

KONCEPT RAZVOJA VOZILA NA HIDROGENSKIM TEHNOLOGIJAMA/ CONCEPT OF VEHICLE DEVELOPMENT BASED ON HYDROGEN TECHNOLOGIES

Pregledni članak

Mehmed Konaković¹, Abidin Deljanin², Mirsad Imamović²,

¹JU “Centar za napredne tehnologije u Sarajevu“, Vilsonovo šetalište 9,
Sarajevo, BiH,

²Internacionalni Univerzitet Travnik u Travniku, Aleja Konzula – Meljanac b.b., 30509300,
email: konakovicmesa@hotmail.com, adeljanin@hotmail.com, mimo.mirsad@hotmail.com

Sažetak

Vozila na vodonik su vozila razvijena na novim hidrogenskim tehnologijama. Ova vozila koriste vodonik kao gorivo za proizvodnju električne energije koja pokreće vozilo ili koriste hidrogenske tehnologije kao medije nosioce pogonske energije vozila. Tehnologija vozila na konceptu hidrogenskih tehnologija se prepoznaju kao "vodoničko gorivno ćelijsko vozilo" ili "vodoničko gorivno vozilo" (FCV). Temeljni koncept vozila na bazi hidrogenskih tehnologija funkcioniraju na principu korištenja vodonika i kiseonika iz vazduha kako bi se proizvodila električna energija putem hemijske reakcije u gorivnoj ćeliji. Na ovaj način dobivena električna energija napaja elektromotor koji pokreće vozilo. Glavna prednost ovog sistema je što svojim radom stvara čistu vodenu paru, čime se eliminiše emisija štetnih gasova i sagorijevanje fosilnih goriva. Vodonička vozila su potpuno ekološki prihvatljiva pa i klimatski neutralna, ali ipak postoje značajni izazovi. Nemoguće je ne biti svjestan da su razvoj tehnologije i izgradnja infrastrukture za punjenje vodonikom još uvijek u toku ili čak u početnoj fazi. Ovdje se bilježi ogroman prostor za istraživačke i razvojne projekte i rezultate.

Ključne riječi: *infrastruktura, gorivna ćelija, vodoničko vozilo, tehnologija, neutralnost.*

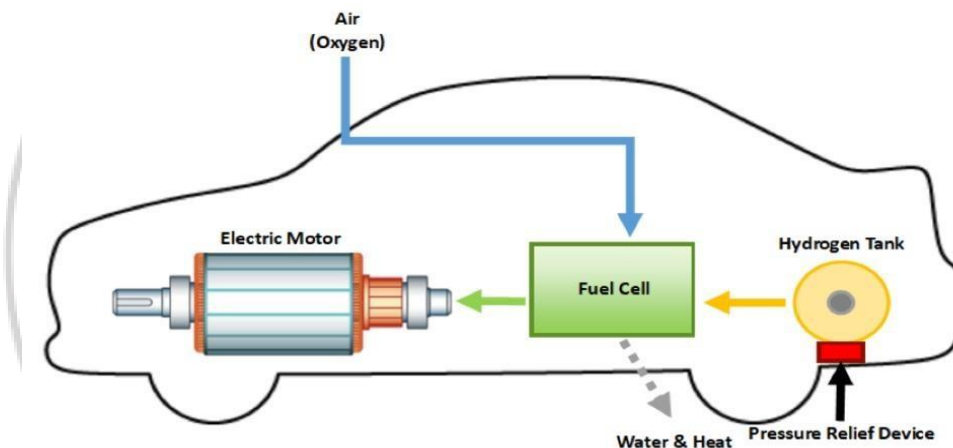
Abstrakt

Hydrogen vehicles are vehicles developed on new hydrogen technologies. These vehicles use hydrogen as fuel to generate electricity that powers the vehicle or use hydrogen technologies as mediums to carry the vehicle's propulsion energy. The vehicle technology on the concept of hydrogen technologies is recognized as a "hydrogen fuel cell vehicle" or "hydrogen fuel vehicle" (FCV). The basic concept of vehicles based on hydrogen technologies operates on the principle of using hydrogen and oxygen from the air to produce electricity through a chemical reaction in a fuel cell. In this way, the resulting electricity is powered by the electric motor that drives the vehicle. The main advantage of this system is that its work creates clean water vapor, thus eliminating emissions of harmful gases and burning fossil fuels. Hydrogen vehicles are completely environmentally friendly and climate neutral, but there are still significant challenges. It is impossible not to be aware that the development of technology and the construction of hydrogen charging infrastructure are still underway or even at the initial stage. There is a huge record here a huge space for research and development projects and results.

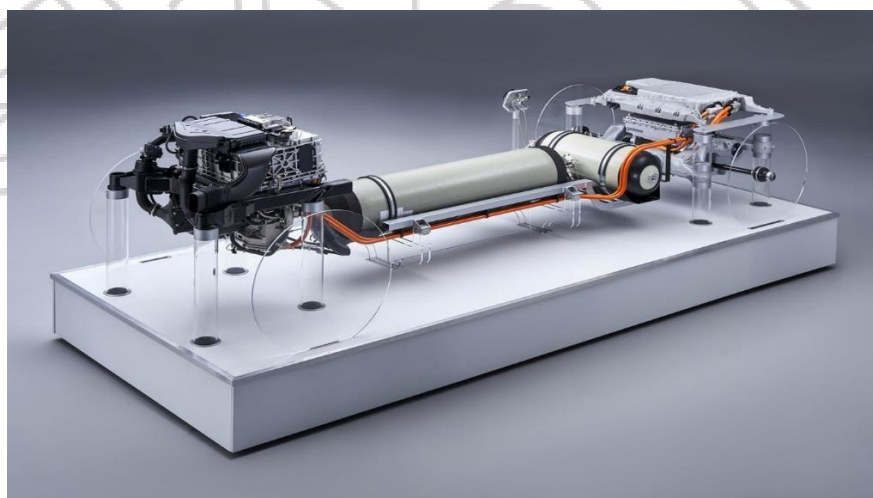
Keywords: *infrastructure, fuel cell, hydrogen vehicle, technology, neutrality.*

1. UVOD

Vodoničke tehnologije u auto i transportnoj industriji su poseban izazov. Bez obzira na količinu i kompleksnost izazova, vozila na konceptu vodoničkih tehnologija privlače pažnju. Razlog za uzbuđenje u ovoj oblasti se ogleda u obećavajućem potencijalu korisnosti u smanjenju zagađenja i emisije gasova sa stakleničkim efektom. Nadolazeće vrijeme donosi novi razvoj vodoničkih tehnologija s ciljem masovnije široke upotrebe i konkurencije na tržištu vozila. Koncept vozila na vodonik je šire prisutan i poznat kao vozilo na vodonik ili vozilo na gorivne ćelije. On predstavlja inovativnu tehnološku alternativu konvencionalnim vozilima sa motorima na unutrašnje sagorevanje. Ova motorna vozila koriste vodonik kao pogonsko gorivo. Razlikujemo dvije osnovne koncepcije korištenja vodonika i to: a) kao pogonsko gorivo za motore sa unutrašnjim sagorjevanjem, b) kao gorivo koje se kroz hemijsku reakciju sa kiseonikom pretvara u električnu energiju kao pogon vozilu i c) kombinovana upotreba vodonika u vozilima koja imaju obje opcije u vozilu. U svakoj varijanti upotrebe vodonika proces proizvodi samo vodu kao sporedni proizvod, te tako čini vozila na vodonik ekološki prihvatljivom opcijom u transportnoj industriji.



Slika 1: Osnovni koncept vozila na vodonik (Izvor: www.firehouse.com/rescue/, 24.11.23)



Slika 2: BMW koncept vozila na vodonik (Izvor: <https://www.bing.com/images/search>, 28.11.23)



Slika 3: CNT univerzalni koncept vozila (Izvor: Autor, 2022/23)

Postoje tri glavne varijante pogonskih sistema za vozila na vodonik:

- a) Koncept sa gorivnim ćelijama,

- b) Koncept sa vodonikom kao gorivom za unutrašnje sagorjevanje, i
- c) Koncept sa hibridnim (kombinovanim/hibridnim) tehnologijama.

KONCEPT SA GORIVNIM ČELIJAMA

U varijanti sa gorivnim ćelijama koristi se gorivna ćelija da u interakciji sa vodonikom reagira tako što proizvodi električnu energiju. Tako proizvedena električna energija se koristi za napajanje elektromotora koji pokreće vozilo. Gorivne ćelije su čiste i efikasne. One osiguravaju vozilima na vodonik veći radijus kretanja, odnosno autonomnost i brže punjenje u usporedbi sa električnim vozilima sa baterijama.



Slika 4: Gorivna ćelija CNT (Izvor: Ator)

Hemijska reakcija i proizvodnja električne energije rezultira pojavom vode i toplote kao nusproizvoda što vodikov pogon čini ekološki prihvatljivijim u odnosu na vozila s unutrašnjim sagorjevanjem koja koriste fosilna goriva.

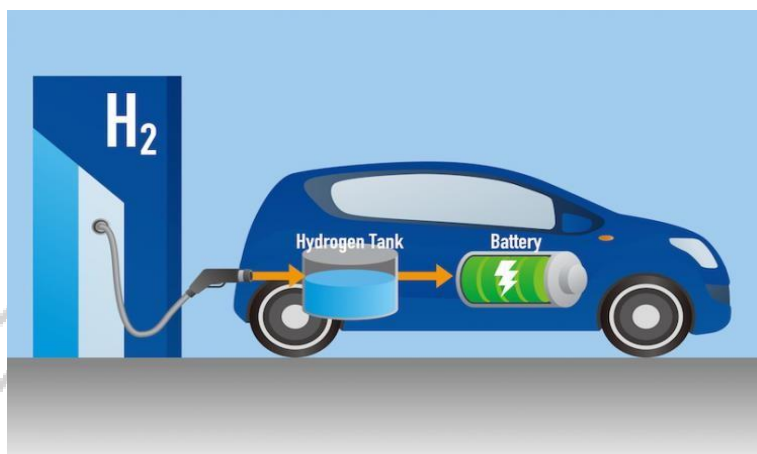


Slika 5: Presjek vozila sa gorivnim ćelijama (Izvor:<https://autorepublika.com>, 10.04.2023)

Glavna prednost i neoporiv adut u korist ovih tehnologija je čista emisija jer nema proizvodnje štetnih plinova (CO₂ ili azotni oksidi). Međutim, ovdje su izraženi izazovi druge vrste kao što su ograničenost infrastrukture, visoki troškovi proizvodnje gorivnih ćelija, te dizanja sigurnosti vodonika. Sigurnost vozila sa gorivnim ćelijama je izuzetno važna jer ne smije negativno uticati

na stepen sigurnosti saobraćaja i transporta koji je trenutno evidentiran. Neophodno je stepen sigurnosti ovih vozila dovesti do nivoa upotrebe vozila na plin i električnih vozila. Vodonik je visoko zapaljiv, ima malu molekulu koja se lako provlači kroz sve druge materijale te je zato neophodno raditi na dodatnim mjerama osiguranja od nesreća.

Svi svjetski proizvođači vozila i inženjeri intenzivno rade na unaprijeđenju tehnologije vozila s gorivnim ćelijama s ciljem ostvarenja sigurnosti, održivosti i praktičnosti ovog ekološki prihvatljivog transporta.



Slika 6: Slika koncepta gradskog vozila na vodonik bez zagađenja i buke (Izvor: VW koncept)

KONCEPT SA VODONIKOM KAO GORIVOM ZA UNUTRAŠNJE SAGORJEVANJE

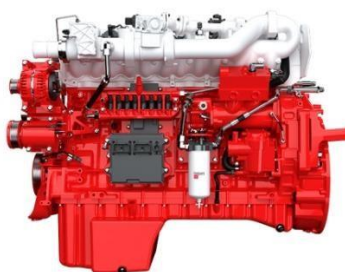
Ovo je tehnologija koja koristi vodonik kao pogonsko gorivo u motorima sa unutrašnjim sagorjevanjem. Ovakva vozila svojim radom i upotrebom stvaraju izrazito manje zagađenja u poređenju sa konvencionalnim fosilnim gorivima. Emisija ispušnih gasova se svodi uglavnom na određene količine vodene pare. U svijetu se najviše ističe Toyota kao prvi u razvoju ove vrste tehnologije u automobilske i transportnoj industriji. Postoje eksperimentalni tipovi Toyota Yaris i Corolla sa 1,6-litarskim rednim, trocilindarskim motorom (G16E-GTS) s turbopunjačem. Sagorjevanje vodonika u ovom motoru je pogodno za prilagođavanje raznim zvučnim motivacionim efektima svojstvenim za sportsku vožnju. Ova vozila se već koriste u sportske svrhe. Za komercijalnu upotrebu će biti potrebno još istraživanja i značajnih napora uglavnom na osiguranju sigurnosti vožnje. Sagorjevanje vodonika je vrlo čista reakcija sa malim uticajem na okoliš. Uz to radi se o materiji vrlo brzog sagorjevanja što daje brz odziv sistema – vozila.

Unatoč snažnom iskoraku u razvoju ovih tehnologija ipak je tehnologija vodikovih motora s unutarnjim sagorjevanjem još uvijek u ranoj fazi razvoja. Razvoj je počeo 2017. godine, ali ova vozila još uvijek nisu u prodaji. U smislu upotrebe ovih vozila Toyota sa modelom Corolla Sport na vodonik, već do sada je postigla odlične rezultate u motosportu u Japanu.



Slika 7: Toyota GR Yaris (Izvor: Toyota, 20.10.23)

Toyota planira da izvrši potpuna testiranja tokom 2024., a nakon testova u narednoj godini planiraju ući u masovnu serijsku proizvodnju ovih vozila. Uporedo sa Toyotinim razvojem primjetan je jak pokret u razvoju Hyundai koji planira serijsku proizvodnju motora s unutarašnjim sagorijevanjem vodika u toku 2025. godine. Očigledna je takmičarska atmosfera u razvojinima automobilskih gromada u svijetu. Hyundai je u završnoj fazi razvoja 11-litrskog motora, izlazne snage od 300 kW i obrtnog momenta od 1700 Nm pri 2000 o/min. Ovaj motor ispunjava zahtjeve norme Euro 7. Punjenje od 10 minuta podrazumjeva radijus od 250 kilometara. Hyundai tvrdi da su ovi motori 25-30% ekonomičniji od gorivih ćelija ili paketa baterija. Ovi motori su uglavnom usmjereni za ugradnju u autobuse, teška vozila i inženjersku opremu i mašine.



Slika 8: Motor sa unutrašnjim sagorjevanjem Cummins-ov motor ICE i 15-L (Izvor: <https://www.cummins.com/rs/engines/hydrogen>, 15.09.23)



Slika 9: Deltahawk -ov motor - DHK180 (Izvor: Interesting Engineering, 12.12.23)

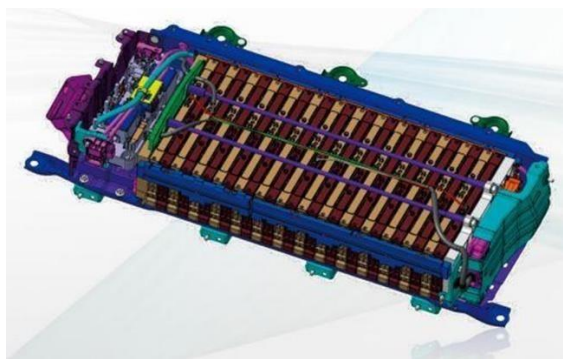
Američka kompanija Deltahawk je razvila dvotaktni motor DHK180. Zanimljivost ovog motora je to što je dizajniran sa što manje komponenti čime se podiže stepen pouzdanosti. Ovaj motor je zapremine 3,3 litra a ima i kompresor i turbopunjač. Snaga motora je 180 KS. Radi se o motoru sa 40% većom efikasnošću od drugih klipnih motora. Radi se o vrlo laganom motoru od samo 162 kg. Ovaj motor je namjenjen za male avione iako se inženjeri trude da isti motor prilagode upotrebi u vozilima i automobilima.

Analizom trenutnih odnosa u svijetu i razvojnih poduhvata možemo konstatirati da će se motori sa vodonikom za unutrašnje sagorjevanje koristiti u srednjim i teškim uslovima eksploatacije. Očekivati je da će se u narednoj deceniji potpuno običnim smatrati autobusi i kamioni na duge destinacije. U svakom slučaju za transportnu industriju dolaze vremena preciznog ekonomisanja što otvara ogroman prostor za alternativna rješenja u transportnoj industriji. Vodonička tehnologija je vrlo potentna u primjeni za terenske građevinske mašine, poljoprivrednu i drugu mehanizaciju a treba uključiti i plovila kojima će vodonička tehnologija omogućiti daljni razvoj i konkurentnost.

KONCEPT SA HIDRIDNIM TEHNOLOGIJAMA

Koncept sa hidridnim tehnologijama je kombinovana tehnologija i uključuje korišćenje gorivnih ćelija zajedno sa baterijama. Ovi koncepti daju mogućnost da vozila koriste električnu energiju i vodonik kao izvor pogona. Na ovaj način postiže se efikasnije korišćenje energije, te poboljšava cjelokupna efikasnost vozila.

Najjednostavnija definicija hidrida smatra da su to spojevi hemijskih elemenata s vodonikom. Imamo teorije koje kažu da su hidridi isključivo spojevi u kojima vodonik imamo u njegovom anionskom obliku kao hidridni ion (H^-) iako je ovaj anion pronađen u samo manjem broju spojeva s vodikom. Poznate su različite podjele spojeva sa vodonikom ali se hidridi najčešće dijele na metalne, ionske (solne), molekulske i kovalentne sa proširenom strukturom.



Slika 10: Nikl-metal baterije (Izvor: https://www.google.com/search?q=litij+ionske+baterije&sca_esv, 20.10.23)



Slika 11: Litij-ionske baterije (Izvor: https://www.google.com/search?q=litij+ionske+baterije&sca_esv
(20.10.23)

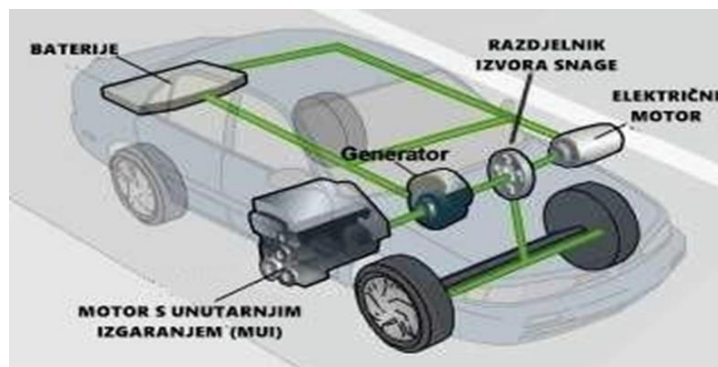


Slika12: Baterije CNT (Izvor: Autor, 22/23)

Vozila sa hibridnim tehnologijama predstavljaju inovativno rešenje koje kombinuje konvencionalne motore sa unutrašnjim sagorijevanjem, obično benzinske ili dizel motore, sa električnim motorima kako bi se postigla bolja efikasnost goriva i smanjenje emisija štetnih gasova. Ove vrste vozila imaju sposobnost da prelaze na električni pogon pri nižim brzinama

ili prilikom vožnje u gradskim uslovima, dok se konvencionalni motori koriste za duža putovanja ili vožnju na otvorenom putu.

Hibridni pogonski sistem čine: motor sa unutrašnjim sagorjevanjem, električni generator, elektomotor, razdjelnik izvora snage i baterije.



Slika 13: Komponente hibridnog vozila

(Izvor: <https://www.fueleconomy.gov/feg/hybridtech.shtml>, 15.05.23.)

Hibridna vozila koriste rekuperaciju energije kočenja. Tehnologija rekuperacije pretvara mehaničku energiju u električnu energiju i njome puni baterije. Tehnologija rekuperacije doprinosi smanjenju potrošnje pogonskih goriva i emisije štetnih gasova. Na taj način se poboljšava ukupna energetska efikasnost vozila. Postoje različite vrste hibridnih sistema, uključujući paralelne, serijske i plug-in hibride, koji pružaju različite nivoe električne vožnje i efikasnosti goriva u zavisnosti od potreba i preferencija vozača.

Neki od najpoznatijih hibridnih brendova su: Toyota Yaris Hybrid, Toyota Auris Hybrid, Mitsubishi i-Miev, Nissan Leaf, Peugeot 3008 Hybrid, Toyota Prius, Tesla Model S, Mitsubishi Outlander, Volkswagen e-Up2, Bmw i3, Porsche Panamera i Piaggio Porter.

Hibridne tehnologije u vozilima postaju sve prisutnije u auto-industriji. Proizvođači sve više razvijaju sve naprednije hibridne sisteme sa visokom ekološkom odgovornosti, performansama i praktičnošću modernog saobraćaja i ekonomičnosti. Ove tehnologije igraju jednu od glavnih uloga u transformaciji transportnog sektora ka održivoj budućnosti.

FUTURISTIČKA FORMA VOZILA

Korisno je baciti kratak pogled u budućnost urbanih vozila sa hidrogenskim tehnologijama.



Slika 14: Scorpion, Ronn Motor Company (V6 motor, 450 i 650 ks) i Volkswagen Splinter (0% štetnih gasova)
 (Izvor: : <https://pixelizam.com/koncepti-futuristickih-automobila>, 20.10.23)



Slika 15: Volkswagen CitiZen (mali točkovi, rotacija 180%) i Dacia SHIFT (litij-ionska baterija ili tekući vodik)
 (Izvor: : <https://pixelizam.com/koncepti-futuristickih-automobila>, 20.10.23)



Slika 16: Renault Vitesse (namijenjen inteligentnim autocestama i BMW HR2 (benzin i na hydrogen, dual model) (Izvor: <https://pixelizam.com/koncepti-futuristickih-automobila>, 20.10.23)



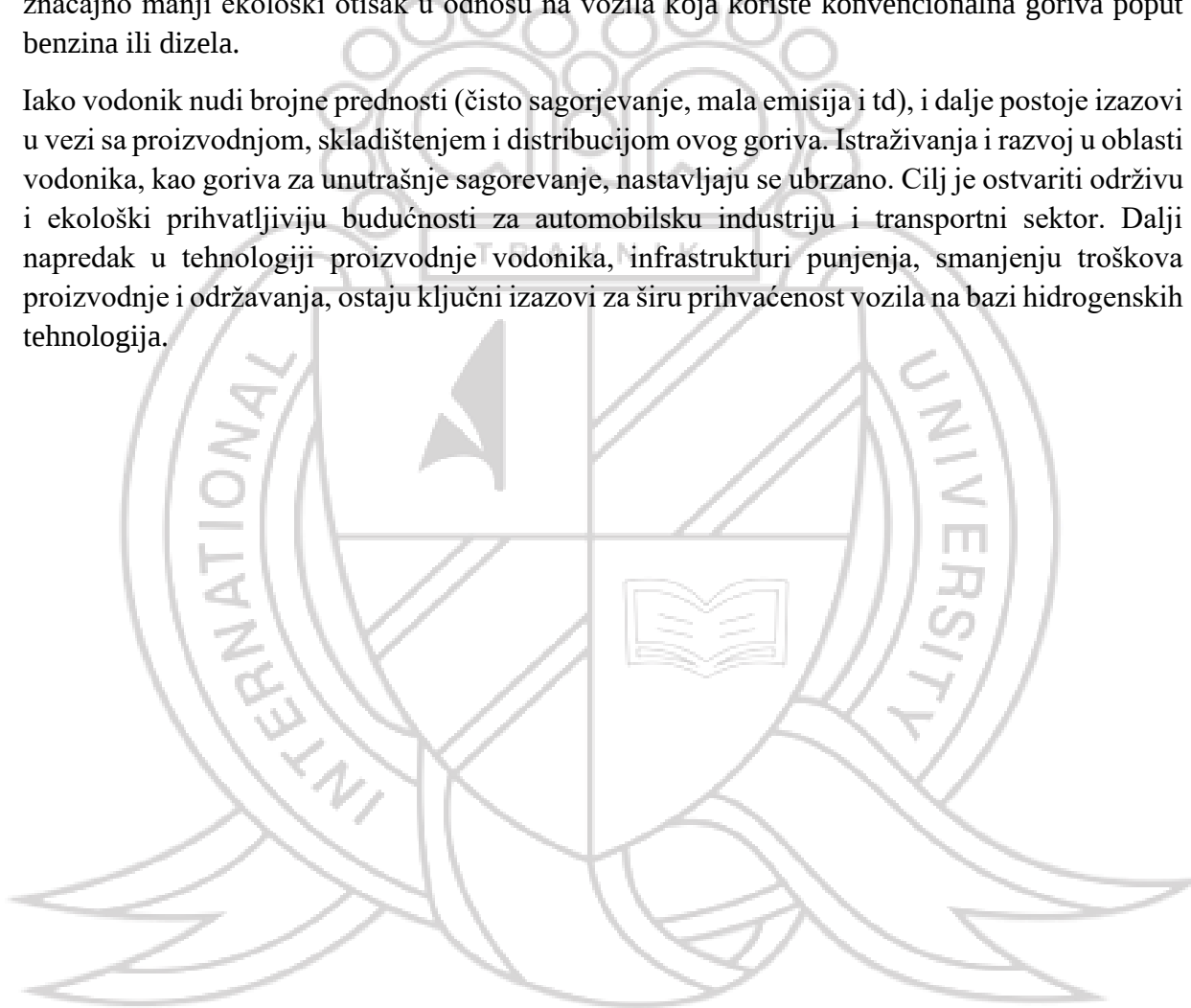
Slika 17: Hyundai 2020 (Porodični, Transparente solarne ćelije proizvode ee iz ambijentalnog svjetla) i Jaguar C-XC (ćelije hidrogena u haubi) (Izvor: : <https://pixelizam.com/koncepti-futuristickih-automobila>, 20.10.23)

ZAKLJUČAK

Vozila na vodonik su u fazi intenzivnog razvoja, a njihova široka primjena bi mogla imati značajan uticaj na smanjenje emisije štetnih gasova i na očuvanje životne sredine.

Vodonik kao gorivo za vozila sa unutrašnjim sagorevanjem sve više privlači pažnju kao održiva alternativa konvencionalnim gorivima zbog svoje čistoće i visokog potencijala za smanjenje emisija štetnih gasova. Kada se koristi kao gorivo za unutrašnje sagorevanje, vodonik proizvodi energiju stvaranjem električnog naboja putem hemijske reakcije s kiseonikom, što rezultira ispuštanjem vodene pare kao jedinog nusprodukta. Ovaj proces omogućava vozilima da imaju značajno manji ekološki otisak u odnosu na vozila koja koriste konvencionalna goriva poput benzina ili dizela.

Iako vodonik nudi brojne prednosti (čisto sagorjevanje, mala emisija i td), i dalje postoje izazovi u vezi sa proizvodnjom, skladištenjem i distribucijom ovog goriva. Istraživanja i razvoj u oblasti vodonika, kao goriva za unutrašnje sagorevanje, nastavljaju se ubrzano. Cilj je ostvariti održivu i ekološki prihvatljiviju budućnosti za automobilsku industriju i transportni sektor. Dalji napredak u tehnologiji proizvodnje vodonika, infrastrukturi punjenja, smanjenju troškova proizvodnje i održavanja, ostaju ključni izazovi za širu prihvaćenost vozila na bazi hidrogenskih tehnologija.



BIBLIOGRAFIJA

KNJIGE

- [1] I. Bošnjak, D. Badnjak: Osnove prometnog inženjerstva, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, 2005.
- [2] A. Deljanin, F.Kiso: Univerzitetski udžbenik, „Metode vrednovanja u planiranju i projektovanju saobraćajne infrastrukture“ izdavač Fakultet za saobraćaj i komunikacije, Univerzitet u Sarajevu, 2017.
- [3] C. A. Grimes, O. K. Varghese, S. Ranjan, Light, Water, Hydrogen, Springer Science+Business Media, New York, USA, 2008.
- [4] V. Quaschnig, Understanding renewable energy systems, Bath Press, London, United Kingdom, 2005.
- [5] Dr. Ankica Đukić, Proizvodnja vodonika elektrolizom vode pomoću sunčeve energije i fotonaponskih panela, Doktorska disertacija, Fakultet strojarstva i brodogradnje (FSB), Zagreb, 2013.

PUBLIKACIJE / ČASPOPISI

- [6] J. Andersson and S. Grönkvist, "Large-scale storage of hydrogen," International Journal of Hydrogen Energy, vol. 44, no. 23, pp. 11901-11919, 2019/05/03 2019.
- [7] E. Rivard, M. Trudeau, and K. Zaghbi, "Hydrogen Storage for Mobility: A Review," Materials, vol. 12, p. 1973, 06/19 2019.
- [8] V. Yartys and M. Lototsky, "An Overview of Hydrogen Storage Methods," vol. 172, 2003, pp. 75-104.
- [9] Toyota- publikacija, Jul 2023.
- [10] Strategija Europa, Europski parlament, Brisel, 2020.
- [11] Inicijative „Unija inovacija“, Europski parlament, Brisel, 2011.
- [12] Inicijativa 'Resursno učinkovita Evropa', Europski parlament, Brisel, 2011. [13] Nauka i tehnologija, Internacionalni univerzitet Travnik, 2020 -2022.

ON- LINE LITERATURA:

- [14] <https://pixelizam.com/>
- [15] <https://hydrogeneurope.eu/>
- [16] https://www.google.com/search?q=litij+ionske+baterije&sca_esv
- [17] www.firehouse.com/rescue/ [18] <http://eurokodovi.ba/>
- [19] <https://autorepublika.com>
- [20] <https://www.bing.com/images/search>
- [21] <https://ec.europa.eu/eurostat>