

Gorivne celice in vodik v osebnih vozilih

PODROČJE: TEHNIKA ali TEHNOLOGIJA

RAZISKOVALNA NALOGA

RAZISKOVALEC: NEJC ZALOKAR

9. razred

MENTOR: IGOR PREŠERN

OŠ RIHARDA JAKOPIČA

LJUBLJANA, MAREC 2022

KAZALO VSEBINE

KAZALO VSEBINE	2
KAZALO SLIK	3
KAZALO GRAFOV	4
KAZALO TABEL	4
1 UVOD	7
2 TEORETIČNI DEL.....	8
2.1 Element vodik.....	8
2.2 Vodik kot gorivo	8
2.3 Prednosti in slabosti	8
2.4 Pridobivanje vodika	9
2.5 Uporaba vodika	9
2.6 Vozilo na vodik	12
2.7 Varnost vodika v avtomobilu.....	16
2.8 Polnilne postaje	17
2.9 Vrste gorivnih celic in izkoristek.....	20
2.10 Delovanje gorivne celice v povezavi z avtomobilom	20
2.11 Primerjava cene goriv.....	23
2.12 Zgodovina	24
2.13 Zanimivosti	25
3 Eksperimentalni del.....	26
3.1 Raziskovalna vprašanja in hipoteze.....	26
3.2 Metoda	27
3.3 Opis eksperimenta	27
3.5 Meritve	33
3.6 Ugotovitve	37
3.7 Potrjevanje hipotez	38
4 Zaključek.....	40
5 Viri in literatura	41

KAZALO SLIK

Slika 1: proces elektrolize	9
Slika 2: letalo podjetja Pipistel	10
Slika 3: letalo na vodik.....	10
Slika 4: avtomobil Colorado ZH2	11
Slika 5: raketa	11
Slika 6: križarka na vodik	12
Slika 7: Toyota Mirai	12
Slika 8: BMW IX5 Hydrogen 2022.....	13
Slika 9: Mercedes-benz GLC f-cell	13
Slika 10: Hyundai NEXO	14
Slika 11: Audi h-tron quattro.....	14
Slika 12: Audi A7 Sportback h-tron quattro	15
Slika 13: Honda Clarity.....	15
Slika 14: prikaz vodikovih polnilnic v Evropi.....	17
Slika 15: prikaz lokacij vodikovih polnilnic v Evropi	18
Slika 16: legenda za prikaz zgornjega zemljevida.....	18
Slika 17: vodikova polnilnica na območju Salonita Anhovo	19
Slika 18: vodikova polnilnica v Gradcu	19
Slika 19: tank za shranjevanje vodika v avtomobilu.....	20
Slika 20: pot vodika skozi avto	20
Slika 21: vstop vodika in kisika v gorivno celico	21
Slika 22: reakcija med vodikom in kisikom.....	21
Slika 23: poraba elektrike v avtomobilu	22
Slika 24: izpust iz gorivne celice	22
Slika 27: vodikova celica	27
Slika 28: tank za vodo	28
Slika 29: ogrodje avtomobila.....	28
Slika 30: sestavljen avtomobil	29
Slika 31: tank napolnjen z vodo.....	29
Slika 32: črpanje vode.....	30
Slika 33: črpanje vodika	30
Slika 34: pripravljen avtomobil za vožnjo	31

KAZALO GRAFOV

Graf 1: prevoženi km avtomobilov z enim polnjenjem	16
Graf 2: cene goriv v EUR na 100km	23
Graf 3: uporaba goriv danes.....	33
Graf 4: goriva prihodnosti	34
Graf 5: poznanost vodikovega pogona.....	35
Graf 6: uporabljanje vodika po svetu	35
Graf 7: primerjava emisij z naftnimi gorivi.....	36

KAZALO TABEL

Tabela 1: prednosti in slabosti.....	9
Tabela 2: prikaz števila vodikovih polnilnic v svetu	17

Povzetek

Vodik je nam najbolj poznan kot plin, ki sestavlja molekulo vode, marsikdo pa ne ve, da je poleg tega uporaben tudi za proizvodnjo električne energije. Danes so vozila na vodik pri nas večinoma še v razvoju, ponekod po svetu pa že predstavljajo delež vsakodnevnih avtomobilov.

V svoji raziskovalni nalogi sem predstavil vodik kot gorivo. Opisal sem nekaj njegovih osnovnih značilnosti, ga primerjal z ostalimi gorivi, kot so elektrika, dizel, bencin ..., poiskal mesta po svetu, kjer se ga že uporablja. Pomembnejši del v moji raziskovalni nalogi pa je predstavitev avtomobilov na vodik in njihovega delovanja.

Svoj eksperimentalni del sem razdelil na dva dela. Prvi je vseboval poskus z demonstracijskim modelom avtomobila, kateremu sem nato izmeril njegove tehnične lastnosti. Sam avtomobil je deloval tako, da je vodik pridobival iz vode ter ga nato pretvoril v elektriko za pogon. V drugem delu pa sem med učenci osmih in devetih razredov izvedel anketo, s katero sem ugotavljal, kako dobro poznajo goriva, ki jih uporabljamo danes, kako dobro poznajo vodik kot gorivo ter izvedel njihova mnenja o gorivu prihodnosti. Tako sem ugotovil, da vodik kot gorivo ne poznajo ravno najboljše, večina pa meni, da se bo v prihodnosti za pogon uporabljala predvsem elektrika.

Ključne besede

Vodik, gorivo, vodikova gorivna celica, avtomobili na vodik.

Zahvala

Za uspešno narejeno raziskovalno nalogo se zahvaljujem svojemu mentorju Igorju Prešernu, ki me je vodil in usmerjal pri nastanku naloge ter mi pomagal pridobiti številne članke o avtomobilih na vodik, ki sem jih lahko uporabil v moji nalogi. Prav tako mi je posodil demonstracijski model avtomobila na vodik, s katerim sem se lahko na lastne oči prepričal, da tovrstni avtomobili zares obstajajo.

1 UVOD

Dandanes vodik pri nas še ni ravno poznan vir energije, kot je že v nekaterih večjih azijskih državah. O vodiku kot gorivo sem prvič slišal že nekaj let nazaj, to leto pa sem se odločil, da bi o njem rad izvedel še nekoliko več, saj gre za čisti vir energije, s katerim avtomobili v okolje ne oddajajo škodljivih emisij, zato sem se odločil za raziskovalno nalogo o vodiku in njegovi uporabnosti v svetu avtomobilov.

Moja raziskovalna naloga je sestavljena iz dveh delov. V prvem teoretičnem delu predstavim vodikove osnovne značilnosti, njegovo uporabnost, njegove prednosti ter slabosti in ga primerjam z današnjimi gorivi. V drugem eksperimentalnem delu pa sem izvedel poskus z manjšim modelom vodikovega avtomobila ter anketo, s katero sem želel preveriti znanje mojih sovrstnikov glede uporabe različnih goriv danes ter v prihodnosti.

Pred začetkom pa sem si zadal še nekaj hipotez:

1. Vodik je gorivo prihodnosti.
2. Avtomobil na vodikov pogon obstaja in se jih danes že uporablja.
3. Avtomobili na vodik so bolj prijazni okolju kot avtomobili na pogon na naftne derivate.
4. Moji vrstniki v večini vedo katera goriva uporabljamo danes.
5. Moji sovrstniki so že slišali za vodikov avtomobil.

2 TEORETIČNI DEL

2.1 Element vodik

Vodik je kemični element s simbolom H. Je najlažji element v periodnem sistemu, hkrati pa ena najpogostejših snovi v vesolju.

Značilnosti vodika v vsakdanjem življenju:

1. Je v plinastem stanju.
2. Brezbarven.
3. Hitro vnetljiv.
4. Nestrupen.
5. Brez vonja in okusa.

Ker pa se večino nekovinskih elementov zlahka tvori kovalentne vezi, pa je na zemlji večino vodika vezanega v molekule vode ter v organske spojine.

2.2 Vodik kot gorivo

Vodik je čisto gorivo, ki pri porabi v gorilnih celicah proizvaja le vodo. Vodik pridobivamo iz različnih neobnovljivih in obnovljivih virov in prav zaradi teh je zelo privlačen za uporabo v transportu (pogon avtomobilov, v hišah ...).

2.3 Prednosti in slabosti

Prednosti:

1. Je obnovljiv vir energije.
2. Njegove zaloge so neomejene.
3. Ni strupen.
4. Gorivne celice delujejo z dva do trikrat večjim izkoristkom pri pretvarjanju kemične energije v električno (presega 60 %).
5. Imajo manj oziroma celo nič emisij (oddajajo le vodo).
6. Zaradi svoje sestave so zelo tihe.
7. V primerjavi z električnimi avtomobili z baterijami se njihov dolet v zelo nizkih temperaturah ne spremeni.

Slabosti:

1. Nevarnost eksplozije v slabo zračenih prostorih.
2. Vodik izgoreva s svetlomodrim plamenom, ki je na dnevni svetlobi skoraj neopazen.
3. V naravi ni neposredno dostopen.
4. Molekule vodika so zelo majhne.
5. Danes ga 99 % pridobijo iz neobnovljivih virov kot sta metan, premog ...

PREDNOSTI Brez škodljivih emisij	PRILOŽNOSTI Pridobivanje iz obnovljivih virov
SLABOSTI Pridobivanje iz neobnovljivih virov	NEVARNOSTI Vnetljivost

Tabela 1: prednosti in slabosti

2.4 Pridobivanje vodika

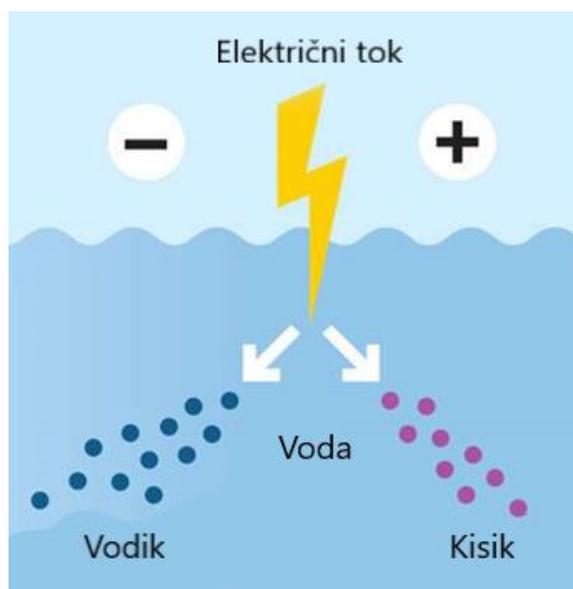
Najpogostejše pridobivanje vodika sta iz zemeljskega plina (termični proces) ter s pomočjo elektrolize. Obstaja pa še mnogo drugih metod kot na primer s soncem ter določenimi biološki procesi.

Toplotni procesi:

Dandanes najbolj uporabna metoda za pridobivanje vodika, saj se uporablja v približno 95 % vsega pridobljenega vodika. Toplotni procesi vključujejo paro, ki reagira z ogljikovodikovim gorivom (npr. zemeljski plin, dizelsko gorivo, uplinjen premog ...) in tako proizvede vodik.

Elektrolitski procesi:

S pomočjo električnega toka ločimo vodo na kisik in vodik.



Slika 1: proces elektrolize

2.5 Uporaba vodika

Vodik so sprva uporabljali v zračnih plovilih, vendar so ga zaradi nesreč, ki so se dogajale zaradi gorenja plovil, ki ga je povzročil vodik, vodikova letala v preteklosti prenehala uporabljati. Dandanes pa ponovno preizkušajo različna vodikova letala. Na primer podjetje Pipistrel je že nekaj let nazaj uspešno opravil polet štirisedežnega vodikovega letala. Ob tem dosežku pa je njihov lastnik še dodal: "Za Pipistrel to pomeni nabiranje znanja in izkušenj, potrebnih za naš

naslednji projekt, ki ga razvijamo, to je 19-sedežno potniško letalo na pogon z vodikovimi gorivnimi celicami, ki bo sposobno skoraj neslišno preleteti razdajo do 1000 kilometrov v dveh urah brez kakršnih koli emisij. Prepričani smo, da bo prototip poletel še pred koncem desetletja." (Ivo Boscarol, STA znanost, 2020).



Slika 2: letalo podjetja Pipistrel



Slika 3: letalo na vodik

Vodik danes uporabljajo na različnih področjih. Na primer v industriji, kjer ga uporabljajo za rafiniranje nafte, obdelavo kovin, proizvodnjo gnojil ... Prav tako vodik uporabljajo tudi v Nasinih raketah, ki delujejo na vodikove gorivne celice za napajanje električnih sistemov na vesoljskih plovilih. Sicer pa vodik uporabljajo tudi v transportu, vendar večino teh predstavljajo avtobusi in avtomobili, med drugim tudi v nekaterih ladjah.

Prihodnost v vodiku pa vidijo tudi v Ameriški vojski in so tako začeli z testiranjem vodika ter razvijanjem avtomobilov na vodik. Primer takšnega avtomobila je Colorado ZH2.



Slika 4: avtomobil Colorado ZH2



Slika 5: raketa



Slika 6: križarka na vodik

2.6 Vozilo na vodik

Vodikove celice so se v preteklosti že uporabljala na različnih napravah, med drugim tudi v avtomobilih, kjer so bili za prodajo predstavljeni trije modeli podjetij Honda, Toyota in Hyundai. Od leta 2011 so tako demonstracijska vozila prevozila več kot 4.800.000 km, njihov povprečni doseg 505 km. Danes se o vozilih na vodik ne govori veliko, predvsem zaradi električnih vozil, kar pa še ne pomeni, da jih ni v splošni uporabi.

1 Avtomobili na trgu

1. **Ime modela:** Toyota Mirai 2022

Domet: približno 650 km

Polnjenje: približno 5 minut

Posebnosti: Toyota Mirai ima vodik shranjen v 3 tankih. V njih lahko shrani 5,6 kg vodika.

Cena: 50.000 – 60.000 evrov.



Slika 7: Toyota Mirai

2. **Ime modela:** BMW IX5 Hydrogen 2022

Domet: 500 km

Polnjenje: nekaj minut

Posebnosti: ima 2 tanka za shranjevanje goriv. V Nemčiji jih je bilo leta 2019 približno 80, v ZDA pa 40. Problem je predvsem v majhnem številu polnilnih postaj, vendar pa naj bi se že do letošnjega leta to povečalo in bi tako bilo v uporabi približno 60.000 (leta 2023 naj bo imeli v Nemčiji kar 400 postaj).



Slika 8: BMW IX5 Hydrogen 2022

3. **Ime modela:** Mercedes-benz GLC f-cell

Domet: 400 km

Polnjenje: nekaj minut

Posebnosti: Mercedesov tank lahko shrani 4,4 kg vodika in ga ob povprečni uporabi porabi 0,34 kg na 100 km. Tak avto je približno 100 kg težji od navadnega z notranjim izgorevanjem.

Cena: Avtomobili za enkrat še ni mogoče kupiti, lahko pa ga najameš za štiri leta po 800 evrov na mesec.



Slika 9: Mercedes-benz GLC f-cell

4. **Ime modela:** Hyundai NEXO

Domet: 660 km

Polnjenje: 5 minut

Posebnosti: Maksimalna hitrost avtomobila je 180 km/h.

Cena: približno 60.000 evrov



Slika 10: Hyundai NEXO

2 Avtomobili, ki še niso na voljo kupcem oziroma jih ne prodajajo več

1. **Ime modela:** Audi h-tron quattro

Domet: 600 km

Polnjenje: 4 minute polnjenja

Posebnosti: Ima 3 tanke, ki shranijo približno 6kg vodika.



Slika 11: Audi h-tron quattro

2. Ime modela: Audi A7 Sportback h-tron quattro

Domet: 500 km

Polnjenje: nekaj minut



Slika 12: Audi A7 Sportback h-tron quattro

3. Ime modela: Honda Clarity

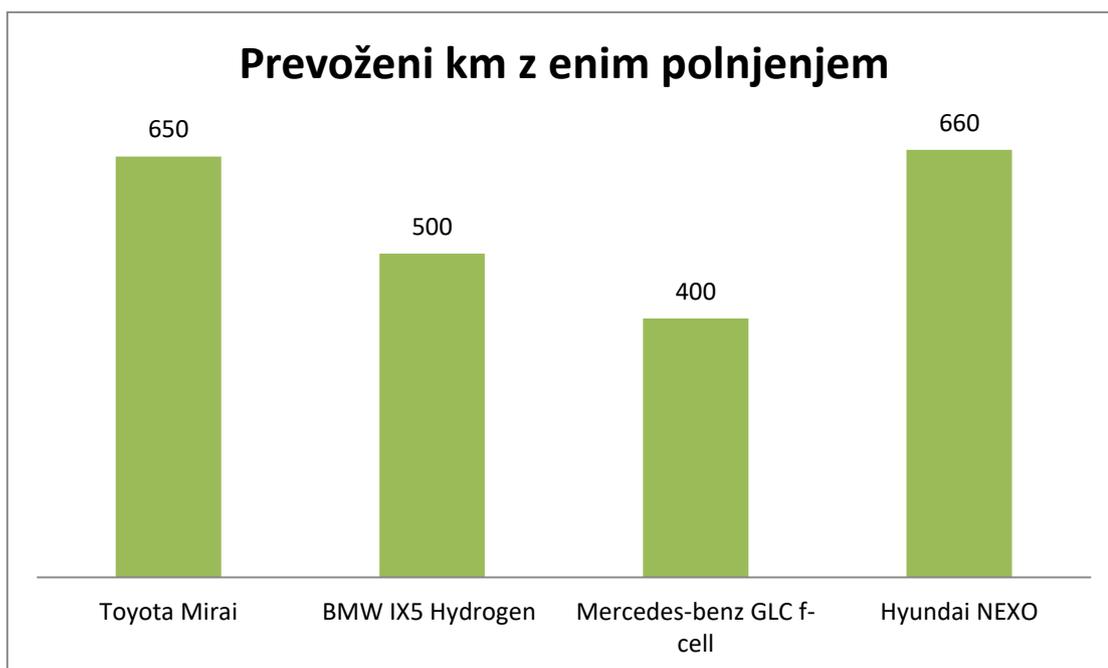
Domet: 590km

Posebnost: avtomobila danes ne prodajajo več predvsem zaradi zelo slabega povpraševanja.



Slika 13: Honda Clarity

Graf 1: prevoženi km avtomobilov z enim polnjenjem



Izmed avtomobilov, ki so nam na voljo v prosti prodaji, z enim polnjenjem največ kilometrov Hyundai NEXO, ki jih prevozi kar 660. Zelo blizu je tudi Toyota z 650km, na koncu pa sta z nekoliko krajšim dosegom še BMW ter Mercedes.

2.7 Varnost vodika v avtomobilu

Pri Toyoti pravijo, da so pri razvoju morali zagotoviti, da vodik ne uhaja. Rešitev je prekinitev dotoka in preprečitev zbiranja vodika v avtomobilu, a je to malo verjetno. Japonci zagotavljajo, da je Mirai izredno varen avtomobil. Izdelan je tako, da v primeru trka absorbira energijo trka prek več delov, in tako ne glede kam naleti, drugo vozilo ščiti gorivne celice in vodikovi jeklenki. Zelo pomembna je bila izdelava posode za vodik. Struktura vodikovih rezervoarjev je iz navzkrižno prepletenih ogljikovih vlaken. Rezervoarje so izboljšali, saj je vodik pod tlakom 700 barov. S tem so tudi podaljšali doseg vožnje z enim polnjenjem. Pravijo, da je treba biti pri gorivnih celicah zelo natančen in je treba vse načrtovati do milimetra natančno.

2.8 Polnilne postaje

Do konca leta 2019 je bilo za javnost po celem svetu odprtih približno 374 bencinskih postaj za vodik. Od tega največ v Aziji (178, največ na Japonskem), sledi Evropa, kjer je 152 postaj (največ v Nemčiji) ter ZDA, kjer se jih nahaja 44 (največ v Kaliforniji).

Področje	Število polnilnih postaj
Azija	178
Evropa	152
ZDA	44
skupaj	374

Tabela 2: prikaz števila vodikovih polnilnic v svetu

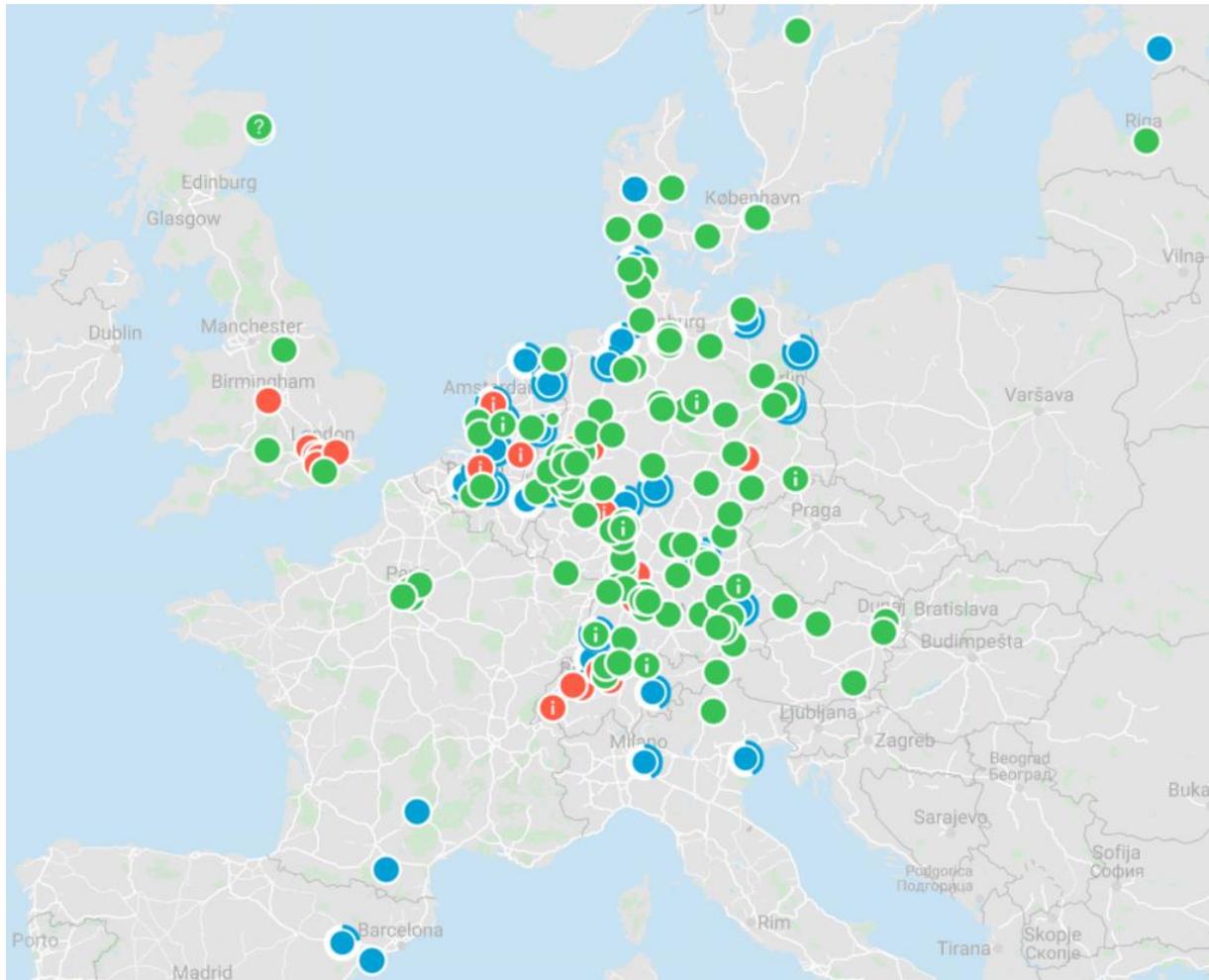
1 Prikaz vodikovih polnilnic v Evropi



Slika 14: prikaz vodikovih polnilnic v Evropi

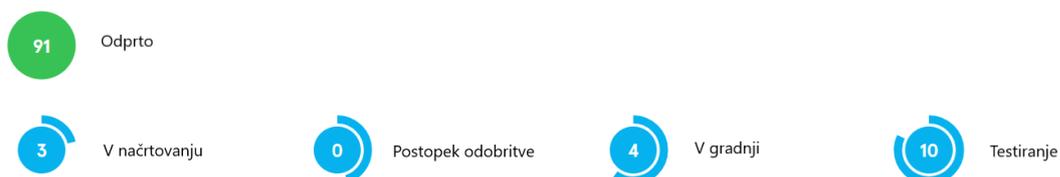
Na prvem zemljevidu so prikazane države v Evropi, kjer se nahajajo vodikove polnilnice, poleg njih pa številke označene z belim krogcem prikazujejo število aktivno delujočih polnilnic ter številke označene z modrim krogcem, ki prikazujejo polnilnice, ki so v fazi

grajenja, testiranja, pridobivanja dovoljenj ... Razvidno je, da je največ polnilnic v Nemčiji, kar 91. Sledi Velika Britanija z 11 polnilnicami in na tretjem mestu Švica z 10 polnilnicami.



Slika 15: prikaz lokacij vodikovih polnilnic v Evropi

Na drugem zemljevidu pa so označene še polnilnice glede na podroben status delovanja in kraj nahajanja.



Slika 16: legenda za prikaz zgornjega zemljevida

V Sloveniji so prvo polnilnico odprli leta 2013, vendar pa danes ta polnilnica zaradi nizkega povpraševanja ne obratuje več. Leta 2021 so ponovno postavili novo vodikovo polnilno postajo in sicer na območju cementarne Salonita Anhovo.



Slika 17: vodikova polnilnica na območju Salonita Anhovo

V tujini pa je nam najbližja vodikova polnilnica v Avstriji v Gradcu.



Slika 18: vodikova polnilnica v Gradcu

2.9 Vrste gorivnih celic in izkoristek

Poznamo več vrst, ki so med seboj v večini zelo enake. Tako jih ločimo le po velikosti. Primer manjše proizvajajo napetost 0,7 V.

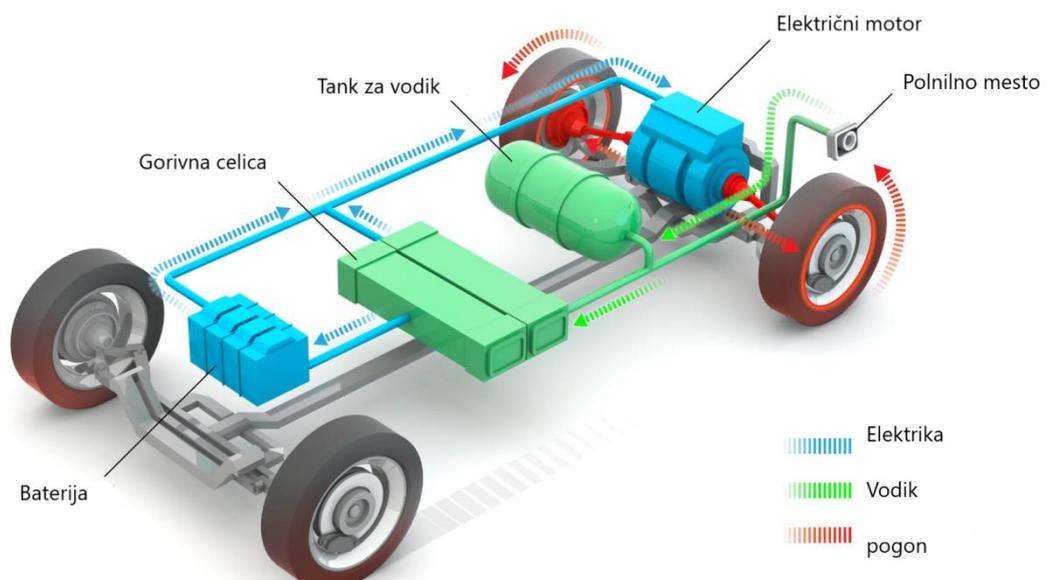
Gorivne celice imajo izkoristek med približno 40 % in 60 %, kar je bistveno več kot na primer izkoristek batnega motorja, ki je med približno 20 % in 40 %. Še zmeraj pa je izkoristek gorivnih celice bistveno manjši od izkoristka klasičnih baterij, ki pa je približno 90 %.



Slika 19: tank za shranjevanje vodika v avtomobilu

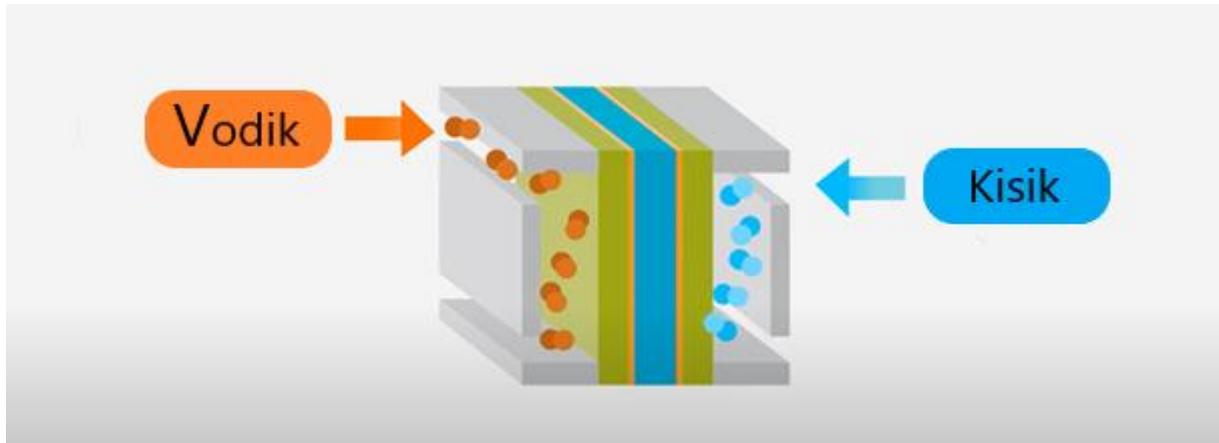
2.10 Delovanje gorivne celice v povezavi z avtomobilom

Sprva se avtomobil na vodikovih polnilnicah napolni z vodikom, ki ga shrani v posebnih tankih, ki se nahajajo pod potniki.



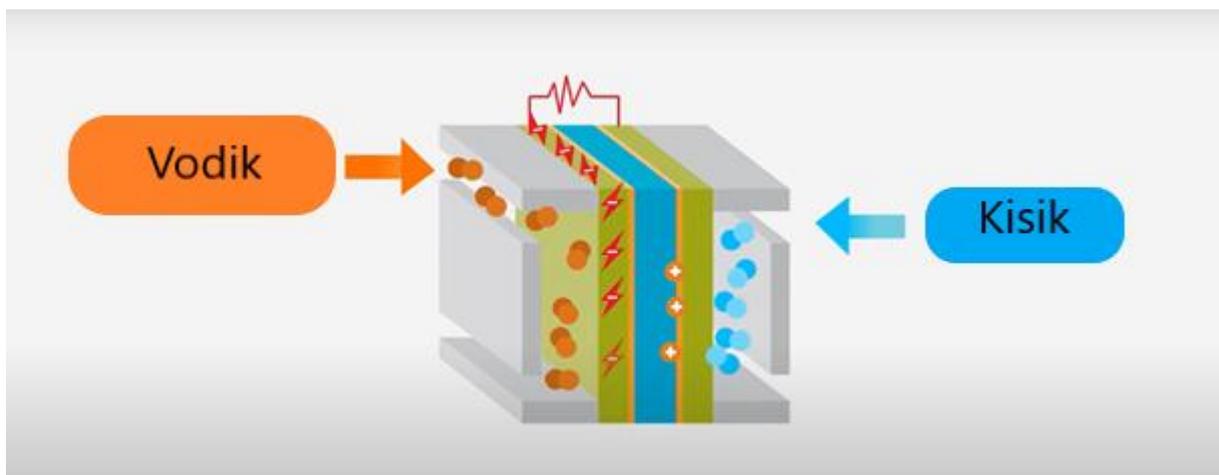
Slika 20: pot vodika skozi avto

Nato ko avto prižgemo, nastopi gorivna celica. V njo z ene strani vstopa vodik, z druge strani pa kisik iz zraka.



Slika 21: vstop vodika in kisika v gorivno celico

Vodik se naravno povezuje s kisikom in ko se vodik giblje proti kisiku, celica razdeli molekulo vodika na protone in elektrone. Protoni se nato premaknejo skozi glavno sredinsko membrano (modra črta v celici) in tam tudi ostanejo.

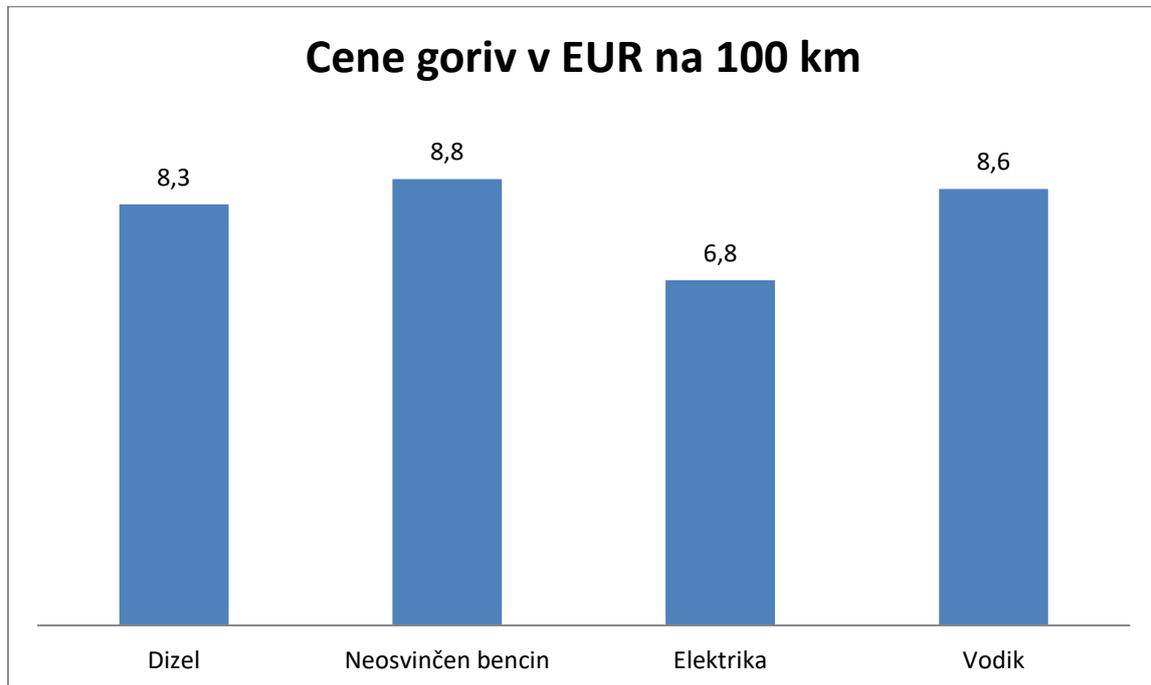


Slika 22: reakcija med vodikom in kisikom

Elektroni po zunanjem vezju (zeleni črta) prenesejo svojo energijo do električnega motorja. Del energije pa se shrani v bateriji ali akumulatorju za delovanje ostalih naprav v avtomobilu, kot so radio, ogrevanje, možnost premikanja oken, zasloni ...

2.11 Primerjava cene goriv

Graf 2: cene goriv v EUR na 100km



1. Cena dizla: 1,46 eur/l

Renault Talisman porabi približno 5,7 l na 100 km, kar pomeni, da je njegov strošek približno 8,3 evra na 100 km.

2. Cena neosvinčenega bencina: 1.43 eur/l

Renault Talisman porabi približno 6 l na 100 km, kar pomeni, da je njegov strošek približno 8,8 evra na 100km.

3. Cena elektrike: cena elektrike za avtomobile je v zelo velikem razponu, saj v primeru da avtomobil polnimo doma, je cena približno 6 centov na 1 kWh, medtem ko lahko za kilovatno uro elektrike na Petrolu plačamo tudi do 60 centov.

Preračunano na Petrolu plačamo približno 6,8 evra za 100 prevoženih kilometrov, doma pa le 1,15 evra.

4. Cena vodika: 10 eur/kg, kar pomeni, da za Toyota Mirai plačamo približno 8,6 evra za 100 km.

2.12 Zgodovina

Dandanes ko počasi na trg prihajajo električni avtomobili, se v resnici vračamo na začetek avtomobilizma. Prvi električni avtomobil je bil predstavljen še preden je Carl Benz prijavil patent za svoj avtomobil (deloval na bencinski motor) na sejmu elektrike v Parizu leta 1881. Tako je bilo na začetku 20. stoletja v ZDA celo več električnih kot bencinskih avtomobilov ter kar 90% vseh taksijev je bilo opremljenih z elektromotorjem.

Posledica tega pa je bila tudi razdvojenost ljudi. Nekateri so zagovarjali avtomobili na elektriko, drugi pa avtomobile na bencin. Pri razvoju pa je ključna predvsem polnilna infrastruktura, ki je počasi prevladala z bencinskimi polnilnicami.

Podobno težavo, kot so jo imeli v letu 1900 imamo tudi danes. Sprašujemo se ali elektrika, ali vodik. Oba še nimata dobro razvitega polnilnega sistema, ki pa bo v prihodnosti igral ključno vlogo.

Prvi patenti za vodikove avtomobile so bili narejeni že kar nekaj let nazaj, vendar pa je bil prvi avtomobil za množično uporabo Hyundai ix35 FCEV. Avto je bil prvič predstavljen leta 2013, sledili pa so mu še mnogi. Med drugim se je nato leta 2015 prvič pojavil tudi Toyotin model Mirai, ki je danes tudi eden izmed najbolj znanih osebnih avtomobilov na vodik.



Slika 25: Hyundai ix35 FCEV

2.13 Zanimivosti

Med pripravo teoretičnega dela sem naletel na več zelo zanimivih podatkov. Med njimi mi je najbolj v spominu ostalo to, da so na letošnjih zimskih olimpijskih igrah v Pekingu uporabljali več kot 1000 vozil (800 avtobusov, 200 avtomobilov ter nekaj tovornjakov), ki so na vodik. Gre za vozila kitajskih proizvajalcev, ki nam v Sloveniji niso najbolj poznani, sicer pa so avtomobile ter avtobuse uporabljali za prevoz ljudi do tekmovališč, nekatere tovornjake pa tudi za pripravo hrane ter smuči.



Slika 26: avtobusi na Olimpijskih igrah

3 Eksperimentalni del

3.1 Raziskovalna vprašanja in hipoteze

HIPOTEZE:

1. Vodik je gorivo prihodnosti.
2. Avtomobili na vodikov pogon obstajajo in se jih danes že uporablja.
3. Avtomobili na vodik so bolj prijazni okolju kot avtomobili na pogon na naftne derivate.
4. Moji vrstniki v večini vedo, katera goriva uporabljamo danes.
5. Moji sovrstniki so že slišali za vodikov avtomobil.

RAZISKOVALNA VPRAŠANJA:

1. Kako deluje vodikov avtomobil?
2. Kakšne so njegove prednosti pred običajnimi avtomobili na dizel in bencin?
3. Kako razširjeni so vodikovi avtomobili po svetu?
4. Kakšna je ozaveščenost mojih sovrstnikov glede uporabe današnjih goriv?
5. Kako dobro jih poznajo moji sovrstniki?

3.2 Metoda

Moj eksperimentalni del je razdeljen na dva dela.

Prvi del:

V prvem delu sem opravil poskus z modelom avtomobila, ki deluje na vodikov pogon oziroma z vodikovimi celicami. Avto je deloval s pomočjo vode, na koncu pa sem izračunal določene podatke, ki sem jih pridobil med opravljanjem poskusa.

Drugi del:

V drugem delu pa sem izvedel še anketo med 110 učenci osmih in devetih razredov Osnovne šole Riharda Jakopiča. Spraševal sem jih, kako dobro poznajo goriva, ki se uporabljajo danes in katere mislijo, da se bodo v prihodnosti. Tako sem dobil zelo zanimive odgovore oziroma podatke, ki sem jih na koncu analiziral.

3.3 Opis eksperimenta

1. Opis poskusa z modelom avtomobila.

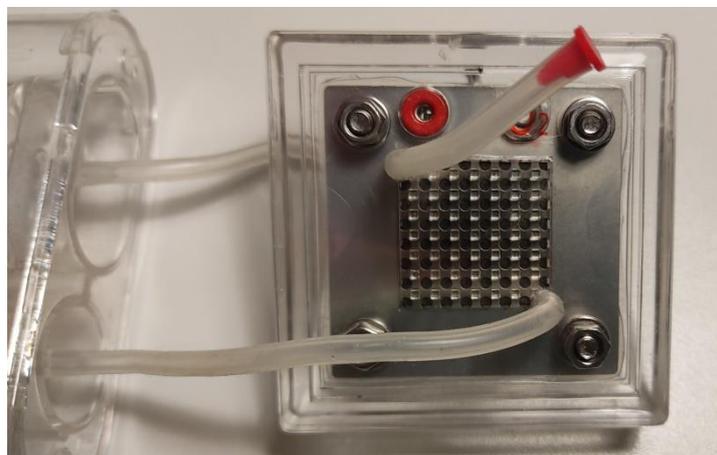
Pripomočki:

1. Model avtomobila na vodik.
2. 50 ml destilirane vode.
3. 2x AA baterije.

Sestava avtomobila:

Avtomobil je sestavljen iz treh pomembnejših delov.

1. Iz vodikove celice. Ta s pomočjo baterije vodo iz tanka pretvori v vodik in kisik.



Slika 25: vodikova celica

2. Tank, v katerem se nahaja voda.



Slika 26: tank za vodo

3. Ogradje avtomobila, na katerem je tudi motor za premikanje.



Slika 27: ogradje avtomobila

Sestavljen avtomobil.



Slika 28: sestavljen avtomobil

Delovanje avtomobila:

Najprej v tank nalijemo vodo (v mojem primeru 50 ml).



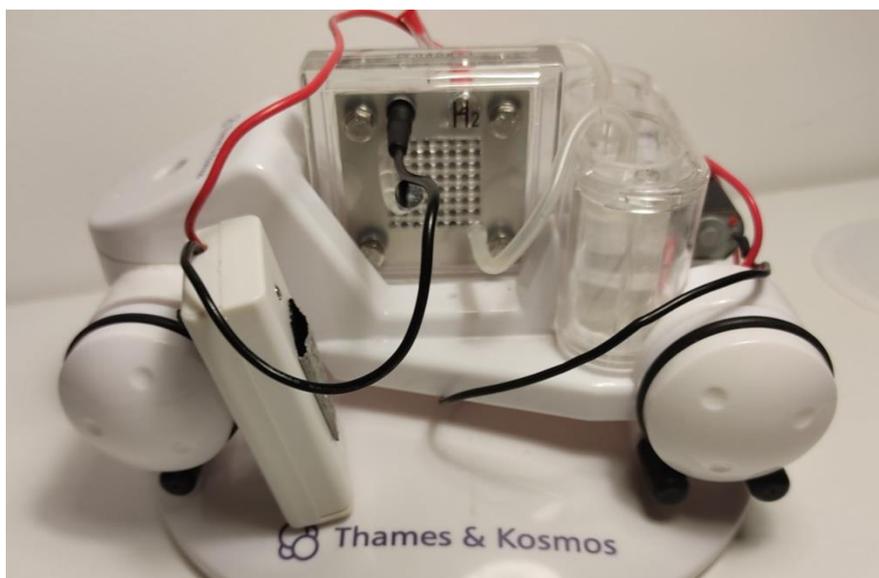
Slika 29: tank napolnjen z vodo

Nato s pomočjo brizgavke to vodo toliko časa črpamo, da del vode pride skozi celico. To naredimo na strani vodika in strani kisika.



Slika 30: črpanje vode

Ko voda na obeh straneh celice pride ven, priklopimo baterijo in počakamo nekaj minut (v mojem primeru 4 minute). V tem času celica iz vode črpa vodik.



Slika 31: črpanje vodika

Na koncu celico samo povežemo z motorjem in avtomobil se začne premikati.



Slika 32: pripravljen avtomobil za vožnjo

Eksperiment:

Avtomobil sem pustil voziti in tako izmeril njegov čas vožnje. Iz teh podatkov sem na koncu izračunal povprečno hitrost.

2. Opis ankete

Moja anketa je bila sestavljena iz petih vprašanj.

1. **vprašanje:** Katera goriva uporabljajo vozila danes?

Odgovori: para, neosvinčen bencin, osvinčen bencin, dizelsko gorivo, kerozin, vodik, biogorivo, biodizel, elektrika, plinsko gorivo, les, bioetanol, plini iz biomase, zemeljski plin, utekočinjen naftni plin (LPG), stisnjen naravni plin (CNG), biometanol, papir.

Utemeljitev: pravih odgovorov pri prvem vprašanju je bilo več. Nekateri so bili celo nadpomenke drugih, kot na primer **plinska goriva** so nadpomenka **LPG**a.

2. **Vprašanje:** Katera goriva bodo vozila uporabljala v prihodnosti?

Odgovori: Sam napiši.

Utemeljitev: odgovorov ni bilo na voljo, saj za prihodnost ni točnih podatkov.

3. **Vprašanje:** Si že slišal za vozila na vodikov pogon ali vodikove gorivne celice?

Odgovori: DA/NE.

4. **Vprašanje:** Ali misliš, da kje na svetu že uporabljajo vodik kot pogon vozil?

Odgovori: DA/NE.

5. **Vprašanje:** Koliko škodljivih emisij imajo vozila na vodik kot pogon vozil?

Odgovori: **A** Več kot vozila na naftne derivate.
B Enako kot vozila na naftne derivate.
C Manj kot vozila na naftne derivate.
D Nič emisij.

3.5 Meritve

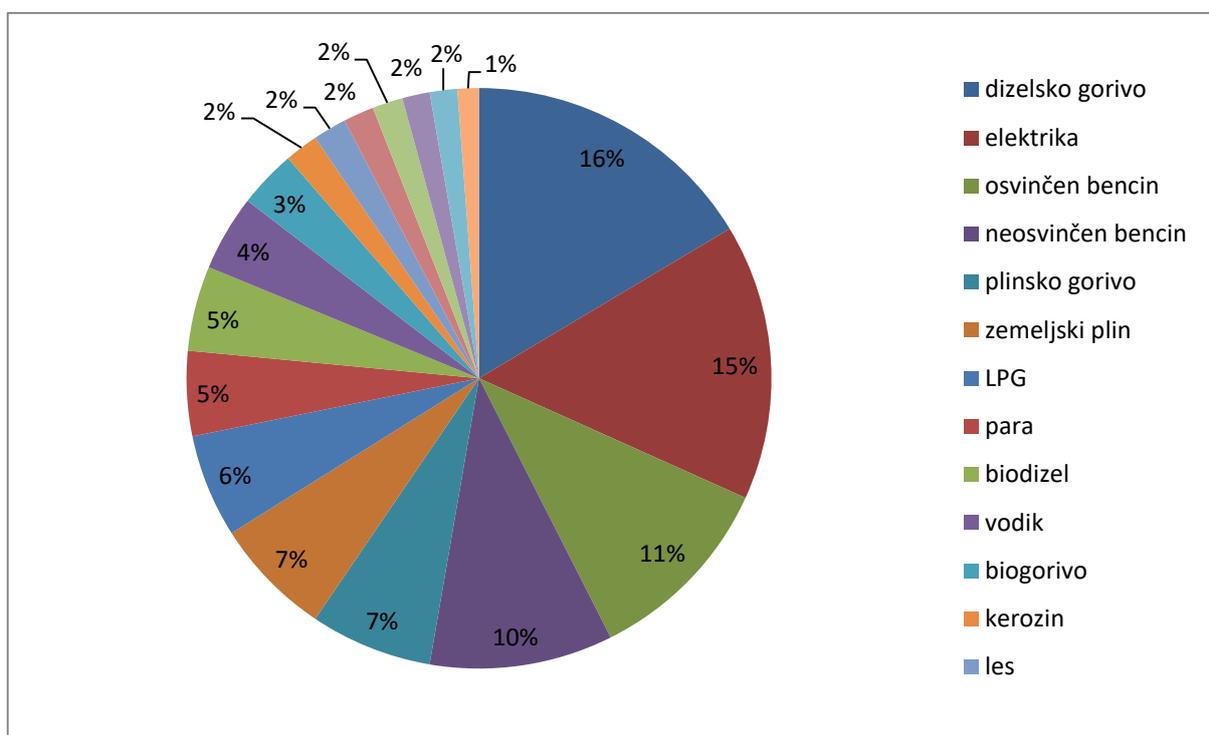
1 Avtomobil

Avtomobil je kot gorivo sprva imel 50 ml vode. Nato je s pomočjo baterij iz vode izčrpal vodik, kar je trajalo približno 4 minute. S pridobljenim vodikom se je nato lahko premikal 12 minut. Pri tem se je premikal s povprečno hitrostjo 0,15 m/s, kar pomeni da bi bila njegova opravljena pot 108 m.

2 Anketa

Prvo vprašanje:

Graf 3: uporaba goriv danes

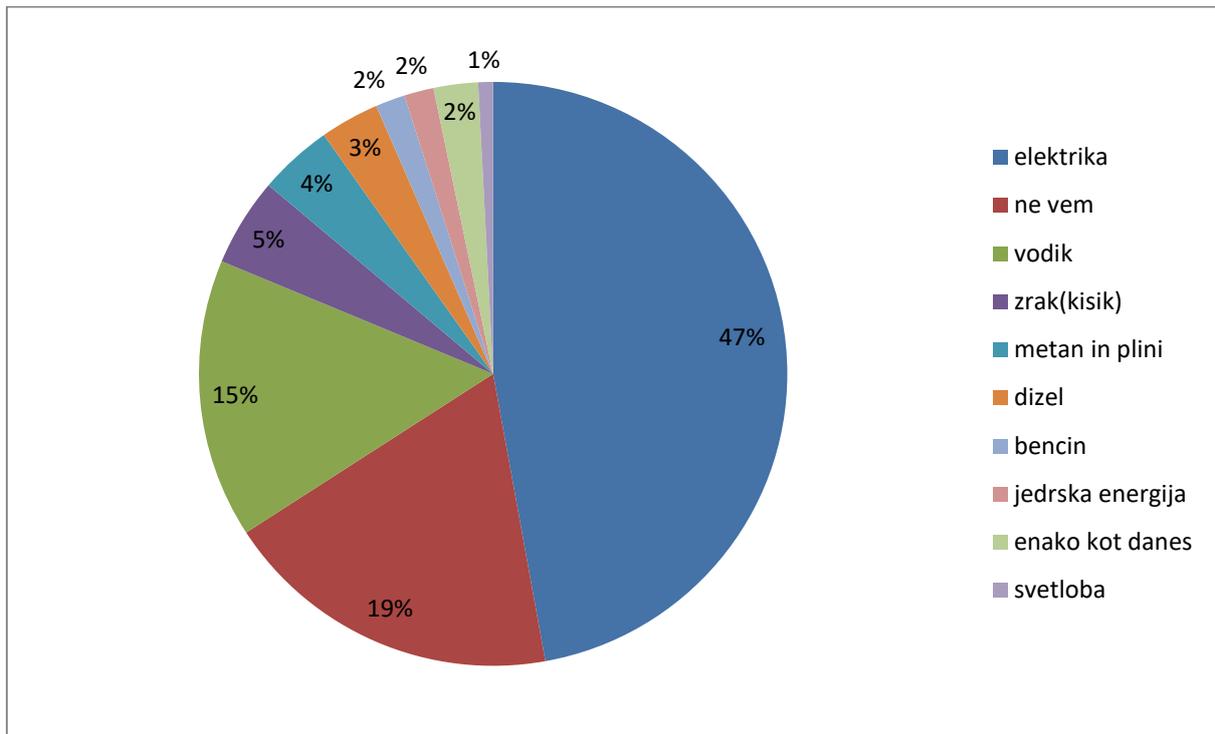


Večina anketirancev je odgovorila, da danes za pogon vozil uporabljamo dizel (16 % anketirancev), nato sledi elektrika (15 % anketirancev), še nekoliko manj pa sta dosegla osvinčen bencin (11 %) ter neosvinčen bencin (10 %). Kot nesporno lahko vidimo, da je največ glasov dosegel bencin, kjer pa so imeli učenci predvsem težavo glede ločevanja med osvinčenim in neosvinčenim, zato so se njihovi odgovori razdelili približno na pol.

Poleg teh najbolj poznanih goriv v Sloveniji uporabljamo tudi različna plinska goriva oziroma bolj natančno LPG, kar pa je pri učencih še dokaj nepoznano. Nekoliko pa sem presenečen nad dokaj visokim poznanjem avtomobilov, ki za pogon uporabljajo vodik (4 % ali 25 obkroženih odgovorov).

Drugo vprašanje:

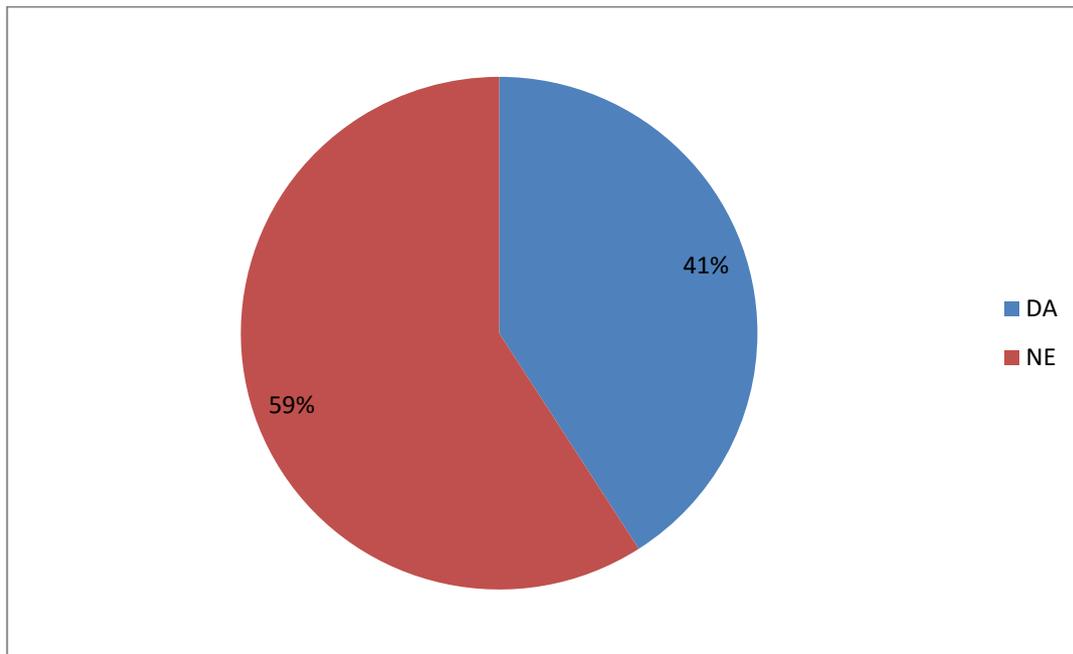
Graf 4: goriva prihodnosti



Pri drugem vprašanju so si kljub nenaštetim možnim odgovorom ti med seboj zelo podobni. Kar 47 % oziroma 58 anketirancev meni, da bo v prihodnosti prevladovala električna energija, saj je to tudi danes najbolj opevano gorivo prihodnosti. Kljub temu pa je bilo veliko anketirancev neopredeljenih, nekoliko večji del s 15 odstotki pa predstavljajo tudi anketiranci, ki v prihodnosti predpostavljajo vodik.

Tretje vprašanje:

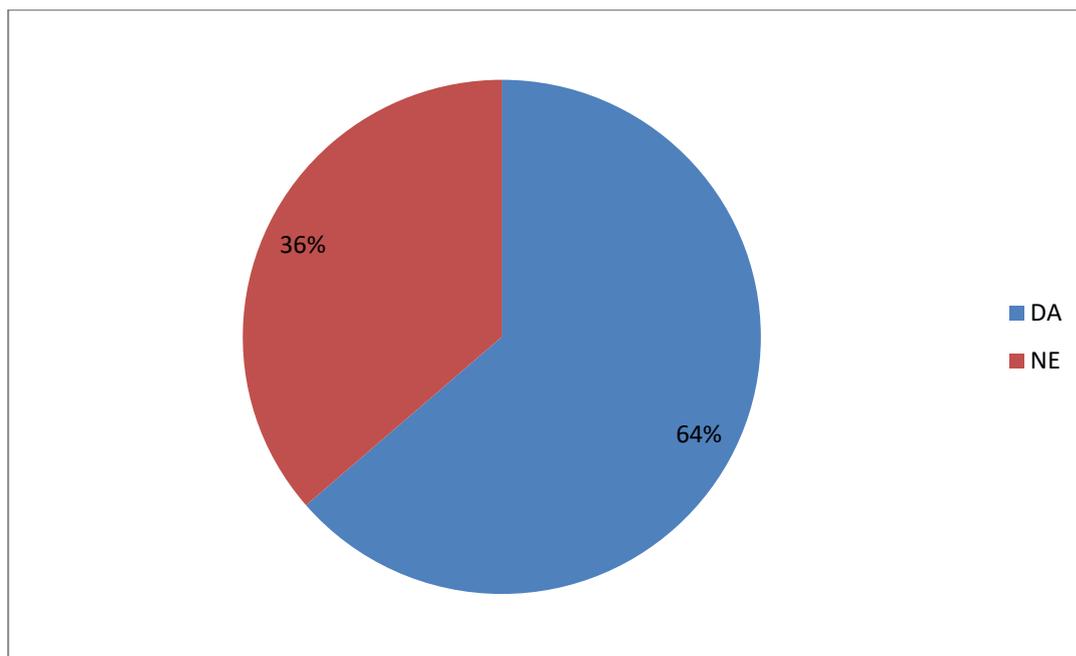
Graf 5: poznanost vodikovega pogona



Pri tretjem vprašanju je iz grafa razvidno, da večina anketirancev za vodikov pogon še nikoli ni slišalo. Takih anketirancev je bilo kar 59 %.

Četrto vprašanje:

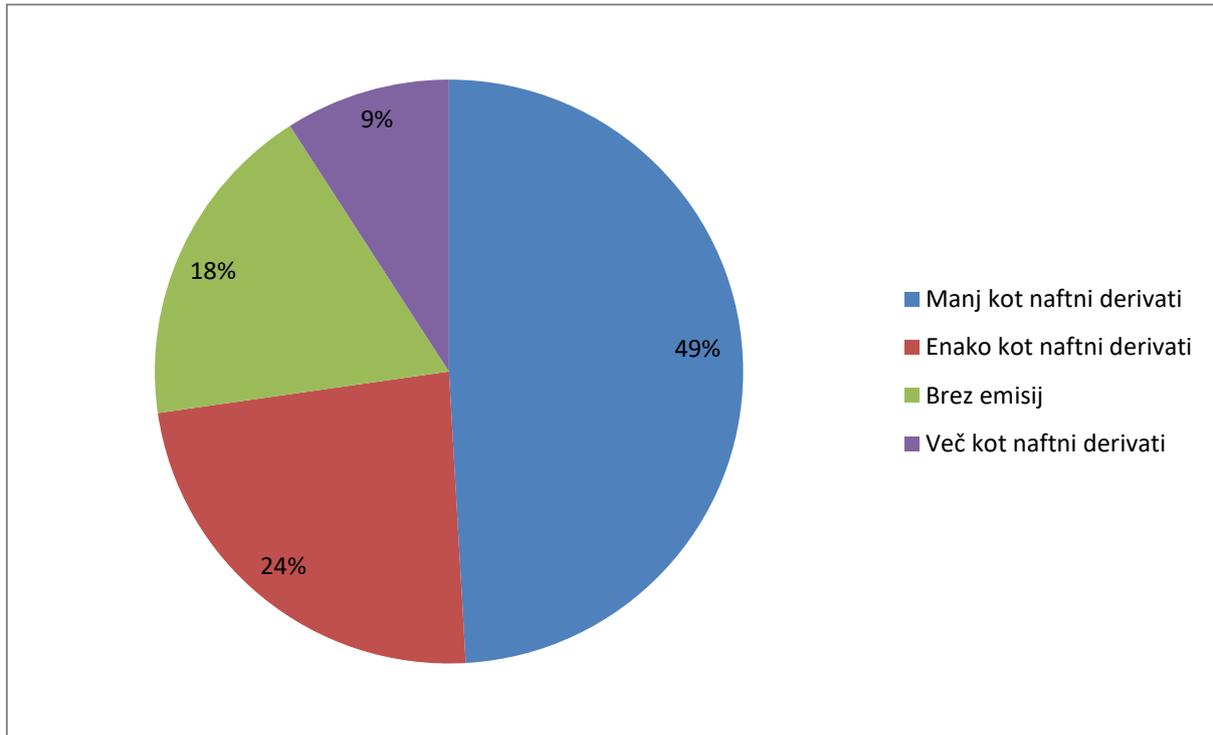
Graf 6: uporabljanje vodika po svetu



Pri četrtem vprašanju glede uporabljanja vozil na vodik po svetu večina anketirancev meni, da jih uporabljajo.

Peto vprašanje:

Graf 7: primerjava emisij z naftnimi gorivi



Pri zadnjem, petem vprašanju, je večina anketirancev odgovorila pravilno, saj količine emisij manjše oziroma če smo bolj natančni, jih sploh ni. Tako pa je odgovorila le peščica anketirancev (18 %).

3.6 Ugotovitve

- V moji raziskovalni nalogi sem ugotovil, da vozila na vodik v današnjem svetu zares obstajajo in da obstajajo realne možnosti, da bi se njihovo število v bližnji prihodnosti povečalo in bi se jih začelo uporabljati tudi v Sloveniji.
- Pri prvem vprašanju v moji anketi sem ugotovil, da večina anketirancev vsaj približno pozna goriva, ki jih danes uporabljamo. Še zmeraj pa me je nekoliko presenetilo, da so nekateri učenci obkrožili določene snovi, kot so les, para itd., ki jih danes ne uporabljamo več oziroma jih tudi nikoli do sedaj nismo.
- Pri drugem vprašanju sem ugotovil, da največ učencev meni, da je prihodnost v elektriki. Odgovor sem tudi pričakoval, saj dandanes med čistimi gorivi največ slišimo o elektriki.
- Pri tretjem vprašanju sem ugotovil, da večina anketirancev za vodikov pogon še ni slišala, kar sem pričakoval. Vendar pa so me presenetili odgovori na predzadnje vprašanje, da kljub temu da večina vodika ne pozna, misli, da ga po svetu že uporabljajo kot prevozno sredstvo.
- Pri zadnjem vprašanju sem ugotovil, da večina ve, da je vodikov pogon bolj prijazen okolju kot na primer bencin, dizel ... Vendar pa so bili redki tisti, ki so bili najnatančnejši in obkrožili odgovor, da vozila na vodik v okolje ne oddajajo nič emisij.

3.7 Potrjevanje hipotez

1. Vodik je gorivo prihodnosti.

HIPOTEZA POTRJENA

Prvo hipotezo sem na podlagi števil in hitrega razvoja vodikovih vozil lahko potrdil. Prav tako pa so temu naklonjene številne države, kjer so tovrstni avtomobili v množični prodaji. Med njimi je na primer Nemčija, ki ima trenutno že 91 aktivnih polnilnih postaj za vodik ter kar nekaj podjetji, ki se ukvarjajo z razvojem vodikovih avtomobilov. To so na primer Mercedes, BMW...

2. Avtomobili na vodikov pogon obstajajo in se jih danes že uporablja.

HIPOTEZA POTRJENA

Hipotezo lahko potrdim, saj so danes po svetu že na prodaj različni modeli avtomobilov na vodik. Med njimi so znani predvsem številni japonski avtomobili kot je na primer Toyota Mirai, prav tako pa jih razvijajo tudi v evropska podjetja kot na primer Mercedes, BMW.

3. Avtomobili na vodik so bolj prijazni okolju kot avtomobili na pogon na naftne derivate.

HIPOTEZA POTRJENA

Tudi tretjo hipotezo lahko potrdim, saj takšni avtomobili nimajo nič emisij. Imajo pa kljub temu še eno veliko težavo. To je pridobivanje »čistega vodika«, saj ga danes v večini ne pridobijo s pomočjo elektrolize, ampak iz različnih neobnovljivih virov, med drugim tudi nafta.

4. Moji vrstniki v večini vedo, katera goriva uporabljamo danes.

HIPOTEZA POTRJENA

Hipotezo lahko potrdim, saj je večina odgovorila, da danes v večini res uporabljamo predvsem dizel, bencin, prav tako pa so v razvoju tudi avtomobili na elektriko in njihovo število uporabe narašča.

5. Moji sovrstniki so že slišali za vodikov avtomobil.

HIPOTEZA ZAVRŽENA

Hipotezo sem zavrgel, saj v večini za njih še niso nikoli slišali. To me je presenetilo, saj gre prav tako za obnovljiv vir energije, ki se dandanes čedalje več pojavlja oziroma je v hitrem razvoju.

4 Zaključek

Vodikov pogon se mi je zdela zelo zanimiva tema, ki bo verjetno v prihodnosti tudi postala bolj razširjena in nam bolj poznana, zato sem o njej z veseljem raziskoval in izvajal poskuse. V eksperimentalnem delu sem se želel na lastne oči seznaniti o vodikovem avtomobilu, hkrati pa sem ugotavljal predvsem, kako dobro se moji sovrstniki spoznajo na danes najbolj uporabljena goriva. S to nalogo sem se veliko novega naučil, kar mi bo v prihodnosti še zagotovo prav prišlo in že komaj čakam, da se takšni avtomobili pojavijo tudi pri nas, na kar bom pa mogel še verjetno nekoliko počakati.

Sicer pa bi svojo nalogo lahko še nekoliko popestril z ogledom pravega avtomobila na vodik.

5 Viri in literatura

KNJIŽNI VIRI

- Časopis delo, sobota 19. februar 2022
Naslov članka: Olimpijska promocija vodika
Avtor: Gašper Boncelj

SPLETNI VIRI

- Vodikove gorivne celice
<https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-fuel-basics>
Pridobljeno 10.12.2021
- Gorivne celice
<https://www.energy.gov/eere/fuelcells/fuel-cells>
Pridobljeno 10.12.2021
- Uporaba vodika
<https://www.eia.gov/energyexplained/hydrogen/use-of-hydrogen.php>
Pridobljeno 10.12.2021
- Gorivne celice
<https://www.energy.gov/eere/videos/energy-101-fuel-cell-technology>
Pridobljeno 11.12.2021
- Vodikove polnilnice
<https://h2.live/en/>
Pridobljeno 11.12.2021
- Toyota Mirai
<https://www.toyota.com/mirai/>
Pridobljeno 15.12.2021
- Delovanje vodikovih vozil

<https://www.bmw.com/en/innovation/how-hydrogen-fuel-cell-cars-work.html>

Pridobljeno 19.12.2021

- BMW IX5 hydrogen GLC f-cell

<https://europe.autonews.com/automakers/bmw-audi-among-german-automakers-still-betting-fuel-cell-cars>

Pridobljeno 2.1.2022

- Razlike med avtomobili na vodik in ostalimi

<https://www.bmw.com/en/innovation/Plug-in-hybrid-and-other-kinds-of-electric-cars.html>

Pridobljeno 2.1.2022

- Vodik

<https://www.audi-mediacycenter.com/en/audi-future-performance-days-2015-5097/the-audi-a7-sportback-h-tron-quattro-5107>

Pridobljeno 8.1.2022

- Audi A7 Sportback h-tron quattro

<https://www.amzs.si/motorevija/avtomobili/za-volanom/2018-10-29-za-volanom-mercedes-benz-glc-f-cell>

Pridobljeno 9.1.2022

- Hyundai NEXO

<https://www.hyundai.co.uk/new-cars/nexo>

Pridobljeno 10.1.2022

- Vodikova polnilnica v Sloveniji

<https://www.rtv slo.si/radio-koper/prispevki/novice/v-anhovem-prva-slovenska-vodikova-polnilnica/602474>

Pridobljeno 18.1.2022

- Vodikova polnilnica v Gradcu

<https://www.google.si/maps/@46.0661174,14.5320991,12z?hl=sl>

Pridobljeno 18.1.2022

- Cena polnjenja električnega avtomobila

<https://siol.net/avtomoto/novice/23-evrov-za-tisoc-km-to-je-nova-realnost-za-elektricarje-v-sloveniji-546948>

Pridobljeno 3.2.2022

- Renault Talisman

https://cdn.group.renault.com/ren/si/home-page/ceniki/cenik_taliman-grandtour.pdf.asset.pdf/c1fb2a300b.pdf

Pridobljeno 3.2.2022

- Pipistrel letala

<https://siol.net/novice/slovenija/novo-pipistrelovo-letalo-na-vodik-uspesno-poletelo-541183>

Pridobljeno 8.2.2022

- Letala na vodik

<https://mahepa.eu/2020/12/11/mahepa-announces-hydrogen-fuel-cell-driven-hy4-has-flown/?fbclid=IwAR2cxfHL-jdMK-w46q9eGzkZi4-BgxsKlKk-XUXZ3e5zdkz2wTGgGFzSOrA>

Pridobljeno 8.2.2022

- Križarka na vodik

<https://www.primorske.si/2021/07/28/v-trzicu-bodo-gradili-prvo-ladjo-na-vodik>

Pridobljeno 10.2.2022

- Zgodovina

<https://www.rtv slo.si/zabava-in-slog/avtomobilnost/po-slovenskih-cestah-na-vodik/603472>

Pridobljeno 10.2.2022

- STA znanost (12. 12. 2020)

<http://znanost.sta.si/2843272/uspesno-poletelo-prvo-stirisedezno-hibridno-elektricno-letalo-s-pogonom-na-vodik>

pridobljeno 10. 2. 2022

VIRI SLIK

- **Slika 1 – proces elektrolize**

https://www.google.com/search?q=elektroliza&rlz=1C1CHZO_sISi902SI902&sxsrf=APqWBtYH287B2NBb8bIB5TN7ZEH9xzdqQ:1647877815000&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiD9g6ex9f2AhXVg_OHHVctDp0Q_AUoAXoECAIQAw&biw=1536&bih=722&dpr=1.25

- **Slika 2 – Pipistrel**

<https://siol.net/novice/slovenija/novo-pipistrelovo-letalo-na-vodik-uspesno-poletelo-541183>

- **Slika 3 – Letalo na vodik**

<https://mahepa.eu/2020/12/11/mahepa-announces-hydrogen-fuel-cell-driven-hy4-has-flown/?fbclid=IwAR2cxfHL-jdMK-w46q9eGzkZi4-BgxsKlKk-XUXZ3e5zdkz2wTGgGFzSOrA>

- **Slika 4 – Colorado ZH2**

https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/htac_mar19_07_centeck.pdf

- **Slika 5 – raketa**

<https://wha-international.com/will-hydrogen-power-the-future-of-aerospace/>

- **Slika 6 – križarka na vodik**

<https://www.primorske.si/2021/07/28/v-trzicu-bodo-gradili-prvo-ladjo-na-vodik>

- **Slika 7 – Toyota Mirai**

<https://pressroom.toyota.com/zero-emissions-in-style-2022-toyota-mirai-pricing-announced/>

- **Slika 8 – BMW IX5 hydrogen GLC f-cell**

<https://europe.autonews.com/automakers/bmw-audi-among-german-automakers-still-betting-fuel-cell-cars>

- **Slika 9 – Mercedes-benz GLC f-cell**

<https://cafcp.org/cars>

- **Slika 10 – Hyundai NEXO**

<https://cafcp.org/cars>

- **Slika 11 – Audi h-tron quattro**

<https://cafcp.org/cars>

- **Slika 12 – Audi a7 Sportback h-tron quattro**

<https://www.audi-mediacycenter.com/en/audi-future-performance-days-2015-5097/the-audi-a7-sportback-h-tron-quattro-5107>

- **Slika 13 – Honda Clarity**

<https://cafcp.org/cars>

- **Slika 14 – prikaz vodikovih polnilnic v Evropi**

<https://h2.live/en/>

- **Slika 15 – prikaz lokacij vodikovih polnilnic v Evropi**

<https://h2.live/en/>

- **Slika 16 – legenda za prikaz zgornjega zemljevida**

<https://h2.live/en/>

- **Slika 17 – vodikova polnilnica na območju Salonita Anhovo**

<https://www.rtvsllo.si/radio-koper/prispevki/novice/v-anhovem-prva-slovenska-vodikova-polnilnica/602474>

- **Slika 18 – vodikova polnilnica v Gradcu**

<https://www.google.com/maps>

- **Slika 19 – tank za shranjevanje vodika v avtomobilu**

https://www.google.com/search?q=hydrogen+tank&rlz=1C1CHZO_sISI902SI902&sxsrf=APqWBtWXhya2qGMO4bSpXQX7weYJDnKkA:1647877628898&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjfj9DFxtf2AhW_g_0HHV1wBQUQ_AUoAXoECAEQAw&biw=1536&bih=722&dpr=1.25

- **Slika 20 – pot vodika skozi avto**

<https://www.bmw.com/en/innovation/how-hydrogen-fuel-cell-cars-work.html>

- **Slika 21 – vstop vodika in kisika v gorivno celico**

https://www.youtube.com/results?search_query=how+hydrogen+car+works+animation

- **Slika 22 – reakcija med vodikom v avtomobilu**

https://www.youtube.com/results?search_query=how+hydrogen+car+works+animation

- **Slika 23 – poraba elektrike v avtomobilu**

https://www.youtube.com/results?search_query=how+hydrogen+car+works+animation

- **Slika 24 – izpust iz gorivne celice**

https://www.youtube.com/results?search_query=how+hydrogen+car+works+animation

- **Slika 25 – Hyundai ix35 FCEV**

https://www.google.com/search?q=Hyundai+ix35+FCEV&rlz=1C1CHZO_sISI902SI902&hl=sl&sxsrf=APqWBvr4ylfCWVzot801BJyGxt154UEA:1647957560917&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiCuZeo8Nn2AhWM6aQKHTHJBr0Q_AUoAXoECAEQAw&biw=1536&bih=722&dpr=1.25#imgrc=Bb4zK8dA_KAMdM

- **Slika 26 – avtobusi na Olimpijskih igrah**

<https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-02-14/hydrogen-cars-and-buses-seize-the-spotlight-at-beijing-s-winter-olympic-games>

- **Slika 27 – vodikova celica**

Avtor Nejc Zalokar

- **Slika 28 – tank za vodo**

Avtor Nejc Zalokar

- **Slika 29 – ogrodje avtomobila**

Avtor Nejc Zalokar

- **Slika 30 – sestavljen avtomobil**

Avtor Nejc Zalokar

- **Slika 31 – tank napolnjen z vodo**

Avtor Nejc Zalokar

- **Slika 32 – črpanje vode**

Avtor Nejc Zalokar

- **Slika 33 – črpanje vodika**

Avtor Nejc Zalokar

- **Slika 34 – pripravljen avtomobil za vožnjo**

Avtor Nejc Zalokar