



100 godina Fakulteta  
strojarstva i brodogradnje  
Sveučilišta u Zagrebu

100 Years of Faculty of  
Mechanical Engineering  
and Naval Architecture  
University of Zagreb



# VODIK U JAVNOM GRADSKOM PRIJEVOZU

Izv. prof. dr. sc. Ankica Kovač, MSc. AE.

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet strojarstva i brodogradnje

[Ankica.Kovac@fsb.hr](mailto:Ankica.Kovac@fsb.hr)

<https://hydrogen.hr>

<https://rh2ec.com>

13. Godišnji susret gradonačelnika i poduzetnika 24. – 26. studenoga 2021.

**LIDER** 

# KLIMATSKE PROMJENE





## TERMINOLOGIJA

### FUEL CELL

- = ~~Gorivi članak~~
- = ~~Gorivna ćelija~~
- = ~~Goriva ćelija~~
- = ~~Ćelija goriva, i slično..~~
- = **GORIVNI ČLANAK ✓**

### FUEL CELL STACK

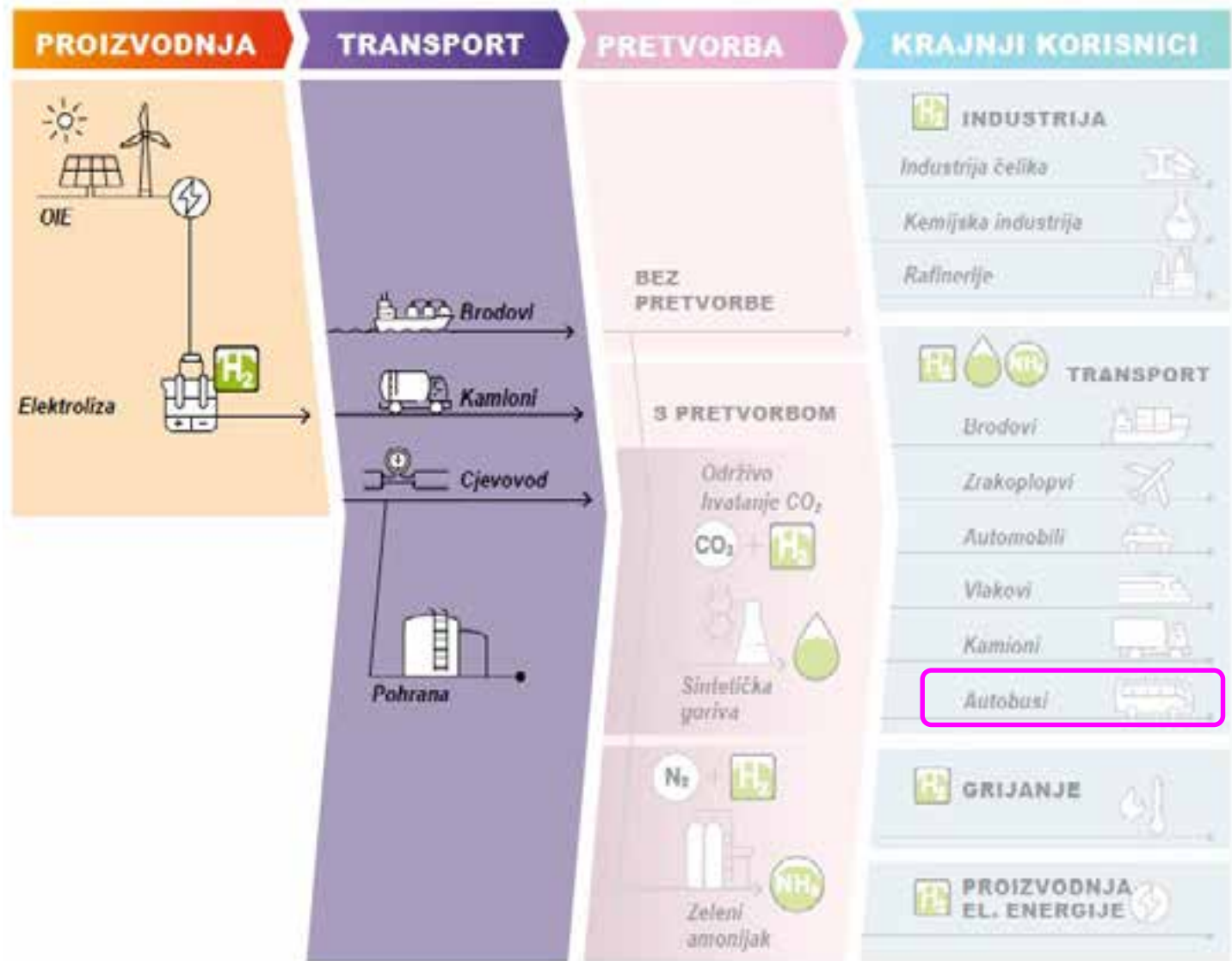
- = ~~Baterija gorivnih članaka~~
- = **SVEŽANJ GORIVNIH ČLANAKA ✓**

### ELECTROLYZER / ELECTROLYSER

- = ~~Elektrolizer~~
- = **ELEKTROLIZATOR ✓**



## VODIKOV LANAC VRIJEDNOSTI



## O AUTOBUSIMA NA POGON VODIKOM (ENGL. FUEL CELL ELECTRIC BUSES – FCEB)



- FCEB su električni autobusi koji koriste gorivne članke za proizvodnju električne energije potrebne za pogon elektromotora.
- Vodik koji se koristi u gorivnim člancima najčešće se pohranjuje kao komprimiran u spremnicima dok se kisik uzima slobodan iz zraka.
- Gorivni članak proizvodi električnu energiju za pogon elektromotora dok baterije/kondenzatori osiguravaju vršnu snagu elektromotorima u trenucima potrebe za svladavanjem nagiba ili velikih ubrzanja.



Svežanj gorivnih članaka  
Elektromotor

## KAKO RADI AUTOBUS NA POGON VODIKOM..



Spremnici vodika obično su smješteni na krovu autobusa, dok su sustav gorivnih članaka i elektromotor smješteni na zadnjem dijelu autobusa.



# IZVEDBE AUTOBUSA NA POGON VODIKOM

## Standardni autobusi (12 ili 13 metara)

- Autobusi s malom baterijom i velikim svežnjem gorivnih članaka (npr. 120 kW).
- Autobusi sa superkondenzatorom (umjesto baterije) i svežnjem gorivnih članaka (npr. 75 kW).
- Autobusi s velikom baterijom i svežnjem gorivnih članaka za produžni doseg.

## Zglobni autobusi (autobusi od 18 metara)

- Autobusi s velikom baterijom i svežnjem gorivnih članaka za produženi doseg.



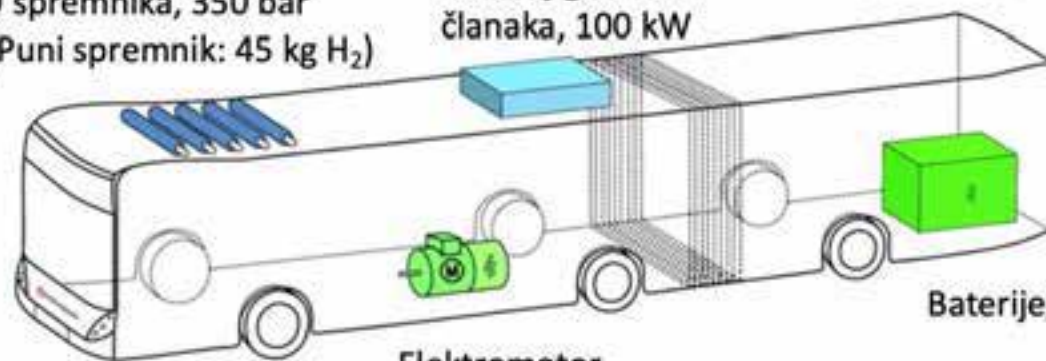
# Zglobni FCEB, 18,75 m (Hamburg)

100 godina Fakulteta  
strojarstva i brodogradnje  
Sveučilišta u Zagrebu  
100 Years of Faculty of  
Mechanical Engineering  
and Naval Architecture  
University of Zagreb



Spremnici vodika,  
9 spremnika, 350 bar  
(Puni spremnik: 45 kg H<sub>2</sub>)

Svežanj gorivnih  
članaka, 100 kW

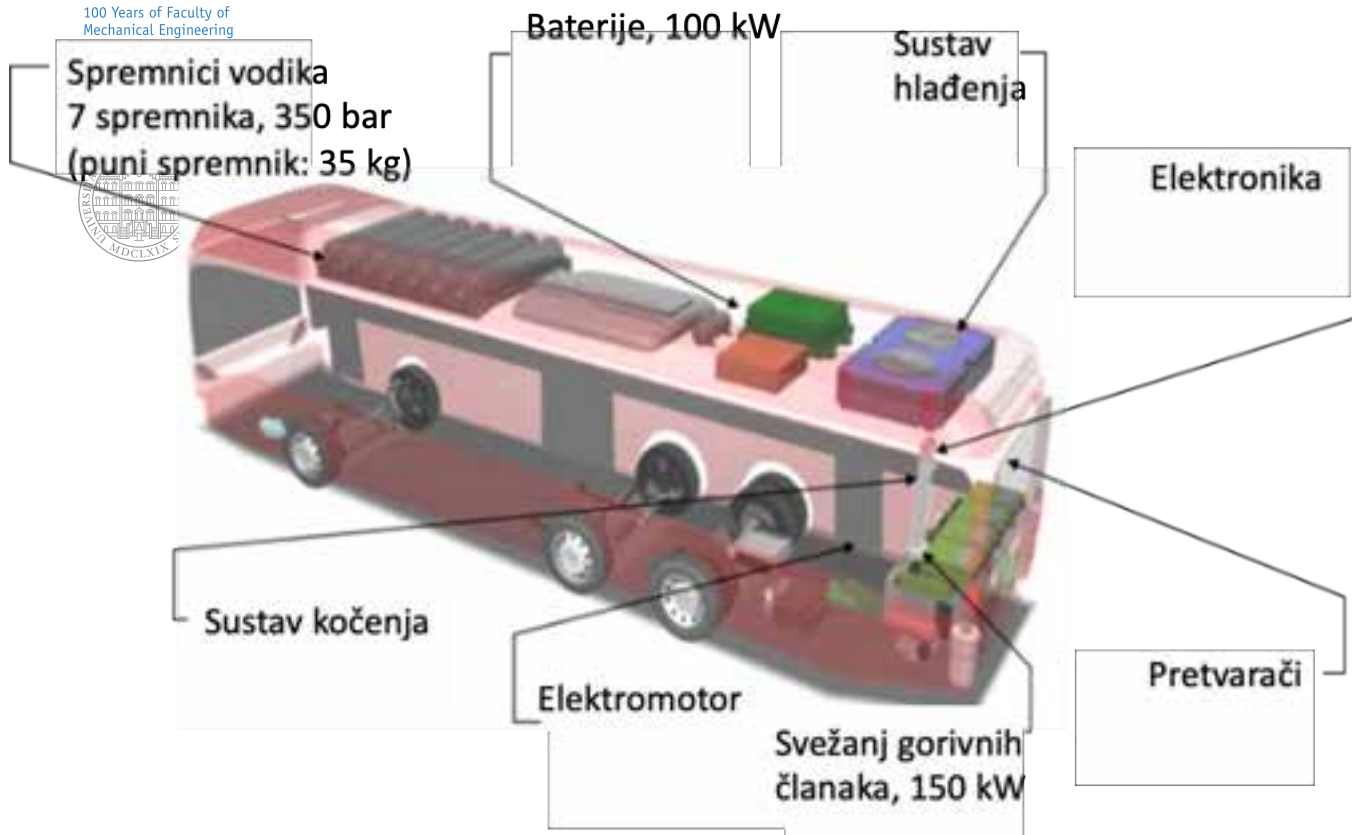


Elektromotor

Baterije, 120 kW



# FCEB, 12/13 m (Aberdeen, Olso and Cologne and London)



# BENEFITI - OSNOVNE ZNAČAJKE FCEB

- U skladu su sa zahtjevnim gradskim autobusnim prijevozom.
- Domet > 300 km.
- Vrijeme punjenja < 10 min.
- Potrošnja 8-9 kgH<sub>2</sub> / 100 km (12 m FCEB) – ekvivalent 30 L benzina.
- 30% veća učinkovitost od dizelskih autobusa.
- Regenerativni sustav kočenja omogućava bolju učinkovitost vozila.
- Cijena: 650 kEUR.





## BENEFITI - OKOLIŠ

- Pобољшanje kvalitete zraka u gradu: nema otrovnih emisija iz ispušne cijevi / samo vodena para.
- Smanjenje emisije stakleničkih plinova: s potencijalom potpune dekarbonizacije javnog prijevoza kada se vodik proizvodi elektrolizom vode korištenjem obnovljivih izvora energije.
- Smanjenje buke: električni autobusi na pogon vodikovim gorivnim člancima su izrazito tihi i udobni.





## BENEFITI - USKLAĐENOST S GEOPOLITIČKIM IZAZOVIMA

- Rješenje za usklađivanje s EU, nacionalnim i lokalnim propisima o mobilnosti s niskim udjelom CO<sub>2</sub> i boljoj kvaliteti zraka (npr. EU direktiva o kvaliteti zraka ili lokalne ambicije za dekarbonizaciju autobusnog voznog parka).
- Dugoročna strategija usmjerena na smanjenje osjetljivosti na uvoz fosilnih goriva.
- Stvaranje novih lokalnih radnih mjesta i poboljšanje gospodarske konkurentnosti.



## **BENEFITI – PREDVODNICI U JAVNOM GRADSKOM PRIJEVOZU TEMELJENOM NA VODIKU**

Društvo se okreće prema niskougljičnoj budućnosti i dekarbonizaciji transporta te je važno krenuti odmah zbog:

- Sufinanciranja programa potpore na lokalnoj, nacionalnoj i EU razini.
- Razvoja interne stručnosti.
- Stjecanja znanja iz prethodnih demonstracijskih projekata.
- Pобоljšanja ugleda prijevoznika.
- Razvoj vodikove infrastrukture – punionice vodika.



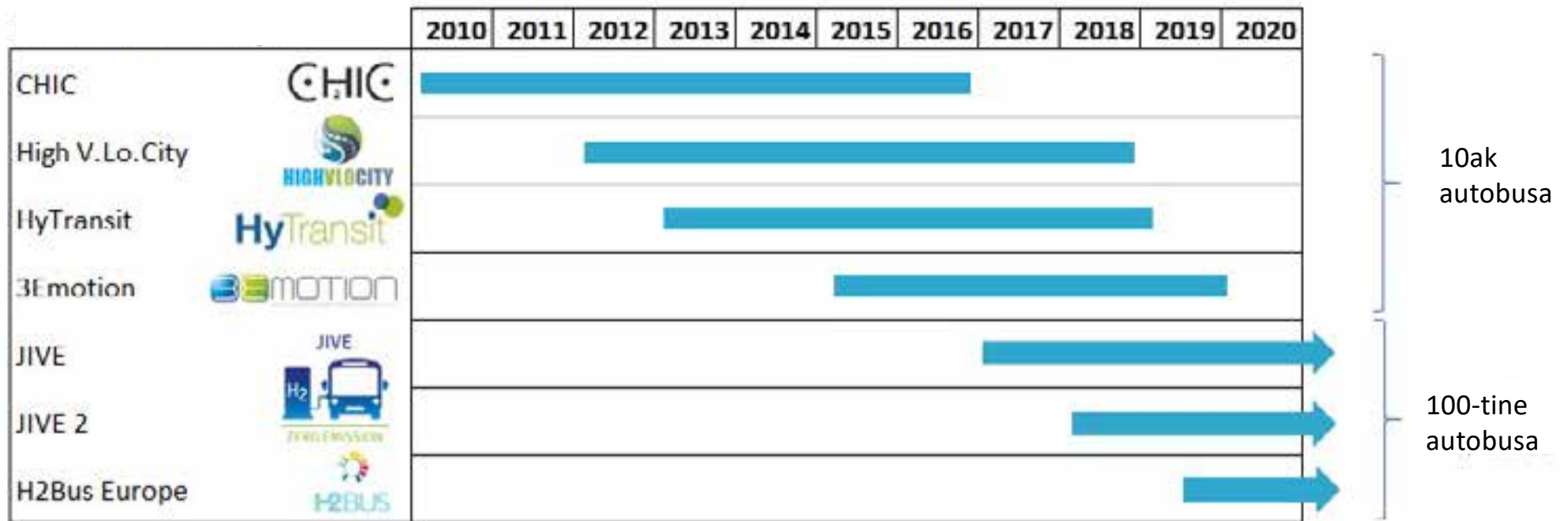


# VODIK U JAVNOM GRADSKOM PRIJEVOZU - EUROPA





# DEMONSTRACIJSKI PROJEKTI





## FLOTE FCEB

### Italija

	<b>Bolzano</b>	<b>Milano</b>	<b>San Remo</b>
<b>broj autobusa</b>	5	3	3
<b>u planu</b>	12 autobusa, 2020/21. godine	-	-

### Njemačka

	<b>Hamburg</b>	<b>Wuppertal</b>	<b>Köln</b>	<b>Frankfurt</b> + <b>Wiesbaden</b>	<b>Stuttgart</b>	<b>Karlsruhe</b>
<b>broj autobusa</b>	2	10	35	15	4	2
<b>u planu</b>	-	10 autobusa	12 autobusa	-	-	-



## FLOTE FCEB

### Nizozemska

	<b>Rotterdam</b>	<b>Eindhoven</b>	<b>Apeldoorn</b>	<b>Groningen</b>
<b>broj autobusa</b>	2	2	1	2
<b>u planu</b>	4 autobusa	-	-	20

### Francuska

	<b>Versailles</b>	<b>Lens</b>	<b>Pau</b>
<b>broj autobusa</b>	3	6	8
<b>u planu</b>	4 autobusa	6 autobusa	-

### Belgija

	<b>Antwerp</b>
<b>broj autobusa</b>	5



## FLOTE FCEB

### Danska

	<b>Aalborg</b>
<b>broj autobusa</b>	3 (od ožujka 2020.)
	<b>Herning</b>
<b>broj autobusa u planu</b>	10

### Austrija

	<b>Beč</b>
<b>broj autobusa</b>	12
<b>u planu</b>	10 autobusa (2023.)
	<b>Graz</b>
<b>broj autobusa u planu</b>	7



## FLOTE FCEB

	Španjolska	Latvija
	Barcelona	Riga
<b>autobusi u planu</b>	<b>8 (2021.)</b>	<b>200</b>

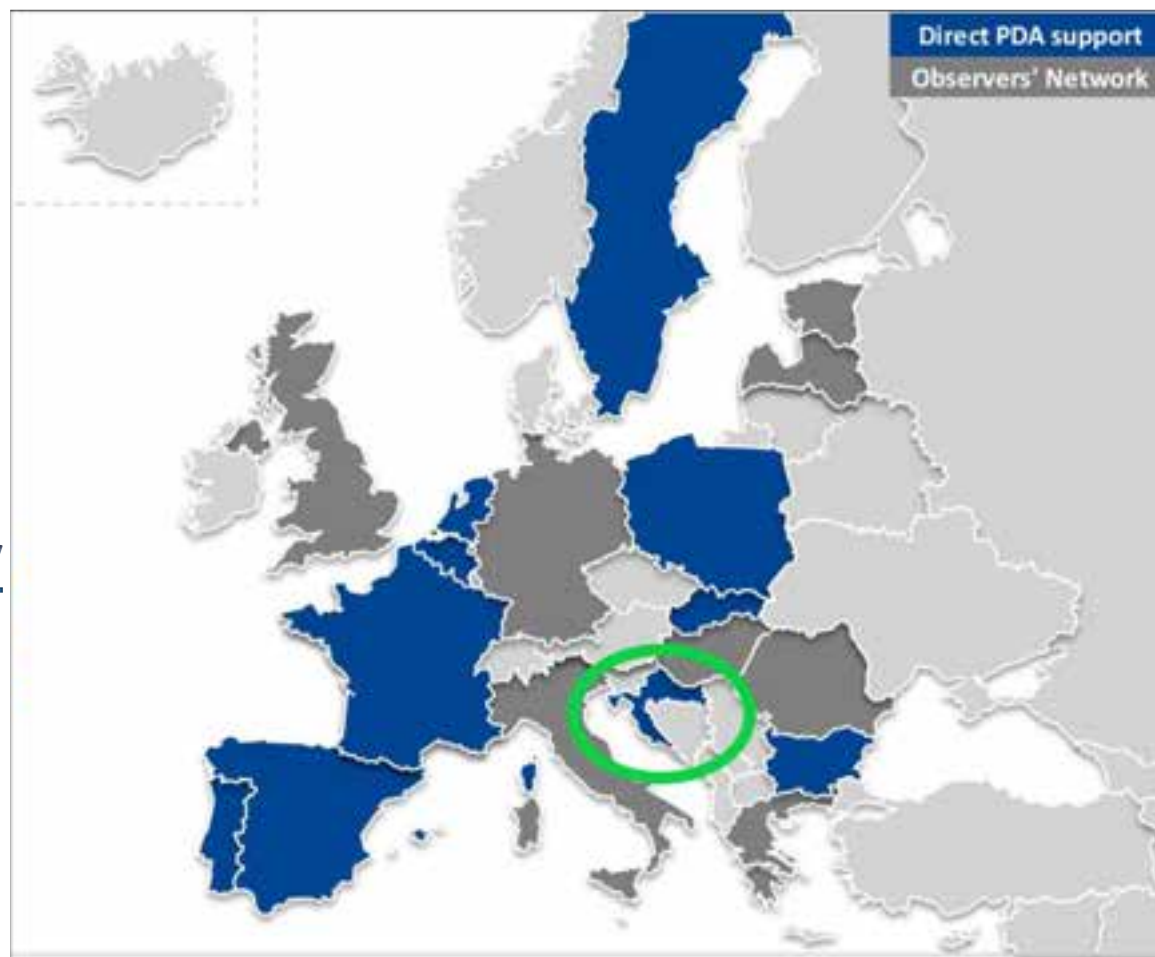
	Ujedinjeno Kraljevstvo		Švicarska	Norveška
	London	Aberdeen	Aargau	Oslo
<b>broj autobusa</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
<b>u planu</b>	<b>20 (2020.)</b>	<b>10 (2020.)</b>	<b>-</b>	<b>-</b>



## VODIK U JAVNOM GRADSKOM PRIJEVOZU – HRVATSKA

Grad Zagreb - PDA  
financiran od FCH JU:  
planirano je najmanje 10  
FCEB; INA će osigurati vodik  
(2020. -2021.):

<https://www.fch.europa.eu/news/11-european-regions-benefit-fch-ju%E2%80%99s-project-development-assistance-pda-initiative>

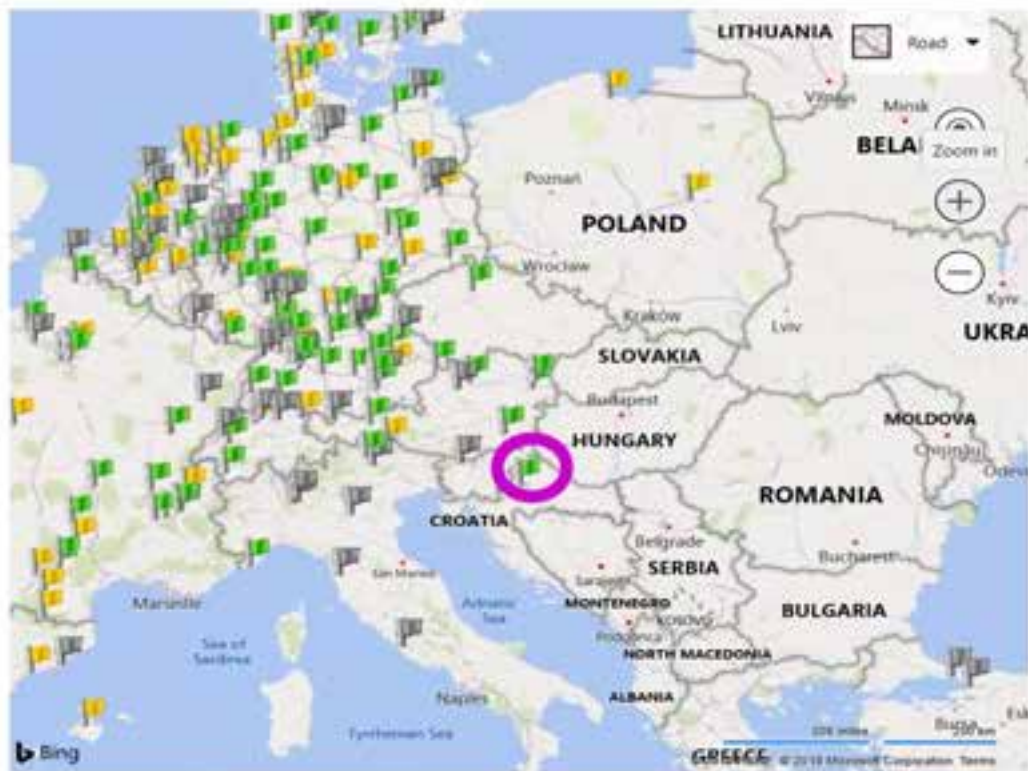






Prva hrvatska  
punionica  
vodika i prvi  
hrvatski bicikl  
na vodik

# HRVATSKA NA EU MAPI PUNIONICA VODIKA



all stations in operation planned old projects © Copyright Ludwig-Bolkow-Systemtechnik



all stations in operation planned old projects © Copyright Ludwig-Bolkow-Systemtechnik





# Croatia Mirai Challenge

---



## REGULATORNI OKVIR

1. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32014L0094>
2. <https://urbanaccessregulations.eu>
3. <https://www.iso.org/committee/54560.html>
4. [https://www.iec.ch/dyn/www/f?p=103:7:0::::FSP\\_ORG\\_ID:1309](https://www.iec.ch/dyn/www/f?p=103:7:0::::FSP_ORG_ID:1309)
5. <https://www.egpet.net/vb/showthread.php?t=88945#axzz4IRNHtK9>
6. <https://www.sae.org/standards/>
7. <https://www.sae.org/standards/>
8. <https://www.sae.org/standards/>
9. <https://www.sae.org/standards/>
10. <https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2013/wp29/ECE-TRANS-WP29-2013-041e.pdf>



## FINANCIRANJE

### Europska razina:

1. <https://www.fch.europa.eu>
2. <https://wayback.archive-it.org/12090/20201229091731/https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/connecting-europe-facility-telecom>
3. <https://www.eib.org/en/>
4. <https://www.eib.org/en/projects/sectors/transport/cleaner-transport-facility>
5. [https://ec.europa.eu/regional\\_policy/en/funding/erdf/](https://ec.europa.eu/regional_policy/en/funding/erdf/)

**Nacionalna razina (NPOO, FZOEU..)**

**Lokalna razina.**

**FSB**  
**100**

100 godina Fakulteta  
strojarstva i brodogradnje  
Sveučilišta u Zagrebu

100 Years of Faculty of  
Mechanical Engineering  
and Naval Architecture  
University of Zagreb



**GLOBALNA KLIMATSKA  
NEUTRALNOST DO 2050.**







100 godina Fakulteta  
strojarstva i brodogradnje  
Sveučilišta u Zagrebu

100 Years of Faculty of  
Mechanical Engineering  
and Naval Architecture  
University of Zagreb



## O meni..

1. Predstavnica Republike Hrvatske i članica Izvršnog odbora međunarodne organizacije **The Technology Collaboration Programme on the Research, Development and Demonstration on Advanced Fuel Cells** unutar IEA.
2. Članica **Vijeća Predsjednika Republike Hrvatske za energetske tranziciju**.
3. Potpredsjednica **Hrvatske udruge za vodik**.
4. Gostujuća urednica međunarodnog znanstvenog časopisa **International Journal of Hydrogen Energy**.
5. Autorica i voditeljica **Renewable Hydrogen Energy Conference – RH2EC**.
6. Članica Organizacijskoga odbora **World Hydrogen Energy Conference – WHEC**.
7. Zamjenica predsjednika stručne radne skupine za izradu **Hrvatske Strategije za vodik**.
8. Popis objavljenih radova:  
<https://scholar.google.hr/citations?user=25xsCJwAAAAJ&hl=en>
9. ..



## Projekti..

1. Prvi hrvatski bicikl na vodik – voditelj.
2. Prva hrvatska punionica vodika – voditelj.
3. Croatia Mirai Challenge (u suradnji s Toyota Croatia d.d. ) – voditelj.
4. Osiguranje električne energije u slučaju klimatskih ekstrema i prirodnih katastrofa (Europski fond za regionalni razvoj) – voditelj.
5. Napredne metode proizvodnje i transporta zelenog vodika (Hrvatska zaklada za znanost) – voditelj.
6. UrbanSTEM – za gradove i zajednice budućnosti (Europski socijalni fond) – partner.
7. Pogonski sustav lakog zrakoplova s primjenom tehnologije vodika – Razvoj idejnog rješenja – HOPLA – partner.
8. Renewable Hydrogen Energy Conference – RH2EC.
9. ..



100 godina Fakulteta  
strojarstva i brodogradnje  
Sveučilišta u Zagrebu

100 Years of Faculty of  
Mechanical Engineering  
and Naval Architecture  
University of Zagreb



# VODIK U JAVNOM GRADSKOM PRIJEVOZU

Izv. prof. dr. sc. Ankica Kovač, MSc. AE.

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet strojarstva i brodogradnje

[Ankica.Kovac@fsb.hr](mailto:Ankica.Kovac@fsb.hr)

<https://hydrogen.hr>

<https://rh2ec.com>

13. Godišnji susret gradonačelnika i poduzetnika 24. – 26. studenoga 2021.

**LIDER** 