TPER

MOBILITY INNOVATION TOUR

Esperienza Tper: un percorso sostenibile lungo la mobilità sostenibile

Dott. ing. Fabrizio Cagossi

Cagliari, 17 Settembre 2019

Lo scenario tracciato dal quadro normativo

- Cop 21
- Direttiva 94/2014
- DLGS 257/2016
- Piano Strategico Nazionale della Mobilità Sostenibile, Dicembre 2018
- DPCM del 27 Dicembre 2018

Filovia	1.903.845	4,31%
Elettrico	40.450	0,09%
Ibrido	2.364.968	5,35%
Metano	10.508.130	23,78%
Diesel	29.371.238	66,47%
tot	44.188.631	

Se si considera il solo servizio di trasporto urbano (20.047.812 km) la percentuale dei “km verdi” sale al 74%

Di cosa si può parlare oggi per il domani?

I veicoli sostenibili sono:

- **Zev (filobus, elettrici e idrogeno)**
- **Ibridi**
- **Metano (compreso bio metano sia liquido che gassoso)**
- **Alimentati a bio carburanti**

Nell’adozione di un sistema elettrico si devono considerare diverse dimensioni:

- La tipologia delle batterie/sistema ricarica
- Importanza del stato di carica delle batterie
- Capacità di trasporto: le lunghezze?
- Progetto pilota o strategia?
- I costi

Dire genericamente autobus BEV non ha senso perché vediamo in figura che le batterie sono collegate al sistema di ricarica quindi dire genericamente autobus BEV non significa nulla

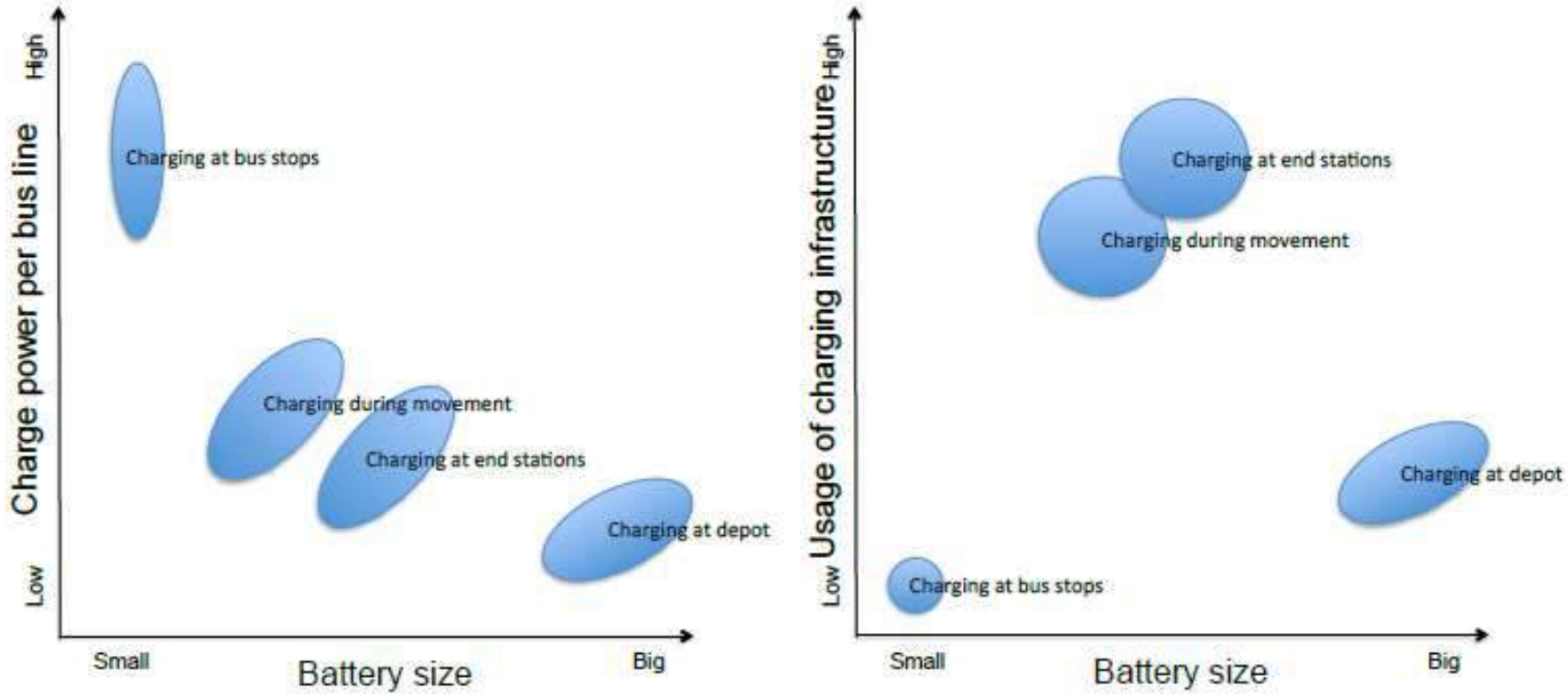
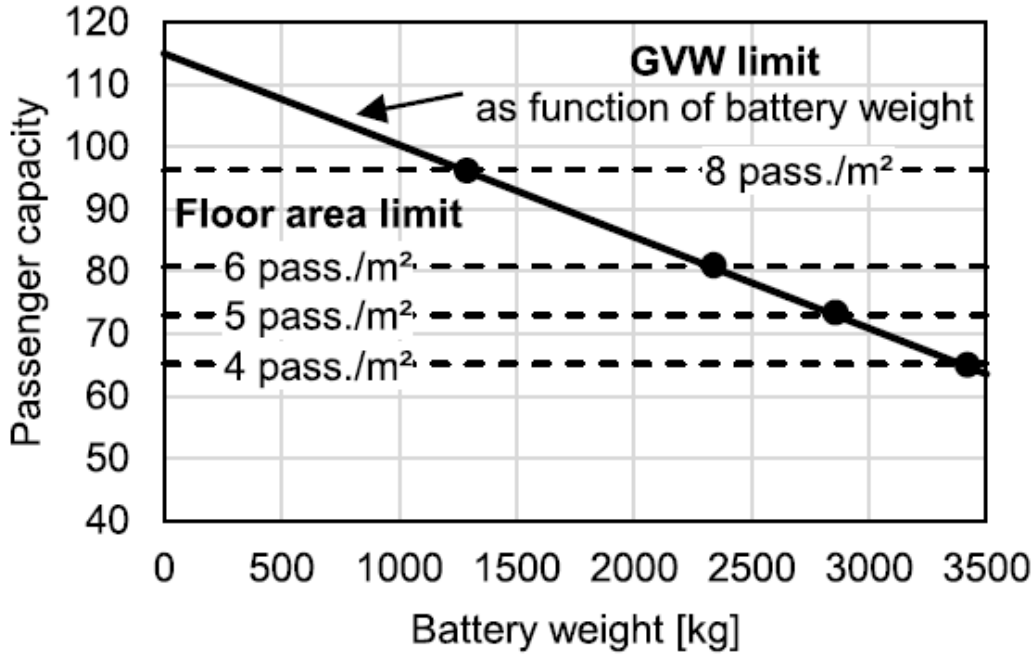
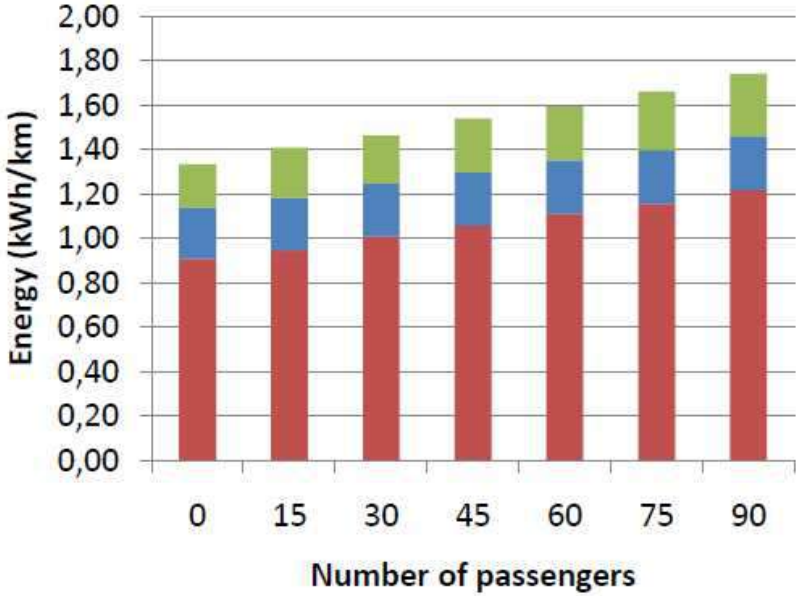


Figure 1. Left: An illustration of total charge power installed for a bus line as a function of vehicles battery size. Right: The charger utilization per day as a function of battery size.





Energy due to snow chains

Auxiliary systems and HVAC

Energy for driving

Figure 3. Passenger capacity of a 12 m bus by GVW as a function of added battery weight, and passenger capacity.

I consumi aumentano ovviamente con l'aumentare del carico di passeggeri e l'autobus over night con molte batterie
A bordo porta poche persone

Le batterie non lavorano da 0 a 100 ma in una finestra più limitata
Come si osserva in ordinata nella figura se si scende sotto il minimo della finestra di carica la batteria si danneggia in modo irreparabile

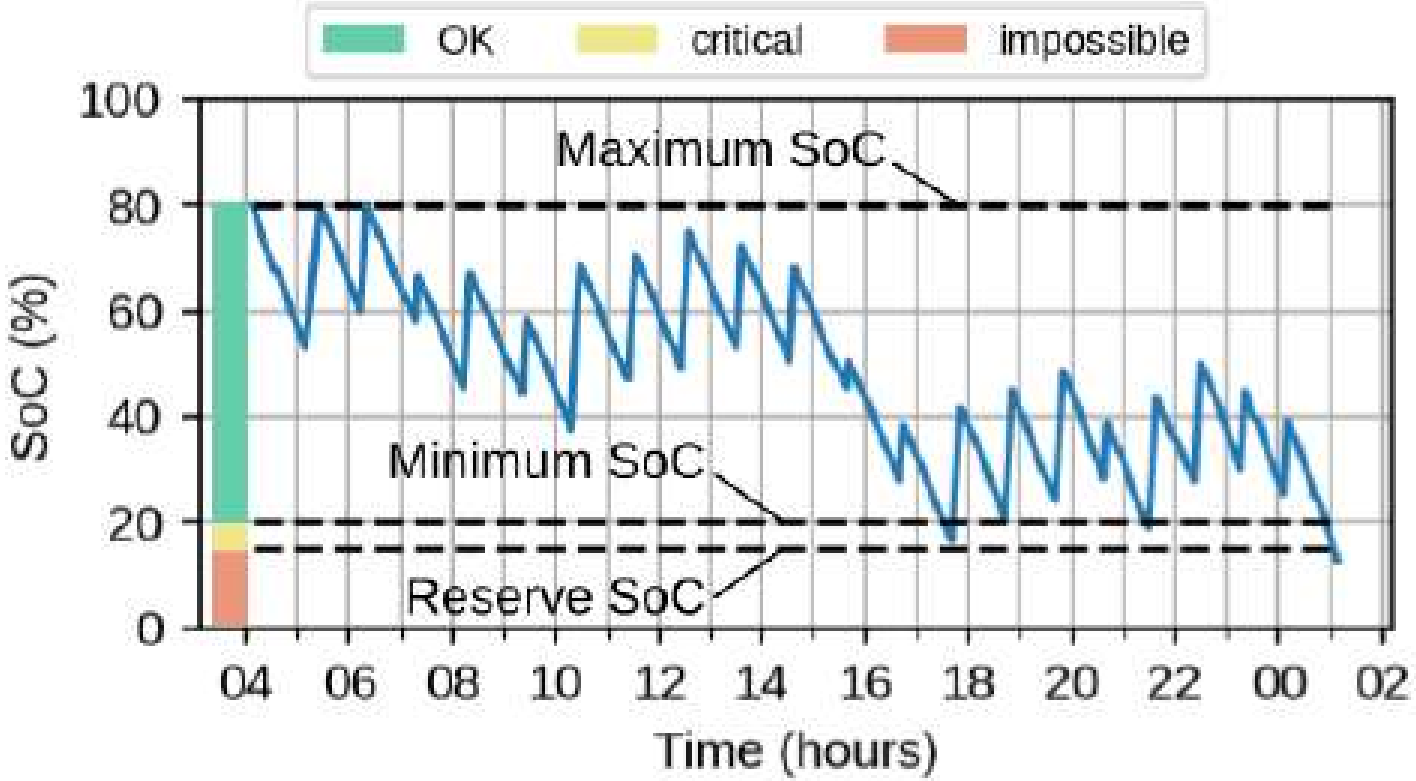
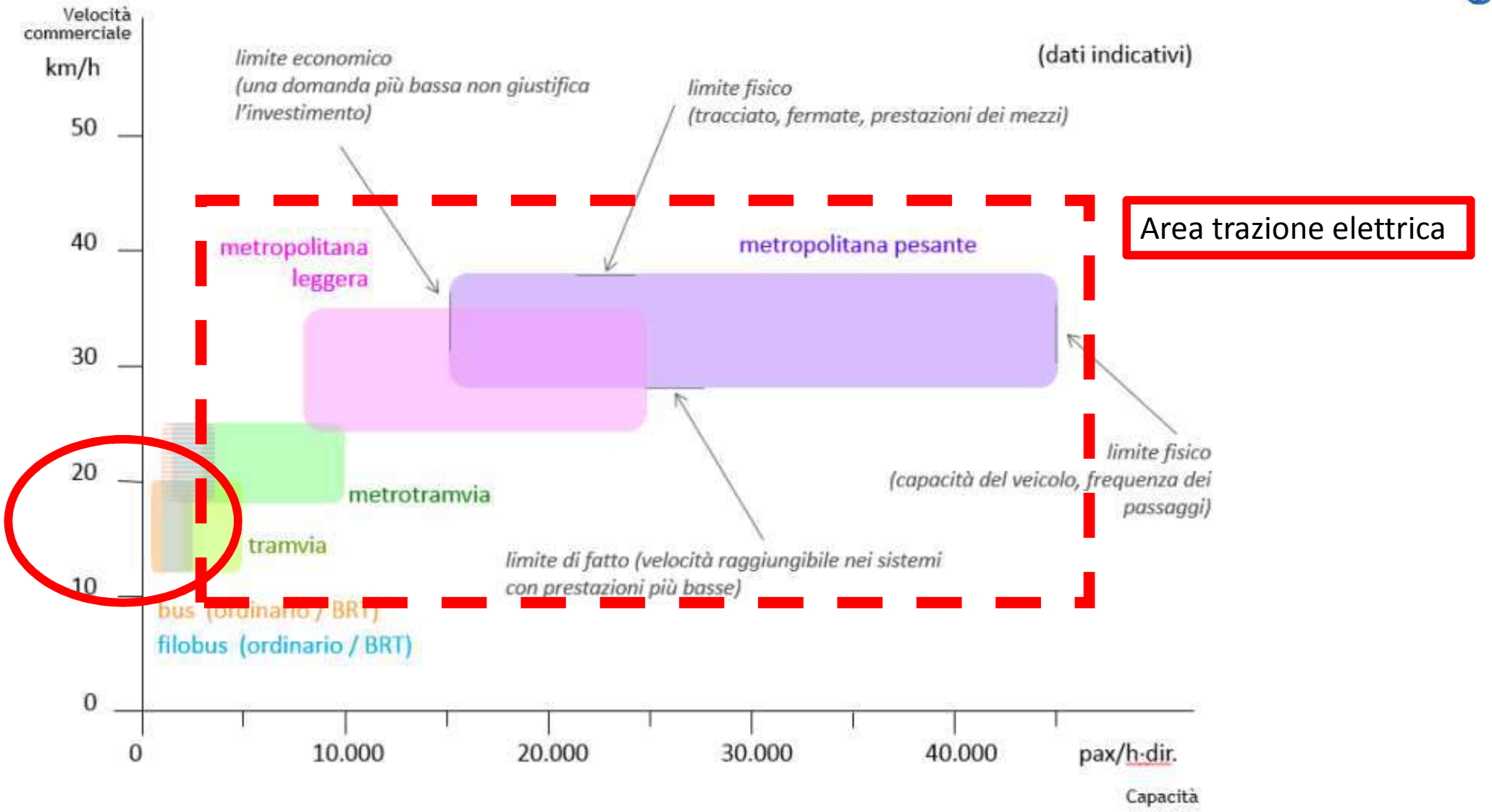


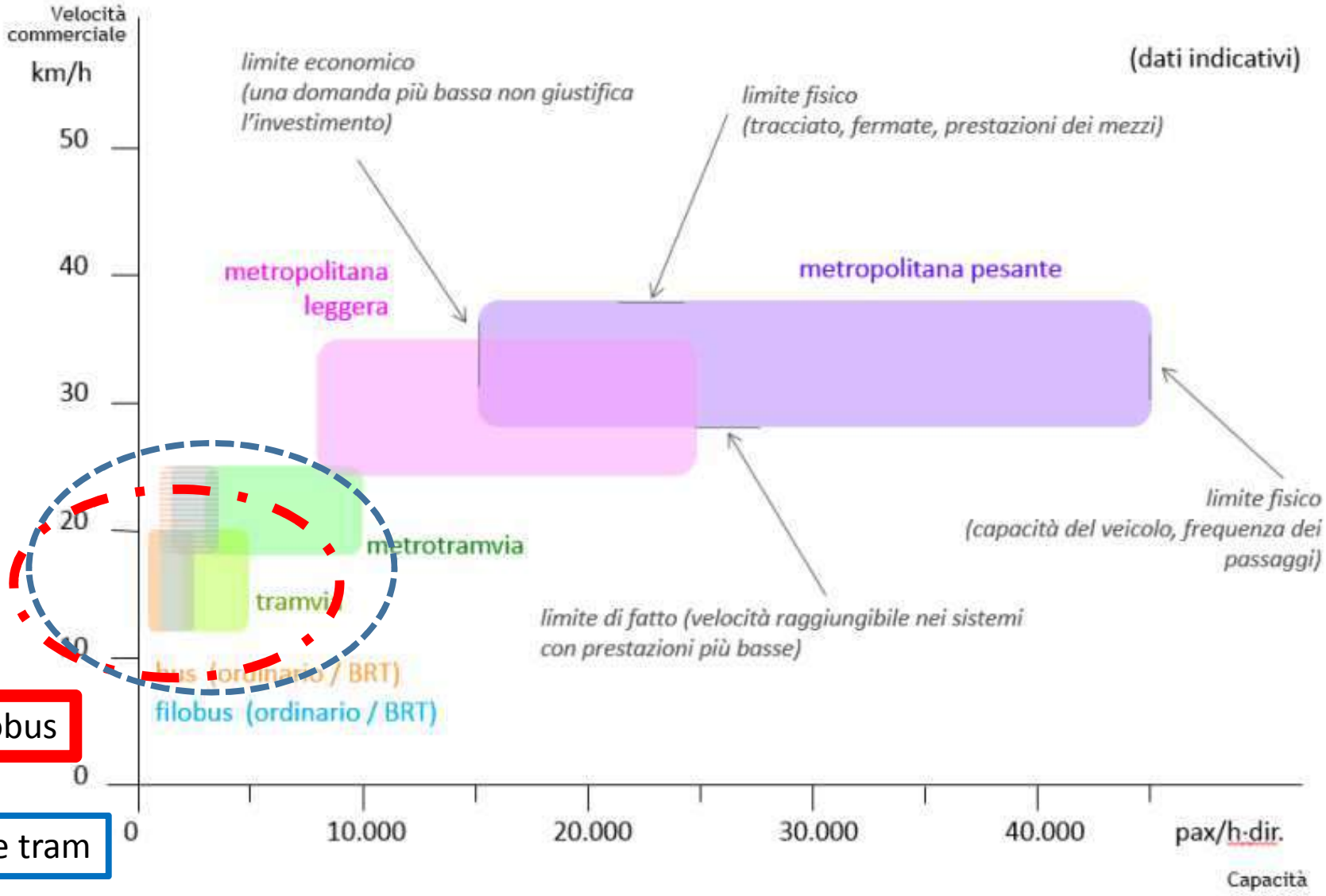
Figure 6: Example of simulation output. In the morning and afternoon peak, charging times are reduced due to delays

Elenco delle simulazioni effettuate

caso	descrizione	soata al capolinea minuti	cadenza orararia veicoli	km linea L x 2	SOC window kwh	km di servizio TM	ore servizio vc=10 km/h	ore servizio vc=15 km/h	pass/h	valutazioni esercizio
1	over night	6 + 0	10	20	210	116,7	11,67	7,78	700	servizio limitato
2	opportunity charge ad un solo capolinea	5+1	10	20	120	210			950	esercizio normale
3	opportunity un solo capolinea	5+1	10	30	120	87			950	non fattibile
4	opportunity 2 capolinea	5+1	10	30	120	>250 km			950	esercizio normale
5	fast charge 2 capolinea e 2 fermate	1+1	30	20	120	67,6			2850	non fattibile
6	fast charge 2 capolinea e 16 fermate (8 x ramo)	1+1	30	20	120	>250 km			2850	esercizio normale
7	fast charge 2 capolinea e 8 fermate (4 per ramo)	2+1	20	20	120	> 250 km			1900	esercizio normale
8	fast charge 2 capolinea e 2 fermate	1+1	30	30	120	55			2850	non fattibile
9	fast charge 2 capolinea e 28 fermate (14 per ramo)	1+1	30	30	120	> 250 km			2850	esercizio normale
10	fast charge 2 capolinea e 22 fermate (11 per ramo)	2+1	20	30	120	> 250 km			1900	esercizio normale
11	fast charge 2 capolinea e 13 fermate circa (6 in un ramo e 7 nell'altro ramo)	3+1	15	30	120	> 250 km			1425	esercizio normale

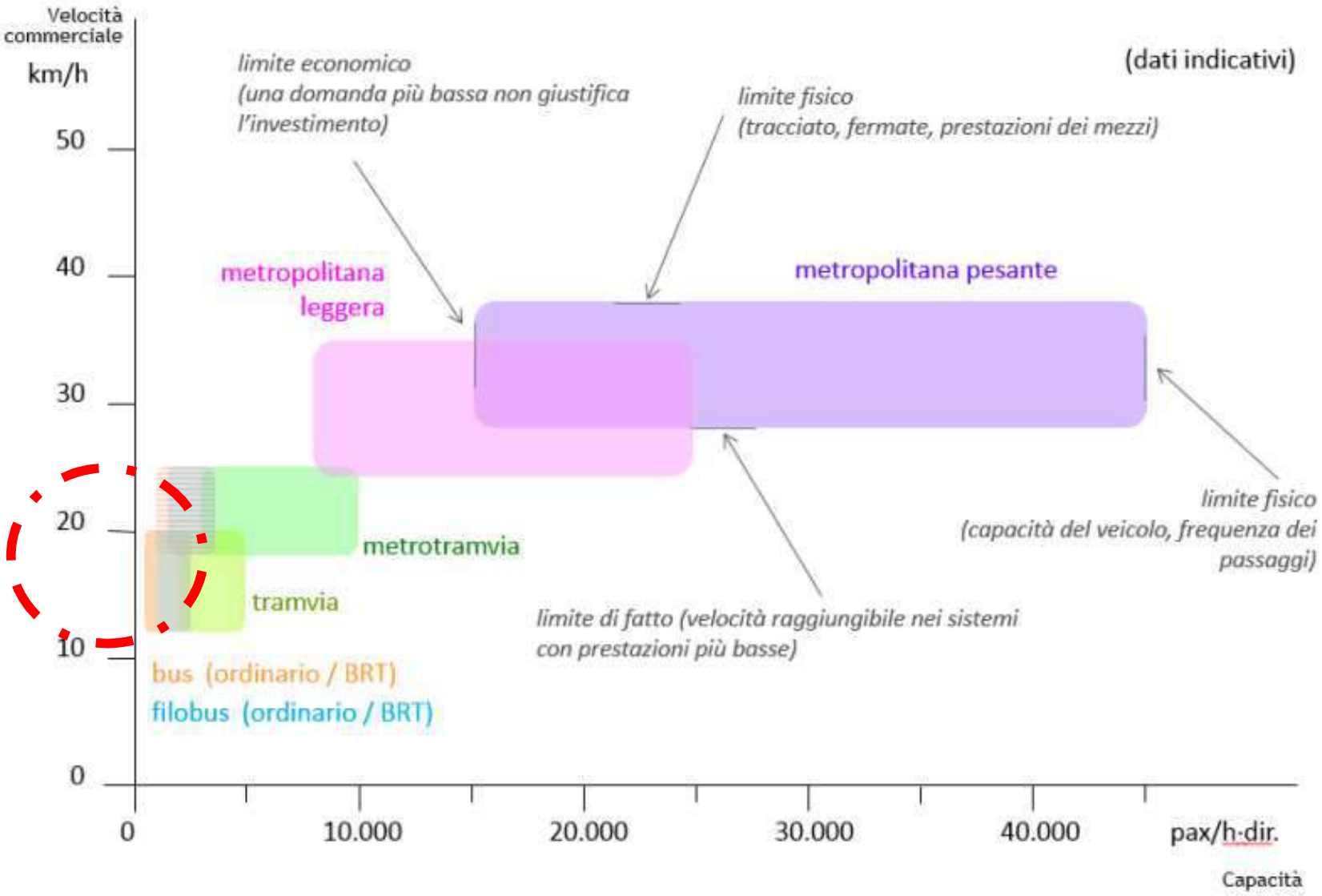
Fonte: A. Bottazzi, La gestione delle flotte di veicoli per il Trasporto di persone e altri Servizi Pubblici, vol. II, Pitagora Editrice, Bologna, 2019


Velocità commerciale
km/h
50
40
30
20
10
0
(dati indicativi)
limite economico
(una domanda più bassa non giustifica l'investimento)
limite fisico
(tracciato, fermate, prestazioni dei mezzi)
Area trazione elettrica
metropolitana leggera
metropolitana pesante
metrotramvia
tramvia
limite fisico
(capacità del veicolo, frequenza dei passaggi)
limite di fatto (velocità raggiungibile nei sistemi con prestazioni più basse)
bus (ordinario / BRT)
filobus (ordinario / BRT)
0
10.000
20.000
30.000
40.000
pax/h-dir.
Capacità



Autobus e filobus

Autobus e tram

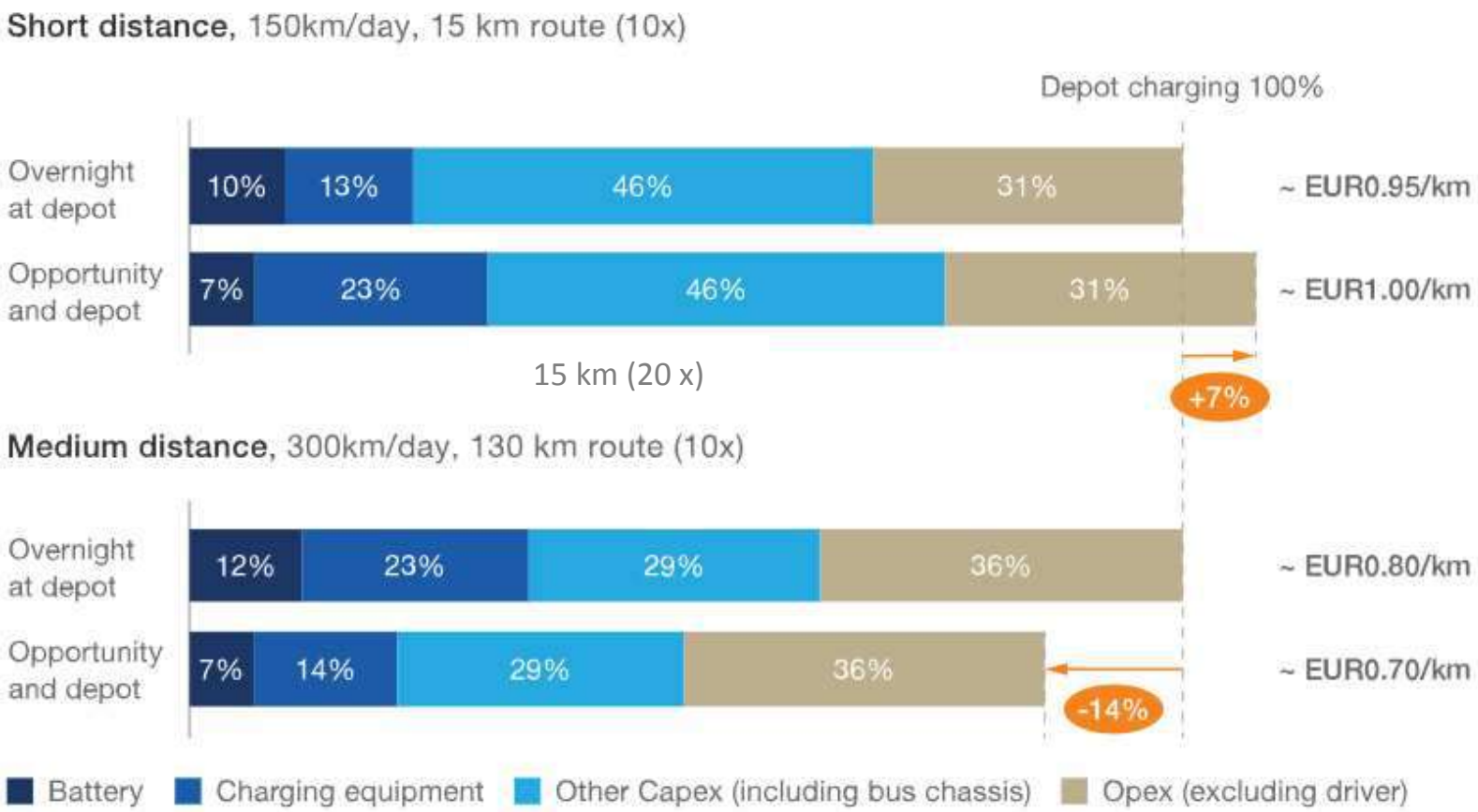

Velocità commerciale
km/h
50
40
30
20
10
0
(dati indicativi)
limite economico
(una domanda più bassa non giustifica l'investimento)
limite fisico
(tracciato, fermate, prestazioni dei mezzi)
metropolitana leggera
metropolitana pesante
metrotramvia
tramvia
limite fisico
(capacità del veicolo, frequenza dei passaggi)
limite di fatto (velocità raggiungibile nei sistemi con prestazioni più basse)
bus (ordinario / BRT)
filobus (ordinario / BRT)
0
10.000
20.000
30.000
40.000
pax/h·dir.
Capacità

Autobus

La differenza sostanziale: progetto pilota o scelta strategica?

	Potenze in deposito	Ricarica in linea	Offerta TPL	Scelta del FS
Elettrificazione con ebus → Progetto pilota < 20 -40 autobus		n.a.	Peso enorme batterie	MAY.BE
Elettrificazione con ebus → Scelta strategica > 100 autobus				Costi proibitivi

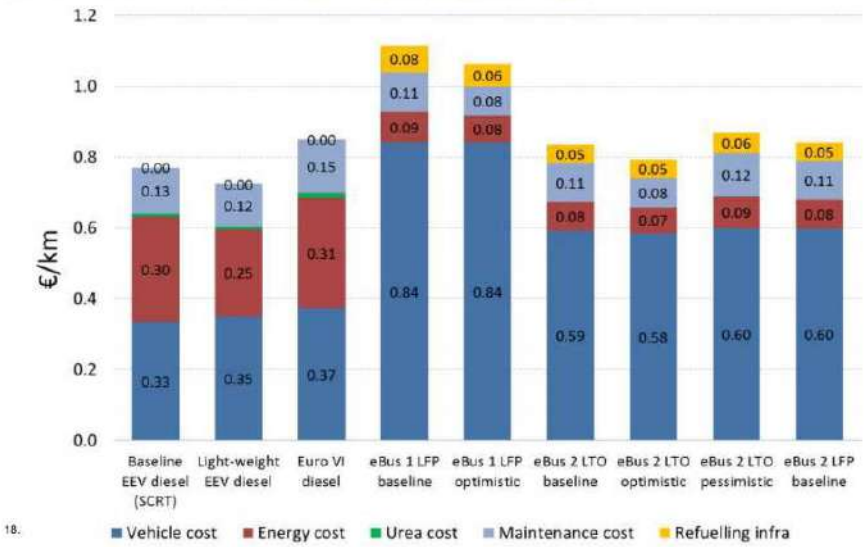
Exhibit 3: Total cost of ownership comparison of charging strategies.



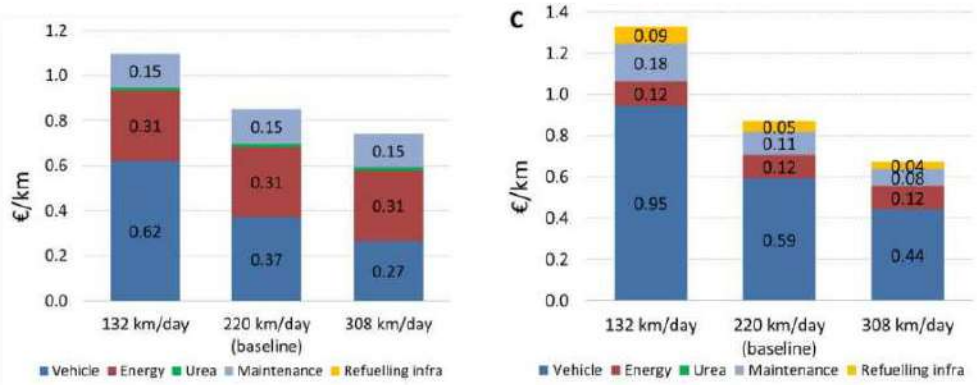
McKinsey&Company | **Source:** Energy Insights

Quale TCO volete? Come si vede ogni ipotesi smentisce l'altra

Total ownership costs of electric buses – Espoo case (note: the results do not apply generally)



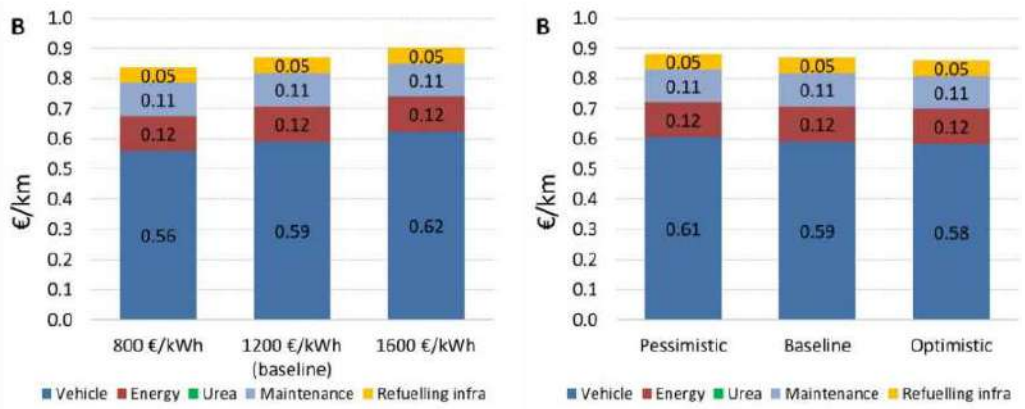
Effect of daily mileage - sensitivity



Euro 6 diesel

eBus Type 2 LTO

Effect of battery price and cycle life – sensitivity



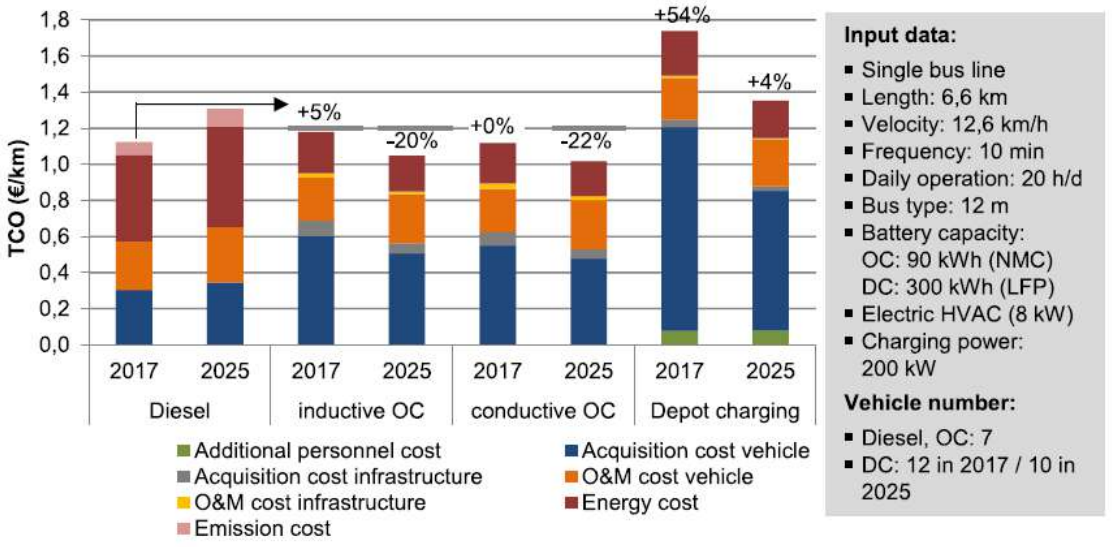


Figure 20. TCO assessment of different technologies for 2017 and 2025 (forecast trend scenario).

L’analisi statistica seria fa vedere che il costo del carburante/energia, il livello dei sussidi per l’acquisto e dei corrispettivi per il servizio rendono di fatto quasi inutile il TCO per la sua variabilità

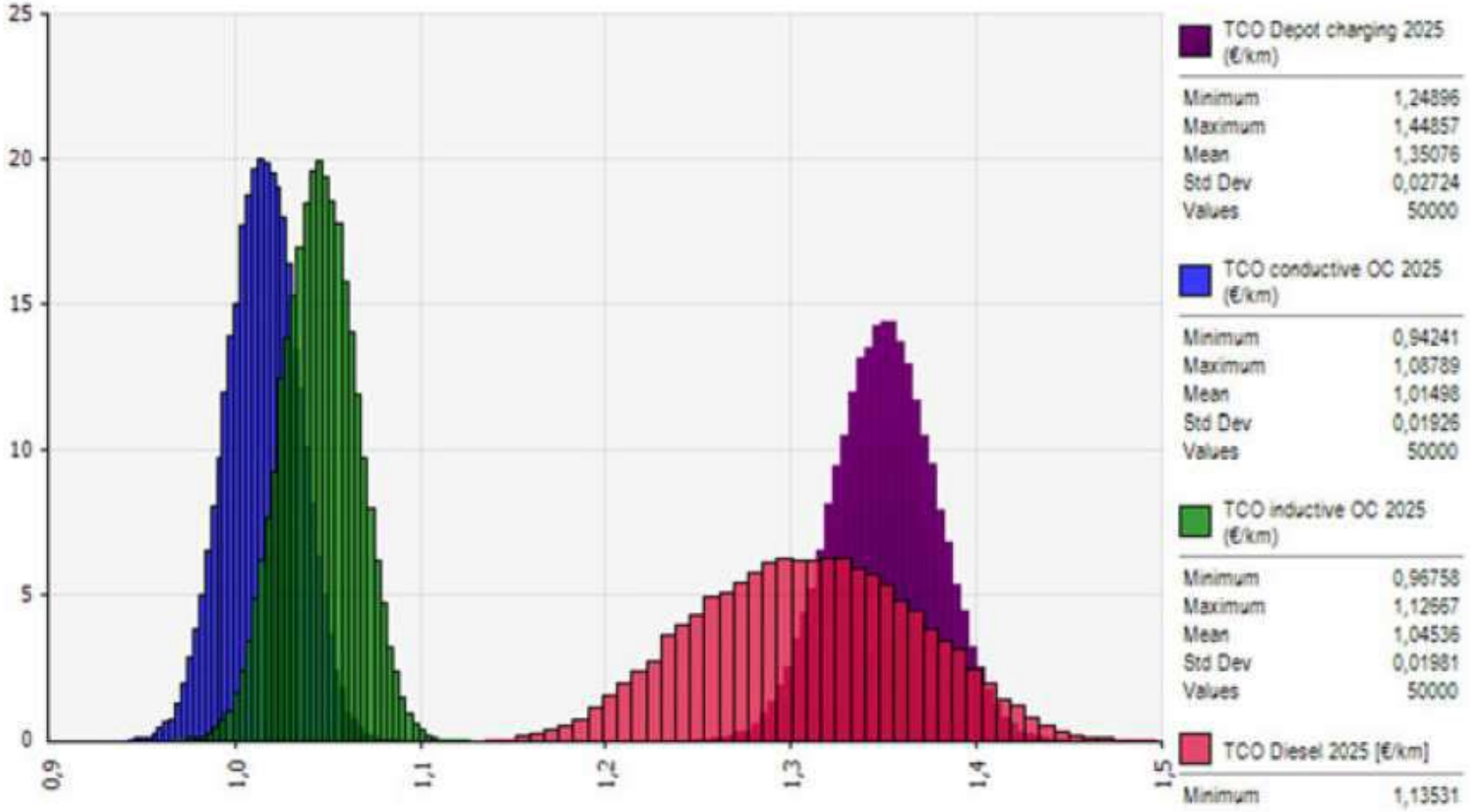
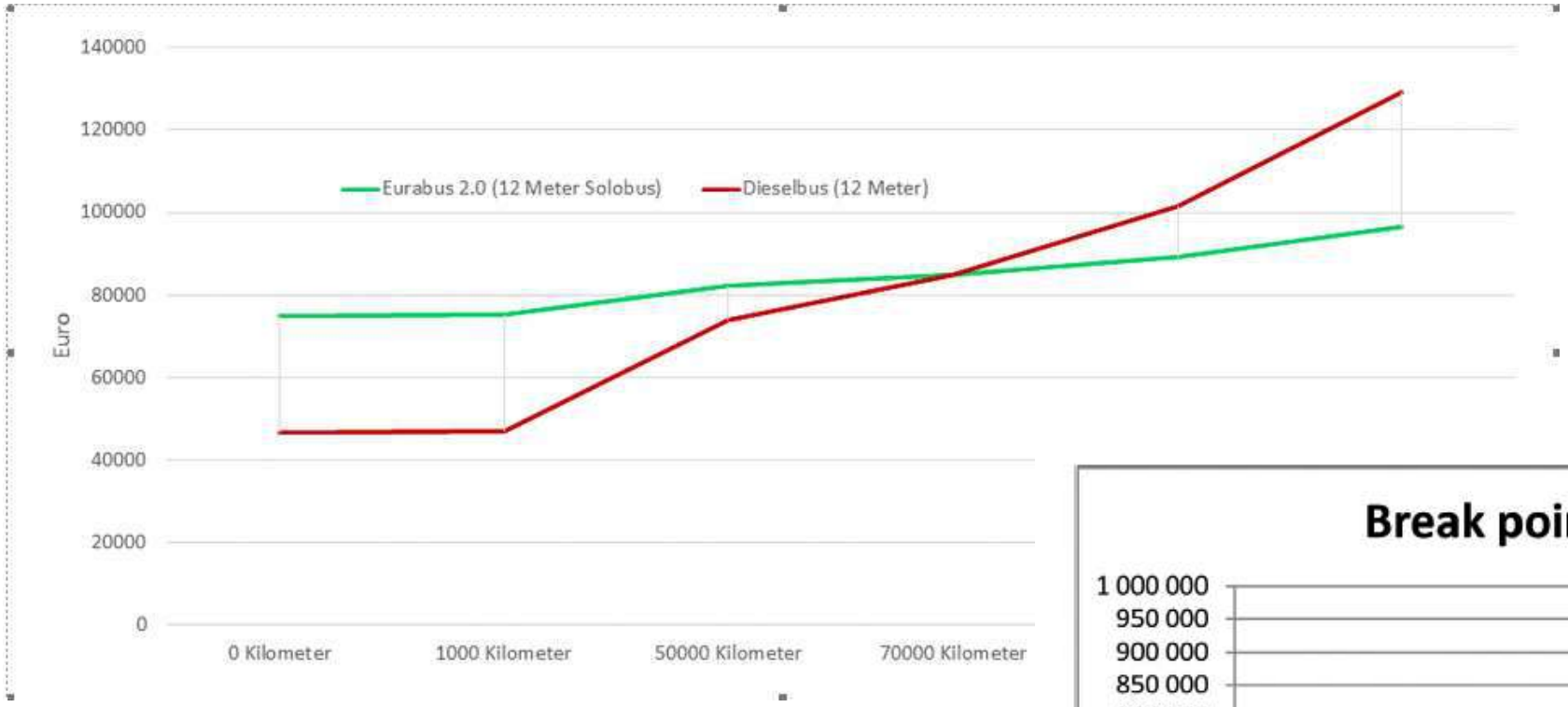


Figure 21. Stochastic TCO simulation for a bus procurement in 2025 based on selected route.



Per essere economici rispetto al diesel gli autobus BEV devono fare molti km all'anno e stare in esercizio per almeno 20 anni.
Quindi il TCO è quello medio in 20 anni ma inizialmente è più alto di quello a gasolio perché c'è un costo di acquisto enormemente più alto per un 12m 550.000 euro contro 230.000 euro

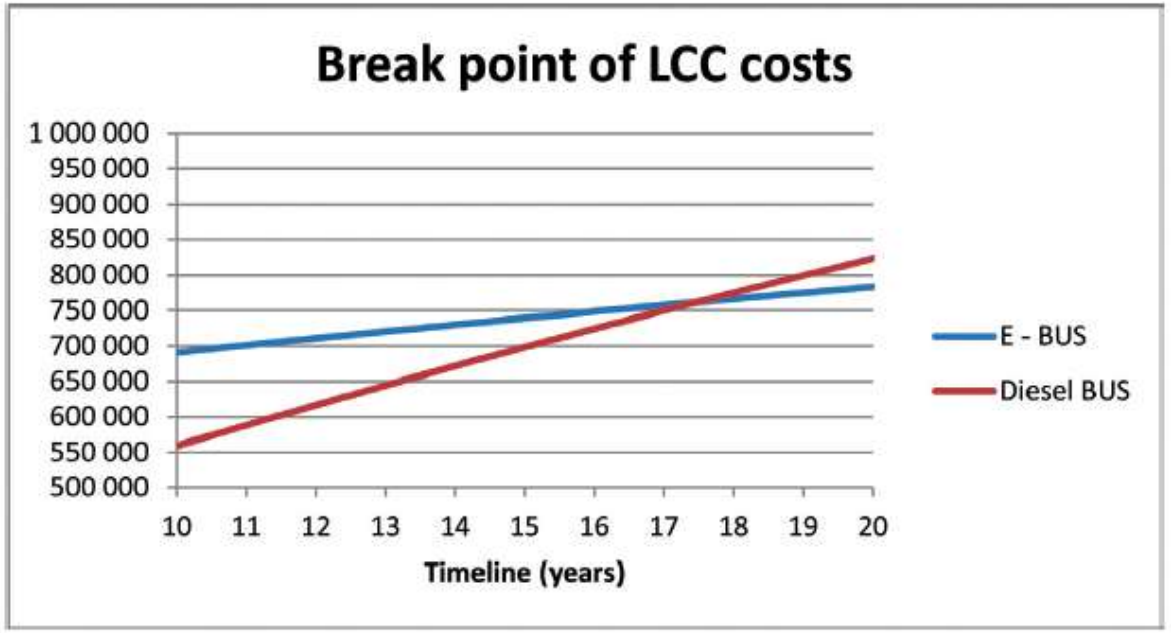
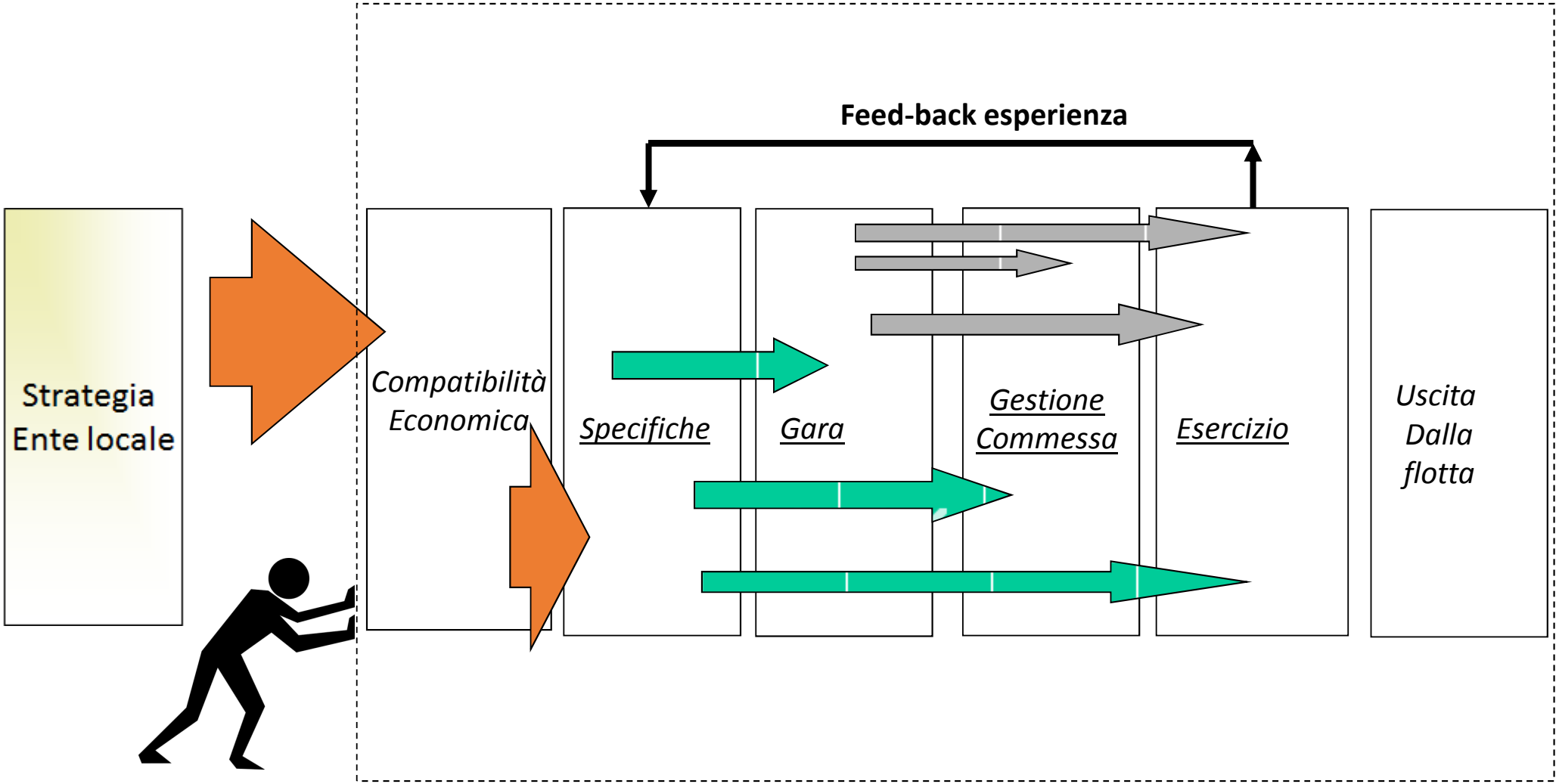
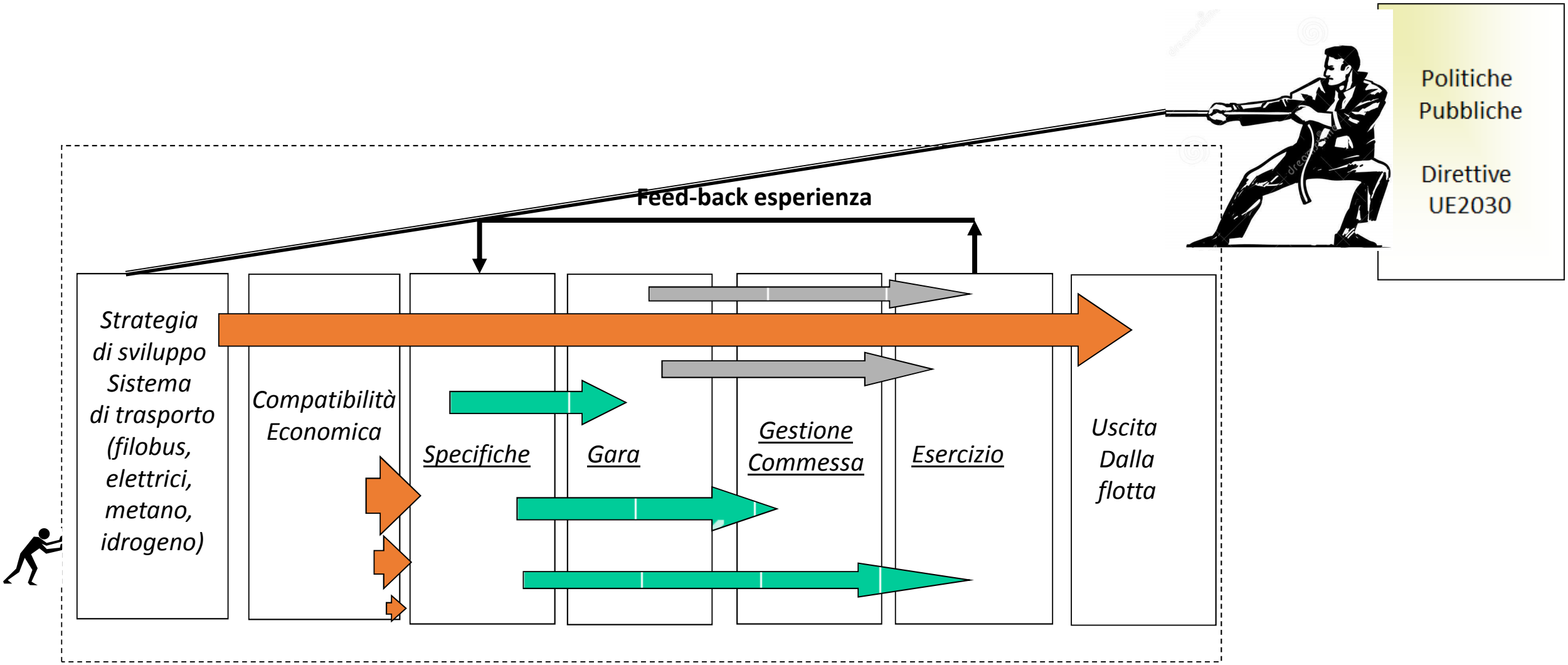
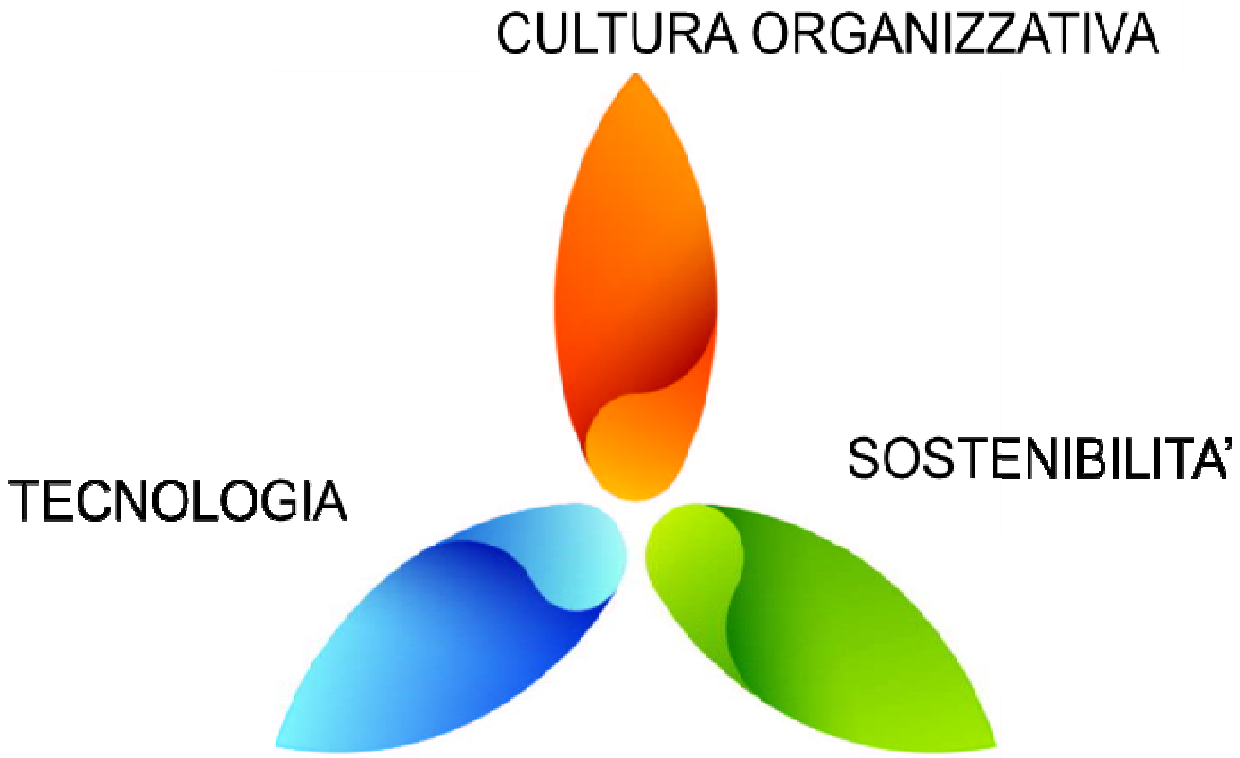


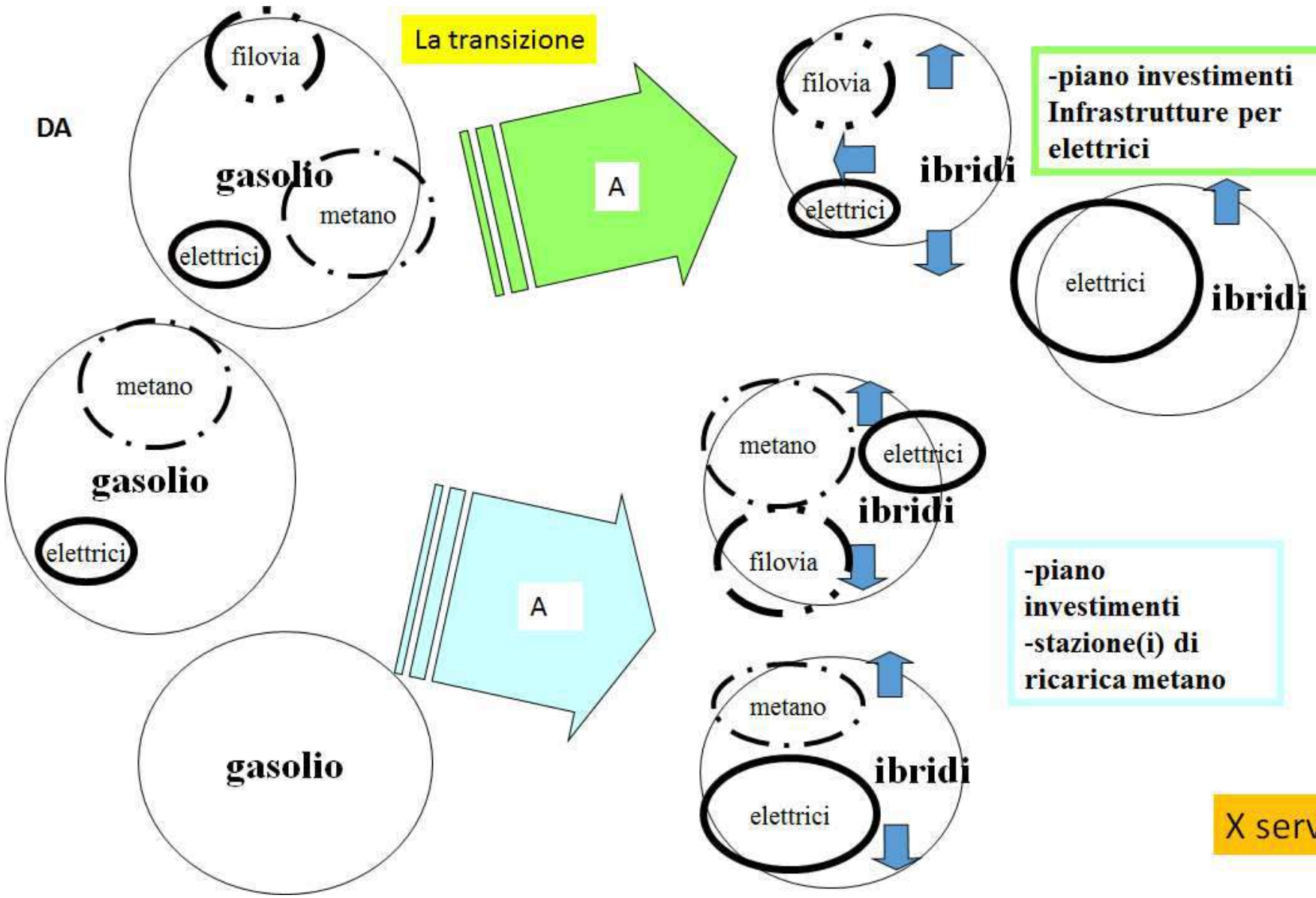
Figure 3 Break point of LCC costs


Feed-back esperienza
Strategia
Ente locale
Compatibilità
Economica
Specifiche
Gara
Gestione
Commessa
Esercizio
Uscita
Dalla
flotta


Politiche Pubbliche
Direttive UE2030
Feed-back esperienza
Strategia di sviluppo Sistema di trasporto (filobus, elettrici, metano, idrogeno)
Compatibilità Economica
Specifiche
Gara
Gestione Commessa
Esercizio
Uscita Dalla flotta

L’inizio … ovvero una «nuova» (!?) parte
del «processo» di sviluppo delle flotte fondata su:

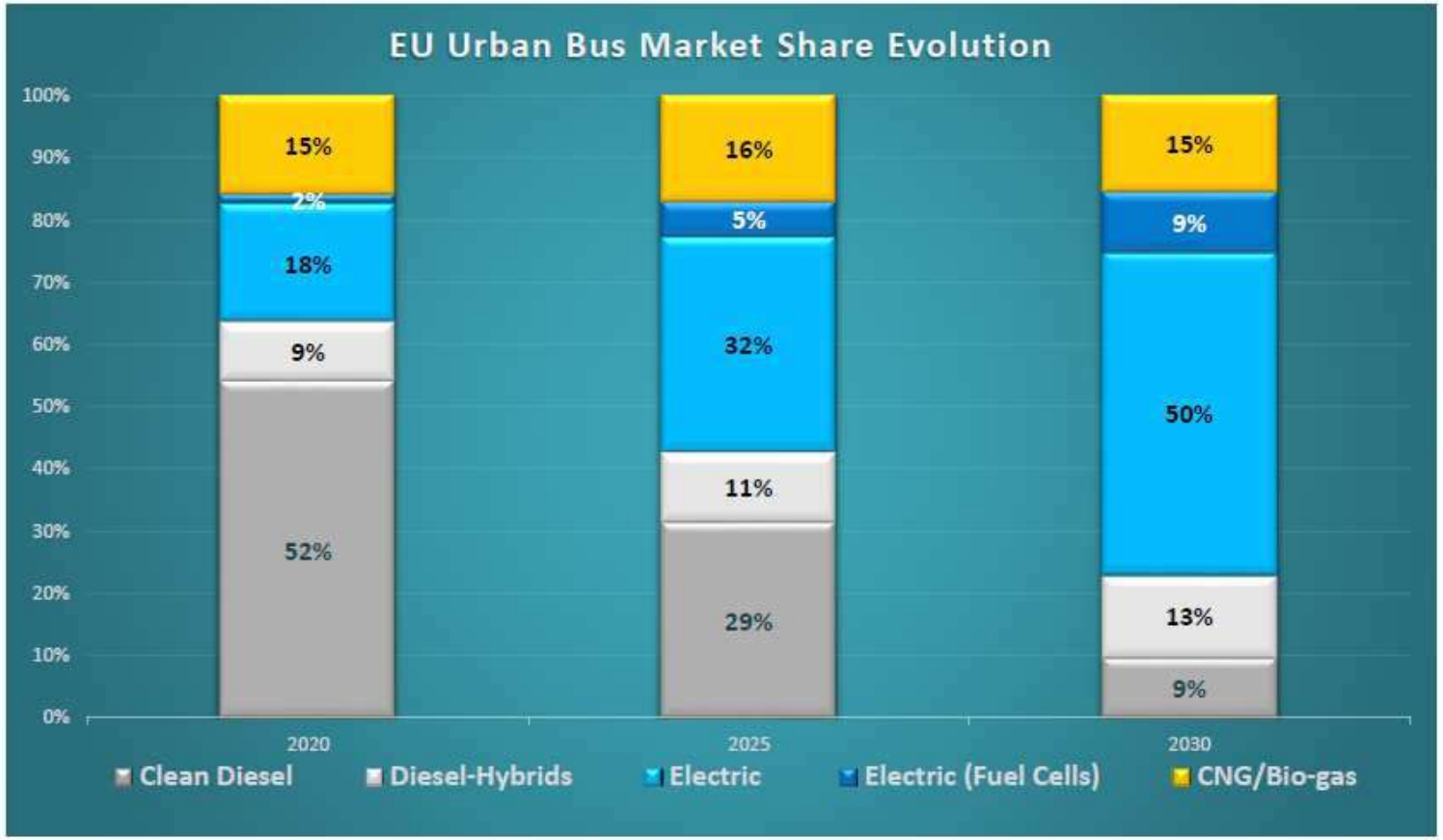




È un processo dinamico da Qui al 2030

X servizio URBANO

URBAN BUS: MARKET SHARE PROJECTIONS BY PROPULSION TECHNOLOGY IN EUROPE



Source: ZeEUS/UITP(VEI) - 2017

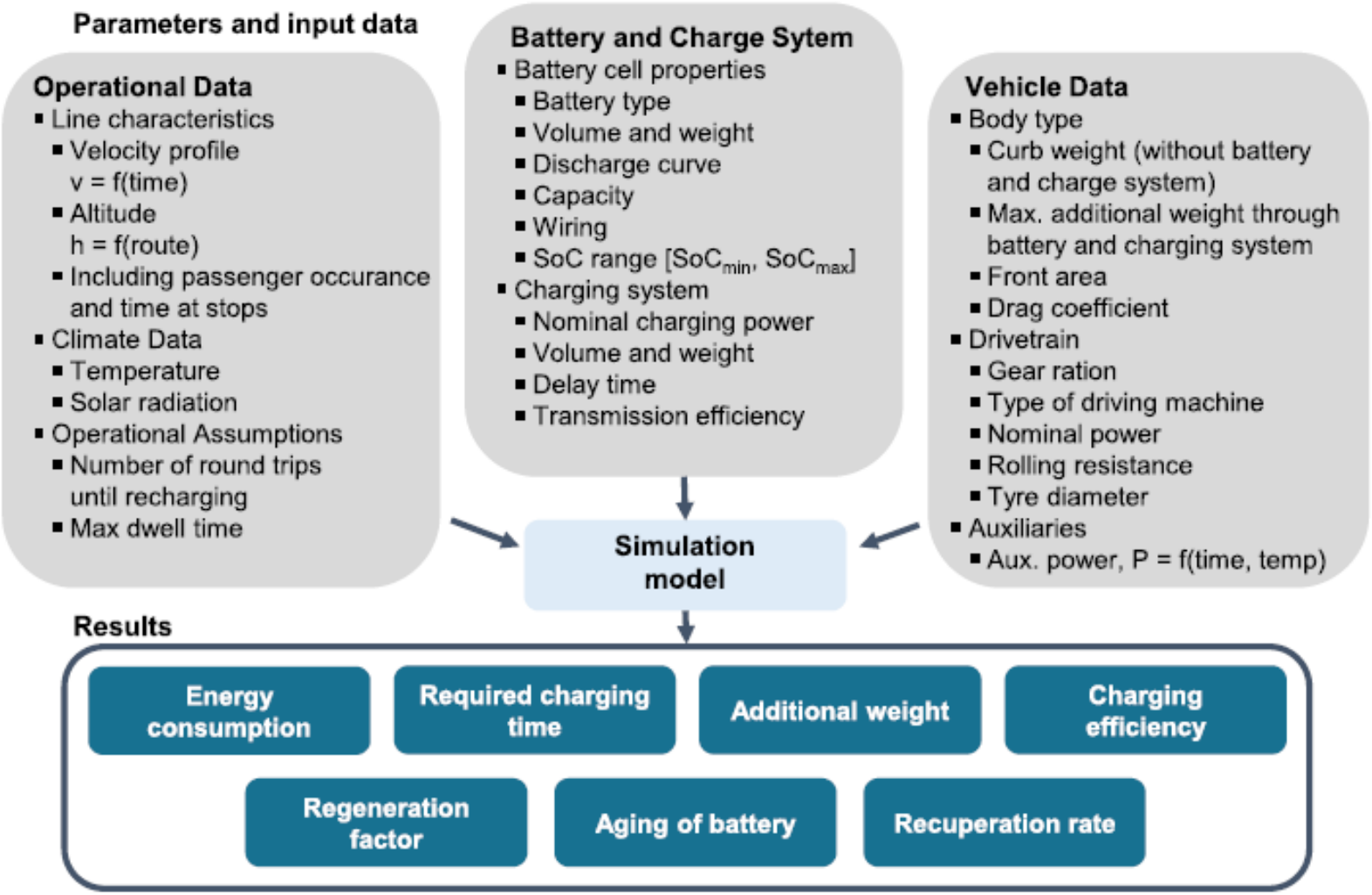
Per quanto riguarda l’elettrico BEV

Tper spa ha analizzato il mercato e ha valutato la sua rete di offerta che ha quali linee portanti:

- l’attuale rete filoviaria rinforzata dal progetto PIMBO;
- La futura rete tranviaria;

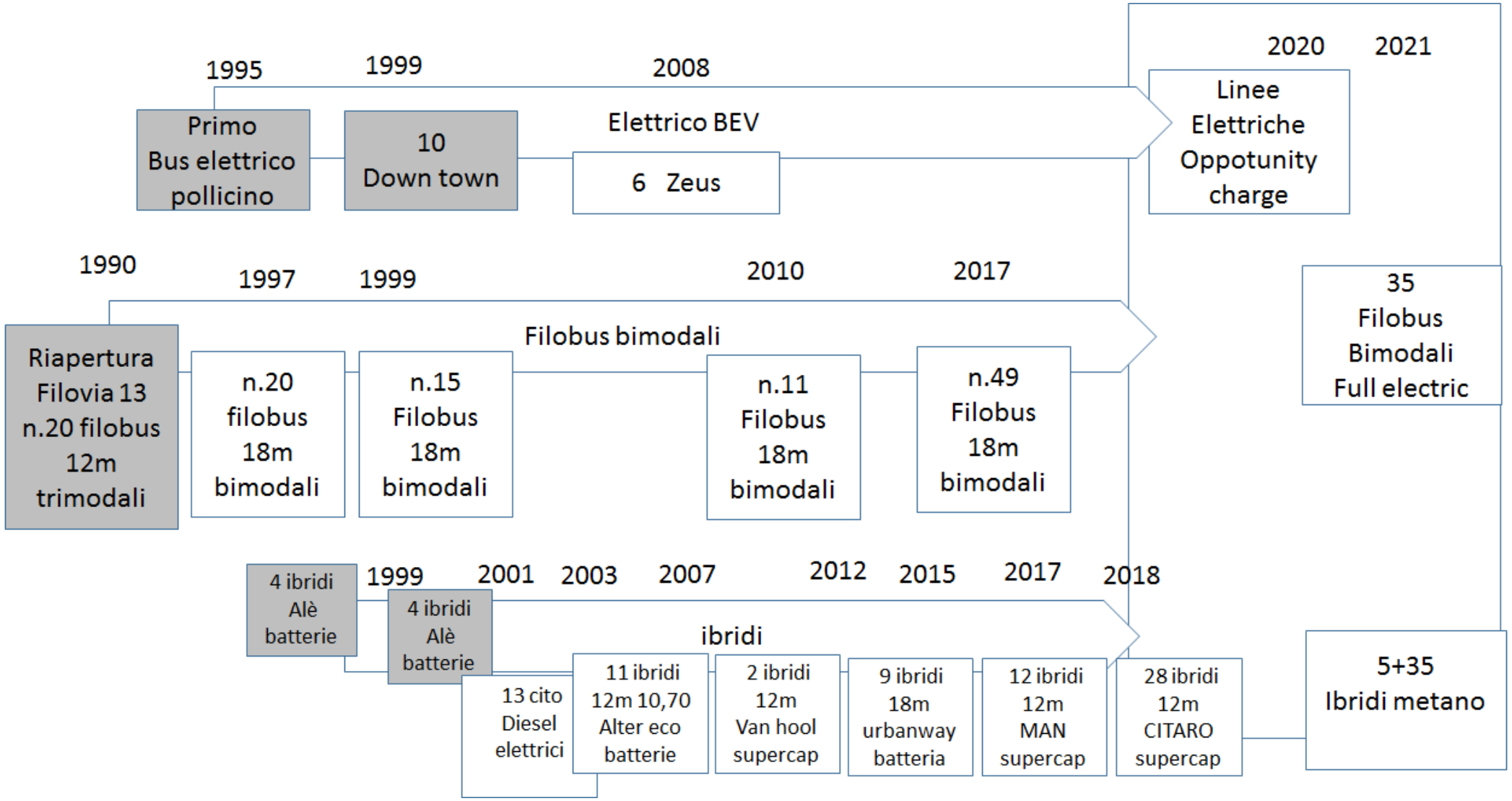
Quindi l’elettrico sarà sulle linee secondarie , coerentemente con la scelta tecnologica che ha già fatto Tper spa

Opportunity charge al capolinea quindi servizio TPL con cadenza al momento non inferiore ai 5 minuti ma con tecnologia adeguata alla fast

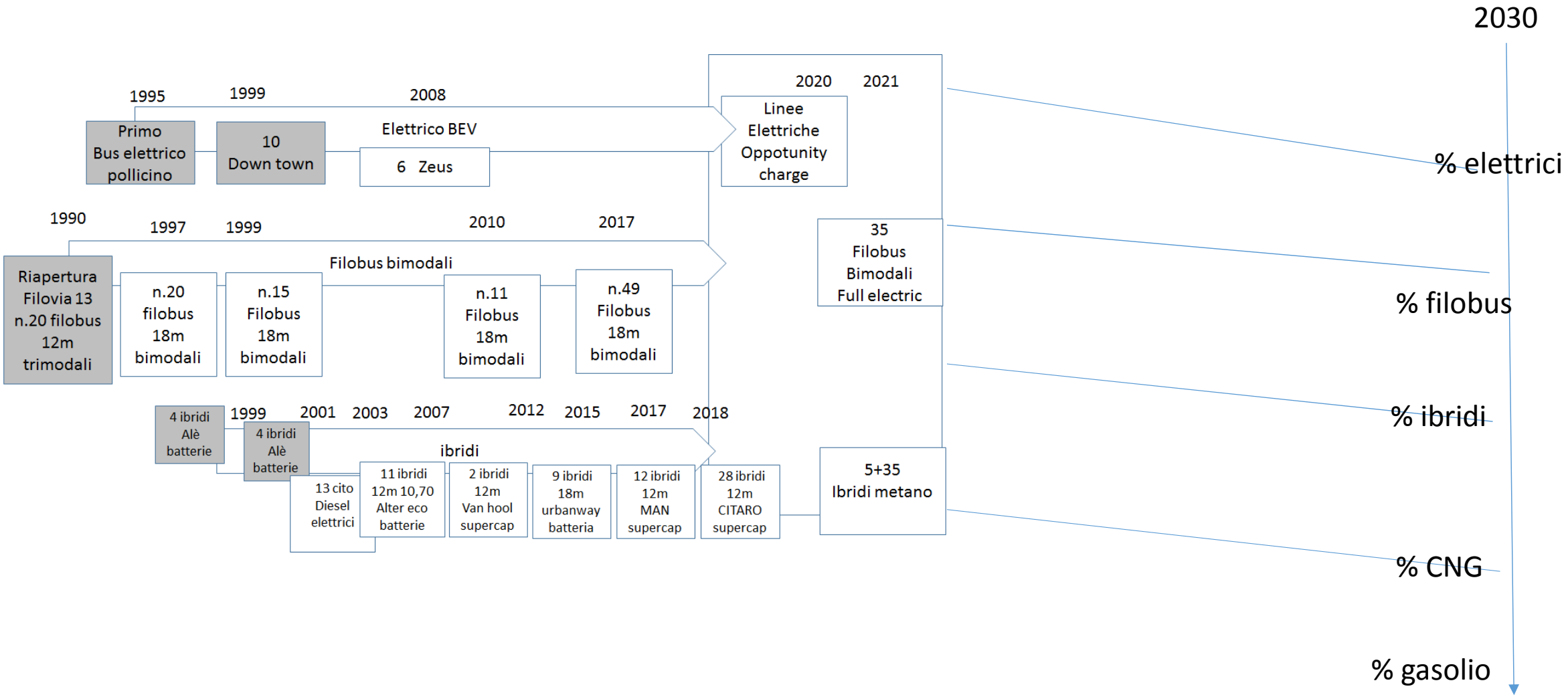

Parameters and input data
Operational Data
Line characteristics
Velocity profile
v = f(time)
Altitude
h = f(route)
Including passenger occurance and time at stops
Climate Data
Temperature
Solar radiation
Operational Assumptions
Number of round trips until recharging
Max dwell time
Battery and Charge Sytem
Battery cell properties
Battery type
Volume and weight
Discharge curve
Capacity
Wiring
SoC range [SoC$_{min}$, SoC$_{max}$]
Charging system
Nominal charging power
Volume and weight
Delay time
Transmission efficiency
Vehicle Data
Body type
Curb weight (without battery and charge system)
Max. additional weight through battery and charging system
Front area
Drag coefficient
Drivetrain
Gear ration
Type of driving machine
Nominal power
Rolling resistance
Tyre diameter
Auxiliaries
Aux. power, P = f(time, temp)
Simulation model
Results
Energy consumption
Required charging time
Additional weight
Charging efficiency
Regeneration factor
Aging of battery
Recuperation rate

Linea	Percorso	Mezzi Utilizzati	Mezzi in servizio (punta mattino feriale invernale)	Strategia ricarica ottimale	Mezzi necessari per soluzione elettrica (punta mattino feriale invernale)	Note/motivazioni della scelta
XXX	Da A a B	12mt	22			Linea lunga, molti capolinea, molti mezzi in servizio
YYY	Da C a D	18mt	26			Linea lunga, molti capolinea, molti mezzi in servizio
ZZZ	Da E a F	9mt	4	Opportunity	5	La lunghezza dei turni macchina, superiore ai 200 km, impone di optare per la soluzione opportunity (punto di ricarcica in F). I ridotti tempi di sosta, inoltre, rendono necessario un turno macchina, e quindi un veicolo, aggiuntivo.
KKK	Da G a H	12mt	4	Overnight	4	I turni macchina, con una lunghezza attorno ai 160 km, si prestano all'adozione di un modello di ricarica overnight
TTT	Da I a L	12mt	5			Linea lunga senza possibilità di installazione di ricarica opportunity
RRR	Da M a N	7,7mt	7			Linea con pendenze troppo elevate
ZZZ	Da O a P	12mt	6	Opportunity	6	La lunghezza dei turni macchina, superiore ai 200 km, impone di optare per la soluzione opportunity (punto di ricarcica in P). I ridotti tempi di sosta, inoltre, rendono necessario un turno macchina, e quindi un veicolo, aggiuntivo in occasione dei week-end.

Lo scenario Tper spa nel BP



Lo scenario Tper spa 2030



La vita non è aspettare che passi la tormenta, ma imparare a ballare sotto la pioggia

Mahatma Gandhi