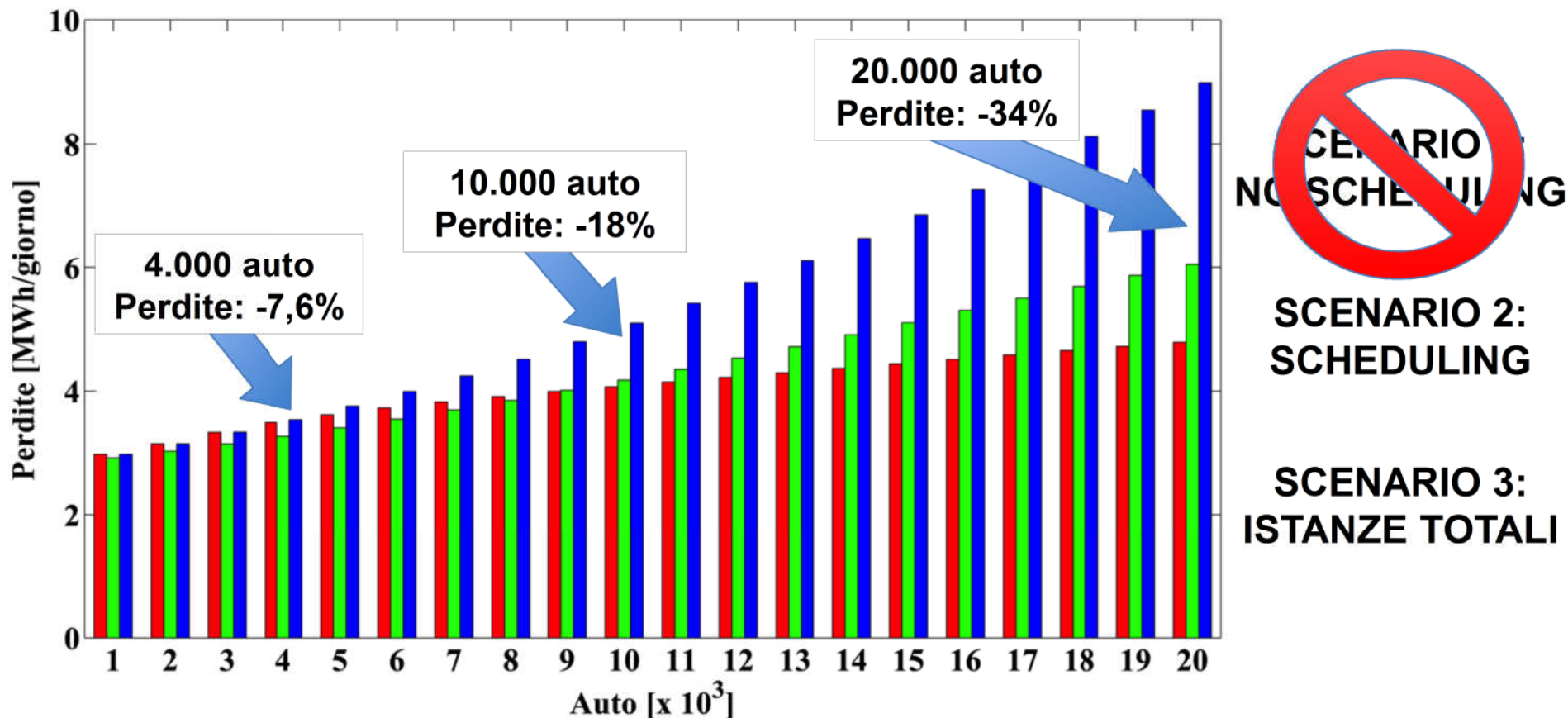
L'algoritmo di gestione della mobilità elettrica permette di aumentare il numero di ricariche complessivamente soddisfatte.



# Risultati: perdite in rete

Il peak-shaving ha effetti benefici sull'efficienza di esercizio della rete

→ Minori perdite di energia nei conduttori/trasformatori





***Grazie per l'attenzione!***

