



Srednja šola za storitvene dejavnosti in logistiko

VODIK KOT ALTERNATIVA ELEKTRIČNEMU POGONU VOZIL

RAZISKOVALNA NALOGA

Avtorji:

Nikola Milutinović, 2. B4

Andraž Hribernik, 2. B4

Žan Višnjar, 2. B4

Mentor:

Matic Turnšek, univ. dipl. inž. elektrotehnike

Mestna občina Celje, Mladi za Celje

Celje, marec 2024

IZJAVA*

Mentor/~~ica~~ MATIC TURNŠEŽ v skladu z 20. členom Pravilnika o organizaciji mladinske raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje, zagotavljam, da je v raziskovalni nalogi z naslovom:

VODIK KOT ALTERNATIVA ELEKTRICNEMU POSOJU VOZIL
katere avtorji so: NIKOLA MILUTINOVIĆ, ANDRAŽ HRIBERNIK, ŽAK VIŠNJAR :

- besedilo v tiskani in elektronski obliki istovetno,
- pri raziskovanju uporabljeno gradivo navedeno v seznamu uporabljene literature,
- da je za objavo fotografij v nalogi pridobljeno avtorjevo dovoljenje in je hranjeno v šolskem arhivu,
- da sme Osrednja knjižnica Celje objaviti raziskovalno nalogo v polnem besedilu na knjižničnih portalih z navedbo, da je raziskovalna naloga nastala v okviru projekta Mladi za Celje,
- da je raziskovalno nalogo dovoljeno uporabiti za izobraževalne in raziskovalne namene s povzemanjem misli, idej, konceptov oziroma besedil iz naloge ob upoštevanju avtorstva in korektnem citiranju,
- da smo seznanjeni z razpisni pogoji projekta Mladi za Celje.

Celje, 7. 4. 2025



Podpis mentorja

Podpis odgovorne osebe*

POJASNILO

V skladu z 20. členom Pravilnika raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje je potrebno podpisano izjavo mentorja (-ice) in odgovorne osebe šole vključiti v izvod za knjižnico, dovoljenje za objavo avtorja (-ice) fotografskega gradiva, katerega ni avtor (-ica) raziskovalne naloge, pa hrani šola v svojem arhivu.

POVZETEK

V raziskovalni nalogi bomo raziskali poglede avto industrije na pogon vozil z vodikom in gorivnimi celicami. V osnovnih teoretičnih izhodiščih bomo raziskali lastnosti vodika, delovanje gorivne celice in raziskali kako delujejo motorji z notranjim zgorevanjem z direktnim vbrizgavanjem vodika. Nato bomo opredelili, katera avtomobilska podjetja že ponujajo ali so ponujala vozila na vodik. Med njimi bomo ločili tiste, katerih pogon je z gorivno celico in katerih je pogon z direktnim vbrizgavanjem ter jih primerjali med sabo. Poiskali bomo prednosti in slabosti vsakega sistema. Naredili bomo mesečni in letni primerjalni plan stroškov uporabe vozila na vodik ter dobljen rezultat primerjali s stroški uporabe baterijskega, dieselskega ali bencinskega vozila. Raziskali koliko je polnilnih postaj za vozila na vodik v Sloveniji ter drugod po Evropi. S pomočjo ankete bomo raziskali mnenje potencialnih kupcev vozil in njihovo mnenje glede različnih pogonov vozil. Poiskali bomo tudi vizije in prihodnje načrte podjetij za razvoj vozil na vodik.

ABSTRACT

In the research paper, we will investigate the views of the auto industry on hydrogen and fuel cell vehicle propulsion. In the basic theoretical starting points, we will investigate the properties of hydrogen, the operation of a fuel cell, and investigate how internal combustion engines with direct hydrogen injection work. Then, we will identify which automotive companies already offer or have offered hydrogen vehicles. Among them, we will distinguish those powered by a fuel cell and those powered by direct injection and compare them with each other. We will find the advantages and disadvantages of each system. We will make a monthly and annual comparative plan of the costs of using a hydrogen vehicle and compare the result obtained with the costs of using a battery, diesel, or gasoline vehicle. We will investigate how many hydrogen vehicle charging stations there are in Slovenia and elsewhere in Europe. Using a survey, we will investigate the opinions of potential vehicle buyers and their opinions regarding different vehicle propulsion systems. We will also find the visions and future plans of companies for the development of hydrogen vehicles.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	6
1.1	POSTAVITEV HIPOTEZ	6
2	TEORETIČNI DEL	7
2.1	LASTNOSTI VODIKA	7
2.2	PRIDOBIVANJE VODIKA	8
2.2.1	Termične metode	8
2.2.2	Elektrokemijske metode	9
2.2.3	Biološke metode oz. foto-biološke metode	9
2.3	SHRANJEVANJE VODIKA	10
2.3.1	Shranjevanje vodika v plinastem agregatnem stanju	10
2.3.2	Shranjevanje vodika v tekočem agregatnem stanju	10
2.3.3	Metal – hidridno shranjevanje vodika	11
2.3.4	Shranjevanje vodika v ogljikovih nano cevkah	11
2.4	GORIVNE CELICE	12
2.4.1	PEM gorivne celice	12
2.4.2	HT-PEM Gorivne Celice	13
3	ANKETA	14
3.1	ANALIZA ANKETE	14
4	VOZILA, KI ZA POGON UPORABLJAJO VODIK	22
4.1	VOZILA Z MOTORJI, Z DIREKTNIM ZGOREVANJEM VODIKA (H ₂ ICE)	22
4.1.1	Osnovno delovanje motorja z direktnim zgorevanjem vodika	22
4.1.2	Prednosti motorjev z direktnim zgorevanjem vodika	22
4.1.3	Izzivi in omejitve motorjev z direktnim zgorevanjem vodika	23
4.1.4	Primeri vozil in proizvajalcev vozil z direktnim zgorevanjem vodika	24
4.2	VOZILA NA GORIVNE CELICE (FCEV)	24
4.3	PRIMERJAVA VOZIL IN TEHNOLOGIJE POGONOV H ₂ ICE IN FCEV	27

4.4	PRIMERJAVA STROŠKOV NAKUPA IN UPORABE BATERIJSKIH VOZIL IN VOZIL S POGONOM NA GORIVNO CELICO (FCEV) TER KONVENCIONALNIM POGONOM NA NEOSVINČEN BENCIN	28
4.5	INFRASTRUKTURA POLNILNIC ZA VOZILA NA VODIK IN VOZILA NA ELEKTRIČNI POGON V SLOVENIJI IN V NEMČIJI.....	29
5	RAZPRAVA	31
5.1	OVREDNOTENJE HIPOTEZ	31
6	ZAKLJUČEK.....	33
7	VIRI IN LITERATURA	34
8	PRILOGE	34
8.1	PRILOGA 1: ANKETA	35

KAZALO SLIK

SLIKA 1:	OBIČAJNI ATOM VODIKA	7
SLIKA 2:	GORIVNA CELICA	12
SLIKA 3:	TOYOTA MIRAI.....	25
SLIKA 4:	HYUNDAI NEXO	26
SLIKA 5:	HONDA CLARITY	26
SLIKA 6:	BMW IX5 HYDROGEN	27
SLIKA 7:	POLNILNA POSTAJA ZA VOZILA NA VODIK V LESCAH.....	30

KAZALO GRAFIKONOV

GRAFIKON 1:	PREDSTAVLJENO RAZMERJE ODGOVOROV NA PRVO VPRAŠANJE ANKETE.....	14
GRAFIKON 2:	PREDSTAVLJENO RAZMERJE ODGOVOROV NA DRUGO VPRAŠANJE ANKETE.....	15
GRAFIKON 3:	PREDSTAVLJENO RAZMERJE ODGOVOROV NA TRETJE VPRAŠANJE	

GRAFIKON 4: PREDSTAVLJENO RAZMERJE ODGOVOROV NA ČETRTO VPRAŠANJE	16
GRAFIKON 5: PREDSTAVLJENO RAZMERJE ODGOVOROV NA ŠESTO VPRAŠANJE 17	
GRAFIKON 6: PREDSTAVLJENO RAZMERJE ODGOVOROV NA SEDMO VPRAŠANJE 18	
GRAFIKON 7: PREDSTAVLJENO RAZMERJE ODGOVOROV NA OSMO VPRAŠANJE 18	
GRAFIKON 8: PREDSTAVLJENO RAZMERJE ODGOVOROV NA DEVETO VPRAŠANJE	19
GRAFIKON 9: PREDSTAVLJENO RAZMERJE ODGOVOROV NA DESETO VPRAŠANJE	20
GRAFIKON 10: PREDSTAVLJENO RAZMERJE ODGOVOROV NA ENAJSTO VPRAŠANJE	20
GRAFIKON 11: PREDSTAVLJENO RAZMERJE ODGOVOROV NA DVANAJSTO VPRAŠANJE	21

KAZALO TABEL

TABELA1 : PRIMERJAVA FCEV IN H ₂ ICE.....	27
TABELA 2: PRIMERJAVA VOZILA HYUNDAI NEXO FCEV IN HYUNDAI KONA ELECTRIC TER KONA BENCIN.....	28

1 UVOD

V zadnjih desetletjih se povečuje zaskrbljenost zaradi okoljske onesnaženosti in podnebnih sprememb, zaradi česar je nujno iskanje trajnostnih rešitev za mobilnost. Tradicionalni bencinski in dizelski motorji, ki poganjajo večino današnjih motornih vozil, so glavni vir emisij toplogrednih plinov, ki prispevajo k globalnemu segrevanju. V odgovor na to so se začela razvijati alternativna pogonska sredstva, med katerimi so električna vozila in vodikova gorivna celica postali ključni kandidati. Električna vozila, ki uporabljajo baterije za shranjevanje energije, so že v široki uporabi in omogočajo zmanjšanje emisij, vendar še vedno naletijo na ovire, kot so omejen doseg in dolgi časi polnjenja. Vodik, kot nosilec energije, predstavlja obetaven alternativni pogon, saj lahko omogoči hitrejše polnjenje in daljši doseg vozil, hkrati pa se pri njegovem delovanju sproščajo zgolj vodna para in toplota. V tej nalogi bomo raziskali prednosti in slabosti vodika v primerjavi z električnimi in bencinskimi vozili ter ocenili njegov potencial za prihodnost trajnostne mobilnosti.

1.1 POSTAVITEV HIPOTEZ

Pri načrtovanju naloge smo si postavili nekaj hipotez, ki jih bi želeli z raziskovalnim delom potrditi ali ovreči.

Pri raziskovalnem delu smo se osredotočili na primerjavo sistemov za pogon vozil z vodikom in njihovo primerjavo z ostalimi pogoni motornih vozil.

Hipoteza 1: Uporaba vozila na vodik je cenejša, kot uporaba vozila z notranjim zgorevanjem.

Hipoteza 2: Uporaba baterijskega vozila predstavlja najcenejšo alternativo vozilom s klasičnim motorjem z notranjim zgorevanjem.

Hipoteza 3: Uporabniki vozil dobro poznajo alternativne pogone vozil in bi z veseljem izbrali nakup vozila z alternativnim pogonom.

2 TEORETIČNI DEL

2.1 LASTNOSTI VODIKA

Vodik (latinsko hydrogenium) je kemični element s simbolom H, atomskim številom 1 in atomsko maso 1,00794 u. Je najlažji element v periodnem sistemu elementov. V enoatomnem stanju (H) je najpogostejša kemična snov v vesolju in tvori približno 75 % vse barionske mase. Plinasti vodik so prvič umetno pridobili v zgodnjem 16. stoletju z mešanjem kovin in kislin. V letih 1766-1781 je Henry Cavendish prvi prepoznal vodikov plin kot diskretno snov in ugotovil, da z zgorevanjem tvori vodo. Ta lastnost mu je kasneje dala tudi ime: hidrogen v grščini pomeni vodotvoren.



Slika 1: Običajni atom vodika

Vir: Megahydrate.si

Plinasti vodik (divodik ali molekularni vodik) je zelo vnetljiv in v zraku gori v zelo širokem intervalu koncentracij od 4 do 75 vol %. Plamen zmesi čistega vodika in čistega kisika in zmesi z visoko vsebnostjo kisika sevajo [ultravijolično svetlobo](#), ki je s prostim očesom skoraj nevidna. Za odkrivanje gorenja uhajajočega vodika je potreben detektor plamena. Gorenje iztekajočega vodika je zato lahko izredno nevarno. Vodikov plamen v drugih pogojih je moder in podoben plamenu naravnega plina. ¹

¹ Povzeto po: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Vodik>, dostop: 21.1.2025

2.2 PRIDOBIVANJE VODIKA

2.2.1 Termične metode

- **Parno preoblikovanje zemeljskega plina (SMR – steam methane reforming)**

Pri tej metodi vodik pridobimo s parno preobrazbo zemeljskega plina. Za ta proces so potrebne razmeroma visoke temperature, okoli 850°C in tlak 25bar. Ker je ta način proizvodnje vodika verjetno najcenejši, je zato tudi najpogostejši način proizvodnje vodika in predstavlja kar 90% njegove proizvodnje. Izkoristek tega procesa pridobivanja vodika znaša kar 70% do 90%. Pri tej metodi se segreva voda do vodne pare, s katero ogrejemo naravno pridobljeni plin metan. Z dodanim katalizatorjem pridobimo mešanico ogljikovega monoksida in vodika. Kemijska preobrazba poteka v dveh korakih.

Prvi korak je: $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2$ in drugi korak je $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$ s katerim dobimo končni produkt vodika in ogljikovega dioksida.

- **Termo - kemična ločitev vode**

Pri tej metodi za proizvodnjo vodika potrebujemo izredno visoko temperaturo nad 2500°C. V postopku proizvodnje pride do disociacije vode v enem koraku $\text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{H}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2$. Zaradi uporabe visokih temperatur se ne poslužujemo pridobivanja vodika na opisan način, ampak se disociacija vode doseže v več korakih pri nižjih temperaturah z uporabo ustreznih spojin, ki nam omogočajo krožni kemijski proces.

- **Uplinjanje**

Pri tem procesu gre predvsem za uplinjanje biomase ali premoga pri visokih temperaturah (okoli 800°C) z dovajanjem kisika. Dobljeni plin, ki je bogat z vodikom nato pridobimo s pomočjo metode SMR, ki je opisana v prejšnjih alinejah.

- **Piroliza**

Pri tem postopku za proizvodnjo vodika uporabljamo biomaso. Postopek je podoben prejšnjim opisanim postopkom, vendar se pri tem postopku poslužujemo nižjih temperatur do 700°C brez dovajanja kisika. Končni produkt pirolize je plin in bio olje. Tudi pri tem procesu v nadaljevanju sledi parna preobrazba SMR dobljenih plinov oziroma bio olja.

2.2.2 Elektrokemijske metode

- **Elektroliza**

Pri postopku elektrolize, vodik pridobivamo s pomočjo električnega toka. Pozitivni in negativni delci (elektroni) tečejo iz elektrod v vodo in s tem preko vode tvorijo električni krog. Električni tok (pozitivni ioni) steče iz anode v vodo, izhaja pa pri katodi medtem ko elektroni pa stečejo iz katode v vodo, izhajajo pa pri anodi.

Pri katodi se zato odvija naslednja reakcija: $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \Rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$, medtem ko se pri anodi odvija sledeča reakcija: $4\text{OH}^- \Rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^-$. Celoten proces pa lahko ponazorimo s tole formulo: $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \Rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$

- **Fotoelektroliza**

Pri tej metodi se električna energija potrebna za elektrolizo vode pridobi iz sončne energije. Pri tem postopku je potrebna uporaba ustrezne anode, znane tudi kot fotoanoda, ki sončno energijo pretvori v električno.

2.2.3 Biološke metode oz. foto-biološke metode

Pri tej metodi se uporablja sončna energija ter biološke celice alg in bakterij, ki ob izvajanju lastnih procesov kot stranski produkt tvorijo vodik. Ker je večina takih organizmov v vodi, se vodik najpogosteje tvori skupaj s kisikom ob disociaciji vode.²

² Povzeto po: https://lrtme.fe.uni-lj.si/lrtme/slo/mate_tehn/Vodik_proizv_sklad.pdf, dostop: 21.1.2025

2.3 SHRANJEVANJE VODIKA

Ko proizvedemo vodik, ga je potrebno za kasnejšo uporabo ustrezno skladiščiti. Pridobljen vodik, lahko shranjujejo na več načinov:

- V plinastem agregatnem stanju (GH_2)
- V tekočem stanju (LH_2)
- Metal – hidridno shranjevanje
- Shranjevanje v ogljikovih nano cevkah

2.3.1 Shranjevanje vodika v plinastem agregatnem stanju

Pri shranjevanju vodika v plinastem stanju, so potrebni posebni rezervoarji, ki so odporni na poroznost materiala, saj so molekule vodika zelo male in lahko prehajajo skozi material, ki bi bil kemijsko porozen. Navadno so rezervoarji iz posebnih zlitin, ki pa tvorijo debelejšje stene in s tem pripomorejo k večji masi rezervoarjev. Rezervoarji, ki se uporabljajo v avtomobilih so sestavljeni iz aluminija, ki je obdan s steklenimi vlakni ali pa plastičnega jedra obdanega s steklenimi vlakni. Vodik stiskamo s posebej prirejenimi kompresorji, končni tlak pa je dosežen s postopnim povečevanjem tlaka. Vodik se shranjuje stisnjen na tlak 200 – 250 bar-ov, za cilindrične volumne do 50l. Pri ogromnih volumnih okoli 15000 kubičnih metrov je vrednost tlaka vodika le med 12 in 16 bar-ov.

2.3.2 Shranjevanje vodika v tekočem agregatnem stanju

Pri tem načinu shranjevanja vodika se drastično izboljša gostota energije glede na volumen. Takšno shranjevanje je dobrodošlo povsod tam, kjer je pomemben čim manjši volumen rezervoarja, zato je zelo primeren za vesoljske namene in uporabo v avtomobilski tehniki. Tekoči vodik se formira pri -253°C . Takšne temperature lahko doseženo s tekočim dušikom. Rezervoarji za shranjevanje tekočega vodika so iz dveh plasti, notranje ki predstavlja volumen za shranjevanje vodika in zunanje plasti, ki predstavlja volumen rezervoarja v prostoru. Vmes se nahaja temperaturno izolativna plast, ki preprečuje segrevanje tekočega vodika na temperaturo izparevanja. Kot toplotni izolator se uporablja vakuum. Pri procesu ohlajevanja vodika se potroši tudi določen del energije, ki znaša med 30% in 40% končne energije utekočinjenega vodika, zato je takšen način skladiščenja primeren le za shranjevanje vodika

velikih količin. Če hočemo tako shranjen vodik tudi uporabiti, ga je treba ponovno pretvoriti v plinasto stanje.

2.3.3 Metal – hidridno shranjevanje vodika

Nekatere kovine oz. zlitine imajo sposobnost vezave vodikovih atomov v svojo kristalno mrežo, kar s pridom uporabljamo za t.i. metal - hidridno shranjevanje. Rezervoar za metal - hidridno shranjevanje vsebuje granule omenjenih kovin oz. zlitin, na katere se veže vodik. Najbolj uporabljene zlitine na tem področju sestavljajo Ti, Fe, Al in Mg. Dobra lastnost metal - hidridnega shranjevanja je predvsem močno povečanje energijske gostote glede na volumen. Slaba lastnost pa je velika masa takšnega rezervoarja. Vodik uskladiščimo tako, da ga enostavno spustimo oz. injiciramo v rezervoar. Ob absorpciji vodika v kristalno mrežo se sprošča toplota. Če hočemo vodik sprostiti pa je potrebno dovajati toploto, oz. zagotoviti ustrezno temperaturo. Temperature za konvencionalne metal – hidride znašajo med 300°C in 350°C. Uporabljajo se tudi “nižje temperaturni” metal - hidridi, ki pa imajo manjše kapacitetne zmožnosti. Sproščeno količino vodika lahko reguliramo s količino dovedene toplote, kar lahko s pridom uporabljamo v primeru, ko s pomočjo vodika, ki je uskladiščen v metal - hidridni obliki, napajamo gorivne celice za proizvodnjo električne energije.

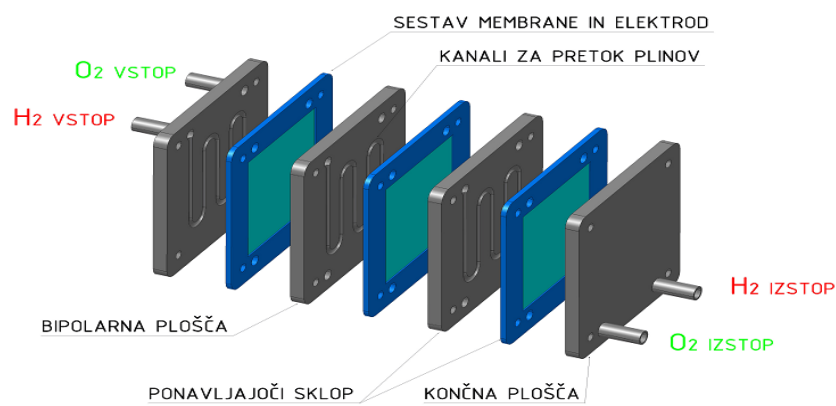
2.3.4 Shranjevanje vodika v ogljikovih nano cevkah

Ogljikove nano - cevke so cevke premerov 2 μ m. Način uskladiščenja in sproščanja vodika je identičen metal - hidridni tehniki. Prednost je predvsem v zmožnosti večje akumulacije vodika v mikroskopskih porah vzdolž cevke, ki znaša od 4,2% do 65% celotne mase nano – cevk.³

³ Povzeto po: https://lrtme.fe.uni-lj.si/lrtme/slo/mate_tehn/Vodik_proizv_sklad.pdf, dostop: 21.1.2025

2.4 GORIVNE CELICE

Gorivna celica je elektrokemična naprava, ki uporablja gorivo in oksidant (po navadi vodik in kisik) za proizvodnjo elektrike. Čeprav gorivna celica deluje podobno kot baterija, se ne izprazni in ne potrebuje vnovičnih polnjenj. Ker poteka pretvorba goriva v energijo v obliki elektrokemičnega procesa in ne izgorevanja, je gorivna celica tišja in čistejša kot bencinski ali dizelski generator. Možnih je več kombinacij goriv in oksidantov. Vodikova gorivna celica uporablja vodik kot gorivo in kisik (po navadi iz zraka) kot svoj oksidant.



Slika 2: Gorivna celica

Vir: Mebius.si

2.4.1 PEM gorivne celice

Gorivne celice s protonsko izmenjevalno membrano (PEM) delujejo pri relativno nizkih temperaturah, nudijo hiter zagon in kot gorivo za delovanje potrebujejo le vodik, in kisik iz zraka. Jedro sistema gorivne celice je sklad, sestavljen iz bipolarnih plošč (z pretočnimi polji za reaktante), ki so zložene poleg membransko-elektrodnih sklopov (MEA), le-te pa sestojijo iz elektrolita (membrane) in dveh poroznih elektrod (anoda in katoda), ki sta prevlečeni s katalizatorjem. Sistemi gorivnih celic ponavadi vsebujejo tudi nekaj črpalk, ventilov, elektronike in drugih specifičnih komponent (potrebni za ravnotežje sistema) vključno z dovodom goriv, hlajenjem in energetskega upravljanjem.

V sistemu gorivnih celic se na anodno stran sklada dovaja vodik, kjer (platinski) katalizator loči vodikove negativno nabite elektrone od pozitivno nabitih protonov. Vodikovi protoni se nato premaknejo skozi membrano na katodno stran in se združijo s kisikom iz zraka in elektroni,

kjer se proizvede toplota in voda. Elektroni na anodni strani ne morejo prehajati skozi membrano in so posledično primorani potovati po zunanjem tokokrogu, da dosežejo na katodno stran celice. Nastali tok elektronov je uporaben kot električni tok.

2.4.2 HT-PEM Gorivne Celice

Območje delovanja HTPEM sistemov se začne pri temperaturah nad 120°C, večina jih deluje nad 150°C, nekateri pa preizkušeno normalno delujejo tudi pri temperaturah do 210°C. Prednosti tako povišane delovne temperature so v precej povečani toleranci do nečistoč, ki so prisotne v gorivu, kot na primer prisotnost CO v H₂, in hkrati tudi dobrodejno vpliva na samo učinkovitost gorivne celice, saj povišanje temperature povzroči tudi višjo kinetično stopnjo elektrod.

Višja delovna temperatura tudi v veliki meri zmanjša potrebo po upravljanju z vodo v sistemu, saj je vsa prisotna voda uparjena. Tako se prepreči možnost 'zalitja' in hkrati zmanjša potrebno odvajanje toplote iz sistema, kar posledično pomeni tudi manj ali manjše hladilnike oz. izmenjevalce toplote pri zasnovi sistema. Ker večina HTPEM membran ni osnovanih na vodi, potemtakem tudi ni potrebno vlažiti sistema, kar še dodatno zmanjša ceno in kompleksnost samega sistema.⁴

⁴ Povzeto po: <https://www.mebius.si/tehnologija>, dostop 21.1.2025

3 ANKETA

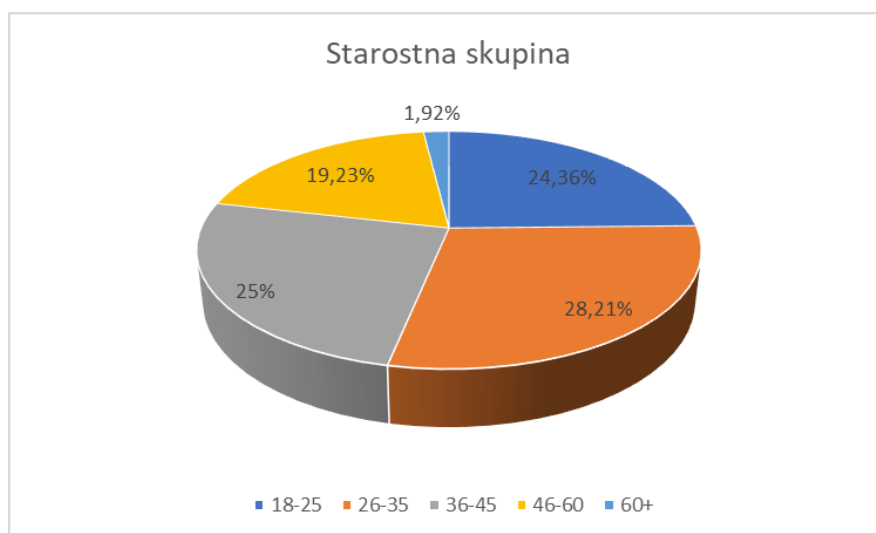
3.1 ANALIZA ANKETE

Anketo, ki je bila anonimna, smo izvedli preko spleta. Ustvarili smo jo s pomočjo orodja MS Forms. Anketo je rešilo 156 vprašanih.

Anketa je bila sestavljena iz dvanajst vprašanj. Anketo smo naslovili predvsem na ljudi, ki imajo vozniški izpit vsaj ene kategorije vozil z notranjim zgorevanjem. Vprašanja so bila zastavljena tako, da je bil nanje možen le en odgovor, katerega je anketiranec izbral iz seznama možnih odgovorov.

Vprašanje 1: Starostna skupina

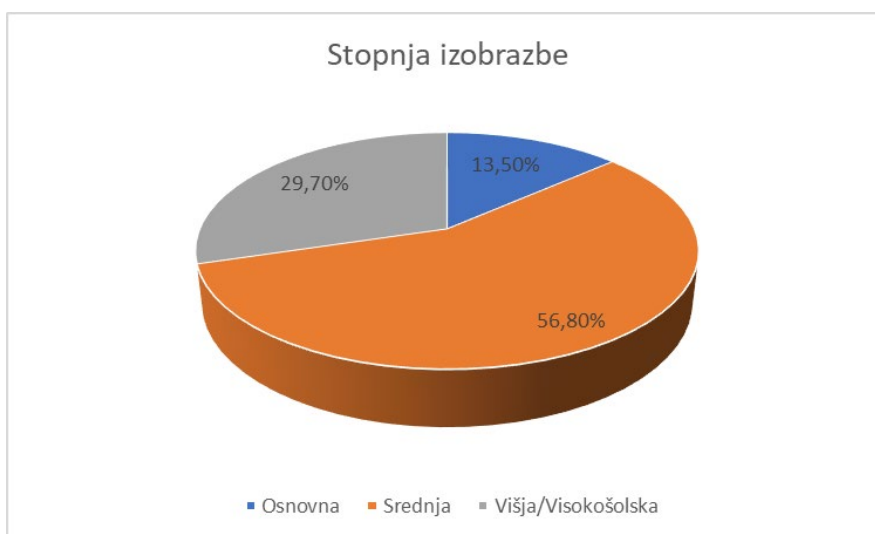
Pri prvem vprašanju ankete, nas je zanimalo, kakšna je starostna skupina anketirancev. Vsi anketiranci, bi naj bili starejši od 18 let in bi naj imeli vozniški izpit.



Grafikon 1: Predstavljeno razmerje odgovorov na prvo vprašanje ankete

Vprašanje 2: Stopnja izobrazbe

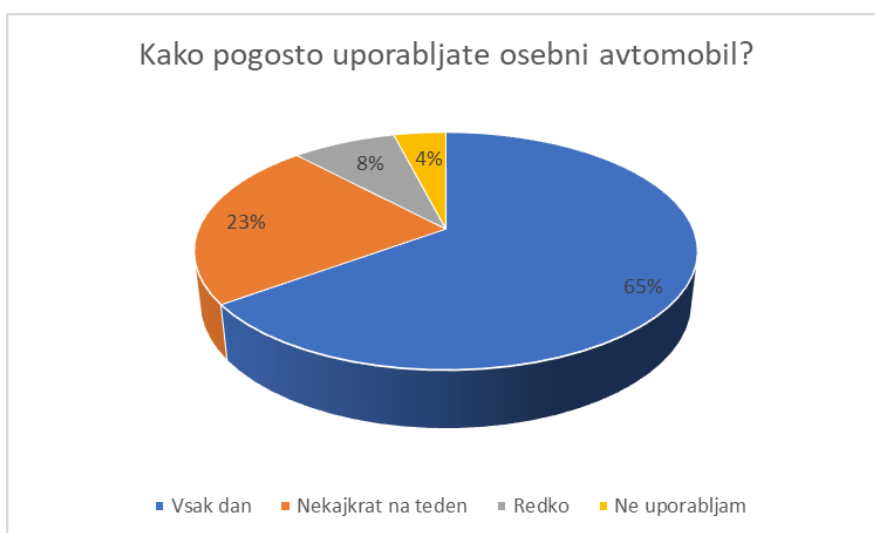
Z drugim vprašanjem ankete smo želeli izvedeti kakšna je procentualna stopnja izobrazba anketirancev saj predvidevamo, da bi večji delež višje izobraženih vprašanih predstavljal boljše poznavanje modernejših tehnologij.



Grafikon 2: Predstavljeno razmerje odgovorov na drugo vprašanje ankete

Vprašanje 3: Kako pogosto uporabljate osebni avtomobil

S tretjim vprašanjem smo želeli izvedeti kakšne so navade uporabe osebnega avtomobila naših anketirancev. Velika večina odgovorov je bila, da osebni avtomobil uporabljajo vsak dan, 23 odstotkov je bilo odgovorov, da osebni avtomobil uporabljajo nekajkrat tedensko, ostala dva odgovora sta dobila zelo malo glasov. Iz odgovorov lahko sklepamo, da so vprašani aktivni udeleženci cestnega prometa in jim je verjetno problematika, ki jo bomo spraševali z nadaljnjimi vprašanji blizu.



Grafikon 3: Predstavljeno razmerje odgovorov na tretje vprašanje

Vprašanje 4: Ste že slišali za vodik kot alternativo bencinu/dieselu?

Na vprašanje, ali so anketiranci že slišali za tehnologijo uporabe vodika kot alternative bencinskih ali dieselskim motorje, je kar 78 odstotkov vprašanih odgovorilo pritrdilo, le 22 odstotkov teh tehnologij ne pozna oz. še ni slišala za njih. Predvidevali smo, da bi bil odstotek poznavanja uporabe vodika skoraj 100 odstoten, vendar mogoče vprašani anketiranci niso najbolje razumeli vprašanja in so odgovarjali na podlagi tega ali vodik predstavlja alternativo konvencionalnim pogonom motornih vozil ali ne.



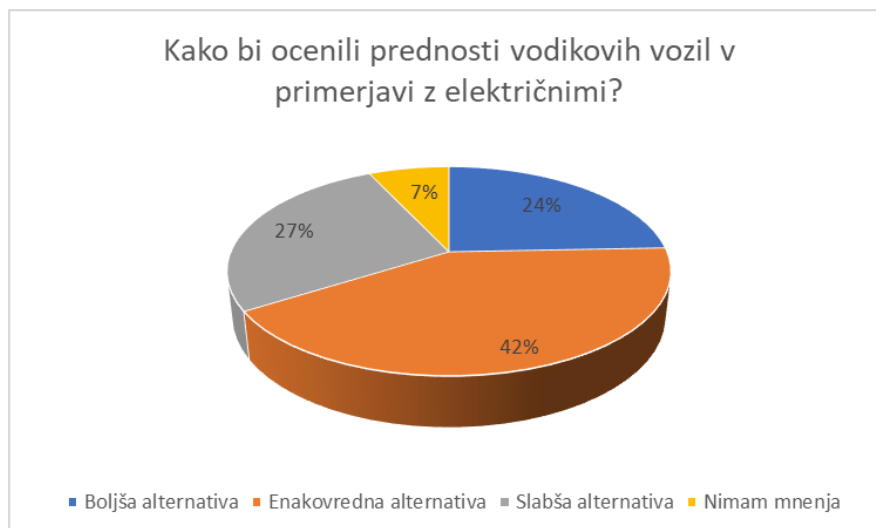
Grafikon 4: Predstavljeno razmerje odgovorov na četrto vprašanje

Vprašanje 5: Katere alternative poznate poleg klasičnih motorjev? (možnih več odgovorov)

Pri petem vprašanju ankete nas je zanimalo katere alternative poznajo ljudje poleg klasičnih motorjev z notranjim zgorevanjem. Izkazalo se je, da kar vsi vprašani prepoznajo električna vozila ter hibridna vozila kot vozila z alternativnim pogonom. Vozila na vodik in zemeljski plin pa vprašani prepoznajo kot alternativo konvencionalnemu pogonu z motorjem z notranjim zgorevanjem v 70 do 80 odstotkih. Ti podatki, nam predstavljajo, da vprašani zelo dobro poznajo alternativne pogone motornih vozil in so že vsaj slišali za njih.

Vprašanje 6: Kako bi ocenili prednosti vodikovih vozil v primerjavi z električnimi?

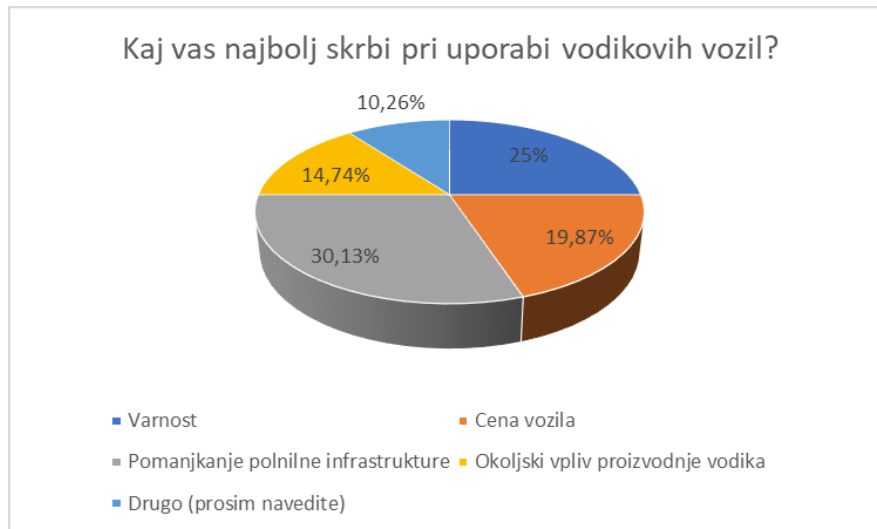
Glede na to, da je bil procent odgovorov na prejšnje vprašanje o poznavanju vodika kot alternative za fosilna goriva kar visok, je pričakovana ocena na šesto vprašanje verjetno zelo realna. Kot je iz rezultatov razvidno, večina vprašanih vidi vozila na vodikov pogon kot enakovredna alternativa električnim vozilom, saj se v avtomobilski industriji največkrat uporablja vodih za proizvodnjo elektrike z gorivnimi celicami, kar pa je v nadaljnjem postopku praktično enako kot pri električnih vozilih. Odgovora boljša in slabša alternativa sta dobila podoben odstotek glasov, vsak okoli četrtnine vprašanih. Najmanj anketirancev pa je odgovorilo, da nima posebnega mnenja o vozilih na vodik v primerjavi z električnimi vozili, ker najverjetneje tehnologije uporabe vodika v avtomobilski industriji ne poznajo.



Grafikon 5: Predstavljeno razmerje odgovorov na šesto vprašanje

Vprašanje 7: Kaj vas najbolj skrbi pri uporabi vodikovih vozil?

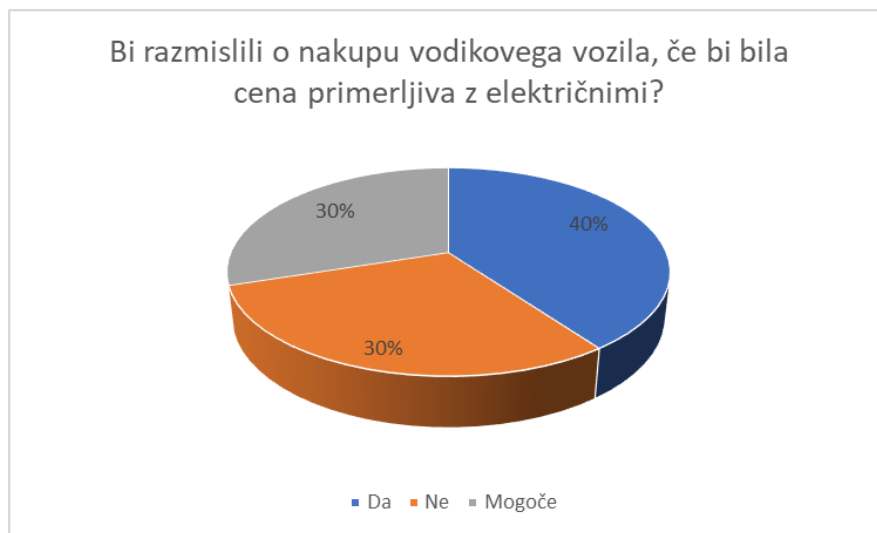
Z zadnjim vprašanjem ankete pa smo želeli izvedeti kaj ljudi najbolj skrbi pri uporabi vodika v vozilih. Največjo skrb anketirancem povzroča pomanjkanje infrastrukture in varnost, kmalu za tem pa sledi odgovor o ceni vozila.



Grafikon 6: Predstavljeno razmerje odgovorov na sedmo vprašanje

Vprašanje 8: Bi razmislili o nakupu vodikovega vozila, če bi bila cena primerljiva z električnimi?

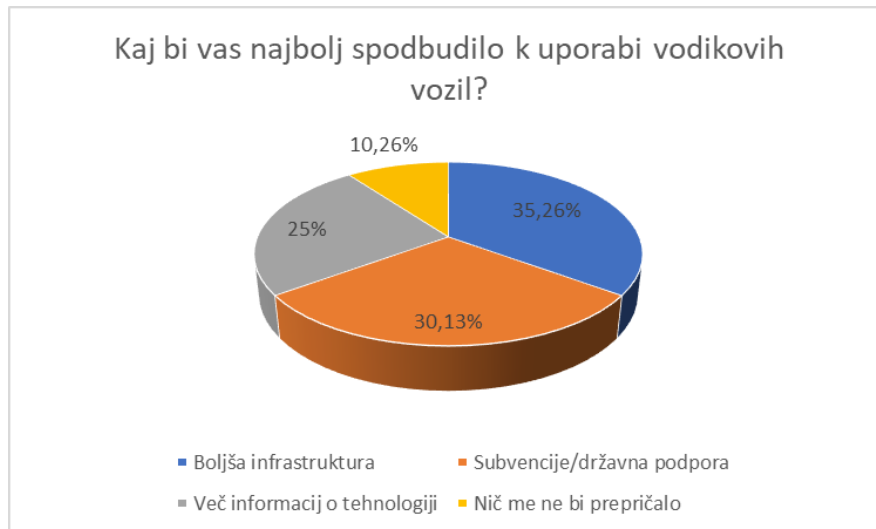
Pri vprašanju ali bi ljudje kupili vozilo na pogon z vodikom, so vsi trije odgovori dobili približno enak odstotek odgovorov. Nekaj več jih je odgovorilo, da bi vozilo na vodik kupili, če bi bila cena le tega primerljiva z električnimi vozili.



Grafikon 7: Predstavljeno razmerje odgovorov na osmo vprašanje

Vprašanje 9: Kaj bi vas najbolj spodbudilo k uporabi vodikovih vozil?

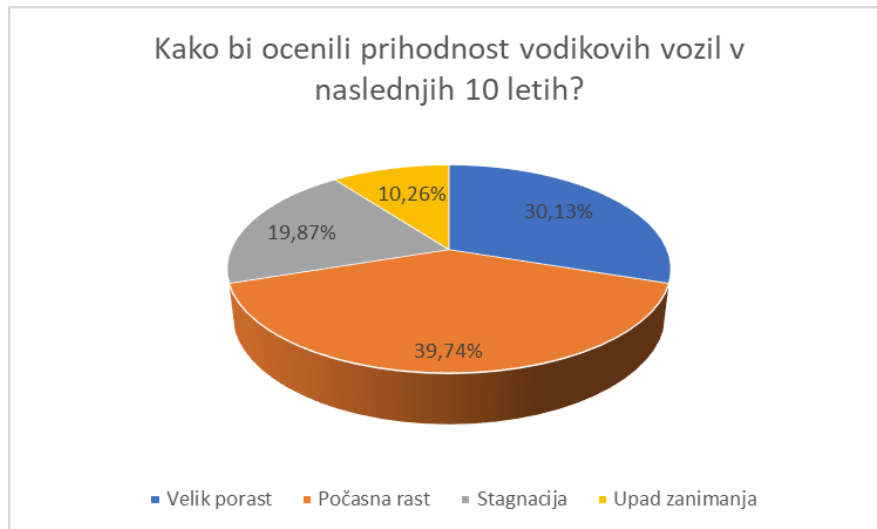
Zanimalo nas je tudi, ali bi pač s kakšno spodbudo pa vseeno kupili vozilo na pogon z vodikom. Iz rezultatov vidimo, da prevladujeta odgovora o boljši infrastrukturi in državnih subvencij za takšen nakup. Še vedno pa 10 odstotkov anketirancev ne bi prepričalo nič od naštetega za nakup takšnega vozila.



Grafikon 8: Predstavljeno razmerje odgovorov na deveto vprašanje

Vprašanje 10: Kako bi ocenili prihodnost vodikovih vozil v naslednjih 10 letih?

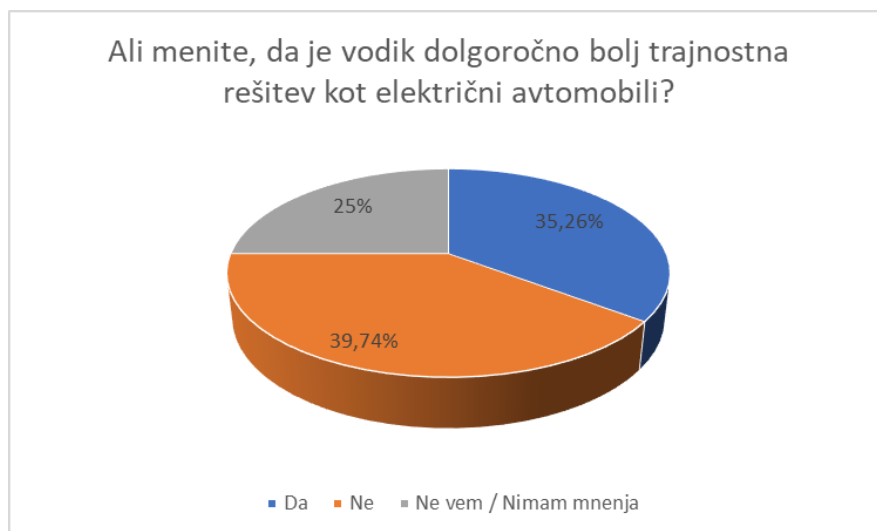
Zanimalo nas je tudi, kako anketiranci vidijo prihodnost uporabe vozil na vodik. Skoraj 40 odstotkov vprašanih je odgovorilo, da predvidevajo, da bo rast uporabe vozil z vodikovim pogonom počasna, medtem ko približno 30 odstotkov vprašanih meni, da bo velik porast v uporabi teh vozil.



Grafikon 9: Predstavljeno razmerje odgovorov na deseto vprašanje

Vprašanje 11: Ali menite, da je vodik dolgoročno bolj trajnostna rešitev kot električni avtomobili?

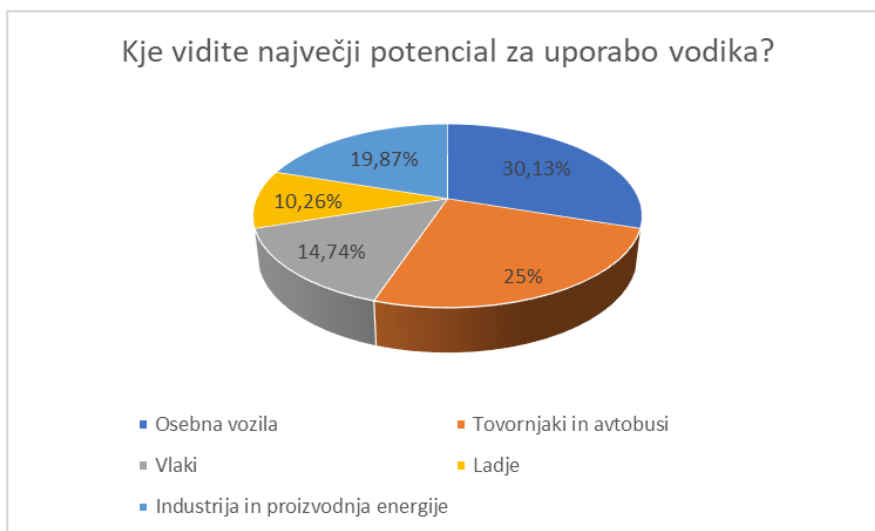
Zanimalo nas je tudi, kako anketiranci vidijo prihodnost uporabe vozil na vodik. Skoraj 40 odstotkov vprašanih je odgovorilo, da predvidevajo, da bo rast uporabe vozil z vodikovim pogonom počasna, medtem ko približno 30 odstotkov vprašanih meni, da bo velik porast v uporabi teh vozil.



Grafikon 10: Predstavljeno razmerje odgovorov na enajsto vprašanje

Vprašanje 12: Kje vidite največji potencial za uporabo vodika? (možno več odgovorov)

Nazadnje smo jih vprašali kje vidijo največji potencial za uporabi vodika in odgovori so bili še največ nekje 30 odstotkov za osebna vozila, nekaj manj pa za tovornjake in avtobuse. Torej še vedno je večina odgovorov pripadla prometu po cestah, kjer prevladujejo vozila z konvencionalnim pogonom na motor z notranjim zgorevanjem



Grafikon 11: Predstavljeno razmerje odgovorov na dvanajsto vprašanje

4 VOZILA, KI ZA POGON UPORABLJAJO VODIK

4.1 VOZILA Z MOTORJI, Z DIREKTNIM ZGOREVANJEM VODIKA (H₂ICE)

Motorji z direktnim zgorevanjem vodika (ali vodikovi motorji) delujejo na podoben način kot običajni motorji z notranjim zgorevanjem, vendar namesto fosilnih goriv uporabljajo vodik kot gorivo. Takšni motorji omogočajo neposredno zgorevanje vodika za proizvodnjo moči, pri čemer nastajata le voda in toplota, kar omogoča zelo čiste emisije. Raziskali bomo osnovno delovanje teh motorjev, njihove prednosti, izzive in morebitne aplikacije.

4.1.1 Osnovno delovanje motorja z direktnim zgorevanjem vodika

Motorji z direktnim zgorevanjem vodika delujejo na osnovi naslednjih osnovnih korakov:

- Vnos vodika: Vodik se shranjuje v visokotlačnih rezervoarjih in se nato dovaja v motor, kjer se meša z zrakom (kisikom) v ustreznem razmerju za zgorevanje. Vstopa v valje motorja.
- Zgorevanje vodika: Vodik se v notranjosti motorja zgoreva v prisotnosti kisika, pri čemer nastaja velika količina toplote. Zgorevanje poteka v valjih, ki so običajno zasnovani tako, da se vodik zrak vbrizgava pod visokim tlakom in se nato vname v zgorevalni komori.
- Izpust: Kot stranski produkt zgorevanja vodika nastajata le voda (v obliki vodne pare) in toplota. To pomeni, da motorji na vodik proizvajajo zelo majhne količine onesnaževal, če sploh, in skorajda nobenih emisij ogljikovega dioksida (CO₂).

4.1.2 Prednosti motorjev z direktnim zgorevanjem vodika

- Čistost emisij: Glavna prednost teh motorjev je, da pri zgorevanju vodika nastajata samo voda in toplota. To omogoča skoraj ničelne emisije škodljivih plinov, kot so ogljikov dioksid (CO₂), dušikov oksid (NO_x) in trdni delci.

- Visoka energijska gostota: Vodik ima relativno visoko energijsko gostoto na kilogram (33,6 kWh/kg), čeprav ima nizko gostoto na volumen. To pomeni, da lahko motorji na vodik z eno polnitvijo dosežejo relativno dolgo avtonomijo.
- Zmanjšanje odvisnosti od fosilnih goriv: Uporaba vodika kot goriva pomeni manjšo odvisnost od fosilnih virov energije (nafta, zemeljski plin), kar zmanjšuje vpliv na okolje in povečuje energetska varnost.
- Hitro polnjenje: V primerjavi z baterijami v električnih vozilih je polnjenje rezervoarja za vodik hitro (ponavadi v nekaj minutah), kar omogoča daljše poti brez dolgotrajnih postankov za polnjenje.

4.1.3 Izzivi in omejitve motorjev z direktnim zgorevanjem vodika

- Učinkovitost: Motorji z notranjim zgorevanjem, ki uporabljajo vodik, so običajno manj učinkoviti od tistih, ki uporabljajo vodik v gorivnih celicah, kjer vodik reagira s kisikom v elektrokemijskem procesu. Zgorevanje vodika v motorjih z notranjim zgorevanjem vključuje več izgub, predvsem zaradi toplote, ki se sprosti in ni optimalno izkoriščena.
- Shranjevanje vodika: Vodik je zelo lahek plin z nizko gostoto, zato je njegovo shranjevanje in transport izziv. Za učinkovito shranjevanje je potreben visok tlak (v visokotlačnih rezervoarjih) ali pa zelo nizke temperature (tekoči vodik), kar zahteva veliko energije in dodatno infrastrukturo.
- Zgorevanje vodika v motorjih: Vsebnost vodika v zgorevalni komori in hitrost zgorevanja lahko povzročita težave pri delovanju motorja. Zgorevanje vodika ima specifične lastnosti, kot je visok temperaturni razpon in različna hitrost vžiga, kar lahko privede do pojavov, kot so prekomerno taljenje komponent motorja ali težave z nadzorom emisij.
- Proizvodnja vodika: samo pridobivanje vodika lahko povzroči emisije, če ni narejeno z uporabo obnovljivih virov (npr. elektroza). Velika večina komercialno proizvedenega vodika trenutno izhaja iz fosilnih goriv (prek reformiranja metana), kar pomeni, da v primeru neobnovljive proizvodnje vodika še vedno prispevamo k onesnaževanju.
- Ni popolnoma brez emisij – proizvaja NO_x (dušikove okside)
- Manjša učinkovitost – zgorevanje vodika ima večje toplotne izgube
- Večja poraba vodika – v primerjavi z gorivno celico

4.1.4 Primeri vozil in proizvajalcev vozil z direktnim zgorevanjem vodika

Tovornjaki in gospodarska vozila:

- Toyota: Prototipi z vodikovim motorjem
- Volvo Trucks: Razvijajo vodikove tovornjake s H₂ ICE
- MAN & Scania (Volkswagen Group): Razvoj H₂ ICE tovornjakov
- JCB: Vodikovi motorji za gradbene stroje (bagri, nakladalci)

Osebna vozila:

- Toyota GR Corolla H₂: Prototip športnega avtomobila s 3-valjnim motorjem na vodik
- Mazda RX-8 Hydrogen RE: Rotary motor na vodik s posredno vbrizganim in direktnim vbrizgom

4.2 VOZILA NA GORIVNE CELICE (FCEV)

Vozila z gorivnimi celicami so ena izmed najbolj obetavnih rešitev za prihodnost trajnostnega transporta. Namesto tradicionalnih motorjev, ki uporabljajo fosilna goriva, ta vozila uporabljajo vodik kot vir energije. Gorivne celice so naprave, ki pretvarjajo kemijsko energijo vodika v električno energijo preko elektrokemične reakcije z kisikom iz zraka. Ta proces ne vključuje zgorevanja, temveč proizvede elektriko, ki poganja motor vozila, pri čemer so edini stranski produkti vode in toplota, kar pomeni skoraj ničelne emisije škodljivih snovi, kot so ogljikov dioksid (CO₂) ali dušikovi oksidi (NO_x).

Gorivne celice predstavljajo pomemben korak k zmanjšanju emisij iz prometa, saj omogočajo dolge dosege brez uporabe škodljivih fosilnih goriv. Vodik, ki se uporablja v teh celicah, je lahko proizveden iz različnih virov, tudi iz obnovljivih, kar povečuje potencial za trajnostno mobilnost.

Vodikove gorivne celice ponujajo prednosti, kot so hitrejša polnjenja v primerjavi z baterijskimi električnimi vozili in daljši doseg. Vendar pa je trenutno infrastruktura za polnjenje vodika omejena, kar vpliva na širšo uporabo teh vozil. Kljub temu številni proizvajalci vlagajo v razvoj te tehnologije kot del prehoda k trajnostni mobilnosti.

Pogon z gorivno celico uporablja vodikove gorivne celice za proizvodnjo električne energije, ki nato poganja elektromotor. V gorivni celici vodik reagira s kisikom, pri čemer nastaja električna energija, toplota in voda kot edini stranski produkt.

Prednosti:

- Visoka energetska učinkovitost (50–60 %)
- Čiste emisije – izpušča samo vodno paro
- Tiho delovanje – podobno kot baterijski električni avtomobili
- Daljši doseg kot baterijski EV
- Hitro polnjenje (3–5 minut)

Slabosti:

- Draga tehnologija – proizvodnja gorivnih celic je zapletena
- Odvisnost od redkih materialov (platina, titan)
- Občutljivost na temperaturo – slabša učinkovitost v ekstremnem mrazu
Zahteva vodikovo infrastrukturo – malo polnilnic

Primeri vozil s FCEV pogonom:

- Toyota Mirai



Slika 3: Toyota Mirai

Vir: Global.toyota

- Hyundai Nexo



Slika 4: Hyundai Nexo

Vir: Kbb.com

- Honda Clarity Fuel Cell



Slika 5: Honda Clarity

Vir: Netcarshow.com

- BMW iX5 Hydrogen



Slika 6: BMW iX5 hydrogen

Vir: Bmwusa.com

4.3 PRIMERJAVA VOZIL IN TEHNOLOGIJE POGONOV H₂ ICE IN FCEV

Tabela1 : Primerjava FCEV in H₂ ICE

	FCEV	H ₂ ICE
Lastnost	Gorivna celica (FCEV)	Direktno zgorevanje vodika (H ₂ ICE)
Izpusti	Samo vodna para (0 emisij CO ₂)	NO _x (dušikovi oksidi), manj CO ₂ kot pri bencinu
Učinkovitost	50–60 % (zelo visoka)	30–40 % (nižja zaradi toplotnih izgub)
Moč in odzivnost	Zelo gladka in tiha vožnja	Večja moč in klasičen zvok motorja
Polnjenje	3–5 minut (kot pri klasičnem gorivu)	3–5 minut
Doseg	500–700 km	400–600 km
Kompleksnost	Potrebna draga gorivna celica in baterija	Uporablja obstoječo motorno tehnologijo
Vzdrževanje	Manj mehanskih delov, manjše vzdrževanje	Podobno kot klasični motorji, več gibljivih delov
Uporaba	Osebni avtomobili, avtobusi, tovornjaki	Tovornjaki, športni avtomobili, gradbena mehanizacija

FCEV (gorivne celice) so čistejše in bolj učinkovite, a dražje in zahtevajo posebno infrastrukturo. So idealne za osebna in tovorna vozila na dolge razdalje.

H₂ ICE (direktno zgorevanje vodika) je bolj robusten in lažje uvedljiv, saj uporablja obstoječe motorje, vendar ima manjšo učinkovitost in nekatere emisije. Primeren je za težke tovornjake, gradbene stroje in športne avtomobile.

4.4 PRIMERJAVA STROŠKOV NAKUPA IN UPORABE BATERIJSKIH VOZIL IN VOZIL S POGONOM NA GORIVNO CELICO (FCEV) TER KONVENCIONALNIM POGONOM NA NEOSVINČEN BENCIN

Za primerjavo smo si izbrali dva vozila, ki sta si podobna in sta od istega proizvajalca. Izbrali smo vozilo Hyundai Nexo FCEV in Hyundai Kona electric. Osredotočili bi se na nakupno ceno vozila in stroškov polnjenja oz. uporabe vozila v povprečni dobi dveh let, po predpostavko, da letno prevozimo z avtomobilom okoli 30000 km.

Tabela 2: Primerjava vozila Hyundai NEXO FCEV in Hyundai KONA electric ter KONA bencin

	Hyundai NEXO FCEV	Hyundai Kona electric	Hyundai Kona bencin
Nakupna cena	Okoli 65.000 €	Cena osnovnega modela okoli 35.000 €	Cena osnovnega modela okoli 26.000 €
Izpusti	Samo vodna para (0 emisij CO ₂)	0 emisij	CO ₂ , CO, NO _x itd...
Polnjenje	3–5 minut (kot pri klasičnem gorivu)	Hitro DC polnjenje do 80% cca 41 min Klasično AC polnjenje okoli 8 h	3-5 min
Doseg	650–700 km po WLTP	454–514 km po WLTP	700-750 km
Kompleksnost	Potrebna draga gorivna celica in baterija	Uporablja baterijo in elektromotor	Uporablja klasičen bencinski motor
Poraba na 100 km	0.95 kg	16,6 kWh	7,2 l
Strošek porabe vozila v obdobju dveh let (letno 30000km)	4.845,00 €	1.173,75 €	6.912,00 €

4.5 INFRASTRUKTURA POLNILNIC ZA VOZILA NA VODIK IN VOZILA NA ELEKTRIČNI POGON V SLOVENIJI IN V NEMČIJI

V Sloveniji imamo samo eno polnilno postajo za vozila na vodik in sicer v Lescah. V Evropi se število polnilnih postaj za vozila na vodik povečuje, vendar so podatki o njihovem številu in porazdelitvi po državah omejeni. Evropska unija si prizadeva za razvoj infrastrukture za alternativna goriva, vključno s polnilnicami za vodik. Po novi uredbi bodo morale biti polnilne postaje za vodik ob omrežju TEN-T postavljene na vsakih 200 kilometrov do leta 2031.

Po podatkih spletnega portala H2stations.org je bilo do konca leta 2024 po vsem svetu v uporabi 1.160 polnilnic za vodik. Od tega jih je bilo v Evropi 294, pri čemer je Nemčija s 113 polnilnicami vodilna država na celini. V Nemčiji je bilo do leta 2019 v javni rabi 91 polnilnic za vodik. V letu 2024 se je število povečalo na 113, kar kaže na nadaljnji razvoj infrastrukture za vodikova vozila v državi.

V Sloveniji je število polnilnic za električna vozila v porastu. Podatki o točnem številu se lahko spreminjajo, vendar je v Sloveniji registriranih okoli 300 javnih polnilnic. V Nemčiji je infrastruktura za polnjenje električnih vozil zelo razvita. Po podatkih z januarja 2023 je bilo v Nemčiji 67.288 normalladepunktov (počasnih polnilnic) in 13.253 schnellladepunktov (hitrih polnilnic), ki so bili registrirani pri zvezni agenciji za omrežje (Bundesnetzagentur) kot javno dostopni.

Če to pretvorimo v število polnilnic na prebivalca države, dobimo naslednje rezultate:

- Slovenija: približno 0.00014 polnilnice na prebivalca.
- Nemčija: približno 0.00097 polnilnice na prebivalca.

Iz tega lahko vidimo, da je v Nemčiji tehnologija uporabe vodika veliko bolj razvita, saj imajo po pridobljenih podatkih kar 7x bolj razvito infrastrukturo glede na število prebivalcev oz. potencialnih uporabnikov osebnih vozil.



Slika 7: Polnilna postaja za vozila na vodik v Lescah

Vir: Petrol.si

5 RAZPRAVA

V zadnjem času se veliko piše in govori o pomembnosti vodika, kot alternativni za baterijska vozila. V tej raziskovalni nalogi smo želeli raziskati trenutno stanje uporabe in pridobivanja uporabe vodika za pogon vozil v Sloveniji in po Evropi. Naredili smo tudi anketo s katero smo želeli preveriti mnenja udeležencev v cestnem prometu, torej voznike vozil, o uporabi vodika za pogon vozil. Ugotovili smo, da je uporaba vodika pri nas še razmeroma slabo razvita. Pridobivanje vodika je že dobro razvito, skladiščenje tudi, sama uporaba za pogon vozil pa še ni množično uporabljena. To je najverjetneje zaradi dejstva, ker se ljudje bojijo uporabljati vodik, saj jih je strah posledic uhajanja ali gorenja vodika. Drugo dejstvo je tudi, da v Sloveniji nimamo razvite infrastrukture za polnjenje vozil na vodik, saj imamo v Sloveniji le eno takšno polnilnico. Hkrati pa ugotavljamo, da so stroški polnjenja sicer manjši od vozil na klasičen pogon z bencinom, vendar še vedno veliko večji od polnjenja baterijskih vozil. Če upoštevamo, da imajo PHEV vozila vgrajeno tudi enako baterijo sicer manjših kapacitet, kot baterijska vozila, pa ugotavljamo, da je smotnost uporabe vodikove celice mala.

5.1 OVREDNOTENJE HIPOTEZ

Hipoteza 1: Uporaba vozila na vodik je cenejša, kot uporaba vozila z notranjim zgorevanjem.

Prvo hipotezo lahko potrdimo, saj je razvidno iz primerjalne tabele, da je strošek goriva pri uporabi klasičnega bencinskega motorja večji, kot pa bi bila cena porabljenega vodika v enaki količini prevoženih kilometrov. Se pa zna cena vzdrževanja razlikovati, saj so gorivne celice praviloma drage in težje dostopne kot rezervni deli klasičnih bencinskih motorjev.

Hipoteza 2: Uporaba baterijskega vozila predstavlja najcenejšo alternativo vozilom s klasičnim motorjem z notranjim zgorevanjem.

To hipotezo lahko skoraj v celoti potrdimo. V primerjalni tabeli izstopa po vseh parametrih glede porabljenega denarja za prevožene kilometre ob dejstvu, da ima baterijsko vozilo ničelne izpuste v okolje med uporabo.

Hipoteza 3: Uporabniki vozil dobro poznajo alternativne pogone vozil in bi z veseljem izbrali nakup vozila z alternativnim pogonom.

To hipotezo lahko potrdimo, saj je skoraj 80 odstotkov vprašanih odgovorilo, da dobro poznajo alternativne pogone vozil, hkrati pa se tudi zavedajo pomembnosti uporabe alternativnih pogonov za ohranjanje čistosti zraka in s tem pripomorejo k boljšemu in čistejšemu okolju.

6 ZAKLJUČEK

Trenutno trg vozil z alternativnimi pogoni prevzemajo baterijska vozila, vendar je tudi nekaj dodatnih opcij alternativnih pogonov. Trenutno najbolj razvpit pogon predstavlja pogon z vodikom, ki pa še ima veliko slabosti in negativnih dejstev, da bi lahko konkuriral smotrnosti uporabe baterijskih vozil. Predvidevamo, da bodo v prihodnosti podjetja razvijala tehnologije uporabe vodika, kot tudi tehnologije uporabe baterijskega vozila, zato smatramo, da bodo trg vozil nadomestila pretežno vozila s pogonom na alternativni pogon. Kaj se bo pa izkazalo za najboljšo opcijo bodo pa posamezniki, torej kupci presodili najverjetneje sami. Verjamemo, da se kupci v osnovnih pogojih odločajo za nakup vozila s stališča cene in stroškov uporabe, ampak se verjetno večji odstotek ljudi odloči za nakup vozila z alternativnim pogonom zaradi zavedanja o skrbi za okolje. Zato predvidevamo, da primata v alternativnih pogonih ne bi pripisali točno določenemu tipu alternativnega pogona, ampak predvidevamo, da bo ponudba zelo raznolika, vsak posameznik pa bo lahko izbral med možnostmi, ki so mu najbolj primerne.

7 VIRI IN LITERATURA

1. MOTORNO vozilo. 29. prenovljena izd., 1. natis. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije. 2011.
2. VODIK. [Online]. [Citirano 21. jan. 2025; 20.21]. Dostopno na spletnem naslovu: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Vodik>
3. PRIDOBIVANJE VODIKA IN SHRANJEVANJE VODIKA. [Online]. [Citirano 21. jan. 2025; 20.48]. Dostopno na spletnem naslovu: https://lrtme.fe.uni-lj.si/lrtme/slo/mate_tehn/Vodik_proizv_sklad.pdf
4. SLIKA 1 – OBIČAJNI ATOM VODIKA. [Online]. Dostopno na spletnem naslovu: <https://megahydrate.si/vodik-nas-vsakdanji/>
5. SLIKA 2 – GORIVNA CELICA. [Online]. Dostopno na spletnem naslovu: <https://www.mebius.si/tehnologija>
6. SLIKA 3 – TOYOTA MIRAI. [Online]. Dostopno na spletnem naslovu: <https://global.toyota/en/newsroom/toyota/33558148.html/>
7. SLIKA 4 – HYUNDAI NEXO. [Online]. Dostopno na spletnem naslovu: <https://www.kbb.com/hyundai/nexo/2022/>
8. SLIKA 5 – HONDA CLARITY. [Online]. Dostopno na spletnem naslovu: https://www.netcarshow.com/honda/2018-clarity_plug-in_hybrid/
9. SLIKA 6 – BMW IX5 HYDROGEN. [Online]. Dostopno na spletnem naslovu: <https://www.bmwusa.com/ix5-hydrogen.html>
10. SLIKA 7 – POLNILNA POSTAJA LESCE. [Online]. Dostopno na spletnem naslovu: <https://www.petrol.si/znanje-in-podpora/1/clanki/prva-vodikova-polnilnica.html>

8 PRILOGE

8.1 PRILOGA 1: ANKETA

1. Starostna skupina:
 - 18-25
 - 26-35
 - 36-45
 - 46-60
 - 60+

2. Stopnja izobrazbe:
 - Osnovna
 - Srednja
 - Višja/Visokošolska

3. Kako pogosto uporabljate osebni avtomobil?
 - Vsak dan
 - Nekajkrat na teden
 - Redko
 - Ne uporabljam

4. Ste že slišali za vodik kot alternativo bencinu/dizlu?
 - Da
 - Ne

5. Katere alternative poznate poleg klasičnih motorjev? (možnih več odgovorov)
 - Električna vozila
 - Hibridna vozila
 - Plinska vozila (CNG, LPG)
 - Vodikova vozila

6. Kako bi ocenili prednosti vodikovih vozil v primerjavi z električnimi?
 - Boljša alternativa
 - Enakovredna alternativa
 - Slabša alternativa
 - Nimam mnenja

7. Kaj vas najbolj skrbi pri uporabi vodikovih vozil?
 - Varnost
 - Cena vozila
 - Pomanjkanje polnilne infrastrukture
 - Okoljski vpliv proizvodnje vodika
 - Drugo (prosim navedite)

8. Bi razmislili o nakupu vodikovega vozila, če bi bila cena primerljiva z električnimi?

- Da
 - Ne
 - Mogoče
9. Kaj bi vas najbolj spodbudilo k uporabi vodikovih vozil?
- Boljša infrastruktura
 - Subvencije/državna podpora
 - Več informacij o tehnologiji
 - Nič me ne bi prepričalo
10. Kako bi ocenili prihodnost vodikovih vozil v naslednjih 10 letih?
- Velik porast
 - Počasna rast
 - Stagnacija
 - Upad zanimanja
11. Ali menite, da je vodik dolgoročno bolj trajnostna rešitev kot električni avtomobili?
- Da
 - Ne
 - Ne vem / Nimam mnenja
12. Kje vidite največji potencial za uporabo vodika? (možno več odgovorov)
- Osebna vozila
 - Tovornjaki in avtobusi
 - Vlaki
 - Ladje
 - Industrija in proizvodnja energije