

Modelsko podprto snovanje energetskih sistemov z vodikovimi tehnologijami

Urban Žvar Baškovič, Tomaž Katrašnik in ekipa LICeM

Univerza v Ljubljani

Fakulteta za strojništvo

Laboratorij za motorje z notranjim zgorevanjem in elektromobilnost - LICeM

<http://lab.fs.uni-lj.si/LICeM/>

Ljubljana, 10. junij 2024



- Uvod
- Snovanje energetskega sistema
 - RESHUB projekt
 - INDY projekt
- Zaključki

- Uvod
- Snovanje energetskega sistema
 - RESHUB projekt
 - INDY projekt
- Zaključki

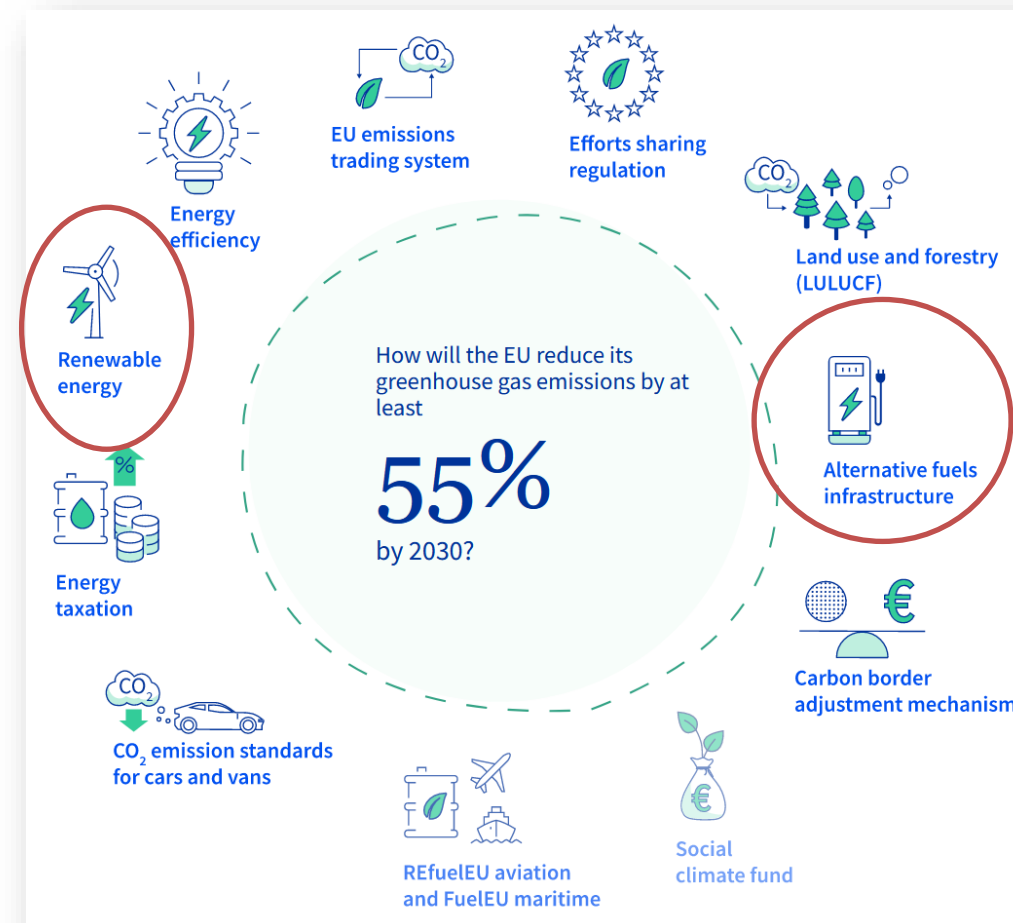
- **Obnovljivi viri energije** bodo igrali ključno vlogo v okviru zaveze EU za zmanjšanje ogljičnega odtisa do leta 2050.



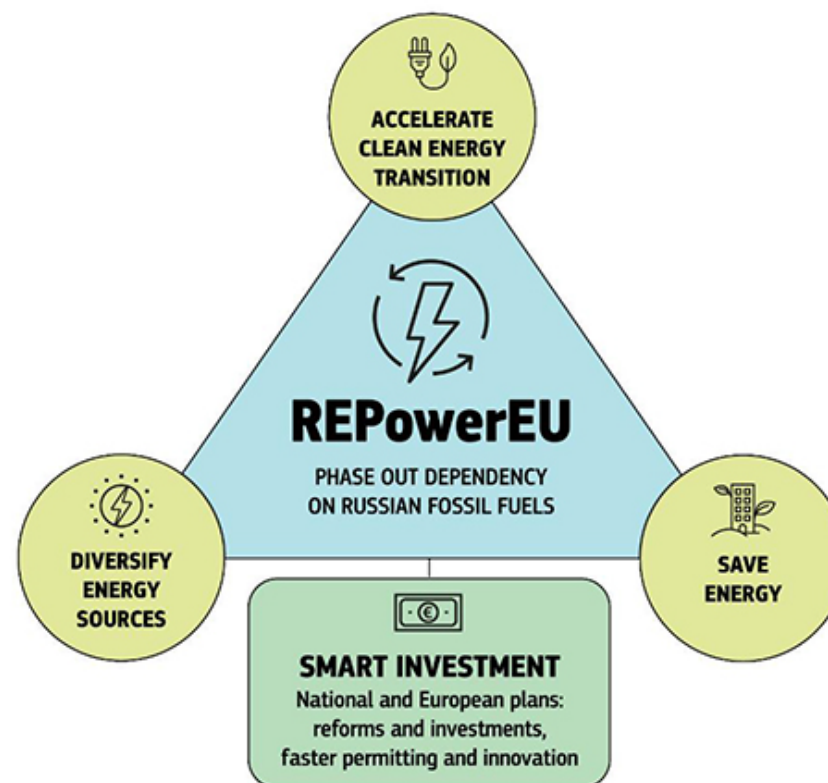
Brussels, 11.12.2019
COM(2019) 640 final

COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN
PARLIAMENT, THE EUROPEAN COUNCIL, THE COUNCIL, THE EUROPEAN
ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE
REGIONS

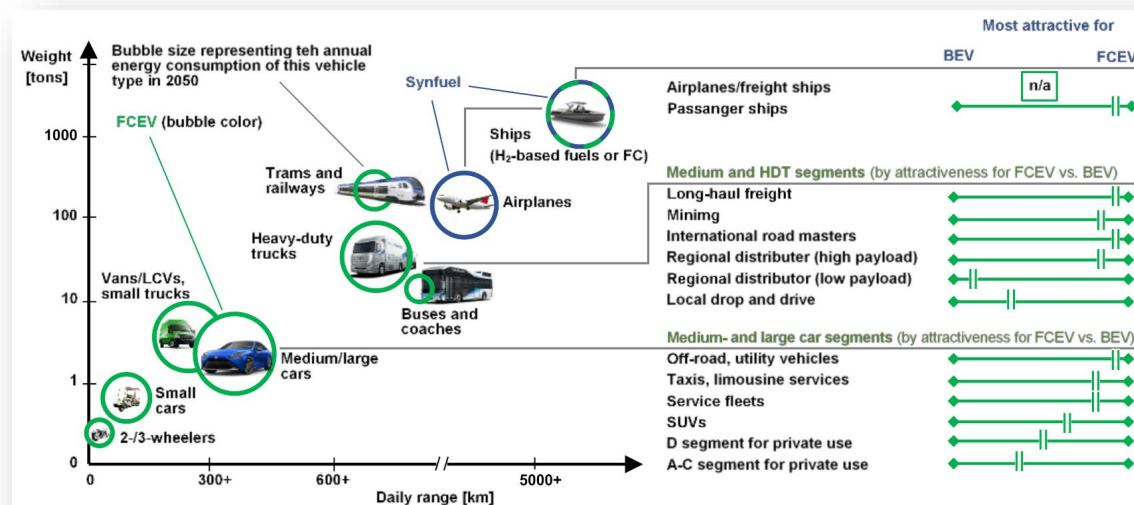
The European Green Deal



- **Obnovljivi viri energije** bodo igrali ključno vlogo v okviru zaveze EU za zmanjšanje ogljičnega odtisa do leta 2050.
- Nedavna kriza kot posledica zmanjšanja uvoza zemeljskega plina vodi do želje po **energetski neodvisnosti**.



- **Obnovljivi viri energije** bodo igrali ključno vlogo v okviru zaveze EU za zmanjšanje ogljičnega odtisa do leta 2050.
- Nedavna kriza kot posledica zmanjšanja uvoza zemeljskega plina vodi do želje po **energetski neodvisnosti**.
- Baterijska električna vozila (BEV) in vozila na vodik so ključna za defosilizacijo prometa. Potrebno je razviti **vodikovo polnilno infrastrukturo**.



Vir: Szalek A, Pielecha I, Cieslik W. Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV) Energy Flow Analysis in Real Driving Conditions (RDC). *Energies*. 2021; 14(16):5018. <https://doi.org/10.3390/en14165018>

- **Obnovljivi viri energije** bodo igrali ključno vlogo v okviru zaveze EU za zmanjšanje ogljičnega odtisa do leta 2050.
- Nedavna kriza kot posledica zmanjšanja uvoza zemeljskega plina vodi do želje po **energetski neodvisnosti**.
- Baterijska električna vozila (BEV) in vozila na vodik so ključna za defosilizacijo prometa. Potrebno je razviti **vodikovo polnilno infrastrukturo**.



ENERGETSKI SISTEMI

- **Obnovljivi viri energije** bodo igrali ključno vlogo v okviru zaveze EU za zmanjšanje ogljičnega odtisa do leta 2050.
- Nedavna kriza kot posledica zmanjšanja uvoza zemeljskega plina vodi do želje po **energetski neodvisnosti**.
- Baterijska električna vozila (BEV) in vozila na vodik so ključna za defosilizacijo prometa. Potrebno je razviti **vodikovo polnilno infrastrukturo**.



ENERGETSKI SISTEMI

Ključno: Ustrezen pristop k modeliranju energetskih sistemov

- Uvod
- Snovanje energetskih sistemov
 - RESHUB projekt
 - INDY projekt
- Zaključki

Cilj: Zasnova in optimizacija delovanja energetskega sistema v obrambnem sektorju

RESHUB

- Slovenija - Kranj
- Vpeljava alternativnih energijskih vektorjev v vojašnico
- Povezava obrambnega in civilnega sektorja
- Znižanje okoljskega odtisa



INDY

- EU
- Zasnova obrambnega kampa prihodnosti v širokem spektru klimatskih pogojev
- Vpeljava alternativnih energijskih vektorjev
- Znižanje okoljskega odtisa



Cilj: Zasnova in optimizacija delovanja energetskega sistema v obrambnem sektorju

RESHUB

- Slovenija - Kranj
- Vpeljava alternativnih energijskih vektorjev v vojašnico
- Povezava obrambnega in civilnega sektorja
- Znižanje okoljskega odtisa



INDY

- EU
- Zasnova obrambnega kampa prihodnosti v širokem spektru klimatskih pogojev
- Vpeljava alternativnih energijskih vektorjev
- Znižanje okoljskega odtisa



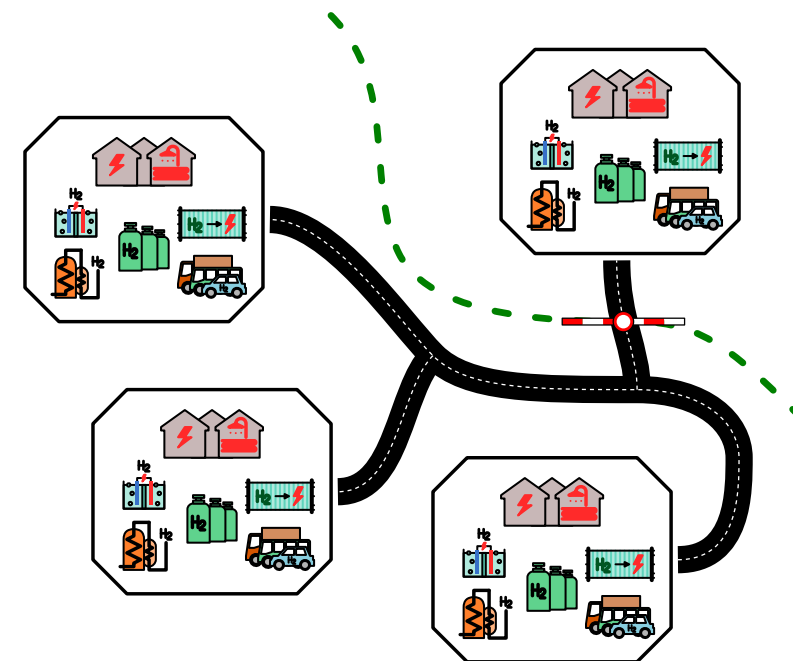
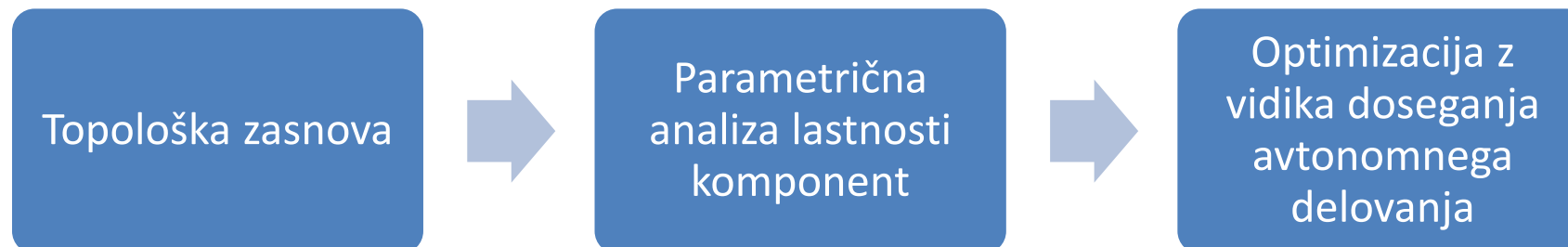
Cilj

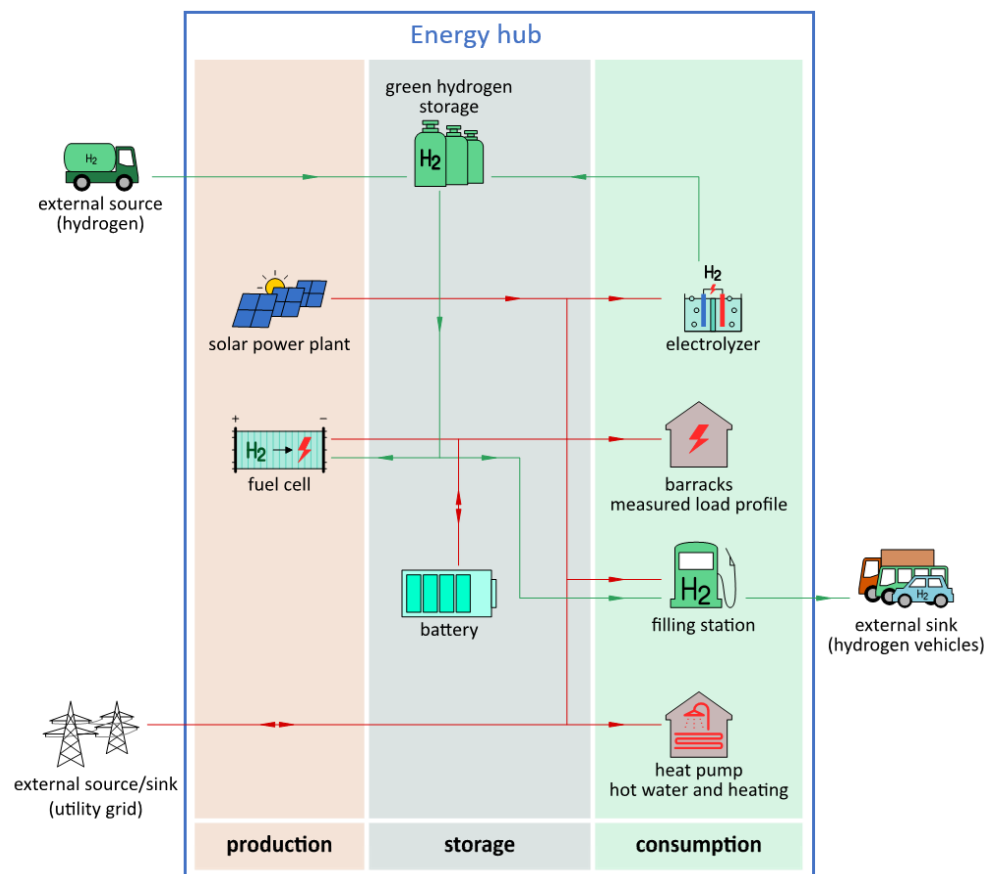
Zasnova hibridnega energetskega sistema, ki temelji na proizvodnji obnovljive električne energije in shranjevanju vodika znotraj vojašnice v Kranju, Slovenija.

Omejitve pri snovanju

- Doseči avtonomno delovanje v obdobjih 3, 10 in 30 dni;
- Omogočiti polnjenje tako vojaških kot civilnih vodikovih vozil.

Modelski pristop





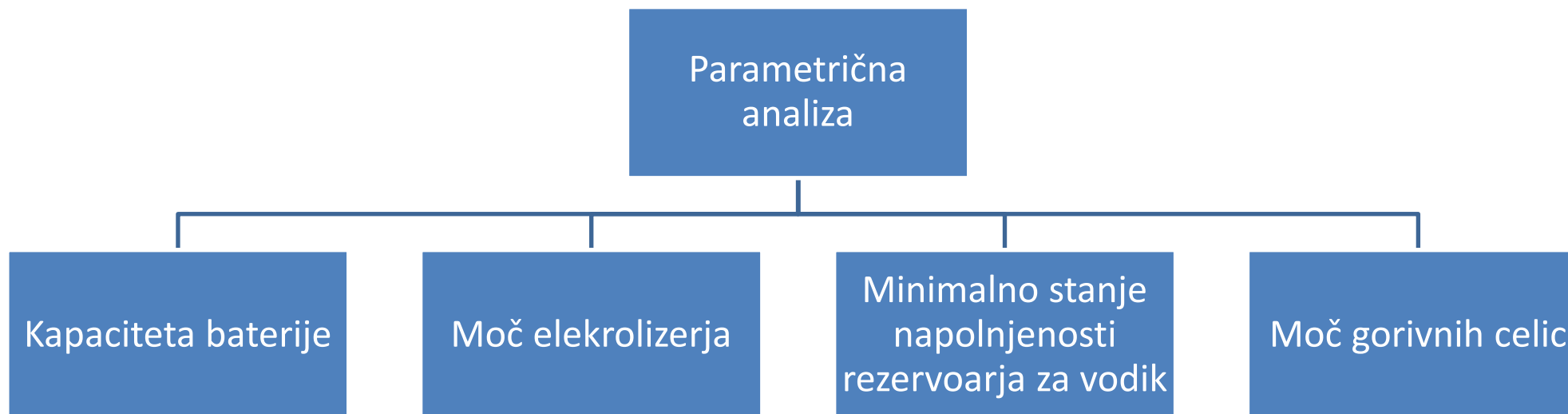
- Proizvodnja zelene električne energije s pomočjo sončne elektrarne in gorivne celice.
- Proizvodnja in shranjevanje zelenega vodika.
- Podpora lokalnemu sektorju mobilnosti prek črpalne postaje za vodik - 67,5 kg/dan.
- Energetsko središče je povezano z električnim omrežjem in deluje kot porabnik-proizvajalec.

Modelski pristop

Topološka zasnova

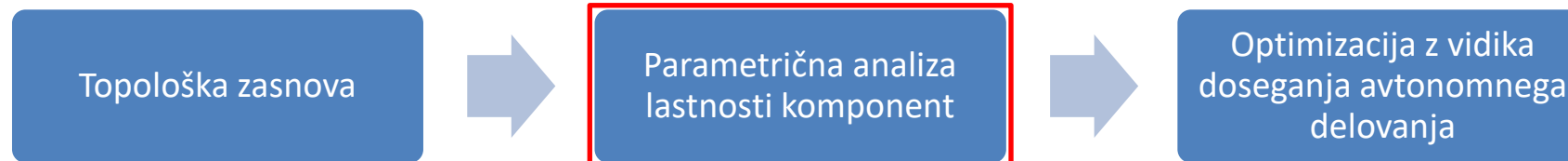
Parametrična analiza lastnosti komponent

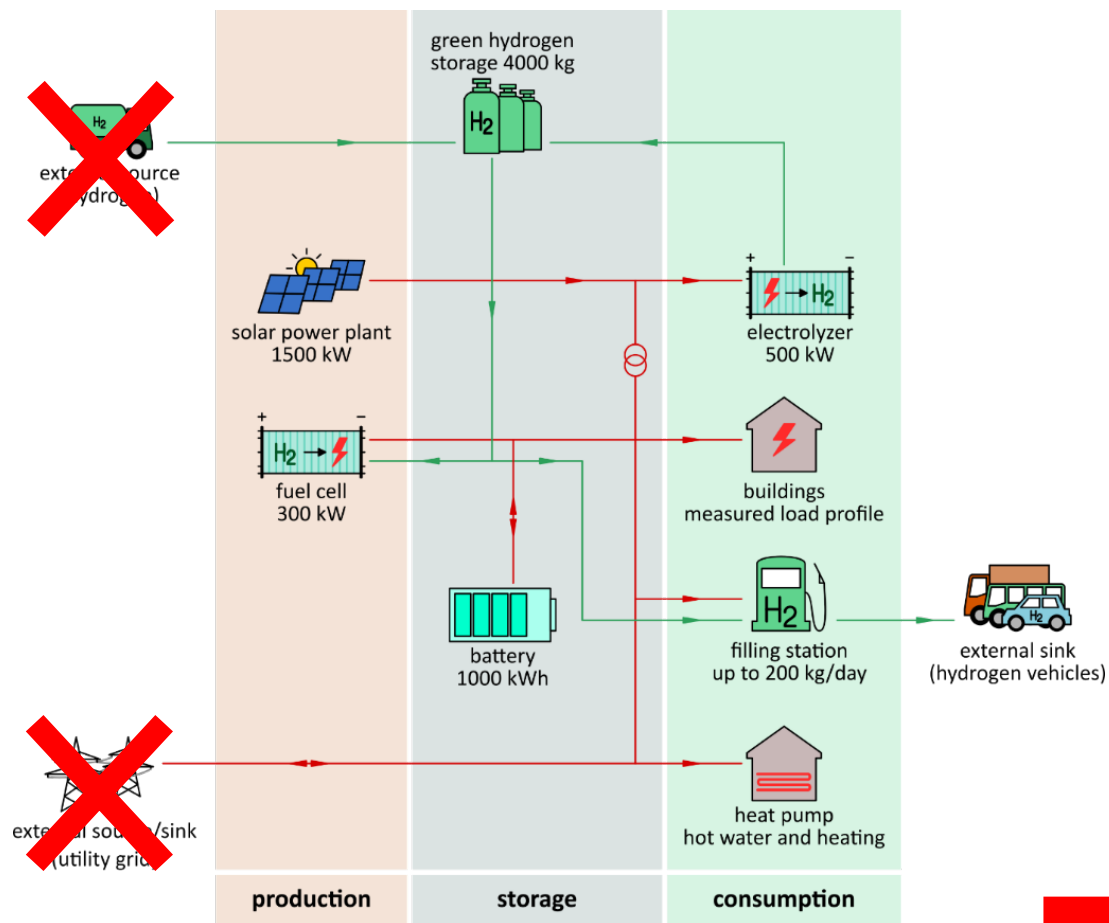
Optimizacija z vidika doseganja avtonomnega delovanja



➔ Lastnosti komponent energetskega sistema so ključne za doseganje ustreznega simultane delovanja podsistemov in doseganje energetske učinkovitosti.

Modelski pristop





Optimalna rešitev

Osnovna zasnova energetskega sistema

Zmanjšanje porabe električne energije in vodika v sprejemljivih mejah

Povečanje minimalne napolnjenosti vodikovega rezervoarja

3- dnevna avtonomija



10- dnevna avtonomija



30- dnevna avtonomija



➔ Simulacije z lastnim programskim orodjem

Modelski pristop

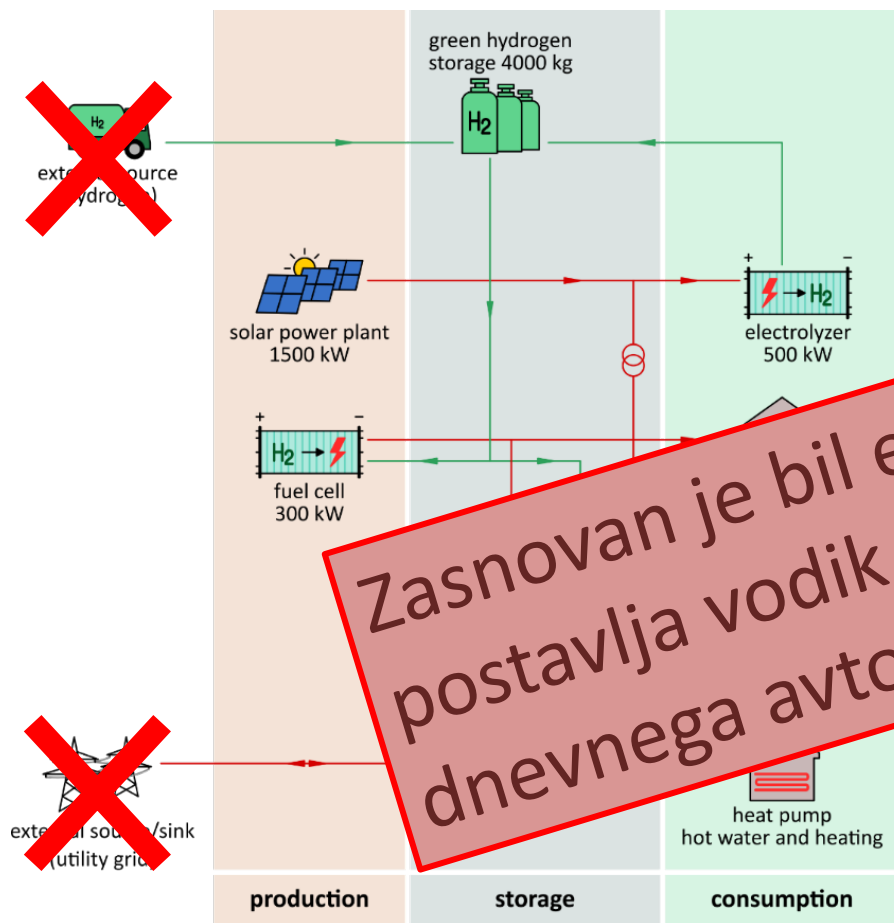
Topološka zasnova



Parametrična analiza lastnosti komponent



Optimizacija z vidika doseganja avtonomnega delovanja



Zasnovan je bil energetski sistem, ki v ospredje postavlja vodik ter omogoča doseganje do 30 dnevne avtonomnega delovanja.

Optimalna rešitev

Osnovna zasnova energetskega sistema

1- dnevna avtonomija



10- dnevna avtonomija



30- dnevna avtonomija



Povečanje minimalne napolnjenosti vodikovega rezervoarja

➔ Simulacije z lastnim programskim orodjem

Modelski pristop

Topološka zasnova



Parametrična analiza lastnosti komponent



Optimizacija z vidika doseganja avtonomnega delovanja

Cilj: Zasnova in optimizacija delovanja energetskega sistema v obrambnem sektorju

RESHUB

- Slovenija - Kranj
- Vpeljava alternativnih energijskih vektorjev v vojašnico
- Povezava obrambnega in civilnega sektorja
- Znižanje okoljskega odtisa



INDY

- EU
- Zasnova obrambnega kampa prihodnosti v širokem spektru klimatskih pogojev
- Vpeljava alternativnih energijskih vektorjev
- Znižanje okoljskega odtisa



**Energy Independent
Energy Efficient
Deployable Military Camps**



**Funded by
the European Union**

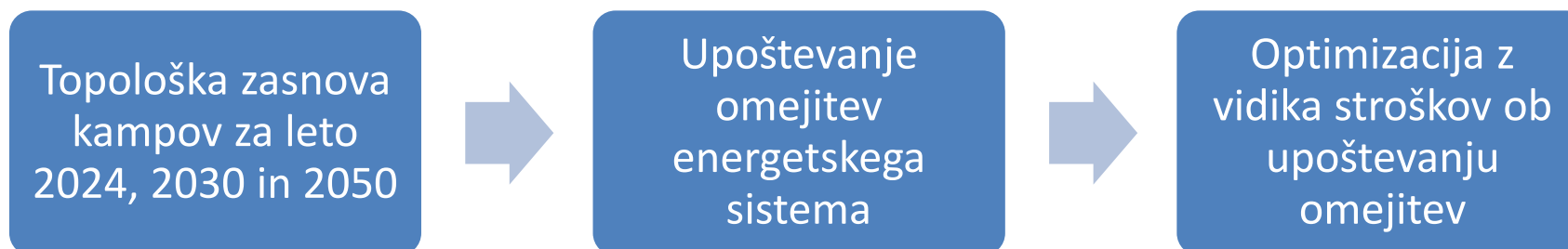
Cilj

Razvoj rešitev za prihodnje energetske neodvisne in učinkovite vojaške kampe za leta 2030 in 2050.

Omejitve pri snovanju

- Širok spekter klimatskih pogojev (od puščave do tundre);
- Omejena poraba fosilnih virov in CO₂ izpustov;
- Brez povezave na zunanje električno omrežje;
- Avtonomno delovanje kampov;
- Visoka učinkovitost energetskega sistema.

Modelski pristop



Časovno odvisni vhodni podatki

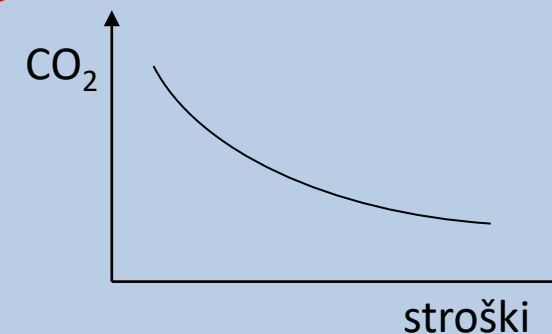
- Profili porabe energije
- Profili primarnih energijskih virov

Nastavitve sistema in simulacij

- Topološka zasnova
- Omejitve energetskega sistema
- Časovni kriteriji

Analiza sistema

- Delovanje komponent sistema
- Analiza stroškov sistema
- Poslovna analiza



Cilj je zasnova energetskega sistema v obrambnih kampih prihodnosti z uporabo širokega spektra energijskih vektorjev.

Modelski pristop

Topološka zasnova kampov za leto 2024, 2030 in 2050



Upoštevanje omejitev energetskega sistema



Optimizacija z vidika stroškov ob upoštevanju omejitev

- Uvod
- Snovanje energetskega sistema
 - RESHUB projekt
 - INDY projekt
- Zaključki

- Pri prikazanih primerih iz prakse smo z različnimi metodološkimi pristopi in simulacijskimi orodji (RESHUB – lastno orodje, INDY – komercialno orodje) izvedli simulacije delovanja in optimizacijo lastnosti energetskega sistema z vidika energetske in stroškovne učinkovitosti.
- Vodik je en ključnih energijskih vektorjev v energetskih sistemih prihodnosti predvsem z vidika hrambe energije in povezave z mobilnim sektorjem.
- Pri snovanju energetskih sistemov je ključna:
 - uporaba pravilnega metodološkega pristopa od zasnove do analize rezultatov,
 - izbira ustreznega simulacijskega orodja,
 - upoštevanje omejitev sistema.
- Za doseganje visoke napovedljivosti simulacij v realnem okolju je potrebno imeti natančne komponentne modele in kvalitetne vhodne podatke.

Izbrani vodikovi projekti

2021-2022:	SRSS (REFORM/SC2020/103) - Defence RESilience Hub Network in Europe - RESHUB
2023-2029:	EC - Horizon Europe (HORIZON-JTI-CLEANH2-2022-2): NAHV - NORTH ADRIATIC HYDROGEN VALLEY
2023-2026:	EC - Horizon Europe (HORIZON-JTI-CLEANH2-2022-03-01): RealHyFC - REliable durAbLe high-power HYdrogen fueled PEM Fuel Cell stacks
2023-2026:	EC - Horizon Europe (HORIZON-JTI-CLEANH2-2022-03-02): MEAsured - Advanced MEAs ensuring high efficiency HDV
2022-2025:	European Defence Agency: INDY - Energy Independent and Efficient Deployable Military Camps
2022-2024:	CEA (Le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives) – ARRS: Multiscale modelling of degradation phenomena in membrane electrode assemblies of proton exchange membrane fuel cells produced of advanced materials
2022-2023:	European Defence Agency: ELUVAT - Development of an innovative Electric Light Utility Vehicle All-Terrain for defence purposes based on in-wheel electro motors
2021-2024:	EC – FCH-JU – H2020: MoreLife - Material, Operating strategy and REliability optimisation for LIFETIME improvements in heavy duty trucks
2018-2023:	Christian Doppler Research Association, Austria: Christian Doppler Laboratory on Efficient Control and Monitoring of Automotive Powertrain Components with the lead institution TU Vienna
2016-2019:	FFG (Austrian Research Promotion Agency): SoH4PEM - State-of-health observers for PEM fuel cells (Austria)
2015-2018:	FFG (Austrian Research Promotion Agency): MEA-Power - Resource-saving composite materials for long-term stable stationary PEM fuel cells with increased power density (Austria)

2021-2022:	SRSS (REFORM/SC2020/103) - Defence RESilience Hub Network in Europe - RESHUB
2023-2029:	EC - Horizon Europe (HORIZON-JTI-CLEANH2-2022-2): NAHV - NORTH ADRIATIC HYDROGEN VALLEY
2023-2026:	EC - Horizon Europe (HORIZON-JTI-CLEANH2-2022-03-01): RealHyFC - REliable durAbLe high-power HYdrogen fueled PEM Fuel Cell stacks
2023-2026:	EC - Horizon Europe (HORIZON-JTI-CLEANH2-2022-03-02): MEAsured - Advanced MEAs ensuring high efficiency HDV
2022-2025:	European Defence Agency: INDY - Energy Independent and Efficient Deployable Military Camps
2022-2024:	CEA (Le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives) – ARRS: Multiscale modelling of degradation phenomena in membrane electrode assemblies of proton exchange membrane fuel cells produced of advanced materials
2022-2023:	European Defence Agency: ELUVAT - Development of an innovative Electric Light Utility Vehicle All-Terrain for defence purposes based on in-wheel electro motors
2021-2024:	EC – FCH-JU – H2020: MoreLife - Material, Operating strategy and REliability optimisation for LIFETIME improvements in heavy duty trucks
2018-2023:	Christian Doppler Research Association, Austria: Christian Doppler Laboratory on Efficient Control and Monitoring of Automotive Powertrain Components with the lead institution TU Vienna
2016-2019:	FFG (Austrian Research Promotion Agency): SoH4PEM - State-of-health observers for PEM fuel cells (Austria)
2015-2018:	FFG (Austrian Research Promotion Agency): MEA-Power - Resource-saving composite materials for long-term stable stationary PEM fuel cells with increased power density (Austria)

Hvala za pozornost!

dr. Urban Žvar Baškovič
urban.zvar-baskovic@fs.uni-lj.si

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo
Laboratorij za motorje z notranjim zgorevanjem in elektromobilnosti - LICeM