

# Ekološki aspekt primjene prirodnog plina u cestovnom prometu

---

**Dolenčić, Petra**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2017**

*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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:760540>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-10-02**



*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

**Petra Dolenčić**

**EKOLOŠKI ASPEKT PRIMJENE PRIRODNOG PLINA  
U CESTOVNOM PROMETU**

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2017.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**ZAVRŠNI RAD**

**EKOLOŠKI ASPEKT PRIMJENE PRIRODNOG PLINA  
U CESTOVNOM PROMETU**

**ECOLOGICAL ASPECT OF APPLICATION OF THE  
NATURAL GAS IN THE ROAD TRAFFIC**

Mentor: prof. dr. sc. Jasna Golubić

Student: Petra Dolenčić  
JMBAG: 0135232550

ZAGREB, rujan 2017.

# **EKOLOŠKI ASPEKT PRIMJENE PRIRODNOG PLINA U CESTOVNOM PROMETU**

## **SAŽETAK:**

Društveni razvoj, poboljšanje kvalitete života kao i energija moderne civilizacije temelji se na fosilnim odnosno konvencionalnim gorivima kao primarnim izvorima. Ograničene količine nafte, svjetska ekonomska kriza, negativne ekološke i klimatske promjene u prirodi te velika eksploatacija fosilnih goriva doveli su do povećane potražnje za alternativnim obnovljivim izvorima energije. U završnom radu detaljno je opisana primjena prirodnog plina te kriteriji za potencijalnu uporabu alternativnih goriva. Navedene su ekološke prednosti i nedostaci prirodnog plina, opisuje se postupak proizvodnje i transporta te rezultati testiranja ZET-ovih autobusa koji su pogonjeni prirodnim plinom. Također se uspoređuje prirodni plin s ostalim alternativnim gorivima prema raznim kriterijima kao što su njihove karakteristike, primjena te njihove prednosti i nedostaci. Nastavak završnog rada odnosi se na razvoj infrastrukture za primjenu alternativnih goriva te je prikazan sustav skladištenja prirodnog plina u Republici Hrvatskoj. Cilj ovog rada je naglasiti da postoje mnoge prednosti prirodnog plina gledano s ekološkog i ekonomskog aspekta u odnosu na fosilna goriva.

**KLJUČNE RIJEČI:** alternativna goriva, prirodni plin, cestovni promet, fosilna goriva, ekološke prednosti

## **SUMMARY:**

Social development, improvement of the quality of life as well as the energy of modern civilization are based on fossil or conventional fuels as primary sources. Limited amount of oil, the global economic crisis, negative ecological and climate change in nature, and large exploitation of fossil fuels have led to increased demand for alternative renewable energy sources. In this final paper, the application of natural gas and criteria for the potential use of alternative fuels are described in detail. Ecological advantages and disadvantages of natural gas are listed, the production and transport procedures are described as well as the results of the testing of natural gas powered by ZET buses. Natural gas is also compared with other alternative fuels according to various criteria such as their characteristics, application and their advantages and disadvantages. The final paper follow up is related to the development of infrastructure for the application of alternative fuels, and the system of natural gas storage in the Republic of Croatia is presented. The purpose of this paper is to emphasize that there are many benefits of natural gas from an ecological and economic aspect regarding to fossil fuels.

**KLJUČNE RIJEČI:** alternative fuels, natural gas, road traffic, fossil fuels, ecological benefits

# Sadržaj

<b>1. Uvod</b> .....	1
<b>2. Energetski resursi u prometu</b> .....	3
<b>2.1. Utjecaj pojedinih izvora energije na okoliš</b> .....	4
<b>2.2. Stanje potrošnje energije u prometu</b> .....	7
<b>3. Kriteriji za potencijalnu uporabu alternativnih goriva</b> .....	10
<b>4. Općenito o prirodnom plinu</b> .....	14
<b>4.1. Analiza primjene stlačenog prirodnog plina (SPP/CNG)</b> .....	16
<b>4.2. Analiza primjene ukapljenog naftnog plina (UNP/LPG)</b> .....	18
<b>4.3. Analiza primjene ukapljenog prirodnog plina (UPP/LNG)</b> .....	20
<b>5. Ekonomsko – energetski aspekt primjene prirodnog plina s osvrtom na stanje u Republici Hrvatskoj</b> .....	21
<b>5.1. Proizvodnja i transport prirodnog plina u Republici Hrvatskoj</b> .....	23
<b>5.2. Testiranje autobusa MAN i MERCEDES na linijama ZET-a</b> .....	25
<b>5.2.1. Prometno tehnička svojstva autobusa</b> .....	25
<b>5.2.2. Spremnici plina na ZET-ovim autobusima</b> .....	26
<b>5.2.3. Potrošnja goriva ZET-ovih autobusa</b> .....	27
<b>5.3. Budućnost javnog prijevoza</b> .....	27
<b>6. Prednosti i nedostaci prirodnog plina</b> .....	28
<b>6.1. Ekološke prednosti i nedostaci stlačenog prirodnog plina (SPP/CNG) i ukapljenog prirodnog plina (UPP/LNG)</b> .....	29
<b>6.1.1. Prednosti SPP-a i UPP-a</b> .....	29
<b>6.1.2. Ekonomske prednosti UPP-a u odnosu na SPP</b> .....	30
<b>6.1.3. Prednosti infrastrukture stanica za TPP</b> .....	30
<b>6.1.4. Nedostaci SPP-a i UPP-a</b> .....	30
<b>6.2. Prednosti i nedostaci ukapljenog naftnog plina (UNP/LPG)</b> .....	31
<b>6.2.1. Prednosti kod punjenja automobila ukapljenim naftnim plinom</b> .....	31
<b>6.2.2. Prednosti pri zaštiti okoliša</b> .....	32
<b>6.2.3. Ekonomske prednosti</b> .....	32
<b>6.2.4. Ostale prednosti</b> .....	33
<b>6.2.5. Nedostaci UNP-a</b> .....	33
<b>7. Analiza usporedbe ukapljenog naftnog plina (UNP/LPG) i stlačenog prirodnog plina (SPP/CNG) s ostalim alternativnim gorivima</b> .....	34
<b>7.1. Prirodni plin</b> .....	34
<b>7.2. Vodik</b> .....	35

<b>7.3. Biodizel .....</b>	<b>36</b>
<b>7.4. Bioetanol .....</b>	<b>36</b>
<b>7.5. Biometanol.....</b>	<b>36</b>
<b>7.6. Električni automobili.....</b>	<b>37</b>
<b>8. Infrastruktura za primjenu prirodnog plina .....</b>	<b>38</b>
<b>8.1. Razvoj infrastrukture za alternativna goriva .....</b>	<b>39</b>
<b>8.2. Sustav skladištenja prirodnog plina .....</b>	<b>41</b>
<b>9. Zaključak .....</b>	<b>42</b>
<b>Literatura .....</b>	<b>43</b>
<b>Popis slika.....</b>	<b>44</b>
<b>Popis tablica .....</b>	<b>44</b>
<b>Popis grafikona .....</b>	<b>44</b>

# 1. Uvod

U suvremenom dobu odvijanje cestovnog prometa se mijenja. U zadnjih deset godina zamjećujemo sve veću ekspanziju vozila pogonjenih prirodnim plinom. Taj fenomen je globalan i zapravo je preslika ljudske svijesti, ali i ekonomski pokazatelj. U tom pogledu prirodni plin koji je alternativni supstitut konvencionalnim gorivima (benzinu i dizelu), zbog svoje ekološke podobnosti, pronaći će mjesto uz obnovljive izvore energije. U cestovnom prometu koji je najdominantniji oblik transporta, prirodni plin, zbog svojih performanci pri izgaranju u motorima, ima bitnu ulogu u smanjenju emisije stakleničkih plinova, što pridonosi poboljšanju kvalitete zraka, posebice u urbanim sredinama.

Svrha završnog rada je analizirati primjenu prirodnog plina u cestovnom prometu prvenstveno s ekološkog aspekta te usporediti razne vrste prirodnog plina međusobno, s ostalim alternativnim gorivima te s konvencionalnim gorivima. Naslov završnog rada je: Ekološki aspekt primjene prirodnog plina u cestovnom prometu. Rad je podijeljen u devet cjelina:

1. Uvod
2. Energetski resursi u prometu
3. Kriteriji za potencijalnu uporabu alternativnih goriva
4. Općenito o prirodnom plinu
5. Ekonomsko-energetski aspekt primjene prirodnog plina s osvrtom na stanje u Republici Hrvatskoj
6. Prednosti i nedostaci prirodnog plina
7. Analiza usporedbe ukapljenog naftnog plina i stlačenog prirodnog plina s ostalim alternativnim gorivima
8. Infrastruktura za primjenu prirodnog plina
9. Zaključak

Drugo poglavlje obuhvaća energetske resurse u prometu, njihovu potrošnju u prometu te je opisan utjecaj pojedinih izvora energije na okoliš.

U trećem poglavlju navedeni su i objašnjeni kriteriji za potencijalnu uporabu alternativnih goriva i koja se alternativna goriva danas primjenjuju za pogon motora s unutarnjim izgaranjem.

U četvrtom poglavlju navedeno je općenito o prirodnom plinu te analize primjene svake vrste prirodnog plina odnosno stlačenog prirodnog plina (SPP), ukapljenog naftnog plina (UNP) i ukapljenog prirodnog plina (UPP).

Peto poglavlje govori o ekonomsko-energetskom aspektu primjene prirodnog plina s obzirom na stanje u Republici Hrvatskoj. Opisuje postupke proizvodnje i transporta prirodnog plina te rezultate testiranja ZET-ovih buseva koji su pogonjeni prirodnim plinom.

U šestom poglavlju navedene su sve prednosti i nedostaci prirodnog plina. Naglasak je na ekološkim prednostima i nedostacima pojedinih vrsta prirodnog plina, ali su opisane i ekonomske prednosti te prednosti i nedostaci prilikom transporta i skladištenja prirodnog plina.

U sedmom poglavlju prikazana je analiza usporedbe prirodnog plina s ostalim alternativnim gorivima. Objašnjena su i uspoređena sva alternativna goriva prema karakteristikama, primjeni te njihovim prednostima i nedostacima.

Osmo poglavlje prikazuje razvoj infrastrukture za alternativna goriva, posebice prirodni plin te opisuje sustav skladištenja i transporta prirodnog plina.



## 2. Energetski resursi u prometu

Sektor prometa jedan je od najintenzivnijih potrošača energije u Republici Hrvatskoj, a i u budućnosti se očekuje njegov brži rast nego kod ostalih sektora. U razdoblju od 1991. do 2013. godine udio potrošnje prometnog sektora u finalnoj energetskoj potrošnji porastao je s 21 na 35 posto, što ukazuje na veliki potencijal za provedbu mjera energetske učinkovitosti. Potencijali za povećanje učinkovitosti leže uglavnom u optimiranju strukture transportnih oblika, u što većem iskorištavanju kapaciteta (povećanje loading faktora) te implementaciji što učinkovitijih motora i vozila, kao i u odgovarajućim režimima vožnje. Od 2007. godine kada je postignuta maksimalna potrošnja goriva u iznosu od 91,07 PJ (petadžul) bilježi se kontinuirani pad i to na iznos od 86,6 PJ 2010. godini, 84,97 PJ u 2011. godini te na 84,02 PJ u 2012. godini. U 2013. godini bilježi se rast na 85,41 PJ. Glavni uzročnik ovoj promjeni trenda potrošnje energije, proizlazi iz globalne ekonomsko – financijske krize u koju je Hrvatska ušla u drugoj polovici 2008. godine, što se manifestiralo kroz manju potrebu za mobilnošću, a samim time i manjom potrošnjom goriva. U 2013. godini došlo je do porasta potrošnje te se takav trend očekuje i u narednim godinama.

Osnovni pokazatelj energetske učinkovitosti u prometu je svakako struktura pojedinih oblika prijevoza te je, primjerice, veći udio prijevoza tereta željeznicom pokazatelj višeg stupnja energetske učinkovitosti u teretnom prometu. Struktura tonskih kilometara u prijevozu tereta pokazuje da je u Republici Hrvatskoj primarni oblik za prijevoz tereta cestovni promet. Potrebno je naznačiti da je iz promatranja izuzet pomorski i obalni promet koji daje donekle iskrivljenu sliku jer zbog velike prijeđene udaljenosti u međunarodnom brodskom prijevozu dolazi do velikog udjela tonskih kilometara u EU 28.

U strukturi putničkih kilometara (procjena za cestovni promet osobnim vozilima u Republici Hrvatskoj na temelju broja registriranih osobnih vozila, prosječne godišnje prijeđene udaljenosti i prosječne popunjenosti vozila), sukladno očekivanjima, prevladava cestovni promet osobnim vozilima. Udio cestovnog prometa osobnim vozilima u Republici Hrvatskoj je viši nego u slučaju EU 28. Iz promatranja je izuzet javni gradski prijevoz tramvajima.<sup>1</sup>

Glavninu potrošnje energije u europskom prometnom sektoru danas čine naftni derivati, čije se rezerve uz postojeće trendove potrošnje prema najnovijim istraživanjima procjenjuju na 40 godina. Unatoč značajnim tehnološkim poboljšanjima motora s unutrašnjim izgaranjem, izgaranjem naftnih derivata se oslobađaju velike količine ugljikovog dioksida i drugih onečišćujućih tvari. Ukupne emisije ugljikovog dioksida iz prometnog sektora su porasle za 24 posto u razdoblju od 1990. do 2008. godine, čineći time udio od 19,5 posto u ukupnim emisijama stakleničkih plinova na području EU-a. Cilj Europske unije je ukupno smanjenje emisija CO<sub>2</sub> između 80 i 95 posto do 2050. godine, u odnosu na referentnu 1990. godinu. Prema izvještaju Europske komisije s početka 2011. godine, alternativna goriva posjeduju potencijal da postupno u potpunosti zamjene fosilna goriva do 2050. godine. Buduće energetske potrebe

---

<sup>1</sup> <http://www.eihp.hr/wp-content/uploads/2015/02/Energija2013.pdf>, 15.7.2017.

prometnog sektora mogle bi se u potpunosti zadovoljiti kombinacijom električne energije/vodika i biogoriva (kao glavne alternative naftnim derivatima), sintetičkih goriva (kao tehnološkog mosta između fosilnih goriva i biogoriva), stlačenog prirodnog plina/bioplina (SPP-a) te ukapljenog naftnog plina (UNP-a) kao dodatnog alternativnog goriva.

Prometni sektor jedan je od najbrže rastućih gospodarskih grana u Republici Hrvatskoj. Sektor prometa ujedno je i najznačajniji potrošač energije (preko 30 posto u strukturi finalne potrošnje). U budućnosti se očekuje daljnji rast automobila i prijeđenih kilometara, ali i rast energetske učinkovitosti. Cestovni promet sudjeluje s 89 posto u ukupnom utrošku energije u prometu, pri čemu se preko 95 posto energije utrošene u prometu uglavnom pokriva iz uvoznih naftnih derivata. Elektro mobilnost je jedan od najučinkovitijih i ekološki najprihvatljivijih individualnih prometnih oblika. Električna vozila troše znatno manje energije u usporedbi s istovjetnim vozilima koja koriste fosilna goriva (12 kWh/100 km naspram 60 kWh/100 km). Ako se utrošku energije u samom vozilu pridruži i energija potrebna za proizvodnju i distribuciju, vozila na električni pogon su dvostruko učinkovitija od najučinkovitijih vozila koja koriste fosilna goriva dok su im emisije stakleničkog plina CO<sub>2</sub> dvostruko manje, uz tipičnu mješavinu energenata korištenih u proizvodnji električne energije.

Treba napomenuti i budući strateški značaj baterija za električna vozila. Njihova cijena je zasad visoka, no masovnim korištenjem električnih vozila baterije će dobiti ulogu kakvu danas imaju pojedini energenti. Bude li tehnološko-organizacijski razvoj električnih vozila išao u tom smjeru, prvi put će se pojaviti mogućnost značajnog skladištenja električne energije, što je posebno pogodno kod korištenja obnovljivih izvora energije kao što su vjetar i Sunce. To će otvoriti mogućnost i potrebu razvoja "pametnih" mreža punionica i novog planiranja urbanih elektroenergetskih sustava, za što se već razvijaju programi.<sup>2</sup>

## **2.1. Utjecaj pojedinih izvora energije na okoliš**

Proizvodnja, transport i korištenje energije u velikoj mjeri utječu na okoliš i ekosisteme. Kod energije utjecaj na okoliš je gotovo uvijek negativan, od direktnih ekoloških katastrofa poput izlivanja nafte, kiselih kiša i radioaktivnog zračenja do indirektnih posljedica poput globalnog zatopljenja. Budući da će energetske potrebe čovječanstva nastaviti rasti u idućih nekoliko desetljeća, nužno su neophodne mjere kojima bi se utjecaj eksploatacije energije na okoliš smanjio na najmanju moguću mjeru. Najopasniji izvori energije trenutno su fosilna goriva, tj. ugljen, nafta i zemni plin, a potencijalnu opasnost predstavlja i iskorišteno radioaktivno gorivo iz nuklearnih elektrana (visoko radioaktivni otpad). Fosilna goriva su

---

<sup>2</sup> Granić, G.: *Vizija mogućnosti energetskog razvoja, međusobnih odnosa i utjecaja u Hrvatskoj za razdoblje do 2050. godine*, 2012., str. 166.

opasna zbog toga što sagorijevanjem ispuštaju velike količine ugljičnog dioksida, a radioaktivni otpad je opasan jer utječe na strukturu organizama na vrlo bazičnom nivou.

Ogroman postotak svjetske energije još uvijek se dobiva iz ekološki neprihvatljivih izvora energije, pogotovo fosilnih goriva koja su još uvijek dominantan izvor energije. Kako je osnova fosilnih goriva ugljik, normalnim sagorijevanjem tog goriva nastaje ugljični dioksid (CO<sub>2</sub>) koji je staklenički plin. Taj ugljični dioksid većinom završava u atmosferi i svojim stakleničkim učinkom uzrokuje globalno zatopljenje. Još opasniji je plin koji se oslobađa prilikom nepotpunog sagorijevanja goriva (sagorijevanja bez dovoljne količine kisika), a to je ugljični monoksid (CO). Ugljični monoksid je izuzetno otrovan plin bez boje, okusa ili mirisa, a koncentracija od samo 0.6% izaziva kod ljudi smrt nakon 15 minuta disanja. Trenutno niti jedno fosilno gorivo nije sasvim pročišćeno, pa se prilikom sagorijevanja otpuštaju još neki štetni plinovi poput sumpornog dioksida ili dušikovih oksida. Ti plinovi kasnije reagiraju s vodenom parom u oblacima i formiraju kapljice koje padaju na zemlju kao slabe sumporne i dušične kiseline - kisele kiše, a te kiše djeluju izrazito štetno na čitave ekosisteme koje zahvaćaju. Kod sagorijevanje nekih izvora energije nastaju i sitne čestice minerala koje kasnije tvore pepeo, ali jedan dio tih čestica diže se u atmosferu nošen vrtlogom dima i te čestice su također vrlo opasne za zdravlje.

Postotak uporabe ekološki prihvatljivih obnovljivih izvora energije još je uvijek na globalnoj skali zanemariv tako da ekološki problemi kao posljedica pretjerane uporabe fosilnih goriva zaslužuju posebnu pažnju, ne samo s energetskog već svakako i s ekološkog gledišta. Različiti izvori energije imaju različite utjecaje na okoliš u kojem se ti izvori energije proizvode, transportiraju ili koriste. Na slici 1 prikazan je površinski ozon kao primjer utjecaja velikog korištenja goriva na kvalitetu zraka.<sup>3</sup>



*Slika 1. Površinski ozon iznad grada*

*Izvor:*

[https://www.google.hr/search?q=površinski+ozon&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjro6jM59zVAhXJYpoKHRsAC6oQ\\_AUICigB&biw=1366&bih=589#imgrc=CudhQ0o4CX8p4M.](https://www.google.hr/search?q=površinski+ozon&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjro6jM59zVAhXJYpoKHRsAC6oQ_AUICigB&biw=1366&bih=589#imgrc=CudhQ0o4CX8p4M.), 16.8.2017.

<sup>3</sup> [http://www.izvorienergije.com/energija\\_i\\_ekologija.html](http://www.izvorienergije.com/energija_i_ekologija.html), 16.8.2017.

Površinski ozon nastaje kad na ustajalom zraku i sunčanom vremenu dušikov oksid reagira s hlapljivim organskim spojevima. Dušikov oksid na površini obično nastaje sagorijevanjem fosilnih goriva, a hlapljivi organski spojevi nastaju iz dima od goriva, raznih otapala i sličnog. Površinski ozon može upaliti dišne putove i smanjiti radni kapacitet pluća, izazvati draženje očiju i nosa te općenito smanjiti sposobnosti ljudi prilikom obavljanja normalnih poslova. Površinski ozon je samo jedan u nizu problema koji su povezani s energijom, a opis ostalih učinaka pojedinih izvora energije na okoliš dan je u nastavku:

- Fosilna goriva – ova vrsta goriva ima daleko najveći negativni utjecaj na okoliš. Sagorijevanjem fosilnih goriva u atmosferu se ispuštaju ogromne količine ugljika koji se milijunima godina taložio i onda bio prekriven slojevima stijena i zemlje. Taj isti ugljik u atmosferi sad tvori ugljični dioksid koji je staklenički plin i time znatno utječe na temperature na Zemlji.
- Bioenergija (biogoriva) – biogoriva stvaraju iste probleme kao i fosilna goriva, ali budući da se proizvodnjom biogoriva zatvara ugljični ciklus, biogoriva su manje štetna od fosilnih goriva. Zatvaranje ugljičnog ciklusa znači da biljke koje se koriste za proizvodnju biogoriva prilikom rasta iz atmosfere uzmu određene količine ugljika koji se kasnije vraća u atmosferu izgaranjem tih biogoriva. Kod fosilnih goriva taj krug nije zatvoren, tj. ugljik se samo ispušta u atmosferu.
- Solarna energija – iako energija Sunca ima ogroman potencijal, zbog male iskoristivosti bilo bi potrebno prekriti velike površine da se dobije iole ozbiljnija količina iskoristive energije. Takvo rješenje ekološki je prihvatljivo samo u područjima u kojima nema vegetacije, tj. u pustinjama, a u "zelenim" područjima to bi stvorilo preveliki negativni učinak na okoliš. Instaliranje solarnih kolektora ili solarnih ćelija na krovovima kuća gotova da nema negativnog učinka na okoliš.
- Energija vjetra – sama proizvodnja energije iz vjetra nema ozbiljnijeg negativnog učinka na okoliš. Gledano iz ekološkog aspekta, jedina ozbiljnija zamjerka vjetroelektranama je negativan utjecaj na ptičje populacije, tj. elise vjetrenjača ubijaju ptice. Kao manje zamjerke vjetroelektranama navodi se vizualno zagađivanje okoliša, uništavanje netaknute prirode gradnjom pristupnih cesta do vjetrenjača i generiranje zvuka niske frekvencije koji negativno utječe na zdravlje ljudi (ometaju spavanje, izazivaju glavobolje, mogu izazvati anksioznost).
- Energija vode – iskorištavanjem energije vode ne stvara se nikakvo zagađenje okoliša, ali sami infrastrukturni objekti mogu znatno utjecati na okoliš. Tako se gradnjom velikih brana poplavljuju velike površine i dižu razine podzemnih voda, a to može promijeniti cijeli lokalni biosustav. Dodatni problem je presijecanje prirodnih tokova vode i time presijecanje ruta kretanja pojedinih vodenih životinja.
- Nuklearna energija – sama proizvodnja energije u nuklearnim elektranama iznimno je čist proces. Nama stakleničkih plinova ili drugih zagađenja, jedno dolazi do zagrijavanje vode koja se koristi za hlađenje reaktora, pa to može utjecati na biosustave. Najveći problem kod nuklearnih elektrana je upotrijebljeno gorivo koje je izuzetno radioaktivno i mora biti pohranjeno više stotina godina u posebnim skladištima pod zemljom.

- Geotermalna energija – iskorištavanjem geotermalne energije ne dolazi do zagađenja okoliša. Isto kao i kod ostalih obnovljivih izvora energije i kod iskorištavanja geotermalne energije moraju se izgraditi neki infrastrukturni objekti, ali utjecaj tih objekata na okoliš je zanemariv kad se gleda količina proizvedene energije.<sup>4</sup>

## 2.2. Stanje potrošnje energije u prometu

Sukladno EU ciljevima smanjenja emisije stakleničkih plinova te sve većem zagađenju zraka, nužno je istaknuti važnost čistijeg transporta odnosno energetske učinkovitosti u prometu i poticati te korištenje učinkovitijih vozila (koja u većoj mjeri koriste obnovljive izvore energije, imaju smanjene emisije CO<sub>2</sub> odnosno električna vozila). Promet u ukupnoj energetskej potrošnji ima udio od 30%, a u emisijama stakleničkih plinova u EU od oko 25%, od čega 71,3% generira cestovni promet.

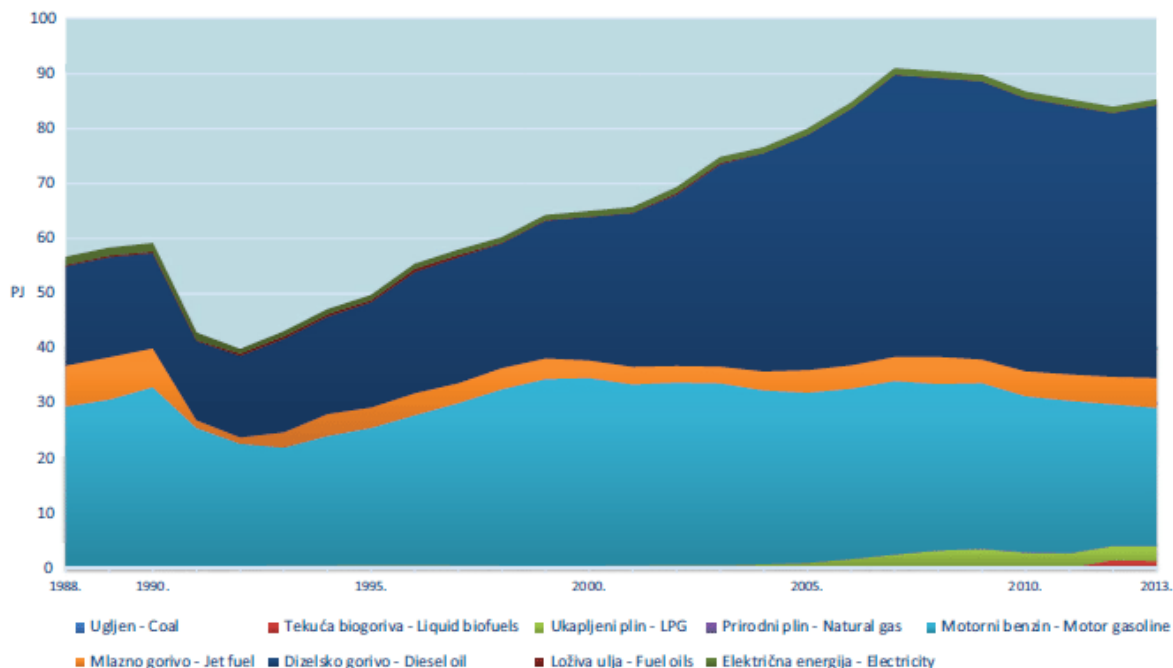
Prometne gužve postaju sve veći problem u gradovima, koji značajno utječe na nepotrebno povećanu potrošnju goriva i zagađenje okoliša bukom i ispušnim plinovima. Kako bi građani pomogli većoj energetskej učinkovitosti i smanjenju štetnih emisija, mogu koristiti metode prijevoza koje manje utječu ne okoliš. Neke od tih metoda su veće korištenje javnih prijevoznih sredstava, korištenje električnih i hibridnih vozila ili vozila na plin te posebice korištenje bicikla.

Tijekom razdoblja od 2008. do 2013. godine potrošnja energije u prometu smanjivala se s prosječnom godišnjom stopom od 1,1 %. Trend smanjenja ostvaren je u potrošnji motornog benzina, dizelskog goriva, ukapljenog plina i električne energije, dok je u potrošnji ostalih oblika energije ostvaren trend porasta potrošnje. Potrošnja motornog benzina smanjivala se s prosječnom godišnjom stopom od 3,6 %, dizelskog goriva od 0,4 %, ukapljenog plina od 3,9 % i električne energije od 2,9 %. Prosječna godišnja stopa porasta potrošnje mlaznog goriva iznosila je 1,9 %, a tekućih biogoriva 91,5 %.<sup>5</sup>

---

<sup>4</sup> [http://www.izvorienergije.com/energija\\_i\\_ekologija.html](http://www.izvorienergije.com/energija_i_ekologija.html), 16.8.2017.

<sup>5</sup> <https://www.enu.hr/gradani/info-edu/promet/>, 16.8.2017.



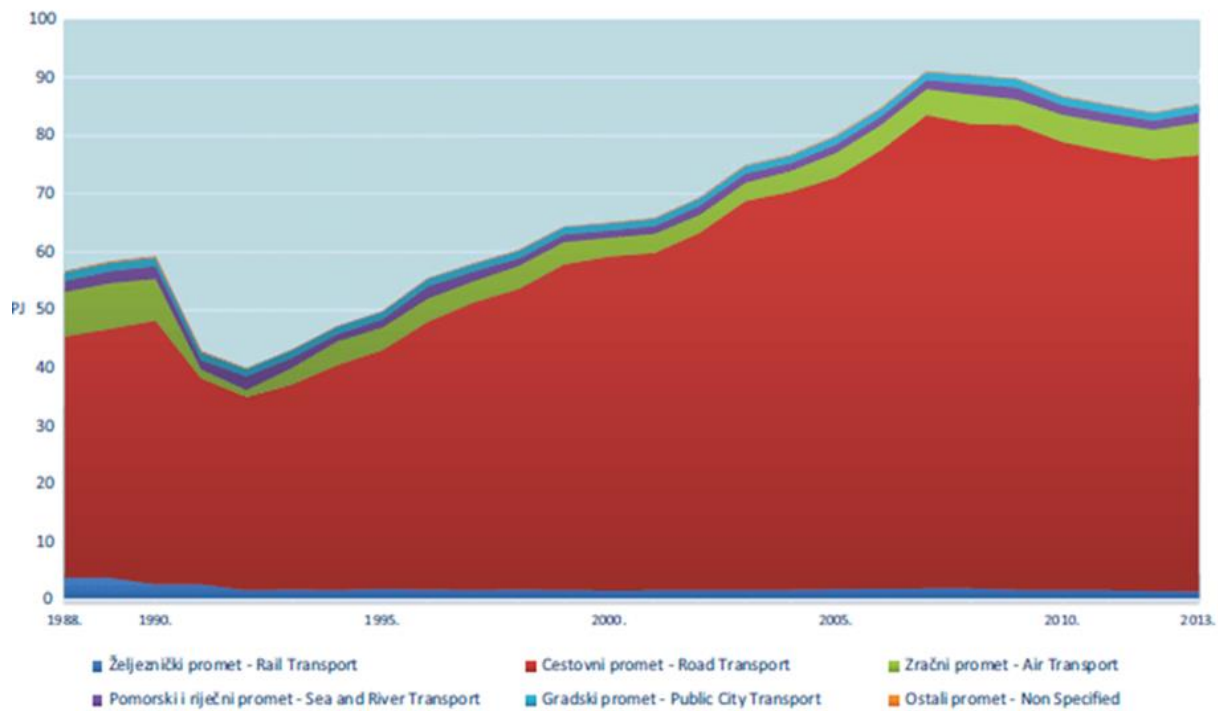
Grafikon 1. Potrošnja energije u prometu

Izvor: <https://www.enu.hr/gradani/info-edu/promet/>, 16.8.2017.

U 2013. godini je u željezničkom prometu ostvareno smanjenje potrošnje energije i to za 6,9 %. U svim ostalim vrstama prometa potrošnja energije je povećana. Povećanje potrošnje energije u cestovnom prometu iznosilo je 1,2 %, u zračnom prometu 9,3 % i u pomorskom i riječnom prometu 8,6 %. Potrošnja energije u javnom gradskom prometu povećana je za 0,8 %, a najveće povećanje izraženo u postocima ostvareno je u ostalom prometu i iznosilo je 30,1 %.

Tijekom razdoblja od 2008. do 2013. godine ostvaren je trend porasta potrošnje energije u zračnom prometu i u ostalom prometu. U željezničkom prometu, cestovnom prometu, pomorskom i riječnom prometu i u javnom gradskom prometu ostvaren je trend smanjenja potrošnje energije. Prosječna godišnja stopa porasta potrošnje energije u zračnom prometu iznosila je 1,8 %, a u ostalom prometu 0,8 %. Potrošnja energije u cestovnom prometu smanjivala se s prosječnom godišnjom stopom od 1,2 %, a u željezničkom prometu s prosječnom godišnjom stopom od 5,7 %. Većina potrošnje energije u prometu ostvaruje se u cestovnom prometu čiji je udio s 88,4 % smanjen na 88 % u 2013. godini.<sup>6</sup>

<sup>6</sup> <https://www.enu.hr/gradani/info-edu/promet/>, 16.8.2017.



Grafikon 2. Potrošnja energije prema vrsti prometa

Izvor: <https://www.eni.hr/gradani/info-edu/promet/>, 16.8.2017.

### 3. Kriteriji za potencijalnu uporabu alternativnih goriva

Osnovni kriterij za ocjenjivanje potencijalnog (alternativnog) goriva:

1. mogućnost masovne proizvodnje
2. specifičnost pripreme smjese
3. utjecaj na okoliš
4. ekonomski uvjeti tj. konkurentnost cijene
5. stupanj opasnosti pri manipulaciji<sup>7</sup>

Uporaba alternativnih goriva za pogon cestovnih vozila predstavlja jedan od realno mogućih načina za smanjenje štetne emisije ispušnih plinova iz vozila. Pored toga, primjena alternativnih goriva vodi ka smanjenju ovisnosti o konvencionalnim pogonskim gorivima, dobivenim iz nafte, čije su rezerve ograničene. Stoga se pitanje izbora adekvatnog alternativnog goriva može promatrati i u mnogo širem kontekstu. Općenito se izvori energije mogu podijeliti na obnovljive i neobnovljive, a njihova podjela i moguća primjena u domeni cestovnih vozila je prikazana na slici 2. Kako se sa slike može uočiti motor s unutarnjim izgaranjem u lancu transformacije energije predstavlja gotovo nezaobilaznu kariku, budući da se pokazalo da on svoje pozitivne osobine, uz odgovarajuću optimizaciju zadržava bez obzira koje se pogonsko gorivo koristi. Za potpuno razumijevanje razmatrane problematike potrebno je definirati pojam alternativnog goriva.

U alternativna goriva za pogon motora s unutarnjim izgaranjem spadaju sva goriva, osim benzina i dizelskih goriva, koja mogu efikasno izgarati u motoru s unutarnjim izgaranjem i koja imaju mogućnost masovne proizvodnje (npr. prirodni plin, metanol, vodik, biogorivo). Da bi se neko alternativno gorivo uspješno primijenilo za pogon cestovnog vozila, moraju biti ispunjeni brojni zahtjevi.<sup>8</sup>

Osnovni kriteriji bitni za ocjenu primjenjivosti alternativnih goriva za pogon motora s unutarnjim izgaranjem su:

- emisija ispušnih plinova
- potrošnja goriva
- cijena alternativnog goriva
- performance vozila s pogonom na alternativna goriva

---

<sup>7</sup> [http://e-student.fpz.hr/Predmeti/E/Ekologija\\_u\\_prometu/Materijali/Nastavni\\_materijal\\_alternativna\\_goriva.pdf](http://e-student.fpz.hr/Predmeti/E/Ekologija_u_prometu/Materijali/Nastavni_materijal_alternativna_goriva.pdf), 17.7.2017.

<sup>8</sup> Filipović, I., Pikula, B., Bibić, Dž., Trobradović, M.: *Primjena alternativnih goriva u cilju smanjenja emisije zagađivača kod cestovnih vozila, goriva i maziva*, 44, 4 : 241 – 262, 2005., str. 247.



- nalazišta, način dobivanja i rezerve alternativnog goriva
- troškovi konverzije ili proizvodnje vozila
- načini i mogućnosti uskladištenja goriva na vozilu
- mogućnost punjenja gorivom i potrebna infrastruktura
- opća sigurnost vozila

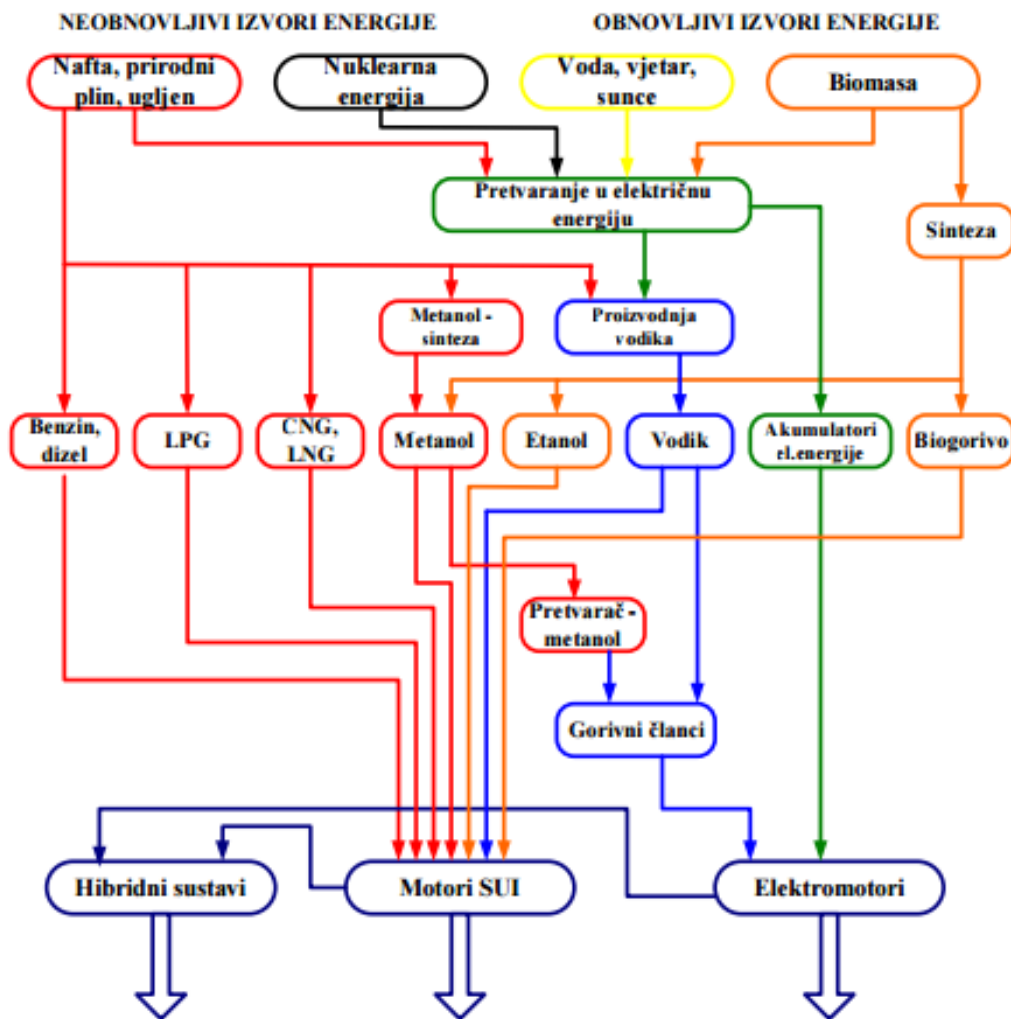
U alternativna goriva koja se danas nalaze u primjeni za pogon motora s unutarnjim izgaranjem spadaju:

- alkoholna goriva (metanol i etanol)
- ukapljeni naftni plin (LPG)
- prirodni plin
- biljna ulja
- vodik.

Sva navedena alternativna goriva, zbog jednostavnije kemijske strukture u odnosu na benzinsko ili dizelsko gorivo, imaju potencijal za smanjenje emisije štetnih ispušnih plinova. Zbog manjeg sadržaja atoma ugljika, alternativna goriva pri izgaranju proizvode manju količinu CO<sub>2</sub>, a u slučaju uporabe vodika emisija CO<sub>2</sub> potječe isključivo od izgaranja ulja za podmazivanje. Bitno je napomenuti da se uporabom alternativnih goriva ne može u potpunosti postići tzv. "nulta" emisija štetnih ispušnih plinova, i zbog kemijske strukture ugljikovodičnog goriva (i pri idealnim uvjetima izgaranja prisutan je CO<sub>2</sub>), i zbog same konstrukcije motornog mehanizma koja zahtijeva određen stupanj podmazivanja (u ispuhu su prisutni produkti izgorjelog ulja čak i pri uporabi vodika kao pogonskog goriva).<sup>9</sup>

---

<sup>9</sup> Filipović, I., Pikula, B., Bibić, Dž., Trobradović, M.: *Primjena alternativnih goriva u cilju smanjenja emisije zagađivača kod cestovnih vozila, goriva i maziva*, 44, 4 : 241 – 262, 2005., str. 247.



Slika 2. Izvori energije za pogon cestovnih vozila

Izvor: Filipović, I., Pikula, B., Bibić, Dž., Trobradović, M., *Primjena alternativnih goriva u cilju smanjenja emisije zagađivača kod cestovnih vozila, goriva i maziva*, 44, 4 : 241 – 262, 2005., str. 248.

Brojne analize koje su razmatrale mogućnosti primjene alternativnih goriva, uzimajući u obzir navedene kriterije za odabir alternativnog goriva, kao i specifičnosti vezane za analizirano područje, pokazale su da je u ovom trenutku prirodni plin optimalno alternativno gorivo za pogon motora s unutarnjim izgaranjem, prvenstveno za vozila u urbanom prometu. Količina novaca koja se mora uložiti u izgradnju infrastrukture za primjenu alternativnih goriva ovisi o vrsti alternativnog goriva u koje se želi uložiti. U automobilske industriji uz velike mogućnosti spominje se primjena vodika, odnosno napajanje strujom iz vodikovih ćelija goriva. Međutim, one zahtijevaju jako skupu proizvodnju ali i dobru infrastrukturu.

Da bi se sve veći dio populacije potaknuo da koristi alternativna goriva u vlastitim vozilima proizvođači moraju kupcima ponuditi što bolju uslugu. Ona se odnosi na potrošnju goriva, udaljenost koju vozilo može prijeći s jednim spremnikom goriva, postaje na kojima se može puniti spremnik za alternativno gorivo, performanse vozila i sigurnost. Performanse

vozila na alternativni pogon su jedan od značajnijih kriterija u proizvodnji automobila pogonjena alternativnim gorivom. Važno je odrediti kakva se vrsta vozila želi proizvoditi, za kratke ili duge relacije, za prijevoz manjeg ili većeg broja ljudi, npr. električni automobili su pogodniji za prijevoz na kraćim relacijama zbog veličine baterije i maloj rasprostranjenosti punionica, dok bi na dužim relacijama to predstavljalo problem. Rasprostranjenost punionica je vrlo bitna pri donošenju odluke o korištenju alternativnog goriva. Za razliku od punionica za automobile na električni pogon veliki se napredak napravio glede punionica i cjelokupne infrastrukture za točenje prirodnog plina u automobile. Prema nekim procjenama u Europi se nalazi cca. 10 000 punionica za plin, dok se u Republici Hrvatskoj nalazi oko 100 punionica. To je dobar pokazatelj povećane potražnje alternativnih goriva u Republici Hrvatskoj.<sup>10</sup>

---

<sup>10</sup> Filipović, I., Pikula, B., Bibić, Dž., Trobradović, M.: *Primjena alternativnih goriva u cilju smanjenja emisije zagađivača kod cestovnih vozila*, goriva i maziva, 44, 4 : 241 – 262, 2005, str. 249.

## 4. Općenito o prirodnom plinu

Puno vremena se mislilo da je prirodni plin beskoristan. Čak i danas se u nekim državama rješavaju tog plina tako da ga spaljuju u velikim bakljama. Glavnim dijelom sačinjen je od metana, jednostavnog spoja koji se sastoji od jednog atoma ugljika i četiri atoma vodika. Metan je visoko zapaljiv i sagorijeva gotovo potpuno. Nakon sagorijevanja ne ostaje pepela, a zagađivanje zraka je vrlo malo. Prirodni plin nema boje, okusa, mirisa ni oblika u svojoj prirodnoj formi, pa je prema tome ljudima neprimjetan. Zbog toga im kompanije dodaju kemikaliju koja ima miris pokvarenog jaja. Taj miris omogućava ljudima laku detekciju puštanja plina u kući.<sup>11</sup>

Postoji nekoliko plinova koji se koriste za pogon motornih vozila, a najrašireniji i najpoznatiji je ukapljeni naftni plin (UNP), odnosno međunarodno poznat kao LPG (engl. Liquefied Petroleum Gas), kako u Europi, tako i u Hrvatskoj. No, to dakako nije jedini plin koji se koristi kao pogonsko gorivo motora s unutarnjim izgaranjem, a u tablici 1 navedeni su plinovi korišteni za pogon motornih vozila u Republici Hrvatskoj.

Tablica 1. Prikaz plinova korištenih za pogon motornih vozila

Hrvatski naziv	Kratica/Simbol	Engleski naziv	Kratica/Simbol
Ukapljeni naftni plin	UNP	Liquefied Petroleum Gas	LPG
Stlačeni prirodni plin	SPP	Compressed Natural Gas	CNG
Ukapljeni prirodni plin	UPP	Liquefied Natural Gas	LNG
Bioplin	-	Biogas	-

Izvor: Filipović, I., Pikula, B., Bibić, Dž., Trobradović, M., *Primjena alternativnih goriva u cilju smanjenja emisije zagađivača kod cestovnih vozila, goriva i maziva*, 44, 4 : 241 – 262, 2005.

Postoje i drugi plinovi, poput vodika, no on u ovom trenutku ima više nedostataka nego prednosti te se radi o tehnologijama u razvoju koje će ozbiljniju primjenu možda naći tek u budućnosti. S obzirom na to da u Hrvatskoj za spomenute plinove ne postoji ni tržište, u ovom će radu fokus ipak biti na plinovima navedenim u prethodnoj tablici, a ponajprije UNP-u. Doduše, u Hrvatskoj ne postoji niti jedno vozilo pogonjeno UPP-om, no u radu će se ukratko obraditi jer svjetski trendovi ipak idu u prilog potencijalu ove tehnologije. Primjerice Kina, zemlja s najvećim brojem vozila pogonjenih prirodnim plinom, ima u svojem voznom parku preko 100.000 vozila pogonjenih UPP-om.

Primjena prirodnog plina za pogon cestovnih vozila doživjela je u svijetu ekspanziju u posljednjih desetak godina. Preko 1.000.000 vozila u svijetu trenutačno koristi prirodni plin kao pogonsko gorivo i taj se broj stalno povećava. Prirodni plin se većinom sastoji od metana što, zbog njegove jednostavne kemijske strukture, pruža znatne mogućnosti smanjenja emisije zagađivača. Prirodni plin se na vozilu može skladištiti na više načina, kao adsorbirani (prirodni

<sup>11</sup> [http://www.izvorienergije.com/prirodni\\_plin.html](http://www.izvorienergije.com/prirodni_plin.html), 15.7.2017.

plin je adsorbiran u nekoj supstanci, na primjer aktivnom ugljiku, pod tlakom 7 – 10 bara - uobičajeni naziv u literaturi ANG-Adsorbed Natural Gas), stlačeni (prirodni plin je uskladišten u rezervoare (boce) pod tlakom 200 – 250 bara – uobičajeni naziv u literaturi CNG-Compressed Natural Gas) ili ukapljeni (prirodni plin je uskladišten u rezervoare u tekućem stanju – uobičajeni naziv u literaturi LNG-Liquefied Natural Gas). Optimalan kompromis količine uskladištenog goriva, težine rezervoara i troškova uskladištenja pruža uskladištenje plina u boce pod visokim tlakom, pa je stlačeni prirodni plin našao najveću uporabu.

Motori na prirodni plin koji se danas koriste za pogon cestovnih vozila predstavljaju u osnovi konvencionalne motore s unutarnjim izgaranjem koji su prilagođeni korištenju prirodnog plina, bilo da se radi o novim motorima koje isporučuju proizvođači, bilo da se radi o naknadnoj prilagodbi motora. Kako su fizičko-kemijske osobine prirodnog plina mnogo bliže osobinama benzina nego dizelska goriva, motori na prirodni plin rade po Otto ciklusu, odnosno to su motori s prinudnim paljenjem smjese.<sup>12</sup>

Postoje 3 tipa vozila pogonjenih na plin, bilo to vozilo na UNP, SPP ili UPP:

- Vozilo na čisti plin – vozilo namijenjeno za pogon isključivo plinom (paljenje smjese iskrom) – vrlo rijetko se koristi u cestovnom prometu te se neće razmatrati (koristi se kod viličara, autobusa i sl.)
- Bi-fuel ili bivalentno vozilo – vozilo koje ima dva odvojena sustava opskrbe gorivom koji omogućuju pogon vozila na plin ili na benzin (u oba slučaja paljenje smjese goriva i zraka iskrom)
- Dual-fuel vozilo – vozilo koje za pogon koristi plin u kombinaciji s određenom količinom dizelskog goriva potrebnim za paljenje smjese, a u slučaju nestašice plina vozilo se prebacuje na dizelsko gorivo (u oba slučaja kompresijsko paljenje smjese goriva i zraka)

Nažalost u Hrvatskoj je infrastruktura potrebna za vozila pogonjena prirodnim plinom praktički nepostojeća, sa samo 2 punionice u RH te je stoga i broj ovakvih vozila vrlo malen. U 2015. godini je, prema izvješću Centra za vozila Hrvatska, registrirano tek 54 vozila pogonjenih SPP-om (uglavnom autobusi), poražavajućih 0 vozila pogonjenih UPP-om, dok je za vozila pogonjena UNP-om ta brojka iznosila preko 55.000 vozila.<sup>13</sup>

---

<sup>12</sup> Filipović, I., Pikula, B., Bibić, Dž., Trobradović, M.: *Primjena alternativnih goriva u cilju smanjenja emisije zagađivača kod cestovnih vozila, goriva i maziva*, 44, 4 : 241 – 262, 2005., str. 246.

<sup>13</sup> Vukres I.: *Emisije motornih vozila pogonjena ukapljenim naftnim plinom*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, diplomski rad, Zagreb, 2016., str. 15.

## 4.1. Analiza primjene stlačenog prirodnog plina (SPP/CNG)

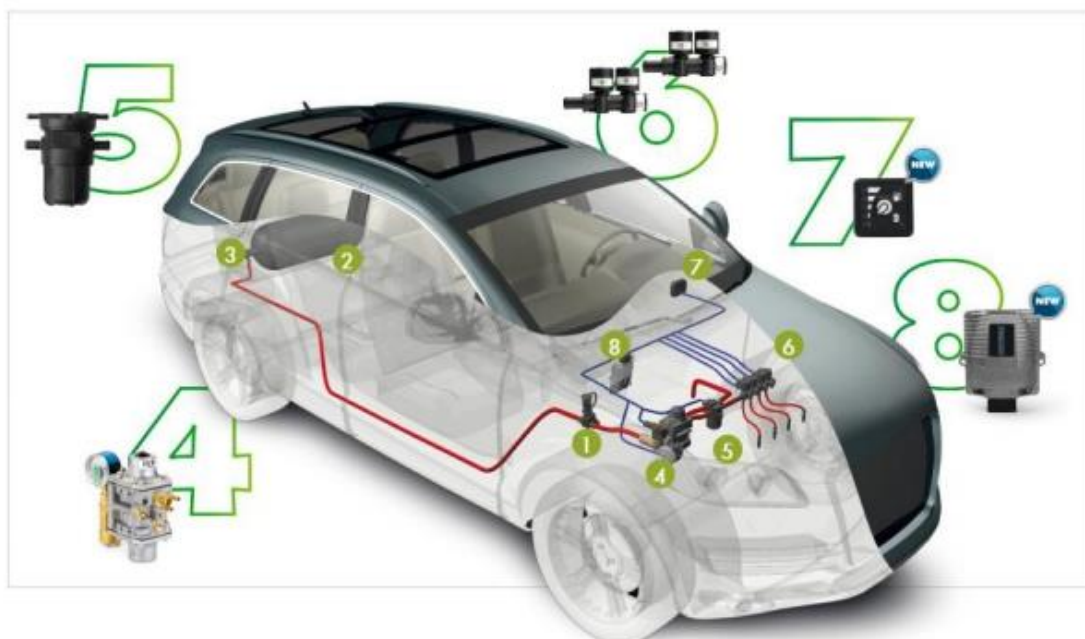
Stlačeni prirodni plin (SPP ili eng. CNG - compressed natural gas) je prirodni plin u plinovitom stanju stlačen na tlak od 220 bar pri 15° C koji se koristi za pogon motornih vozila kao alternativno gorivo. Time se znatno reducira volumen potreban za smještaj plina te se omogućuje mobilna primjena, odnosno primjena za pogon motornih vozila. Unatoč tome, mana mu je što zahtjeva na vozilu spremnik većeg volumena nego što je to slučaj kod vozila pogonjenih UNP-om ili UPP-om. Razlog tome je manja gustoća energije po litri goriva.<sup>14</sup>

Stlačeni prirodni plin je gorivo koje danas nudi najbolji kompromis između ekoloških karakteristika, dostupnosti energetske resursa i tehnološkog razvoja. Zbog jednostavnog kemijskog sastava i emisije ispušnih plinova su manje u odnosu na ostala goriva. SPP je ekološki puno prihvatljiviji i jamči znatno čišće izgaranje, a njegove prednosti kod vozila očituju se u nižim troškovima održavanja, duljem životnom vijeku motora i značajnim uštedama u cijeni goriva u odnosu na dizelsko gorivo i motorni benzin. Ekološka osviještenost uz smanjenje troškova eksploatacije pri većem broju prijeđenih kilometara u odnosu na vozila s konvencionalnim gorivima neki su od glavnih motiva koji su mnoge autobusne flote, komunalna poduzeća, dostavna poduzeća i ostale subjekte navele na odluku o uvođenju SPP vozila u njihove vozne parkove. Upotreba SPP goriva u svijetu raste iz godine u godinu pa se tako broj SPP vozila u upotrebi povećava po godišnjoj stopi od oko 30 posto. Veće korištenje SPP-a potaknut će i planovi Europske unije da do 2020. udio plina u prometu bude 10 posto, a to gorivo se prihvaća kao karika između klasičnih i hibridnih vozila na struju. Većina svjetskih autoindustrija već proizvodi vozila koja su tvornički prilagođena korištenju benzina i SPP-a kao bivalentna ili samo kao monovalentna vozila.<sup>15</sup>

---

<sup>14</sup> Vukres I.: *Emisije motornih vozila pogonjena ukapljenim naftnim plinom*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, diplomski rad, Zagreb, 2016., str. 9.

<sup>15</sup> <http://www.plinara-zagreb.hr/default.aspx?id=245>, 17.7.2017.



- |                                   |                          |                                  |
|-----------------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| 1 – priključak za punjenje plina, | 2 – spremnik plina,      | 3 – armatura spremnika plina,    |
| 4 – isparivač plina,              | 5 – filter plina,        | 6 –sustav za ubrizgavanje plina, |
| 7 – prekidač plin/benzin,         | 8 – upravljačko računalo |                                  |

Slika 3. Prikaz potrebnih uređaja u osobnom vozilu sa bi-fuel motorom pogonjenim SPP-om i benzinom

Izvor: Vukres I., *Diplomski rad, Emisije motornih vozila pogonjena ukapljenim naftnim plinom, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2016., str. 18.*

Današnja situacija na tržištu SPP u Hrvatskoj je takva da ne postoji porezno rasterećenje za vozila koja koriste SPP niti postoji promicanje prodaje od strane proizvođača ili njihovih zastupnika (homologaciju trenutno imaju samo FIAT vozila), što uzrokuje i manji broj vozača koji se odlučuju na takvo gorivo. Jedino razvojem sustava SPP mogu se stvoriti temelji za daljnje povećanje potrošnje takvog tipa goriva uz mogućnost korištenja sredstava EU preko raznih programa (CIVITAS, Program za transport).

Energetski sadržaj goriva:

Stlačeni prirodni plin (SPP) oko 13,3 kWh / kg

Benzin oko 8,6 kWh / l

Dizel oko 9,9 kWh / l

Autoplin (UNP) oko 6,8 kWh / l

Energetski sadržaj jednog kilograma SPP odgovara oko 1,5 litara benzina, oko 1,3 litara dizela ili oko 1,9 litara UNP. Gradska plinara Zagreb d.o.o. je 1994. godine izgradila prvu punionicu vozila na SPP u Hrvatskoj koja se uklapa u europski sustav punionica te dala

pregraditi svoja vozila na stlačeni prirodni plin kao primjer i putokaz ostalima u gradu i u cijeloj zemlji. Punionica SPP se nalazi na lokaciji Radnička cesta 1, 10 000 Zagreb.<sup>16</sup>

## 4.2. Analiza primjene ukapljenog naftnog plina (UNP/LPG)

Ukapljeni naftni plin u svijetu se koristi najviše u kućanstvima koja nemaju pristup prirodnom plinu i to za kuhanje, grijanje, hlađenje te u industriji za razne svrhe, no ujedno je i najkorišteniji plin za pogon vozila, pa se često naziva i autoplinom. Sastav UNP-a bitno ovisi o geografskom položaju, odnosno podneblju, godišnjem dobu te proizvođaču, odnosno distributeru plina. Ovisno gdje se koristi u svijetu, UNP može označavati propan, butan ili kada govorimo o upotrebi u automobilima kao pogonsko gorivo, najčešće mješavinu ova dva plina. Dakle, UNP je mješavina ugljikovodika, u najvećoj mjeri propana (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) i butana (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>), no osim njih, mogu se u manjim koncentracijama naći i neki drugi ugljikovodici poput propilena, butilena i drugih. Pošto je UNP plin bez boje i mirisa, zbog sigurnosnih razloga se u njega dodaju odoranti poput etan-etiola ili etil-merkaptana, kako bi se lakše prepoznalo curenje plina. To se radi iz dva razloga; UNP je teži od zraka te se pri curenju iz spremnika može skupljati u garaži, podrumu ili nekom drugom zatvorenom prostoru, što pak može uzrokovati gušenje ili dovesti do eksplozije. Plin nije otrovan, ali udisanje velike koncentracije može uzrokovati glavobolju, pospanost pa čak i nesvjesticu, što zbog nedostatka kisika može dovesti do gušenja. Ipak, puno veća opasnost prijeti od zapaljenja smjese koja se skupi u većoj količini jer je ovaj plin ekstremno zapaljiv te vrlo lako može doći do eksplozije. Naftni plin je pri atmosferskom tlaku i normalnoj temperaturi u plinovitom stanju, no da bi se ukapljio potrebno ga je komprimirati. Tlak u spremniku, ovisno o sastavu plina, obično se kreće između 7 i 10 bara, a maksimalan tlak pri temperaturi od 65 °C iznosi 17 bara. Dolazak u kontakt s komprimiranim plinom predstavlja opasnost od smrztina. Dakle, komprimiranje naftnog plina rezultira ukapljivanjem istog, a do ukapljivanja bi došlo i da mu smanjimo temperaturu, no u tehnološkom smislu je znatno jednostavnije stlačiti plin nego ga ohladiti i održavati tu temperaturu.

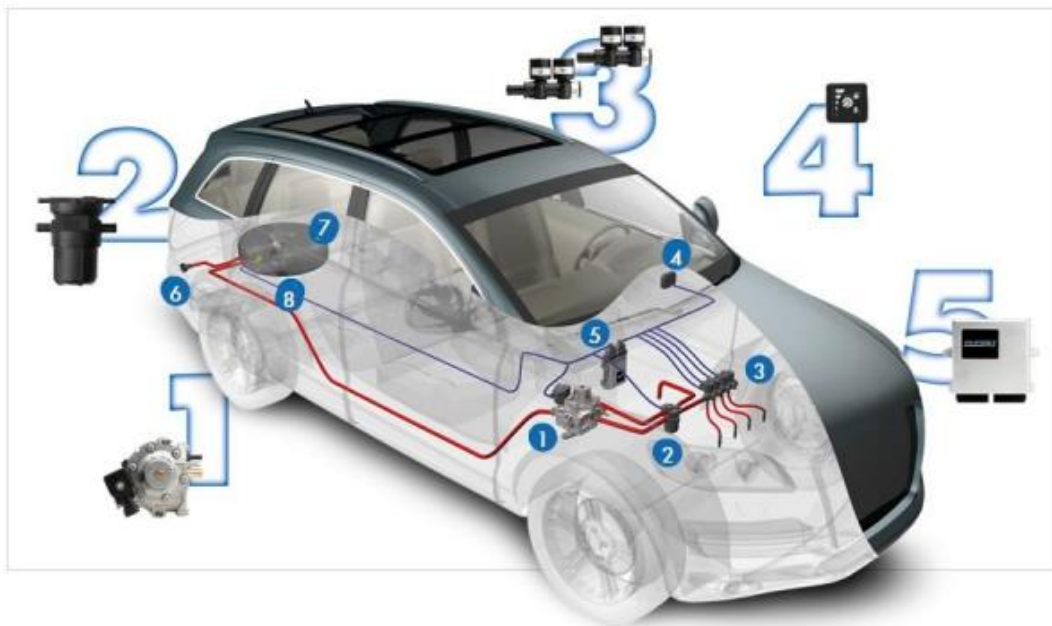
UNP ima visoki oktanski broj (OB), a mali cetanski broj (CB). Oktanski broj označava otpornost goriva prema naglom, detonantnom izgaranju koje je posljedica nekontroliranog samozapaljenja goriva. Cetanski broj pak označava sposobnost samozapaljenja goriva. Za Ottove motore poželjno je da gorivo ima što veći oktanski broj, dok je za Dizelove motore poželjno da gorivo ima što veći cetanski broj. Prema tome, jasno je da je ukapljeni naftni plin pogodniji za rad u Ottovom motoru, nego što je to slučaj za Dizelov motor. Upravo zbog toga UNP dominira na tržištu upravo u Ottovim motorima, dok se za Dizelove motore vrlo rijetko koristi.<sup>17</sup>

---

<sup>16</sup> <http://www.plinara-zagreb.hr/default.aspx?id=245>, 17.7.2017.

<sup>17</sup> Vukres I.: *Emisije motornih vozila pogonjena ukapljenim naftnim plinom*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, diplomski rad, Zagreb, 2016., str. 3-7.





- |                           |                              |                                   |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1 – isparivač plina,      | 2 – filter plina,            | 3 – sustav za ubrizgavanje plina, |
| 4 – prekidač plin/benzin, | 5 – upravljačko računalo,    | 6 – priključak za punjenje plina, |
| 7 – spremnik plina,       | 8 – armatura spremnika plina |                                   |

Slika 4. Prikaz potrebnih uređaja u osobnom vozilu sa bi-fuel motorom pogonjenim UNP-om i benzinom

Izvor: Vukres I., *Diplomski rad, Emisije motornih vozila pogonjena ukapljenim naftnim plinom*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2016., str. 16.

Kako je već prije spomenuto, UNP se koristi uglavnom u Ottovim motorima, ponajprije u kategoriji vozila M1, odnosno osobnim automobilima. Slično kao i kod prirodnog plina, Ottov motor može biti prenamijenjen za pogon UNP-om ili pogon pomoću oba goriva, dakle ili benzinom ili UNP-om, što je i puno češći slučaj. U oba slučaja iskra pali smjesu zraka i goriva.

Na hrvatskom tržištu su najviše zastupljeni bivalentni Ottovi motori, odnosno motori pogonjeni UNP-om i/ili benzinom. Vozila koja su pogonjena isključivo plinom se danas vrlo rijetko mogu naći jer su ih prednosti bivalentnih motora istisnule s tržišta. Najveća prednost je ta što se u slučaju nestanka plina, motor automatski prebacuje na "originalno" gorivo, odnosno benzin te se tako povećava i put koje vozilo može prijeći jednim punjenjem spremnika. Dual-fuel Dizelovi motori pogonjeni UNP-om također su rijetkost na našem tržištu.<sup>18</sup>

<sup>18</sup> Vukres I.: *Emisije motornih vozila pogonjena ukapljenim naftnim plinom*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, diplomski rad, Zagreb, 2016., str.16.

### 4.3. Analiza primjene ukapljenog prirodnog plina (UPP/LNG)

Ukapljeni prirodni plin (liquefied natural gas – LNG) je prirodni plin pod velikim pritiskom i rashlađen na vrlo niske temperature tako da poprima tekuće agregatno stanje.<sup>19</sup> Radi se o metanu ohlađenom na temperaturu ispod njegove točke vrelišta: -161,49 °C. Hlađenjem ispod te temperature dolazi do ukapljivanja metana, odnosno metan prelazi iz plinovitog u tekuće stanje. Time se volumen potreban za smještaj plina smanjuje preko 600 puta. Ovaj proces je skup i zahtjevan, pa je pogodnija metoda korištenja pri pogonu vozila ipak komprimiranje metana, no unatoč tome, našao je primjenu u autoindustriji i to u teretnim vozilima.

Naime, danas više nije rijetko da se tvrtke odlučuju na ulaganje u vozila pogonjena UPP-om, pogotovo ako imaju veliki vozni park teretnih vozila. U takvim slučajevima ušteda je itekako osjetna. Velik broj vozila koja godišnje prelaze veliki put brzo isplaćuju početnu investiciju. Primjer je američka tvrtka, najveći dostavljač paketa na svijetu – UPS (engl. United Parcel Service), koja u svojoj floti teretnih vozila koristi nekoliko alternativnih izvora energije, a od 2000. godine koriste i UPP te konstantno ulažu na desetke milijuna dolara, ne samo u flotu vozila, već i u infrastrukturu. To je samo dokaz isplativosti ove tehnologije. Prednost nad komprimiranim metanom je veća gustoća energije po litri goriva, što omogućava veći kapacitet goriva na samom vozilu, a time i veći domet, odnosno manji broj stajanja radi ponovnog punjenja spremnika.

UPP ima vrlo važnu ulogu i u transportu prirodnog plina, jer je ukapljivanjem moguće transportirati plin na velike udaljenosti gdje nije moguće ili nije ekonomično napraviti cjevovod, ili gdje ne postoje lokalni izvori prirodnog plina. Za transport UPP-a postoje posebni brodovi (LNG tankeri) te kamioni (LNG cisterne). Kada je transport izvršen, UPP se može koristiti u tekućem stanju ili se može opet vratiti u plinovito stanje u kojem plin ipak ima daleko veću primjenu. Mana ovog plina je što ga je potrebno držati na vrlo niskoj temperaturi u spremniku kako bi ostao u ukapljenom stanju. Zato su spremnici ovog plina skuplji od spremnika ostalih spomenutih goriva. Naime, spremnik mora biti dobro izoliran, odnosno sastoji se od nekoliko slojeva, koji usporavaju prijelaz topline iz okoliša u spremnik. No, kako prijelaz topline nije moguće zaustaviti, porastom temperature u spremniku dolazi do isparavanja UPP-a. Pare UNP-a se šire u spremniku i zbog toga raste tlak. Ako se plin ne bi hladio, u roku od 5 dana bi plin počeo isparavati iz spremnika kroz sigurnosni ventil uslijed povećanog tlaka. UPP je glavnu primjenu pronašao u teretnim vozilima s Dizelovim motorima zbog veće gustoće energije goriva po litri.<sup>20</sup>

---

<sup>19</sup> [http://www.izvorienergije.com/ukapljeni\\_prirodni\\_plin.html](http://www.izvorienergije.com/ukapljeni_prirodni_plin.html), 25.7.2017.

<sup>20</sup> Vukres I.: *Emisije motornih vozila pogonjena ukapljenim naftnim plinom*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, diplomski rad, Zagreb, 2016., str. 10.

## 5. Ekonomsko – energetski aspekt primjene prirodnog plina s osvrtom na stanje u Republici Hrvatskoj

Prirodni plin sudjeluju u ukupnoj i finalnoj potrošnji energije u Hrvatskoj s udjelom od oko 25 posto. S razvojem plinskog transportnog i distributivnog sustava na novim područjima, možemo u kraćem roku očekivati porast udjela prirodnog plina kako u finalnoj potrošnji (na distributivnom nivou) i u ukupnoj potrošnji za proizvodnju električne energije (gdje će u najvećoj mjeri zamijeniti tekuća goriva).

Procjenjuje se da su rezerve nekonvencionalnog plina jednake konvencionalnima, što će zadržati cijenu plina na nižim razinama nego što je predviđano prije porasta potrošnje nekonvencionalnog plina u Americi. Stoga se očekuje da će plin u kraćem periodu imati značajniju ulogu u najvećoj mjeri u proizvodnji električne energije (visokoučinkoviti CCGT (engl. Combined Cycle Gas Turbine) sustavi sa stupnjem djelovanja od oko 60 posto). U scenarijima s izrazitim smanjenjem emisija CO<sub>2</sub> očekuje se smanjenje potrošnje plina u 2050. godini do 15 posto u odnosu na današnju potrošnju. U kućanstvima i uslužnom sektoru potrošnja plina će se zbog povećane učinkovitosti kako uređaja, tako i objekata smanjivati, dok se očekuje jednaka potrošnja u industrijskom sektoru. U finalnoj potrošnji očekuje se povećanje udjela plinskih toplinskih crpki za grijanje i hlađenje te CHP (kombinirani proces proizvodnje električne energije i topline) u većim zgradama.

Uz sve svoje poznate kvalitete u situaciji kada se mnoge zemlje dvoume oko nuklearnog programa, u korištenju ugljena čekaju komercijalnu primjenu postrojenja za izdvajanje i skladištenje CO<sub>2</sub>, prirodni plin dobiva dodatnu dimenziju korištenja, zbog manjih emisija CO<sub>2</sub>, brže izgradnje i standardizacije opreme te u elektranama za uravnoteženje proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora. U dugoročnom razdoblju potrebe za plinom imat će razdoblje rasta, stagnacije, a vjerojatno i pada. Jednako tako u prvoj fazi rast će broj korisnika, a zatim će se smanjivati jer će se prestajati koristiti kod krajnjih kupaca, a više koristiti u većim postrojenjima za proizvodnju električne energije i topline. To se može donekle promijeniti ako se ostvari tehnološki napredak korištenja plina bez izgaranja ili eventualno mogućnost skladištenja CO<sub>2</sub> kod malih kupaca plina ako bude tehnološki moguće i ekonomski opravdano. Za ostvarenje značajne uloge plina u budućnosti potrebno je osigurati sigurnu dobavu u smislu snažnijeg međusobnog povezivanja zemalja, izgradnje transportnih plinovoda i LNG terminala te skladišta plina.<sup>21</sup>

Pravna stečevina Europske unije iz područja energetike, a posebice Direktiva 2009/73/EC Europskog parlamenta i Vijeća od 13. srpnja 2009. o zajedničkim pravilima za unutarnje tržište prirodnog plina (SL. L 211, 14. 8. 2009.) prenesena je u zakonodavstvo Republike Hrvatske kroz Zakon o tržištu plina ("Narodne novine", broj 28/2013). Ovim se Zakonom uređuju pravila i mjere za sigurnu i pouzdanu proizvodnju, transport, skladištenje, upravljanje terminalom za ukapljeni prirodni plin (UPP), distribuciju i opskrbu plinom te za

---

<sup>21</sup> Granić, G., *Vizija mogućnosti energetskog razvoja, međusobnih odnosa i utjecaja u Hrvatskoj za razdoblje do 2050. godine*, 2012., str. 168.

organiziranje tržišta plina kao dijela plinskog tržišta Europske unije. Nadalje, utvrđuju se pravila koja se odnose na zaštitu kupaca, organiziranje i funkcioniranje plinskog sektora, koncesije za distribuciju plina i koncesije za izgradnju distribucijskog sustava, pravo pristupa treće strane, model bilančnih skupina, otvoren pristup tržištu, utvrđivanje obveza općih usluga i prava kupaca plina. Ta prava uključuju prava krajnjih kupaca, odvojeno vođenje poslovnih knjiga, financijskih izvješća, prava pristupa plinskom sustavu, načela uzajamnosti i prekogranični transport plina.<sup>22</sup>

Unatrag 20-ak godina razvoj potrošnje plina bio je na vrlo dobrim temeljima zbog instaliranja prve punionice SPP-a i prepoznatljiva razvoja potrošnje autoplina (UNP-a), instaliranja infrastrukture punionica i marketinške prepoznatljivosti. Povjerenje tržišta stečeno je održavanjem višegodišnje stabilne konkurentne cijene u odnosu prema konvencionalnim derivatima, čime je u poslove uključen cjelokupni lanac prateće industrije. Istodobno se stvarao i zakonodavni okvir s kriterijima nužne kontrole kvalitete rada servisera, homologacije plinskih instalacija vozila i uvoza novih OEM (engl. Original Equipment Manufacturer - izvorni/originalni proizvođač opreme) plinskih vozila. Glavnu ulogu preuzeo je Centar za vozila Hrvatske (CVH), čime se pobudio i prepoznao interes ovlaštenih kuća-zastupnika prodaje vozila koje su tada u još neizvjesnim okolnostima počele nuditi garancije za instaliranje plinske opreme.

Prirodni plin (SPP) rabio se za javni gradski prijevoz grada Zagreba (eksternog tipa) i za internu opskrbu vozila Gradske plinare Zagreb d.o.o. koja su bila osnova, tj. ishodišna točka popularizacije i daljnjeg razvoja potrošnje, a pojavilo se zanimanje i u drugim gradovima. U tako povoljnoj klimi privatna je inicijativa razvijala mrežu zastupnika plinske opreme (propan-butan), uz paralelnu edukaciju za SPP i daljnji iskorak prema ugradnji voznog parka. Ozbiljnije se govorilo o ekološkom aspektu plina u cestovnom prometu, otvarale su se lijepe perspektive osnažene razvojem sustava, a plina je bilo u izobilju i iz vlastite proizvodnje, premda znamo da Republika Hrvatska nema vlastitu autoindustriju niti smo razvili namjensku proizvodnju plinske opreme i instalacija. Tijekom desetljeća na današnje je stanje utjecalo mnogo čimbenika koji nisu samo tehničko-komercijalnog značaja, nego i psihološki djeluju na potrošače. Na žalost ostali smo na stupnju potrošnje plina u prometu u nekadašnjim okvirima. Nismo napravili znatan iskorak. Izostale su snažne marketinške poruke premda su ekonomski razlozi vrlo egzaktni, no očigledno nisu presudni. Među ljudima je još mnogo neutemeljenog straha i neznanja, no tako je i u Italiji gdje se još osjeća nelagoda u pogledu uporabe plina unatoč 100-godišnjoj tradiciji. Dodatni utjecaj o kojem se javno ne govori u Hrvatskoj leži u svijesti "današnjega modernog društva" da smo spremni zbog vlastite komocije zanemariti koristi koje su nam nadohvat ruke i u individualnom načinu života i u poslovnoj filozofiji.<sup>23</sup>

Osvjedočena percepcija kupaca kao korisnika vozila na plin intenzivno se mijenja. Korisnik se ne želi zamarati dodatnim angažmanom, već odmah traži siguran i zajamčeno pouzdan proizvod. Osjetljivost i razmišljanje o potencijalnim komplikacijama kao što su primjerice kvaliteta autoplina i sigurnost uporabe jednostavno opterećuju nove generacije zbog kroničnog nedostatka pouzdanih informacija ili kolanja poluinformacija. Na to se nadovezuje i

<sup>22</sup> <http://www.eihp.hr/wp-content/uploads/2015/02/Energija2013.pdf>, 25.7.2017.

<sup>23</sup> [http://www.hsap.hr/upload\\_data/editor/files/Osvrt%20tehni%C4%8Dkog%20urednika.pdf](http://www.hsap.hr/upload_data/editor/files/Osvrt%20tehni%C4%8Dkog%20urednika.pdf), 17.8.2017.

kronično recesijsko materijalno stanje društva; kupac se prilikom kupnje vozila i biranja goriva možda podsvjesno pribojava "filozofije siromašnog društva" i zaključuje da je jeftinije imati vozilo na dizel ili benzin nego na plin usprkos financijskim uštedama u redovitom pogonu. Kako kao društvo funkcioniramo najčešće prema diktatu iz Bruxellesa i direktivama koje zbog članstva u EU-u prihvaćamo bez pogovora, donosimo zakonsku regulativu bez dubljeg promišljanja i analize. Postavlja se stoga pitanje gdje smo mi u odnosu prema Europi i svijetu.

Naša je zemlja specifična jer cestovni promet ima čak 88% udjela u odnosu prema ostalim oblicima, a od toga na dizel otpada potrošnja od 65%, benzin 31%, autoplin (UNP) 4%, SPP 0,1%, dok neznatni ostatak čine ostala alternativna goriva. Do psihološke granice od 10% udjela alternativnih goriva u ukupnoj potrošnji goriva kada države redovito reagiraju na regulaciju njihove uporabe još ima mnogo prostora, što bi trebao biti osnovni cilj i program plinskoga sektora.<sup>24</sup>

## **5.1. Proizvodnja i transport prirodnog plina u Republici Hrvatskoj**

Prirodni plin se proizvodi iz 16 plinskih polja Panona i 9 plinskih polja Jadrana čime se podmiruje 66,1 posto domaćih potreba. Međutim, kada se u proračun uključi samo prirodni plin iz Jadrana koji pripada Hrvatskoj, domaćim prirodnim plinom je podmireno 52,7 posto ukupnih potreba. Više od polovice proizvodnje plina crpi se iz Jadrana. Najveći dio plina iz Panona dolazi iz ležišta Molve i Kalinovac. Uz ležište Molve koja su izgrađena postrojenja za preradu i pripremu plina za transport - Centralne plinske stanice Molve I, II i III.

Transport prirodnog plina je regulirana energetska djelatnost koja se obavlja kao javna usluga i predstavlja osnovnu djelatnost tvrtke PLINACRO koja je vlasnik i operator plinskog transportnog sustava. Opis, razvoj i građenje transportnog sustava, upravljanje i nadzor nad njime te ostali aspekti poslovanja u okviru transportnog sustava uređeni su Mrežnim pravilima transportnog sustava ("Narodne novine", broj 158/2013). U 2013. godini je sustavom transportirano 28 684 milijardi kWh prirodnog plina, od čega 25 322 milijarde kWh od ulaza u transportni sustav do izlaznih mjerno-redukcijskih stanica te ostatak od 3 361 milijardi kWh do podzemnog skladišta plina Okoli. Tijekom 2013. godine na razini sustava je ostvaren najveći transport u iznosu od 127 milijardi kWh/dan.<sup>25</sup>

PLINACRO raspolaže s ukupno 2 662 km cjevovoda. U 2013. godini transport plina se odvijao putem 2 410 km plinovoda. Plin je u transportni sustav preuziman preko devet priključaka na ulaznim mjernim stanicama, od kojih je šest u funkciji prihvata plina iz proizvodnih polja na teritoriju Republike Hrvatske, dva su priključka međunarodna i u funkciji su prihvata plina iz uvoznih dobavnih pravaca (Slovenija i Mađarska), dok je jedan priključak u funkciji povlačenja plina iz podzemnog skladišta Okoli. Predaja plina iz transportnog sustava odvijala se putem 200 priključaka smještenih na 148 izlaznih mjerno-redukcijskih stanica. Od

<sup>24</sup> [http://www.hsup.hr/upload\\_data/editor/files/Osvrt%20tehni%C4%8Dkog%20urednika.pdf](http://www.hsup.hr/upload_data/editor/files/Osvrt%20tehni%C4%8Dkog%20urednika.pdf), 17.8.2017.

<sup>25</sup> <http://www.eihp.hr/wp-content/uploads/2015/02/Energija2013.pdf>, 28.7.2017.

navedenih priključaka njih 38 je u funkciji predaje plina industrijskim kupcima na transportnom sustavu, dok se putem 135 priključaka plin predaje u distribucijske sustave. Transportni sustav omogućuje predaju plina na području 17 županija.<sup>26</sup>



Slika 5. Plinski transportni sustav u Republici Hrvatskoj

Izvor: <http://www.eihp.hr/wp-content/uploads/2015/02/Energija2013.pdf>

<sup>26</sup> <http://www.eihp.hr/wp-content/uploads/2015/02/Energija2013.pdf>, 28.7.2017.

## 5.2. Testiranje autobusa MAN i MERCEDES na linijama ZET-a

Zagrebački holding je proveo testiranje dva autobusa MAN LYONS CITY CNG i MERCEDES CITARO O 530 CNG pogonjeni stlačenim zemnim plinom na linijama ZET-a.

Tablica 2. Osnovne prometno tehničke značajke autobusa

	<b>MAN LYONS CITY</b>	<b>MERCEDES CITARO</b>
Duljina	11967 mm	11950 mm
Širina	2500 mm	2550 mm
Visina	3370 mm	3389 mm
Broj vrata	3	3
Motor	Otto 187 kW Euro 4	Otto 240 kW Euro 4
Okretni moment	880 Nm kod 1000-1200 o/min.	1250 Nm kod 1000-1300 o/min
Kapacitet spremnika plina	4 x 320 = 1280 litara	8 x 190 = 1520 litara
Kapacitet spremnika plina	213,3 kg (kod 220 bara)	253,3 kg (kod 220 bara)
Pogonsko gorivo	Plin	Plin
Tlak napunjenog spremnika	220 bar	220 bar

Izvor: Vuković P., Završni rad, Pogon autobusa plinom, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, 2009., str. 49.

Oba autobusa su bila na linijama na kojima će dnevno prevoziti oko 300 km. Pokazalo se da MAN nema dovoljnu snagu motora za prometovanje po brdskim linijama pa je tijekom testiranja bio na ravničarskoj liniji 231 Borongaj-Noví Retkovec, a autobus Mercedes je testiran na tipično brdskoj liniji.<sup>27</sup>

### 5.2.1. Prometno tehnička svojstva autobusa

Autobus MAN slabo vuče na usponu, akceleracija po ravnom mu je zadovoljavajuća, ali ipak nešto manja nego kod autobusa s Dizelovim motorima, nije bučan, nema vibracija i tih je u radu, upravljačka svojstva su mu odlična. Ugodan je za voziti. Unutrašnji retrovizori na neravnoj cesti jako vibriraju. Kod zatvaranja vrata putnici se moraju više odmaknuti od vrata nego kod ostalih autobusa. U jednom slučaju, zbog indikatora na vratašcima za punjenje plinom, motor autobusa nije htio pokrenuti, a drugi put nije reagirao na dodavanje gasa.

<sup>27</sup> Vuković P.: Pogon autobusa plinom, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, završni rad, 2009., str. 49.

Autobus Mercedes u odnosu na autobuse s Dizelovim motorima ima manje ubrzanje na usponima. Dobro vuče na konstantnom usponu, usprkos povišenom težištu ne zanosi se u krivinama, bučniji je, zbog 6-stupanjskog mjenjača zbog kojeg autobus često "cuka". Na vozački i putnički prostor nema primjedbi, a putnici su ga odlično prihvatili. Kod zatvaranja vrata putnici se moraju više odmaknuti od vrata nego kod ostalih autobusa, u protivnom se vrata ne zatvaraju.

#### Ocjena prometno tehničkih svojstava autobusa

- Autobusi su ugodni za vožnju
- Rješenje putničkog prostora nije optimalno, ali je zadovoljavajuće. U zadnjem dijelu putničkog prostora je zbog dispozicije sjedala u oba autobusa u uvjetima veće popunjenosti autobusa otežana izmjena putnika
- Putnici su zadovoljni s autobusima
- Uočena je manja akceleracija autobusa u odnosu na autobuse s Dizelovim motorima na usponima, ali i na ravničarskim dijelovima trasa
- Relativno je mali radijus kretanja oba autobusa s punim spremnikom plina

Tijekom rada na linijama ZET-a najveću kilometražu između dva uzastopna punjena plinom ostvario je autobus Mercedes (301 km), pri čemu je tlak plina pao s početnih 220 na 45 bara. Na temelju registriranih podataka tijekom testiranja, po kojim autobus "potroši" 1 bar tlaka za 1.59 kilometara prijeđenog puta, može se zaključiti da bi autobus mogao prijeći još 8 kilometara do pada tlaka u spremnicima na 40 bara koji se, na temelju izjave predstavnika MAN-a i Mercedes-a, smatra minimalno dopuštenim tlakom u spremnicima. Može se dakle zaključiti da je najveća moguća kilometraža testiranog autobusa Mercedes s jednim punjenjem plinom u prometu do 310 km. <sup>28</sup>

### 5.2.2. Spremnici plina na ZET-ovim autobusima

Spremnici plina ugrađeni su na krovu oba autobusa. Mercedes Benz ima 8 spremnika za plin od 190 litara, s ukupnim kapacitetom od 1520 litara. Spremnici su izrađeni od umjetnog materijala, obloženi su ugljičnim vlaknima, provjereni na 500 bara, a proizvođač im je Mannesmann. Tlak na koji se pune spremnici u eksploataciji je 220 bara, a autobusi ne bi smjeli voziti s tlakom plina manjim od 40 bara. U dnevnoj eksploataciji u ZET- u autobus je bez

---

<sup>28</sup> Vuković P.: *Pogon autobusa plinom*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, završni rad, 2009., str. 50.



punjenja spremnika zemnim plinom najviše prešao oko 300 kilometara. MAN ima 4 spremnika za plin od 320 litara, s ukupnim kapacitetom od 1280 litara. Spremnike je od kompozitnog materijala na osnovi Al izradio Dynatec.<sup>29</sup>

### 5.2.3. Potrošnja goriva ZET-ovih autobusa

Tijekom boravka u ZET-u, autobus MAN prešao je ukupno 2148 km. Za vrijeme mjerenja potrošnje goriva autobus je prešao 2090 km i potrošio 1096.8 kg ili prosječno 52,48 kg/100 km. Tijekom istog razdoblja autobus Mercedes Benz prešao je ukupno 2927 km. Za vrijeme mjerenja potrošnje goriva prešao je 2807.0 km i potrošio 1832.9 kg plina ili prosječno 65,30 kg/100 km. Navedeni podaci ne mogu se izravno uspoređivati. Mercedes naime, ima 53 kW jači motor i za vrijeme eksploatacije u ZET-u prometovao je isključivo na brdskim, a MAN na ravničarskim linijama. U voznom parku ZET-a nalaze se autobusi s Dizelovim motorima sličnih prometno tehničkih značajki i snaga motora: MAN s motorom snage 228 kW i prosječnom potrošnjom od oko 48 l/100 km i Mercedes s motorom snage 185 kW i prosječnom potrošnjom od oko 46 l/100 km. Prijenosni odnos zadnje osovine i program automatskog mjenjača podešeni su za gradski prijevoz. Za korištenje autobusa na brdskim linijama potrebno je svakako izvršiti promjenu programa automatskog mjenjača.<sup>30</sup>

## 5.3. Budućnost javnog prijevoza

Vozila novije generacije većim su dijelom niskopodna, zbog čega je javni gradski prijevoz pristupačan svim kategorijama korisnika, a primjenom suvremenih tehnologija i ekološki su prihvatljiva. Tijekom 2008. i 2009. godine nabavljeno je 214 niskopodnih autobusa, solo i zglobnih, od kojih se 60 koristi stlačenim zemnim plinom. Od 2007. godine podružnica ZET kao pogonsko gorivo uvodi biodizel, a od 2009. vozi se i na stlačenom plinu. U pogonu je i suvremena ZET-ova punionica stlačenog zemnog plina za autobuse, a smještena je u Pogonu autobusa Podsused.

U doglednoj budućnosti, sukladno razvojnim planovima, u prometu će biti autobusi koji isključivo rabe biogoriva. "Ekološkim razvojem" javnog gradskog prijevoza u Gradu Zagrebu, smanjit će se onečišćenja i ukloniti štetne čestice koje uobičajeno sadržavaju fosilna goriva.<sup>31</sup>

---

<sup>29</sup> Vuković P.: *Pogon autobusa plinom*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, završni rad, 2009., str. 51.

<sup>30</sup> Ibid.

<sup>31</sup> <http://www.zet.hr/default.aspx?id=5768>, 14.8.2017.

## 6. Prednosti i nedostaci prirodnog plina

Prednost korištenja plina umjesto benzina ili dizelskog goriva je svakako cijena. Cijene autoplina i prirodnog plina su višestruko manje od cijena benzina i dizelskog goriva. Zbog toga su vozila pogonjena plinom vrlo isplativa i sve popularnija. Činjenica da su ovi plinovi pohranjeni pod tlakom u spremnicima nije problem, jer spremnici su konstruirani s višestruko većim faktorom sigurnosti u odnosu na spremnike benzina i dizelskog goriva te moraju biti atestirani i moraju se ispitati svakih 10 godina za UNP, odnosno 6 godina za SPP prema Pravilniku o uređajima, opremi i sustavima za pogon motornih vozila plinom.

Prednosti prirodnog plina:

- Ulaze u cilindar u plinovitom stanju zbog čega je smanjen utjecaj korozije na dijelove motora, a također pospješuje miješanje sa zrakom
- Ravnomjernije miješanje znači i potpunije izgaranje te se javlja manje taloga čađe na svjećicama kod Ottovih motora
- Zbog čistijeg izgaranja produljen je i životni vijek motora
- Ne zagađuju ili razrjeđuju ulje za podmazivanje, čime se produljuje vijek trajanja ulja
- Nekoliko puta sigurniji sustavi od sustava opskrbe benzinom
- Jeftinija goriva od konvencionalnih fosilnih goriva
- Punjenje vozila vremenski je usporedivo s konvencionalnim gorivima
- Kod vozila na benzin, ulje se mijenja svakih 5000 do 6500 km, a kod vozila na prirodni plin produžuje se vrijeme promjene ulja na čak 15000 do 16000 km<sup>32</sup>

Nedostaci prirodnog plina:

- Općenito plinovita goriva imaju manju gustoću energije po litri, pa je potreban veći sadržaj goriva radi dobivanja jednakog sadržaja energije
- Manji broj punionica u odnosu na punionice konvencionalnih goriva<sup>33</sup>

---

<sup>32</sup> <http://www.prometna-zona.com/prirodni-plin/>, 10.8.2017.

<sup>33</sup> Vukres I.: *Emisije motornih vozila pogonjena ukapljenim naftnim plinom*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, diplomski rad, Zagreb, 2016., str. 22.

## 6.1. Ekološke prednosti i nedostaci stlačenog prirodnog plina (SPP/CNG) i ukapljenog prirodnog plina (UPP/LNG)

Prednosti upotrebe prirodnog plina za pogon je u tome što motori pogonjeni prirodnim plinom ispuštaju za polovicu manje štetnih plinova od odgovarajućih Dizelovih motora koji ispunjavaju Euro 2 normu. Osim toga, prednost mu se očituje i u činjenici nepostojanja krutih čestica u ispušnoj cijevi, buka je neusporedivo manja kao i niža cijena u odnosu na dizel ili benzin. Prirodni plin je značajan i u pogledu da su autonomija kretanja bitno veći nego kod ostalih alternativnih goriva.<sup>34</sup>

### 6.1.1. Prednosti SPP-a i UPP-a

- Vozila pogonjena SPP-om imaju manje troškove održavanja nego bilo koje drugo vozilo pogonjeno fosilnim gorivom
- Sustavi opskrbe SPP-om su nepropusni, što sprječava gubitke goriva zbog isparavanja ili curenja
- Vozila pogonjena SPP-om emitiraju znatno manje količine štetnih tvari, 20 % manje emisije CO<sub>2</sub> u odnosu na Dizelove motore, 29 % manje CO<sub>2</sub>, 80 % manje NMHC, 50 % manje NO<sub>x</sub>, 67 % manje CO u odnosu na Ottove motore
- SPP i UPP se mogu proizvesti iz bioplina, obnovljivog izvora energije<sup>35</sup>
- SPP ima vrlo čisto sagorijevanje što znači da nema prisustva ugljika i kiseline u ulju motora te nije potrebno ispirati nakupljeno ulje na vrhu klipnog prstena, što rezultira dužim vijekom trajanja samog motora
- U vozilu koje je pogonjeno SPP-om, komponente ostaju čišće zbog boljeg sagorijevanja plina
- Vozila pogonjena SPP-om imaju manji trošak pri servisu zbog rjeđeg otkaza dijelova u vozilu
- Svjećice traju praktički vječno što se tiče samog plina naravno te ulje je još uvijek žute boje kad ga se mijenja<sup>36</sup>

---

<sup>34</sup> Vuković P.: *Pogon autobusa plinom*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, završni rad, 2009., str. 19.

<sup>35</sup> Vukres I.: *Emisije motornih vozila pogonjena ukapljenim naftnim plinom*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, diplomski rad, Zagreb, 2016., str. 22.

<sup>36</sup> <http://www.prometna-zona.com/prirodni-plin/>, 10.8.2017.

### **6.1.2. Ekonomske prednosti UPP-a u odnosu na SPP**

- Vozila na UPP imaju manju težinu nego vozila u kojima se nalazi SPP, pa stoga mogu prevoziti  $\frac{3}{4}$  tone tereta više u odnosu na korisnu nosivost
- Cijena vozila s pogonom na UPP je niža od cijene vozila na SPP
- Kilogram UPP-a ima veću energetska vrijednost od SPP-a
- Stanice za punjenje UPP-om ne zahtijevaju električnu energiju dok je stanicama za punjenje SPP-om potrebno 5 p/kg električne energije da bi se stlačio plin
- Glavna cijena jedne stanice za UPP predstavlja samo djelić vrijednosti stanice za SPP<sup>37</sup>

### **6.1.3. Prednosti infrastrukture stanica za TPP**

- Logistički operateri imaju punu slobodu kod nabave 6×2 tegljačke jedinice pokretane UPP-om dok su ograničeni na 4×2 tegljačke jedinice kod SPP-a
- Tegljači imaju punu slobodu da putuju bilo gdje na primjer u Velikoj Britaniji kroz cijelu rastuću mrežu maloprodajnih mjesta, dok vozila na SPP su ograničena na standardna operativna skladišta
- UPP je prijenosan i nije ovisan o stanicama koje su povezane cijevima za opskrbu plinom, dok kod SPP-a to nije slučaj<sup>38</sup>

### **6.1.4. Nedostaci SPP-a i UPP-a**

- Veći troškovi pohrane zbog komprimiranja SPP-a, odnosno hlađenja UPP-a
- Vozila pogonjena SPP-om trebaju spremnik većeg volumena zbog manje gustoće energije po litri goriva te zauzimaju veći prostor u vozilu, čak i u odnosu na druga plinovita goriva

---

<sup>37</sup> <http://www.prometna-zona.com/prirodni-plin/>, 10.8.2017.

<sup>38</sup> Ibid., 10.8.2017.

- Spremnik UPP-a mora biti vrlo dobro izoliran radi što manjeg isparavanja uslijed prijelaza topline, što mu diže cijenu<sup>39</sup>
- Vozila pogonjena SPP-om imaju manju snagu motora
- Mali broj punionica
- Teško predvidivo kretanje cijena goriva<sup>40</sup>

## 6.2. Prednosti i nedostaci ukapljenog naftnog plina (UNP/LPG)

Ukapljeni naftni plin, kao pogonsko gorivo u motornom vozilu ima brojne ekološke, ali i ekonomske prednosti nad uobičajenim gorivima, benzinom i dizelskim gorivom: mogućnost razgradnje prizemnog ozona smanjena je za više od 50 %, emisija dušičnih oksida i ugljičnog monoksida za 80 %, dok su emisije sumpornih spojeva, benzola, aldehida i čvrstih čestica (čadi) gotovo zanemarive.<sup>41</sup>

### 6.2.1. Prednosti kod punjenja automobila ukapljenim naftnim plinom

- Punjenje ukapljenim naftnim plinom je jednostavno kao i kod punjenja benzinom ili naftom i potrebno je gotovo isto vrijeme za punjenje
- Kao i kod benzina i nafte UNP je spremljen kao tekućina, plaća se po litri i ubrizgava se kroz crijevo u spremnik za gorivo
- Postupak punjenja je identičan kao kod benzina ili dizela
- Ne može se slučajno natočiti benzin ili dizel jer otvor crijeva ili vrh štrcaljke točno odgovara otvoru za punjenje na vozilu
- Kao i kod vozila koja koriste uobičajena goriva i vozila na UNP imaju indikator razine goriva u spremniku. Ugrađen je na prekidaču koji se nalazi na kontrolnoj ploči na kojoj se može prebaciti između benzina i UNP-a<sup>42</sup>

<sup>39</sup> Vukres I.: *Emisije motornih vozila pogonjena ukapljenim naftnim plinom*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, diplomski rad, Zagreb, 2016., str. 22.

<sup>40</sup> Vuković P.: *Pogon autobusa plinom*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, završni rad, 2009., str. 20.

<sup>41</sup> Ibid.

<sup>42</sup> <http://www.prometna-zona.com/unp-ukapljeni-naftni-plin/>, 10.8.2017.

### 6.2.2. Prednosti pri zaštiti okoliša

- Ukapljeni naftni plin je jedno od najčišćih goriva koja se upotrebljavaju u vozilima. Proizvodi puno manje ugljikovog dioksida od benzina te manje čestica dušičnih oksida kod dizela
- Upotrebom UNP-a smanjujemo emisiju ugljikovog dioksida do 20% u odnosu na benzin te 1.8% u usporedbi s dizelom
- Na gradskim cestama, prosječno jedno vozilo na dizel gorivo emitira istu količinu čestica kao 120 vozila na UNP i isto dušičnih oksida kao 20 vozila na UNP
- Upotrebom UNP-a djelujemo na ukupne troškove izdavanja u zdravstvu te na obnovu pročelja na građevinama zbog lošeg stanja uzrokovanog česticama dima<sup>43</sup>

### 6.2.3. Ekonomske prednosti

- Mogućnost uštede do 40% u odnosu na cijenu jedne litre benzina
- Cijena UNP-a se kreće oko pola cijene jedne litre benzina i dizela
- Manja porezna davanja za vozila na UNP
- Neke vlade su uvele smanjena carinska davanja na UNP u razdoblju od 3 godine, to znači da bar u tom razdoblju je sigurno da će cijena UNP-a biti do 50% niža
- Značajna ušteda pri upotrebi UNP-a u vozilima rezultira dužim radnim vijekom motora jer je čišće sagorijevanje, UNP je već u plinovitom stanju pri ulasku u cilindarsku komoru te efikasnije izgaranje
- Većina automobila s električnim paljenjem pomoću svjećica se mogu prebaciti tj. modificirati u vozila na UNP. Vrlo je važno da to radi ovlaštena osoba te koja je za to specijalizirana. Trošak prelaska automobila ili manjeg dostavnog vozila je oko 1500£-2000£, to je otprilike oko 15000 do 20000 kn. To se već može vrlo brzo nadoknaditi manji porezima na UNP te kroz manje davanja za popravke motora<sup>44</sup>

---

<sup>43</sup> <http://www.prometna-zona.com/unp-ukapljeni-naftni-plin/>, 10.8.2017.

<sup>44</sup> Ibid., 10.8.2017.

#### 6.2.4. Ostale prednosti

- Ukapljeni naftni plin je produkt naftnih kompanija te vezano uz opskrbu UNP-a budućnost je osigurana barem sljedećih 50 godina
- Trenutno u Velikoj Britaniji se nalaze 1200 stanica za punjenje ukapljenim naftnim plinom, i taj broj se stalno povećava
- Vozila koja su prerađena da mogu voziti na UNP mogu također voziti i na benzin. Spremnik za benzin ostaje u vozilu i moguće se prebaciti s jednog goriva na drugo jednostavnim prekidačem
- Ukapljeni naftni plin je poznat i po sigurnosti tijekom prijevoza, skladištenja i korištenja tijekom vožnje. Smatra se čak sigurnijim od benzina, primjer toga su autobusi u Beču koji već voze 30 godina na UNP i nikada se nije dogodila nesreća vezana uz UNP <sup>45</sup>

#### 6.2.5. Nedostaci UNP-a

- Zato što je teži od zraka, UNP pri curenju iz spremnika predstavlja veliku opasnost zbog mogućeg gušenja u nedostatku kisika te moguće eksplozije zbog sklonosti skupljanja u zatvorenom prostoru i vrlo velike zapaljivosti<sup>46</sup>
- Trošak ugradnje u vozilo koje koristi UNP
- Primjećuje se manja snaga u usporedbi s Ottovim i Dizelovim motorima sličnih karakteristika
- Gubitak jednog djela prostora u prtljažniku zbog smještaja spremnika
- Relativno mali broj punionica (u Hrvatskoj) i velika udaljenost između punionica
- Zabrana parkiranja u podzemnim i zatvorenim garažama u pojedinim zemljama (npr. u Njemačkoj i Austriji) zbog toga što je UNP teži od zraka i skuplja se uz pod te gdje može tvoriti eksplozivnu smjesu<sup>47</sup>
- Vozila na plin se ne proizvode serijski nego se plinski pogon mora posebno naručiti<sup>48</sup>

---

<sup>45</sup> <http://www.prometna-zona.com/unp-ukapljeni-naftni-plin/>, 10.8.2017.

<sup>46</sup> Vukres I.: *Emisije motornih vozila pogonjena ukapljenim naftnim plinom*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, diplomski rad, Zagreb, 2016., str. 22.

<sup>47</sup> Vuković P.: *Pogon autobusa plinom*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, završni rad, 2009., str. 15.

<sup>48</sup> <http://www.prometna-zona.com/unp-ukapljeni-naftni-plin/>, 10.8.2017.

## 7. Analiza usporedbe ukapljenog naftnog plina (UNP/LPG) i stlačenog prirodnog plina (SPP/CNG) s ostalim alternativnim gorivima

Svjetska auto industrija užurbano usavršava pogonske grupe na alternativna goriva jer promet mora funkcionirati i kada jednog dana naftni izvori u potpunosti presuše. Vrlo uskoro doći će doba kada ćemo na crpkama umjesto benzina i dizela točiti neka druga alternativna goriva. Znanstvenici tvrde kako bi već negdje oko 2030. godine naftni izvori mogli presušiti. Iako se doima kao daleka budućnost svjetska auto industrija post naftno doba mora dočekati spremna vodeći računa i o očuvanju okoliša.<sup>49</sup>

Alternativna su goriva ona koja trebaju biti zamjena za konvencionalna goriva, naftu i ugljen, i zapravo su, ekološki gledano, prijelazno rješenje u potrazi za učinkovitom i obnovljivom energijom. Povećanjem zahtjeva zaštite okoliša i sve veće ekološko opterećenje u urbanim sredinama potiče korištenje alternativnih goriva u sve većoj količini. Alternativna goriva se mogu definirati kao izvori energije koji će zamijeniti fosilna goriva. Ta alternativna goriva su namijenjena za rješavanje problema vezanih za smanjenje neželjenih posljedica korištenje fosilnih goriva, a posebno se odnosi na emisiju ugljičnog dioksida (stakleničkih plinova) te je važan čimbenik u globalnom zatopljenju. Alternativna goriva su: biodizel, etanol i metanol, električna energija, sunčeva energija, vodik i prirodni plin.<sup>50</sup>

### 7.1. Prirodni plin

#### Stlačeni prirodni plin (SPP/CNG)

- **Karakteristike:** Udio metana u zemnom plinu iznosi od 70 do 98 %, a skladišti se u spremnicima pod tlakom od 200 do 275 bara.
- **Primjena:** Može se koristiti u Otto i dizel motorima. Da bi se koristio u Otto motorima potrebni su regulator pritiska s tlaka skladištenja na uporabni tlak pod kojim se plin usmjerava na plinske injektore.
- **Prednosti:** ispuh upola čistiji nego kod benzina, slaba infrastruktura
- **Nedostaci:** potrebni su veliki spremnici jer je omjer stlačenog i efektivnog goriva u omjeru 1:4, prilikom punjena spremnika pod tlakom troši se 1 kWh električne energije

---

<sup>49</sup> <http://arhiva.vidiauto.com/autotech/goriva/>, 17.8.2017.

<sup>50</sup> Filipović M.; *Mogućnost primjene alternativnih goriva kod Otto motora*, Fakultet prometnih znanosti, završni rad, Zagreb, 2015., str. 8-9.



## Ukapljeni naftni plin (UNP/LPG)

- **Karakteristike:** Radi se o mješavini ugljikovodikovih plinova, najčešće propana i butana u omjeru 60:40 posto. Proizvodi se rafinacijom sirove nafte te ekstrakcijom nafte i plina. Na normalnoj temperaturi i tlaku isparava zbog čega se pohranjuje u bocama pod pritiskom do najviše 85 % kapaciteta boce kako bi se ostavilo mjesta toplinskom širenju. Ima 20% manju emisiju CO<sub>2</sub> nego benzin. Ogrjevna vrijednost između 25.5 do 28.7 MJ/l.
- **Primjena:** auto instalacija se sastoji iz lijevka, spremnika, cijevi, priključaka, izmjenjivača pritiska te posebnih injektora. Izmjenjivač je u biti ventil koji tekućinu pod tlakom pretvara u paru pri atmosferskom tlaku prije ubrizgavanja u usisni sustav motora. Suvremeni motori s varijabilnim otvaranjem ventila moraju još imati i poseban sustav podmazivanja ventila.
- **Prednosti:** Ugradnja je moguća u gotovo svim tipovima automobila, čisti ispuh, niska cijena auto plina
- **Nedostaci:** visoka cijena ugradnje (do 15-ak tisuća kuna)<sup>51</sup>

## 7.2. Vodik

- **Karakteristike:** Osnova svakog automobila na vodik su gorive ćelije koje se nalaze u podnici automobila, spremnik vodika te elektromotor. U spremniku se nalazi stlačeni vodik u tekućem stanju, koji ovisno o količini i potrebama mora biti stlačen barem na 350 bara te iz razloga zapaljivosti ohlađen na -253 C.
- **Princip rada:** U vodikove gorive ćelije dovodi se gorivo (u ovome slučaju stlačeni vodik) i kisik (ili mješavina kisika i helija) te na principu elektrolita proizvode struju. Prilikom prolaska kroz razdjelnu ploču ćelije, molekule vodika se spajaju na anodu, a molekule kisika na katodu. Na anodi platinasti katalizator razdvaja vodik na protone i elektrone, pri čemu polimer elektrolitska membrana propušta samo protone prema katodi, dok elektroni putuju vanjskim strujnim krugom stvarajući struju koja pokreće elektromotor i puni baterije. Na katodi potom elektroni i protoni u reakciji s kisikom stvaraju vodu odnosno paru koja izlazi iz ćelija i iz ispuha.
- **Prednosti:** posve čisti ispuh, mogućnost dobivanja vodika elektrolizom iz vode, obnovljivo gorivo, nema emisije štetnih plinova
- **Nedostaci:** slaba infrastruktura, skupa proizvodnja, vodik je izrazito zapaljiv, potrebne velike preinake motora<sup>52</sup>

---

<sup>51</sup> <http://arhiva.vidiauto.com/autotech/goriva/>, 17.8.2017.

<sup>52</sup> Ibid., 17.8.2017.

### 7.3. Biodizel

- **Karakteristike:** Biodizel nije toksičan, biorazgradiv je i u atmosferu ispušta 10 (B20\*) do 50% (B100\*) manje ugljičnog monoksida (CO), ali i 2 do 10 % više dušikovog oksida (NOx) nego fosilna dizel goriva. Emisije ugljičnog monoksida variraju ovisno o ulju iz kojega je biodizel dobiven, a CO<sub>2</sub> koji se oslobađa biljke koriste u procesu fotosinteze. Biodizel ima viši cetanski broj nego fosilni dizel i nema sumpora.
- **Primjena:** Bez preinaka svaki dizel motor može koristiti dizelsko gorivo s 5% udjela biodizela. No biodizel je izrazito masno gorivo i može začeptiti brizgaljke motora.
- **Prednosti:** čišći ispuh, mogućnost kućne proizvodnje
- **Nedostaci:** Niska točka smrzavanja, higroskopan\* je pa može uzrokovati zatajenje rada i prijevremenu koroziju, za svakih 1 tonu biodizela proizvede se i 100 kg glicerina, slaba infrastruktura, zagađenje okoliša pesticidima biljaka<sup>53</sup>

### 7.4. Bioetanol

- **Karakteristike:** Bio-etilni alkohol koji se koristi kao gorivo dobiva se iz suncokreta, šećerne trske, šećerene repe i ostalih biljnih vrsta. Ima nižu ogrjevnu vrijednost (21,3 Mj/L\* ) od bezolovnog benzina (31 Mj/L) pa je za isti učinak potrebna oko 34 % veća količina etilnog alkohola. CO<sub>2</sub> koji se ispušta kroz plinove, biljke upiju procesom fotosinteze.
- **Postupak dobivanja:** Dobiva se uzajamnim procesima fermentiranja, destilacije, dehidracije, hidrolize i saharifikacije. Pri tome se iz jednog hektara obradive površine može dobiti oko 2500 litara etilnog alkohola.
- **Primjena:** Zbog većeg oktanskog broja etanola od 111 moguće je povećanje stupnja kompresije i iskorištenja motora. Najčešće se koristi gorivo oznake E85, a radi se o mješavini 85 % bioetanola i 15% benzina.
- **Prednosti:** čišći ispuh, veće iskorištenje motora
- **Nedostaci:** veća potrošnja, potrebne preinake motora<sup>54</sup>

### 7.5. Biometanol

- **Karakteristike:** Ima nižu točku zapaljivosti nego benzin, ali viši oktanski broj i slabije hlapi. Zbog slabe ogrjevne moći (19.7 Mj/L) i manjeg stehiometrijskog omjera sa zrakom (6.42 : 1) potrebna je veća količina goriva.

---

<sup>53</sup> <http://arhiva.vidiauto.com/autotech/goriva/>, 17.8.2017.

<sup>54</sup> Ibid., 17.8.2017.

- **Postupak dobivanja:** Metilni alkohol se dobiva pirolizom iz stabljika ili organskih sastojaka, oksidacijom metana iz zemnog plina, ili kemijskim postupkom Fischer-Tropsch iz sintetiziranog plina.
- **Primjena:** Metanol se može miješati s etanolom i benzinom u raznim omjerima, ali su potrebne velike preinake motora.
- **Prednosti:** čisti ispuh
- **Nedostaci:** slaba infrastruktura, kraći vijek motora<sup>55</sup>

## 7.6. Električni automobili

- **Princip rada:** Moderni elektromobili koriste litij-ionske baterije poput istih kakve se koriste u mobilnim uređajima jer imaju i trostruko veći kapacitet (3.6 volti) od nikal-metal hidrinih (1.2 V) i olovnih (2.0 V) te mogućnost više ciklusa punjenja i pražnjenja. No osjetno su skuplje i sklone zapaljenju. Litij ima nisku točku zapaljivosti, a brzim punjenjem litijske baterije se osjetno zagrijavaju. Zato se u posljednjim generacijama elektromobila ugrađuju posebni mikroprekidači za sprječavanje pregrijavanja.
- **Prednosti:** posve čisti ispuh, bez buke motora
- **Nedostaci:** baterije imaju kratki vijek trajanja, mogućnost zapaljenja, visoka cijena<sup>56</sup>

---

<sup>55</sup> <http://arhiva.vidiauto.com/autotech/goriva/>, 17.8.2017.

<sup>56</sup> Ibid., 17.8.2017.

## 8. Infrastruktura za primjenu prirodnog plina

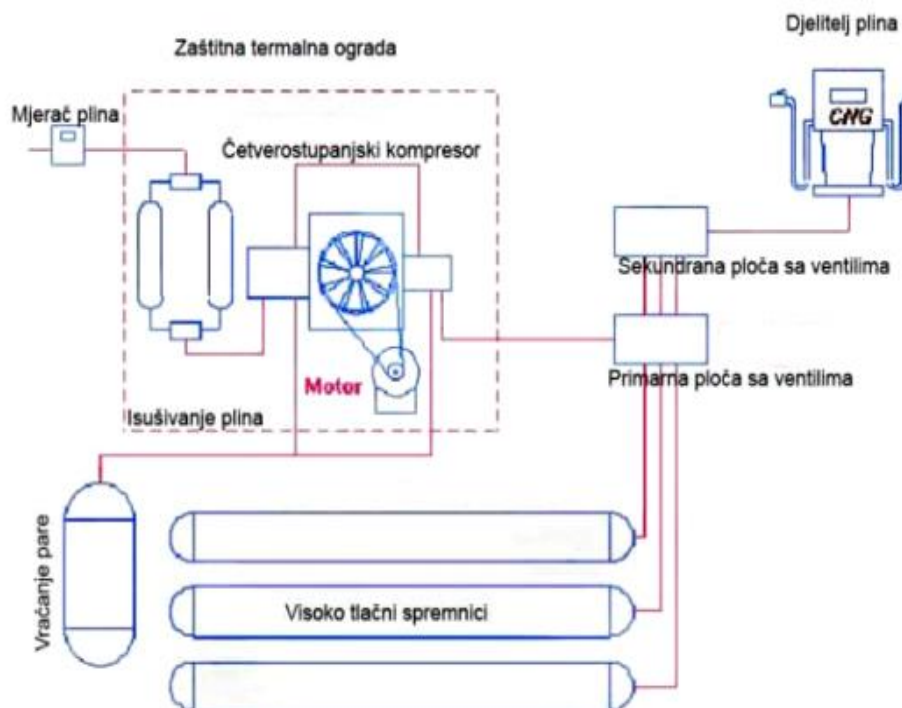
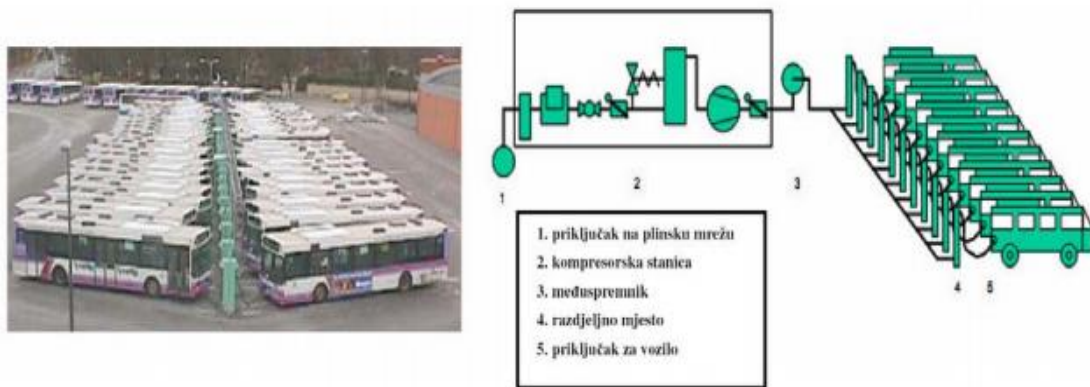
U područjima sa slabo razvijenom infrastrukturom za punjenje vozila prirodnim plinom očekuje se primjena bivalentnih motora za pogon osobnih vozila i komercijalnih vozila u prijevozu na duže relacije. Za pogon vozila u javnom urbanom prijevozu moguća je primjena i monovalentnih i bivalentnih motora. Treba napomenuti da su u većini slučajeva bivalentni motori optimizirani za rad s konvencionalnim gorivom, zbog čega u potpunosti nisu iskorištene mogućnosti koje pruža prirodni plin. Razvojem infrastrukture može se očekivati povećanje broja vozila koja koriste isključivo prirodni plin, jer su ona sa stajališta emisije ispušnih plinova povoljnija.<sup>57</sup>

Osim vozila vrlo je bitna i infrastruktura ili stanice za punjenje plinom. Njihova izgradnja i održavanje je skuplje od klasičnih stanica za punjenje benzinom ili dieselom. Zbog toga vozila koja prometuju između gradova na velikoj međusobnoj udaljenosti nisu podobna za prelazak na stlačeni prirodni plin, ako nema dobro povezane mreže stanica za punjenje plinom. Kod ukapljenog prirodnog plina je situacija povoljnija jer ima do 60 % veću gustoću od SPP-a i s time veću energiju. Za svaki tip vozila infrastruktura se može izgraditi i priključiti na plinsku mrežu. Punjenje se može vršiti sporije tijekom cijele noći ili bržim načinom u nekoliko minuta što ima za posljedicu 20 % manji obujam plina u spremnicima. Tlak je stlačen u rasponu između 200 i 345 bar. Za potrebe javnoga prometa izvedba je prikazana na sljedećoj slici i shematski se sastoji od (1) priključka na plinsku mrežu, (2) kompresorske stanice, (3) međuspremnik, (4) razdjelnog mjesta i (5) priključaka za vozila.<sup>58</sup>

---

<sup>57</sup> Filipović, I., Pikula, B., Bibić, Dž., Trobradović, M.: *Primjena alternativnih goriva u cilju smanjenja emisije zagađivača kod cestovnih vozila*, goriva i maziva, 44, 4 : 241 – 262, 2005

<sup>58</sup> Vuković P.: *Pogon autobusa plinom*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, završni rad, 2009., str. 21.



Slika 6. Shema punionice SPP-a za potrebe javnoga prometa

Izvor: Vuković P.: Pogon autobusa plinom, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, završni rad, 2009., str. 21.

## 8.1. Razvoj infrastrukture za alternativna goriva

Nova politika EU-a vezana za infrastrukturu ističe promet kao jedan od ključnih čimbenika za europsko gospodarstvo budući da je dobra prometna povezanost osnovni preduvjet za rast i razvoj. Gotovo četvrtina emisija stakleničkih plinova na području EU nastaje u sektoru prometa. Također, dodatan problem predstavlja ovisnost europskog prometa o nafti (oko 94%) od koje veći dio dolazi iz uvoza (oko 84,3%). Budući da uvezena nafta uglavnom dolazi iz sve nestabilnijih područja u svijetu, to dodatno povećava nesigurnost opskrbe, a time

i ugrožava redovno funkcioniranje prometa. Zbog toga proizlazi jasna nužnost za diversifikacijom izvora energije u prometu. U tom smislu nameće se rješenje u vidu uspostave i jačanja infrastrukture za alternativna goriva, koja se između ostaloga smatraju prihvatljivijima za okoliš u usporedbi s konvencionalnim gorivima (benzin i dizel). Takva mogućnost prepoznata je na razini Europske unije te je donesena **Direktiva 2014/94/EU** Europskog parlamenta i Vijeća od 22. listopada 2014. o uspostavi infrastrukture za alternativna goriva.

Alternativna goriva u smislu Direktive definiraju se kao goriva ili izvori energije koji služe, barem djelomično, kao nadomjestak za izvore fosilnih goriva u opskrbi prometa energijom i koji imaju potencijal doprinijeti dekarbonizaciji prometnog sustava te poboljšati okolišnu učinkovitost prometnog sektora, a između ostalog uključuju:

- Električnu energiju
- Vodik
- Biogoriva
- Sintetička i parafinska goriva
- Prirodni plin (stlačeni – SPP i ukapljeni – UPP)
- Ukapljeni naftni plin (UNP)

Uporabom alternativnih goriva u sektoru prometa očekuju se mnogi pozitivni učinci među kojima su smanjenje emisija CO<sub>2</sub> i ostalih štetnih plinova, povećanje prekograničnog prometa građana, stvaranje novih radnih mjesta u proizvodnji i postavljanju infrastrukture za alternativna goriva na području cijele EU, povećanje investicija u materijale i usluge za građenje i održavanje infrastrukture te povećanje razvoja i konkurentnosti europskog gospodarstva.

Razvoj cjelokupnog prometa u pogledu alternativnih goriva suočava se s dobro poznatim začaranim krugom: investitori ne ulažu svoj kapital u gradnju infrastrukture jer ne postoji dovoljna potražnja na tržištu. Nastavno, cijena vozila pogonjena alternativnim gorivima vrlo je visoka zbog niske potražnje kupaca. S druge strane, kupci ne žele nabavljati takva vozila budući da su skupa te zbog nepostojanja odgovarajuće infrastrukture. Stoga je nedvojbeno potrebna potpora javnih tijela kako bi se premostili navedeni problemi, a koja je na razini Europske unije ostvarena spomenutom Direktivom.

Direktivom je predviđeno da svaka država članica donese nacionalni okvir politike (NOP) za razvoj tržišta u pogledu alternativnih goriva u prometnom sektoru i za postavljanje odgovarajuće infrastrukture. Osnovni elementi koje mora sadržavati definirani su u Direktivi, a kako bi se nacionalni okvir politike mogao definirati, potrebno je raspolagati stručnim podlogama.<sup>59</sup>

---

<sup>59</sup> <https://www.enu.hr/ee-u-hrvatskoj/20-20-20-i-dalje/alternativna-goriva/>, 17.8.2017.

## 8.2. Sustav skladištenja prirodnog plina

Stanje i pravci razvoja sustava skladištenja prirodnog plina određeni su Planom razvoja sustava skladišta plina iz veljače 2014. godine temeljem kojeg je Agencija, energetsom subjektu Podzemno skladište plina d.o.o., donijela Odluku o odbijanju tarifnih stavki za skladištenje plina te Odluku o iznosu tarifnih stavki za skladištenje plina kojom je odobrena tarifa za uslugu skladištenja plina za prvo regulatorno razdoblje. Sastavni dio tog Plana je analiza potrebe razvoja sustava skladišta plina u Republici Hrvatskoj koja se temelji na više izvora. Prva analiza potreba razvoja sustava skladišta plina u Republici Hrvatskoj detaljno je bila prikazana u planu razvoja sustava skladišta plina koji je izradilo trgovačko društvo Podzemno skladište plina d.o.o (dokument s oznakom: 280-2009/UD, od 14.10.2009.), a prema kojoj su trenutni skladišni kapaciteti nedovoljni. Primarno se to odnosi na isporučivost skladišta, odnosno kapacitet povlačenja plina, čiji je trenutni deficit na razini od 80 000 m<sup>3</sup> /h, a isti se za 5 godina procjenjuje na čak 150 000 m<sup>3</sup> /h. Dakle, evidentan je nedostatak izlaznih kapaciteta iz skladišta, što nameće potrebu povećanja isporučivosti iz postojećeg skladišta plina u Okolima, ali i izgradnje tzv. vršnog skladišta plina, koje bi služilo isključivo za pokrivanje potrošnje plina tijekom kritičnih dana tijekom kojih raspoloživi kapaciteti skladišta u Okolima nisu dovoljni. Ovisno o realizaciji novih infrastrukturnih dobavnih projekata, može se javiti i potreba za dodatnim skladišnim volumenom, što znači za izgradnjom novog sezonskog skladišta plina.

Rudarsko geološko naftni fakultet je u srpnju 2012. godine izradio studiju pod nazivom "Analiza skladištenja plina u EU, uspostava strateških zaliha plina i razvoj sustava skladištenja plina u Republici Hrvatskoj". Prema rezultatima te studije, neophodno je daljnje unapređenje sustava skladištenja prirodnog plina i njegov razvoj u sljedećim segmentima:

- izgradnja vršnog skladišta plina,
- izgradnja novog sezonskog skladišta plina,
- uspostavljanje strateških zaliha plina te planiranje strateškog skladišta kao dijela plinske infrastrukture za skladištenje plina.

Izgradnja vršnog skladišta plina je neophodna, a objekt bi trebao imati izlazni kapacitet od oko 2 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> /dan plina (83.000 m<sup>3</sup> /sat) i omogućiti pokrivanje ekstremne vršne potrošnje u trajanju od dvadesetak dana. Prema istoj studiji, a najkasnije do 2020. godine, treba izgraditi novo sezonsko skladište plina radnog volumena oko 500 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> te po mogućnosti u istoj geološkoj strukturi (radi smanjenja ukupnih troškova izgradnje) osigurati i prostor za strateške zalihe plina volumena oko 300 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> . Ukupna isporučivost objekta bi trebala iznositi oko 11 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> /dan.<sup>60</sup>

---

<sup>60</sup> [https://www.hera.hr/hr/docs/2014/Prijedlog\\_2014-06-18.pdf](https://www.hera.hr/hr/docs/2014/Prijedlog_2014-06-18.pdf), 17.8.2017.

## 9. Zaključak

Svjedoci smo svakodnevnog povećanja broja automobila na cestama. Posljedica toga je povećanje potrošnje fosilnih goriva, odnosno emisija štetnih plinova. Nedvojbeno je da se izvori resursa fosilnih goriva sve više smanjuju, pa stoga uvođenje alternativnih pogona u cestovna vozila je neizbježno. Zbog toga se automobilske kompanije okreću proizvodnji automobila na takozvane alternativne pogone. Iz svega prikazanog može se zaključiti da je vožnja vozila pogonjenih prirodnim plinom isplativija od onih na konvencionalna goriva. Plinovita goriva pružaju i niz prednosti u odnosu na konvencionalna goriva te se smatraju čišćima i ekološki prihvatljivijima od istih.

Postoje mnoge prednosti prirodnog plina u odnosu na alternativne pogone kao što je veća ekonomičnost, ne samo zbog cijene nego i zbog mnogih pozitivnih efekata. Još neke od prednosti su produžen vijek trajanja motora, tiši rad motora, veći broj prijeđenih kilometara (u prosjeku oko 30%), niži troškovi održavanja vozila, potpuno izgaranje smjese u cilindrima goriva bez gubitka goriva u ispušnim plinovima, duži vremenski period izmjene svjećica i ulja te produžena trajnost katalizatora.

Prirodni plin je jedno od pogonskih goriva za vozila koje u današnje vrijeme najmanje zagađuje okoliš. Korištenjem prirodnog plina dokazano je kako se doprinosi smanjenju kiselih kiša, globalnog zatopljenja, zagađivanju zraka i vode te samim tim i poboljšanju kvalitete života, kako čovjeka tako i biljnog i životinjskog svijeta. S obzirom na to da prirodni plin ne sadrži olovo, sumpor i krute čestice, gotovo ne proizvodi štetne ispušne plinove, a višestruko je smanjena emisija CO, NO<sub>x</sub> i CO<sub>2</sub>. Voziti na prirodni plin je sigurnije nego voziti na benzin iz više razloga. Prvi je taj što u plinskoj boci nema kisika, a za eksploziju treba kisik. Drugi razlog je to što kod benzina može doći do istjecanja ako se spremnik ošteti ili automobil prevrne dok je kod plina to nemoguće jer na plinskom spremniku postoje sigurnosni ventili koji to sprječavaju.

Najveći nedostaci vozila pogonjenih na prirodni plin su da automobil gubi na snazi od 3-10 %, ovisno o stanju motora i sistema koji se koristi. Također troše za 10-15 % više plina u istom omjeru u odnosu na benzin zbog energetske vrijednosti i pružaju manju efikasnost u iskorištenju goriva. Treba uzeti u obzir da pri izgaranju, iako manje nego benzin ili dizel, ipak stvara stakleničke plinove.

Na kraju ovog rada mogu zaključiti da smo mi ti koji živimo na ovome svijetu i udišemo zrak koji zagađujemo, a porast vozila u cestovnom prometu raste svakim danom te je potrebno učiniti više kako bi spriječili narušavanje prirodne ravnoteže i zdravlja ljudi. Stoga smatram da je jedna od metoda smanjenja onečišćenja upravo okretanje alternativnim gorivima poput UNP-a, SPP-a i UPP-a. S obzirom na to da su količine fosilnih goriva ograničene, u onome trenutku kada dođe do njihovog nestanka, moramo biti spremni na korištenje alternativnih izvora energije.



## Literatura

1. Filipović, I., Pikula, B., Bibić, Dž., Trobradović, M.: *Primjena alternativnih goriva u cilju smanjenja emisije zagađivača kod cestovnih vozila*, goriva i maziva, 44, 4 : 241 – 262, 2005.
2. Granić, G.: *Vizija mogućnosti energetskeg razvoja, međusobnih odnosa i utjecaja u Hrvatskoj za razdoblje do 2050. godine*, 2012., str. 166.
3. Vukres I.: *Emisije motornih vozila pogonjena ukapljenim naftnim plinom*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, diplomski rad, Zagreb, 2016.
4. Vuković P.: *Pogon autobusa plinom*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, završni rad, 2009.
5. <http://www.eihp.hr/wp-content/uploads/2015/02/Energija2013.pdf>, 15.7.2017.
6. [http://www.izvorienergije.com/energija\\_i\\_ekologija.html](http://www.izvorienergije.com/energija_i_ekologija.html), 16.8.2017.
7. <https://www.enu.hr/gradani/info-edu/promet/>, 16.8.2017.
8. [http://e-student.fpz.hr/Predmeti/E/Ekologija\\_u\\_prometu/Materijali/Nastavni\\_materijal\\_alternativna\\_goriva.pdf](http://e-student.fpz.hr/Predmeti/E/Ekologija_u_prometu/Materijali/Nastavni_materijal_alternativna_goriva.pdf), 17.7.2017.
9. <http://www.plinara-zagreb.hr/default.aspx?id=245>, 17.7.2017.
10. [http://www.izvorienergije.com/prirodni\\_plin.html](http://www.izvorienergije.com/prirodni_plin.html), 15.7.2017.
11. [http://www.izvorienergije.com/ukapljeni\\_prirodni\\_plin.html](http://www.izvorienergije.com/ukapljeni_prirodni_plin.html), 25.7.2017.
12. [http://www.hsup.hr/upload\\_data/editor/files/Osvrt%20tehni%C4%8Dkog%20urednika.pdf](http://www.hsup.hr/upload_data/editor/files/Osvrt%20tehni%C4%8Dkog%20urednika.pdf), 17.8.2017.
13. <http://www.zet.hr/default.aspx?id=5768>, 14.8.2017.
14. <http://www.prometna-zona.com/prirodni-plin/>, 10.8.2017.
15. <http://www.prometna-zona.com/unp-ukapljeni-naftni-plin/>, 10.8.2017.
16. <http://arhiva.vidiauto.com/autotech/goriva/>, 17.8.2017.
17. <https://www.enu.hr/ee-u-hrvatskoj/20-20-20-i-dalje/alternativna-goriva/>, 17.8.2017.
18. [https://www.hera.hr/hr/docs/2014/Prijedlog\\_2014-06-18.pdf](https://www.hera.hr/hr/docs/2014/Prijedlog_2014-06-18.pdf), 17.8.2017.

## **Popis slika**

Slika 1. Površinski ozon iznad grada

Slika 2. Izvori energije za pogon cestovnih vozila

Slika 3. Prikaz potrebnih uređaja u osobnom vozilu sa bi-fuel motorom pogonjenim SPP-om i benzinom

Slika 4. Prikaz potrebnih uređaja u osobnom vozilu sa bi-fuel motorom pogonjenim UNP-om i benzinom

Slika 5. Plinski transportni sustav u Republici Hrvatskoj

Slika 6. Shema punionice SPP-a za potrebe javnog prometa

## **Popis tablica**

Tablica 1. Prikaz plinova korištenih za pogon motornih vozila

Tablica 2. Osnovne prometno tehničke značajke autobusa

## **Popis grafikona**

Grafikon 1. Potrošnja energije u prometu

Grafikon 2. Potrošnja energije prema vrsti prometa