

# Održivi oblici energije u cestovnom prometu

---

**Pustahija, Barbara**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2024**

*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:119:097206>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-21**



*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

# ODRŽIVI OBLICI ENERGIJE U CESTOVNOM PROMETU

## SUSTAINABLE FORMS OF ENERGY IN ROAD TRAFFIC

### ZAVRŠNI RAD

Mentor: doc. dr. sc. Marijan Jakovljević

Student: Barbara Pustahija

Komentor: Marko Švajda mag. ing. traff.

JMBAG: 0135261927

Zagreb, rujan 2024.

Zagreb, 11. lipnja 2024.

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

## ZAVRŠNI ZADATAK br. 7453

Pristupnik: **Barbara Pustahija (0135261927)**  
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:

  
\_\_\_\_\_  
doc. dr. sc. Marijan Jakovljević

  
\_\_\_\_\_  
Marko Švajda, mag. ing. traff. (komentor)

## SAŽETAK

Kako se broj stanovnika povećava, a cestovni promet ostaje najrazvijeniji segment prometnog sustava, gradovi sve više usvajaju obnovljive izvore energije kako bi zamijenili fosilna goriva i smanjili emisije. Obnovljiva energija igra ključnu ulogu u borbi protiv klimatskih promjena, a tehnologije poput solarne i vjetroenergije, biomase i hibridnih sustava postaju sve značajnije. Napredak u tehnologiji i strukturne promjene omogućuju energetske uštede u prometu, što može doprinijeti smanjenju emisija, poboljšanju energetske sigurnosti i smanjenju lokalnog zagađenja. Cestovni promet, koji ima ključnu ulogu u globalnoj ekonomiji, jedan je od najvećih izvora stakleničkih plinova i potrošnje fosilnih goriva. S obzirom na klimatske promjene i potrebu za održivim rješenjima, budućnost prometa sve više teži čistim i učinkovitijim alternativama, kao što su elektrifikacija vozila, vodik, biogoriva i pametne tehnologije. Ove inovacije su ključne za tranziciju prema održivom prometnom sustavu, koji će smanjiti ovisnost o fosilnim gorivima i doprinijeti globalnom cilju dekarbonizacije.

**Ključne riječi:** cestovni promet, klimatske promjene, energetski održivi razvoj, fosilna goriva, ekološka poboljšanja, održivi oblici energije

## SUMMARY

As the population increases and road transport remains the most developed segment of the transport system, cities are increasingly adopting renewable energy sources to replace fossil fuels and reduce emissions. Renewable energy plays a key role in the fight against climate change, and technologies such as solar and wind energy, biomass and hybrid systems are becoming increasingly important. Advances in technology and structural changes enable energy savings in traffic, which can contribute to reducing emissions, improving energy security and reducing local pollution. Road transport, which plays a key role in the global economy, is one of the largest sources of greenhouse gases and fossil fuel consumption. In view of climate change and the need for sustainable solutions, the future of transport increasingly tends towards cleaner and more efficient alternatives, such as vehicle electrification, hydrogen, biofuels and smart technologies. These innovations are crucial for the transition towards a sustainable transport system, which will reduce dependence on fossil fuels and contribute to the global goal of decarbonisation.

**Key words:** road traffic, climate change, energy sustainable development, fossil fuels, ecological improvements, sustainable forms of energy

## **SADRŽAJ:**

<b>1. UVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2. ENERGIJA I PROMET .....</b>	<b>2</b>
2.1.    Korištenje energije u cestovnom prometu.....	2
2.2.    Negativan utjecaj energije na čovjeka i okoliš .....	4
2.3.    Korištenje alternativnih goriva u prometu .....	7
2.3.1.  Vodik.....	9
2.3.2.  Prirodni plin .....	11
2.3.3.  Biogoriva .....	12
2.3.4.  Alkoholi.....	13
2.3.5.  Električna energija.....	15
<b>3. ODRŽIVI OBLICI ENERGIJE U CESTOVNOM PROMETU .....</b>	<b>19</b>
3.1.    Energija sunca, vjetra i vode.....	20
3.2.    Energija biomase .....	22
3.3.    Vodik kao obnovljivi izvor energije.....	24
<b>4. BUDUĆNOST KORIŠTENJA ENERGIJE U CESTOVNOM PROMETU .....</b>	<b>26</b>
4.1.    Elektrifikacija prometa .....	26
4.2.    Vodik kao energent .....	26
4.3.    Biogoriva i sintetička goriva.....	27
4.4.    Autonomna vozila i optimizacija potrošnje energije.....	28
4.5.    Integracija obnovljivih izvora energije .....	29
4.6.    Regulatorni okviri i poticaji.....	30
4.7.    Održivi materijali i kružno gospodarstvo.....	31
<b>5. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>33</b>
<b>LITERATURA.....</b>	<b>35</b>
<b>POPIS KRATICA .....</b>	<b>39</b>
<b>POPIS SLIKA .....</b>	<b>40</b>
<b>POPIS TABLICA.....</b>	<b>40</b>
<b>POPIS GRAFIKONA .....</b>	<b>40</b>

## 1. UVOD

Prometni sektor odgovoran je za oko jednu četvrtinu globalnih emisija ugljičnog dioksida, u njemu dominiraju fosilna goriva, što dovodi do različitih negativnih utjecaja na ljude i okoliš. Posljednjih godina raste interes za alternativne automobilske pogonske sklopove kao što su različiti tipovi električnih vozila kao i niskougljična goriva. Kako se broj stanovnika brzo povećava, sada se nalazimo u poziciji u kojoj gradovi koriste sve veću količinu obnovljive energije. Obnovljiva energija je ključ za sprječavanje klimatskih promjena i ovaj pristup mora biti održiv.

U radu se raspravlja o glavnim izgledima i preprekama za buduću upotrebu biogoriva, obnovljive električne energije u cestovnom prometu s obzirom na politike koje se provode, kao i postavljene ciljeve smanjenja emisija za budućnost. Izgledi biogoriva ovise o njihovoj budućoj ekonomskoj i ekološkoj učinkovitosti, kao i o dostupnosti zemljišta. Visoki troškovi ulaganja u električna vozila s baterijama i gorivim ćelijama još uvijek su glavna prepreka njihovom bržem prodoru na tržište, ali bi se mogli smanjiti u budućnosti zbog brzog tehnološkog napretka. Osim toga, njihov doprinos smanjenju globalne emisije stakleničkih plinova ostvariv je samo u kombinaciji sa sve većom uporabom obnovljivih izvora energije u proizvodnji električne energije.

Završni rad se sastoji od 5 glavnih poglavlja, a to su:

1. Uvod
2. Energija i promet
3. Održivi oblici energije u cestovnom prometu
4. Budućnost korištenja energije u cestovnom prometu
5. Zaključak

Analiza cestovnog prometnog sustava s aspekta potrošnje energije i negativnog utjecaja pogonskih goriva na ljude i okoliš obrađena je u drugom poglavlju.

Treće poglavlje pruža pregled svih vrsta održive energije za pogon cestovnih motornih vozila, uključujući njihov ekološki i energetske doprinos te ključne rezultate.

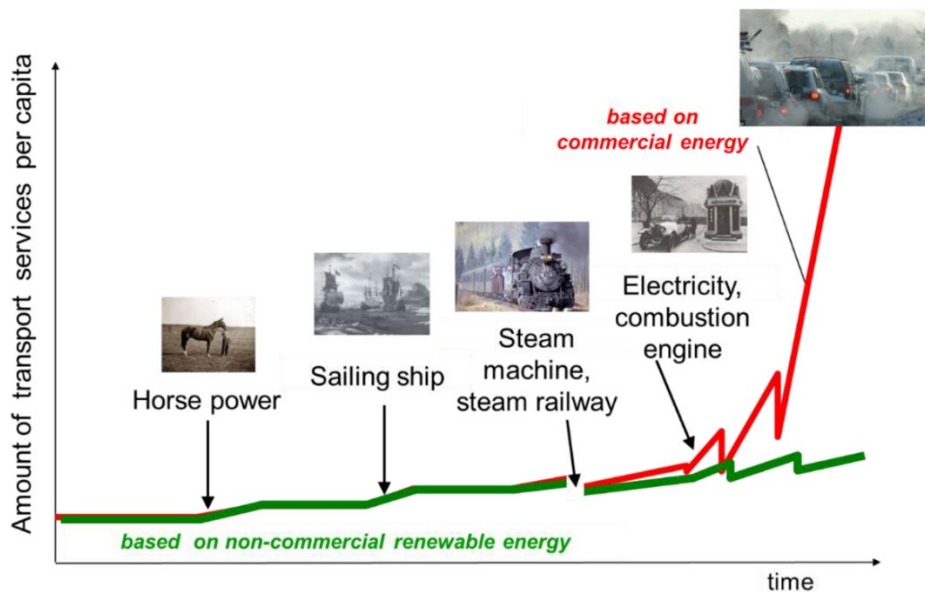
Četvrto poglavlje ističe prednosti i nedostatke prelaska na potpuno održivi sustav pogonske energije i analizira kako će izgledati bliska i daljnja budućnost ovog područja.

## **2. ENERGIJA I PROMET**

Promet se nekada oslanjao na obnovljive izvore energije poput konja i vjetra, no industrijska revolucija donijela je zamjenu tih izvora fosilnim gorivima, što je rezultiralo značajnim porastom potražnje za energijom. Danas fosilna goriva čine najveći udio energije u prometnom sektoru, što je imalo negativan utjecaj na okoliš i zdravlje. Emisije stakleničkih plinova i zagađenje zraka, posebno u urbanim sredinama, neprestano rastu. Prema podacima Svjetske zdravstvene organizacije, oko 7 milijuna ljudi godišnje umire od bolesti povezanih s onečišćenjem zraka [1]. Zbog ovih izazova, mnoge zemlje su se usmjerile na smanjenje emisija u prometnom sektoru. Trenutno, prometni sektor odgovara za otprilike četvrtinu globalne potrošnje energije, pri čemu je cestovni promet najistaknutiji. Postoji sve veći interes za alternativne izvore energije i sustave s niskim udjelom ugljika, kao što su biogoriva i električna vozila, no svaki od tih izvora nosi svoje prednosti i nedostatke.

### **2.1. Korištenje energije u cestovnom prometu**

Prijevoz ima dugu i dinamičnu povijest koja je značajno oblikovala društvo i gospodarstvo diljem svijeta. Progres cestovnog prometa može se razdvojiti u nekoliko važnih razdoblja, prikazano Slikom 1, od prapovijesnih oblika prijevoza do suvremenih tehnologija koje se danas koriste. U prvotnim periodima cestovnog prometa, prijevoz je bio temeljen na snazi ljudi i životinja. Ljudi su se kretali pješice, prenosili terete ili su se oslanjali na životinje kao što su konji, magarci i volovi za vuču kola i sanjki. Gradnja rimskog sustava ceste predstavljala je bitan napredak u povijesti prometa na cestama. Rimljani su konstruirali široku mrežu puteva koji su spajali sve dijelove Rimskog Carstva, što je omogućilo brži i učinkovitiji prijevoz vojnika, tereta i putnika. Industrijska revolucija i uporaba pare kao energije izazvali su značajne transformacije. [2]

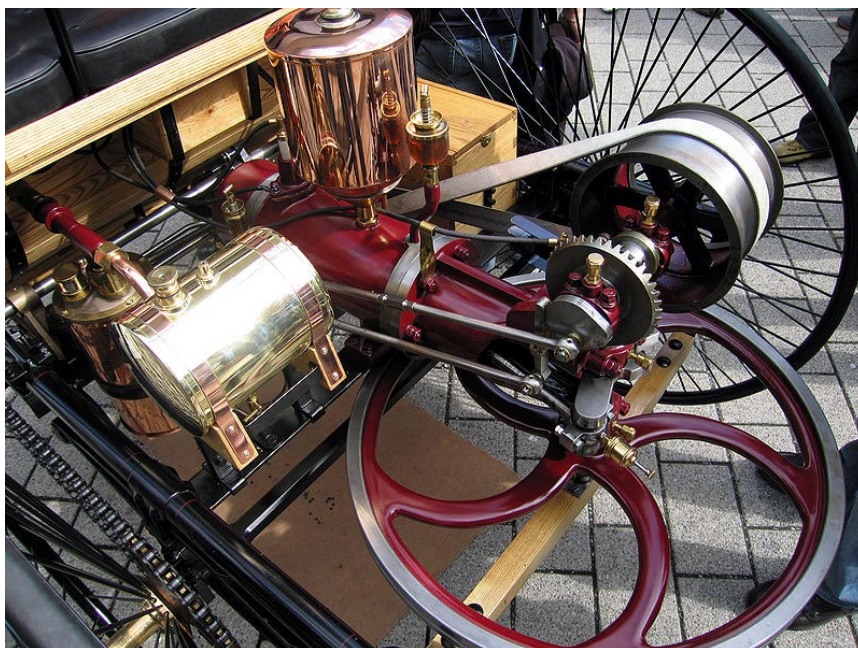


Slika 1. Povijesni razvoj prometa

Izvor: [3]

U 18. stoljeću, prvi pokušaji korištenja parne energije u prometu na cestama proizveli su vozila slična parnoj kočiji izumljenoj od strane Nicolasa-Josepha Cugnota 1769. godine. Iako su ovi prvobitni pokušaji bili neuspješni i nepouzdana, postavili su osnovu za buduće inovacije. Razvojem motora s unutarnjim izgaranjem krajem 19. stoljeća, automobil je ostvario veliki napredak. 1885. godine Karl Benz stvorio je prvi automobil pokretan benzinom (Slika 2), što je označilo početak proizvodnje vozila u velikim količinama. Početkom 20. stoljeća, Henry Ford promijenio je autoindustriju s Modelom T i montažnom linijom 1908., što je omogućilo veću proizvodnju automobila i činilo ih jeftinijima za veći broj ljudi. U prvoj polovici 20. stoljeća, benzinski i dizelski automobili postali su najpopularniji oblik prijevoza na cesti u eri fosilnih goriva. Nakon toga uslijedila je izgradnja prometnica i autocesta, posebno u SAD-u i Europi, što je potaknulo porast korištenja automobila. Izgradnja postaja za benzin, servisnih centara i drugih oblika infrastrukture potaknula je široku uporabu vozila koja se koriste fosilna goriva. Urbanizacija je uzrokovala promjene u uzorcima prometa, povećavajući broj osobnih automobila i javnog prijevoza. Napredak u autobusima i taksijima doprinio je povećanoj pokretljivosti u gradskim područjima, dok su kamioni postali neophodni za prijevoz tereta. Krajem 20. i početkom 21. stoljeća događa se prijelaz prema održivosti. Napredak litij-ionskih baterija i dolazak tvrtke kao što je Tesla oživjeli su tržište električnih vozila na početku 21. stoljeća. Električni automobili postaju sve više traženi zbog manjih emisija i troškova održavanja [4]. Biogoriva, kao što su bioetanol i biodizel, zajedno s plinovitim gorivima, postali su važni kao alternativne opcije, smanjujući emisije stakleničkih plinova i zagađivača, alternativni izvori energije poput solarnih automobila i naprednih baterija obećavaju smanjenje ovisnosti o fosilnim gorivima.





*Slika 2. Prvi automobil pokretan benzinom*

*Izvor: [5]*

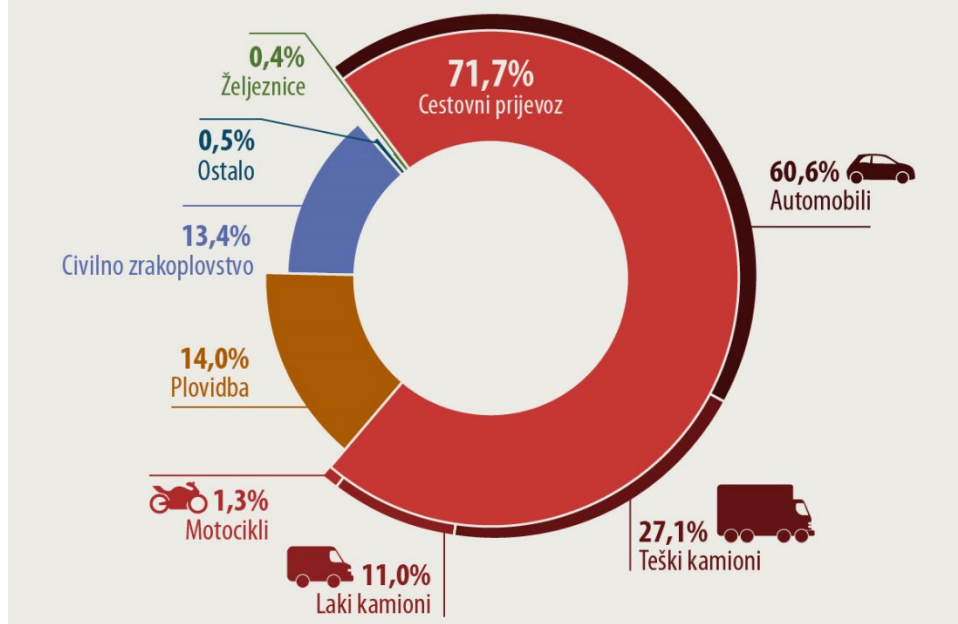
## **2.2. Negativan utjecaj potrošnje energije na čovjeka i okoliš**

Energetski i ekološki problemi usko su povezani, jer je gotovo nemoguće proizvesti, transportirati ili potrošiti energiju bez značajnog utjecaja na okoliš. Ekološki problemi koji su izravno povezani s proizvodnjom i potrošnjom energije uključuju onečišćenje zraka, klimatske promjene, onečišćenje vode, toplinsko onečišćenje i odlaganje krutog otpada. Emisija zagađivača zraka izgaranjem fosilnih goriva glavni je uzrok onečišćenja zraka u gradovima.

Upotreba fosilnih goriva u prometu na putevima ima štetan utjecaj na životnu sredinu i ljudsko zdravlje. Ti faktori mogu biti razvrstani u nekoliko osnovnih grupa: ispuštanje stakleničkih plinova, onečišćenje zraka, onečišćenje tla i vode, posljedice po zdravlje, ekološki izazovi te ograničenje resursa. Ispuštanjem stakleničkih plinova, sagorjevanjem benzina i dizela, otpušta se velika količina ugljikova dioksida (CO<sub>2</sub>), što dovodi do globalnog zagrijavanja. Povećanje CO<sub>2</sub> u atmosferi uzrokuje efekt staklenika, a kao rezultat toga dobivamo povećanje temperatura, promjenu klimatskih uvjeta i češćim ekstremnim vremenskim uvjetima [6]. Na grafikonu se prikazuje raspodjela emisije štetnih plinova prema tipu prometa unutar Europske unije. Uspoređujući brojeke na grafikonu, uočljivo je da cestovni promet, u odnosu na druge oblike, najviše šteti i najveći je proizvođač štetnih plinova koji uzrokuju efekt staklenika.

# EMISIJE PROMETA U EU-U

Analiza emisija stakleničkih plinova prema načinu prijevoza (2019.)



Grafikon 1. Emisije prometa u Europskoj Uniji 2019. godine.

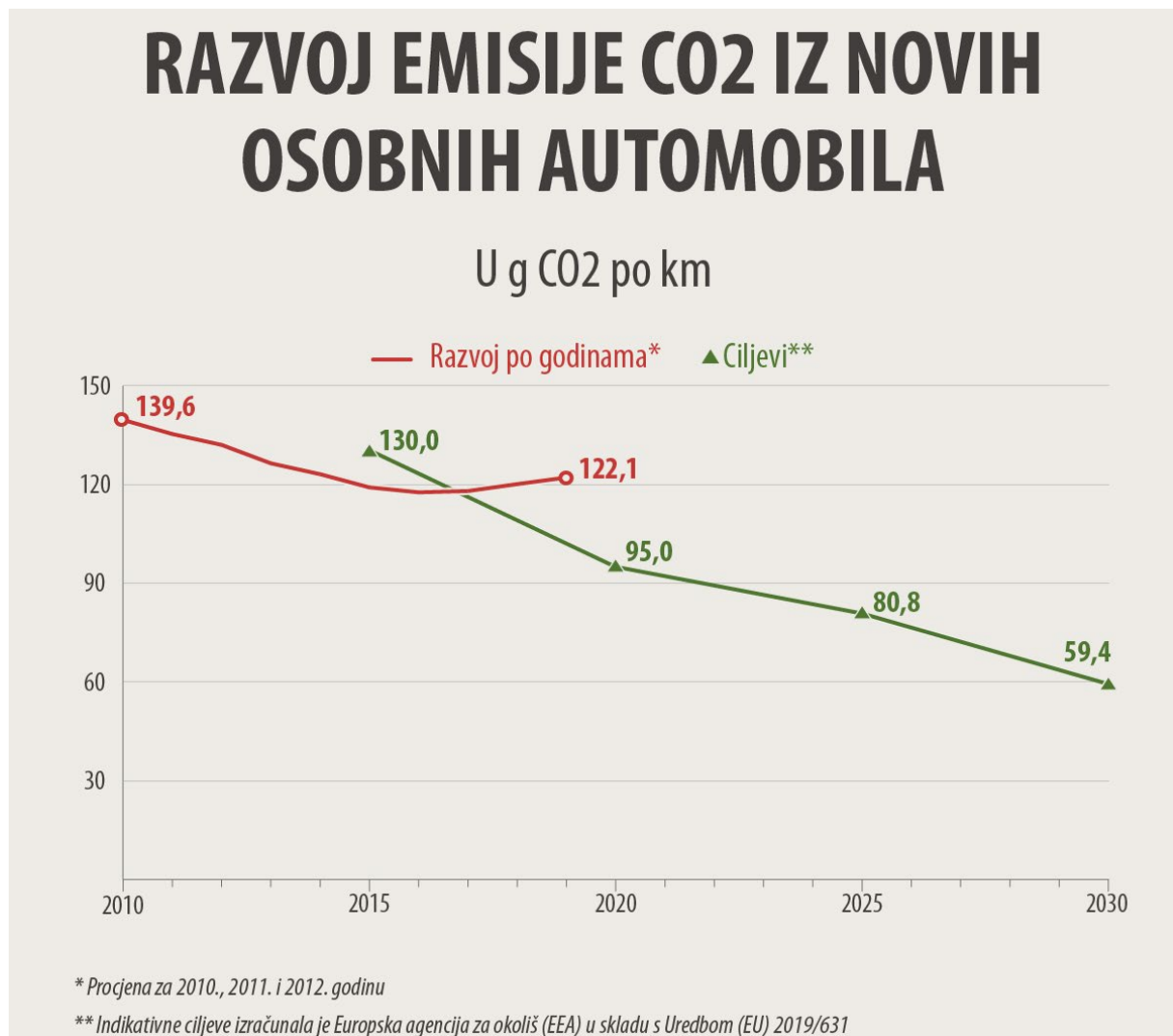
Izvor:[7]

Vozila koja koriste fosilna goriva emitiraju mnoge štetne tvari koje zagađuju zrak i štetno djeluju na ljudsko zdravlje. Dušikov oksid ( $\text{NO}_x$ ) doprinosi formiranju smoga i kiselih kiša, iritirajući dišne puteve i izazivajući ili pogoršavajući zdravstvene probleme kao što su astma i bronhitis. Sumporovi oksidi ( $\text{SO}_x$ ), iako opadaju zbog korištenja goriva s manje sumpora, i dalje uzrokuju kiselu kišu koja šteti biljkama, tlu i vodenim ekosustavima.  $\text{PM}_{10}$  i  $\text{PM}_{2.5}$  čestice nastale izgaranjem goriva mogu prodrijeti duboko u pluća i krvotok, uzrokujući ozbiljne zdravstvene probleme poput srčanih i plućnih bolesti te preranu smrtnost. Zagađenje tla i vode je ozbiljan problem, proizvodnja i uporaba fosilnih goriva može imati štetan utjecaj na tla i vodene ekosustave. Natjecanje naftnih proizvoda tijekom prijevoza ili propuštanje iz spremnika za pohranu može izazvati zagađenje tla i vode, što može ugroziti lokalne ekosustave i očistiti izvore pitke vode. Kisele kiše uzrokovane su emisijama  $\text{NO}_x$  i  $\text{SO}_x$ , mogu smanjiti pH tla, što dovodi do negativnih učinaka na poljoprivredu i šumske ekosustave.

Još jedan od problema izgaranja fosilnih goriva je što dolazi do velikih zdravstvenih problema kod ljudi. Izlaganje zagađenom zraku dovodi do pojave ili pogoršanja respiratornih bolesti kao što su astma, bronhitis i kronična opstruktivna bolest pluća. Dugotrajna izloženost onečišćenom zraku povezana je s povećanim rizikom od srčanog i moždanog udara i drugih

kardiovaskularnih problema. Neki sastojci iz aromatskih spojeva, kao što su benzen i formaldehid, kancerogeni su i mogu povećati šansu za dobivanje raka.

Promjene u klimi i onečišćenje zraka i vode uzrokuju smanjenje staništa i biološke raznolikosti. CO<sub>2</sub> koji je emitiran u atmosferu također se apsorbira u oceanima, što rezultira kiseljenjem koje šteti morskim ekosustavima poput koraljnih grebena i školjkašima. Ograničenje resursa fosilna goriva su neobnovljivi resursi, a njihovo iscrpljivanje je veliki problem, nastavak korištenja rezultira iscrpljivanjem trenutnih zaliha, što može dovesti do energetske krize i geopolitičkih napetosti. Zavisnost od fosilnih goriva može rezultirati promjenjivim cijenama energije, što ima negativan utjecaj na globalnu ekonomiju i oslabiti tržišta energije.



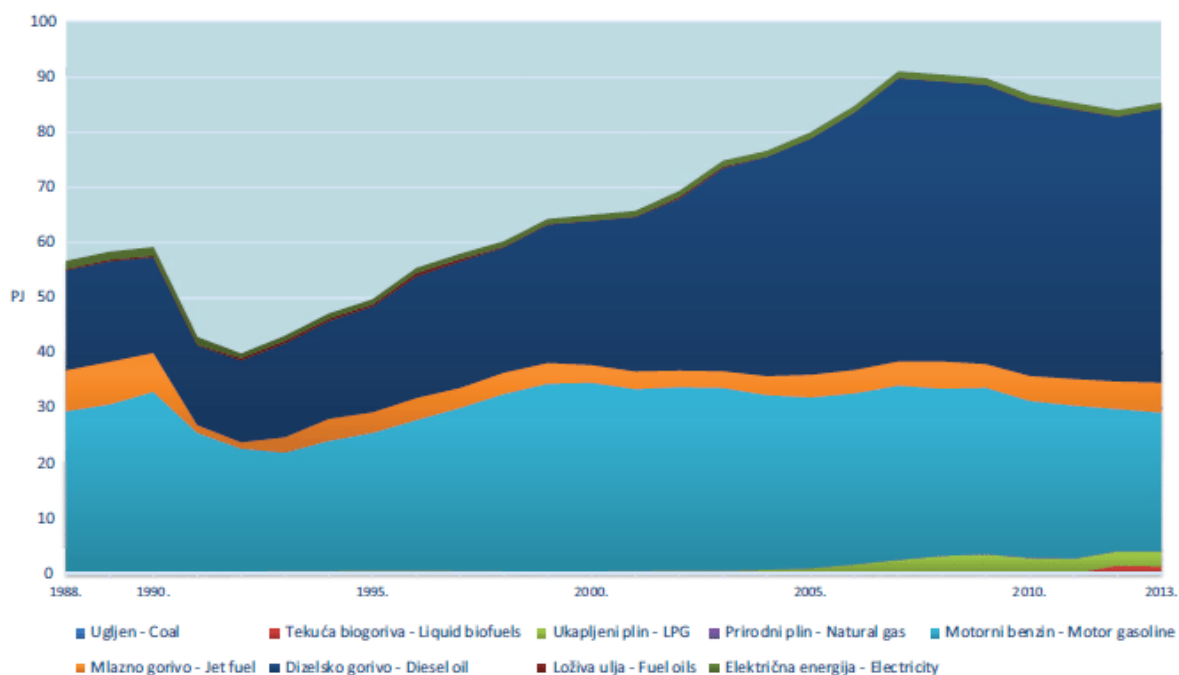
Slika 3. Razvoj emisije ugljikovog dioksida iz novih osobnih automobila.

Izvor: [7]

Korištenje fosilnih goriva u prometu na cestama ima velik broj štetnih posljedica za okoliš i zdravlje ljudi. Emisije stakleničkih plinova uzrokuju globalno zagrijavanje, onečišćenje zraka dovodi do oboljenja dišnih organa i srca, dok onečišćenje tla i vode oštećuje ekosustave i zajednice ljudi. Potreba za prelaskom na održive izvore energije postaje još važnija zbog ograničenih resursa fosilnih goriva i potreba za zaštitom okoliša i zdravlja budućih generacija. [8][9]

### 2.3. Korištenje alternativnih goriva u prometu

Tijekom posljednjih godina, kako bi se nosili s rastućim emisijama iz transportnog sektora, snažan fokus stavljen je na podršku alternativnim automobilskim tehnologijama, koje imaju bolju energetska učinkovitost i bolju ekološku izvedbu, kao i na alternativna goriva koja se temelje na obnovljivim izvorima energije, prikazano na Grafikonu 2. Prije otprilike 15 godina biogoriva su bila od posebnog interesa budući da se mogu miješati s konvencionalnim fosilnim gorivima i koristiti u vozilima s pogonskim motorom. [10][11]



Grafikon 2. Potrošnja energije u prometu

Izvor: [11]

Za razliku od fosilnih goriva, koja su rezultat vrlo dugog procesa, otprilike milijune godina, biogoriva se proizvode od obnovljivih izvora ugljika kao što su različiti poljoprivredni proizvodi, drveće, trava, koji su požnjeveni. nedavno. Ovisno o korištenoj sirovini, kao i procesu proizvodnje biogoriva, biogoriva se mogu podijeliti u različite kategorije vidljivo na Tablici 1., ali glavna je klasifikacija na konvencionalna i napredna biogoriva. Konvencionalna

biogoriva temelje se na poljoprivrednim proizvodima, koji se također mogu koristiti za hranu i stočnu hranu. Za proizvodnju takvih sirovina potrebna je obradiva površina, koja je u cijelom svijetu vrlo ograničena.

Tablica 1. Obnovljivi izvori energije

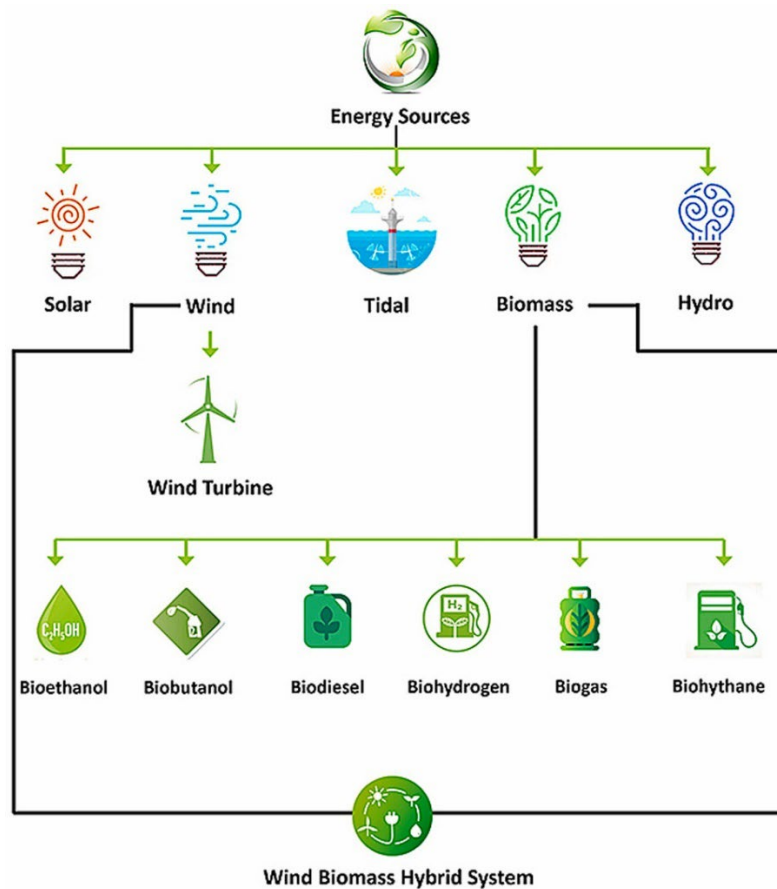
Izvor: [12]

	<b>Vrsta</b>	<b>Proizvodnja</b>	<b>Umrežavanje</b>	<b>Veličina</b>	<b>Utjecaj na okoliš i krajolik</b>
<b>Sunce</b>	Obnovljivo	Nekontrolirano, predvidivo	Uklapanje u postojeći sustav	Mala razmjera	Mali utjecaj, mogućnost uklapanja u već postojeći sustav
<b>Biomasa</b>	Uvjetno obnovljivo	Kontrolirano	Nova elektrana	Većih razmjera	Zagađenje zraka, kompleksni učinak na okoliš povezan s elektranom
<b>Prirodni plin</b>	Uvjetno obnovljivo	Kontrolirano	Nova elektrana	Većih razmjera	Zagađenje zraka, kompleksni učinak na okoliš povezan s elektranom
<b>Otpad</b>	Uvjetno obnovljivo	Kontrolirano	Nova elektrana	Većih razmjera	Zagađenje zraka, kompleksni učinak na okoliš povezan s elektranom, veliki otpor naroda

Povećanje proizvodnje biogoriva može dovesti do prenamjene zemljišta koje nije obradivo, npr. šume, močvare i tresetišta u poljoprivredno zemljište. Promjena korištenja zemljišta može značajno smanjiti moguće koristi od uštede stakleničkih plinova zbog povećane proizvodnje biogoriva.

Konkurencija između proizvodnje biogoriva i hrane mogla bi se izbjeći s naprednim biogorivima, koja bi se mogla proizvoditi od različitih lignoceluloznih materijala kao što su trave, drveće, otpadno drvo iz šumske industrije, tako da bi ukupni potencijal za proizvodnju biogoriva mogao biti mnogo više. Takve sirovine nisu konkurencija proizvodnji hrane. Nažalost, napredna biogoriva još su nezrela. Njihove proizvodne procese treba poboljšati i smanjiti troškove proizvodnje. Međutim, već u ovoj fazi napredna biogoriva imaju vrlo dobru ekološku učinkovitost. Trenutno se najviše koriste konvencionalna biogoriva, bioetanol i

biodizel, vidljivo Slikom 4. Bioetanol se većinom proizvodi iz pšenice, kukuruza, šećerne repe i šećerne trske, a biodizel iz različitih vrsta biljnih ulja (npr. uljane repice, suncokreta i soje). Koja će se sirovina koristiti uvelike ovisi o raspoloživom zemljištu i klimatskim uvjetima. [10][13]



Slika 4. Korištenje održivih oblika

Izvor: [14]

### 2.3.1. Vodik

Vodik (H<sub>2</sub>) je alternativno gorivo koje se može proizvesti iz različitih domaćih izvora. Iako je tržište vodika kao goriva za prijevoz tek u začetku, vlada i industrija rade na čistoj, ekonomičnoj i sigurnoj proizvodnji i distribuciji vodika za široku upotrebu u električnim vozilima s gorivnim ćelijama (FCEV). Lagani FCEV-ovi sada su dostupni u ograničenim količinama potrošačkom tržištu u lokalnim regijama diljem svijeta. Tržište se također pojavljuje za autobuse, opremu za rukovanje materijalom (kao što su viličari), opremu za podršku na zemlji, kamione srednje i teške nosivosti, pomorska plovila i stacionarne primjene. [15]

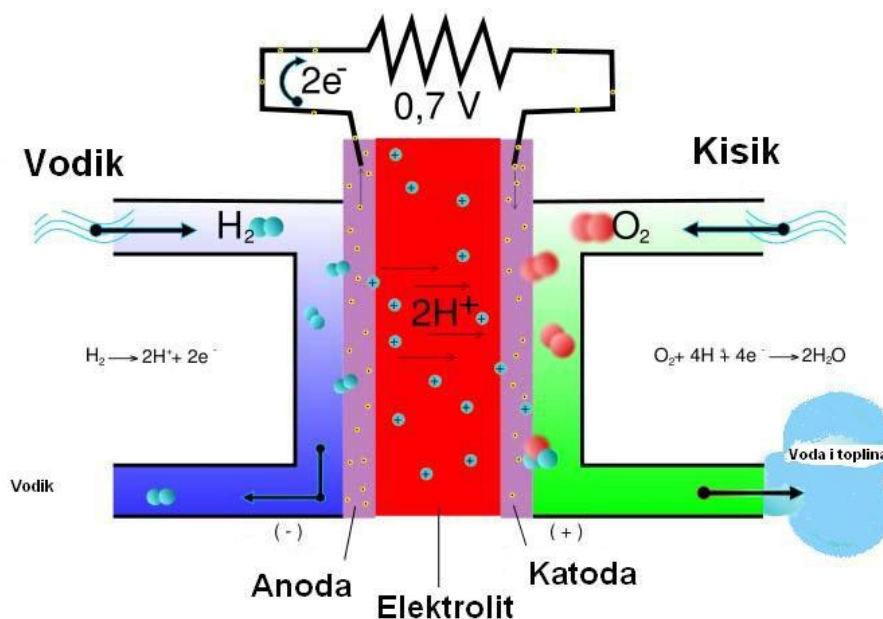
Vodika ima u izobilju u našem okolišu. Pohranjuje se u vodi (H<sub>2</sub>O), ugljikovodicima (kao što je metan, CH<sub>4</sub>) i drugim organskim tvarima. Jedan od izazova korištenja vodika kao goriva je njegova učinkovita ekstrakcija iz ovih spojeva.

Trenutno se koristi parni reforming, to je kombiniranje visokotemperaturne pare s prirodnim plinom za ekstrakciju vodika. Vodik se također može proizvesti iz vode elektrolizom (Slika 5.), to je energetski intenzivnije, ali se može učiniti korištenjem obnovljive energije, poput vjetra ili sunca, i izbjegavanjem štetnih emisija povezanih s drugim vrstama proizvodnje energije. Gotovo sav vodik koji je proizveden svake godine koristi se za rafiniranje nafte, obradu metala, proizvodnju gnojiva i preradu hrane.

Iako proizvodnja vodika može generirati emisije koje utječu na kvalitetu zraka, ovisno o izvoru, FCEV koji radi na vodik ispušta samo vodenu paru i topli zrak kao ispušne plinove i smatra se vozilom s nultom emisijom. Glavni istraživački i razvojni naponi usmjereni su na to da ova vozila i njihovu infrastrukturu učine praktičnim za široku upotrebu. To je dovelo do uvođenja lakih vozila za maloprodaju, kao i do početne implementacije autobusa i kamiona srednje nosivosti i kamiona u Kaliforniji i dostupnosti voznog parka u sjeveroistočnim državama.

Zanimanje za vodik kao alternativno gorivo za prijevoz proizlazi iz njegove sposobnosti da pokreće gorivne ćelije u vozilima s nultom emisijom, njegovog potencijala za domaću proizvodnju te brzog vremena punjenja i visoke učinkovitosti električnog vozila s gorivim ćelijama. Zapravo, gorivna ćelija u kombinaciji s električnim motorom je dva do tri puta učinkovitija od motora s unutarnjim izgaranjem koji radi na benzin. Vodik također može poslužiti kao gorivo za motore s unutarnjim izgaranjem. Međutim, za razliku od FCEV-ova, oni proizvode emisije iz ispušne cijevi i manje su učinkoviti. Budući da vodik ima nisku volumetrijsku gustoću energije, pohranjuje se u vozilu kao komprimirani plin kako bi se postigao domet vožnje konvencionalnih vozila. U razvoju su i drugi načini pohranjivanja vodika, uključujući kemijsko vezivanje vodika s materijalom kao što je metalni hidrid ili materijali koji apsorbiraju niske temperature. [6][16]





Slika 5. Shema gorivi članak

Izvor: [17]

### 2.3.2. Prirodni plin

Ukapljeni naftni plin (LPG) ili propan autoplin, je alternativno gorivo čistog izgaranja koje se desetljećima koristi za pogon lakih, srednjih i teških vozila na propan. Propan je plin alkan s tri ugljika ( $C_3H_8$ ). Čuva se pod pritiskom unutar spremnika kao bezbojna tekućina bez mirisa. Kako se pritisak oslobađa, tekući propan isparava i pretvara se u plin koji se koristi za izgaranje.

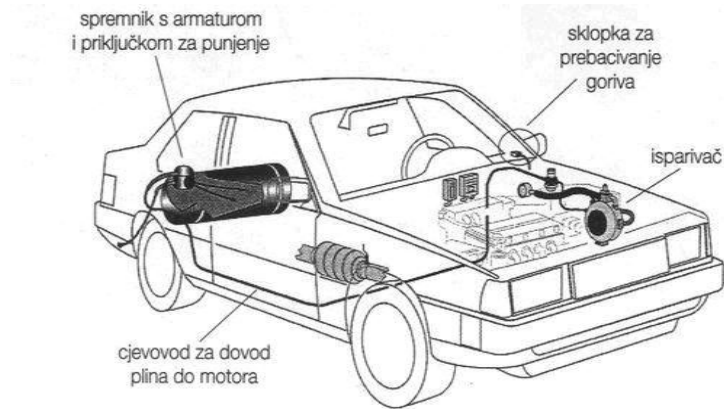
Propan ima visoku oktansku vrijednost, što ga čini izvrsnim izborom za motore s unutarnjim izgaranjem paljene svjećicom. Ako se prolije ili ispusti iz vozila, ne predstavlja opasnost za tlo, površinske ili podzemne vode. Propan se proizvodi kao nusprodukt prerade prirodnog plina i rafiniranja sirove nafte. Njegove glavne namjene uključuju grijanje doma i vode, kuhanje i hlađenje hrane, sušenje odjeće i napajanje poljoprivredne i industrijske opreme. Kemijska industrija također koristi propan kao sirovinu za izradu plastike i drugih spojeva.

Zanimanje za propan kao alternativno gorivo za prijevoz proizlazi iz njegove domaće dostupnosti, visoke gustoće energije, kvalitete čistog sagorijevanja i relativno niske cijene. To je treće najčešće prometno gorivo u svijetu, iza benzina i dizela.

Propan koji se koristi u vozilima specificiran je kao HD-5 propan i mješavina je propana s manjim količinama drugih plinova. Propan se skladišti u vozilu, prikazano Slikom 6., u spremniku pod tlakom otprilike dvostruko više od tlaka napuhane gume kamiona. Pod tim pritiskom, propan postaje tekućina s gustoćom energije 270 puta većom od njegovog



plinovitog oblika. Propan ima veći oktanski broj od benzina, pa se može koristiti s višim omjerima kompresije motora i otporniji je na detonaciju motora. Međutim, ima nižu toplinsku jedinicu od benzina, tako da je potrebno više goriva po volumenu za vožnju iste udaljenosti. [6][18]



*Slika 6. Upotreba ukapljenog naftnog plina za pogon automobila*

*Izvor: [19]*

### **2.3.3. Biogoriva**

Biodizel je obnovljivo, biorazgradivo gorivo proizvedeno u zemlji od biljnih ulja, životinjskih masti ili reciklirane restoranske masti. Biodizel udovoljava zahtjevima za obnovljiva goriva u pogledu dizela na bazi biomase i sveukupnog naprednog biogoriva. Obnovljivi dizel se razlikuje od biodizela. Biodizel je tekuće gorivo koje se često naziva B100, čistim biodizelom u nepomiješanom obliku. Poput naftnog dizela, biodizel se koristi za gorivo motora s kompresijskim paljenjem.

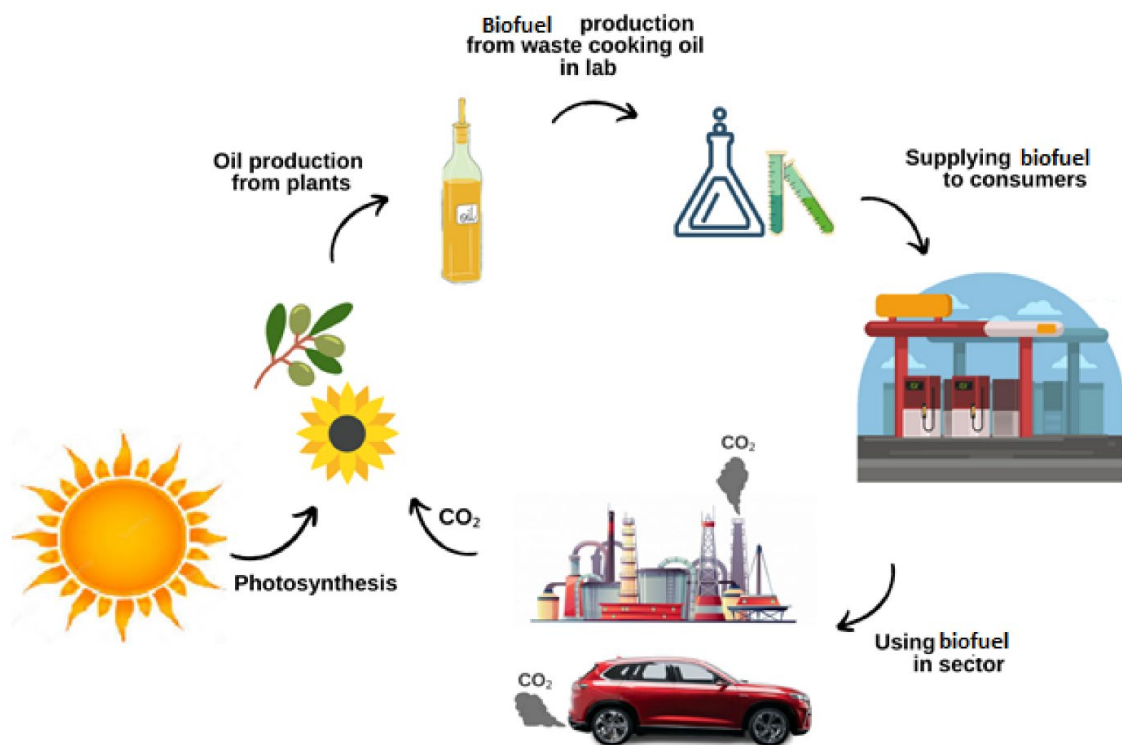
Učinkovitost biodizela pri hladnom vremenu ovisi o mješavini biodizela, sirovini i karakteristikama naftnog dizela. Općenito, mješavine s manjim postocima biodizela imaju bolje rezultate na niskim temperaturama. Zimi se proizvođači i dobavljači goriva bore protiv kristalizacije dodavanjem sredstva za poboljšanje hladnog protoka. Za najbolju izvedbu pri hladnom vremenu, korisnici bi trebali surađivati sa svojim dobavljačem goriva kako bi osigurali odgovarajuću mješavinu. [6]

Iako laka, srednja i teška dizelska vozila nisu vozila na alternativna goriva, gotovo sva mogu raditi na mješavinama biodizela. Najčešća mješavina biodizela je B20, koja se kreće od 6% do 20% biodizela pomiješanog s naftnim dizelom. Međutim, B5 (mješavina biodizela od 5% biodizela, 95% dizela) također se često koristi u flotnim vozilima. B20 i mješavine niže razine mogu se koristiti u mnogim dizelskim vozilima bez ikakvih modifikacija motora.

Biodizel podiže cetanski broj goriva i poboljšava mazivost goriva. Viši cetanski broj znači da se motor lakše pokreće i smanjuje kašnjenje paljenja. Diesel motori ovise o mazivosti goriva

kako bi se spriječilo prerano trošenje pokretnih dijelova. Poboljšana sposobnost podmazivanja smanjuje trenje unutar pokretnih dijelova, izbjegavajući dodatno trošenje. Primarna prednost biodizela je da može poboljšati mazivost goriva pri niskim razinama mješavine od samo 1%. Korištenje biodizela smanjuje emisije tijekom životnog ciklusa jer se ugljični dioksid koji se oslobađa izgaranjem biodizela nadoknađuje ugljičnim dioksidom apsorbiranim iz uzgoja soje ili drugih sirovina koje se koriste za proizvodnju goriva.

Biodizel postaje sve važniji kao vrhunski alternativni izvor energije koji treba zamijeniti goriva na bazi nafte u transportu. Proizvodnja, koja je prikazana Slikom 7., i korištenje biogoriva u transportu su prvenstveno vođeni ciljevima poboljšanja energetske sigurnosti i smanjenje emisije stakleničkih plinova. Moderna i održiva biogoriva mogu doprinijeti svjetskoj zadaći svladavanje izazova promicanja, prijelaz s fosilne energije na obnovljivu energije u transportu, sektor u kojem benzin i dizel nafta i dalje u velikoj mjeri dominira. [20]



Slika 7. Opći pogled na održivi proces proizvodnje biogoriva

Izvor: [21]

#### 2.3.4. Alkoholi

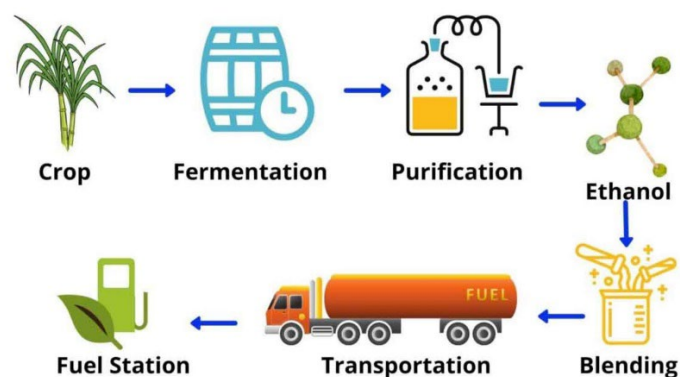
Etanol je obnovljivo gorivo napravljeno od različitih biljnih materijala zajednički poznatih kao "biomasa". Obično benzin sadrži E10 (10% etanola, 90% benzina), što smanjuje onečišćenje zraka. Etanol je također dostupan kao E85 (ili fleksibilno gorivo), koje se može koristiti u vozilima s fleksibilnim gorivom, dizajniranim za rad na bilo kojoj mješavini benzina

i etanola do 83%. Druga mješavina, E15, odobrena je za upotrebu u modelima 2001. godine i novijim lakim vozilima. [22]

Etanol ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ) je bistra, bezbojna tekućina. Također je poznat kao etilni alkohol, žitni alkohol i EtOH. Etanol ima istu kemijsku formulu bez obzira na to je li proizveden od sirovina na bazi škroba ili šećera (Slika 8), kao što je kukuruzno zrno, šećerne trske ili iz celuloznih sirovina (kao što su drvena sječka ili ostaci usjeva). Etanol ima viši oktanski broj od benzina, što pruža vrhunska svojstva miješanja. Zahtjevi za minimalni oktanski broj za benzin sprječavaju lupanje motora i osiguravaju vozne karakteristike.

Etanol sadrži manje energije po galonu od benzina, u različitim stupnjevima, ovisno o volumnom postotku etanola u mješavini. Denaturirani etanol (98% etanol) sadrži oko 30% manje energije od benzina po galonu. Utjecaj etanola na potrošnju goriva ovisi o sadržaju etanola u gorivu i o tome je li motor optimiziran za rad na benzin ili etanol.

Celulozni etanol poboljšava energetske ravnoteže etanola jer su sirovine ili otpad, proizvodi druge industrije (drvo, ostaci usjeva) ili namjenski usjevi s nižim zahtjevima za vodom i gnojivom u usporedbi s kukuruzom. Kada se biomasa koristi za pokretanje procesa pretvaranja neprehrambenih sirovina u celulozni etanol, količina energije fosilnih goriva koja se koristi u proizvodnji još se više smanjuje. Još jedna prednost celuloznog etanola je da rezultira nižim razinama životnog ciklusa emisija stakleničkih plinova [23].



Slika 8. Proizvodnja i miješanje etanol

Izvor: [24]

Etanol je obnovljivo, domaće prometno gorivo. Bilo da se koristi u mješavinama niske razine, kao što je E10 (10% etanola, 90% benzina), E15 (10,5% do 15% etanola) ili E85 (fleksibilno gorivo) etanol poboljšava javno zdravlje i okoliš, pruža sigurnosne prednosti i pridonosi otpornom transportnom sustavu. Kao i svako alternativno gorivo, korištenje etanola uključuje nekoliko razmatranja. Uspješan prijelaz na čisti prijevoz zahtijevat će različita

rješenja za vozila i goriva te mora uzeti u obzir emisije tijekom životnog ciklusa. Ugljični dioksid koji oslobađa vozilo kada se sagorijeva etanol kompenzira se ugljičnim dioksidom koji se uhvati kada se usjevi za sirovinu uzgajaju za proizvodnju etanola. Razlikuje se od benzina i dizela, koji se rafiniraju iz nafte izvađene iz zemlje, a kada se ovi naftni proizvodi spaljuju ne kompenziraju se nikakve emisije. [6][23]

### 2.3.5. Električna energija

Svi oblici električnih vozila (EV) mogu poboljšati potrošnju goriva, smanjiti troškove goriva i smanjiti emisije. Višestruki izvori goriva koji se koriste za proizvodnju električne energije rezultiraju sigurnijim izvorom energije za elektrificirani dio transportnog sektora. Sve ovo doprinosi energetske sigurnosti naše nacije.

*Tablica 2. Prednosti i nedostaci električnih vozila.*

*Izvor: [25]*

Električna vozila	
<i>Prednosti</i>	Niski troškovi vožnje, niski troškovi održavanja, ne zagađuju zrak, jednostavnija vožnja, praktično punjenje, pronalazak parkinga...
<i>Nedostaci</i>	Vrijeme punjenja, ograničen doseg, visoki početni troškovi, nedovoljan broj punionica, degradacija i troškovi baterije, ograničena ponuda vozila...

(EV) obično troše manje goriva od sličnih konvencionalnih vozila jer koriste tehnologije električnog pogona za povećanje učinkovitosti vozila putem regenerativnog kočenja— vraćajući energiju inače izgubljenu tijekom kočenja. Plug-in hibridna električna vozila (PHEV) i potpuno električna vozila, koja se također nazivaju i baterijska električna vozila (BEV), mogu se pokretati isključivo električnom energijom koja se proizvodi iz prirodnog plina, ugljena, nuklearne energije, energije vjetra, hidroenergije i solarne energije. [26]

Iako su troškovi energije za električna vozila općenito niži nego za slična konvencionalna vozila, nabavne cijene mogu biti znatno više, vidljivo Tablicom 2. Cijene će se vjerojatno izjednačiti s konvencionalnim vozilima, kako se obujam proizvodnje povećava, a tehnologija baterija nastavlja sazrijevati. Također, početni troškovi mogu se nadoknaditi uštedom goriva, federalnim poreznim olakšicama i državnim i komunalnim poticajima. Federalne porezne olakšice za čista vozila dostupne su potrošačima, voznim parkovima, tvrtkama i subjektima koji su oslobođeni poreza koji ulažu u nova, rabljena i komercijalna čista vozila, uključujući potpuno električna vozila, PHEV, EV na gorive ćelije, i infrastrukturu za punjenje električnih vozila. Neke države i elektroprivredna poduzeća također nude poticaje, od kojih se mnogi mogu pronaći u bazi podataka zakona i poticaja.

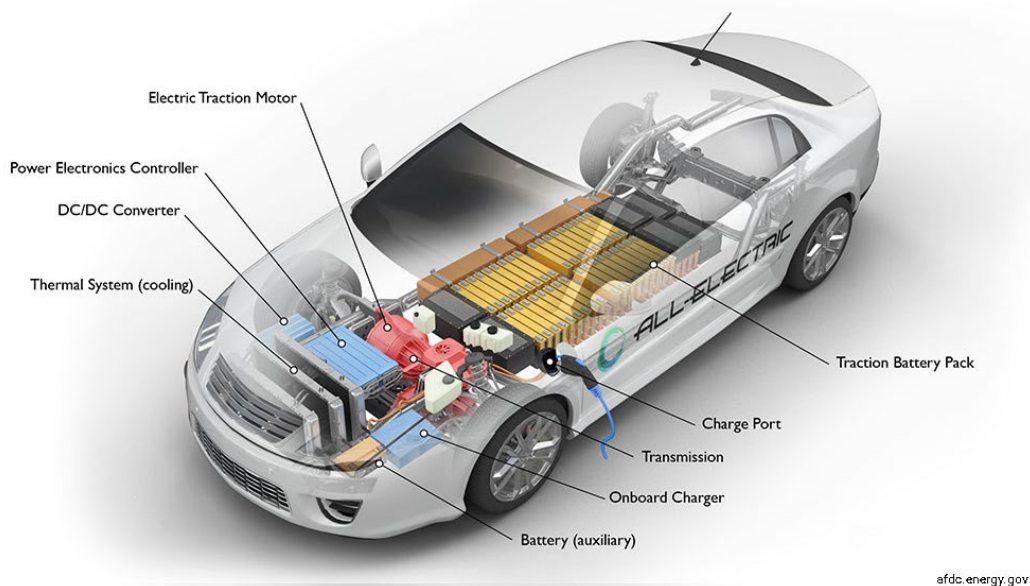
Električna vozila mogu dramatično smanjiti troškove goriva zbog visoke učinkovitosti komponenti električnog pogona. Budući da se potpuno električna vozila i PHEV u cijelosti ili djelomično oslanjaju na električnu energiju, njihova potrošnja goriva mjeri se drugačije od potrošnje konvencionalnih vozila

HEV obično postižu bolju ekonomičnost goriva i imaju niže troškove goriva od sličnih konvencionalnih vozila. Ekonomičnost goriva za srednja i teška potpuno električna vozila i PHEV uvelike ovisi o teretu koji se nosi i radnom ciklusu, ali u pravim primjenama, potpuno električna vozila održavaju snažnu prednost u omjeru goriva i cijene.

Potpuno električna vozila i PHEV imaju prednost fleksibilnog punjenja jer je električna mreža blizu većine mjesta gdje ljudi parkiraju. Za sigurnu isporuku energije iz električne mreže u bateriju vozila potrebna je stanica za punjenje električnih vozila, koja se ponekad naziva i oprema za napajanje električnih vozila (EVSE). Vozači mogu puniti vozila preko noći u prebivalištu, uključujući višestambene objekte, kao i na radnom mjestu ili na javnoj punionici kada je dostupna. PHEV-ovi imaju dodatnu fleksibilnost jer također mogu puniti gorivo benzinom ili dizelom (ili možda drugim gorivima u budućnosti) kada je to potrebno.

Javne punionice nisu tako sveprisutne kao benzinske postaje. Proizvođači opreme za punjenje, proizvođači automobila, komunalne službe, koalicije čistih gradova i zajednica, države, općine i vladine agencije ubrzano uspostavljaju nacionalnu mrežu javnih stanica za punjenje.

Električna i hibridna vozila mogu imati značajne prednosti u pogledu emisija u odnosu na konvencionalna vozila, na Slici 8. prikazani su dijelovi električnog vozila. Potpuno električna vozila ne proizvode emisije iz ispušne cijevi, a PHEV ne proizvode nikakve emisije iz ispušne cijevi kada rade u potpuno električnom načinu rada. Prednosti HEV emisija ovise o modelu vozila i vrsti hibridnog sustava napajanja.



Slika 9. Dijelovi električnog vozila

Izvor: [27]

Emisije u životnom ciklusu električnog vozila ovise o izvoru električne energije koji se koristi za njegovo punjenje, a koji se razlikuje ovisno o regiji. U zemljopisnim područjima koja za proizvodnju električne energije koriste izvore energije s relativno malim zagađivanjem, električna vozila obično imaju prednost u pogledu emisija tijekom životnog ciklusa u odnosu na slična konvencionalna vozila koja rade na benzin ili dizel. U regijama koje uvelike ovise o konvencionalnoj proizvodnji električne energije, električna vozila možda neće pokazati snažnu korist u emisijama životnog ciklusa.

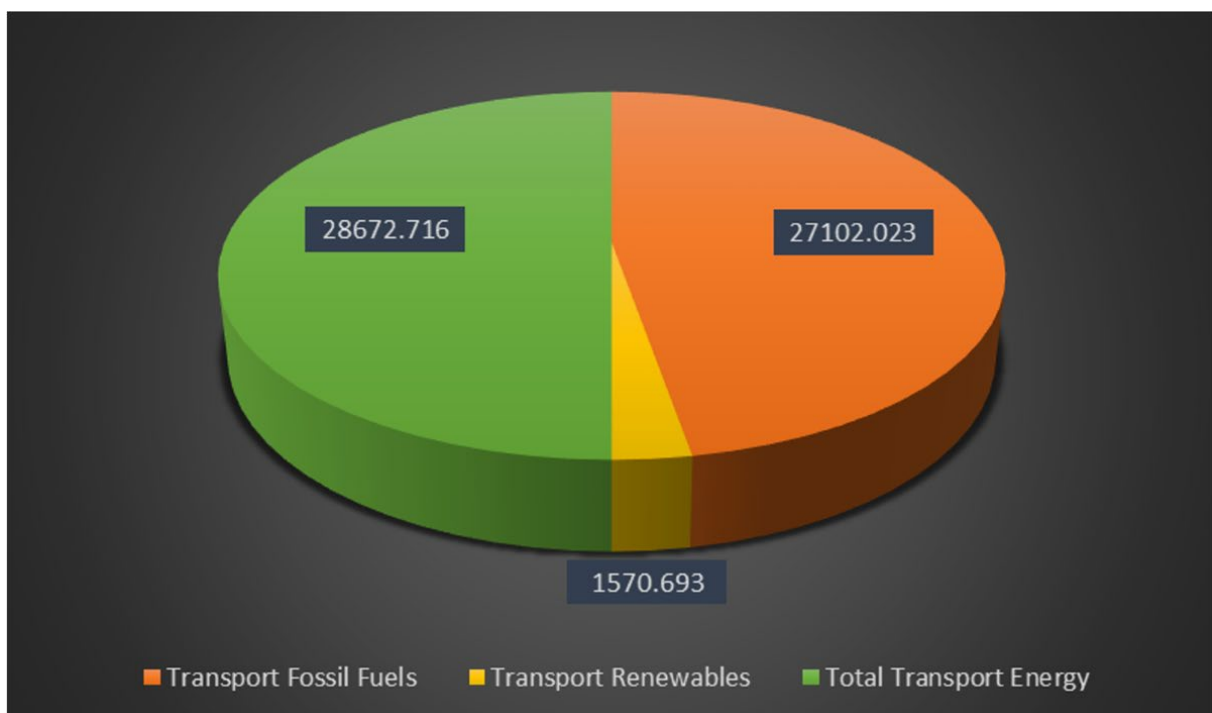
U električnim vozilima, ugrađene baterije pohranjuju energiju za napajanje jednog ili više električnih motora. Te se baterije pune pomoću električne energije iz mreže i energije ponovno uhvaćene tijekom kočenja, poznate kao regenerativno kočenje. Vozila koja rade samo na električnu energiju ne proizvode emisije iz ispušnih cijevi, ali mogu postojati emisije povezane s proizvodnjom električne energije. Napajanje električnih vozila električnom energijom trenutno je isplativo u usporedbi s korištenjem benzina, ali kupnja električnih vozila obično košta više. Međutim, početni troškovi vozila mogu se nadoknaditi uštedom troškova energije, saveznim poreznim olakšicama i državnim poticajima. Električna energija za punjenje vozila posebno je isplativa ako vozači mogu iskoristiti cijene izvan vršnog prometa i druge poticaje koje nude komunalna poduzeća. Trošak ovisi o cijeni električne energije, koja može varirati ovisno o regiji, vrsti proizvodnje, vremenu korištenja i pristupnoj točki. Međutim, zbog energetske učinkovitosti EV pogonskih sklopova, dodatne uštede u odnosu na konvencionalna vozila proizlaze iz rada vozila, čak i kada su cijene električne energije relativno visoke (tj.

tijekom vršnih cijena ili na javnim stanicama za brzo punjenje). Mnogi vlasnici električnih vozila odlučuju većinu punjenja obaviti kod kuće (ili u voznim parkovima, u slučaju voznih parkova u komercijalnom vlasništvu) gdje će troškovi punjenja obično biti niži nego na javnim punjačima. Vozači električnih vozila također imaju pristup javnim stanicama za punjenje na raznim mjestima, kao što su trgovački centri, javne garaže i parkirališta, hoteli i restorani. Javna infrastruktura za punjenje brzo se širi, pružajući vozačima pogodnost, domet i povjerenje da zadovolje svoje potrebe prijevoza. [6][27]

### 3. ODRŽIVI OBLICI ENERGIJE U CESTOVNOM PROMETU

Održiva energija je ona koja zadovoljava potrebe sadašnjih generacija bez ugrožavanja sposobnosti budućih generacija da zadovolje svoje vlastite potrebe. Ona uključuje pronalaženje čistih i obnovljivih izvora energije, a ne izvora koji se mogu iscrpiti. To je oblik energije koji zadovoljava našu trenutnu potražnju za energijom bez opasnosti od iscrpljenosti, a može se koristiti uvijek iznova. Održivu energiju treba naširoko promovirati zato što ne šteti okolišu. Svi obnovljivi izvori energije održivi su jer su stabilni i dostupni u izobilju te će o njima biti riječi u nastavku rada.

Za razliku od održivih oblika energije, fosilna goriva su ograničena, uzrokuju značajno onečišćenje ispuštanjem štetnih plinova i nisu dostupna diljem Zemlje. Grafikon 3. prikazuje odnos fosilnih goriva i obnovljive energije. Ona općenito uključuju ugljen, naftu i prirodni plin. Moraju se poduzeti mjere kako bi se smanjila naša ovisnost o fosilnim gorivima jer ona predstavljaju veliki rizik za okoliš. Većina zemalja već je počela poduzimati korake za korištenje alternativnih izvora energije, a danas već oko dvadeset posto svjetskih energetske potrebe dolazi iz obnovljivih izvora energije. [28]



Grafikon 3. Transportna fosilna goriva i potrošnja obnovljive energije

Izvor: [29]



### 3.1. Energija sunca, vjetra i vode

Solarna energija je najbolji način održive energije, a manifestira se u dva oblika: svjetlost i toplina. Oba oblika jednako su važna za mnoge organizme, kao što su biljke kojima treba svjetlost za rast i proizvodnju hrane. Ljudi trebaju toplinsku energiju za održavanje tjelesne temperature i napajanje svojih domova i industrije, što znači da je ovaj oblik održive energije najrasprostranjeniji i može se koristiti više puta s boljim rezultatima prema potrebama.

Dokazi intenzivnog korištenja ovog alternativnog izvora energije mogu se vidjeti posvuda, a najčešći primjer su solarne ploče. One proizvode električnu energiju kroz proces koji se naziva fotonaponski učinak, a većina ih je izgrađena od silicija ili drugih poluvodiča. Postoje mnoge tvrtke koje proizvode solarne ploče kako bi iskoristile ovu energiju za korištenje u kućanstvu ili industriji. Tipična instalacija solarnih ploča na krovu može pokriti 100% potrošnje energije i uštedjeti vlasnicima velike količine novaca, što ih čini i vrlo isplativima. Zbog svih ovih razloga, osmišljen je koncept solarnih cesta (Slika 10.). To su autoceste izgrađene od posebnih solarnih cestovnih ploča napravljenih da proizvode dovoljno energije za ponudu rasvjete, grijanja i drugih značajki koje su korisne u cestovnom prometu. [30]



*Slika 10. Dizajn ideje o solarnim cestama*

*Izvor: [30]*

Solarne ćelije mogu biti i integrirane u dizajn nekih vozila, uglavnom kao dopunski izvor energije. Vozila na solarni pogon trenutno se razvijaju prema sebi održavanje vozila koja izravno iskorištavaju svoju energiju od sunca. Za takva vozila važno je da optimiziraju svoju izloženost suncu tijekom vožnje, čime se smanjuje njihova potrošnja energije putem fosilnih goriva. [31]

Sunčeva energija također potiče i kretanje vode u prirodi, što daje energiju vodotocima koji se potom koriste za dobivanje električne energije. Najveće izvedbe za takvo dobivanje energije su hidroelektrane, koje kinetičku i potencijalnu energiju vode, kopna ili mora, pretvaraju u električnu. S obzirom na to da mnogi modeli automobila danas koriste električnu energiju kao pogon, ovo indirektno povezuje energiju vodotoka sa potrebama pogonskih automobilskih sustava s održivim izvorima energije. [32]

Vjetar je održivi izvor energije koji je prirodno dostupan i sposoban za stvaranje velikih količina energije, koje se mogu koristiti na mnogo načina. Danas, vjetro turbine imaju ključnu ulogu u proizvodnji električne energije koja se može koristiti za napajanje električnih vozila. Vjetro turbine se postavljaju na visoke stupove kako bi uhvatile brži vjetar, djeluju bolje na priobalnim i planinskim područjima gdje su uvjeti najpovoljniji. U Hrvatskoj korištenje energije vjetra još uvijek je na niskoj razini, ali s razvojem tehnologije i infrastrukture ovaj oblik energije postaje sve važniji dio održivog razvoja. [33]

Hibridni sustavi igraju ključnu ulogu u prijelazu na održivi transport, osobito u kontekstu smanjenja emisija stakleničkih plinova i poboljšanja energetske učinkovitosti. Integracija obnovljivih izvora energije, kao što su vjetar i biomasa, zajedno s konvencionalnim gorivima omogućava optimizaciju potrošnje i pouzdanu opskrbu energijom. Time se smanjuje ovisnost o fosilnim gorivima, što je od iznimne važnosti s obzirom na rastuće cijene goriva i iscrpljivanje resursa. Prednosti hibridnih sustava uključuju veću fleksibilnost u opskrbi energijom, smanjujući potrošnju goriva u urbanim uvjetima te omogućujući veću učinkovitost, primjerice u gospodarskim vozilima poput autobusa i kamiona. Međutim, primjena hibridnih sustava nosi sa sobom i određene izazove, kao što su složene tehnologije i visoki troškovi, značajna ulaganja u infrastrukturu, izgradnja punionica i distribucijske mreže. [34]

Prijelaz na održivi promet predstavlja ekonomski izazov, ali i priliku. Iako su početna ulaganja u zelenu prometnu infrastrukturu vrlo visoka, dugoročno se pokazuje da takve investicije potiču gospodarski rast. Među dugoročnim koristima su značajne uštede energije, smanjenje troškova zdravstvene skrbi zbog poboljšanja kvalitete zraka te otvaranje novih radnih mjesta. Također se otvaraju i nove mogućnosti u proizvodnji, održavanju zelenih vozila, razvoju javnog prijevoza i biciklističke infrastrukture. Međutim, prijelaz na održivi transport može imati negativne posljedice za tradicionalnu industriju, poput nafte i plina. Stoga je ključno pažljivo planirati i provoditi politike koje će ublažiti ekonomske poremećaje te pružiti podršku radnicima i regijama pogođenim tim promjenama. [28]

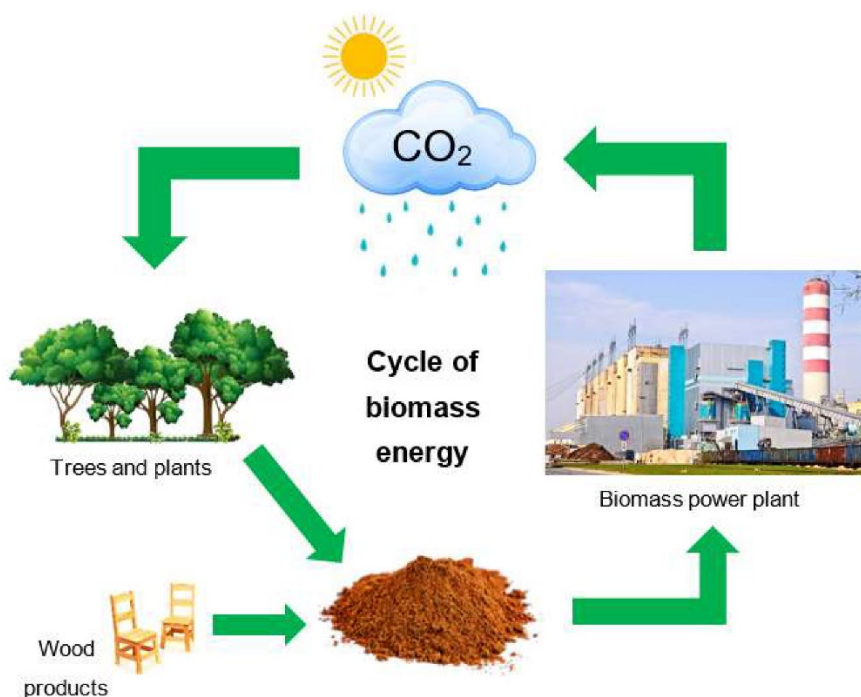
### 3.2. Energija biomase

Sve veća zabrinutost zbog globalnih klimatskih promjena, kiselih kiša i onečišćenja zraka izgaranjem fosilnih goriva dovela je do razmatranja biomase kao alternativnog, obnovljivog i ekološki benignog izvora energije. Rastuća potražnja za energijom diljem svijeta može se zadovoljiti obnovljivim izvorima energije poput biomase-biogoriva. Goriva na biomasu čine 10–14% svjetske potrošnje energije, a oko 90% energije proizvedeno je korištenjem goriva iz biomase u ruralnim područjima, dok je 40% energije [15].

U svijetu koji se bori s klimatskom krizom, biomasa se pojavljuje kao alternativni obnovljivi izvor energije za fosilna goriva. Biomasa je biorazgradiva organska tvar biološkog, biljnog ili životinjskog podrijetla koja se može pretvoriti u zeleno gorivo ili bioplin, kao što je prikazano na Slici 11. Također se može sastojati od biorazgradivog komunalnog otpada, kao i kanala za postrojenja za pročišćavanja vode.

Neki od primjera biomase upotrijebljene za proizvodnju energije su:

- **Poljoprivredni ostaci:** kao što su slamnate žitarica, rižine ljuske, ostaci usjeva i vrećica šećerne trske
- **Ostaci šuma:** grane, listovi i ostali ostaci drva iz aktivnosti kao što su stanjivanje drveća i drvna industrija
- **Otpad od hrane:** kao što su ljuštenje voća i povrća, ostaci hrane i otpad koji proizlazi iz obrade hrane
- **Otpad od drveća:** otpad iz drvne industrije i stolarije
- Gnoj i otpad od stoke, kao što su goveda, svinje i perad
- Komunalni otpad, kao što su otpad od drveća, otpad od dvorišta, rasipa hrane i otpad od papira. [35]



Slika 11. Opći ciklus energije biomase

Izvor: [37]

Biomasa se može izravno spaliti za proizvodnju topline ili električne energije, ili pretvoriti u naftu ili plin za proizvodnju krutih, tekućih i plinovitih biogoriva, koja se mogu koristiti u različitim sektorima, uključujući transport. Energija koja proizlazi iz pretvorbe organske tvari naziva se bioenergija, obnovljivi izvori energije. Biomasa je i dalje posebno važna u mnogim zemljama u razvoju, posebno za kuhanje i grijanje. Međutim, uporaba biogoriva u prometu i za proizvodnju električne energije također se povećava u mnogim razvijenima zemljama, kao posljedica mjera za smanjenje emisija CO<sub>2</sub> od korištenja fosilnih goriva.

Određivanje je li se na održiv sustav upravlja šumom zahtijeva razmatranje širokog spektra čimbenika koji zajedno određuju biološku raznolikost, produktivnost, kapacitet regeneracije, vitalnost i sposobnost ispunjavanja ekoloških, gospodarskih i društvenih funkcija.

Za razliku od elektrana na ugljen i plin, elektrane koje koriste biomasu ne doprinose povećanoj razini stakleničkih plinova. Razina CO<sub>2</sub> nastalog u postupku izgaranja biogoriva nije veća od količine CO<sub>2</sub> proizvedenog tijekom procesa prirodne transformacije biljaka (fotosinteza). Biomasa je čist, obnovljiv izvor energije. Glavna energija dolazi od sunca, a biomasa koja proizlazi iz biljaka ili algi može ponovno rasti u relativno kratkom razdoblju. Ako se usjevi održavaju na ekološki prihvatljivom području, mogu pomoći u neutralizaciji emisije ugljika apsorpiranjem ugljičnog dioksida. Mnoge sirovine mogu se ubrati na marginalnoj zemlji

ili pasti, gdje se ne natječu s prehrambenim usjevima. Neki od nedostataka su visoka potrošnja električne energije i topline, a sam proizvodni proces je dugotrajan i zahtijeva korištenje skupe tehnologije i opreme, što stvara značajne troškove i opterećenje na okoliš.

Biomasa je sirovina s nižom vrijednosti od ugljena ili prirodnog plina. Oko 50% biomase sastoji se od vode, koja je izgubljena u procesu pretvorbe energije. Spaljivanje biomase oslobađa ugljični monoksid, ugljični dioksid, dušikov oksid i druge onečišćujuće tvari i čestice. Ako se te onečišćujuće tvari ne recikliraju, izgaranje biomase može premašiti količinu onečišćenja koje oslobađaju fosilna goriva. Ako se neki izvori biomase ne napune onoliko brzo kao što se koriste, mogu postati neobnovljivi. Na primjer, šumi mogu trebati stotine godina da se ponovno oporavi. [38]

### **3.3. Vodik kao obnovljivi izvor energije**

Vodik, kao čisti izvor energije, može se proizvoditi putem obnovljivih izvora, što ga čini posebno održivim rješenjem za budućnost cestovnog prometa. Korištenje vodika iz obnovljivih izvora ima značajan potencijal, osobito kao dopunsko rješenje uz električnu mobilnost, a posebice u sektoru cestovnog teretnog prometa. Ova energija omogućuje duže vožnje bez potrebe za dugotrajnim punjenjem, a istovremeno smanjuje emisije stakleničkih plinova. Međutim, kako bi se vodik u cestovnom prometu mogao primjenjivati u većem opsegu, potrebno je uskladiti razvoj infrastrukture s povećanjem broja vozila na vodik. Iako se broj vozila na vodikov pogon povećava, infrastruktura za punjenje vodikom još uvijek zaostaje, što ograničava njihovu širu primjenu. Trenutno su vozila na vodik u drugom planu u odnosu na električna vozila, unatoč njihovoj prednosti da ispuštaju samo vodenu paru, što rezultira nultom emisijom štetnih tvari.

U urbanim sredinama, vozila na vodik sve se više koriste u javnom gradskom prijevozu kako bi se smanjile emisije CO<sub>2</sub>. Kalifornija u Sjedinjenim Američkim Državama trenutno je jedina regija s razvijenom vodikovom infrastrukturom, gdje su vozila na vodikov pogon već u svakodnevnoj upotrebi. Od 2015. godine, na tržištu su dostupna tri modela osobnih vozila koja koriste vodikove gorive ćelije: Honda Clarity Fuel Cell, Hyundai Nexo SUV i Toyota Mirai. Ova vozila koriste vodik dobiven iz obnovljivih izvora, koji u sklopu gorivih ćelija prolazi kroz membranu, spaja se s kisikom iz zraka, čime se proizvodi električna energija koja pokreće vozilo, a kao nusproizvod ispušta samo vodenu paru. Vodik iz obnovljivih izvora predstavlja održivu alternativu fosilnim gorivima i može igrati ključnu ulogu u budućnosti cestovnog prometa. Na Slici 12. prikazana je stanica za punjenje. Iako se trenutno suočava s izazovima u pogledu infrastrukture i široke primjene, njegov potencijal za smanjenje emisija i osiguranje energetske sigurnosti čini ga važnim dijelom tranzicije prema održivim izvorima energije. [39]



*Slika 12. Stanica za punjenje autobusa vodikom*

*Izvor: [40]*

## 4. BUDUĆNOST KORIŠTENJA ENERGIJE U CESTOVNOM PROMETU

Jednu od glavnih uloga u svjetskoj ekonomiji i svakodnevnom životu, od lokalnog sve do svjetskog načina prijevoza, igra cestovni promet. Uz pozitivne strane, cestovni promet jedan od najvećih izvora emisija stakleničkih plinova i potrošnje fosilnih goriva. S obzirom na sve veće izazove klimatskih promjena, zagađenja okoliša te potrebu za održivim i što bolje obnovljivim energetske rješenjima, budućnost cestovnog prometa sve više teži prema čistijim, učinkovitijim i tehnološki naprednijim alternativama. One se temelje na elektrifikaciji samih vozila, korištenje vodika kao pogonskog goriva, biogorivima te optimizaciji kroz pametne tehnologije koje napreduju iz dana u dan. Sa njihovim napretkom i snažnom podrškom političkog svijeta, promet postaje sve čistiji, učinkovitiji i manje ovisan o fosilnim gorivima, dok globalni cilj dekarbonizacije postaje sve dostižniji.

### 4.1. Elektrifikacija prometa

Najpoznatiji trend u cestovnom prometu je elektrifikacija vozila. Električna vozila (EV) postaju sve popularnija zbog svoje ekološke prihvatljivosti i sve bolje infrastrukture sustava punjenja baterija. Značajno smanjuju emisije CO<sub>2</sub> zbog toga što za pogon ne koriste fosilna goriva, već čistu električnu energiju, a uz napredak u području tehnologija baterija, autonomija EV-a konstantno raste.

- **Baterije nove generacije:** razvoj solid-state, LLCB i ostalih vrsta baterija omogućit će brže punjenje, veću energetske učinkovitost, dulji vijek trajanja te veći domet. Sa sve većim razvojem tehnologija, očekuje se da će doći do smanjenja cijene baterija, što će električna vozila učiniti pristupačnijim široj populaciji.
  - **Punjačka infrastruktura:** ulaganje u javne i privatne mreže za brzo punjenje bit će ključna za daljnji rast EV sektora. Europska Unija već je propisala uredbu o uvođenju infrastrukture za alternativna goriva (AFIR) koja postavlja nacionalno obavezujuće ciljeve kojima se propisuje koliko koja članica EU mora postaviti punionica električne energije i ostalih alternativnih goriva za laka i teška vozila.
- [41]

### 4.2. Vodik kao energent

Kao druga velika alternativa u cestovnom prometu navodi se upotreba vodika kao pogonskog goriva. Gorive ćelije koje koriste vodik proizvode električnu energiju putem kemijske reakcije (primjer: parno reformiranje metana), pri čemu je jedini nusprodukt voda.

Vozila na vodikova goriva (FCEV) nude razne prednosti, poput bržeg punjenja i većeg dometa u usporedbi sa trenutnim baterijskim električnim vozilima, što ih čini pogodnijima za kamione i dugolinijski prijevoz.

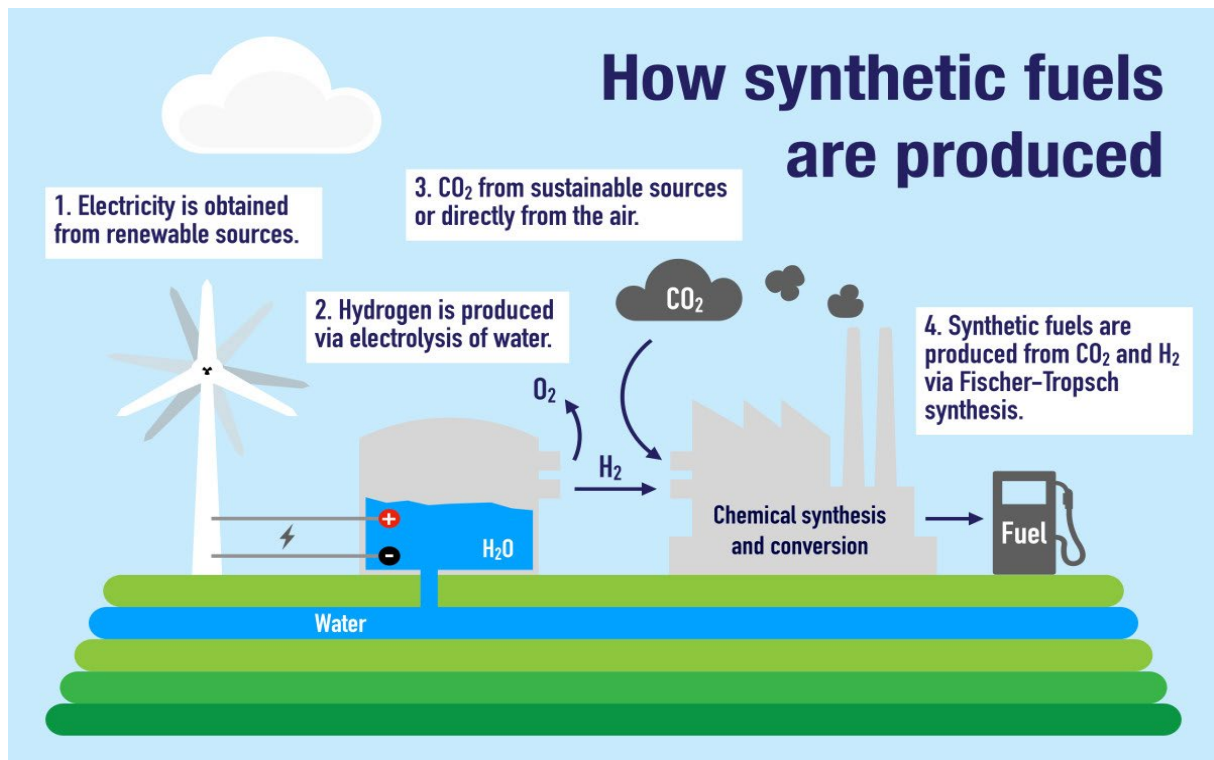
- **Proizvodnja zelenog vodika:** Dobiven procesom elektrolize s pomoću električne energije iz obnovljivih izvora energije, proizvodnja tzv. “zelenog vodika” podrazumijeva istinsku dekarbonizaciju teškog cestovnog prometa.
- **Infrastruktura za distribuciju vodika:** Trenutno jedan od glavnih izazova za razvoj prometa pogonjen vodikovim gorivom predstavlja sama distribucija vodika u vozila. Kako se tehnologije i mreže napreduju i šire, očekuje se sa će i sama upotreba vodikovog goriva imati sve veću ulogu, osobito u transportu robe. [42]

#### 4.3. Biogoriva i sintetička goriva

Također, jedne od održivih opcija su upotreba biodizela i bioetanola, tzv biogoriva i sintetičkih goriva koja se proizvode iz CO<sub>2</sub> i vodika. Upotreba tih goriva moguća je u postojećim motorima sa unutarnjim izgaranjem što ih čini pogodnima kao prijelazna rješenja sve dok se prijelaz na električnu energiju i vodik kao gorivo potpuno ne realizira.

- **Napredna biogoriva:** Ove vrste biogoriva nastaju iz sirovina poput poljoprivrednih ostatak i industrijskog otpada te bi mogle značajno smanjiti emisije stakleničkih plinova. Vrste biogoriva koje su trenutno u proizvodnji su biohidrogen, bio – DME, biometanol, DMF, HTU dizel, Fischer – Tropsch dizel i mješavine alkohola. Njihova proizvodnja postaje sve održivija i ekološki prihvatljiva. [43]
- **E-fuels:** Vrsta sintetičkog goriva, koja se dobiva iz zarobljenog CO<sub>2</sub> ili CO kao što je vidljivo na Slici 13., mogu biti neutralna te bi mogle omogućiti produljenje životnog vijeka vozila sa unutarnjim izgaranjem bez dodatnog doprinosa globalnom zagrijavanju [44].





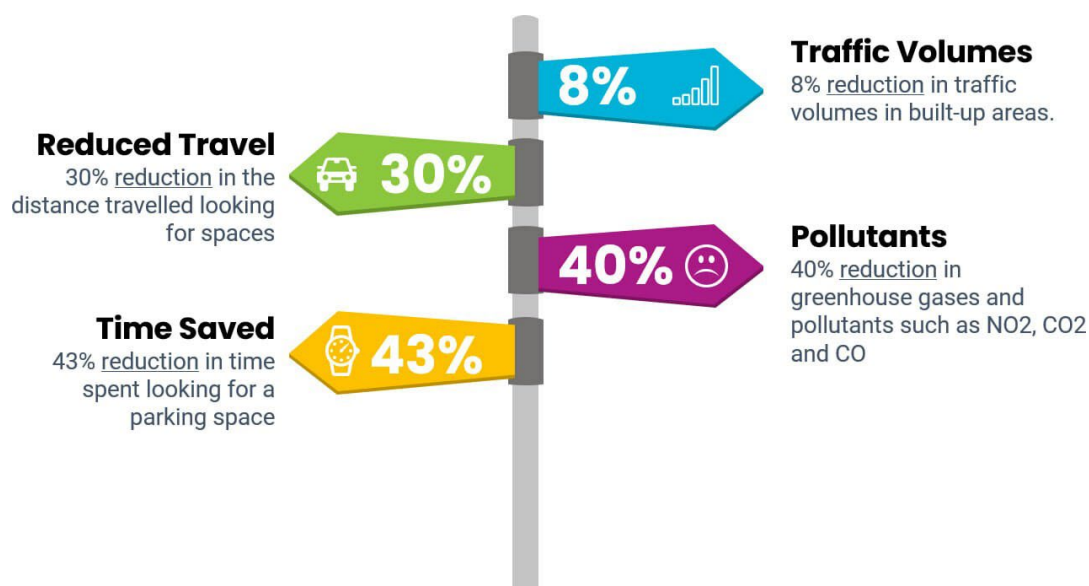
Slika 13. Način proizvodnje sintetičkog goriva

Izvor: [44]

#### 4.4. Autonomna vozila i optimizacija potrošnje energije

Revolucionarni korak u cestovnom prometu podrazumijeva autonomiju vozila i tehnologija u cestovnom prometu. Autonomni način vožnje može optimizirati potrošnju energije smanjenjem zastoja, prometnih nesreća i nepotrebnih vožnji zbog svoje pozadinske strane koja je napravljena na sustavu kompleksnih jednadžbi stvorene sa ciljem samoučenja.

- **Pametni prometni sustavi:** Inteligentni transportni sustavi (ITS) mogu se specificirati kao holistička, upravljačka i informacijsko-komunikacijska nadogradnja već postojećeg cestovnog prometa i prijevoza sa ciljem poboljšavanja performansi, na Slici 14. vidljive su prednosti tog sustava. Korištenje umjetne inteligencije i međusobna komunikacija vozila (V2V) i vozila s infrastrukturom (V2I) omogućit će dinamičko upravljanje prometom, smanjenje gužvi i optimizaciju potrošnje goriva.
- **Ekonomija dijeljenja:** Povećanje popularnosti dijeljenja vozila i usluga poput Uber-a, Bolt-a i autonomnih taksija smanjit će broj osobnih automobila na prometnicama čime će se dodatno smanjiti energetska potrošnja i potreba za velikim brojem parkirališnih mjesta. [45]



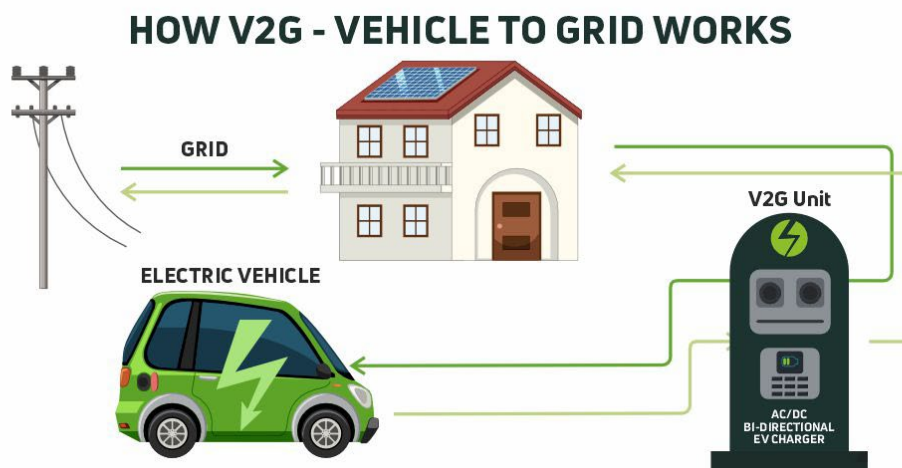
Slika 14. Prednosti ITS-a

Izvor: [45]

#### 4.5. Integracija obnovljivih izvora energije

Jedna od najvažnijih aspekata budućnosti cestovnog prometa je integracija obnovljivih izvora energije, kao što su solarna energija i energija vjetra, u promet i napajanje vozila. Mogućnost pohrane energije te samoproizvodnje iste revolucionirat će cestovni promet.

- **Solarna vozila:** Vozila opremljena solarnim panelima imaju mogućnost samoproizvodnje energije tijekom vožnje i parkiranja pomoću čiste Sunčeve energije. Premda su trenutne mogućnosti ove tehnologije ograničeni, očekuje se njezin rast i razvoj u skladu s razvojem i napretkom solarnih ćelija. [46]
- **Pametne mreže i pohrana energije:** U budućnosti, električna vozila će postati ne samo potrošači energije nego i pružatelji putem vehicle-to-grid (V2G) sustava. To će omogućiti skladištenje viška energije i mogućnost vraćanja energije u sustav kada je potrebno (Slika 15.), sa ciljem stabilizacije energetskog sustava [47].



Slika 15. Način rada V2G sustava

Izvor: [47]

#### 4.6. Regulatorni okviri i poticaji

Kako bi se ostvarila brza tranzicija prema čistim energijama u cestovnom prometu, vlade širom svijeta donose sve rigoroznije ekološke regulative i uvode razne poticaje. Ovi zakonski i financijski okviri od suštinske su važnosti za ubrzanje promjena u prometnom sektoru, gdje se prepoznaje potreba za smanjenjem emisija stakleničkih plinova i smanjenjem ovisnosti o fosilnim gorivima.

- **Zakonodavne mjere:** Mnoge zemlje i regije već su uvele ili planiraju uvesti zakone usmjerene na smanjenje emisija iz vozila. Europska unija, na primjer, postavila je ambiciozne ciljeve u okviru Europskog zelenog plana, uključujući planove za ukidanje prodaje novih vozila s unutarnjim izgaranjem do 2035. godine. Slični ciljevi najavljeni su u Kaliforniji, koja planira zabraniti prodaju novih vozila na fosilna goriva do 2035. godine, te u Kini, koja teži smanjenju udjela vozila s unutarnjim izgaranjem do 2035. godine. U Velikoj Britaniji, vlada je najavila da će do 2030. godine zabraniti prodaju novih automobila na benzin i dizel, a sve nove vožnje moraju biti bez emisija. Ove regulative obuhvaćaju ne samo zabrane, već i strože standarde emisija za vozila koja su još uvijek u prometu.
- **Poticaji i subvencije:** Kako bi se potaknula kupnja ekološki prihvatljivijih vozila, mnoge vlade nude subvencije i porezne olakšice za električna vozila i druga vozila s niskim emisijama. U Europskoj uniji, različite zemlje nude subvencije za kupnju električnih vozila, besplatno parkiranje ili smanjene cestarine za vozila s niskim emisijama. Subvencije za instalaciju kućnih punjača i ulaganja u

infrastrukturu za punjenje također su od ključne važnosti. U mnogim zemljama postoje programi koji sufinanciraju troškove postavljanja punjačkih stanica u privatnim i javnim prostorima.

- **Razvoj i podrška infrastrukturi:** Kako bi se omogućio razvoj infrastrukture potrebne za podršku električnim vozilima i drugim alternativnim tehnologijama, vlade ulažu u izgradnju mreže punjačkih stanica, postavljanje vodikovih stanica za punjenje i poboljšanje infrastrukture za biogoriva. Na primjer, u EU je uspostavljen plan za stvaranje paneuropske mreže brzih punjačkih stanica, dok su u Japanu i Koreji već ostvarena značajna ulaganja u infrastrukturu. [48]

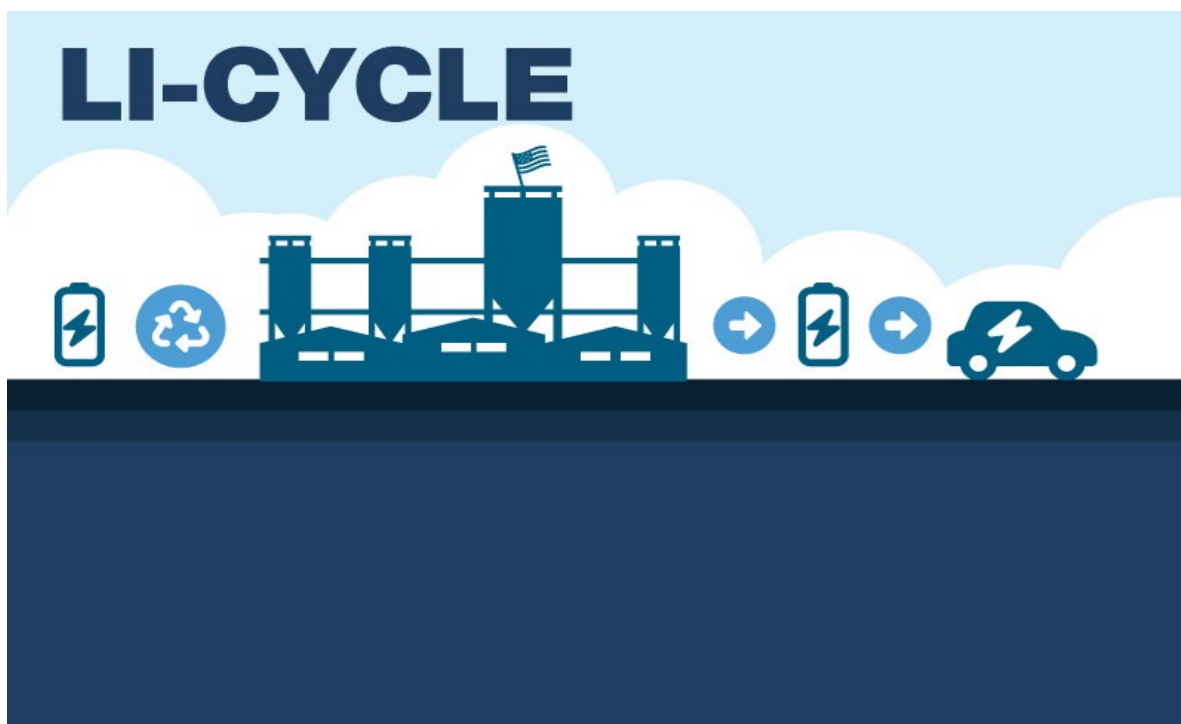
#### 4.7. Održivi materijali i kružno gospodarstvo

U okviru održivog razvoja cestovnog prometa, korištenje održivih materijala i primjena načela kružnog gospodarstva postaju sve značajniji. Ovi pristupi obuhvaćaju cijeli životni ciklus vozila, od proizvodnje do zbrinjavanja, s ciljem smanjenja utjecaja na okoliš i maksimiziranja učinkovitosti resursa.

- **Održivi materijali:** Korištenje laganih materijala u proizvodnji vozila značajno doprinosi smanjenju potrošnje goriva i emisije CO<sub>2</sub>. Aluminijski, magnezij i kompoziti od karbonskih vlakana primjeri su materijala koji se koriste za smanjenje težine vozila, čime se poboljšava energetska učinkovitost. Na primjer, BMW i Tesla koriste aluminijski i kompozite u svojim vozilima kako bi povećali učinkovitost baterija i smanjili potrošnju energije. Upotreba ekološki prihvatljivih materijala, poput bioplastike i prirodnih vlaknastih kompozita, raste. Ovi materijali smanjuju potrebu za fosilnim gorivima i često su biorazgradivi ili lakši za reciklažu. Na primjer, Ford koristi komponente od sojinog ulja i recikliranih materijala u unutrašnjosti svojih vozila, čime smanjuje potrošnju nafte i smanjuje otpad.
- **Reciklaža baterija:** S povećanjem broja električnih vozila, reciklaža baterija postaje ključna za smanjenje ekološkog utjecaja. Litij-ionske baterije sadrže rijetke materijale poput litija, kobalta i nikla. Razvijaju se tehnologije za poboljšanje učinkovitosti reciklaže, uključujući procese koji omogućuju vraćanje ovih materijala u proizvodnju novih baterija. Na primjer, sustavi poput Li-Cycle (Slika 16.) i Redwood Materials nude inovativne metode za reciklažu baterijskih materijala, smanjujući potrebu za rudarenjem i smanjujući ekološke posljedice. Osim reciklaže, važno je razviti strategije za sigurno zbrinjavanje baterija koje su dosegli kraj svog životnog ciklusa. Zbrinjavanje baterija mora se

provoditi uz stroge ekološke standarde kako bi se spriječilo ispuštanje štetnih kemikalija u okoliš. [49]

- **Kružno gospodarstvo:** Koncept kružnog gospodarstva obuhvaća dizajn vozila koji olakšava demontažu i ponovnu upotrebu dijelova. Modularni dizajn omogućava jednostavnu zamjenu i popravak komponenti, čime se produžuje životni vijek vozila i smanjuje količina otpada. Automobilske kompanije poput Renaulta i Toyote primjenjuju modularne pristupe u dizajnu svojih vozila kako bi olakšale reciklažu i ponovnu upotrebu. Strategije kružnog gospodarstva uključuju dizajn vozila s naglaskom na ponovnu upotrebu i reciklažu materijala. To također podrazumijeva razvoj tržišta za reciklirane materijale i poboljšanje infrastrukture za sakupljanje i obradu otpada. U tom kontekstu, značajnu ulogu igraju inicijative poput "Cradle to Cradle" koje se fokusiraju na dizajn proizvoda koji se može neprekidno reciklirati i ponovo koristiti bez stvaranja otpada [50].



Slika 16. Li-Cycle sustav

Izvor: [49]

## 5. -ZAKLJUČAK

Energija je potreba u našim svakodnevnim životima budući da je to način poboljšanja ljudskog razvoja kao i poticanja gospodarskog rasta i produktivnosti. Prelazak na obnovljive izvore energije izvrsna je strategija za borbu protiv klimatskih promjena, ali mora se provoditi na održiv način kako bi se osigurala sigurna opskrba energijom za buduće generacije kako bi zadovoljile svoje energetske potrebe.

Prijevoz je jedan od većih izvora onečišćenja zraka, koji značajno pridonosi respiratornih i kardiovaskularnih bolesti. Čak 71.7% sveukupne emisije stakleničkih plinova proizvodi cestovni prijevoz te prema Svjetskoj zdravstvenoj organizaciji, onečišćenje zraka pridonosi čak 7 milijuna preuranjenih smrti diljem svijeta, a pomak prema čistim načinima prijevoza može imati dubok utjecaj na javno zdravlje smanjenjem respiratornih i kardiovaskularne bolesti. Održivi oblici prijevoza, kao što je uporaba električnih vozila, može značajno smanjiti onečišćenje zraka i poboljšati kvalitetu zraka, s velikim zdravstvenim prednostima.

Tradicionalni načini prijevoza suočavaju se s porastom pritiska za smanjenje svojih ekoloških otisaka u oblik potrošnje goriva, buke i emisije, zahtijevaju alternativna, održiva rješenja. Nedavno napredak u tehnologijama obnovljive energije za prijevoz je bioraznolik i obećavajući.

U svjetlu ovih izazova, primjetan je globalni pomak prema održivim i tehnološki naprednim rješenjima. Elektrifikacija vozila, uz podršku naprednih baterija i sve razvijenije infrastrukture za punjenje, postaje dominantan trend. Električna vozila značajno smanjuju emisije CO<sub>2</sub> i nude dugoročne ekološke i ekonomske prednosti. Očekivani pad emisije CO<sub>2</sub> do 2030. godine iznosit će 59,4 grama CO<sub>2</sub>. Osim toga, vodik kao energent predstavlja rješenje za teži prijevoz, poput kamiona, zahvaljujući svojim prednostima u pogledu većeg dometa i brzine punjenja. Biogoriva i sintetička goriva nude prijelazno rješenje za vozila s unutarnjim izgaranjem, dok razvoj naprednih biogoriva i e-goriva omogućava smanjenje emisija uz postojeću infrastrukturu. Kada se zbroje obnovljivi izvori energije, oni zadovoljavaju 20% svjetskih potreba za energijom. S druge strane, pametni transportni sustavi i autonomna vozila doprinose optimizaciji potrošnje energije smanjenjem gužvi i povećanjem sigurnosti. Integracija obnovljivih izvora energije u promet također igra ključnu ulogu. Korištenje solarnih panela na vozilima, pohrana energije i sustavi za povrat energije (V2G) sve više doprinose smanjenju ovisnosti o fosilnim gorivima. Rezultat tome bit će smanjenje prometa od 8%, 43% manjeg putovanja prilikom traženja parking mjesta te 40% manje emisije stakleničkih plinova. Regulatorni okviri i poticaji koje vlade uvode diljem svijeta djeluju kao katalizatori ove

tranzicije. Zakonodavne mjere, poput zabrane prodaje vozila s unutarnjim izgaranjem u Europi do 2035. godine, zajedno sa subvencijama za kupnju električnih vozila i ulaganjima u infrastrukturu, ubrzavaju prihvaćanje održivih tehnologija.

Na kraju, ključni aspekt budućnosti prometa odnosi se na korištenje održivih materijala i primjenu kružnog gospodarstva. Reciklaža baterija i modularni dizajn vozila smanjuju ekološki otisak i omogućuju ponovnu upotrebu resursa, što dodatno jača održivost cijelog sustava. Sve ove promjene, potpomognute inovacijama i snažnim političkim okvirima, omogućuju da globalni cilj postane sve realniji i dostižniji. Promet budućnosti bit će čišći, učinkovitiji, manje ovisan o fosilnim gorivima i održiviji u svakom pogledu.

## LITERATURA

- [1] Svjetska zdravstvena organizacija. [Online] Preuzeto s: <https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/air-quality-23-2018/hr/> [Pristupljeno: kolovoz 2024.]
- [2] History of the Automobile Industry. [Online] Preuzeto s: Povijest automobila i automobilske industrije | Voli znati (lovetoknow.com) [Pristupljeno: srpanj 2024.]
- [3] Razvoj prometa. [Online] Preuzeto s: <https://images.app.goo.gl/ADRDBaAFqQnyQx77> [Pristupljeno: srpanj 2024.]
- [4] Automobil, Hrvatska enciklopedija. [Online] Preuzeto s: automobil - Hrvatska enciklopedija [Pristupljeno: srpanj 2024.]
- [5] Prvi automobil. [Online] Preuzeto s: <https://povijest.hr/nadanasnjidan/karl-benz-patentirao-prvi-automobil-1886/> [Pristupljeno: srpanj 2024.]
- [6] Golubić J. Promet i okoliš. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu; 2006.
- [7] Emisije CO2 u prometu u EU: Činjenice i brojke, Europski parlament. [Online] Preuzeto s: <https://www.europarl.europa.eu/news/hr/headlines/society/20190313STO31218/emisije-co2-u-prometu-eu-a-cinjenice-i-brojke> [Pristupljeno: srpanj 2024.]
- [8] Brozović, I. 2013. Najvažniji oblici onečišćenja okoliša od prometa. Promet, prostor i okoliš. Veleučilište u Rijeci i Građevinski fakultet u Rijeci
- [9] Ministarstvo zaštite okoliša i energetike, Zavod za zaštitu okoliša i prirode, Preuzeto s: Okoliš na dlanu I-2020 | MINGOR (haop.hr) [Pristupljeno: srpanj 2024.]
- [10] Alternativna goriva, Ekologija, Fakultet prometnih znanosti. [Online] Preuzeto s: NOVO-bio-goriva- brošura\_4\_1\_2017\_v01.pdf (ina.hr) [Pristupljeno: srpanj 2024.]
- [11] Potrošnja energije u prometu. [Online] Preuzeto s: <https://www.enu.hr/gradani/info-edu/promet/22-potrosnja-energije-u-prometu/> [Pristupljeno: srpanj 2024.]
- [12] Obnovljivi izvori energije. [Online] Preuzeto s: [https://www.researchgate.net/figure/Summary-table-of-renewable-energy-sources\\_tbl3\\_363319355](https://www.researchgate.net/figure/Summary-table-of-renewable-energy-sources_tbl3_363319355) [Pristupljeno: srpanj 2024.]
- [13] Korištenje alternativnih goriva. [Online] Preuzeto s: <https://www.energy.gov/eere/sustainable-transportation-and-fuels> [Pristupljeno: srpanj 2024.]
- [14] Korištenje održivih oblika. [Online] Preuzeto s: <https://images.app.goo.gl/E212dXUuHfpx388F6> [Pristupljeno: srpanj 2024.]
- [15] Vodik. [Online] Preuzeto s: [https://www.researchgate.net/publication/377660033\\_Sustainable\\_Societal\\_Transformation\\_S\\_haping\\_Renewable\\_Energy\\_Technologies\\_in\\_Transport](https://www.researchgate.net/publication/377660033_Sustainable_Societal_Transformation_S_haping_Renewable_Energy_Technologies_in_Transport) [Pristupljeno: srpanj 2024.]



- [16] Vozila s gorivim ćelijama. [Online] Preuzeto s: <https://afdc.energy.gov/fuels/hydrogen> [Pristupljeno: srpanj 2024.]
- [17] Gorivi ćlanci. [Online] Preuzeto s: [https://hr.wikipedia.org/wiki/Gorivi\\_%C4%8Dlanak](https://hr.wikipedia.org/wiki/Gorivi_%C4%8Dlanak) [Pristupljeno: srpanj 2024.]
- [18] Pogon na plin. [Online] Preuzeto s: Autoplin » Ugradnja auto plina
- [19] Ukapljeni naftni plin. [Online] Preuzeto s: <https://images.app.goo.gl/WbunYEKGGpnmvJRY7> [Pristupljeno: srpanj 2024.]
- [20] Biogoriva. [Online] Preuzeto s: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:861428> [Pristupljeno: srpanj 2024.]
- [21] Biodizel kao alternativno gorivo. [Online] Preuzeto s: <https://www.mdpi.com/1996-1073/16/1/463> [Pristupljeno: srpanj 2024.]
- [22] Alkoholi kao gorivo. [Online] Preuzeto s: <https://voisplanet.com/article/ethanol-ecosystem-will-contribute-in-india-path-to-a-sustainable-future-in-transportation> [Pristupljeno: srpanj 2024.]
- [23] Etanol. [Online] Preuzeto s: <https://afdc.energy.gov/fuels/ethanol> [Pristupljeno: srpanj 2024.]
- [24] Proizvodnja i mješanje alkohola. [Online] Preuzeto s: <https://voisplanet.com/article/ethanol-ecosystem-will-contribute-in-india-path-to-a-sustainable-future-in-transportation> [Pristupljeno: srpanj 2024.]
- [25] Prednosti i nedostaci elektrićnih vozila. [Online] Preuzeto s: <https://postanivozac.com/blog/prednosti-i-mane-elektricnih-automobila> [Pristupljeno: srpanj 2024.]
- [26] Elektrićna struja kao gorivo. [Online] Preuzeto s: <https://afdc.energy.gov/fuels/electricity> [Pristupljeno: srpanj 2024.]
- [27] Elektromobilnost. [Online] Preuzeto s: <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-all-electric-cars-work> [Pristupljeno: srpanj 2024.]
- [28] Korištenje obnovljivih izvora energije. [Online] Preuzeto s: <https://translate.google.com/website?sl=en&tl=hr&hl=hr&prev=search&u=https://doi.org/10.3390/en17092141> [Pristupljeno: srpanj 2024.]
- [29] Zelena energija u prometnom sektoru. [Online] Preuzeto s: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-022-25100-3> [Pristupljeno: srpanj 2024.]
- [30] Elektrićna energija iz obnovljivih izvora. [Online] Preuzeto s: <https://oie.hr/analiza-stanja-i-kretanja-sektora-obnovljivih-izvora-energije-u-hrvatskoj/> [Pristupljeno: srpanj 2024.]
- [31] Energija sunca, vjetra i vode. [Online] Preuzeto s: <https://net.hr/danas/vijesti/sunce-vjetar-koje-su-prednosti-a-koji-potencijalni-izazovi-obnovljivih-izvora-energije-infografika-103af758-b1c6-11eb-b2bc-0242ac130031> [Pristupljeno: srpanj 2024.]

- [32] Solarne ćelije. [Online] Preuzeto s: <https://www.solarreviews.com/blog/all-about-solar-roadways> [Pristupljeno: srpanj 2024.]
- [33] Energija vode. [Online] Preuzeto s: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9417191/> [Pristupljeno: srpanj 2024.]
- [34] Izvori energije. [Online] Preuzeto s: [https://edutorij-admin-api.carnet.hr/storage/extracted/1901966/j\\_5.html](https://edutorij-admin-api.carnet.hr/storage/extracted/1901966/j_5.html) [Pristupljeno: srpanj 2024.]
- [35] Hibridna vozila. [Online] Preuzeto s: <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-hybrid-electric-cars-work> [Pristupljeno: srpanj 2024.]
- [36] Upotreba otpada iz industrije biomase. [Online] Preuzeto s: <https://doi.org/10.3390/en16041783> [Pristupljeno: srpanj 2024.]
- [37] Nastanak biomase. [Online] Preuzeto s: <https://www.edp.com/en/edp-yes/energy-from-biomass-advantages-and-disadvantages-alternative-source> [Pristupljeno: srpanj 2024.]
- [38] Biomasa. [Online] Preuzeto s: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666821122002022> [Pristupljeno: srpanj 2024.]
- [39] Potencijal vodika. [Online] Preuzeto s: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666821122002022>
- [40] Vodikove punionice. [Online] Preuzeto s: <https://images.app.goo.gl/tgXaWztPmk92BeH58> [Pristupljeno: srpanj 2024.]
- [41] Elektrifikacija prometa. [Online] Preuzeto s: <https://www.synopsys.com/glossary/what-is-vehicle-electrification.html> [Pristupljeno: srpanj 2024.]
- [42] Vodik kao energent. [Online] Preuzeto s: <https://lidermedia.hr/zeleno-i-digitalno/trziste-u-nastajanju-hocemo-li-vodik-proizvoditi-samo-da-bismo-ga-izvozili-156337> [Pristupljeno: kolovoz 2024.]
- [43] Biogoriva. [Online] Preuzeto s: <https://eko.zagreb.hr/biogoriva/92> [Pristupljeno: kolovoz 2024.]
- [44] E-fuels. [Online] Preuzeto s: <https://www.fleeteurope.com/en/new-energies/europe/features/e-fuels-explained-everything-you-need-know?a=JMA06&t%5B0%5D=Electrification&t%5B1%5D=Hydrogen&t%5B2%5D=Emissions&curl=1> [Pristupljeno: kolovoz 2024.]
- [45] Inteligentni transportni sustavi. [Online] Preuzeto s: <https://mreza.bug.hr/tehnologije/inteligentni-transportni-sustavi-its-pamet-na-cesti-19703> [Pristupljeno: kolovoz 2024.]
- [46] Solarna vozila. [Online] Preuzeto s: <https://www.repsol.com/en/energy-and-the-future/sustainable-mobility/solar-cars/index.cshtml> [Pristupljeno: kolovoz 2024.]

- [47] Pametne mreže i pohrana energije. [Online] Preuzeto s: <https://pametni-gradovi.eu/pametne-tehnologije/pametna-rjesenja-i-tehnologije/pametne-mreze-i-buducnost-distribucije-energije/> [Pristupljeno: srpanj 2024.]
- [48] Regulatorni okviri i poticaji održivog razvoja. [Online] Preuzeto s: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/HTML/?uri=CELEX:52019DC0022&from=HR> [Pristupljeno: srpanj 2024.]
- [49] Održivi materijali. [Online] Preuzeto s: <https://www.energy.gov/lpo/articles/lpo-announces-conditional-commitment-loan-li-cycles-us-battery-resource-recovery> [Pristupljeno: srpanj 2024.]
- [50] Kružno gospodarstvo. [Online] Preuzeto s: <https://www.europarl.europa.eu/topics/en/article/20151201STO05603/circular-economy-definition-importance-and-benefits> [Pristupljeno: srpanj 2024.]

## POPIS KRATICA

WHO	Svjetske zdravstvene organizacije
EU	Europska Unija
CO <sub>2</sub>	ugljičkov dioksid
NO <sub>x</sub>	dušikov oksid
Sox	sumporov oksid
PM10	sitne lebdeće čestice
PM2.5	sitne lebdeće čestice
FCEV	električna vozila na gorive ćelije
LPG	ukapljeni naftni plin
EV	električna vozila
PHEV	Plug-in hibridna električna vozila
BEV	baterijska električna vozila
ITS	inteligentni transportni sustavi
V2V	međusobna komunikacija vozila
V2I	komunikacija vozila s infrastrukturom
V2G	vehicle-to-grid

## POPIS SLIKA

Slika 1. Povijesni razvoj prometa.....	3
Slika 2. Prvi automobil pokretan benzinom .....	4
Slika 3. Razvoj emisije ugljikovog dioksida iz novih osobnih automobila. ....	6
Slika 4. Korištenje održivih oblika .....	9
Slika 5. Shema gorivi članak .....	11
Slika 6. Upotreba ukapljenog naftnog plina za pogon automobila.....	12
Slika 7. Opći pogled na održivi proces proizvodnje biogoriva.....	13
Slika 8. Proizvodnja i miješanje etanol .....	14
Slika 9. Dijelovi električnog vozila .....	17
Slika 10. Dizajn ideje o solarnim cestama .....	20
Slika 11. Opći ciklus energije biomase.....	23
Slika 12. Stanica za punjenje autobusa vodikom .....	25
Slika 13. Način proizvodnje sintetičkog goriva .....	28
Slika 14. Prednosti ITS-a .....	29
Slika 15. Način rada V2G sustava .....	30
Slika 16. Li-Cycle sustav .....	32

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Obnovljivi izvori energije.....	8
Tablica 2. Prednosti i nedostaci električnih vozila. Izvor: [25] .....	15

## POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Emisije prometu u Europskoj Uniji 2019. godine. ....	5
Grafikon 2. Potrošnja energije u prometu .....	7
Grafikon 3. Transportna fosilna goriva i potrošnja obnovljive energije .....	19

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 mojega 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 ZIR.

Student/ica: Barbara Pustahija

U Zagrebu, \_\_\_\_\_ rujan 2024. \_\_\_\_\_