

FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
Zavod za gradski promet
Katedra za tehnologiju gradskog prometa

Mogućnosti poboljšanja energetske učinkovitosti tramvajskog voznog parka ZET-a



10. ZAGREBAČKI ENERGETSKI TJEDAN



2019.

Student: Filip Sirovica, univ. bacc. ing. traff.

Mentor: Doc. dr. sc. Marko Slavulj

SADRŽAJ



1. UVOD
2. ČIMBENICI POTROŠNJE ENERGIJE
2. MODERNIZACIJA UPRAVLJANJA VRATIMA
3. REKUPERACIJA I SKLADIŠTENJE ENERGIJE
4. ZAKLJUČAK ISTRAŽIVANJA



1. UVOD



1. UVOD



Svrha: istražiti postojeće stanje potrošnje energije u tramvajskim vozilima ZET-a i definirati nedostatke sustava

Cilj: dati prijedlog poboljšanja sustava s ciljem povećanja energetske učinkovitosti tramvajskih vozila ZET-a kroz modernizaciju sustava upravljanja vratima i rekuperacije električne energije



1. UVOD



Razvoj vozila: povećanje udobnosti, sigurnosti, kapaciteta, snage pogona, potrošnje energije, broja potrošača

- 1910. uvodi se električni tramvaj u Zagrebu
- 1911. nova motorna kola s jačim motorima za Mirogojsku prugu
- 1942. prvo opremanje tramvajskih kola niskonaponskom instalacijom za napajanje modernih uređaja



1. UVOD



- 1951. prvi tramvaj sa zračnim uređajem
 - 1959. prvo 4-osovinsko tramvajsko vozilo
 - 1966. uvođenje zglobnog tramvaja
 - 1987. prvi tramvaj s tiristorskim upravljanjem
 - 1994. prvi tramvaj s mikroprocesorskim upravljanjem, ujedno prvi višezglobni
 - 2005. prvi tramvaj sa AC vučnim motorima, IGBT tehnologijom, u potpunosti klimatiziran
- Kroz 50 godina dogodilo se povećanje od 77% u snazi električnih uređaja!**



2. ČIMBENICI POTROŠNJE ENERGIJE

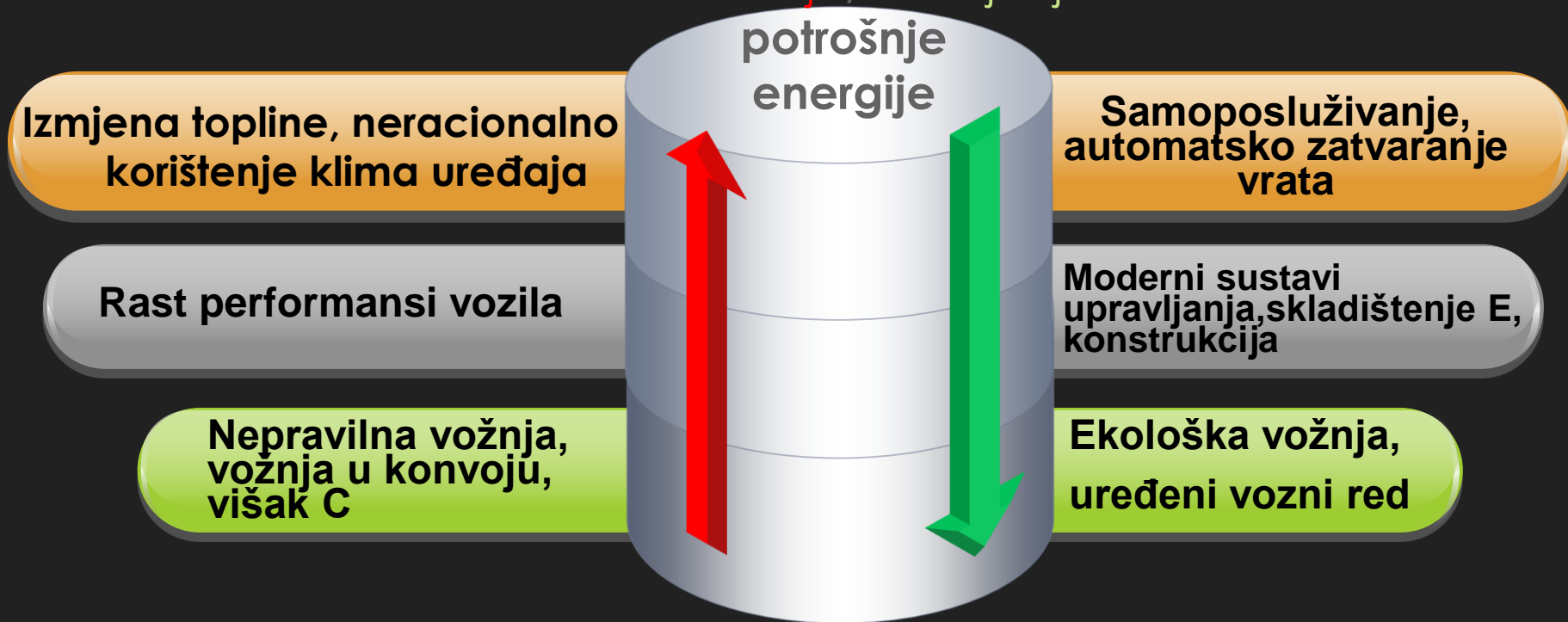


2. ČIMBENICI POTROŠNJE ENERGIJE



Čimbenici potrošnje energije : za cijeli tramvajski podsustav

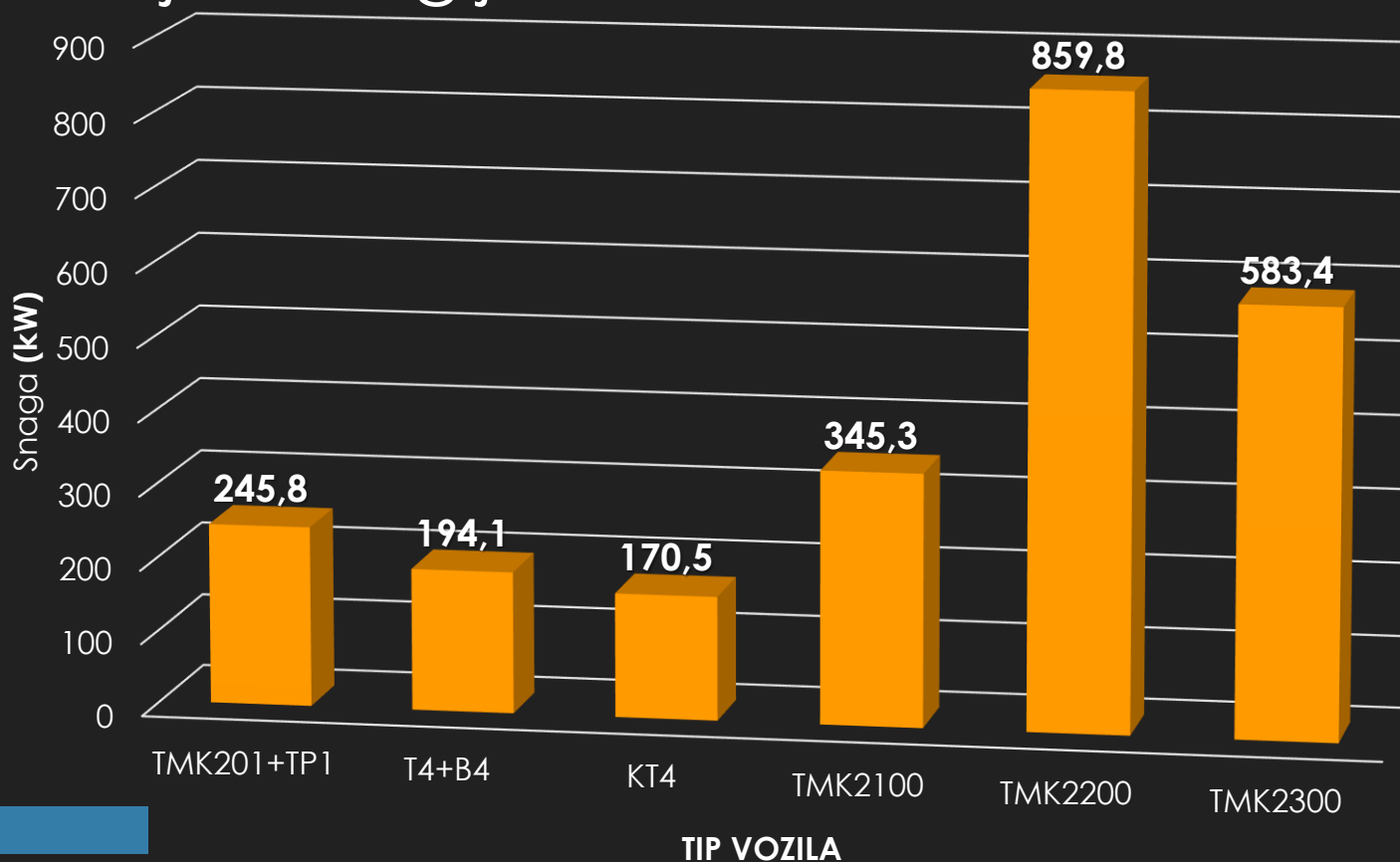
Povećanje/smanjenje



2. ČIMBENICI POTROŠNJE ENERGIJE



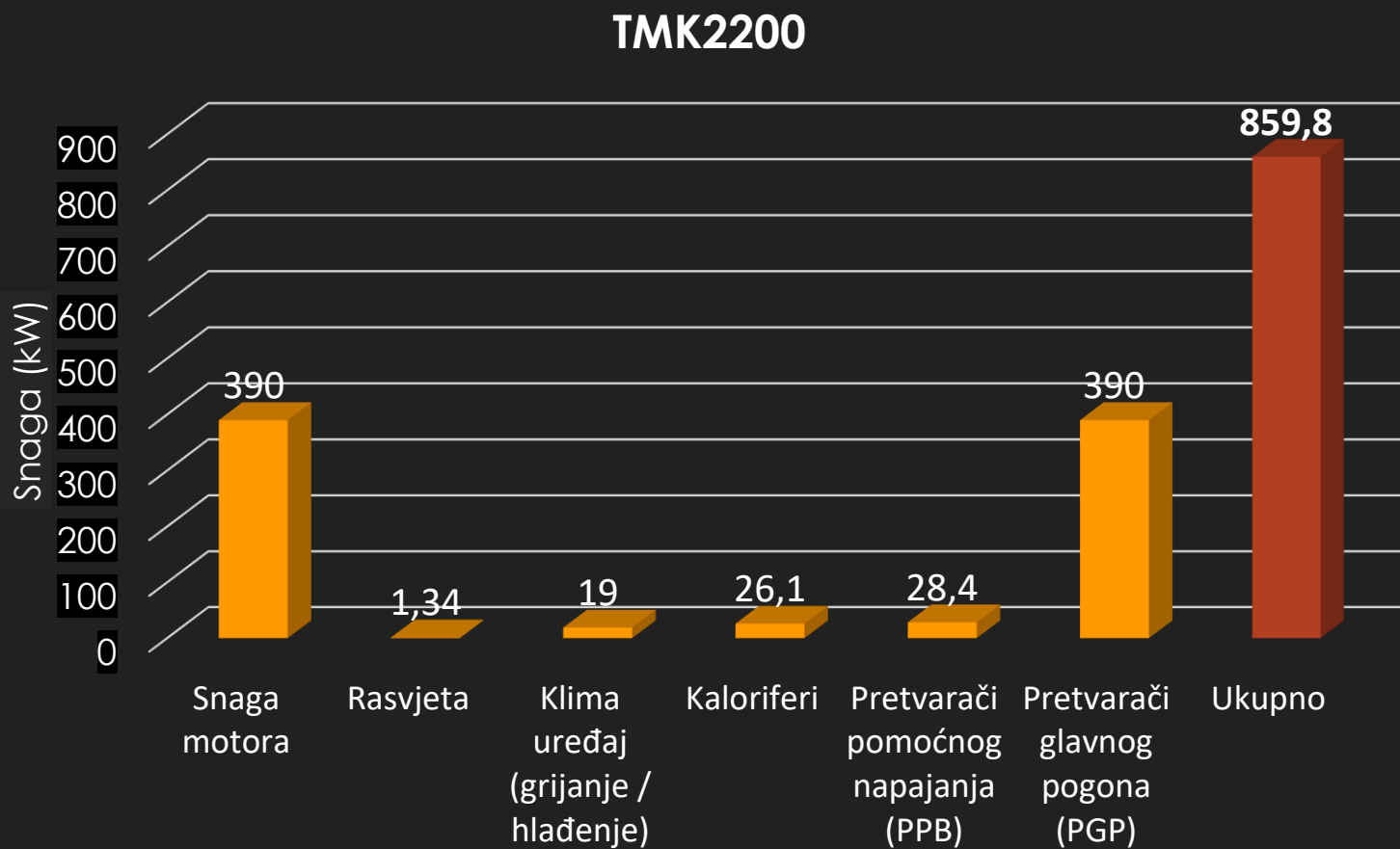
Usporedba snaga potrošača između tipova tramvajskih vozila ZET-a: s modernizacijom raste potrošnja energije



2. ČIMBENICI POTROŠNJE ENERGIJE



Snage glavnih potrošača tramvajskog vozila TMK2200: izraženo u kW





3. MODERNIZACIJA UPRAVLJANJA VRATIMA



3. UPRAVLJANJE VRATIMA



Samoposluživanje

Opis: otvaraju se samo ona vrata na kojima je putnik **tipkalom** dao zahtjev

Namjena: manja potrošnja energije i održana udobnost (zbog manje izmjene topline takvim načinom rada), **povećanje vijeka trajanja** pogonskih dijelova vrata (ekonomičnost u održavanju vozila) do **3 godine**



3. UPRAVLJANJE VRATIMA



Samoposluživanje

Oprema voznog parka: 37.05% voznog parka **nema** funkciju samoposluživanja vrata (tipovi vozila Đ.Đ. TMK201+TP1, ČKD Tatra T4+B4 i KT4)

Efikasnost: ZET 2007. po uvođenju ovog sustava ostvario **80 000kWh** uštede struje **dnevno**

Rješenje: Ugradnja tipkala i instalacije u vozila bez ove funkcije



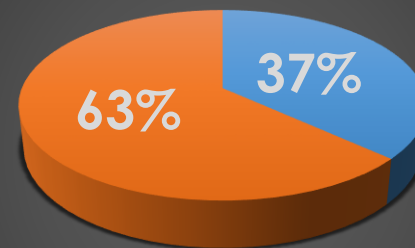
3. UPRAVLJANJE VRATIMA

Samoposluživanje



⇐ Končar TMK2200

Opremljenost voznog parka
opremom za samoposluživanje



■ Bez opreme (92 voz.)

■ Sa opremom (158 voz.)

3. UPRAVLJANJE VRATIMA



Automatsko zatvaranje

Opis: vrata se u određenom vremenskom odmaku od otvaranja sama zatvaraju, sustav se koristi kao modifikacija sustava samoposluživanja vrata

Izvedba: u slučaju **potrebe** ovu funkciju vozač može **isključiti** te upravljati vratima na **dosadašnji način**, automatsko zatvaranje omogućeno je upotrebom **vremenskog brojača** te **senzora** koji registriraju **prepreku** (u slučaju duže izmjene putnika nego što je predviđeno)

3. UPRAVLJANJE VRATIMA



Automatsko zatvaranje

Senzori: u primjeni najičešće **infra-crveni**, **nagazni** i **senzor preopterećenja** (u slučaju prevelike gustoće putnika u vozilu, senzor se može **isključiti!**)

Namjena: ekonomična potrošanja energije i postojana udobnost u vozilu

Rješenje: ugradnja ove funkcije u sva vozila (prethodna nužnost postojanja sustava samoposluživanja vrata!)





4. REKUPERACIJA I POHRANA ENERGIJE



4. REKUPERACIJA I POHRANA ENERGIJE



Rekuperacija električne energije

Rekuperativno kočenje: elektrodinamička kočnica (VM u generatorskom režimu) pri čemu se struja kočenja **vraća u sustav vozila ili mreže**

Opis: moderni sustavi s **kontinuiranom regulacijom pogona (Chopper / IGBT)** uz disipaciju kroz kočione otpornike omogućuju i **rekuperativno kočenje (povrat generirane električne struje u sustav)** te **predaju iste drugim uređajima**

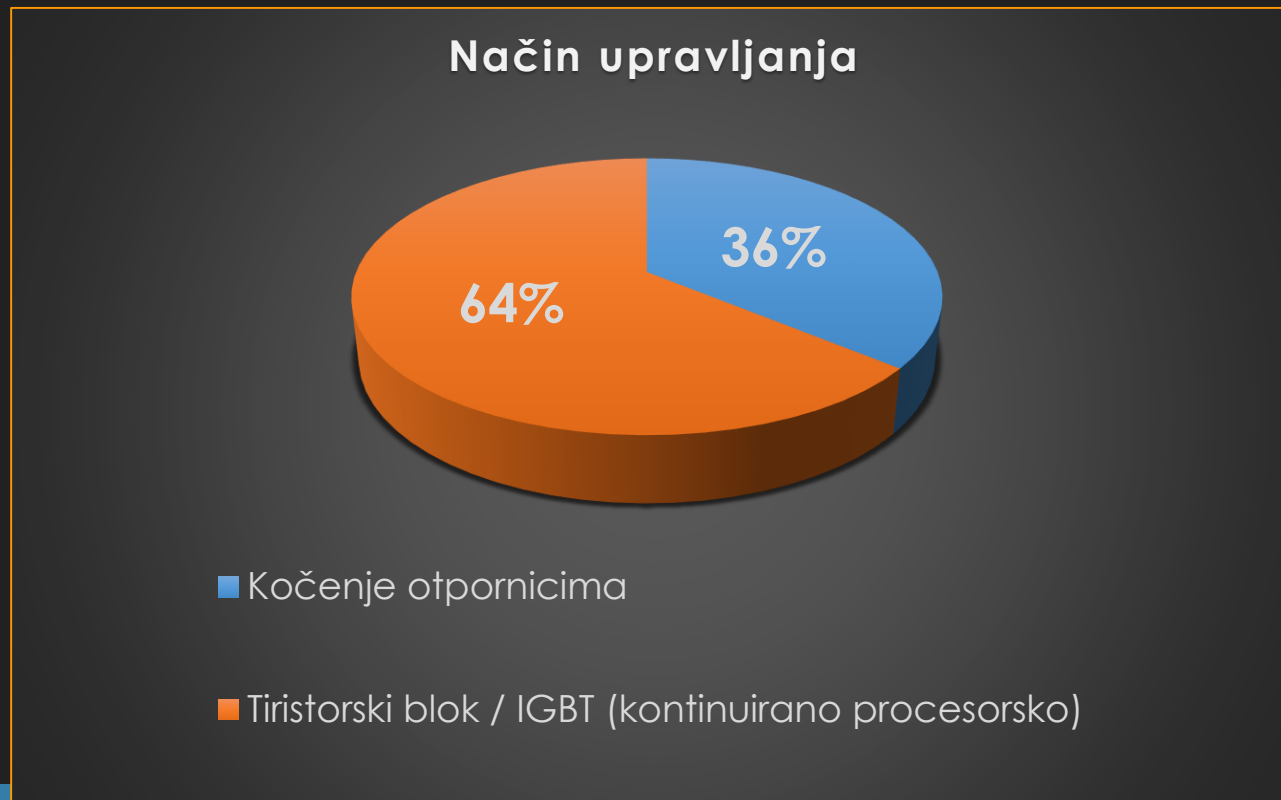


4. REKUPERACIJA I POHRANA ENERGIJE



Rekuperacija električne energije

Način upravljanja postojećeg voznog parka ZET-a:

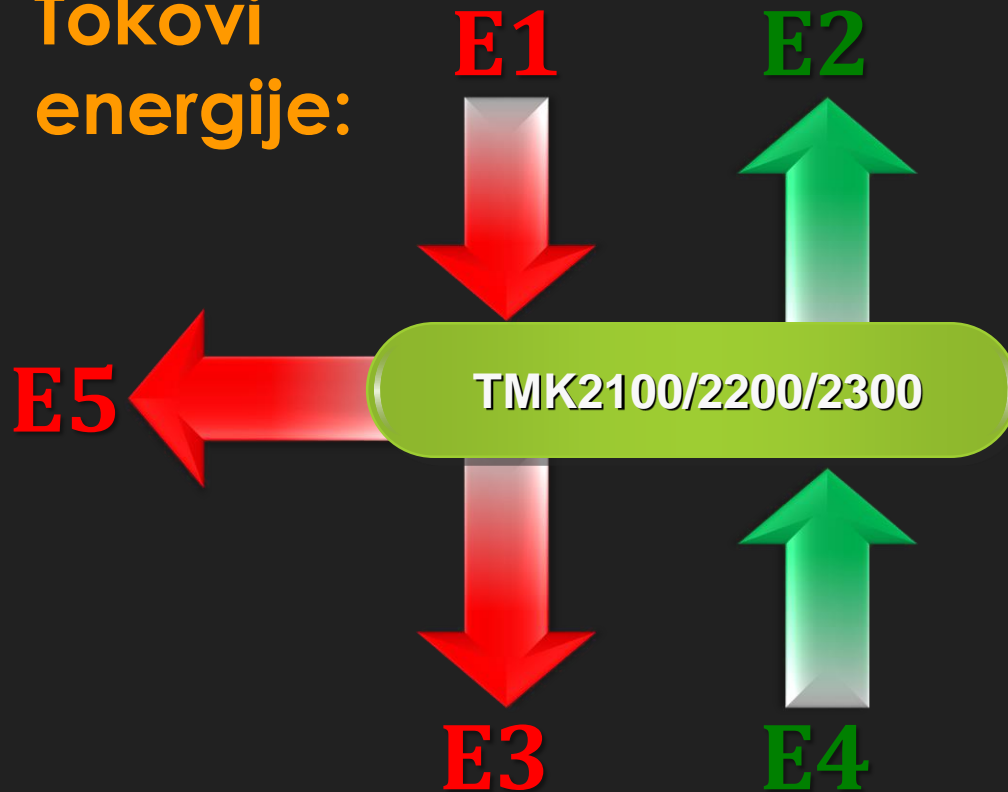


4. REKUPERACIJA I POHRANA ENERGIJE



Rekuperacija električne energije

Tokovi energije:



E1 – Energija preuzeta iz kontaktne mreže

E2 – Energija vraćena kontaktnoj mreži, umanjena za unutarnje gubitke vozila

E3 – Energija za pogon, umanjena za unutarnje gubitke vozila

E4 – Energija vraćena iz pogona u sustav vozila

E5 – Energija napajanja pomoćnih pogona



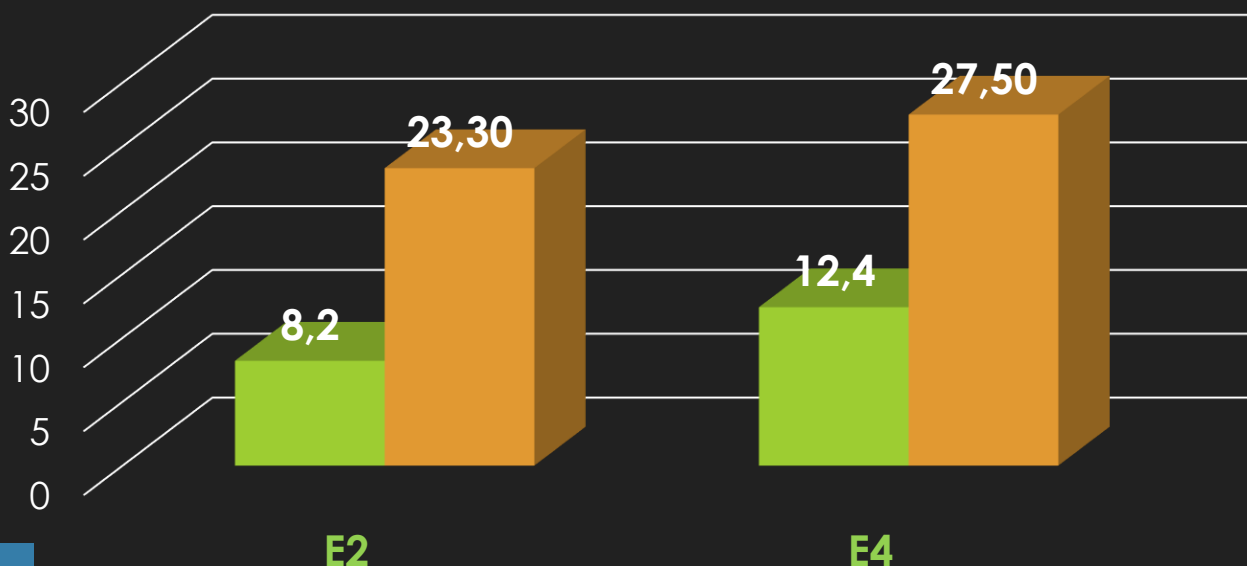
4. REKUPERACIJA I POHRANA ENERGIJE



Rekuperacija električne energije

Mogućnosti poboljšanja u postojećim vozilima:
vidljivo iz grafa gdje niži stupac prikazuje sadašnju efikasnost rekuperacije struje za vozilo TMK2200

EFIKASNOST REKUPERACIJE EL. ENERGIJE (%) ZA TMK2200



4. REKUPERACIJA I POHRANA ENERGIJE



Rekuperacija električne energije

Nedostaci elektro-energetske mreže: uvođenjem TMK2200 javljaju se učestali prekidi u napajanju mreže uslijed preopterećenja;

- a) mreža nema sposobnost pohrane energije dobivene rekuperacijom struje u vozilima
- b) iskorištenje vraćene energije ograničeno na:
 - unutarnje potrošače vozila (pomoćni pogoni)
 - druga tramvajska vozila na istom segmentu mreže u režimu vuče

4. REKUPERACIJA I POHRANA ENERGIJE



Pohrana povrata energije

Rješenje:

- a) povećanje snage postojećeg elektro-energetskog sustava napajanja
- b) opremanje ispravljačkih stanica **spremnici**ma **energije** dobivene (vraćene) rekuperativnim kočanjem
- c) opremanje vozila spremnicima energije dobivene rekuperacijom



4. REKUPERACIJA I POHRANA ENERGIJE



Pohrana povrata energije

Rješenje: (primjer)

- 2009. uvođenje Mitrac Energy Saver sustava u Heidelbergu (Bombardier), prve baterije u komercijalnoj upotrebi, ugrađene u tramvajsko vozilo i punjene rekuperativnim kočenjem, realizirane uštede potrošnje el. energije do **30%**, **3kWh** po vozilu

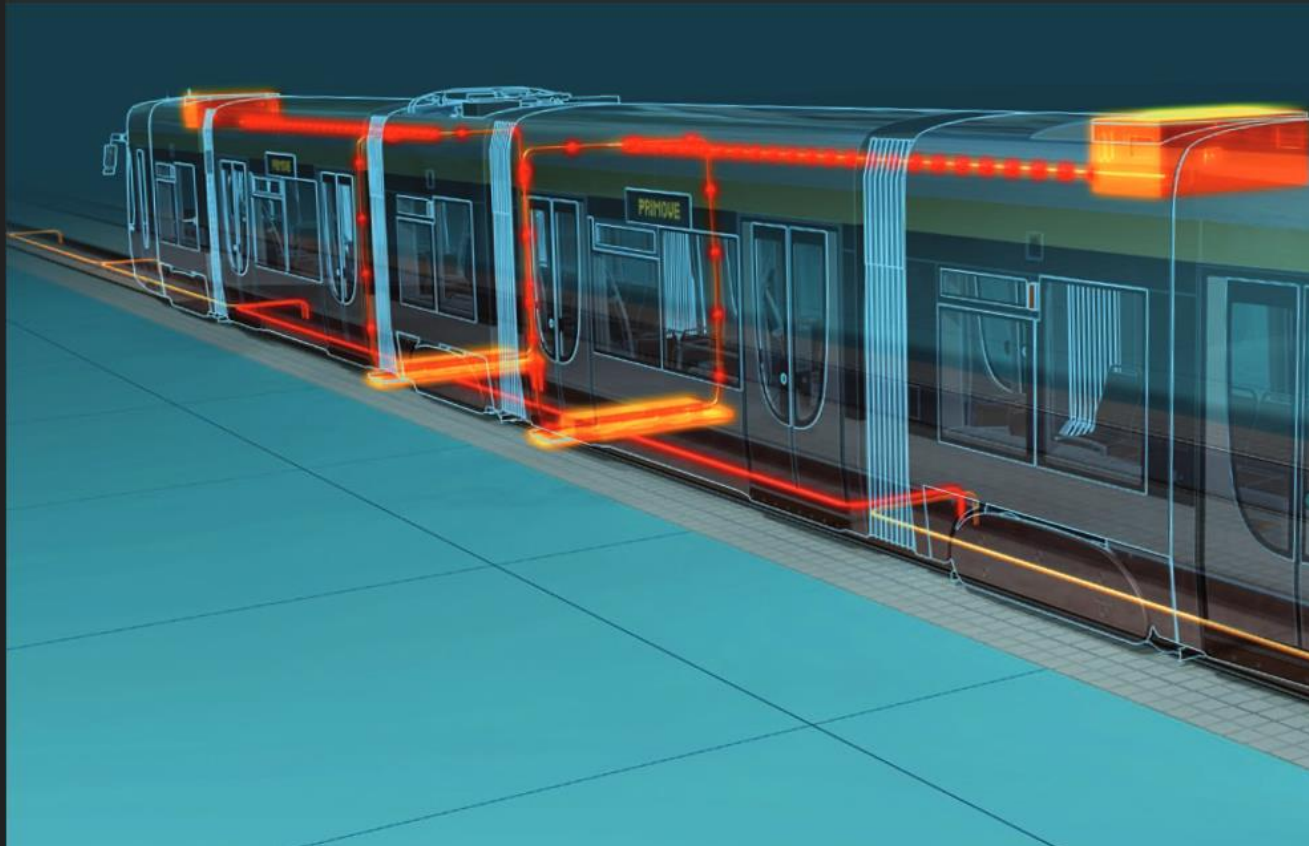


4. REKUPERACIJA I POHRANA ENERGIJE



Pohrana povrata energije

Rješenje: primjer sustava Mitrac Energy Saver



4. REKUPERACIJA I POHRANA ENERGIJE



Pohrana povrata energije

Rješenje: tehničke karakteristike sustava spremanja električne energije dobivene rekuperacijom

Storage type	Energy density (kJ/kg)	Power density (W/kg)	Full load cycles
Battery (NiMH)	180-400	100-400	500-2000
Flywheel	15-40	300-1000	> 1.000.000
SuperCap	3-20	100-10.000	> 500.000





5. ZAKLJUČAK ISTRAŽIVANJA



5. ZAKLJUČAK ISTRAŽIVANJA



Povećanje energetske učinkovitosti modernizacijom upravljanja vratima kroz:

- a) Samoposluživanje** vrata na preostalom udjelu od 37% voznog parka bez te funkcije, moguća ušteda **30 – 50 000kWh** dnevno struje
- b) Automatsko zatvaranje** vrata; znatna ušteda energije te povećanje udobnosti u vozilima, posebno izraženo na terminalima



5. ZAKLJUČAK ISTRAŽIVANJA



Povećanje energetske učinkovitosti boljem iskorištenjem rekuperacije:

- a) 63%** voznog parka vraća struju u mrežu rekuperacijom
- b) Opremanje** vozila i ispravljačkih stanica spremnicima energije
- c) Moguće povećanje** vraćene energije u sustav za **15%** u odnosu na sadašnje stanje



HVALA NA PAŽNJI!



PITANJA?

