



# Upravljanje hibridnim skiderom na temelju stvarnih radnih ciklusa

Juraj Karlušić

16. prosinac, 2022.

## KK.01.1.1.04.0010 „Development of hybrid skidder– HiSkid“

### Uvod

- Ovaj rad je nastavak na istraživanje vezano za skider 120V
- EcoTrac 140V je šumski zglobni traktor opremljen vitlom i zaštitnim daskama
- Pogonjen je turbo-punjenim dizelskim motorm
- Predložena hibridna konfiguracija je testirana na mjerenim podacima s terena



Skider EcoTrac 140V

## KK.01.1.1.04.0010 „Development of hybrid skidder– HiSkid“

### Terenski podaci

- Terenski podaci su izmjereni na šumskim područjima oko grada Gospića i Bjelovara
- Mjereni podaci su podijeljeni u četiri skupine:
  - GPS set podataka sadrži geografsku širinu, dužinu, nadmorsku visinu i brzinu vozila. Podaci su mjereni pomoću GPS senzora koji se nalazi u kabini skidera
  - „Fleet Management System” ili FMS je naziv za uređaje i servise koji prate flotu vozila. FMS podaci se dobivaju preko CAN-a vozila, a uključuju poziciju papučice gasa, brzinu vrtnje motora i postotak od maksimalnog momenta
  - Potrošnja goriva je mjerena pomoću protočnog senzora instaliranog između pumpe goriva i injektora
  - Podaci s vitla se sastoje od početnog i završnog vremena vitlanja za lijevi i desni bubanj te ti podaci također dolaze s FMS-a



Mjerač protoka

## KK.01.1.1.04.0010 „Development of hybrid skidder– HiSkid“

# Analiziranje podataka

- Podaci moraju biti svedeni na isto vrijeme uzorkovanja, početno i završno vrijeme je isto određeno
- Vremenski period je postavljen na jednu sekundu, podaci između su interpolirani

a)

Vrijeme	Trenutna potrošnja goriva [l]	Ukupno izmjerena potrošnja goriva (0.00)
6:34:17	0,04	442,47
6:34:18	0,03	442,54
6:34:25	0,03	442,55
6:34:35	0,03	442,55
6:34:43	0,02	442,56
6:35:00	0,03	442,57
6:35:18	0,03	442,59
6:35:26	0,03	442,56
6:35:30	0,03	442,59
6:35:38	0,03	442,60

b)

Vrijeme	Broj okretaja motora (RPM)	Okretni moment (% od maksimuma)	Pozicija papučiće gasa
6:32:17	749	39	0
6:34:23	747	35	0
6:38:05	749	32	0
6:43:22	1.553	71	55
6:43:24	709	16	0
6:43:25	976	54	28
6:43:49	840	0	0
6:43:50	1.152	58	37
6:43:51	755	0	0
6:43:53	890	44	15

c)

Vrijeme	Lat, Lon	(km)
6:41:26	45.5734,16.9391	0
6:41:51	45.5733,16.9391	0
6:42:16	45.5734,16.9391	0
6:42:41	45.5734,16.9391	0
6:43:06	45.5734,16.9391	0
6:43:31	45.5734,16.9391	5
6:43:31	45.5734,16.9391	5
6:43:31	45.5734,16.9391	5
6:43:52	45.5738,16.9392	0
6:43:56	45.5738,16.9392	1
6:43:56	45.5738,16.9392	1
6:43:57	45.5738,16.9392	0
6:44:00	45.5738,16.9392	1

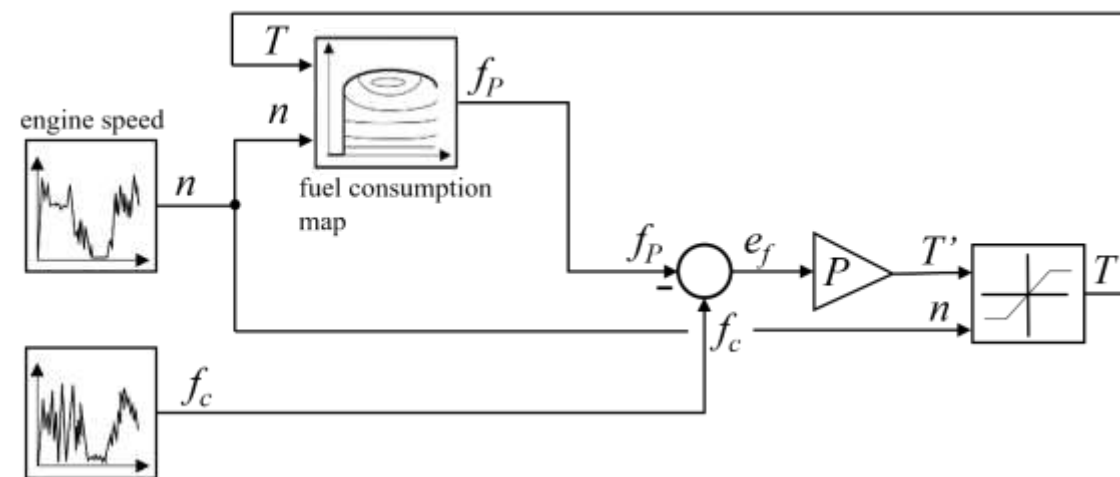
d)

Početak aktivnos	Vitlo lijevo	Vitlo desno
9:18:38	00:00:01	
9:18:41		00:00:02
9:19:00		00:00:09
9:19:16		
9:19:26		
9:21:43	00:00:21	
9:22:30		
9:22:30		
9:26:36		
9:26:41		
9:30:19		
9:30:23		00:00:01

Mjereni podaci sa: a) protočni senzor, b) CAN, c) GPS, d) vitlo

## KK.01.1.1.04.0010 „Development of hybrid skidder– HiSkid“

- Uzimajući u obzir da je brzina mjerena GPS-om relativno netočna, nova brzina vozila je izračunata preko brzine vrtnje motora i prijenosnih omjera mjenjačke kutije
- Skider ima šest brzina za naprijed i dvostupanjski razvodnik pogona
- Brzina vozila se izračunava za svako vrijeme uzorkovanja u svih dvanaest brzina i uspoređuje s GPS brzinom
- Stupanj prijenosa u kojem je razlika brzina najmanja je odabrana
- Izmišljena 13. brzina se koristi kako bi se označili vremenski trenuci u kojima je skider ugašen, u stacionarnom stanju ili u procesu vitlanja
- Kombinacija povezanih točaka brzine vrtnje motora i postotka momenta nisu davale jedinstvenu potrošnju goriva
- Mapa potrošnje goriva je potrebna kako bi se izračunala potrošnja hibridnog vozila
- Mapa je bazirana na dizelskoj mapi korištenoj u prošlom radu, a skalirana je pomoću Willansove metode
- Novi moment se izračunava pomoću P regulatora
- Finalni set podataka se sastoji od: Vrijeme  $t$  [s], brzina motora  $n$  [min<sup>-1</sup>], moment motora  $T$  [Nm], brzina  $v$  [m/s], potrošnja goriva  $g$  [g/s], brzina  $s$  [-] i vrijeme vitlanja  $w$  [s].

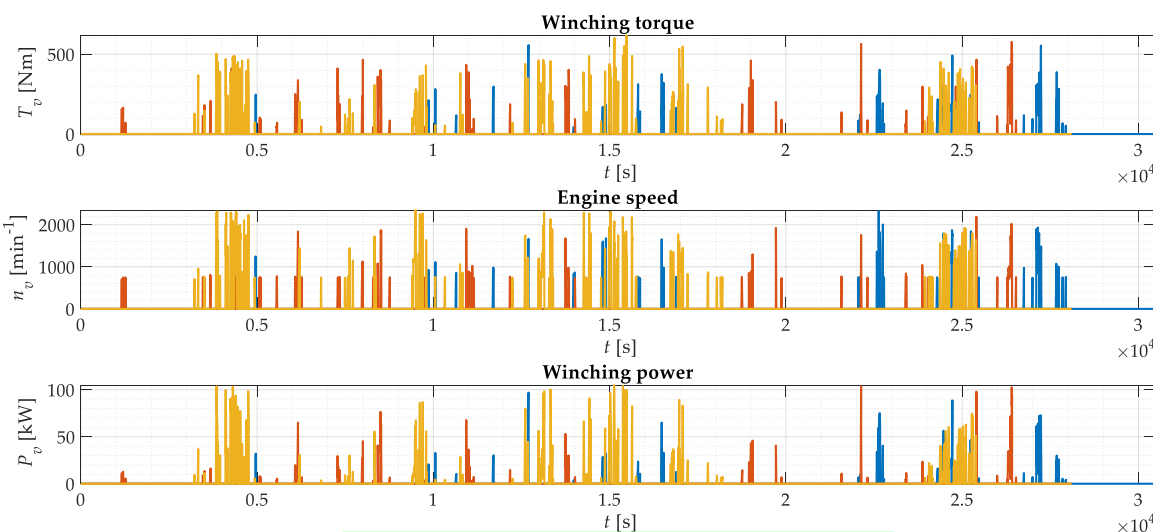


P regulator za izračunavanje momenta motora

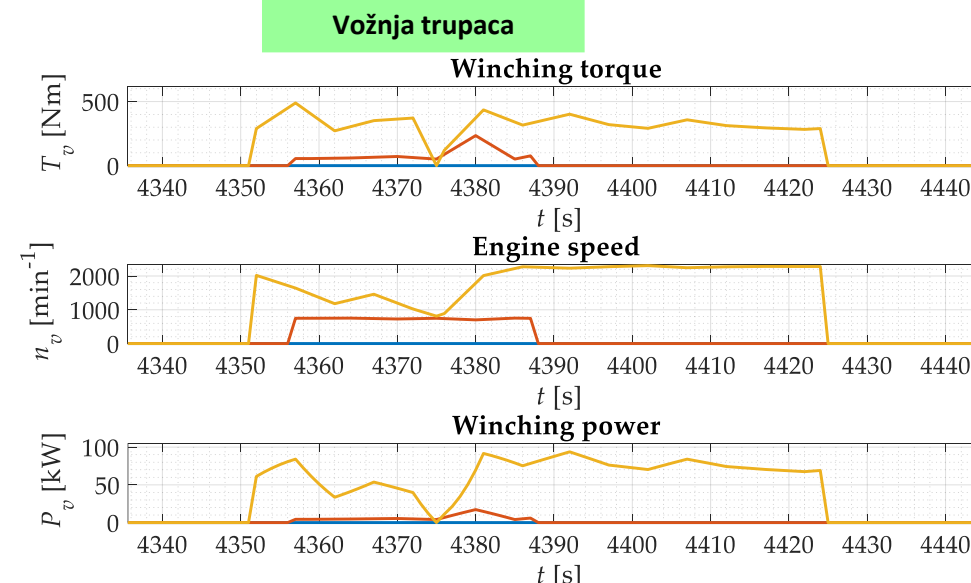
## KK.01.1.1.04.0010 „Development of hybrid skidder– HiSkid“

### Vitlanje

- Prosječna operacija vitlanja je podijeljena na tri dijela, u prvom dijelu radnici sa sajlama idu do trupaca. U drugom dijelu trupci se privezuju sajlama i na kraju u trećem skidder privlači trupce do svoje zaštitne daske
- Snaga motora prilikom vitlanja varira između par kW snage pa sve do 100 i više prilikom privitlavanja težih tereta



Snaga prilikom vitlanja za cijeli dan

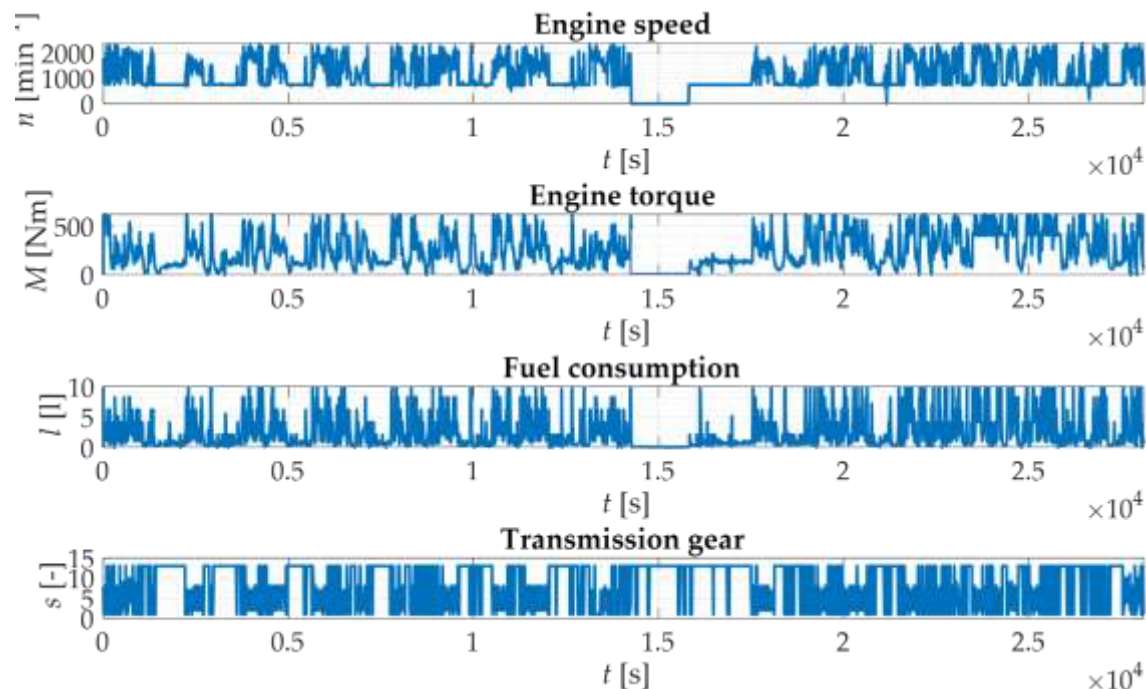


Performanse motora prilikom vitlanja

## KK.01.1.1.04.0010 „Development of hybrid skidder– HiSkid“

### Simulacijski model

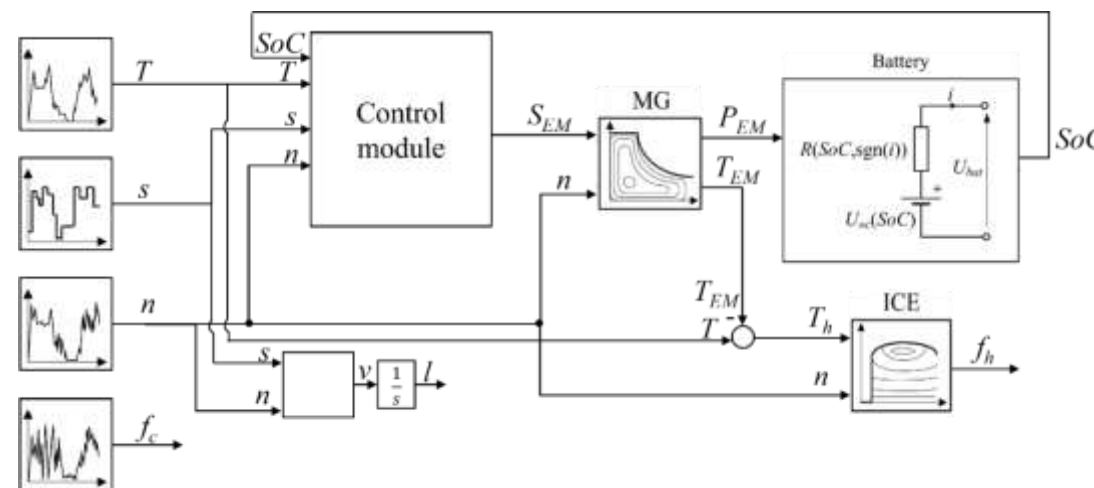
- Ulazi u simulacijski model su moment, brzina vrtnje, stupanj prijenosa i potrošnja goriva
- Vremena gdje je skيدر u stacionarnom stanju, ugašen ili u procesu vitlanja mogu biti prepoznati po 13. stupnju prijenosa



Ulazni podaci za simulacijski model

## KK.01.1.1.04.0010 „Development of hybrid skidder– HiSkid“

- Baterija se sastoji od 250 ćelija podijeljenih u dva paralelna bloka, zajedno mogu isporučiti preko 100kW snage
  - Elektro motor ima nazivni moment od 145Nm. Njegova vršna snaga iznosi preko 100 kW i sa ostatkom pogona je povezan preko jednostupanjskog reduktora
  - Kontrolni modul predstavlja glavni uređaj koji sadrži glavni logiku za upravljanje dizelskim i elektro motorom
  - Ulazi u kontrolni modul su napunjenost baterije, brzina okretaja motora, moment motora i stupanj prijenosa
  - The electric motor signal SEM is the only output signal of the control module block. It represents the required torque of the electric motor
- 
- Ulazni podaci ulaze u kontrolni modul i blok elektromotora. Stupanj prijenosa i brzina vrtnje motora zajedno s radijusom kotača daju brzinu skidera, iz koje integracijom dobivamo pređeni put vozila
  - Snaga elektromotora ulazi u blok baterije koji vraća njenu napunjenost kao izlaz. Moment elektromotora se oduzima od momenta dizelskog motora kako bi se dobio moment hibridnog vozila
  - Moment hibridnog vozila ulazi u mapu potrošnje



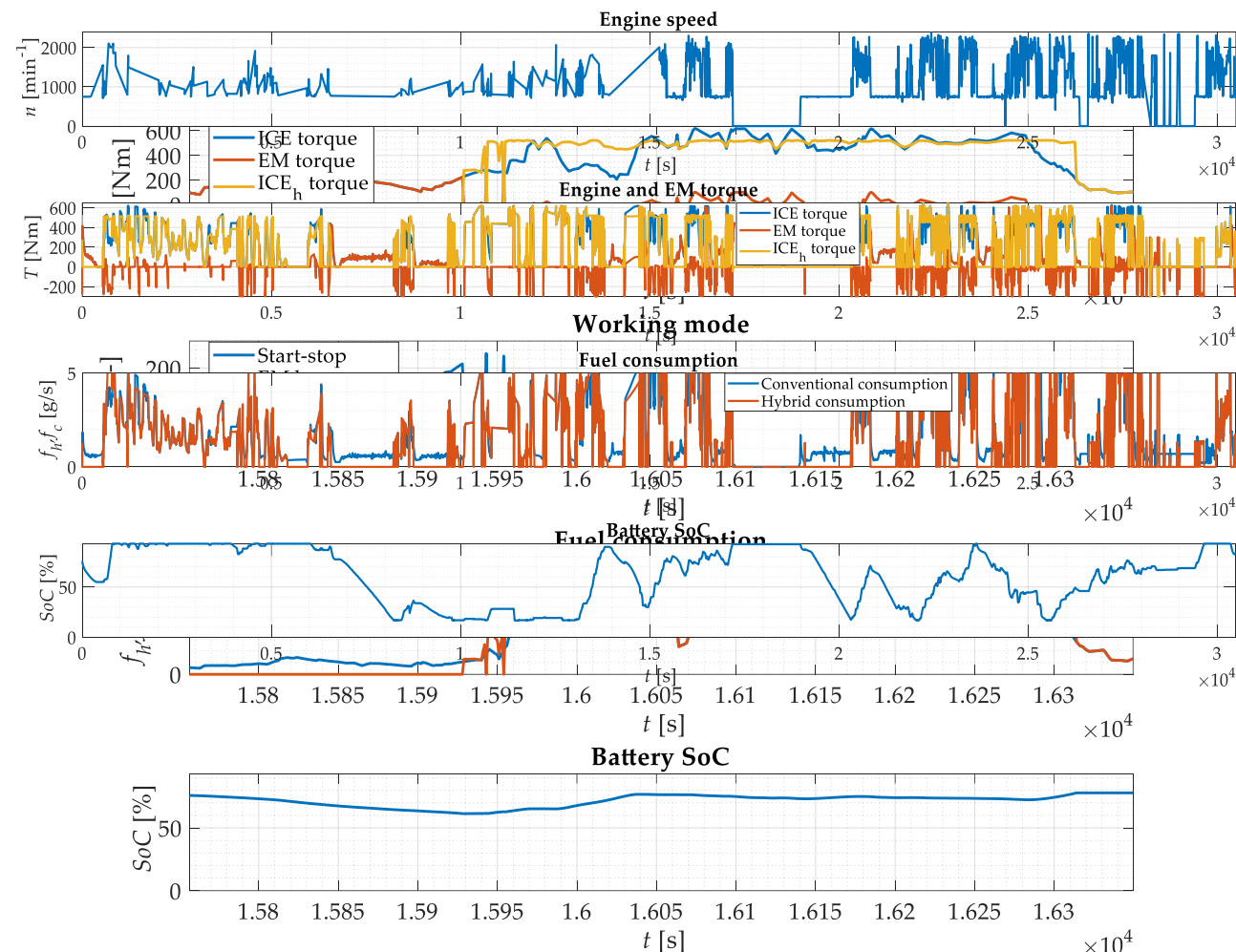
Simulacijski model



## KK.01.1.1.04.0010 „Development of hybrid skidder– HiSkid“

### Simulacijski rezultati

- Prvi dijagram prikazuje brzinu vrtnje motora
- Drugi dijagram plavom bojom prikazuje moment dizelskog motora kod konvencionalnog vozila, žutom kod hibridnog i crvenom moment elektromotora
- Negativni moment kod elektromotora označuje generativni način rada

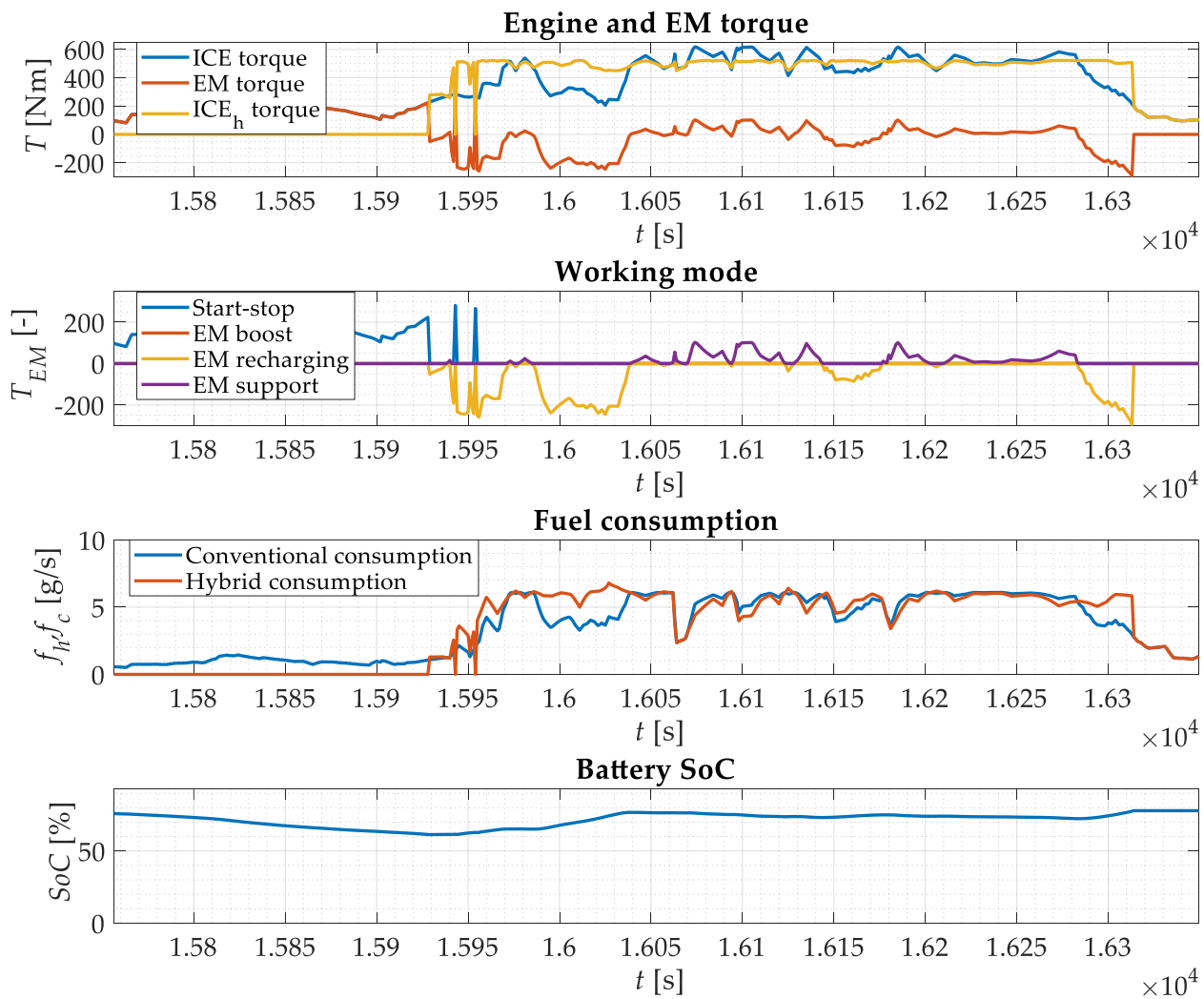


#### Ušteda goriva

Working day	$f_c$ [L]	$f_h$ [L]	$\Delta f$ [%]
9.2.2022.	68.26	63.05	7.63
10.2.2022.	73.03	69.09	5.4
25.3.2022.	70.55	64.78	8.18

Vremenski dijagrami sa modovima  
rada

## KK.01.1.1.04.0010 „Development of hybrid skidder– HiSkid“



Vremenski dijagrami sa modovima rada

## KK.01.1.1.04.0010 „Development of hybrid skidder– HiSkid“

### Zaključak

- Manje uštede u odnosu na prijašnja istraživanja vezana za EcoTrac 120V, ali razlike u motorima, radnim ciklusima i upravljanju
- Predstavljeni simulacijski model je dao istu potrošnju goriva kao i senzor
- Uštede u gorivu iznose 7% što može biti poboljšano sa boljom strategijom upravljanja i optimizacijom veličina pogonskih komponenti i baterije

## Radovi i publikacije povezani s izlaganjem:

**Karlušić, Juraj; Cipek, Mihael; Pavković, Danijel; Šitum, Željko; BeniĆ, Juraj; Šušnjar, Marijan: Benefit Assessment of Skidder Power-train Hybridization utilizing a novel Cascade Optimization Algorithm // Sustainability, 12 (2020), 24; 10396, 15 doi:10.3390/su122410396**

**Cipek, Mihael; Karlušić, Juraj; Pavković, Danijel; BeniĆ, Juraj; Šitum, Željko: Optimized Heavy-Duty Hybrid Powertrain Intended for a Future Articulated Forestry Tractor // Proceedings of the 17th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems (SDEWES 2022) – samo izlaganje / sažetak**

**Karlušić, Juraj; Cipek, Mihael; Pavković, Danijel; BeniĆ, Juraj; Šitum, Željko: Optimized Control Strategy of Hybrid Skidder based on Realistic Operating Cycles // Proceedings of the 17th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems (SDEWES 2022)**

## KK.01.1.1.04.0010 „Development of hybrid skidder– HiSkid“

# Hvala na pažnji!