

# ACTUATE - Presentazione

Formazione avanzata per la guida  
ecologica sicura dei veicoli elettrici  
Tram



Co-funded by the Intelligent Energy Europe  
Programme of the European Union

actuate



# Chi trae beneficio dalla guida ecologica?

**La guida ecologica non significa solamente risparmi reali sul carburante.**

- Il conducente

- è più rilassato, non stressato
- è meno incline ad ammalarsi, commette meno incidenti

- Il passeggero

- si sente più sicuro in quanto avverte la calma del conducente attraverso il suo comportamento di guida

- Il veicolo e l'infrastruttura

- Si verifica un'usura minore, i sistemi di azionamento vengono trattati con maggiore cura e c'è meno tensione sulle costose infrastrutture



## Chi trae beneficio dalla guida ecologica?

### ■ L'ambiente

- Vengono prodotte meno emissioni.

### ■ L'azienda

- La guida ecologica può realisticamente portare a una riduzione (addizionale e non basata sulla tecnologia) del consumo di carburante di circa il 3 per cento, sulla base dell'esperienza dell'azienda partner di ACTUATE Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB, Germania). Un modello di calcolo per LVB: con un consumo di circa 60 GWh all'anno per la corrente di trazione, possono essere previsti risparmi di circa 1,8 GWh per il parco tram di Lipsia. In termini finanziari, ciò significherebbe per LBV risparmi di circa € 210.000 all'anno.



# Conoscenza di base



Co-funded by the Intelligent Energy Europe  
Programme of the European Union

actuate





## **Fattori rilevanti per il comportamento di guida ecologica negli autobus e nei treni:**

- Comportamento di guida del conducente
- Uso consapevole delle apparecchiature ausiliarie (aria condizionata, riscaldamento)
- Percorso, densità di traffico e occupazione
- Uso consapevole delle fasi di rotolamento
- Software di controllo elettronico



**Una velocità media più elevata non viene raggiunta con singoli picchi di velocità ma con uno stile di guida uniforme!**



## In che modo può essere risparmiata l'energia?

Consumo di energia troppo elevato sulla sezione!

Possibili ragioni:

- stress
- comportamento di guida irregolare e frettoloso
- "gioco" con il dispositivo di riferimento
- accelerazione troppo lunga
- fasi di rotolamento troppo brevi



## Comportamento di guida ideale su terreni piani



- ✓ Accelerare lentamente e uniformemente (pensare alla comodità dei passeggeri)
- ✓ Lasciar rotolare il veicolo il più a lungo possibile
- ✓ Frenare uniformemente e delicatamente



## Fattori che influenzano lo spazio di frenata

- velocità
- condizioni delle tratte
- condizioni della linea
- tipo e numero degli altri freni utilizzati
- occupazione/carico del veicolo
- caratteristiche del veicolo

**Se si raddoppia la velocità, si quadruplica lo spazio di frenata.**





## Motori del tram

motore a corrente continua a  
eccitazione separata con  
(variatore) → Tatra



motore asincrono trifase →  
NGT 6 (Leoliner), NGT 12  
(XXL)

**Esempio: Tutti i veicoli pubblici di Lipsia sono dotati di un sistema di frenatura a recupero!**  
**(recupero di energia = freno a recupero):**

*il 67% (alla sera) – il 98% (nelle ore di punta) di energia recuperata viene utilizzato!*



## Per il consumo di carburante, è più importante il sistema di controllo rispetto ai motori

Energia dissipata da un controllo reostatico con un'accelerazione ottimale e costantemente elevata



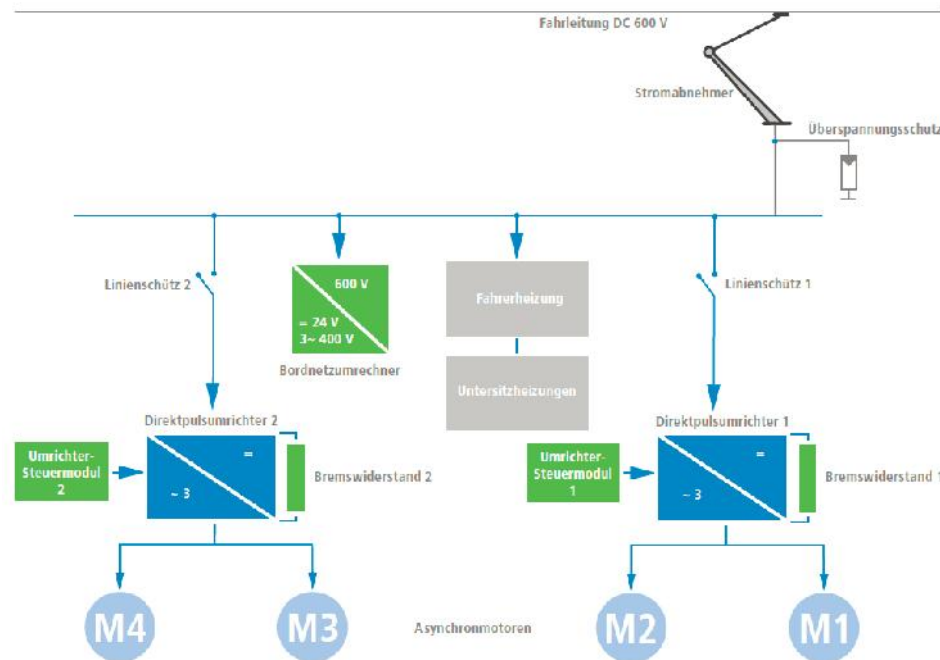
Il controllo reostatico è senza dubbio il meno redditizio.

Il 50% del consumo di energia viene convertito in calore e dissipato anche con un comportamento di guida ottimale.

Non c'è alcun recupero di energia in questo caso!

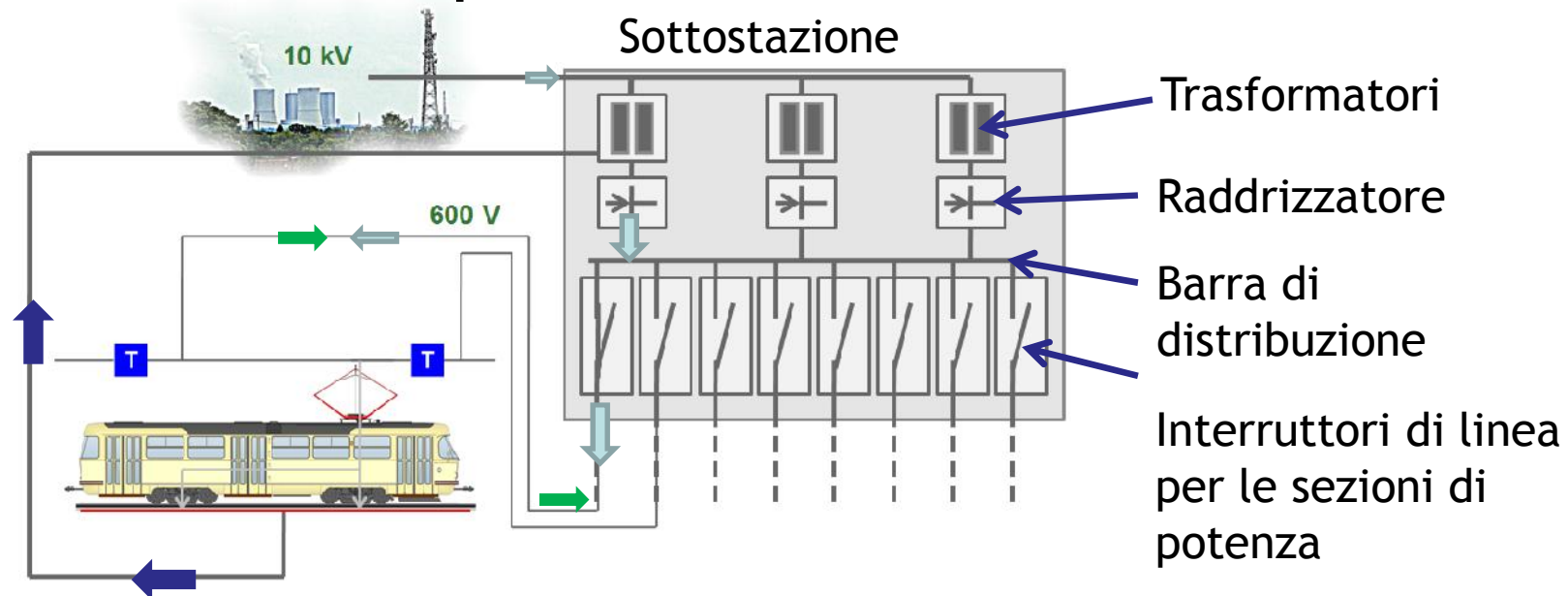


## Per il consumo di carburante, è più importante il sistema di controllo rispetto ai motori



L'IGBT (transistor bipolare a gate isolato) e i controlli di variazione normalmente installati nei nuovi veicoli sono molto efficienti. Viene consumata solo l'esatta quantità di energia elettrica che il motore può utilizzare. Tuttavia, il conducente determina quanta energia elettrica il motore utilizzerà in quanto egli stabilisce la quantità di corrente assorbita attraverso il dispositivo di riferimento o l'acceleratore e la lunghezza e l'intensità del recupero di energia durante la frenata.

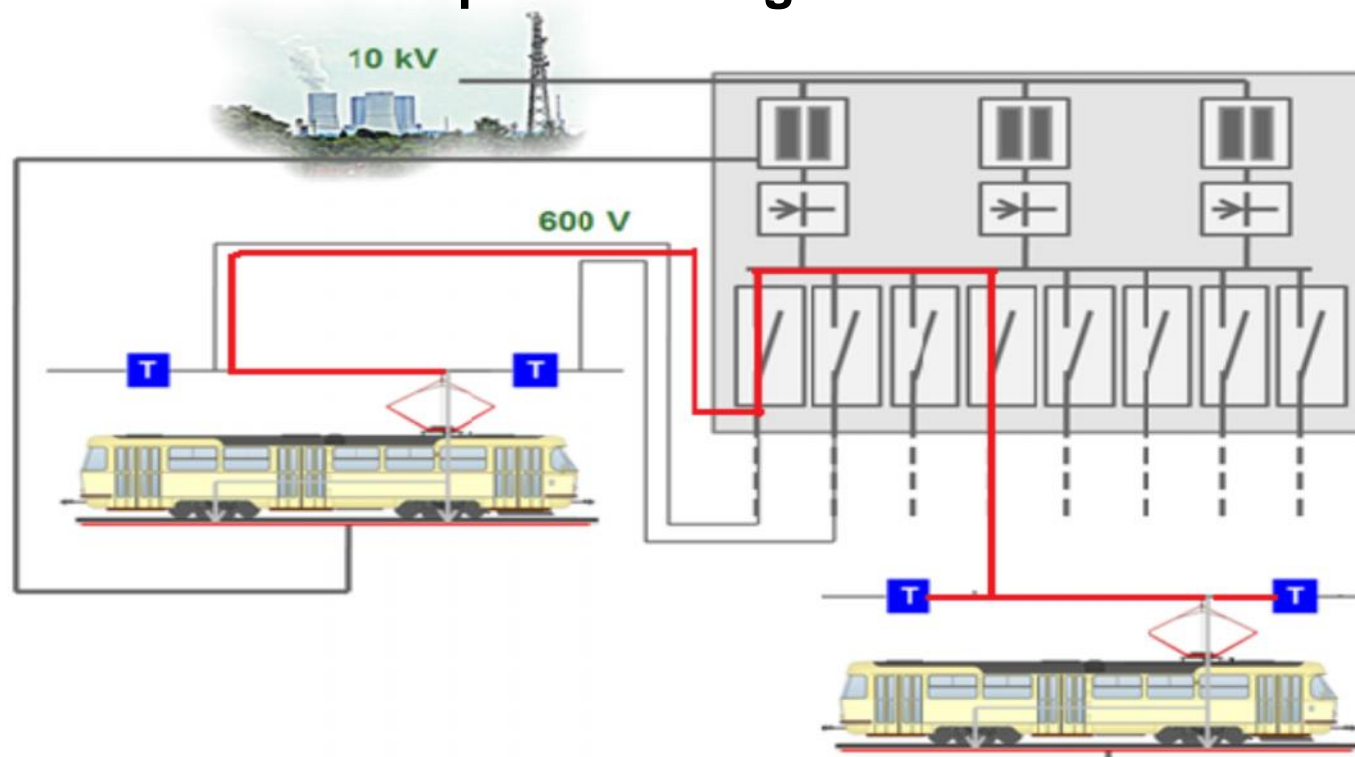
## Profilo di corrente semplice



La corrente CA a 10 kV viene inviata dalla centrale elettrica alle sottostazioni. Viene convertita in 600 V, rettificata e alimentata in una barra di distribuzione dalla quale si diramano le singole sezioni di potenza.

Dopo essere utilizzata nel veicolo, l'elettricità viene alimentata nuovamente attraverso un cavo di ritorno (corrente residua).

## Profilo di corrente con recupero di energia



**Nel recupero di energia, la corrente in eccesso viene alimentata nuovamente dal veicolo al filo di contatto.**

La corrente restituita viene alimentata nella barra di distribuzione in modo che possa essere utilizzata da tutti i veicoli che prendono energia dalla barra di distribuzione delle sottostazioni rilevanti.



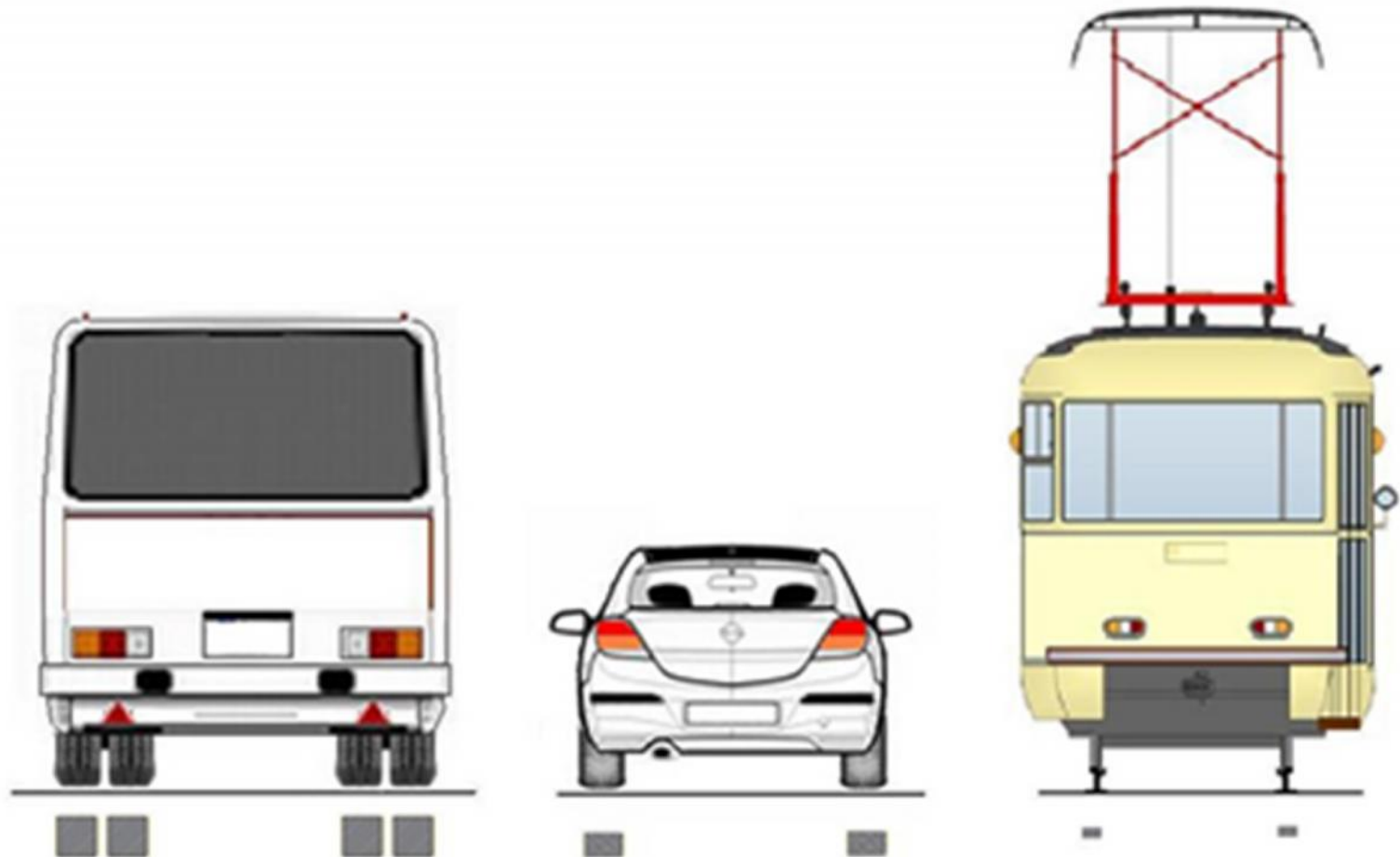
## Dinamica del veicolo: Intermedia

**Le forze tra la ruota e la rotaia (forza di adesione a trazione) dipendono da:**

- ◆ Caratteristiche del materiale
  - ▶ Acciaio su acciaio
- ◆ Intermedio
  - ▶ Sporczia, detriti di usura, strati di ossido, foglie, sabbia, neve
- ◆ La forza di trazione totale del veicolo
  - ▶ deve essere sempre inferiore o al massimo pari alla forza di adesione a trazione
- ◆ Pressione superficiale
  - ▶ Area di contatto dell'area di funzionamento della ruota sulla superficie della testa della rotaia → Peso adesivo



## Dinamica del veicolo: Attrito volvente



## Tecnologia del veicolo: motore a corrente continua con freno a recupero

- ➔ In caso di **freni elettromotori**, anche freni a recupero, spesso denominati freni generatore, il motore di azionamento viene utilizzato come un generatore durante la frenata.
- ➔ L'energia viene alimentata nuovamente nella rete elettrica (filo di contatto). In alcuni treni, l'energia elettrica generata viene utilizzata per alimentare il sistema di riscaldamento o per cambiare la batteria. Tuttavia, sono necessarie apparecchiature aggiuntive per svolgere queste attività.
- ➔ Questo processo viene denominato rigenerazione dell'energia e i freni sono noti come freni a recupero.  
("recuperare" = parola latina per 'recover', 'regain'))



# Pratica di guida



Co-funded by the Intelligent Energy Europe  
Programme of the European Union

actuate



## Suggerimenti sulla parte pratica della formazione

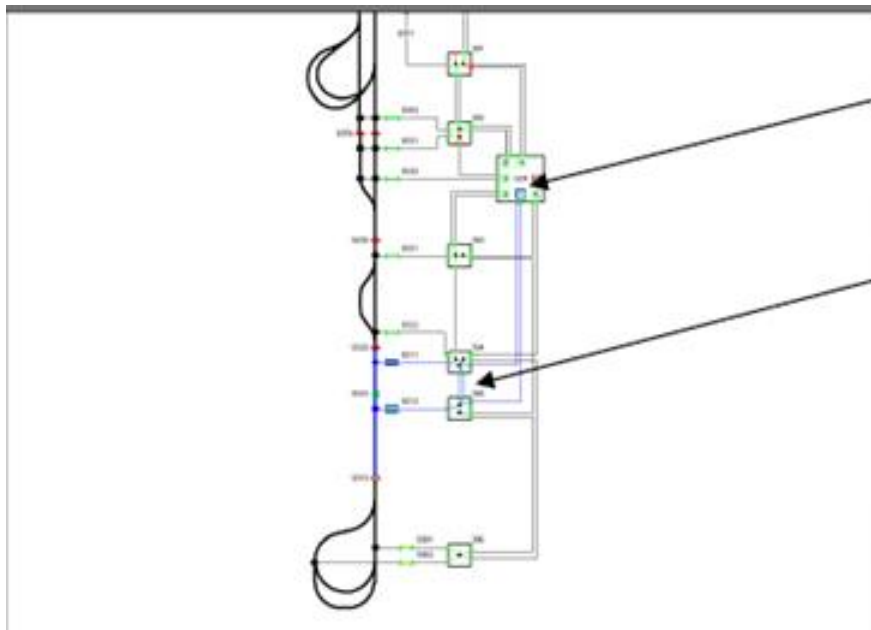
- Selezionare un percorso/linea "reale" per la parte pratica (garantire che le condizioni siano il più realistiche possibile – per es.: guidare dietro a un autobus di linea) al fine di simulare l'avvicinamento, l'arresto e la partenza dalle fermate il più realisticamente possibile
- Determinazione di una definita sequenza di conducenti
- Preparare la misurazione di energia per il viaggio
- Applicazione di un "normale comportamento di guida" (corsa "prima")
- Se possibile, lo stesso percorso e la stessa sequenza di conducenti devono essere mantenute per la corsa "dopo"
- Insegnare il comportamento di guida, comprese le informazioni fornite durante la parte teorica, nell'ambito della corsa "dopo"
- Ripetere le misurazioni di energia per un confronto delle possibili riduzioni di energia a confronto con la corsa "prima"





## Registrazione del consumo prima e dopo la formazione

1. Misurare i singoli percorsi in una sezione definita della tratta
2. Misurare la linea in una sezione definita della tratta
3. Valutazione individuale del comportamento di guida da parte di osservatori



Misurazioni prese alla partenza  
della sezione nella sottostazione  
Misurazioni di corrente e tensione  
con calcoli di potenza

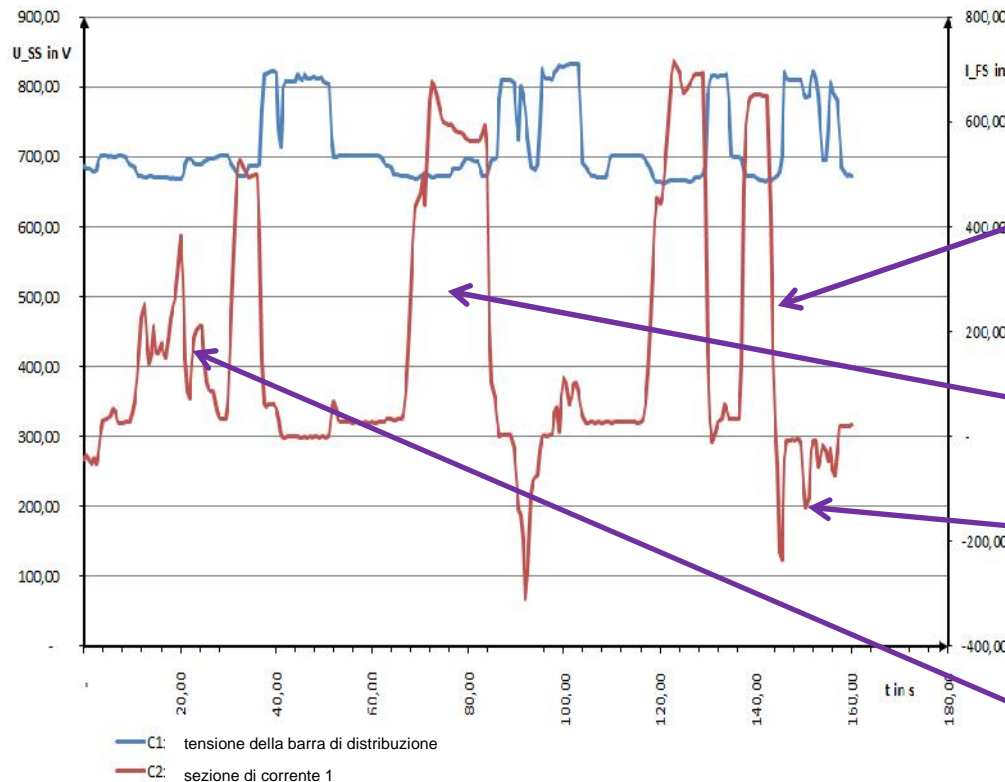
### **Condizioni ausiliarie:**

sezione singola della tratta con segnalazione  
nessuna apparecchiatura ausiliaria aggiuntiva  
uso parziale della strada  
con trasporto personale motorizzato  
fermate passeggeri



## Misurazioni del consumo di energia

Misurazioni per il personale non formato → curva di corrente sub-ottimale a causa di un comportamento di guida stressato e agitato → dispositivo di riferimento spostato continuamente!



= comportamento di guida non corretto

Pressione del freno prima di accelerare

Accelerazione lunga

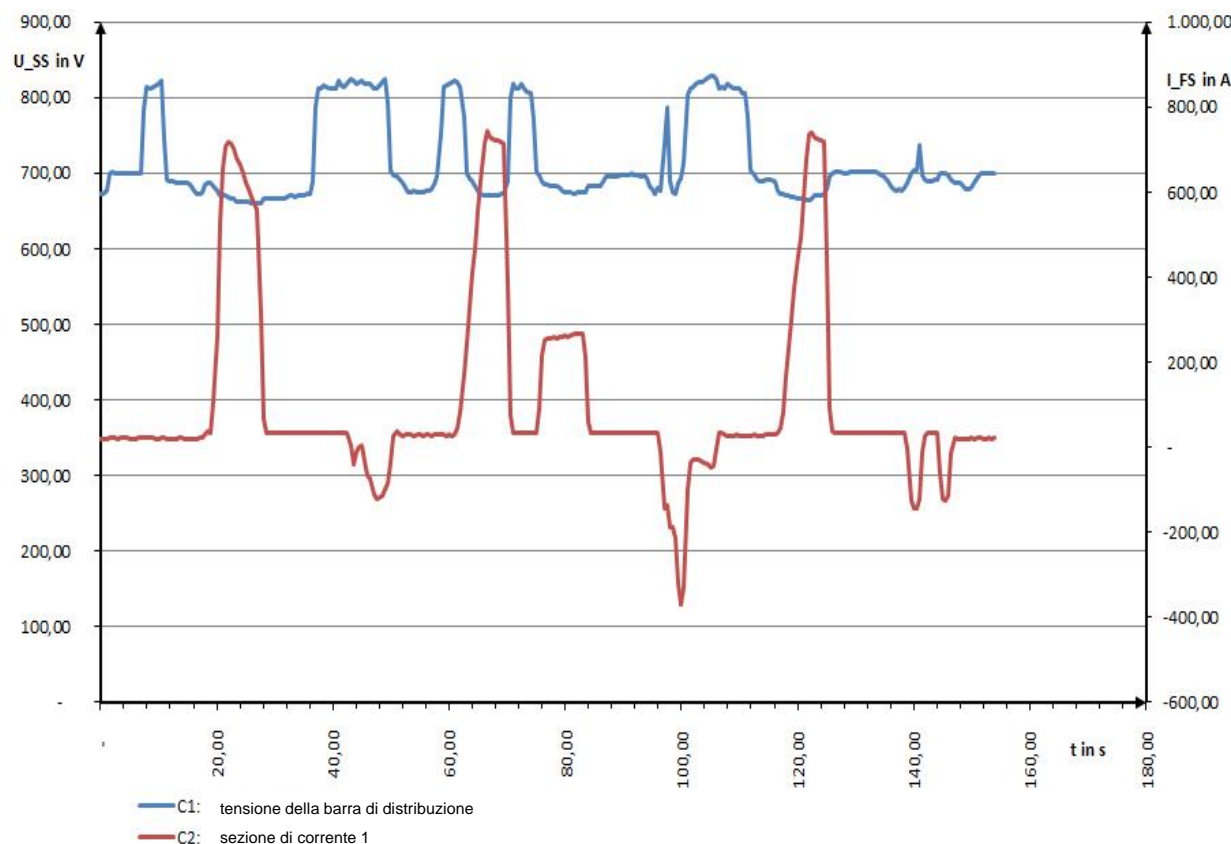
Frenata con recupero di energia

Accelerazione lunga, non uniforme e non equilibrata



## Misurazioni del consumo di energia

Misurazioni per il personale formato → curva di corrente ideale grazie a un comportamento di guida calmo e semplice



= comportamento di guida corretto

3 x accelerazioni brevi e forti e accelerazione intermedia

3 azioni di frenata con recupero di energia

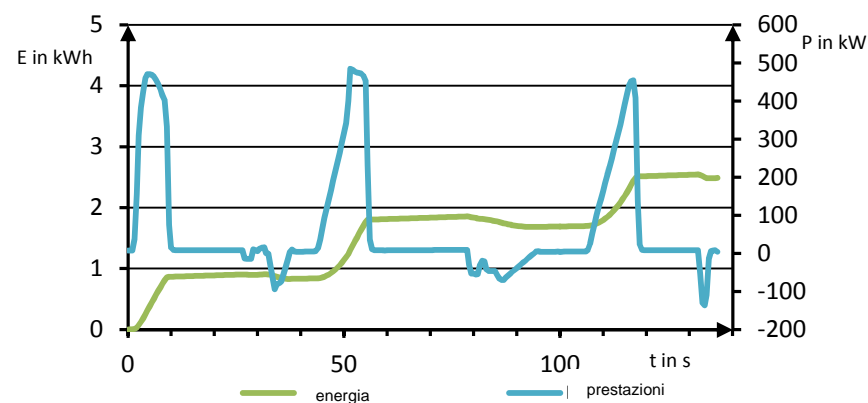
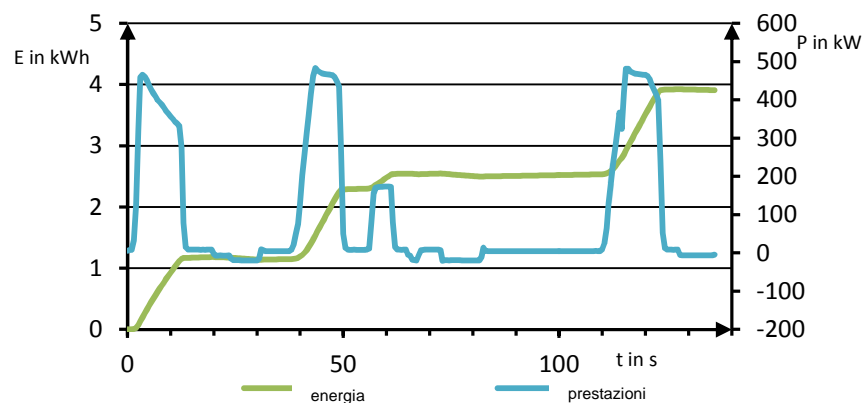
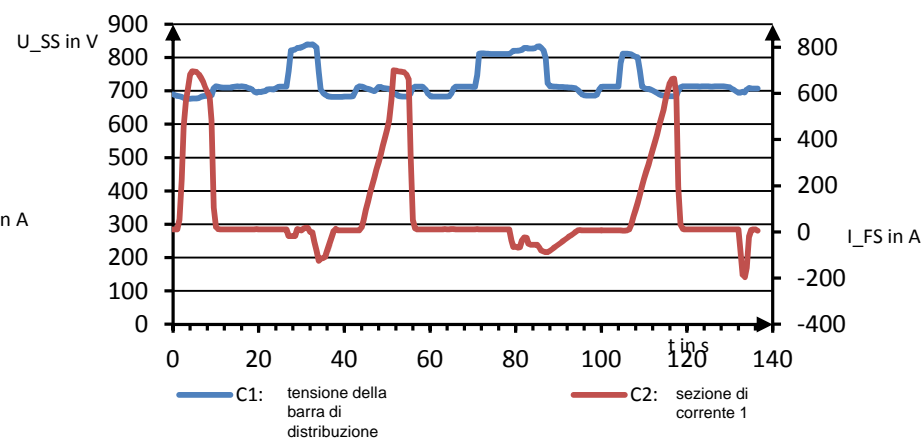
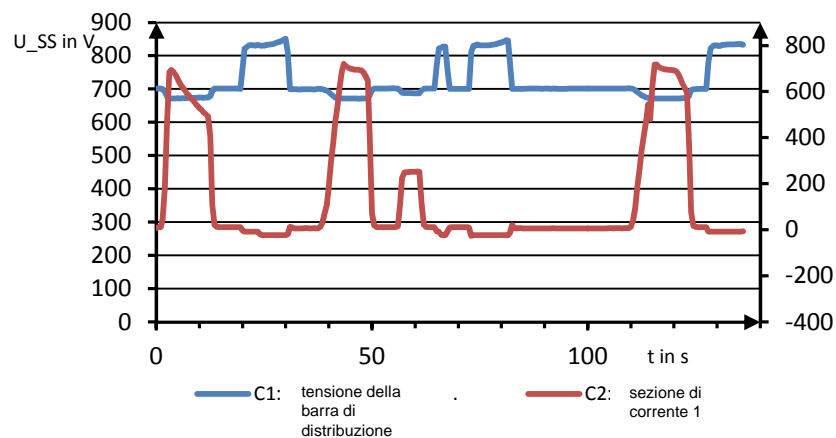


## Risultati delle misurazioni di energia a Lipsia

Valutazione del tram  
T4D/T4D/NB4 = Tatra  
con veicolo rimorchio  
da Bombardier



## Valutazione del tram T4D/T4D/NB4 prima e dopo la formazione





## Valutazione del tram

### Consumo di energia T4D/T4D/NB4 confronto

|                        | <b>kWh</b> | <b>kWh/km</b> | <b>t/s</b> |
|------------------------|------------|---------------|------------|
| Prima della formazione | 3,98       | 4,55          | 137        |
| Dopo la formazione     | 2,49       | 2,98          | 138        |
| Effetto                | -44,5%     |               | +0,7%      |



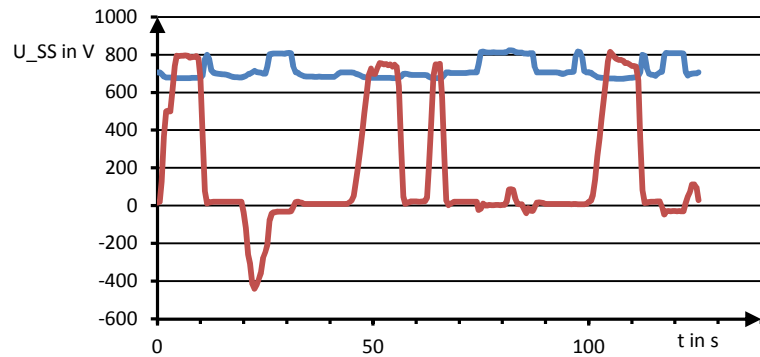
## Valutazione del tram NGT12 Bombardier Classic



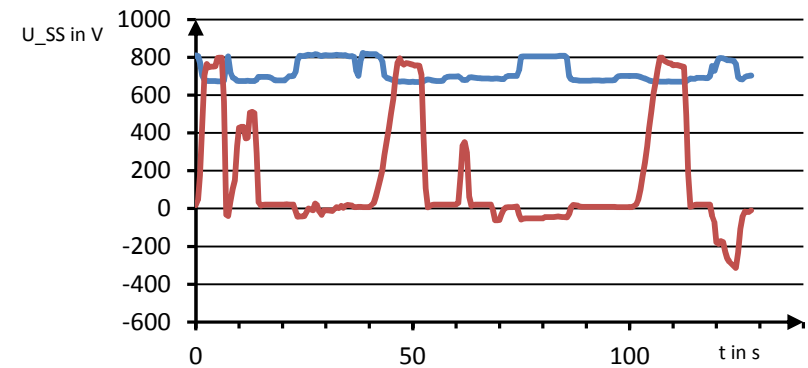
Co-funded by the Intelligent Energy Europe  
Programme of the European Union



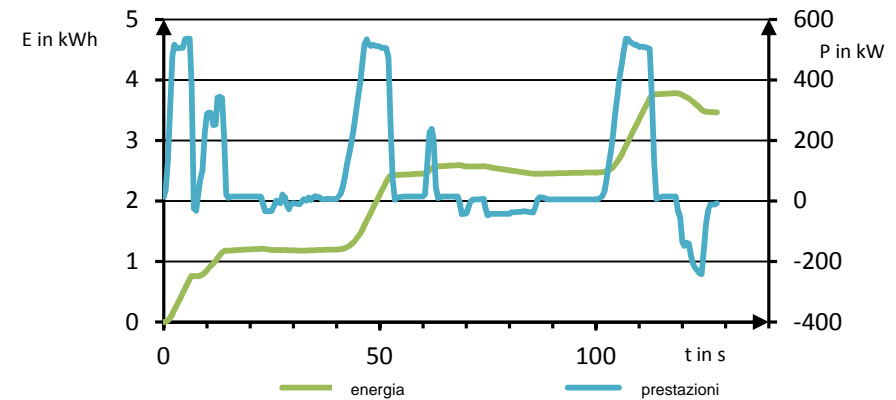
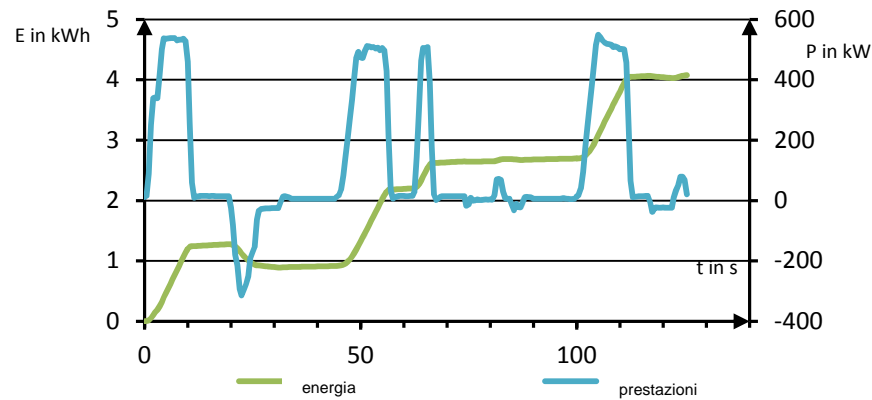
## Valutazione del tram NGT12 prima e dopo la formazione



— C1: tensione della barra di distribuzione — C2: sezione di corrente 1



— C1: busbar voltage — C2: current section 1



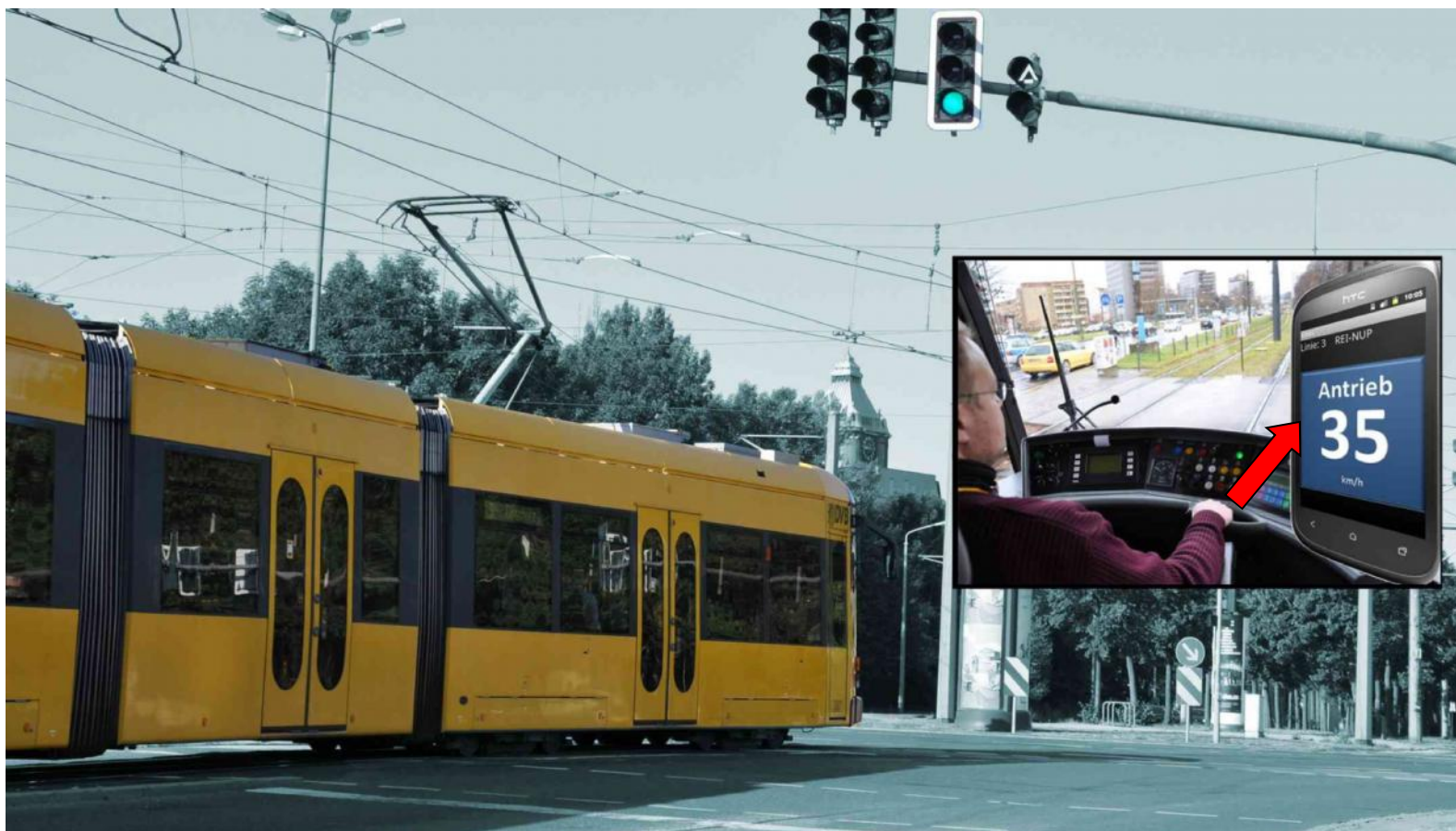
## Valutazione del tram

### Consumo di energia di NGT12 Bombardier Classic confronto

|                        | <b>kWh</b> | <b>kWh/km</b> | <b>t/s</b> |
|------------------------|------------|---------------|------------|
| Prima della formazione | 4,02       | 4,60          | 127 s      |
| Dopo la formazione     | 3,48       | 3,98          | 128 s      |
| Effetto                | -14,5%     |               | +0,8%      |



**Possono essere utilizzati nuovi sistemi, essi definiscono il comportamento di guida come un protocollo di linea.**





## 6 regole d'oro per la guida ecologica!

- Accelerare il veicolo lentamente e uniformemente
- Durante l'accelerazione, considerare l'adesione
- Una volta raggiunta la velocità richiesta, entrare in modalità neutrale e lasciar rotolare il veicolo
- Essere sempre previdenti durante la guida
- Iniziare ad applicare il freno con sufficiente anticipo
- Frenare uniformemente



# Aspetti sulla sicurezza per i tram



Co-funded by the Intelligent Energy Europe  
Programme of the European Union

actuate



## Azione da intraprendere se il tram deraglia

- Principio della sicurezza - risparmio - segnalazione
- Scollegare immediatamente il pantografo e spegnere il veicolo,
- solo allora permettere ai passeggeri di smontare
- indossare il giubbotto ad alta visibilità prima di lasciare il tram
- aprire le porte manualmente e permettere ai passeggeri di scendere
- mettere in sicurezza il veicolo su tutti i lati
- Se il veicolo sta ostruendo altre tratte, queste devono essere messe anch'esse in sicurezza
- Informare il controllo del traffico e attendere l'arrivo del veicolo di emergenza dall'officina (per rimettere il tram sui binari)
- Una volta rimesso il veicolo sui binari, guidare in direzione del deposito senza passeggeri a 20 km/h massimo.



## Azioni da intraprendere se il filo di contatto è danneggiato

- Principio: sicurezza - risparmio - segnalazione
- Delimitare l'area con i fili di contatto penzolanti lasciando una distanza di sicurezza per le parti con il filo di contatto
- Non toccare in nessuna circostanza (corrente diretta → esiste il rischio di rimanere attaccati alla parte)
- Tutte le parti con fili di contatto penzolanti devono essere trattate come parti sotto tensione, anche se l'interruttore nella sottostazione risponde normalmente al danno al filo di contatto, disattivando automaticamente la sezione
- è vietato toccare le sezioni pendenti del filo di contatto
- Informare il controllo del traffico
- In caso l'energia catenaria non possa, in via eccezionale, essere spenta, lo spegnimento verrà eseguito immediatamente dalla centrale elettrica mediante un controllo da remoto



## Dissipazione di energia catenaria a causa di un sovraccarico

- Utilizzare qualsiasi slancio disponibile per rotolare all'isolamento della sezione successiva (l'energia potrebbe essere disponibile alla sezione successiva)
- Lasciare il pantografo collegato sulla prima carrozza, scollegare il pantografo sulla seconda carrozza (a causa delle apparecchiature ausiliarie che non possono essere spente)
- Informare il controllo del traffico
- Se la corrente viene ripristinata, guidare la prima carrozza a bassa velocità verso l'isolamento della sezione successiva
- Una volta arrivata a destinazione la prima carrozza, le altre la devono seguire in modo analogo





# ACTUATE



## Grazie per l'attenzione!



Co-funded by the Intelligent Energy Europe  
Programme of the European Union

actuate

