

Održivi oblici energije u cestovnom prometu

Sekačić, Jelena

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:119:806854>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-01**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences -
Institutional Repository](#)



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

ODRŽIVI OBLICI ENERGIJE U CESTOVNOM PROMETU
SUSTAINABLE FORMS OF ENERGY IN ROAD TRAFFIC

Mentori:

dr. sc. Marijan Jakovljević
Marko Švajda, mag. ing. traff.

Studentica: Jelena Sekačić
Jmbag: 0135263120

Zagreb, rujan 2023.

Zagreb, 24. svibnja 2023.

Zavod: **Zavod za prometno planiranje**
Predmet: **Ekologija u prometu**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 7172

Pristupnik: **Jelena Sekačić (0135263120)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Cestovni promet**

Zadatak: **Održivi oblici energije u cestovnom prometu**

Opis zadatka:

U radu je potrebno analizirati prometni sustav sa stajališta potrošnje energije po oblicima prijevoza i ukupno u odnosu na ostale grane gospodarstva. Potrebno analizirati održive oblike energije u cestovnom prometu te obrazložiti i usporediti njihove prednosti i nedostatke sa stajališta budućih trendova razvoja prometnog sustava i održivosti.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

dr. sc. Marijan Jakovljević

SAŽETAK

Cestovni promet je najrazvijenija grana prometnog sustava. Svojim velikim prednostima olakšava prijevoz ljudi i robe. S druge strane troši najviše energije i time zagađuje okoliš i doprinosi klimatskih promjena. Cestovna vozila još u velikim količinama koriste fosilna goriva za svoj pogon čijim izgaranjem nastaju mnogobrojni ispušni plinovi. Takvim načinom funkcioniranja ne postiže se dobra energetska učinkovitost i smanjuju se inicijativa za ekološkim poboljšanjima. Kako bi se postigla što veća energetska i ekološka učinkovitost, potrebno je razvijati i unaprijediti održive oblike energije u cestovnom prometu što je i tema ovog završnog rada. Osim održivih oblika energije mogu se koristiti i alternativna goriva koja predstavljaju samo zamjenu za konvencionalna goriva i nemaju tako velik ekološki doprinos kao održiva energija. Održivi oblici energije sagledavaju se u energiji sunca, vjetra, vode, geotermalnoj energiji, energiji biomase i biogorivu te vodiku. Svaki održivi oblik ima svoje prednosti, kao i nedostatke. U ovom radu oni su detaljno analizirani te je istražen potencijal pojedinog oblika energije kao i mogućnost korištenja i primjene u cestovnom prometu.

KLJUČNE RIJEČI: cestovni promet, klimatske promjene, energetska učinkovitost, fosilna goriva, ekološka poboljšanja, održivi oblici energije

SUMMARY

Road transport is the most developed branch of the transport system. With its great advantages, it facilitates the transport of people and goods. On the other hand, it consumes the most energy and thereby pollutes the environment and contributes to climate change. Road vehicles still use fossil fuels in large quantities for their propulsion, the combustion of which produces numerous exhaust gases. Such a way of functioning does not achieve good energy efficiency and reduces the initiative for environmental improvements. In order to achieve the greatest possible energy and environmental efficiency, it is necessary to develop and improve sustainable forms of energy in road transport, which is the topic of this final thesis. In addition to sustainable forms of energy, alternative fuels can also be used, which are only substitutes for conventional fuels and do not have as great an environmental contribution as sustainable energy. Sustainable forms of energy are seen in the energy of the sun, wind, water, geothermal energy, biomass energy and biofuel, and hydrogen. Each sustainable form has its advantages as well as

disadvantages. In this paper, they are analyzed in detail and the potential of each form of energy is investigated, as well as the possibility of use and application in road traffic.

KEY WORDS: road traffic, climate change, energy efficiency, fossil fuels, ecological improvements, sustainable forms of energy

SADRŽAJ:

1.	UVOD	1
2.	PROMET I ENERGIJA	2
2.1.	Korištenje energije u cestovnom prometu	2
2.2.	Negativan utjecaj pogonske energije na čovjeka i okoliš	5
2.3.	Korištenje alternativnih goriva u prometu	7
2.3.1.	Prirodni plin	8
2.3.2.	Alkoholi kao goriva	9
2.3.3.	Biogoriva	10
2.3.4.	Vodik	13
2.3.5.	Električna energija	16
3.	ODRŽIVI OBLICI ENERGIJE U CESTOVNOM PROMETU	20
3.1.	Energija sunca, vjetra i vode	22
3.2.	Energija biomase i biogoriva	25
3.3.	Vodik iz obnovljivih izvora energije	26
4.	BUDUĆNOST KORIŠTENJA ENERGIJE U CESTOVNOM PROMETU	28
5.	ZAKLJUČAK	30
	LITERATURA	32
	POPIS KRATICA	36
	POPIS SLIKA	36
	POPIS TABLICA	37
	POPIS GRAFIKONA	37

1. UVOD

Razvojem modernog društva, industrije i povećanog stupnja motorizacije u cestovnom prometu došlo je do problema energetske neučinkovitosti i ekoloških problema. Svakim danom sve se više govori o onečišćenju zraka koje generira cestovni promet što u konačnici dovodi do klimatskih promjena, lošeg zdravlja ljudi, poremećaja ciklusa rasta vegetacije, uznemiravanja životinjskog načina života i sl. Usprkos svim prednostima te brojnim tehničko-tehnološkim poboljšanjima u posljednje vrijeme cestovni promet još uvijek najviše doprinosi velikoj potrošnji energije za pogon motornih vozila, tj. iskorištava velike zalihe fosilnih goriva.

Fosilna goriva predstavljaju neobnovljive izvore energije koja u najvećoj mjeri doprinose ekološkim i energetske problemima. Shodno tome, sve više se teži prelasku na održive oblike energije za pogon cestovnih motornih vozila. Obnovljivi oblici energije mogu doprinijeti u svim područjima čovječanstva, ali ponajviše „zelenoj budućnosti prometa“.

Sukladno navedenom, svrha završnog rada je analizirati prometni sustav sa stajališta potrošnje energije, analizirati održive oblike energije u cestovnom prometu, te opisati njihov potencijal. Isto tako svrha rada je analizirati trendove i pretpostavke budućnosti razvoja i korištenja održivih oblika energije u cestovnom prometu.

Rad je koncipiran kroz 5 glavnih poglavlja, a koja su:

1. Uvod
2. Promet i energija
3. Održivi oblici energije u cestovnom prometu
4. Budućnost energije u cestovnom prometu
5. Zaključak.

Analiza cestovnog prometnog sustava sa stajališta potrošnje energije i negativnog utjecaja pogonske energije na čovjeka i okoliš prikazana je u drugom poglavlju.

Treće poglavlje opisuje sve vrste održive energije za pogon cestovnih motornih vozila s obzirom na njihov ekološki i energetski doprinos kao i njihove najvažnije rezultate.

Četvrto poglavlje opisuje pozitivne strane prelaska na potpuno održivi sustav pogonske energije i kako će izgledati bliska i daljnja budućnost pogonske energije.

2. PROMET I ENERGIJA

Cestovna motorna vozila uvjetuju razne tipove energije koje se koriste kao pogonsko gorivo. Cestovni promet je u aspektu potrošnje energije najizraženiji. Veliki razvoj prometne industrije kroz povijest dovodi do velike potrošnje energije, a rezultat toga je onečišćenje atmosfere i ograničenost neobnovljivih izvora energije, tj. fosilnih goriva. U skladu s navedenim, neprestano se teži tehnološkom poboljšanju cestovnih motornih vozila i to kroz implementaciju novih tehnologija motora čiji energetski sustav osigurava stabilnu opskrbu energijom kao i smanjenu energetske potrošnje. Globalna slika svakodnevno se mijenja, stoga je neophodno održive oblike energije smatrati jednim od ključnih čimbenika budućeg razvoja cestovnih vozila, ali i općenito cijelog planeta Zemlje.

2.1. Korištenje energije u cestovnom prometu

Razvoj cestovnog prometa započinje pojavom ljudske civilizacije. Svakodnevno kretanje ljudi, robe i dobara rezultiralo je izumima prijevoznih sredstava i gradnjom prometne infrastrukture. Pojava kotača predstavlja početak konstruiranja prvih cestovnih vozila. Najstarije cestovno vozilo bila su kola koje je bilo upregnuto pomoću životinje.

Vrlo brzim razvojem parnog stroja u lokomotivi i brodu, javlja se sve veća težnja da se parni stroj ugradi i u cestovno vozilo kako bi se zamijenila životinjska energija. Zabilježen je veliki broj cestovnog vozila na parni pogon ali ni jedan takav projekt nije u potpunosti zaživio.. Može se navesti primjer iz 1769. godine kada je francuz *N.J. Cugnot* konstruirao prvi automobil na parni pogon. Parni stroj pomoću kojega se upravljalo automobilom bio je smješten ispred prednjeg kotača. Nedostatak je predstavljala mala brzina od 5 km/ h, vozilo nije moglo povući masu veću od 5 t te se moralo zaustavljati svakih 12 do 15 min kako bi se postigao određen tlak pare [1].

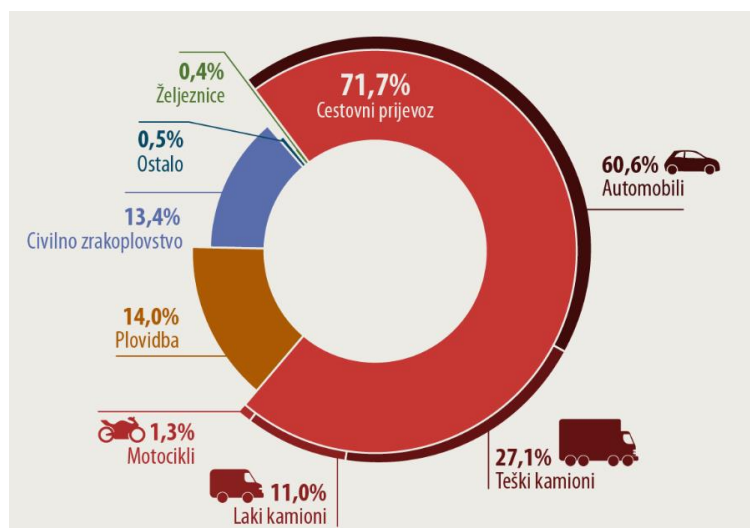
Konstantno usavršavanje parnog pogona nije davalo odgovor na pitanje kako riješiti problem prevelike mase i nespretnosti za rukovanje. Stoga je bilo potrebno otkriti neki novi oblik pogona, a to se dogodilo 1876. godine u Njemačkoj izumom benzinskog motora s unutarnjim izgaranjem. Prvi takav automobil s benzinskim motorom (Slika 1.) stvorio je i stavio u prodaju Karl Benz [2]. Taj događaj ubrzao je razvoj automobilske industrije pa tako dolazi do izuma dizel motora.



Slika 1. Prvi automobil Karla Benz-a, [2]

Razvoj automobila smatra se velikim napretkom čovječanstva, no s druge dovodi do velikih posljedica. Naime danas svjedočimo velikom stupnju motorizacije čija te pretjeranoj potrošnji fosilnih goriva čijim izgaranjem dolazi do direktnog negativnog utjecaja na čovjeka i okoliš.

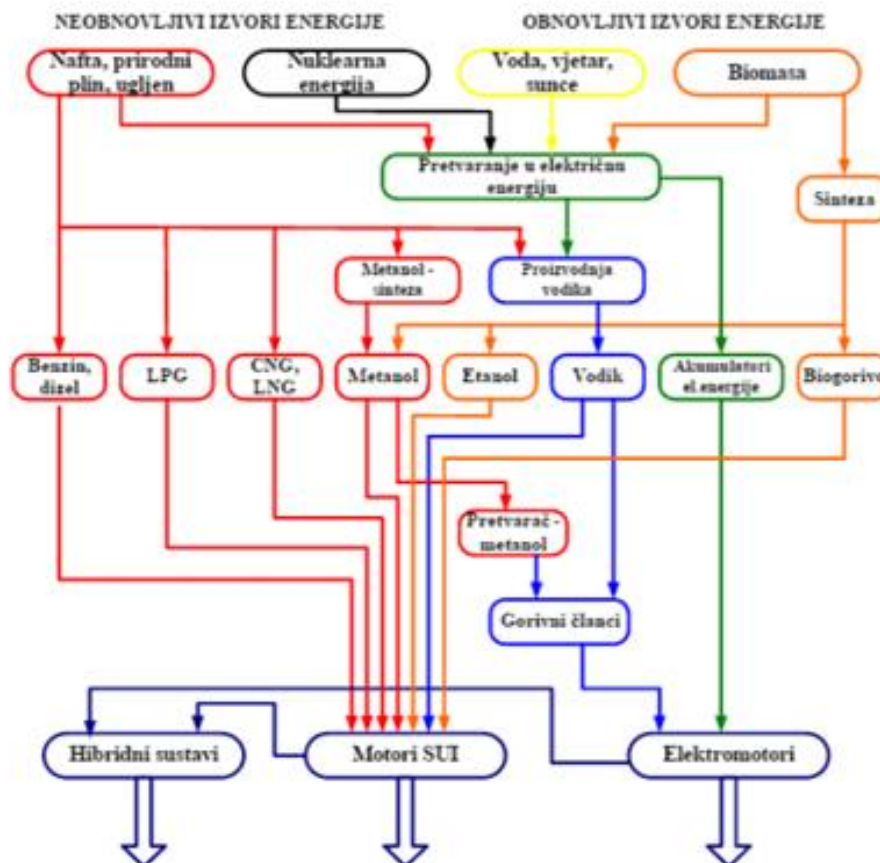
Korištenje energije u cestovnom prometu treba biti optimalno što u realnosti nije baš primjenjivo. Promet u ukupnoj energetskej potrošnji ima udio od 30%, a u emisijama stakleničkih plinova u EU oko 25%, od čega 71,7% generira cestovni promet [3]. Na slici 2. je vidljiva raspodjela emisije štetnih plinova po tipu prometa na području Europske unije pa je tako cestovni promet najveći generator štetnih plinova.



Slika 2. Štetne emisije prometnog sektora na području EU, [4]

Struktura izvora energije dijeli se na neobnovljive i obnovljive izvore energije kao što je prikazano na slici 3. Današnja motorna vozila većinom koriste neobnovljive izvore energije u koje spadaju nafta, prirodni plin, ugljen i nuklearna energija. Najvažniji su nafta, ugljen i prirodni plin koje nazivamo fosilnim gorivima. Nafta odnosno naftni derivati: dizel i benzin, osnovni su oblici pogonske energije bez kojih cestovni, ali i ostale grane prometa ne bi mogle obavljati svoju funkciju [5].

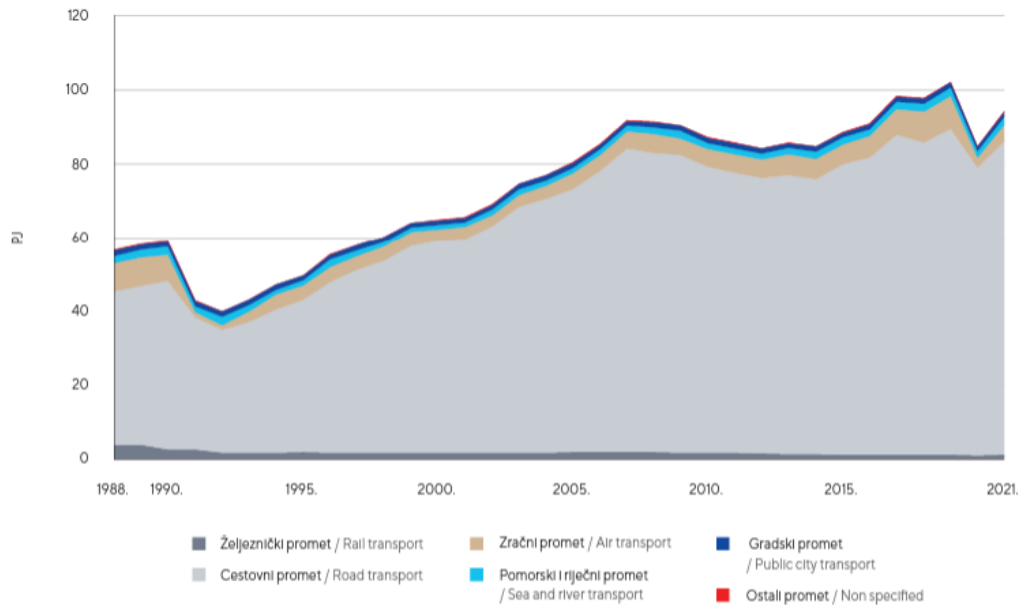
Fosilna goriva koja se koriste u cestovnom prometu sastoje se od ugljika i vodika. Kada bi takvo gorivo bilo podvrgnuto „idealnom izgaranju“ u atmosferu bi odlazio samo ugljični dioksid i vodena para. Međutim, pri radu vozila na motorni pogon dolazi do nepotpunog izgaranja koje uzrokuje gubitak dijela energije sagorijevanja i stvaranje štetnih plinova koji se ispuštaju u atmosferu.



Slika 3. Struktura izvora energije za pogon cestovnih vozila, [6]

Kako u svijetu, tako i u Hrvatskoj, korištenje energije u cestovnom prometu povećava se iz godine u godinu. Na Grafikonu 1. prikazana je potrošnja energije u pojedinim vrstama

prometa za razdoblje od 1988. do 2021. godine na temelju kojeg se zaključuje da je u 2021. godini ostvareno povećanje potrošnje energije u svim vrstama prometa posebice u cestovnom.



Grafikon 1. Potrošnja energije u prometu na području RH, [7]

Struktura oblika potrošnje energije u prometnom sustavu Republike Hrvatske prikazana je na tablici 1. Može se primijetiti da se dizelsko gorivo i motorni benzin najviše upotrebljavaju.

Tablica 1. Struktura oblika potrošnje energije u prometu, [7]

	2016.	2017.	2018.	2019.	2020.	2021.	2021./20.	2016.-21.
	PJ						%	
Tekuća biogoriva / Liquid biofuels	0,04	0,02	1,13	2,62	2,74	3,82	39,1	143,4
Ukapljeni plin / LPG	3,32	3,32	3,30	3,09	2,48	2,59	4,7	-4,8
Prirodni plin / Natural gas	0,15	0,18	0,18	0,17	0,13	0,17	30,6	1,9
Motorni benzin / Motor gasoline	23,28	22,40	21,76	20,77	17,23	19,31	12,0	-3,7
Mlazno gorivo / Jet fuel	5,60	6,61	8,14	8,78	2,47	4,40	78,0	-4,7
Dizelsko gorivo / Diesel oil	57,48	64,68	62,08	65,53	58,68	62,73	6,9	1,8
Loživa i motorna ulja / Fuel oils and lubricants	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	-	-
Električna energija / Electricity	1,09	1,16	1,23	1,20	1,13	1,24	10,0	2,6
UKUPNO / TOTAL	90,96	98,37	97,82	102,17	84,87	94,27	11,1	0,7

2.2. Negativan utjecaj pogonske energije na čovjeka i okoliš

Zahvaljujući mogućnosti da stigne i do najudaljenijih i najmanjih područja i naselja, cestovni promet je postao najrazvijenija grana prometa. Gusta cestovna mreža i male, ali i mnogobrojne prijevozne jedinice koje se prilagođavaju prijevozu putnika i tereta, omogućuju tzv. „prijevoz od vrata do vrata“ u željeno vrijeme, te brzinom, cijenom i kvalitetom koje

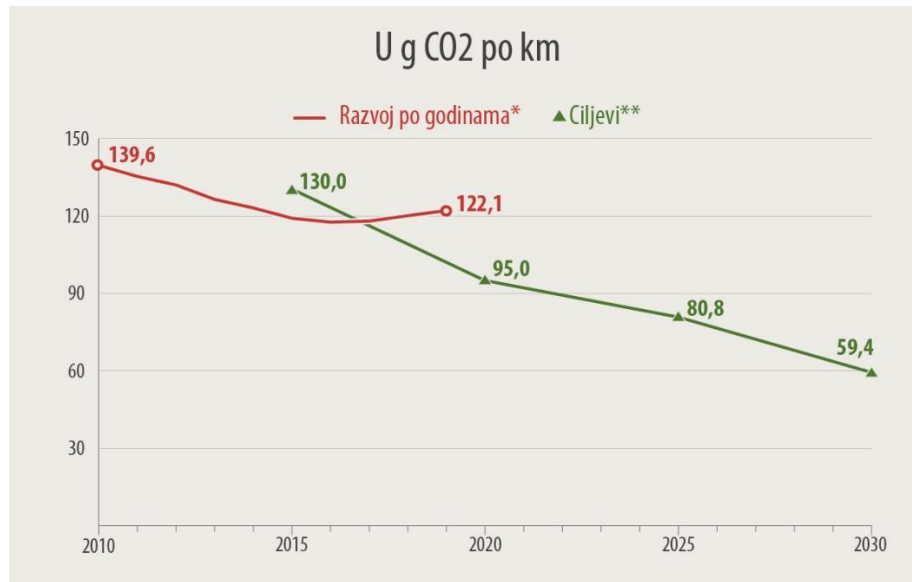
odgovaraju korisnicima. Danas je svijet preplavljen automobilima. Upravo taj dinamički razvoj cestovnog prometa u svijetu i kod nas je izazvao nepoželjne i nepredvidive posljedice za čovjeka i okoliš. Tijekom šezdesetih godina u velikim svjetskim gradovima se pojavio problem velike koncentracije štetnih tvari u zraku i okolišu, a uzrok tome jest posljedica procesa transformacije energije u motoru odnosno izgaranjem goriva u motoru se stvara toplina koja se pretvara u mehaničku energiju [8]. Drugim riječima izgaranjem goriva nastaju štetni ispušni plinovi. Iako je tehnološki i tehnički razvoj proizvodnje vozila utjecao na smanjenje emisije štetnih plinova u atmosferu i dalje dolazi do onečišćenja zraka i stvaranja stakleničkih plinova, a udio vozila koji koriste održive oblike energije je vrlo mali.

Glavni onečišćivači zraka koji nastaju izgaranjem fosilnih goriva su: čestice, dušikov dioksid, ozon, sumporov dioksid, ugljikov monoksid, benzen i toksični metali. Navedene tvari štetno djeluju na zdravlje čovjeka posebice na dišni sustav što može prouzrokovati bolesti respiratornih organa, zatim nadražuju oči, uzrokuju glavobolju, umor, kašalj [8]. Sitne lebdeće čestice (PM_{2,5}) u zraku mogu skratiti očekivano trajanje života.

Prilikom izgaranja fosilnih goriva također dolazi do stvaranja stakleničkih plinova koji u konačnici dovode do stvaranja efekta staklenika i globalnog zatopljenja. Najzastupljeniji staklenički plin je ugljikov dioksid - CO₂. Najvažniji svjetski problem nastao korištenjem cestovnih vozila na konvencionalan način pogona predstavlja globalna emisija ugljičnog dioksida (CO₂) što zapravo ugrožava opstanak na Zemlji. Zbog takvog načina pogona, promet je odgovoran za 25% emisija CO₂. Zanimljiva činjenica jest da prosječan automobil godišnje ispušta toliko CO₂ koliko je i sam težak [9], a taj podatak može u budućnosti porasti ukoliko se održivim oblicima pogonske energije ne pridoda veća važnost. Na tu činjenicu se može pridodati i podatak da su cestovna motorna vozila glavni onečišćivači zraka i čine čak 80% ukupnog onečišćenja okoliša štetnim tvarima [4] upravo zbog prekomjernog korištenja neodrživih oblika pogonske.

Energetika i ekološki problemi usko su povezani jer je nemoguće proizvoditi ili trošiti cestovno motorno vozilo bez ikakvog utjecaja na okoliš, ali i čovjeka. Sukladno tome, razvoj održivih oblika energije treba prilagoditi i toj stavki. Prilikom proizvodnje novih cestovnih vozila sve se više fokus stavlja na smanjenje onečišćenja zraka, potrošnje energije i stvaranja stakleničkih plinova pa je prelazak vozila na održive oblike pogonske energije najbolji način za postizanje navedenih kriterija. Važno je znati i da se ekološki problemi povećavaju korištenjem konvencionalne pogonske energije, a pošto su njeni izvori ograničeni javlja se energetska kriza što je još jedan dobar razlog za uvođenje održivijih oblika energije za pogon cestovnih motornih

vozila. U skladu s navedenim negativnim utjecajima na čovjeka i okoliš, u posljednje vrijeme nastoji se smanjiti udio vozila pogonjena fosilnim gorivima i sve više se proizvode vozila na alternativna goriva koja imaju puno manji utjecaj na čovjeka i okoliš pa tako grafikon 3. prikazuje ciljeve smanjenja CO₂ u budućnosti primjenjujući vozila na održive oblike pogonske energije.



Grafikon 2. Razvoj CO₂ iz novih osobnih vozila primjenjujući održive oblike energije, [4]

2.3. Korištenje alternativnih goriva u prometu

Količina naftnih derivata svakim danom se smanjuje zbog povećanja motornih vozila na cestovnoj prometnoj infrastrukturi. Stoga je potrebno bazirati se na novim oblicima energije koji će biti dostupniji, energetske i ekološke održivi te zadovoljiti ljudske potrebe uz što manje negativnih posljedica. Postoje raznolika alternativna rješenja za zamjenu naftnih derivata odnosno neobnovljivih izvora energije. Takva alternativna rješenja točnije alternativna goriva trebaju služiti kao nadomjestak za izvore fosilnih goriva u opskrbi prometa energijom i koji imaju potencijal poboljšanja ekološke i energetske učinkovitosti u cestovnom prometnom sustavu [6]. U njih ubrajamo:

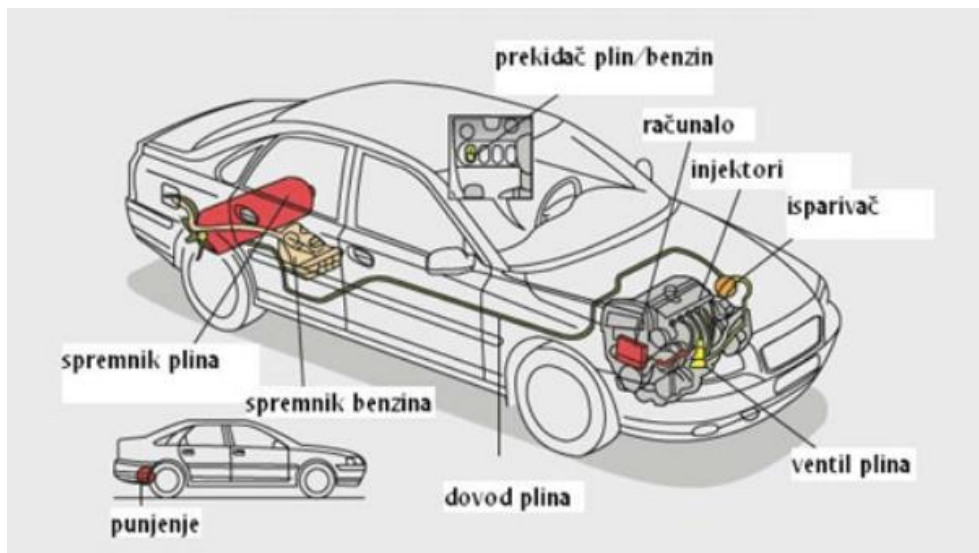
- prirodni plin
- alkoholna goriva
- biogoriva
- vodik
- električna energija.

2.3.1. Prirodni plin

Drugi naziv za prirodni plin je zemni plin te predstavlja smjesu više plinova od kojih je najzastupljeniji metan što omogućava jednostavniju kemijsku strukturu i time pruža manje štetnih emisija. U manjem omjeru se još nalaze etan, propan i butan. Uz naftu i ugljen jedan je od vrlo rasprostranjenih energenata u cestovnom prometu. U motornim vozilima se koristi u obliku stlačenog prirodnog plina (SPP), ukapljenog naftnog plina (UNP) i ukapljenog prirodnog plina (UPP) [6].

Primjena ove vrste održive energije ima svoje i pozitivne i negativne strane. Pozitivna strana se promatra kroz ekonomsku vrijednost jer je korištenje prirodnog plina za oko 65 % jeftinije od benzina i dizela. Neštetan je za ljudsko zdravlje, lakši je od zraka, da bi se zapalio potrebna je vrlo visoka temperatura, ima značajno manje štetnih emisija, ima ga u neograničenoj količini, pogodan je za sve vrsta vozila i omogućava tiši rad motora. S druge strane, nedostatak se najviše manifestira u skladištenju i transportu plina, zatim manjem prtljažnom prostoru osobnog vozila te nedostatku prometne infrastrukture [8][10][11]. Za skladištenje i transport plina moraju se koristiti vozila posebne konstrukcije koja trebaju osigurati potpunu nepropusnost plina i tekućine, izdržati sva opterećenja proistekla od tlaka i temperature plina, izolacija mora osigurati što manje isparivanja plina i sl. [12].

Energetski sadržaj jednog kilograma SPP odgovara oko 1,3 litara dizela, oko 1,5 litara benzina ili oko 1,9 litara UNP, a njegov najveći kriterij za ugradnju takvog sustava je spremnik većeg volumena. Opravdanje tome jest manja gustoća po litri goriva. Također ova vrsta prirodnog plina povećava težinu spremniku 5-7 puta [8]. Ekološka i energetska osviještenost se izjašnjava kroz smanjenje troškova eksploatacije, niže troškove održavanja, čišće izgaranje, dulji životni vijek motora [13]. Upravo te činjenice potiču svakodnevni rast proizvodnje cestovnih motornih vozila na takav način pogona. UNP se rjeđe koristi zbog visoke ekonomske vrijednosti i težeg rukovanja od SPP-a, dok je UPP pogodniji u pomorskom prometu i unutarnjim plovnim putevima naspram cestovnom prometu. Ugradnja plinske instalacije u vozilo je vrlo zahtjevna, a shematski je prikazana na slici 4.



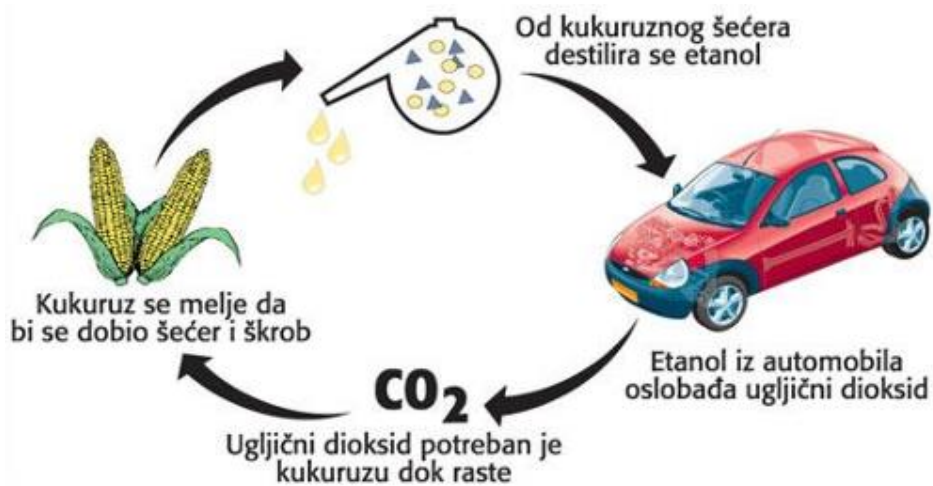
Slika 4. Shematski prikaz instalacije prirodnog plina u cestovnom motornom vozilu, [11]

2.3.2. Alkoholi kao goriva

Alkoholi u službi pogonskog goriva mogu poslužiti kao zamjenska goriva ili za dobivanje vodika za gorive ćelije. S druge strane, kao primarno gorivo nisu najbolje rješenje zbog skupe proizvodnje. Danas se najčešće koriste dvije vrste alkohola u cestovnom prometu, a to su etanol i metanol. Njihova najveća razlika jest da je etanol manje toksičan i obnovljiva je tekućina jer se izrađuje od šećerne trske naspram metanola koji se izrađuje od fosilnih goriva [14].

Dakle, alkoholi (metanol i etanol) se miješaju s benzinom ili dizelom. Važno je prilikom korištenja ovog načina konceptualno prilagoditi motor, tj. uređaj za ubrizgavanje goriva. Najpogodnija je primjena alkohola kod dizelskih motora jer takav način omogućava smanjenje čađe i dušikovih oksida NO_x [8]. Etanol se mora miješati s benzinom jer je loš za hladno paljenje pa ne izgara dosta brzo i teško je nabaviti 100 % čisti etanol [15]. Način proizvodnje etanola i kako utječe na promet i okoliš je prikazano na slici 5.

Istraživanja dubinskom analizom pokazala su kako je metanol proizveden od šumskog otpada glavna alternativa za benzin te može dugoročno funkcionirati bez ikakvih obrada. U njegovoj proizvodnji se moraju koristiti obnovljivi izvori energije kako bi se spriječio negativan utjecaj etanola na klimatske promjene [10].

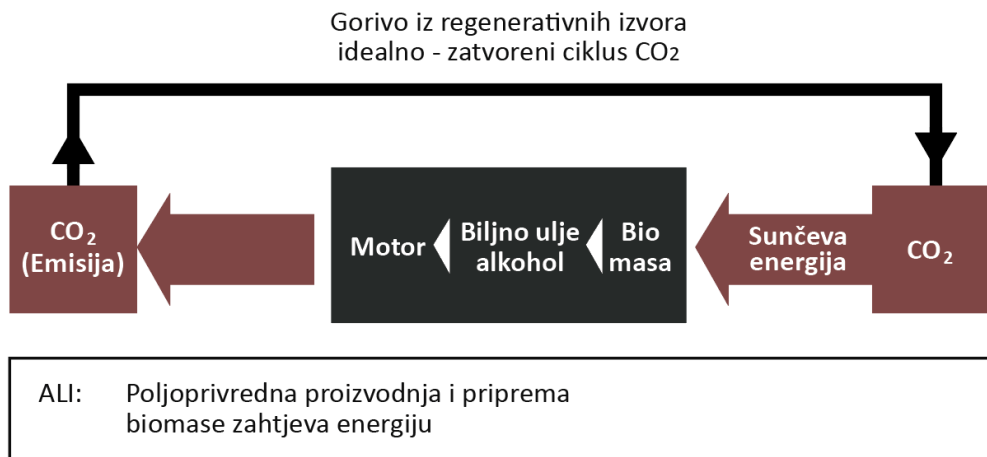


Slika 5. Proizvodnja etanola i njegov utjecaj na cestovni promet i okoliš, [16]

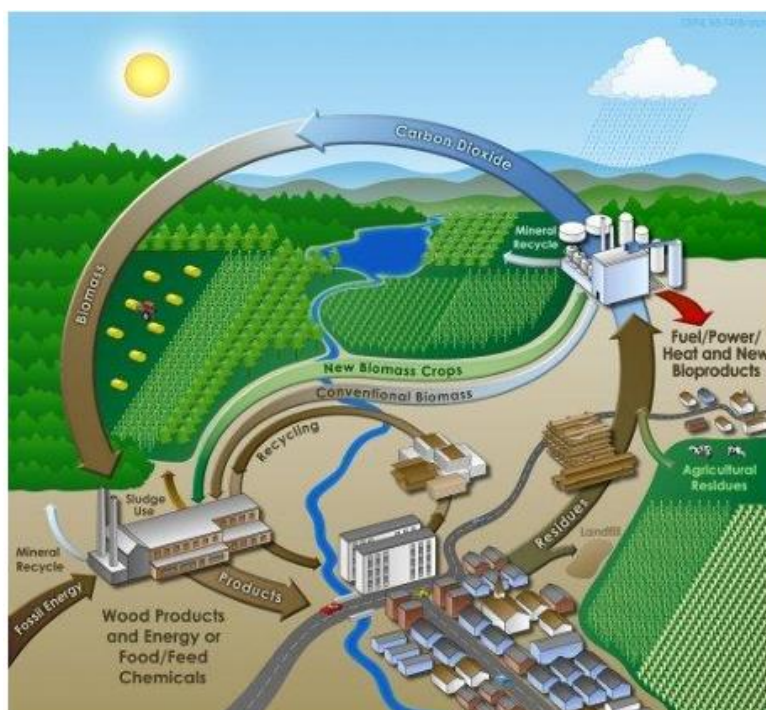
2.3.3. Biogoriva

Kako im sam naziv govori, biogoriva nastaju od bioloških tvari odnosno preradom biomase. Takva goriva u kolokvijalnom smislu se definiraju kao kapljevita ili plinovita goriva koja se proizvode od biljaka i njihovih nusprodukata, npr. suncokret, uljana repica. Naspram fosilnim gorivima, biogoriva stvaraju znatno manju količinu stakleničkih plinova i stoga bi njihova uporaba omogućila značajnu redukciju efekta staklenika. Stoga se u današnje vrijeme takva goriva smatraju važnim sredstvom smanjenja ispušnih plinova koji se ispuštaju u atmosferu te alternativom neobnovljivim fosilnim gorivima [17].

Glavne prednosti ove održive energije jest da je proizvodnja neograničena odnosno biljke koje se koriste za proizvodnju nikad neće ponestati te ukupni ugljikov trag jednak je nuli zbog zatvorenog ugljikova kruga. Taj zatvoreni ugljikov ciklus podrazumijeva da biljke koje se koriste za proizvodnju goriva iz atmosfere uzimaju ugljikov dioksid CO₂ i vraćaju kisik u postupku fotosinteze. Zatim se izgaranjem biogoriva iz atmosfere uzima kisik i ispušta ugljikov dioksid CO₂ [17]. Idealno biogorivo bi pri sagorijevanju emitiralo samo onoliko CO₂ koliko je za vrijeme rasta preuzelo iz zraka, a to podrazumijeva navedeni zatvoreni ciklus CO₂ bez povećanja CO₂ u atmosferi kako je prikazano na Slici 6. Fotosinteza omogućava da ireverzibilni proces sagorijevanja fosilnog goriva ponovo postane reverzibilan i kod toga će oslobođeni CO₂ i H₂O u atmosferi postati biomasa pomoću sunčeve energije. Biomasa podrazumijeva organsku tvar nastalu porijeklom biljnog ili životinjskog svijeta [8]. Proces stvaranja biomase u okolišu je prikazan na Slici 7.



Slika 6. Zatvoreni ciklus CO₂ koji nije realizirajući, [8]



Slika 7. Biomasa i okoliš, [19]

S druge strane kao nedostatak proizvodnje biogoriva se može navesti loš utjecaj na tržište hrane jer bi korištenje prehrambene kulture u svrhu proizvodnje goriva rezultiralo većim siromaštvom i gladi. Također, povećana prenamjena šuma, travnatih površina i sl. za uzgoj poljoprivrednih kultura za proizvodnju biogoriva bi povećala emisiju stakleničkih plinova posebice dušikov oksid uporabom umjetnih gnojiva koji ima jači utjecaj nego ugljikov dioksid. Shodno tome, proizvodnja biogoriva se usmjerava na biljke koje nemaju nikakvu vrijednost na tržištu hrane [17].

Ovisno o vrsti materijala za proizvodnju, troškovima proizvodnje, emisiji CO₂, biogoriva se dijele na prvu, drugu i treću generaciju. Potreba za drugom i trećom generacijom se pojavila jer biogoriva prve generacije mogu nadomjestiti samo mali postotak svjetske potrebe za gorivom. Podjela biogoriva na prvu i drugu generaciju se nalazi na tablicama 2. i 3. dok treća generacija se temelji na proizvodnji biogoriva korištenjem algi. Prema istraživanjima, treća generacija ima najveću energetska učinkovitost jer alge mogu proizvesti i do trideset puta više energije po hektaru zemljišta od žitarica kao što je soja te su biorazgradive [19]. Na prikazanim tablicama se također vidi koja je primarna biljka za proizvodnju i proces proizvodnje. Dakle, prva generacija biogoriva koristi konvencionalne tehnologije, a primarna materija je šećer, žitarice, biljna i životinjska mast, uljarice. Druga generacija biogoriva koristi većinom neprehrambene kulture što čini glavnu razliku između prve i druge generacije biogoriva.

Tablica 2. Biogoriva prve generacije

Vrsta biogoriva	Specifični naziv	Polazna tvar	Proces proizvodnje
Bioetanol	Konvencionalni bioetanol	Šećerna repa i zrno žitarice	Hidroliza i fermentacija
Biljno ulje	Čisto biljno sirovo ulje	Uljarice (npr. uljana repica)	Hladno prešanje/ekstrakcija
Biodizel	Biodizel od biomase	Uljarice (npr. uljana repica)	Hladno prešanje/ekstrakcija i transesterifikacija
Biodizel	Biodizel od otpadnog jestivog ulja	Otpadno ulje iz friteza, životinjske masnoće	Transesterifikacija
Bioplin	Pročišćeni bioplin	Biomasa i stajski gnoj	Fermentacija
Bio-ETBE	Etil-ter-butil-eter bioetanol	Bioetanol	Kemijska sinteza

Izvor: [17]

Tablica 3. Biogoriva druge generacije

Vrsta biogoriva	Specifični naziv	Polazna tvar	Proces proizvodnje
Bioetanol	Celulozni bioetanol	Lignocelulozni materijali	Hidroliza i fermentacija
Sintetska goriva	Sintetski biodizel, biometanol, BTL - biomasa u gorivo	Lignocelulozni materijali	Uplinjavanje i sinteza
Biodizel (hibridno gorivo između prve i druge generacije)	Hidrogenirani biodizel	Biljna ulja i životinjske masti	Hidrogenacija
Bioplin	SNG (sintetski prirodni plin)	Lignocelulozni materijali	Uplinjavanje i sinteza
Biovodik	/	Lignocelulozni materijali	Uplinjavanje i sinteza

Izvor: [17]

Biodizel kao vrsta biogoriva je najraširenije biogorivo koje se koristi gotovo u svim cestovnim motornim vozila. Njegove prednosti se sagledavaju s ekološke, ekonomske, energetske i tehničke strane kao što je prikazano na tablici 4. U potpunosti je prilagođen

postojećoj konstrukciji motora i sadržava razne zahtjeve vezano s energetske strane. Može se upotrijebiti kao gorivo za dizel motore u čistom obliku ili kao mješavina sa fosilnim dizel gorivom u određenom postotku [21]. Nedostatak bioetanola kao još jedne vrste biogoriva jest što zahtijeva određene preinake na pogonu motornih vozila što daje veliku prednost biodizelu.

Tablica 4. Prednosti biogoriva naspram fosilnim gorivima

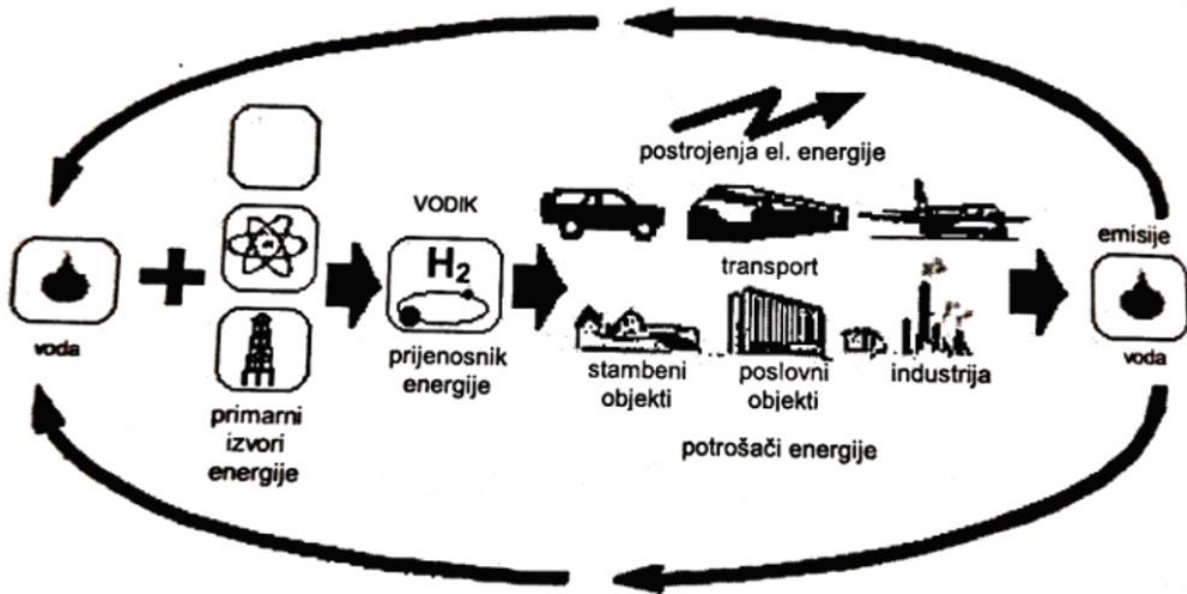
Ekološka prednost	smanjenje štetnih emisija CO ₂ , SO ₂ ispušnih plinova; nema čađe; biorazgradiv i neotrovan
Energetska prednost	primarne sirove su obnovljive smanjenje potrebe za uvozom fosilnog goriva
Ekonomska prednost	povećanje zaposlenosti, domaće industrijske i poljoprivredne proizvodnje; smanjenje ovisnosti od uvoza sirove nafte i naftnih derivata
Tehnička prednost	produžava radni vijek motora; potpunije sagorijevanje; nisu potrebne nikakve preinake na motoru i sustavu ubrizgavanja goriva; ne zahtijeva posebne izmjene kod transportnih i skladišnih sistema

Izvor: [20]

2.3.4. Vodik

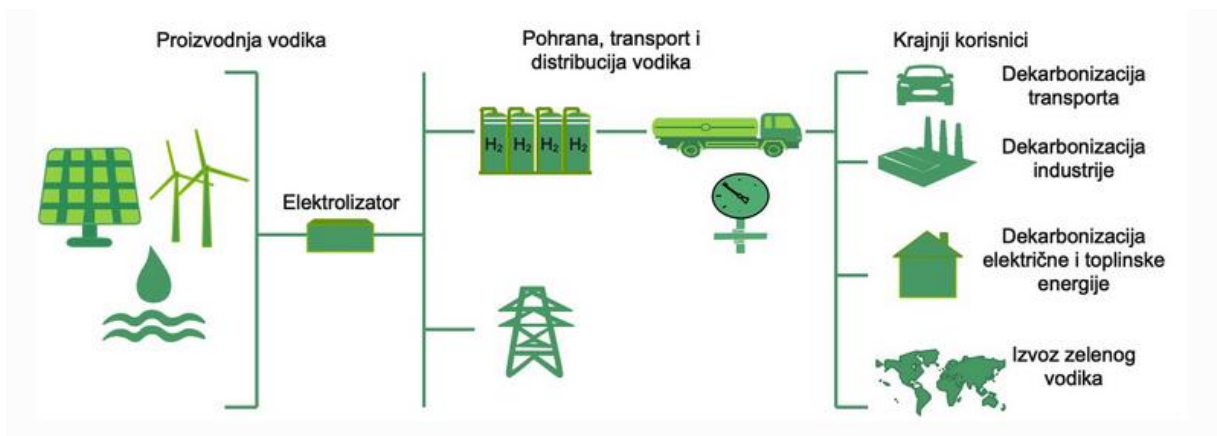
Kao alternativno gorivo može se navesti i vodik, međutim on se smatra i kao održiv oblik energije u cestovnom prometu stoga će se ovdje vodik prikazati kao oba dva segmenta. Vodik igra veliku ulogu u proizvodnji i korištenju održive energije u budućnosti svijeta i Europe jer bi trebao zamijeniti plin, naftu, ugljen i ostala fosilna goriva. Kao pogonsko gorivo može se uvesti u sve sektore prometa, a sama tehnika i tehnologija je toliko napredovala da danas postoje ultralaki gorivi članci te spremnici vodika koji se koriste u zrakoplovima i dronovima. Posebno je važan segment za dekarbonizaciju teretnog cestovnog prijevoza na velike udaljenosti [21].

Kolokvijalno se vodik može definirati plinom bez boje, mirisa i okusa i najlakša je tvar poznata čovjeku. Ono predstavlja gorivo budućnosti zbog svojih mnogobrojnih prednosti, a najvažnija je što je to obnovljivo gorivo te ako se kombinira s obnovljivim izvorima energije daje ekološki i trajan prihvatljiv energetski sustav što se može vidjeti na slici 8. No, upotreba vodika kao alternativno gorivo i kao održivog oblika energije u cestovnom prometu ima još neriješenih ekonomskih i tehnoloških pitanja odnosno tehnologija proizvodnje je slabo rasprostranjena.



Slika 8. Vodik kao obnovljivo gorivo, [8]

Kako funkcionira vodikov vrijednosni lanac od proizvodnje do potrošnje je shematski prikazano na slici 9. Vodik se može proizvoditi iz vode pomoću raznih postupaka, npr. solarna energija, energija vjetra, plima, oseka, elektroliza, pomoću morskih valova [8], ali i iz fosilnih goriva, obnovljivih izvora itd. kako je prikazano na grafikonu 3. Proizvodnja se treba bazirati na proizvodnji niskougljičnog vodika s ciljem dobivanja obnovljivog vodika s niskim udjelom ili u potpunosti bez CO₂ emisija.



Slika 9. Shema vodikovog vrijednosnog lanca od proizvodnje do potrošnje, [21]



Grafikon 3. Svjetska proizvodnja vodika ovisno o vrsti primarnog izvora, [22]

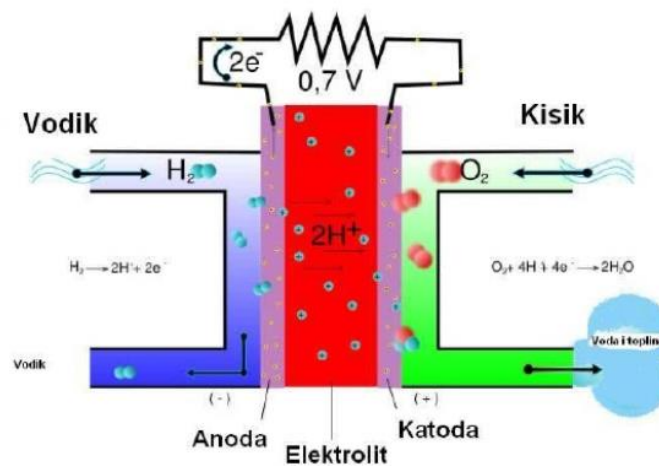
Skladištenje i transport vodika jedan su od najvećih problema ove održive energije. On se može distribuirati cjevovodima, ali najviše se prevozi posebnim prikolicama za tekući plin ili spremnicima za plinoviti, tj. stlačeni vodik koji imaju propisani tlak i temperaturu i velike su mase pa se teži unapređenju te činjenice kako bi se razvoj ove održive energije brže razvijao i stavio u upotrebu.

Ovaj način održive energije omogućava povezivanje električnih i toplinskih sustava na fleksibilan način i pritom ističući komplementarnost i sinergiju između električnih mreža i plinskih sustava. Da bi se to postiglo, koriste se vodikove gorive ćelije ili gorivi članak.

Goriva ćelija je elektrokemijski uređaj koji izravno pretvara energiju goriva u električnu energiju i toplinu. Ono pomoću reaktanata, tj. pomoću vodika i kisika na elektrodama konvertira kemijsku energiju goriva u električnu energiju i toplinu za pogon vučnih vozila. Stoga, gorive ćelije većinom pripadaju električnim vozilima koji struju koriste iz sustava gorivih ćelija. Kao i baterija, goriva ćelija sastoji se od dvije elektrode (anoda i katoda) uronjenih u elektrolit koji prenosi električno nabijene čestice između njih. Često se koristi i katalizator kako bi se ubrzala reakcija na elektrodama [22].

Princip rada gorive ćelije (slika 10.) može se lakše objasniti na razvijenom sustavu s vodikom kao gorivo i kisikom kao oksidansom. Kada se vodik i kisik u plinskom stanju dovedu u kontakt i aktiviraju, međusobno reagiraju, spajaju se u vodu i oslobađaju energiju. Drugim riječima kada vodik reagira s kisikom u gorivoj ćeliji jedini rezultat je voda te nema štetnih emisija iz ispušne cijevi vozila. Zato se kaže da su gorivi članci visoko djelotvorni pretvarači

energije [25] i imaju visoku energetska gustoću odnosno 1 kg vodika sadrži energije koliko i 3,3 litara diesela.



Slika 10. Princip rada gorive ćelije, [26]

2.3.5. Električna energija

U današnje vrijeme zbog velikih klimatskih promjena, ekološki i energetska zahtjevi za proizvodnju cestovnih motornih vozila postaju sve stroži. Sukladno tome električna energija za pogon cestovnih vozila postaje optimalno rješenje. Električna vozila trebaju omogućiti temeljni doprinos održivom sustavu mobilnosti i imati važnu ulogu u prijelazu na niskougljično društvo. Zbog kratkog dometa upotrebom električne energije za pogon cestovnih vozila, u sklopu električne energije razvijen je hibridni pogon koji podržava spoj i električnog motora i motora s unutarnjim izgaranjem. Svrha ovakvog pogona je korištenje više različitih izvora energija kako bi se postigla učinkovitija vožnja s ekološke strane, veća snaga motora, manja potrošnja goriva i sl. Dakle, hibridna vozila predstavljaju prijelaz sa vozila s motorom na unutarnje izgaranje na vozila sa električnom energijom odnosno strujom.

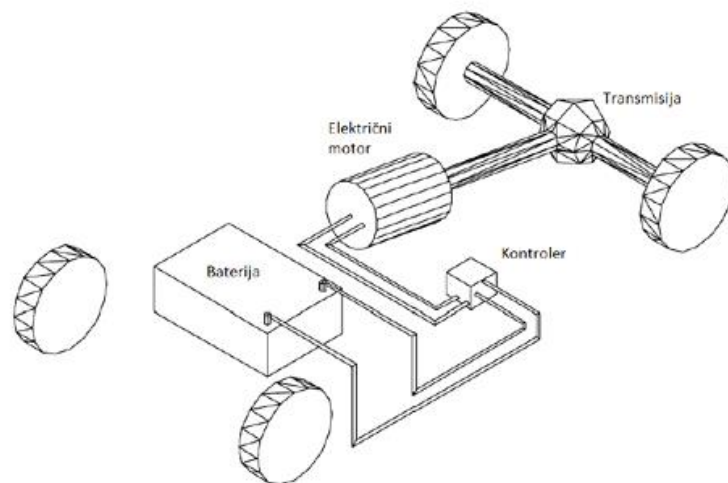
Razlika između konvencionalnih cestovnih vozila i električnih vozila se sagledava u pogonskom sustavu. Konvencionalna cestovna vozila imaju pogon na fosilna goriva dok su električna opremljena elektromotorom i baterijom koja služi za skladištenje energije. Također, električni pogon zahtijeva malo pokretnih dijelova kao i niske troškove održavanja. Zbog ugradnje automatskog mjenjača, smanjuju se vibracije i vozačev umor, zatim je smanjen utjecaj buke te se omogućava eliminacija emisija štetnih plinova [8][25]. Važno je napomenuti da električni motor prenosi preko 90% energije u učinkovitu snagu za razliku od motora s unutarnjim izgaranjem koji ima 25 do 30% energetske učinkovitosti [25]. Elektromotor ima

veliku prednost jer omogućava bolje ubrzanje naspram benzinskom motoru. Ostale pozitivne stvari korištenjem ovog održivog oblika energije predočene su na slici 11.



Slika 11. . Izračun potrošnje goriva i utjecaja na okoliš s aspekta električne energije, [25]

Primarni elementi korištenja ove održive energije jesu elektromotor, baterija i kontrolna jedinica, tj. kontroler, a shematski prikaz tih elemenata u vozilu je prikazan na slici 12. Postoji nekoliko vrsta elektromotora koji se razlikuju u strukturi i načinu rada pa se mogu navesti istosmjerni, izmjenični i univerzalni elektromotori.

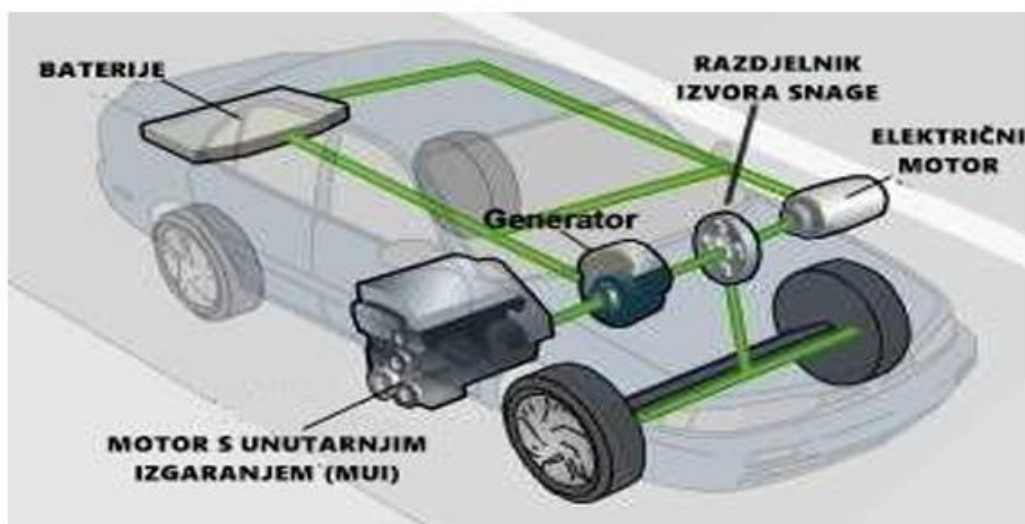


Slika 12. Shematski prikaz primarnih elemenata električnog pogona vozila, [26]

Baterija služi za skladištenje energije te je glavna i najskuplja stavka električnog pogona vozila, a puni se iz glavne električne mreže preko utičnice. Ona treba omogućiti pouzdanu pohranu električne energije u vozilu i time direktno utječe na njegovu autonomiju kretanja [27]. Shodno tome, tu se javlja problem mjesta punjenja, skladištenja, težine, dometa trajanja i recikliranja baterije. Naime, ova vrsta održive energije nije toliko razvijena zbog nedovoljne potrebne infrastrukture točnije javnih punionica električne energije, kapaciteta baterije i vremenskog trajanja punjenja baterije, ali ponajviše zbog ekonomske vrijednosti ulaganja.

Kontrolna jedinica predstavlja složeni upravljački elektronski sklop i čini funkcionalnu cjelinu s elektromotorom. Zadaća ovog elementa jest da upravlja radom motora odnosno da regulira broj okretaja i snagu elektromotora, ali i brzinu vozila. Također je namijenjen da uz pomoć računala istosmjerni napon baterija pretvara u izmjenični trofazni izvor za elektromotor te omogućava regenerativno kočenje. Taj pojam podrazumijeva kočenje kod kojeg se dio kinetičke energije sprema u neki drugi oblik energije umjesto da se u okolinu rasprši toplinom i time se postiže učinkovitiji rad vozila i energetska učinkovitost [28][21]. Drugim riječima, dio utrošene energije za kočenje vraća se u bateriju i ponovo iskorištava.

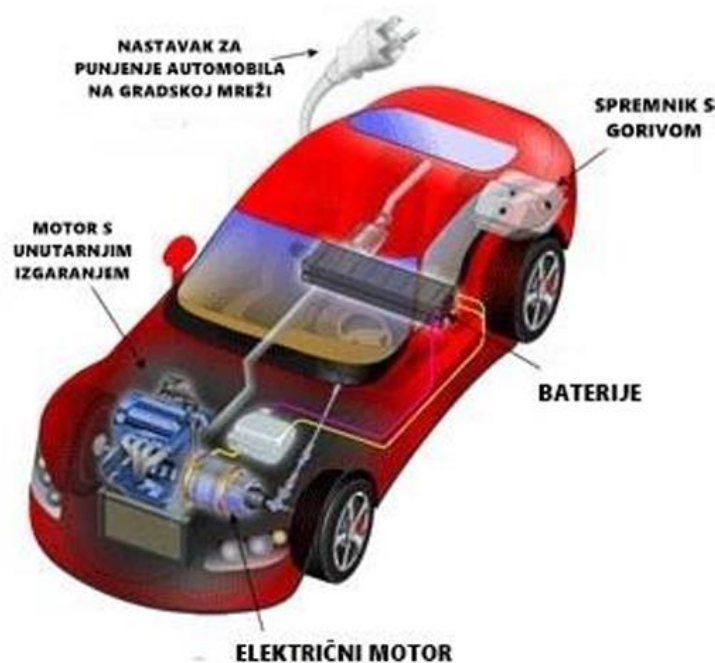
Sama konstrukcija hibridnog vozila je složena što utječe na ekonomsku vrijednost sustava (slika 13.), ali takvim načinom ispunjavaju se svi potrebni ekološki i energetske zahtjevi. Tijekom gradske vožnje koristi se elektromotor, a za duža putovanja motor s unutarnjim izgaranjem na dizel ili benzin.



Slika 13. Dijelovi hibridnog vozila, [27]

Razlika između hibridnog vozila i potpuno električnog vozila se sagledava u bateriji te punjenju i pražnjenju akumulatora. Vijek trajanja i veličina baterije su prvi problem kojim se susreću proizvođači prilikom izrade hibridne konstrukcije. Kod električnih vozila je važno postizanje velikih snaga, a kod hibridnih mogućnost bržeg punjenja i pražnjenja akumulatora [27]. Zadaća baterije jest da omogući dodatnu električnu energiju konvencionalnom motoru, npr. u slučaju ubrzavanja. Također, kapacitet akumulatora je manji kod hibridnog načina pogona stoga kombinacija s električnim pogonom daje pozitivne učinke.

Naspram konvencionalnim motorima, hibridni način pogona omogućava smanjenje CO₂ i do 35 % kao i ispuštanje onečišćujućih tvari u atmosferu, a to sve ovisi o sofisticiranosti hibridnog sustava [29]. U današnje vrijeme većinom se proizvode Plug-In hibridna motorna vozila (slika 14.) kod kojih se baterija puni priključivanjem u vanjski izvor električne energije za razliku kod običnih hibrida pri kojima se baterija puni prilikom usporavanja ili pretvorbe mehaničke energije u električnu tijekom vožnje. U slučaju nestanka goriva, Plug-In hibridi mogu nastaviti vožnju koristeći samo elektromotor te omogućavaju nultu emisiju štetnih tvari iz ispušnih cijevi što je velika prednost u odnosu na obične hibride kod kojih to nije moguće [29][30].

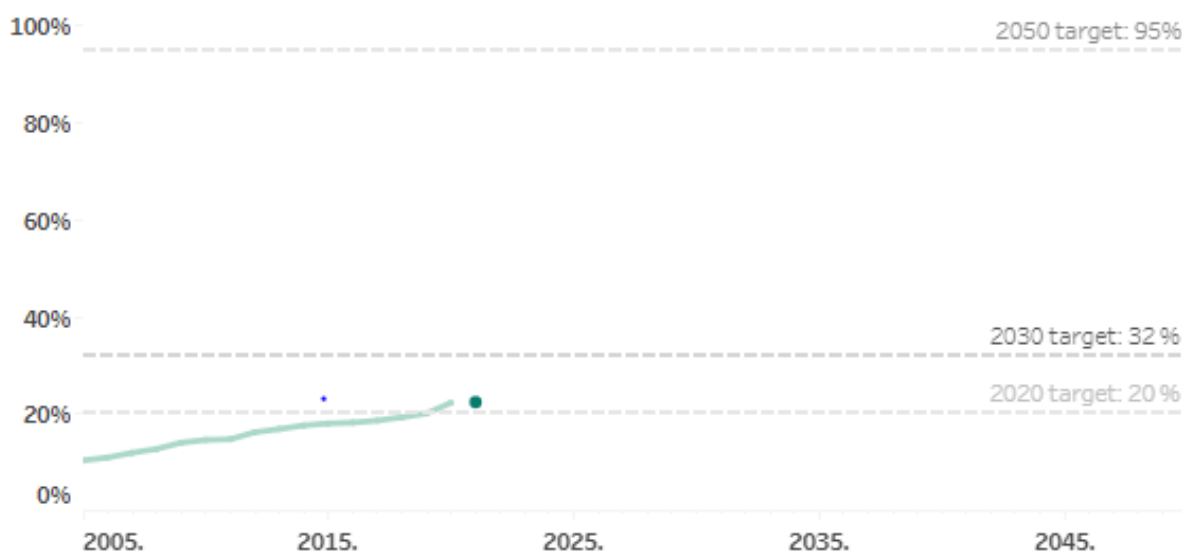


Slika 14. Plug-In hibridno vozilo, [27]

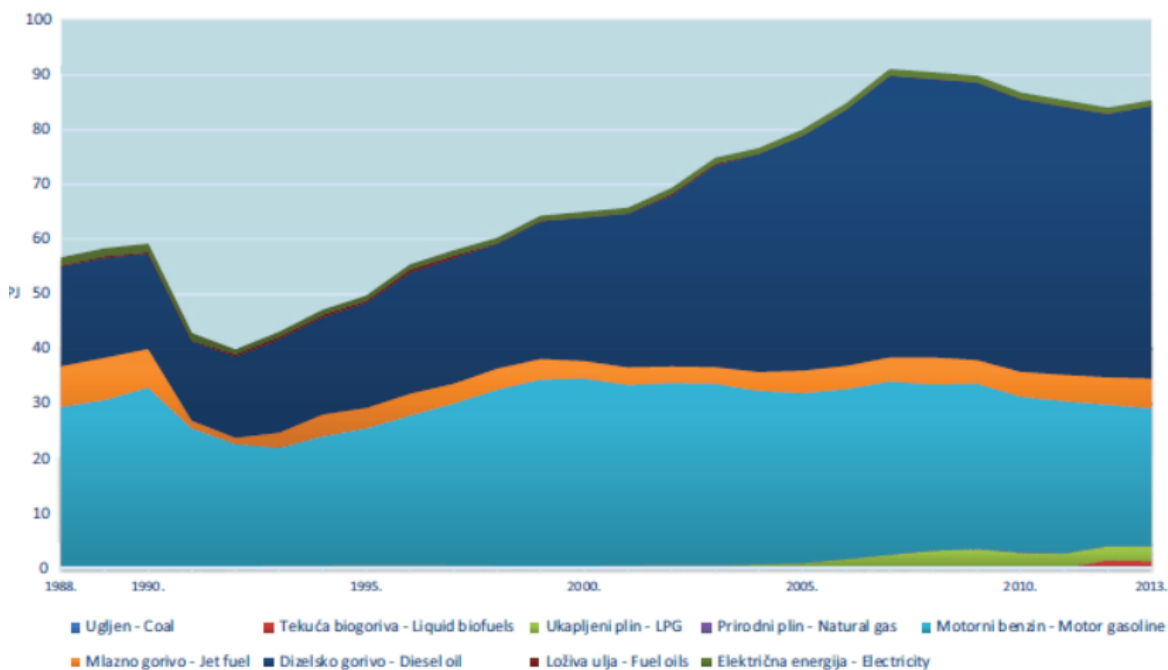
3. ODRŽIVI OBLICI ENERGIJE U CESTOVNOM PROMETU

Obnovljivi izvori energije su najčišći tip energije i svijet teži prema tome da se većina mobilnosti preusmjeri na održiv način pogona. Takvi oblici se odražavaju na energetske sustav tako što utječu na troškove proizvodnje električne i toplinske energije, kao i na troškove transportnog sektora. Ponajviše, takvi oblici energije dovode do značajnih promjena u utjecaju energetskog sustava na okoliš i čovjeka na način da smanjuju emisije stakleničkih plinova te osiguravaju neograničenu količinu zaliha energije [31].

Održivi oblici energije u prometu još nisu u potpunosti zaživjeli što dokazuje grafikon 4. Na grafikonu je vidljivo da se trenutno u prometu koristi oko 20% obnovljivih izvora energije, a cilj za 2030. je 32% i za 2050. 95% [32]. Najzastupljenije vrste pogonske energije u prometu te njihov udio korištenja je grafički prikazano na grafikonu 5. iz kojeg se zaključuje da je trend smanjenja ostvaren u potrošnji motornog benzina, dizelskog goriva, ukapljenog plina dok je npr. potrošnja električne energije u porastu.

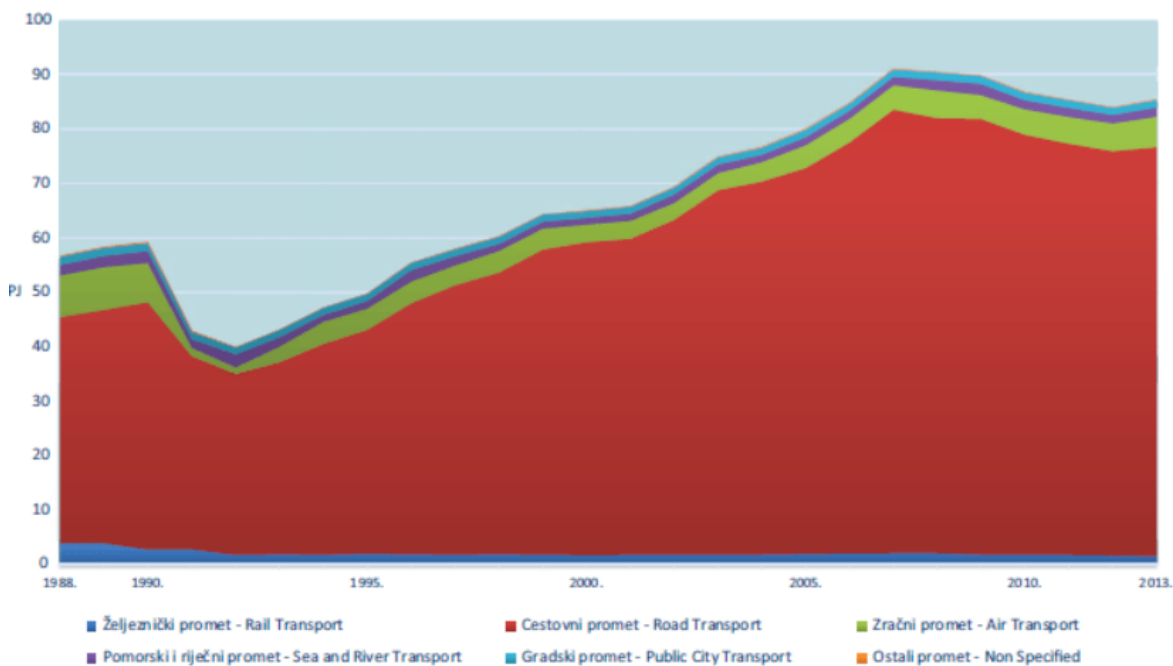


Grafikon 4. Zastupljenost održive energije u prometu, [32]



Grafikon 5. Zastupljenost pojedine pogonske energije u prometu, [3]

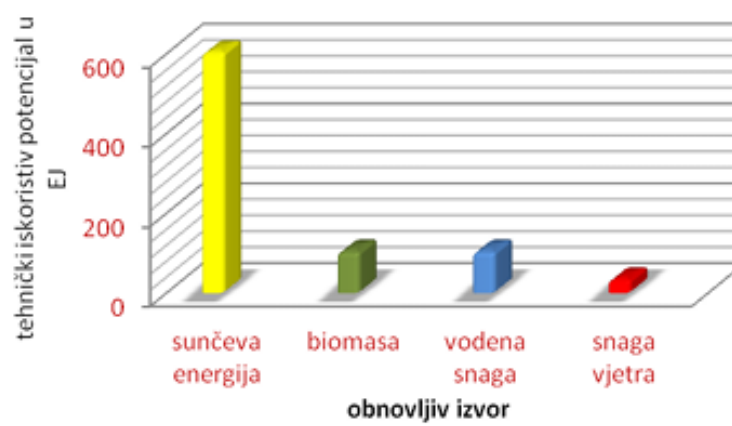
Cestovni promet troši najviše pogonske energije što je vidljivo na grafikonu 6., a da se ta brojka smanji potrebno je koristiti jedan od održivih oblika energije za pogon cestovnih vozila definiranih u nastavku rada.



Grafikon 6. Cestovni promet kao najveći potrošač energije za pogon vozila, [3]

3.3. Energija sunca, vjetra i vode

Energija Sunca poznata je čovjeku još iz početka civilizacije. Naziva se još i solarna energija te se može izravno pretvarati u toplinsku ili električnu energiju. Takvi izravni načini pretvaranja solarne energije jesu solarni kolektori, fokusiranje Sunčeve energije i fotonaponske ćelije. Sunčeva energija ima veliki tehnički potencijal za iskorištavanje u cestovnom prometu i stoga je daleko veći od ostalih obnovljivih izvora energije, npr. energije vode, vjetra, biomase i sl. koji predstavljaju sekundarni oblik pretvorene solarne energije [33] što je predočeno na grafikonu 7.



Grafikon 7. Tehnički iskoristivi potencijal sunčeve energije, [34]

Važnost proučavanja solarne energije i njene pretvorbe u funkcionalne oblike energije u današnje vrijeme poprima veliku dimenziju zbog činjenice da Sunce samo u jednoj sekundi oslobodi više energije nego što je naša civilizacija iskoristila tijekom svojeg razvoja [35]. Sukladno tome, u cestovnom prometu kod projektiranja infrastrukture i suprastrukture Sunce podliježe važnom mehanizmu funkcioniranja pa se razvijaju solarne ceste i solarna vozila. Zamisao takvih pametnih cesta jest da se postojeće asfaltirane površine (kolnici, parkirališta) zamijene solarnim panelima kao što je vidljivo na slici 15. Princip rada je sljedeći: Sunčeva svjetlost pada na površinu ceste, zatim ju solarne ćelije apsorbiraju i pretvaraju u električnu ili toplinsku energiju ovisno o svrhi namjene [35].



Slika 15. Solarna cesta, [36]

Takav način iskorištavanja solarne energije u električnu može se iskoristiti za punjenje električnih automobila prilikom vožnje bez potrebe za zaustavljanjem, za primjenu vertikalne i horizontalne signalizacije, za cestovnu rasvjetu. Primjer pametne ceste koja svijetli u mraku na način da danju upija sunčevu energiju, a tijekom noći ispušta zelenu svijetlost na oznakama na kolniku je prikazano na slici 16., a takav prvi projekt jest izveden u Nizozemskoj na duljini od 1 km autoceste [37]. Takvim načinom, cestovna rasvjeta nije potrebna čime se štedi na potrošnji energije. Ovakav održivi način funkcioniranja može pomoći i tijekom zimskih uvjeta, na način da se solarna energija pretvara u toplinsku i pritom otapa snijeg i poledicu s cestovnih prometnica. Praktičan primjer današnjice jesu solarni LED markeri (slika 17.) koji upozoravaju vozače na potencijalne opasnosti, a većinom se koriste prilikom obilježavanja pješačkog prijelaza [38].



Slika 16. Cesta koja svijetli u mraku [37]



Slika 17. Solarni LED markeri, [38]

Solarna vozila nisu raširena u slobodnoj prodaji nego se većinom koriste u istraživačke svrhe, za demonstraciju u javnosti te za utrke solarnih automobila. Primjer jednog takvog solarnog električnog automobila američke izvedbe nazvanog *Aptera* je prikazano na slici 18. Prednost ovakvog vozila je što vožnju čini zapravo besplatnom na način da električnu energiju prikuplja putem vlastitih fotonaponskih panela i pohranjuje u bateriju čime se podrazumijeva da nikada ne treba biti spojen na punjač [39].



Slika 18. Solarno električno vozilo Aptera, [39]

Prednosti solarnih sustava su mnogobrojne i najviše se očituju u energetskej i ekološkoj učinkovitosti, no s druge strane veliki nedostatak jest visoka cijena. Osim toga, takvi sustavi na prometnicama podliježu učestalim prljavštinama što smanjuje efikasnost njihove zadaće te imaju staklene površine čime se otežava dobro prijanjanje pneumatiku na voznu površinu [40]. Osim u cestovnom prometu, solarni sustavi su zastupljeni i kod vlakova, letjelica i plovila.

Energija vjetra prouzrokovana je sunčevim zračenjem. Takva energija nastaje primjenom vjetroelektrana odnosno vjetar pokreće to postrojenje čime nastaje kinetička energija koja se zatim pretvara u električnu energiju. Takav način proizvodnje električne energije u prometne, ali i ostale svrhe ima veliki pozitivni utjecaj jer ne zahtijeva korištenje fosilnih goriva za pogon te se ne emitiraju emisije štetnih plinova. Veliki problem ovdje predstavlja skladištenje proizvedene energije, ali i buka. Bez obzira na taj problem, ova vrsta energije čini najjeftiniji izvor održive energije [41]. Treba spomenuti i da je ova energija poznata još iz davnina te je služila u pomorskom prometu plovilima za kretanje po moru.

Za proizvodnju električne energije u prometne svrhe se koristi i energija vode odnosno vodotoka koja sačinjava energiju dobivenu iz kopnenih vodotoka, morskih valova te plime i oseke [42]. Takav način proizvodnje hidroenergije iz kinetičke i potencijalne energije u električnu energiju se proizvodi u hidroelektranama pritom stvarajući gotovo zanemarivu količinu stakleničkih plinova.

Održivu energiju čini i geotermalna energija čiji je potencijal ogroman, ali slabo iskorišten. To je toplinska energija Zemlje. Razvoj tehnologije je omogućio i ovu vrstu energije iskoristiti za dobivanje električne energije i pritom upotrijebiti u korisne svrhe koje su već navedene. Naspram konvencionalnim izvorima energije, geotermalna ima veliku prednost u tome što je čista i sigurna za okoliš. Također, metoda kojom se dobiva električna energija ne stvara štetne emisije za okoliš i ne zahtijeva korištenje fosilnih goriva. U odnosu na solarne sustave, hidroelektrane ili vjetroelektrane, geotermalna energija ne ovisi o meteorološkim utjecajima [43].

3.2. Energija biomase i biogoriva

Među održive oblike u cestovnom prometu ulaze i energija biomase. Ovdje ulaze biogoriva (definirana u prijašnjem poglavlju) koja mogu biti krute, tekuće ili plinovite naravi. Biomasa predstavlja vrlo fleksibilnu obnovljivu energiju jer se može koristiti za izravnu proizvodnju toplinske i električne energije, kao pogonsko gorivo, a također se može i samo skladištiti i prevoziti u obliku biogoriva [44]. Najrasprostranjenija proizvodnja biogoriva je u Brazilu iz šećerne trske sa udjelom proizvodnje od 22, 5 % te u SAD-u iz kukuruza sa udjelom od 50 % [45]. Korištenje ove održive energije u cestovnom prometu, točnije biodizela je dosta rasprostranjeno i neprestano se fokusira na takav način pogona motora. Može se navesti primjer da se vozila marke Toyota i Lexus najviše obaziru na primjenu biodizela. Takva vozila koja se

proizvode za europske tržište koriste benzin pomiješan s najviše 10 % bioetanola ili dizel s biodizelom do 7 % [46]. Vizualni dojam takvog vozila se nalazi na slici 19.



Slika 19. Vozilo Toyota na biogorivo, [45]

3.3. Vodik iz obnovljivih izvora energije

Kao što je već rečeno, vodik se može dobiti prirodnim putem, tj. pomoću obnovljivih izvora energije i stoga se može nazvati „*vodik iz obnovljivih izvora energije*“. Korištenje vodika u cestovnom prometu predstavlja komplementarno rješenje za električnu mobilnost, posebice za cestovni teretni promet. Kako bi se vodik u cestovnom prometnom sustavu primjenjivao u većoj količini važno je uskladiti izgradnju infrastrukture s nabavom i isporukom vozila na vodik [47]. Činjenica jest da je broj vozila na vodik rastući, no ne sagledava se zapravo mali razvoj infrastrukture. Cestovna motorna vozila na vodikov pogon trenutno su samo u pozadini jer ih zasjenjuju električna vozila makar ispuštaju nultu emisiju štetnih tvari odnosno samo vodenu paru.

Općenito su vozila na vodikov pogon posebno aktivna u javnog gradskom prijevozu kako bi se u urbanim sredinama smanjila emisija CO₂ [47]. Jedina država gdje je vodikova infrastruktura razvijena i gdje su takva vozila stavljena u svakodnevnu uporabu jest Kalifornija u SAD-u [48]. Od 2015. godine u prodaju su stavljena tri modela osobnih vozila na vodikov pogon, tj. pomoću vodikovih gorivih ćelija. Dakle, takvo vozilo napaja sklop gorivih ćelija u kojem čisti vodik dobiven iz obnovljivih izvora energije prolazi kroz membranu i spaja se s kisikom iz zraka i pritom se proizvodi električna energija koja pokreće kotače i vodenu paru.

Takvi modeli vozila su sljedeći: Honda Carity Fuel Cell (slika 20.), Hyundai Nexo SUV (slika 21.) i Toyota Mirai (slika 22.) [48]. U Europi, točnije u Hrvatskoj je također predstavljeno vozilo Toyota Mirai da potakne javnost, posebice znanstvene institucije na vodikov održivi način energije u cestovnom prometu. Vrijeme punjenja takvog vozila traje tri minute, a autonomija 500 km [49].



Slika 20. Honda Carity Fuel Cell, [48]



Slika 21. Hyundai Nexo SUV, [48]



Slika 22. Toyota Mirai, [49]

4. BUDUĆNOST KORIŠTENJA ENERGIJE U CESTOVNOM PROMETU

Cestovni promet je ključan segment prometnog sustava za cjelokupno gospodarstvo i društvo. Svakodnevni porast cestovnih vozila i prijeđenih kilometara smanjuje energetske učinkovitost. Također dolazi i do povećanja koncentracije ispušnih plinova i ostalih štetnih tvari nastalih korištenjem cestovnih motornih vozila s unutarnjim izgaranjem. Koncentracija CO₂ je na pragu ekološki prihvatljive granice stoga se moraju poduzimati ekstremne ekološke i energetske mjere. S obzirom na velike klimatske promjene, povećanje ekonomske vrijednosti energije i njenim zalihama, obnovljivi izvori predstavljaju veliki korak naprijed. Temeljni razlozi za stavljanje održivih oblika energije u fokus jesu ograničenost fosilnih goriva, smanjenje energetske ovisnosti i ekološki problemi. Naglasak se treba stavljati i na usklađenost između razvoja održivih energija i potrebne infrastrukture za njenu distribuciju jer u protivnom neće doći do postizanja rezultata energetske učinkovitosti.

Sadašnji cestovni prometni sustav nije održiv gledajući na trendove onečišćenja. Ako želimo predvidjeti budućnost cestovnog prometa sagledavajući sadašnju situaciju, jasno se zaključuje da se u takvom smjeru ne može nastaviti jer bi razina ispuštanja CO₂ do 2050. godine bila za trećinu veća od 1990. godine kao i ovisnost o fosilnim gorivima za oko 90% [50]. Sukladno tome je potrebno podizati svijest javnosti o svim prednostima razvoja održivih oblika energije cestovnog prometa. Bez obzira na razvijenost tehnologije, cestovna vozila još uvijek čine veliki postotak u onečišćenju zraka i stakleničkih plinova te potrošnji energije. Osim uporabe predočenih održivih oblika energije, onečišćenje okoliša uzrokovano cestovnim prometom može se smanjiti i optimalnim tehničko-tehnološkim rješenjima koja se koriste na motorima s unutarnjim izgaranjem te korištenjem alternativnog prijevoza. Da bi se postigao ekološki prosperitet, tehničko-tehnološka rješenja postaju ekonomski najskuplja, stoga upotreba održivih oblika energije za pogon cestovnih vozila podržavaju realniju opciju.

Realna činjenica je da se prometna situacija neprestano mijenja razvojem novih tehnologija i da je budućnost korištenja energije vrlo dobro pitanje. Može se sa sigurnošću reći da fosilna goriva u bliskoj budućnosti neće imati više ključnu ulogu te će se koristiti vozila s različitim energetske sustavima. Može se pretpostaviti da će električna najviše dominirati na kraćim udaljenostima posebice u gradovima dok bi se na duže udaljenosti, npr. za prijevoz teških tereta koristio vodik. No, s obzirom na niz prednosti, vodik bi u daljnjoj budućnosti mogao postati primarna održiva energija u cestovnom prometu [51]. Vodik ima najviše

potencijala jer je u potpunosti neovisan o proizvodnji nafte i naftnih derivata, imavisioku energetska učinkovitost te značajno doprinosi smanjenju onečišćenja okoliša i klimatskim promjenama. No, s druge strane ima mali nedostatak jer je potrebna modifikacija određenih performansi vozila te odgovarajuća infrastruktura. Uz vodik, još bitno je istaknuti i solarnu energiju koja također ima veliki potencijal.

Vozila na električni pogon će postati privlačnija i udobnija, a jedan od najvažnijih preduvjeta za prelazak na električne automobile je postojanje odgovarajuće infrastrukture za njihovo punjenje. U odnosu na 2021. godinu, u Europi broj stanica za punjenje povećan je za 32,4 % [52] što predstavlja dokaz da će takvim ulaganjem u infrastrukturu električno vozilo biti jedno od glavnih održivih vozila budućnosti. Međutim, kada se uzmu u obzir problemi s baterijom i resursima, vodik proizveden iz obnovljivih izvora goriva može imati bolju energetska evidenciju od vozila na baterije.

Prelazak na potpuno održivi prometni sustav u praksi nije baš ostvarivo, ali u teoriji jest za nekih 50-tak godina i više. Rastući prelazak na održivi prometni sustav posebice na cestovni promet će donijeti niz društvenih i gospodarskih prednosti koje mogu poboljšati lokalni održivi razvoj. Takva primjena može pomoći u stvaranju radnih mjesta u proizvodnji i postavljanju infrastrukture za održivi promet, poboljšati sigurnost cestovnog prometa, povećati prekogranični promet građana kao i razvoj i konkurentnost svjetskog gospodarstva, ali nudi i priliku za uštedu vremena ljudi i prihoda kućanstva te državnih proračuna [53]. Sadašnja slika broji oko 5% cestovnih vozila na alternativna goriva u EU [54] što je vrlo mali broj, no predstavlja dobar početak prema održivom načinu energije. Dakle, postoje mnogobrojne pozitivne stavke prelaska na održivi energetska sustav, ali što će točno donijeti budućnost ovisi o mnogobrojnim čimbenicima od kojih se izdvajaju tehnološki razvoj, ekonomska situacija potrošača i proizvođača, ekološke i energetska mjere i sl.

Državna, tj. javna tijela uvijek moraju biti uključena u izradu energetska i ekoloških mjera s aspekta cestovnog prometa. Ona su vrlo svjesna kako bi električna i hibridna vozila kao i vozila na vodik pozitivno utjecala na budućnost energetska poboljšanja cestovnog prometa. Sukladno tome, osiguravaju se razne subvencije, smanjivanje poreza za takva vozila i sl. da bi građani više kupovali održiva vozila te doprinijeli održivoj budućnosti.

5. ZAKLJUČAK

Cestovni promet oduvijek predstavlja veliku prekretnicu u energetsom području. Zbog mnogobrojnih prednosti, njegovi nedostaci vezano uz energetske potrošnju i ekološku osviještenost nisu dovoljno prikazani čovječanstvu. Masovna proizvodnja i upotreba cestovnih motornih vozila svakodnevno povećava potrošnju konvencionalne pogonske energije odnosno fosilnih goriva kao i rastuće zagađenje atmosfere. Sve to je dovelo do štetnih sastavnica u ispušnim plinovima kod cestovnih vozila jer oni postaju prepoznatljivi kao najštetniji zagađivači okoliša. Stoga je jasno da će fosilna goriva koja su neobnovljiva uskoro postati prošlost, a budućnost će se ogledati na održive oblike pogonske energije.

S obzirom na današnje moderno vrijeme koje se uvelike obazire na ogromne tehnološke napretke cestovnih vozila, pogonska energija ima sve veću potražnju. Upotreba pogonske energije koristeći izvore nafte i naftnih derivata može djelovati na okoliš uzorkujući klimatske promjene te globalna zagađenja što ne predstavlja najbolju opciju održive energije. Prilikom odabira pogonske energije, sagledava se izvor dobivanja energije, a naglasak se stavlja na održive oblike pogonske energije koji će obuhvaćati „zeleni“ ili drugim riječima „čisti“ način transporta. Ogromna potrošnja konvencionalne cestovne energije mora težiti poboljšanju energetske učinkovitosti i uporabi održivih izvora pogonske energije. Takva težnja se postiže uvođenjem sve strožih zakonskih standarda u industriji proizvodnje cestovnih motornih vozila.

Održivi oblici energije u cestovnom prometu su vrlo dobar način za smanjenje onečišćenja zraka i stvaranja stakleničkih plinova. Alternativna goriva i održivi oblici energije omogućavaju „zelenu“ budućnost cestovnog prometa, a sukladno tome i pozitivan utjecaj na čovjeka i okoliš. Koji oblik održive energije će u budućnosti potpuno prevladati, ne može se točno sa sigurnošću iznijeti u javnost, nego se može iznijeti samo neka pretpostavka. Svako pojedino alternativno rješenje ima svoje prednosti i mane naspram drugog. Definitivno se može zaključiti da će najviše potencijala imati električna energija i hibridni način pogon, zatim vodik i solarna energija.

Električna energija je lako dostupna, omogućava brz transport i laku proizvodnju, no s druge strane njeno ulaganje u infrastrukturu je vrlo zahtjevan ekonomski problem. Hibridna vozila predstavljaju tranzit sa vozila s motorom na unutarnje izgaranje na električnu energiju što je dobra kombinacija prilikom vožnje u gradu gdje se koristi električna energija, a fosilno gorivo na dužim relacijama. Postojanje kompletne infrastrukture za električna i hibridna vozila bi značilo veliki napredak prema potpuno održivom prometnom sustavu, no potrebno je

naglasiti da današnja elektroenergetska mreža nije raspoloživa za takav način funkcioniranja. Proizvodnja vodika može biti neizmjenjiva jer se dobiva iz obnovljivih izvora energije kojih ima u neograničenoj količini, no prepreku predstavlja njegovo skladištenje i transport koje nije u potpunosti razvijeno. Biogoriva imaju vrlo veliki potencijal, samo što se ne bi smjela natjecati s tržištem hrane i njenim obradivim poljoprivrednim površinama. Prirodni plin, alkoholna goriva i geotermalna energija trenutno nemaju veliki potencijal u budućnosti, ali i oni u manjoj mjeri doprinose održivom cestovnom prometu.

Prelazak na potpuno održivi prometni sustav je pitanje daljnje budućnosti. Najveći izazov u tome jest izgradnja potrebne prometne infrastrukture i velika ekonomska ulaganja. U bliskoj budućnosti potražnja za energijom će biti sve veća pa će održivi oblici energije za pogon cestovnih vozila biti potrebna bez obzira na dominantnost fosilnih goriva. Također, zbog globalne situacije konvencionalna goriva će jednog dana biti isključena iz upotrebe pa će održiva rješenja imati još veću energetska i ekološka ulogu bez obzira na ekonomsku vrijednost.

LITERATURA

- [1] *Automobil*, Hrvatska enciklopedija. [Online] Dostupno: <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=4751> [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [2] B. Odrliin, "Razvoj i razmještaj automobilske industrije u svijetu i u Republici Hrvatskoj", Završni rad, Sveučilište u Splitu, Ekonomski fakultet; 2020. [Online] Dostupno: <https://zir.nsk.hr/islandora/object/efst%3A3795/datastream/PDF/view> [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [3] *Promet*, Nacionalni portal energetske učinkovitosti. [Online] Dostupno: <https://www.enu.hr/gradani/info-edu/promet/> [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [4] *Emisije CO₂ u prometu u EU: Činjenice i brojke*, Europski parlament. [Online] Dostupno: <https://www.europarl.europa.eu/news/hr/headlines/society/20190313STO31218/emisije-co2-u-prometu-eu-a-cinjenice-i-brojke> [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [5] A. Papić. "Primjena alternativnih goriva u urbanom prometu". Diplomski rad, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet; 2021. [Online] Dostupno: <https://repository.pfri.uniri.hr/islandora/object/pfri%3A2335/datastream/PDF/view> [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [6] D. Bakić. "Utjecaj cestovnog prometa na klimatske promjene i mjere zaštite". Završni rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2020. [Online] Dostupno: <https://repositorij.fpz.unizg.hr/islandora/object/fpz%3A2156/datastream/PDF/view> [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [7] *Energija u Hrvatskoj*. EIHP. [Online] Dostupno: <https://eihp.hr/energija-u-hrvatskoj-godisnji-pregled-za-2021/> [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [8] Golubić J. *Promet i okoliš*. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu; 2006.
- [9] *Više kretanja – manje emisije CO₂*, Zavod za javno zdravstvo Dubrovačko – neretvanske županije. [Online] Dostupno: <https://www.zzjzdnz.hr/zdravlje/okolis-i-zdravlje/362> [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [10] M. Hernest, "Utjecaj cestovnog motornog prometa na klimatske promjene i mjere zaštite". Završni rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2016. [Online] Dostupno: <https://repositorij.fpz.unizg.hr/islandora/object/fpz%3A436/datastream/PDF/view> [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [11] *Pogon na plin-sve što trebate znati*, Crnaić autoservis. [Online] Dostupno: <https://crnaic.hr/savjeti/pogon-na-plin-sve-sto-trebate-znati/> [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [12] M. Popović, "Skladištenje i transport prirodnog plina i naftnih plinova u spremnicima". Završni rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstava i brodogradnje; 2015. [Online] Dostupno: <https://repositorij.fsb.unizg.hr/islandora/object/fsb%3A3032/datastream/PDF/view> [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [13] P. Dolenčić, "Ekološki aspekt primjene prirodnog plina u cestovnom prometu". Završni rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2017. [Online] Dostupno: <https://repositorij.fpz.unizg.hr/islandora/object/fpz%3A1141/datastream/PDF/view> [Pristupljeno: lipanj 2023.]

- [14] *Razlika između etanola i metanola*, Strephonsays. [Online] Dostupno: <https://hr.strephonsays.com/ethanol-and-vs-methanol-72> [Pristupljeno: srpanj 2023.]
- [15] *Mogu li automobili voziti na alkohol*, Arnold Clark. [Online] Dostupno: <https://www.arnoldclark.com/newsroom/347-can-cars-run-on-alcohol> [Pristupljeno: srpanj 2023.]
- [16] G. Lopin, "Svojstva mješavina komponenti za namješavanje naftnih motornih goriva s biobutanolom". Završni rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije; 2016. [Online] Dostupno: <https://repositorij.fkit.unizg.hr/en/islandora/object/fkit%3A356/datastream/PDF/view> [Pristupljeno: srpanj 2023.]
- [17] *Jesu li biogoriva dobra ili loša za okoliš*, Hrčak. [Online] Dostupno: <https://hrcak.srce.hr/file/101720> [Pristupljeno: srpanj 2023.]
- [18] Z. Žalac, "Biogoriva u prometu i ekološki doprinos". Završni rad. Veleučilište u Karlovcu; 2015. [Online] Dostupno: <https://repositorij.vuka.hr/islandora/object/vuka%3A94/datastream/PDF/view> [Pristupljeno: srpanj 2023.]
- [19] N. Bošnjak, "Ekološki aspekt proizvodnje i korištenja biogoriva u cestovnom prometu". Završni rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2015. [Online] Dostupno: <https://dabar.srce.hr/islandora/search/ekolo%C5%A1ki%20aspekt?type=dismax> [Pristupljeno: srpanj 2023.]
- [20] *Vodik i ostala alternativna goriva za pogon motornih vozila*, Dokumen. [Online] Dostupno: <https://dokumen.tips/documents/vodik-i-ostala-alternativna-goriva-za-pogon-motornih-vozila.html?page=7> [Pristupljeno: srpanj 2023.]
- [21] *Prijedlog Hrvatske strategije za vodik od 2021. do 2050.godine*, e-Savjetovanja. [Online] Dostupno: <https://esavjetovanja.gov.hr/ECon/MainScreen?entityId=19706> [Pristupljeno: srpanj 2023.]
- [22] F. Šarčević, "Mogućnosti iskorištavanja vodika kao gorivo". Završni rad. Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet; 2020. [Online] Dostupno: <https://repositorij.rgn.unizg.hr/islandora/object/rgn%3A1380/datastream/PDF/view> [Pristupljeno: srpanj 2023.]
- [23] *Vodikove gorive ćelije: kako koristiti vodik kao gorivo*, Automania. [Online] Dostupno: https://automania.hr/vodikove_gorive_elije_kako_koristiti_vodik_kao_gorivo/ [Pristupljeno: srpanj 2023.]
- [24] *Goriva ćelija*, Wikipedia. [Online] Dostupno: https://sh.wikipedia.org/wiki/Goriva_%C4%87elija [Pristupljeno: srpanj 2023.]
- [25] *Elektromobilnost*, Škola za cestovni promet. [Nastavni materijal za učenje] [Online] Dostupno: <https://ec.europa.eu/programmes/erasmus-plus/project-result-content/5ed45e21-15a4-4b04-b1c3-30e589c0f114/LEMO%20prirucnik%20hrv.pdf> [Pristupljeno: srpanj 2023.]
- [26] K. Ferencak, "Održavanje cestovnih vozila na električni pogon". Završni rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2017. [Online] Dostupno: <https://repositorij.fpz.unizg.hr/islandora/object/fpz%3A1193/datastream/PDF/view> [Pristupljeno: srpanj 2023.]
- [27] F. Zovko-Ribić, "Hibridni pogon automobila". Završni rad. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek; 2016. [Online] Dostupno: <https://zir.nsk.hr/islandora/object/etfos:830/preview> [Pristupljeno: srpanj 2023.]

- [28] D. Ivanković, *ONČIŠĆENJE OKOLIŠA U CESTOVNOM PROMETU*. [Online] Dostupno: <https://hrcak.srce.hr/ojs/index.php/paragraf/article/view/22782/12130> [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [29] *Explaining road transport emissions : a non-technical guide*. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2016. European Environment Agency [Online] Dostupno: <http://dx.doi.org/10.2800/416422> [Pristupljeno: srpanj 2023.]
- [30] M. Đuranović, "Analiza pogonskih značajki hibridnih cestovnih motornih vozila". Završni rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2019. [Online] Dostupno: <https://repozitorij.fpz.unizg.hr/islandora/object/fpz%3A1806/datastream/PDF/view> [Pristupljeno: srpanj 2023.]
- [31] D. Bošnjak, "Alternativna goriva u prometu i obnovljivi izvori energije kao budućnost niskougljičnog energetskog sektora Republike Hrvatske". Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet; 2020. [Online] Dostupno: <https://repozitorij.rgn.unizg.hr/islandora/object/rgn:1069/datastream/PDF/view> [Pristupljeno: srpanj 2023.]
- [32] *Budućnost koja se temelji na energiji iz obnovljivih izvora*, European Environment Agency. [Online] Dostupno: <https://www.eea.europa.eu/hr/signals/signali-2022/clanaka/buducnost-koja-se-temelji-na> [Pristupljeno: srpanj 2023.]
- [33] L. Šikić, "Energija Sunca i solarne inovacije za budućnost". Završni rad. Veleučilište u Šibeniku; 2016. [Online] Dostupno: <https://core.ac.uk/download/pdf/197830058.pdf> [Pristupljeno: kolovoz 2023.]
- [34] I. Vrljka, "Čista i neiscrpa-solarna energija". Završni rad. Gimnazija Vladimira Nazora, Zadar; 2014. [Online] Dostupno: http://www.gimnazija-vnazora-zd.skole.hr/upload/gimnazija-vnazora%20zd/images/newsimg/1883/File/CISTA_I_NEISCRPNA.pdf [Pristupljeno: kolovoz 2023.]
- [35] A. Bogdan, Ceste koje proizvode električnu energiju. *Gradjevinar* 2018 (3). [Online] Dostupno: <http://www.casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE-70-2018-3-8-ZANIM.pdf> [Pristupljeno: kolovoz 2023.]
- [36] *Francuska otvorila prvu solarnu cestu na svijetu*, Nomago travel. [Online] Dostupno: <https://putovanja.nomago.hr/sve-o-putovanjima/francuska-otvorila-prvu-solarnu-cestu-na-svijetu/> [Pristupljeno: kolovoz 2023.]
- [37] *Ceste koje svijetle u mraku postale stvarnost*, Geek.hr. [Online] Dostupno: <https://geek.hr/znanost/clanak/ceste-koje-svijetle-u-mraku-postale-stvarnost/> [Pristupljeno: kolovoz 2023.]
- [38] M. Tomac, "Utjecaj obnovljivih izvora energije na prijevoz". Završni rad. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek; 2019. [Online] Dostupno: <https://dabar.srce.hr/islandora/search/UTJECAJ%20OBNOVLJIVIH%20IZVORA%20ENERGIJE%20NA%20PRIJEVOZ?type=dismax> [Pristupljeno: kolovoz 2023.]
- [39] *Solarni električni automobil Aptera ne treba utičnicu*, Autonet. [Online] Dostupno: <https://www.autonet.hr/aktualno/vijesti/solarni-elektricni-automobil-aptera-ne-treba-uticnicu/> [Pristupljeno: kolovoz 2023.]
- [40] A. Katić, "Primjena sunčeve energije u praksi". Završni rad. Veleučilište u Karlovcu; 2015. [Online] Dostupno:

- https://dabar.srce.hr/islandora/search/Primjena%20sun%C4%8Deve%20energije%20u%20praksi?type=dis_max [Pristupljeno: kolovoz 2023.]
- [41] *Obnovljivi izvori energije*, Krik. [Online] Dostupno: <https://krik.hr/obnovljivi-izvori-energije/> [Pristupljeno: kolovoz 2023.]
- [42] *Informativna brošura za promicanje obnovljivih izvora energije građanima, amlom i srednjem poduzetništvu, obrtništvu*, Grad Zagreb. [Online] Dostupno: https://eko.zagreb.hr/UserDocsImages/arhiva/dokumenti/brosure/info_brosura.pdf [Pristupljeno: kolovoz 2023.]
- [43] *Energija povezuje*, Svijet.hr. [Online] Dostupno: https://www.svijet.hr/hrvatski/novost_5/geotermalni-izvori-energetska-buducnost-i-zelena-ekonomija_230120/ [Pristupljeno: kolovoz 2023.]
- [44] *Najviše se koristi drvna biomasa, neiskorišteni potencijal je biomasa poljoprivrednog porijekla*, Jutarnji list. [Online] Dostupno: <https://www.jutarnji.hr/planet/najvise-se-koristi-drvna-biomasa-neiskoristeni-potencijal-je-biomasa-poljoprivrednog-porijekla-15139616> [Pristupljeno: kolovoz 2023.]
- [45] *Što je biodizel za automobile*, Avtotachki. [Online] Dostupno: <https://hr.avtotachki.com/chto-takoe-biodizelnoe-toplivo-dlya-avtomobilej-preimushhestva-i-nedostatki/> [Pristupljeno: kolovoz 2023.]
- [46] *Biogoriva*, Toyota. [Online] Dostupno: <https://www.toyota.hr/discover-toyota/environment/cleaner-mobility/bio-fuels> [Pristupljeno: kolovoz 2023.]
- [47] *Potencijal vodika u Hrvatskoj temelji se na obnovljivim izvorima energije*, TEHNOEKO. [Online] Dostupno: <https://www.tehnoeko.com.hr/7371/Potencijal-vodika-u-Hrvatskoj-temelji-se-na-obnovljivim-izvorima-energije> [Pristupljeno: kolovoz 2023.]
- [48] *Vozila s vodikovim gorivim ćelijama: sve što trebate znati*, CARANDDRIVER. [Online] Dostupno: <https://www.caranddriver.com/features/a41103863/hydrogen-cars-fcev/> [Pristupljeno: kolovoz 2023.]
- [49] *Toyota Mirai iz 2021. predstavlja stilsku igru za budućnost vodika*, CARANDDRIVER. [Online] Dostupno: <https://www.caranddriver.com/reviews/a34979927/2021-toyota-mirai-drive/> [Pristupljeno: kolovoz 2023.]
- [50] HUKA. [Online] Dostupno: www.huka.hr [Pristupljeno: kolovoz 2023.]
- [51] *Imaju li čista naftna goriva budućnost*, Energetika-net.com. [Online] Dostupno: <https://www.energetika-net.com/res-publica/imaju-li-cista-naftna-goriva-buducnost-30578> [Pristupljeno: kolovoz 2023.]
- [52] *Električni automobili i zelena budućnost Europe*, Eiz. [Online] Dostupno: <https://eizg.hr/vijesti/ostalo-71/elektricni-automobili-i-zelena-buducnost-europe/6256?fbclid=IwAR21241VWkpV2kWjSrcRxfJPk3yP45jCCjrhULuBOUma1pE-El6nn9tGd2w> [Pristupljeno: kolovoz 2023.]
- [53] *Alternativna goriva*, Nacionalni portal energetske učinkovitosti. [Online] Dostupno: <https://www.enu.hr/ee-u-hrvatskoj/20-20-20-i-dalje/alternativna-goriva/?fbclid=IwAR3CrKH13yNRK9iIAQINMeZcPFsUcQmfXhMHZ1vDfa8oH4tYw1GS9M6OYGO> [Pristupljeno: kolovoz 2023.]
- [54] *Alternativna goriva za automobile: kako povećati njihovu upotrebu*, Europski parlament. [Online] Dostupno: https://www.europarl.europa.eu/pdfs/news/expert/2022/10/story/20221013STO43019/20221013STO43019_hr.pdf [Pristupljeno: kolovoz 2023.]

POPIS KRATICA

km/h	kilometar po satu
t	tona (mjerna jedinica za masu)
min	minuta
PM _{2,5}	sitne lebdeće čestice
CO ₂	ugljičkov dioksid
EU	Europska unija
RH	Republika Hrvatska
SPP	stlačeni prirodni plin
UNP	ukapljeni naftni plin
UPP	ukapljeni prirodni plin
NO _x	dušikov oksid
H ₂ O	voda
kg	kilogram (mjerna jedinica za masu)
SAD	Sjedinjene američke države
km	kilometar

POPIS SLIKA

Slika 1. Prvi automobil Karla Benz-a.....	3
Slika 2. Štetne emisije prometnog sektora na području EU	3
Slika 3. Struktura izvora energije za pogon cestovnih vozila	4
Slika 4. Shematski prikaz instalacije prirodnog plina u cestovnom motornom vozilu	9
Slika 5. Proizvodnja etanola i njegov utjecaj na cestovni promet i okoliš.....	10
Slika 6. Zatvoreni ciklus CO ₂ koji nije realizirajući.....	11
Slika 7. Biomasa i okoliš.....	11
Slika 8. Vodik kao obnovljivo gorivo.....	14
Slika 9. Shema vodikovog vrijednosnog lanca od proizvodnje do potrošnje	14
Slika 10. Princip rada gorive ćelije	16
Slika 11. . Izračun potrošnje goriva i utjecaja na okoliš s aspekta električne energije	17
Slika 12. Shematski prikaz primarnih elemenata električnog pogona vozila.....	17
Slika 13. Dijelovi hibridnog vozila	18

Slika 14. Plug-In hibridno vozilo	19
Slika 15. Solarna cesta	23
Slika 16. Cesta koja svijetli u mraku	23
Slika 17. Solarni LED markeri	24
Slika 18. Solarno električno vozilo Aptera.....	24
Slika 19. Vozilo Toyota na biogorivo	26
Slika 20. Honda Carity Fuel Cell	27
Slika 21. Hyundai Nexu SUV	27
Slika 22. Toyota Mirai	27

POPIS TABLICA

Tablica 1. Struktura oblika potrošnje energije u prometu	5
Tablica 2. Biogoriva prve generacije.....	12
Tablica 3. Biogoriva druge generacije.....	12
Tablica 4. Prednosti biogoriva naspram fosilnim gorivima	13

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Potrošnja energije u prometu na području RH.....	5
Grafikon 2. Razvoj CO ₂ iz novih osobnih vozila primjenjujući održive oblike energije.....	7
Grafikon 3. Svjetska proizvodnja vodika ovisno o vrsti primarnog izvora.....	15
Grafikon 4. Zastupljenost održive energije u prometu.....	20
Grafikon 5. Zastupljenost pojedine pogonske energije u prometu.....	21
Grafikon 6. Cestovni promet kao najveći potrošač energije za pogon vozila	21
Grafikon 7. Tehnički iskoristivi potencijal sunčeve energije	22

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je _____ završni rad
(vrsta rada)

isključivo rezultat mogega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog/diplomskog rada pod naslovom Održivi oblici energije u cestovnom prometu u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova

U Zagrebu, 4. rujna 2023.

Student/ica:

Jelena Sekačić

Sekačić Jelena

(ime i prezime, potpis)