



via vita

POSVET DRUŠTVA ZA CESTE SEVEROVZHODNE SLOVENIJE

MARIBORSKI PROMETNI INFRASTRUKTURNI IZZIVI DO LETA 2030

Elektrifikacija javnega potniškega prometa v Mariboru

Aleš Klinc

Maribor, 25. 5. 2022



- JPP v Mariboru – stanje
- EU Projekti
- Testiranje okolju prijaznih e-busov
- Elektrifikacija proge 6 (Vzpostavitev hitrih polnilnic)
- Investicije v okolju prijazne avtobuse
- Prihodnost (Strategija/Akcijski načrt)



Javni potniški promet v Mariboru



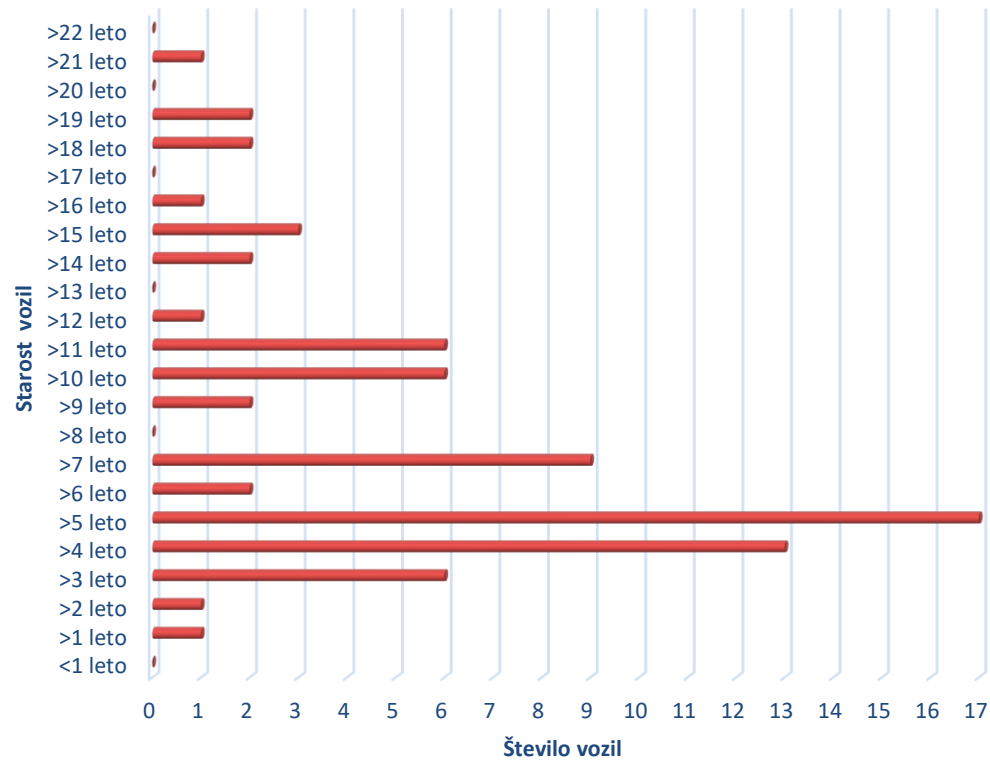
- Operater JPP – Marprom v 100 % lasti MOM
- 21 avtobusnih linij, 230 km skupne dolžine
- 73 avtobusov (Kapacitete - 1.550 sedežev, 2.246 stojišč)
- 121 voznikov
- 2,8 mil km na letni ravni
- 6,3 mil. € (Subvencija 4,1 mil. €)





Javni potniški promet v Mariboru

Starostna struktura voznega parka



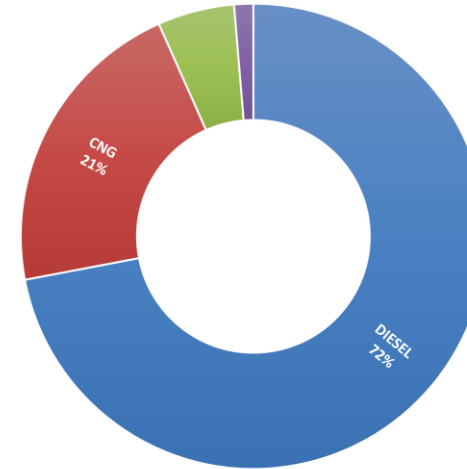
Povprečna starost vozil:

31.12.2021: 8,2 let

31.12.2020: 7,4 let

31.12.2019: 6,8 let

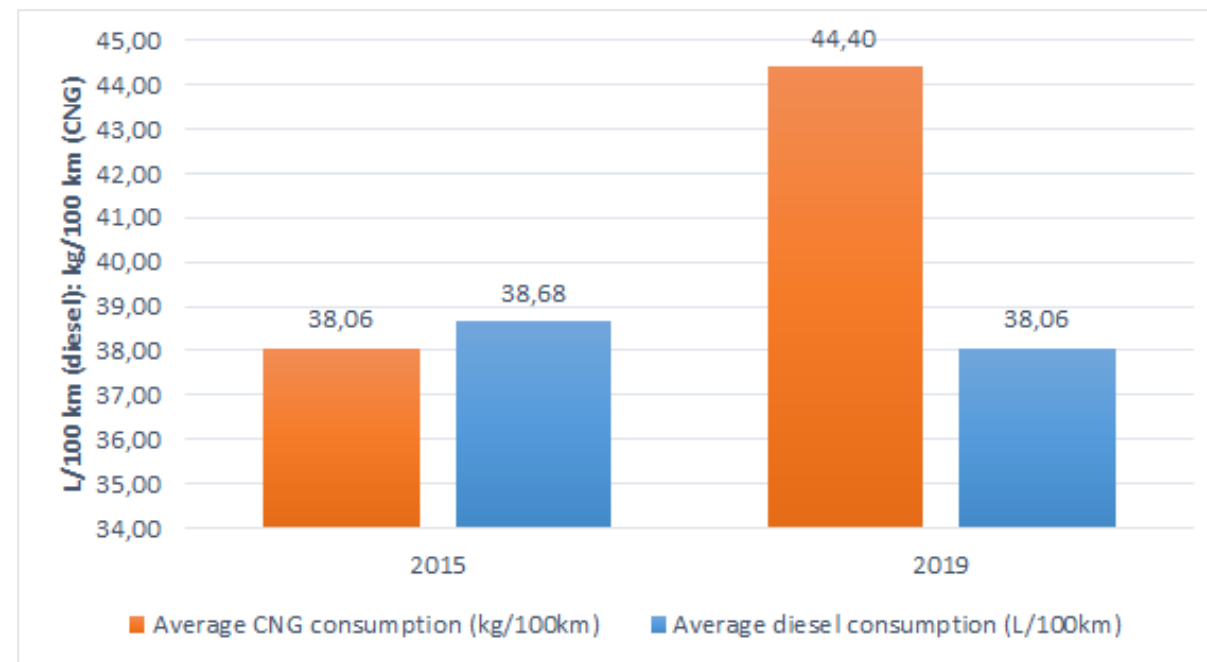
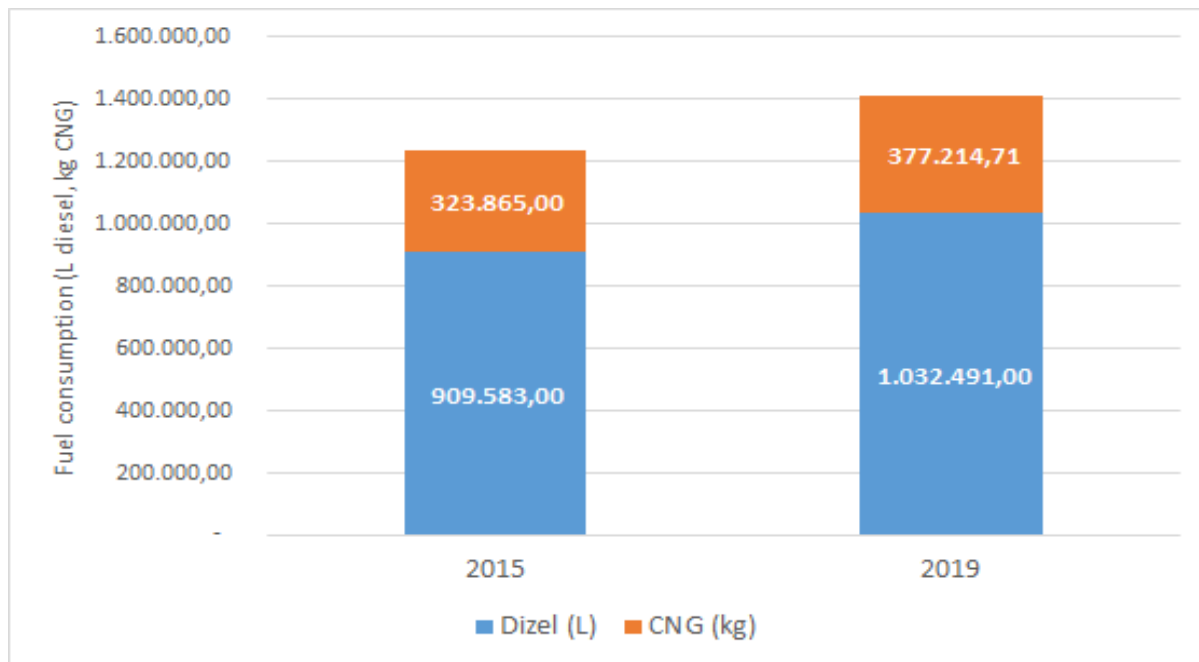
Struktura voznega parka - pogonsko gorivo



Pogonsko gorivo	št.
DIESEL	54
CNG	16
ELEKTRIKA	4
HYBRID	1

STRUKTURA VOZNEGA PARKA		
STANDARD	št.	%
EURO 2	1	1,3%
EURO 3	6	8,0%
EURO 4	4	5,3%
EURO 5	15	20,0%
EURO 5 EEV	2	2,7%
EURO 6	43	57,3%
ČISTO VOZILO	4	5,3%

Javni potniški promet v Mariboru



TRENTUTNE IN PRETEKLE AKTIVNOSTI NA PODROČJU OKOLJU PRIJAZNIH AVTOBUSOV (EU PROJEKTI)



2014-2018



RAZVOJNE MOŽNOSTI ELEKTRIFIKACIJE JAVNEGA
POTNIŠKEGA PROMETA V MARIBORU

2019-2021



RAZVOJNE MOŽNOSTI DINAMIČNEGA POLNJENJA
AVTOBUSOV (Hibridni trolejbusi)



2019-2022



MULTIFUNKCIJSKE TOČKE POLNJENJA ELEKTRIČNIH AVTOBUSOV
(VZPENJAČA, AVTOBUSI, AVTOMOBILI)



2021-2023

APOLLO - EU

SODELOVANJE V KOMUNIKACIJSKI EU PLATFORMI ZA
OKOLJU PRIJAZNE AVTOBUSE



Fakulteta za gradbeništvo,
prometno inženirstvo in arhitekturo

- Hibridni bus (Iveco Urbanway electric hybrid) - 2016
- Od leta 2018 v obratovanju
- 25 % manjša poraba kot dizel (večja investicija in stroški vzdrževanja)



Testiranje

EU project ELIPTIC – 2014-2019



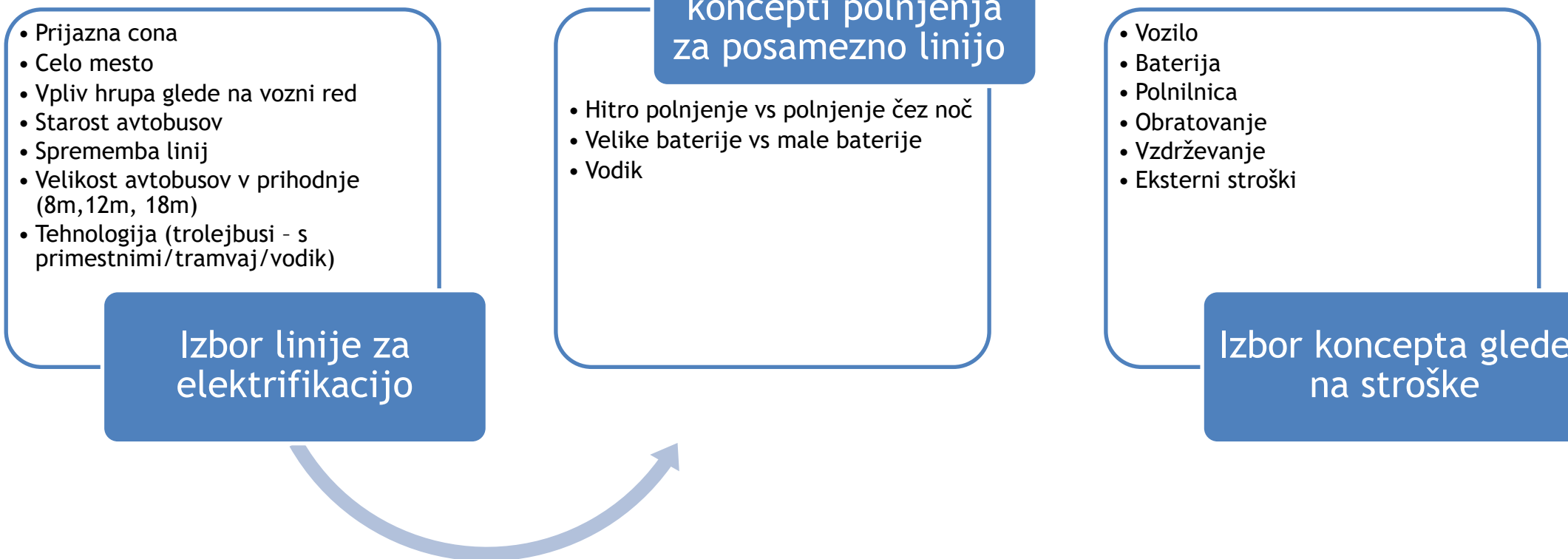
- E-bus (Solaris Urbino – full electric) – testiranje v 2017
 - Povprečna poraba 1,1 kWh/km,
 - Vpliv gretja (up to 1,4 kWh/km),
 - Vožnja po klancu (linija 20/10 – ni zaznana večja poraba kot po ravnini)
- E-bus (HEULIEZ IVECO – full electric) – testiranje v letu 2019
- E-bus (TAM Vero, Mercedes eCitaro, MAN Lions City E) testiranje v 2020, 2021



ENERGETSKO UČINKOVITA INFRASTRUKTURA ZA JAVNI POTNIŠKI PROMET V MARIBORU



Metodologija za izbor koncepta polnjenja za posamezno linijo





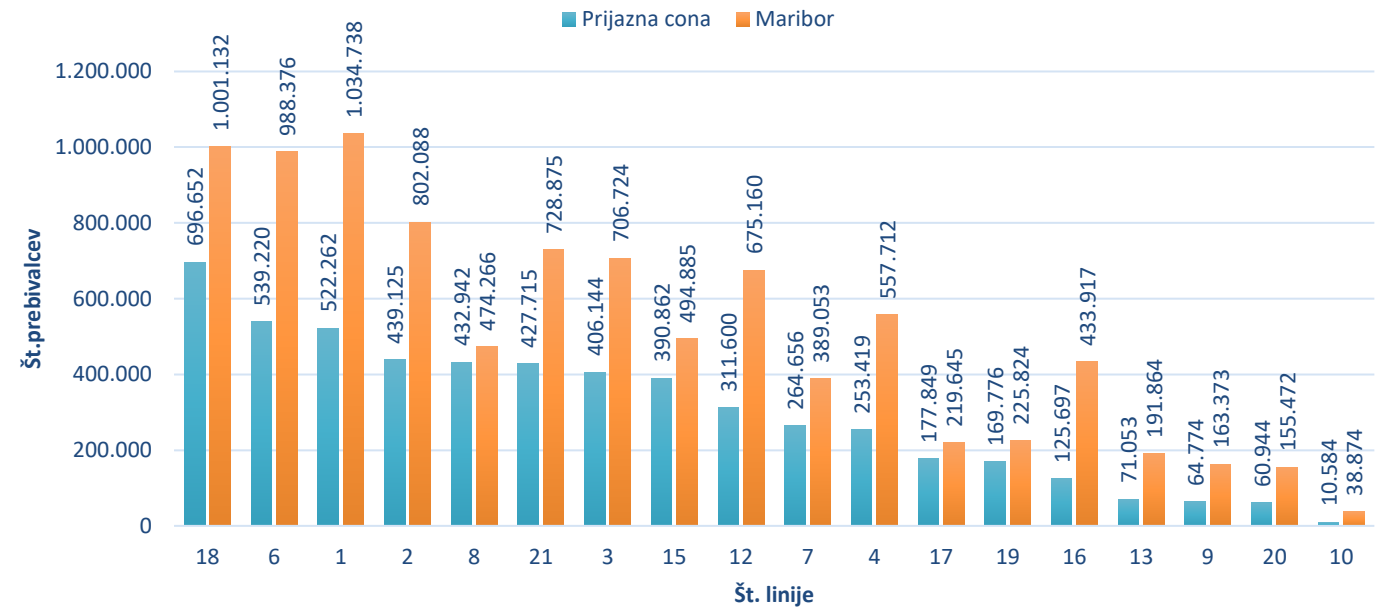
Izbor linije za elektrifikacijo

Kriterij za izbor linije za elektrifikacijo :

- **Obstoječa** električna infrastruktura JPP (železnica/žičnica)
- **Nespreminjanje** linije v prihodnosti
- **Razpoložljiva** infrastruktura (moč na transformatorju)

Linija 6

Število prebivalcev v prijazni coni, ki so izpostavljeni negativnim vplivom MJPP (živijo 100 m od linije) glede na dnevni vozni red





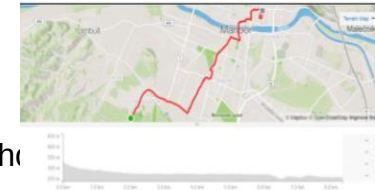
Analiza porabe energije na liniji 6 – simulacija

- **7,7 km** v eno smer
- Višinska razlika 55 m
 - **Diesel** (30 kWh (3 l diesel) - 36 l/100 km)
 - **Električen (brez naprav za gretje):**
 - 5 kWh (83 kWh/100 km).
 - **Električen (z 10 kW napravo za gretje):**
 - 8,5kWh (141 kWh/100 km)
- **worst case scenarij 2,4kWh/km**

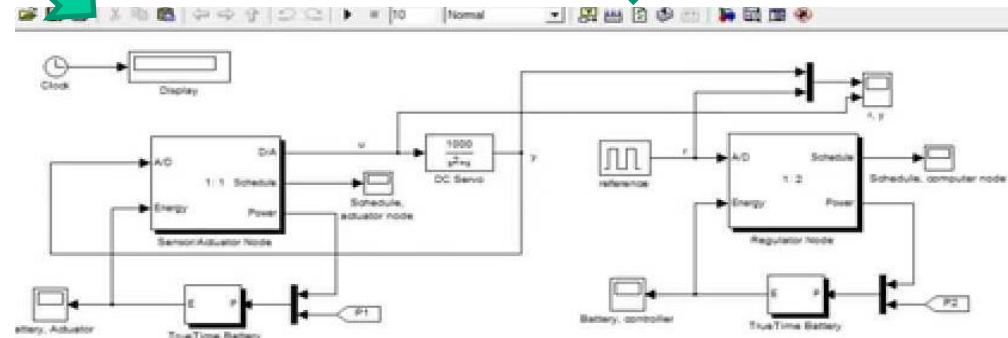
Masa preznega busa	15.000 kg
Radij koles	0,6 m
Maximalna hitrost	100 km/h
Zračni koeficient	0,8
Čelna površina	6 m ²



GPS/GPX podatki



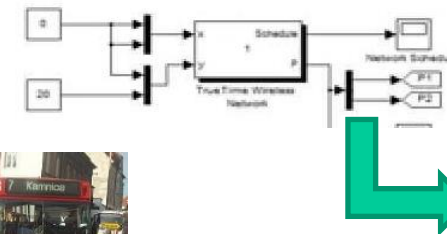
Vozni cikel (Tah)



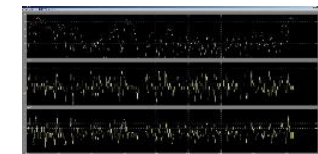
Matlab Simulacija



Podatki o vozilu



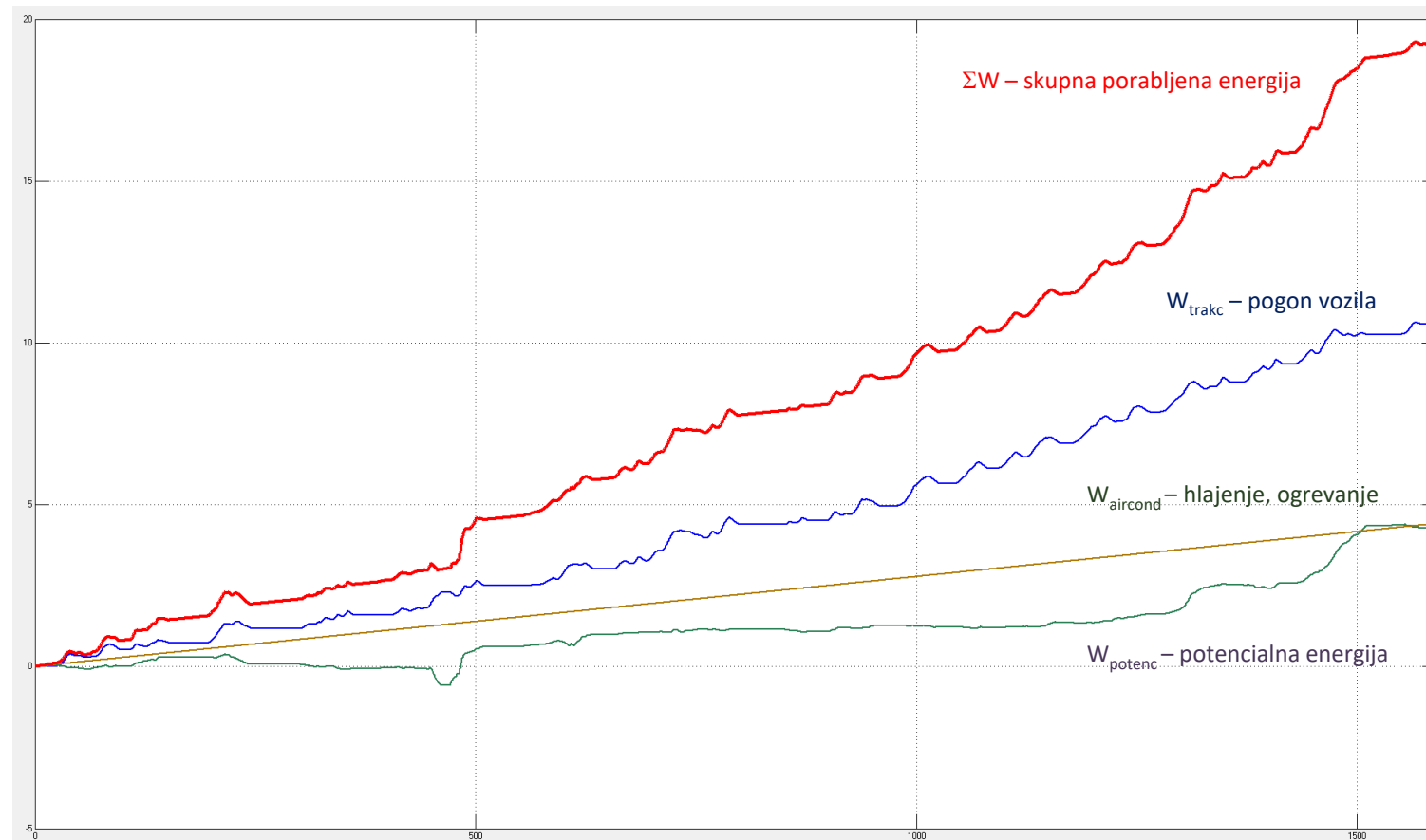
Moč, upori





SIMULACIJA VOZNEGA CIKLA LINIJE 6

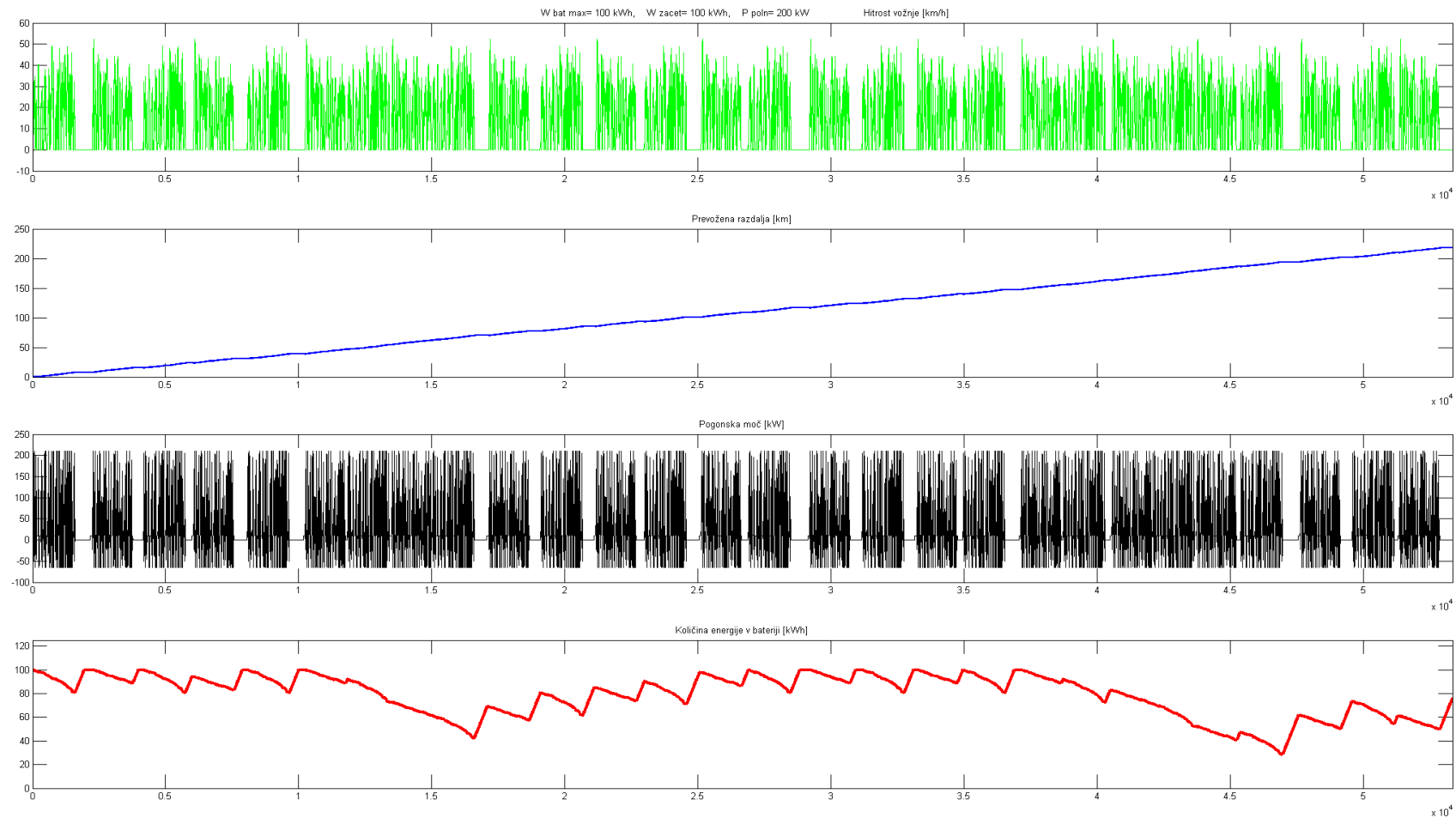
Poraba energije "worst-case" primer: polni avtobus s 100 potniki, vožnja iz Maribora proti vzpenjači (razdalja 7,77 km in 55 m vzpona), konstantna moč hladilne naprave je 10 kW, v tem primeru **skupna poraba energije 19,2 kWh**





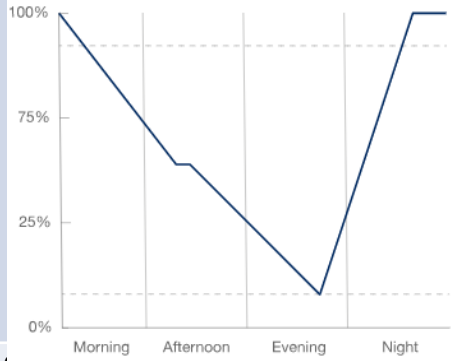
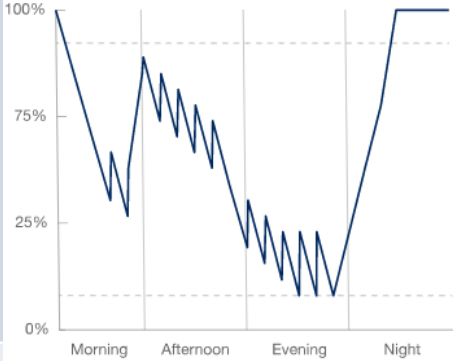
SIMULACIJA VOZNEGA CIKLA LINIJE 6

Baterija velikosti 100 kWh in polnilnici moči 200 kW





Glavne razlike med nočnim in priložnostnim polnjenjem

Strategija polnjenja	Počasno (v delavnici)	Priložnostno polnjenje (v delavnici in čez dan)
Tip polnjenja	Delavnica: od 35 do 150 kW	Delavnica: od 35 do 150 kW Priložnostno: od 150 do 600 kW
Čas polnjenja	Delavnica: od 3 do 10 ur	Delavnica: od 3 do 10 ur Priložnostno: do 10 minut (na postaji)
Profil polnjenja (poenostavljeno)		
Doseg	100-200 km na dan	200-500 km na dan
Stroški	1 Višji stroški baterije 2 Cenejša polnilna infrastruktura	1 Nižji stroški baterije 2 Dražja polnilna infrastruktura 3 Višji stroški vzdrževanja

Izbor tehnologije polnjenja



Invertni pantograf (Panto down)

- 1 Teža kontaktnih sani na e-busu ~7kg
- 2 Manj stroškov vzdrževanja avtobusa, vzdrževanja pantografov zunanji izvajalec
- 3 Cenejši avtobus, dražja polnilnica (170-210k€)
- 4 Ob nedelovanju pantografa, se avtobus polni na bližnjem pantografu
- 5 Kontaktne sani na e-busu so lahko katerekoli znamke/proizvajalca

Pantograf na busu (Panto up)

- 1 Teža pantografa na e-busu ~60kg
- 2 Večji stroški vzdrževanja avtobusov, vzdrževanje pantografov v delavnici
- 3 Cenejša polnilna postaja (130-160k€), dražji avtobus
- 4 Ob nedelovanju pantografa je avtobus neuporaben.
- 5 Pantograf na avtobus mora biti kompatibilen z infrastrukturo

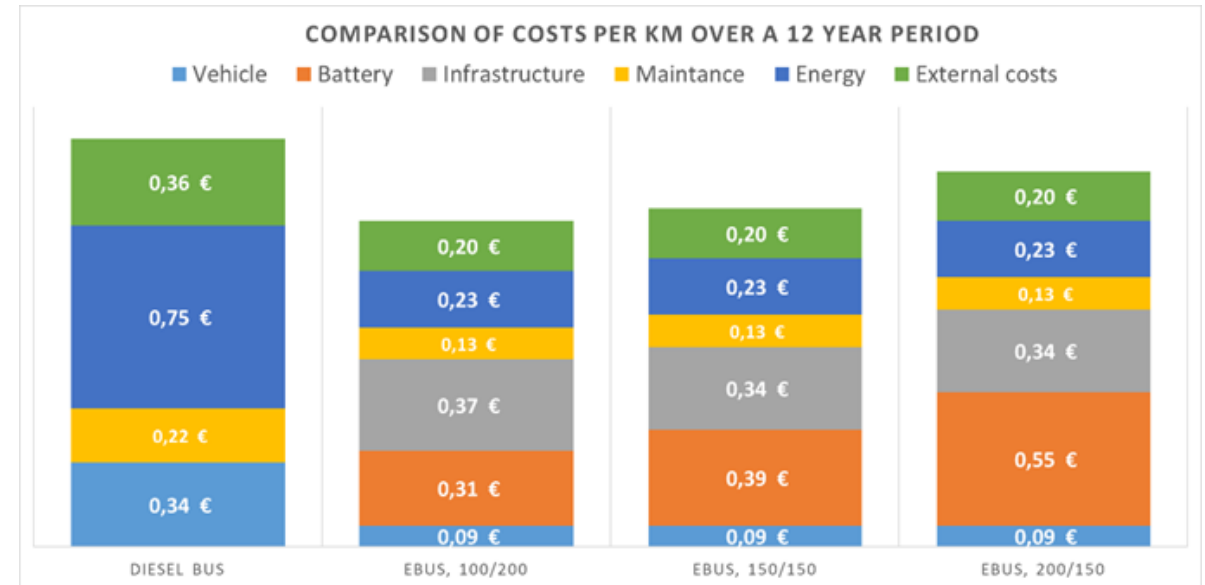


Izračun naoptimalnejšega koncepta polnjenja

Pogoj:

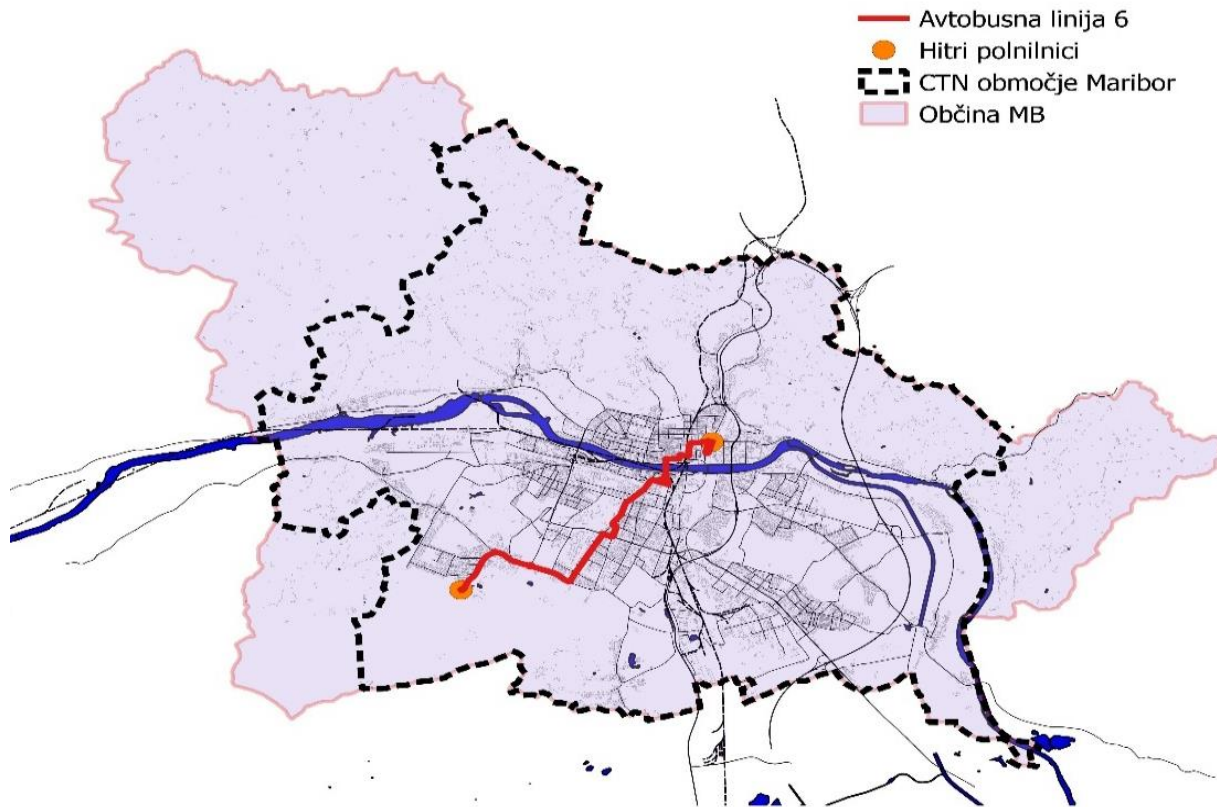
Nespreminjanje voznega reda – najti tehnično sprejemljive rešitve za zamenjavo 4 dizlov

- Polnjenje čez noč – 7 e-busov ali
- Hitro polnjenje – 2 hitri polnilnici in 4 ebusi
- Vrsta baterij (LTO vs. NMC)





Končna odločitev



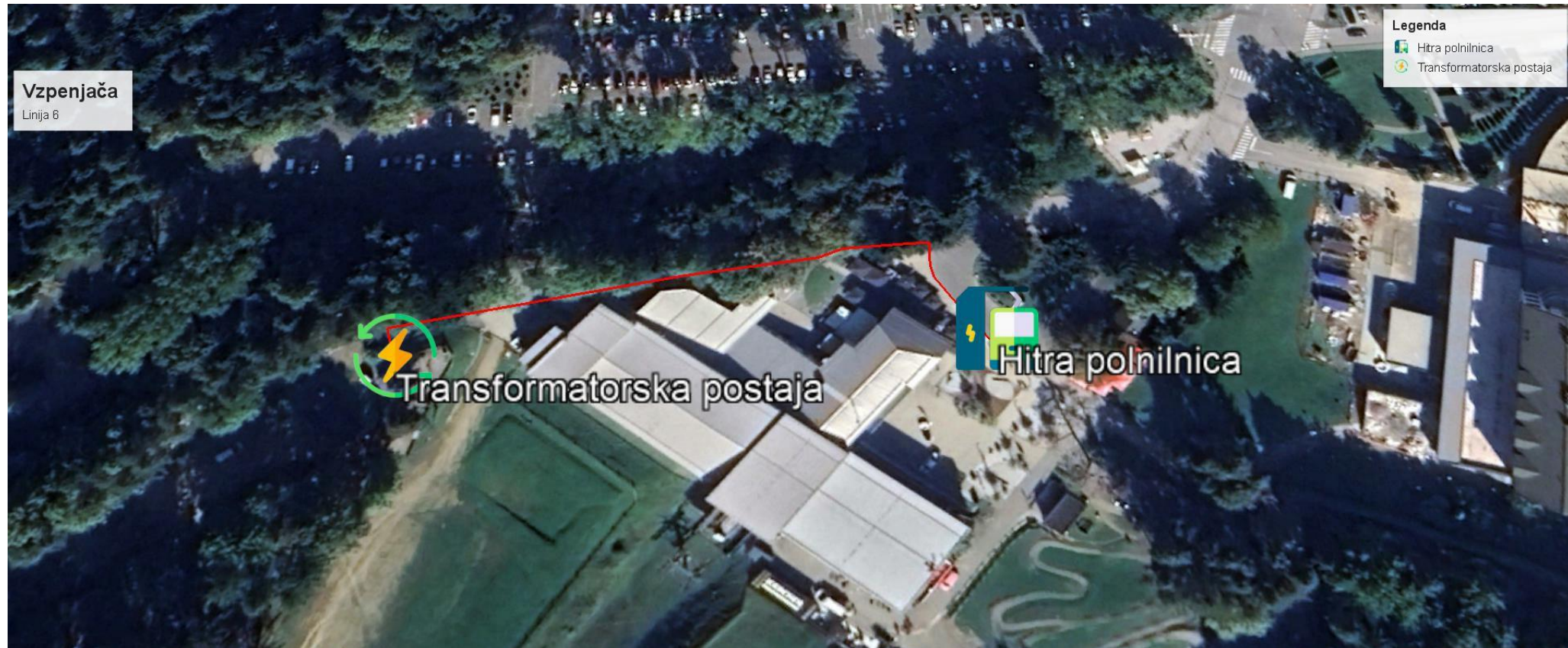
Odločitve:

2 e-busa fast charge (73 kWh baterija + 2 hitri polnilnici (150 kW/300 kW)

Vrsta baterij (LTO)



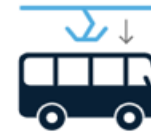
LINIJA 6 – AP VZPENJAČA





Izbrana tehnologija polnjenja - **Vzpenjača**

(150 kW z možnostjo nadgradnje do 300 kW)



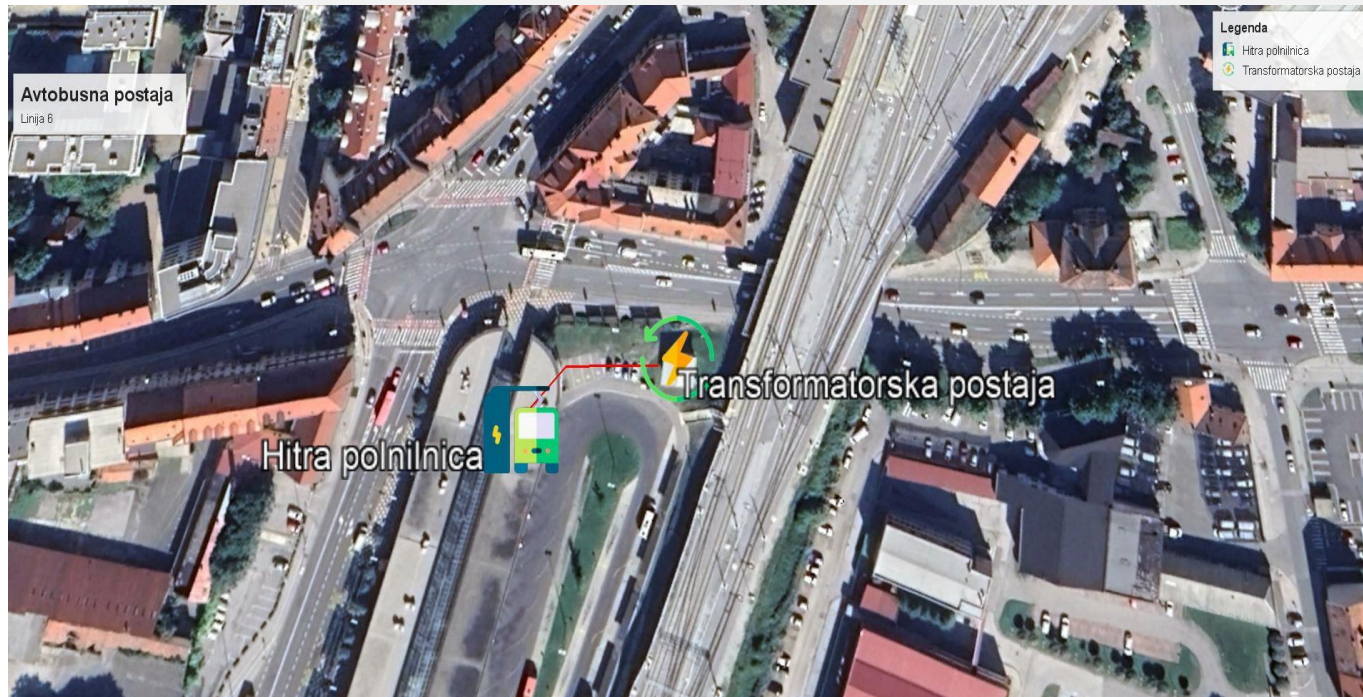
Priložnostno polnjenje (invertni pantograf)

Slika	Opis	Cena na kos
	Hitra polnilnica s pantografom (kontaktne sani na strehi avtobusa)	300kW DC <u>output</u> : 170.000 – 210.000 EUR
	Okvirne dimenzije: 5520 x 4850 x 1060 mm (VŠG) S komunikacijskim vmesnikom	
	Polnilnik Okvirne dimenzije: 770 x 2340 x 2030 mm	



Izbrana tehnologija polnjenja – **Avtobusna postaja, Mlinska ulica**

LINIJA 6 – AP Mlinska (300 kW)



Izbrana tehnologija polnjenja – delavnice Marprom, 50kW



Nočno polnjenje

Slika	Opis	Cena na kos
 	Plug in Potrebno je ročno povezati in odklopiti avtobus iz polnilne postajo	50kW DC <u>output</u> 20.000 – 30.000 EUR
 	Invertni pantograf  Nočna polnilnica –avtomatski priklop s pantografom, s komunikacijskim vmesnikom Pantograf nameščen na stropu garaže Cena nočne polnilnice je nižja zaradi manjšega polnilca	<u>max.</u> 150 kW DC <u>output</u> 95.000 – 125.000 EUR



Elektrifikacija JPP glede na razpoložljive planske dokumente in koncepte



CPS – sprejetje na mestnem svetu v avgustu 2015

- Energent se ne favorizira
 - Poudarek na izboljšani storitvi (višje povprečne hitrosti (15 km/h), izboljšava frekvenc (7 minut na glavnih koridorjih)
 - 40 novih avtobusov (20 zamenjava, 20 novih)
- **Energetski koncept** – zmanjšanje porabe transportnih sistemov v MOM za 3 %.



Cilji večnamenske polnilne infrastrukture (polnjenje JPP)

- Povečati delež okolju prijaznih vozil javnega potniškega prometa iz 1 % v letu 2019 na **25 % v letu 2027, 50 % okolju prijaznih vozil do leta 2030** (zahteva EU).
- **100 % okolju prijazen** pogon v prijazni coni do leta 2030.
- Vzpostaviti **99 % stabilnost** električnega omrežja za javni potniški promet (v domeni Elektra)
- Zmanjšati **stroške** obratovanja (energije) JPP **za 25 %** glede na leto 2019 do leta 2027
- Zmanjšati **nivo hrupa in emisij** od JPP **za 20 %** glede na leto 2019 do leta 2027
- Povečati **delež obnovljivih virov** energije za potrebe JPP iz 18 % v letu 2019 **na 25 %** v letu 2027
- Povečati **stopnjo zasedenosti avtobusov** za **20 %** do leta 2027



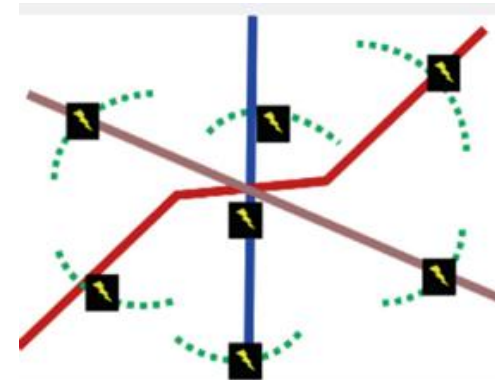
PRIHODNOST

Investicije v okolju prijazne avtobuse in infrastrukturo

2024 - 2030 Nadaljnja elektrifikacija za posamezne linije / skupine linij
(nočno polnjenje/hitro polnjenje/vodik/hibridni trolejbus)

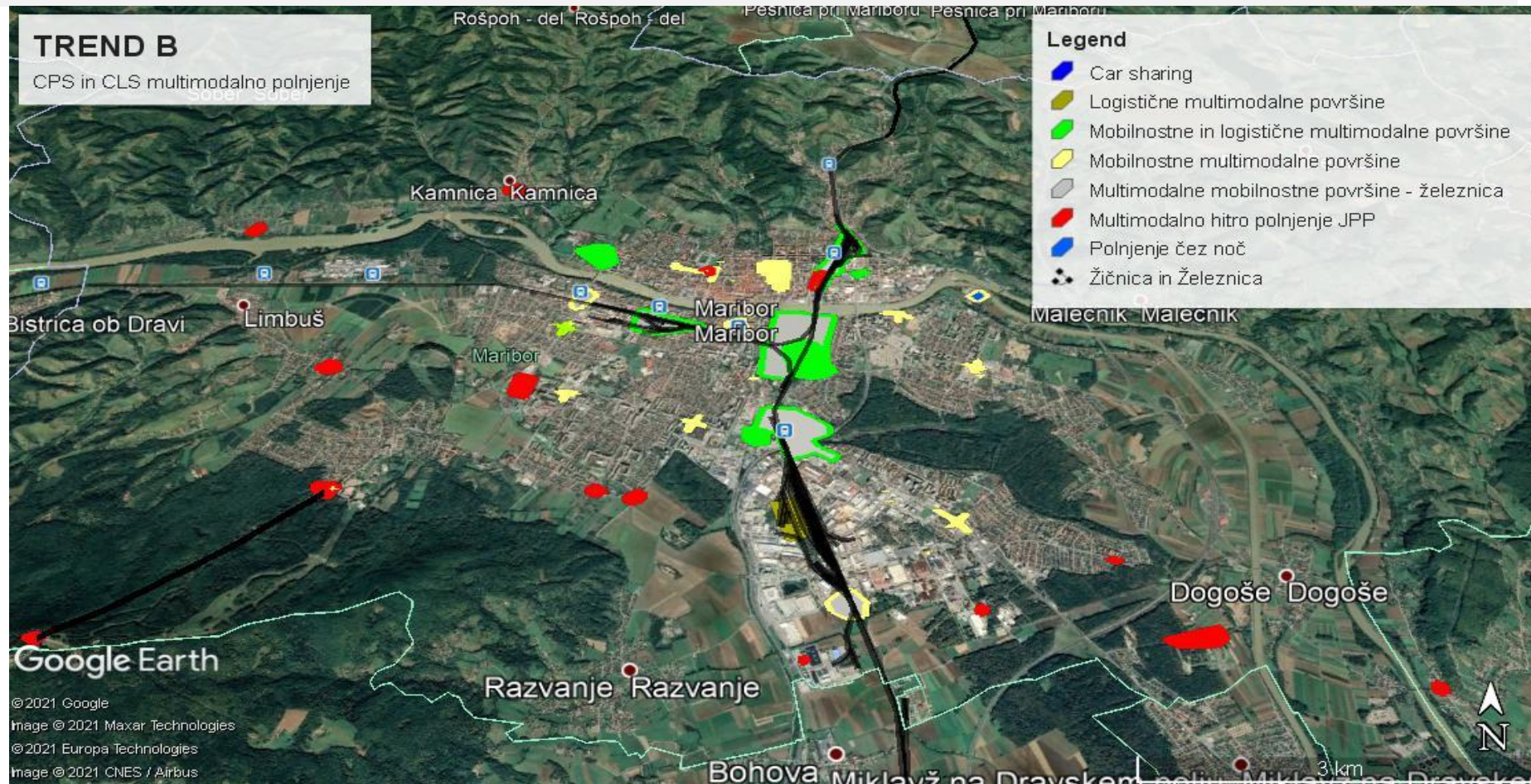


Hibridni trolejbus s polnjenjem iz železniškega omrežja



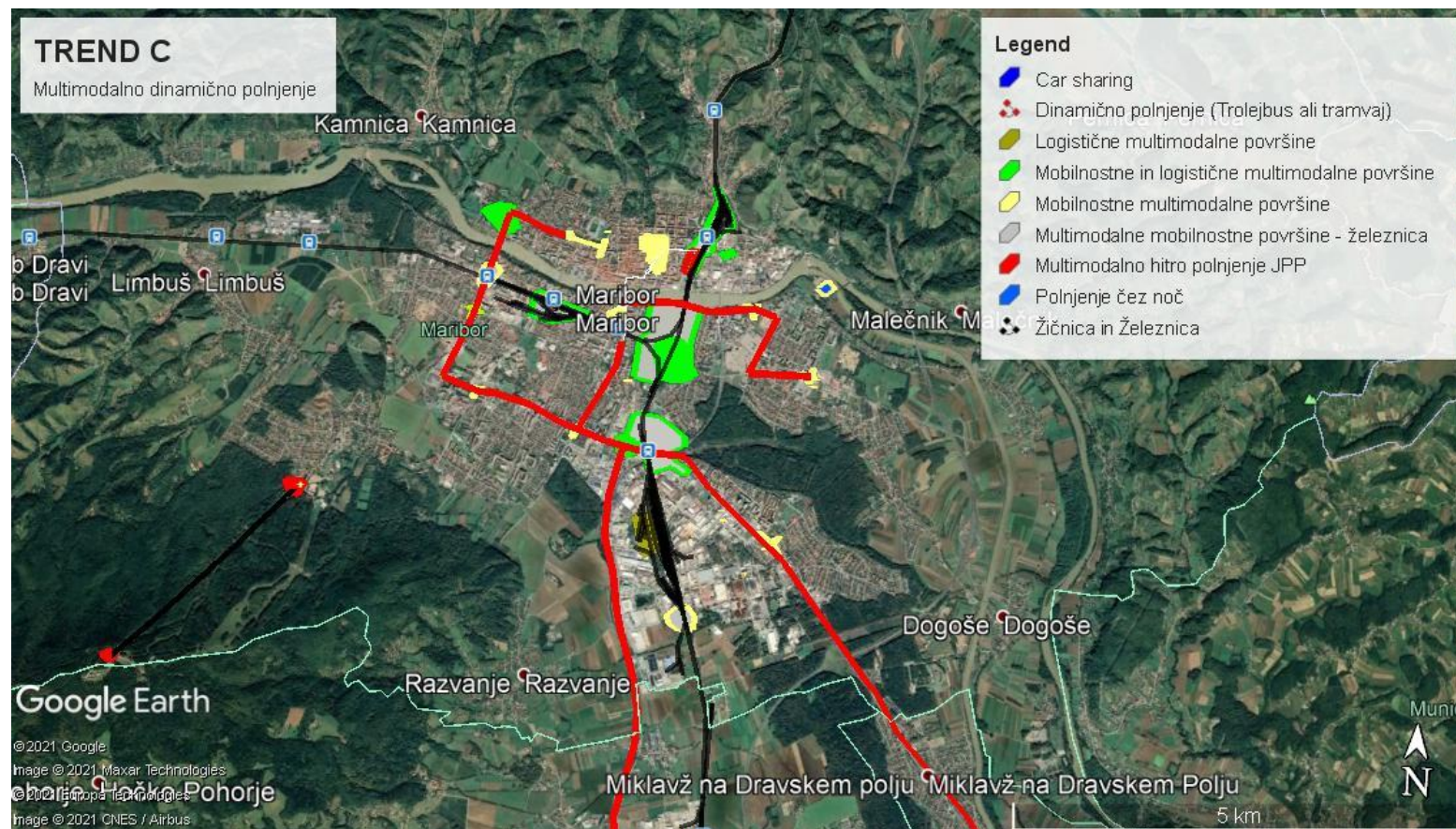
ENERGETSKO UČINKOVITA INFRASTRUKTURA ZA JAVNI POTNIŠKI PROMET V MARIBORU

AKCIJSKI NAČRT – Razvojni scenarij – Trend B (ob nespreminjanju linij)



ENERGETSKO UČINKOVITA INFRASTRUKTURA ZA JAVNI POTNIŠKI PROMET V MARIBORU

AKCIJSKI NAČRT – Razvojni scenarij – Trend C (Združevanje mestnih in primestnih linij s tehnologijo hibridnih trolejbusov)



ENERGETSKO UČINKOVITA INFRASTRUKTURA ZA JAVNI POTNIŠKI PROMET V MARIBORU



AKCIJSKI NAČRT – Ostali ukrepi

Samooskrba z energijo (fotovoltaika)



Mobilnostna vozlišča

Sodobno upravljanje

Ukrepi CPS



Investicije v okolju prijazne avtobuse

2022 – 2 e-busa za linijo 6

2023 – 2 * 12 m e-busa za linijo 6,
4 * 8 m e-busi za mestni shuttle
mestni e-vlakec





Elektrifikacija linije 6

- **190 t manj CO₂ na leto**, ko bo elektrificiran celoten vozni park na linij 6
- **Znižanje hrupa**
- **Zmanjšanje vzdrževanja**
- **Nižji stroški goriva**
- **V 5 minutah se napolni z 12 kWh**

EfficienCE - Energetska učinkovitost za javno infrastrukturo v potniškem prometu v Srednji Evropi

EfficienCE – Energy Efficiency for Public Transport Infrastructure in Central Europe





**EfficienCE - Energetska učinkovitost za javno infrastrukturo
v potniškem prometu v Srednji Evropi**

**EfficienCE – Energy Efficiency for Public Transport
Infrastructure in Central Europe**



Youtube: Vzpostavitev hitre polnilnice za električne avtobuse
v okviru evropskega projekta EfficienCE

Vzpostavitev polnilnice

- Hvala za pozornost

