

# Proizvodnja autodijelova u Hrvatskoj

---

Šestan, Domagoj

Master's thesis / Diplomski rad

2011

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:696044>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-27**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

**Domagoj Šestan**

Zagreb, 2011.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Prof. dr. sc. Predrag Čosić, dipl. ing.

Student:

Domagoj Šestan

Zagreb, 2011.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se prof.dr. Predragu Čosiću na pomoći iskazanoj tijekom izrade ovog rada.

Mojim roditeljima najveća hvala, iako sumnjam da ću im ikada moći dovoljno zahvaliti za strpljenje, moralnu i financijsku podršku što su je iskazali tijekom moga studiranja. Hvala supruzi Ivi što je strpljivo čitala rad, dedi Marijanu što ga je uvezao, a baki Nadi i teti Bubi što su čuvale Doricu kad je bilo najpotrebnije. Na kraju, sav svoj trud i sve uloženo u studij i izradu ovog rada posvećujem svojoj najdražoj kćerki Dori

Domagoj Šestan

**SADRŽAJ**

<b>SADRŽAJ</b> .....	I
<b>POPIS SLIKA</b> .....	IV
<b>POPIS TABLICA</b> .....	VII
<b>POPIS OZNAKA</b> .....	IX
<b>POPIS KRATICA</b> .....	X
<b>SAŽETAK</b> .....	XI
<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. PRAVNA STEČEVINA EUROPSKE UNIJE ZA RAZVOJ KONVENCIONALNIH I ALTERNATIVNIH POGONA</b> .....	2
2.1. Smjernica o obnovljivim izvorima energije 2009/28/EZ.....	2
2.2. Smjernica o kvaliteti goriva 2009/30/EZ.....	3
2.3. Smjernica 2009/33/EZ o promicanju čistih i energetski učinkovitih vozila u cestovom prijevozu.....	3
2.4. Uredba (EZ) br. 715/2007 o emisijskim normama.....	3
2.5. Uredba (EZ) br. 443/2009 o dopuštenim emisijama ugljičnog dioksida...	5
2.6. Poticaji za proizvodnju i korištenje goriva iz obnovljivih izvora u zemljama EU.....	5
<b>3. ZAKONSKI OKVIR REPUBLIKE HRVATSKE ZA PROIZVODNJU I POTROŠNJU GORIVA IZ OBNOVLJIVIH IZVORA</b> .....	7
3.1. Energetska strategija RH.....	7
3.2. Zakon o biogorivima za prijevoz.....	8
3.3. Pravilnik o mjerama za poticanje korištenja biogoriva u prijevozu.....	8
3.4. Uredba o poticanju proizvodnje biogoriva za prijevoz.....	8
3.5. Nacionalni akcijski plan poticanja proizvodnje i korištenja biogoriva u prijevozu.....	9
3.6. Plan zaštite i poboljšanja kakvoće zraka u Republici Hrvatskoj.....	9
<b>4. ANALIZA PRAVACA RAZVOJA POJEDINIHR VRSTA VOZILA</b> .....	11
4.1. Elektromotorna vozila.....	11
4.1.1. Definicija i podjela elektromotornih vozila.....	11
4.1.2. Prednosti i nedostaci EMV u eksploataciji.....	14
4.1.3. Utjecaj EMV na okolinu u cjeloživotnom ciklusu.....	17
4.1.4. Utjecaj EMV na elektroenergetski sektor.....	18
4.1.5. Baterije za EMV.....	19
4.1.6. Elektromotor, pretvarački i upravljački uređaj.....	22

4.1.7.	Utjecaj europskog zakonodavstva na razvoj tržišta EMV.....	23
4.1.8.	Utjecaj kineskog programa za poticanje proizvodnje EMV na autoindustriju.....	24
4.1.9.	Definicija i podjela EMV s gorivnim člancima.....	27
4.1.10.	Općenito o gorivnom članku.....	28
4.1.11.	Gorivni članci kao izvori električne energije u EMV.....	30
4.1.12.	Prednosti i nedostaci EMV s gorivnim člancima u eksploataciji.....	31
4.1.13.	Utjecaj EMV s gorivnim člancima na okoliš u cjeloživotnom ciklusu.....	33
4.1.14.	Položaj EMV s gorivnim člancima na tržištu.....	35
4.2.	Vozila pokretana motorom s unutarnjim izgaranjem.....	36
4.2.1.	Osnovne značajke motora s unutarnjim izgaranjem.....	36
4.2.2.	Osnovni pokazatelji razvoja MSUI.....	38
4.2.3.	Metode za poboljšanje učinkovitosti MSUI.....	40
4.2.4.	Biogoriva.....	43
4.2.5.	Bioetanol.....	44
4.2.6.	Biodizel.....	46
4.2.7.	Stanje na tržištu biogoriva i mogućnosti proizvodnje biogoriva u Hrvatskoj.....	49
<b>5.</b>	<b>OCJENJIVANJE POJEDINE VRSTE VOZILA.....</b>	<b>53</b>
<b>6.</b>	<b>PRIKAZ NAJZASTUPLJANIJH MATERIJALA U PROIZVODNJI AUTOMOBILA I DIJELOVA.....</b>	<b>59</b>
6.1.	Metalni materijali.....	59
6.2.	Polimerni i kompozitni materijali.....	61
<b>7.</b>	<b>PROCJENE TRŽIŠNIH UDJELA POJEDINIH VRSTA VOZILA TEMELJEM ANALIZE ISHODA ZAMIŠLJENIH SCENARIJA.....</b>	<b>62</b>
7.1.	Prepoznavanje i definiranje osnovnih pokretačkih mehanizama.....	62
7.1.1.	Demografska kretanja.....	62
7.1.2.	Kretanje stope BDP-a.....	63
7.1.3.	Kretanje cijena sirove nafte.....	63
7.1.4.	Kretanje cijena biogoriva.....	64
7.1.5.	Kretanje cijena alternativnih pogona.....	65
7.1.6.	Kretanje ukupnog broja putničkih vozila i broja novoregistriranih putničkih vozila.....	66
7.2.	Prikaz scenarija o budućim udjelima pojedinih vrsta vozila i goriva na tržištu.....	66
7.3.	Zaključci o perspektivi pojedinih vrsta vozila i goriva.....	69
<b>8.</b>	<b>INDUSTRIJA MOTORNH VOZILA I DIJELOVA U REPUBLICI HRVATSKOJ.....</b>	<b>71</b>
8.1.	Osnovni pokazatelji trenutnog stanja autoindustrije u svijetu i RH.....	71
8.2.	Položaj autoindustrije u RH i sadašnja struktura proizvodnje.....	75
8.3.	Značaj proizvodnje motornih vozila, dijelova i pribora za motorna vozila za gospodarstvo RH.....	78
8.4.	Položaj i stanje gospodarskih subjekata u RH koji sudjeluju u	

---

	proizvodnji dijelova za autoindustriju.....	80
8.5.	Analiza razvoja autoindustrije zemljama Srednje i Jugoistočne Europe kao primjer mogućeg modela razvoja autoindustrije u Republici Hrvatskoj.....	87
8.6.	Tehničko-ekonomski uvjeti i perspektiva razvoja autoindustrije u Republici Hrvatskoj.....	90
8.7.	Mogućnosti proizvodnje dijelova za vozila s MSUI na fosilna goriva i biogoriva.....	95
8.8.	Mogućnosti proizvodnje dijelova za elektromotorna vozila.....	96
8.9.	Ostali kriteriji za procjenu konkurentnosti poduzeća koja proizvode za autoindustriju.....	97
<b>9.</b>	<b>ZAKLJUČAK.....</b>	<b>99</b>

## LITERATURA

**POPIS SLIKA**

- Slika 2.1 Dokumenti vezani uz Uredbu (EZ) br. 715/2007
- Slika 4.1 Podjela elektromotornih vozila
- Slika 4.2. Principijelna shema sustava baterijskog vozila
- Slika 4.3. Principijelna shema sustava serijskog hibridnog vozila
- Slika 4.4 Principijelna shema sustava paralelnog hibridnog vozila
- Slika 4.5. Principijelna shema sustava paralelno-serijskog hibridnog vozila
- Slika 4.6. Učinkovitost proizvodnje i potrošnje goriva  
i električne energije
- Slika 4.7 Ovisnost ukupne bilance CO<sub>2</sub> o tipu elektrane
- Slika 4.8 Specifična energija Li-ion  
baterije i benzina
- Slika 4.9 Princip rada Li-ion baterije
- Slika 4.10 Kemijski sastav tipične li-ion baterije
- Slika 4.11 Broj automobila na 1000 stanovnika u različitim državama
- Slika 4.12 Podjela EMV s gorivnim člancima
- Slika 4.13 Konfiguracija pogona Honde FCX Clarity
- Slika 4.14 Vodikov gorivni članak
- Slika 4.15 Usporedba gustoće benzina i stlačenog vodika
- Slika 4.16 Ovisnost ukupne bilance CO<sub>2</sub> o načinu dobivanja  
električne energije za elektrolizu
- Slika 4.17 Raspored stanica za punjenje vodikom u 2011. godini
- Slika 4.18 Toplinska bilanca dizelskog i benzinskog motora
- Slika 4.19 Prosječne emisije CO<sub>2</sub> putničkih vozila u EU
- Slika 4.20 Kretanje prosječne snage novoregistriranih  
automobila u Zapadnoj Europi
- Slika 4.21 Kretanje prosječnog obujma MSUI novoregistriranih



- automobila u Zapadnoj Europi
- Slika 4.22 Udio automobila s dizelskim motorom u ukupnoj prodaji automobila u Zapadnoj Europi
- Slika 4.23 Najveći svjetski proizvođači biogoriva u 2010.
- Slika 4.24 Trend kretanja proizvodnje etanola u svijetu od 2000. godine
- Slika 4.25 Najveći proizvođači bioetanola u svijetu
- Slika 4.26 Trend kretanja proizvodnje biodizela od 2000. godine
- Slika 4.27 Najveći proizvođači biodizela u svijetu
- Slika 4.28 Planirana i stvarna potrošnja biogoriva u RH
- Slika 4.29 Odnos instaliranih kapaciteta i stvarne proizvodnje
- Slika 6.1 Udio pojedinih vrsta materijala u Audiju A6
- Slika 6.2 Udio čeličnih i aluminijskih dijelova na Audiju TT
- Slika 7.1 Kretanje broja novoregistriranih komercijalnih vozila u ovisnosti o kretanju stope BDP-a u EU
- Slika 7.2 Kretanje prosječne cijene sirove nafte kroz povijest
- Slika 7.3 Prag ekonomske isplativosti proizvodnje bioetanola prve generacije u pojedinim državama
- Slika 7.4 Udjeli pojedinih vrsta vozila u 2020. godini prema istraživanju The Boston Consulting Group
- Slika 7.5 Udjeli pojedinih vrsta vozila u 2015. i 2020. godini prema istraživanju J.D. Power and Associates
- Slika 7.6 Udjeli pojedinih vrsta vozila u 2050. godini prema istraživanju McKinsey & Co
- Slika 7.7 Udjeli pojedinih vrsta vozila u 2050. godini prema istraživanju Greenpeaca
- Slika 8.1 Kretanje broja novoregistriranih putničkih vozila i stope BDP-a
- Slika 8.2 Kretanje broja novoregistriranih putničkih vozila proizvedenih od strane članica ACEA u Europi od 1991. godine
- Slika 8.3 Udio pojedine klase vozila u ukupnom broju

- novoregistriranih putničkih vozila u EU27
- Slika 8.4 Proizvodnja putničkih vozila u svijetu u posljednjih 10 godina
- Slika 8.5 Klasifikacija djelatnosti vezanih uz autoindustriju prema NKD-u
- Slika 8.6 Struktura proizvodnje automobilskih dijelova
- Slika 8.7 Udio pojedinih vrsta poduzeća prema djelatnosti u sektoru C29
- Slika 8.8 Cijena XD-a bit će oko 50 000 eura
- Slika 8.9 Serijska proizvodnja modela Concept One očekuje se 2013. godine po cijeni od oko 700 000 eura
- Slika 8.10 Broj proizvedenih automobila na 1000 stanovnika u EU27
- Slika 8.11 Udio izravnih stranih ulaganja po djelatnostima industrije od 1990.
- Slika 8.12 Prometna povezanost Luke Rijeka s ostatkom Europe
- Slika 8.13 Kretanje stope nezaposlenosti i investicija od 1995 do 2010. u EU

## POPIS TABLICA

- Tablica 3.1 Postojeće i planirane poticajne mjere za proizvodnju i korištenje biogoriva
- Tablica 4.1. Usporedba konvencionalnih i elektromotornih vozila
- Tablica 4.2 Broj novoregistriranih motornih vozila u svijetu
- Tablica 4.3 Usporedba japanskog i kineskog BV
- Tablica 4.4 Prinos etanola iz različitih sirovina
- Tablica 4.5 Postojeći i planirani kapaciteti proizvodnje biogoriva
- Tablica 4.6 Veličina obrađenih površina 2010. godine pod kulturama od kojih se proizvode biogoriva
- Tablica 5.1 Općeniti tablični prikaz ocjenjivanja vrste vozila
- Tablica 5.2 Ocjena maksimalne brzine vozila
- Tablica 5.3 Ocjena dosega vozila nakon obnove zalihe energije
- Tablica 5.4 Ocjena brzine obnavljanja zaliha energije
- Tablica 5.5 Ocjena emisija CO<sub>2</sub> tijekom korištenja vozila
- Tablica 5.6 Ocjena ukupne bilance CO<sub>2</sub>
- Tablica 5.7 Ocjena cjeloživotnog stupnja korisnosti
- Tablica 5.8 Ocjena tržišne cijene vozila
- Tablica 5.9 Ocjena troškova energije na 100 km
- Tablica 5.10 Ocjena troškova održavanja
- Tablica 5.11 Ocjena troškova potrebne infrastrukture po vozilu
- Tablica 5.12 Konačni rezultati ocjenjivanja
- Tablica 7.1 Kretanje cijena pojedinih komponenti EMV s gorivnim člancima i projekcije za budućnost
- Tablica 8.1 Glavni statistički pokazatelji za 2010. godinu u svijetu i EU27
- Tablica 8.2 Kretanje broja prodanih putničkih vozila u RH od 2005. godine
- Tablica 8.3 Vrijednost prodanih industrijskih proizvoda iz sektora C29 prema djelatnosti proizvoda

Tablica 8.4 Najveća poduzeća koja proizvode za autoindustriju

Tablica 8.5 Pregled postojećih proizvodnih kapaciteta u zemljama Srednje Europe

Tablica 8.6 Investicijski potencijal hrvatske autoindustrije

**POPIS OZNAKA**

<b>Oznaka</b>	<b>Jedinica</b>	<b>Opis/značenje</b>
Q	kWh	Električna energija
P	kWh	Kemijska energija
$g_{sp}$	g/kWh	Specifična potrošnja goriva
$H_d$	MJ/kg	Donja ogrjevna vrijednost goriva
q	kWh/kg	Specifična energija
$\rho$	kg/m <sup>3</sup>	Gustoća
V	m <sup>3</sup>	Volumen
t	s	Vrijeme
m	kg	Masa
$\eta_t$		Termički stupanj korisnosti
$T_p$	kn/100 km	Trošak puta
A	kWh	Potrošena električna energija
z	kn	Cijena

**POPIS KRATICA**

ACEA	Europsko udruženje proizvođača automobila
BAIC	Beijing Automotive Industry Holding Co
BRIC	Brazil, India, China
BV	Baterijsko vozilo
D	Domaći vlasnik
DZS	Državni zavod za statistiku
DHV	Djelomično hibridno vozilo
CSS	Carbon Capture and Storage
EBB	European Biodiesel Board
EMV	Elektromotorna vozila
ERTRAC	European Road Transport Research Advisory Council
EU	Europska unija
GČ	Gorivni članak
HV	Hibridno vozilo
MSUI	Motor s unutarnjim izgaranjem
NAFTA	North American Free Trade Agreement
NiMH	Nickel Metal Hydride
NKD	Nacionalna klasifikacija djelatnosti
PAHV	Paralelna hibridna vozila
PHV	Potpuno hibridna vozila
PNNL	Pacific Northwest National Laboratory
PE	Polietilen
PP	Polipropilen
PS	Polistiren
PVC	Poli(vinil- klorid)
RH	Republika Hrvatska
S	Strani vlasnik
SHV	Serijska hibridna vozila
UN	United Nations
VTEC	Variable Valve Timing and Lift Electronic Control
VVT	Variable Valve Timing
ZEBRA	Zero Emissions Batteries Research Activity

## **SAŽETAK**

U radu je analizirana europska i hrvatska regulativa koja definira pravni okvir, propisuje standarde, mjerila i poticaje u svrhu ostvarenja održivog razvoja transporta. Prikazane su i analizirane pojedine vrste konvencionalnih i alternativnih vozila i goriva za koje se može očekivati poticanje proizvodnje i uporabe. U okviru toga ocjenjena je mogućnost Republike Hrvatske za proizvodnju biogoriva. Izvršena je analiza pokretačkih mehanizama i na temelju ishoda pretpostavljenog scenarija izvršena je procjena tržišnog udjela pojedinih vrsta vozila i goriva na tržištu 2020. i 2050. godine kao temelj za procjenu konkurentnosti gospodarskih subjekata iz područja autoindustrije u Republici Hrvatskoj.

Na temelju analize tehnološko-ekonomskog potencijala autoindustrije u svijetu i trenutnog stanja razvoja u Republici Hrvatskoj ukazano je na značaj ove industrijske grane na razvoj cjelokupnog gospodarstva. Tehnološko-ekonomski pokazatelji razvoja autoindustrije u zemljama Srednje i Jugoistočne Europe istaknuti su kao primjer mogućeg modela razvoja autoindustrije u Republici Hrvatskoj. Zaključno, u radu su navedena poduzeća koja se s obzirom na dosadašnju proizvodnu orijentaciju i tehnološku opremljenost mogu uključiti u budući model razvoja autoindustrije u Republici Hrvatskoj.

## 1. UVOD

Na pravac razvoja autoindustrije u posljednjih dvadesetak godina najviše je utjecala globalna težnja za povećanjem energetske učinkovitosti i smanjenjem emisije stakleničkih plinova. Taj će utjecaj u budućnosti još više jačati jer se stvorio međunarodni konsenzus o potrebi da se i u transportu što je moguće brže supstituiraju fosilna goriva s alternativnim gorivima s obzirom na to da je transport danas odgovoran za više od četvrtine globalne emisije stakleničkih plinova. Osim toga, neizvjesnost na tržištu nafte praćena špekulativnim rastom cijena poput onog iz 2008. godine, potiče države da intenziviraju traženje alternativnih izvora energije. Tako se u pogledu transporta sve više potiče uporaba alternativnih vozila i goriva te razvoj konvencionalnih pogona usmjeren ka većoj učinkovitosti i manjim štetnim emisijama. Europski proizvođači automobila imaju zakonsku obvezu smanjiti emisije CO<sub>2</sub> iz svojih vozila, što i čine zbog mogućih novčanih kazni, a to dovodi do značajnih promjena u vrsti vozila koja se proizvode, vrsti pogona, dijelovima, materijalima, pristupu tržištu itd.

Hrvatska autoindustrija ima bogatu povijest proizvodnje automobilskih dijelova. Također, ima neke važne predispozicije za privlačenje ulagača iz autoindustrije. To su geostrateški položaj, prometna povezanost sa Zapadnom, Srednjom i Jugoistočnom Europom, tradicija u proizvodnji autodijelova, stručna radna snaga i skori ulazak zemlje u Europsku uniju. Ipak, za opstanak na otvorenom tržištu EU bit će potrebno prilagoditi se zahtjevima tog istog tržišta koje sve više traži alternativna goriva, energetski održiv promet i energetski učinkovitija vozila. U tom smislu, važno je na vrijeme i točno prepoznati trendove u razvoju pojedinih vrsta vozila i goriva, ali i trendove općenito, kako bi rukovoditelji hrvatskih poduzeća mogli prilagoditi poslovanje i proizvodnju novim potrebama tržišta i tako ostati konkurentni.



## 2. PRAVNA STEČEVINA EUROPSKE UNIJE ZA RAZVOJ KONVENCIONALNIH I ALTERNATIVNIH POGONA

Poznavanje odgovarajuće zakonske regulative je nužno za razumijevanje stanja u automobilskom sektoru i razradu mogućih scenarija za budućnost. Na svjetskoj razini u tom smislu važni su međunarodni sporazumi kao što je Okvirna konvencija Ujedinjenih naroda o klimatskim promjenama [1] donesena 1992. godine te Protokol iz Kyota [2] donesen 1997. godine koji je konkretizirao dobre namjere usvojene Konvencijom.

Glavna značajka Protokola iz Kyota je postavljanje obvezujućih ciljeva za smanjenje emisija stakleničkih plinova industrijski razvijenih zemalja uključujući i članice Europske Unije. Za razdoblje od 2008. do 2012. godine dogovoreno je smanjenje za prosječni iznos od pet posto prema razini emisija bazne, 1990-e, godine, no EU se isto tako obvezala da će do 2020. godine emisije stakleničkih plinova smanjiti za ukupno 20%. Prihvatanje Konvencije i Protokola značilo je za zemlje potpisnice ugrađivanje njegovih odrednica i smjernica u vlastite zakonodavne okvire. Na razini Europske zajednice to je činila i čini Europska komisija, «vlada» država članica kroz niz donesenih direktiva i uredbi o održivom razvoju. Većina ih danas ima obvezujući karakter te je njihov utjecaj na strategiju razvoja autoindustrije, ali i država članica u cjelini znatno ojačao. U nastavku je dan sažet pregled najvažnijih direktiva i uredbi koje su trenutno na snazi.

### 2.1. Smjernica o obnovljivim izvorima energije 2009/28/EZ [3]

Najvažnije odrednice Smjernice 2009/28/EC, a koje se tiču transportnog sektora su:

- Države članice EU do 2020. godine moraju osigurati da udio energije iz obnovljivih izvora u ukupno potrošenoj energiji u transportnom sektoru bude minimalno 10%
- Uzimaju se u obzir sve vrste obnovljivih izvora energije iako se neće sve jednako vrednovati. Primjerice, doprinos energije od biogoriva druge generacije računat će se dvostruko, a električne energije iz obnovljivih izvora 2.5 puta više. Time se potiče proizvodnja biogoriva druge generacije i struje dobivene iz obnovljivih izvora.

## 2.2. Smjernica o kvaliteti goriva 2009/30/EZ [4]

Smjernica 2009/30/EZ propisuje tehničke specifikacije dizelskih i benzinskih goriva u pogledu zaštite okoliša, kao što je maksimalno dopušteni sadržaj sumpora ili biogoriva, te uvodi mehanizme praćenja smanjivanja emisija stakleničkih plinova u cjeloživotnom ciklusu goriva. Glavne odrednice su:

- Najveći dopušteni sadržaj sumpora u dizelskim i benzinskim gorivima je 10 ppm
- Distributeri goriva i energije bi do 31. prosinca 2020. trebali postupno smanjiti emisije stakleničkih plinova u cjeloživotnom ciklusu goriva za najmanje 6% u odnosu na 2010. godinu
- Nakon procjene napretka 2014. godine, predlaže se, za sada neobvezujuće, daljnje 2%-tno smanjenje emisija
- Dopušta se miješanje većih udjela biogoriva u benzinska i dizelska goriva. Maksimalni dopušteni udio etanola u benzinu povećava se sa 5% na 10%, a biodizela u dizelskom gorivu sa 5% na 7%

## 2.3. Smjernica 2009/33/EZ o promicanju čistih i energetski učinkovitih vozila u cestovom prijevozu [5]

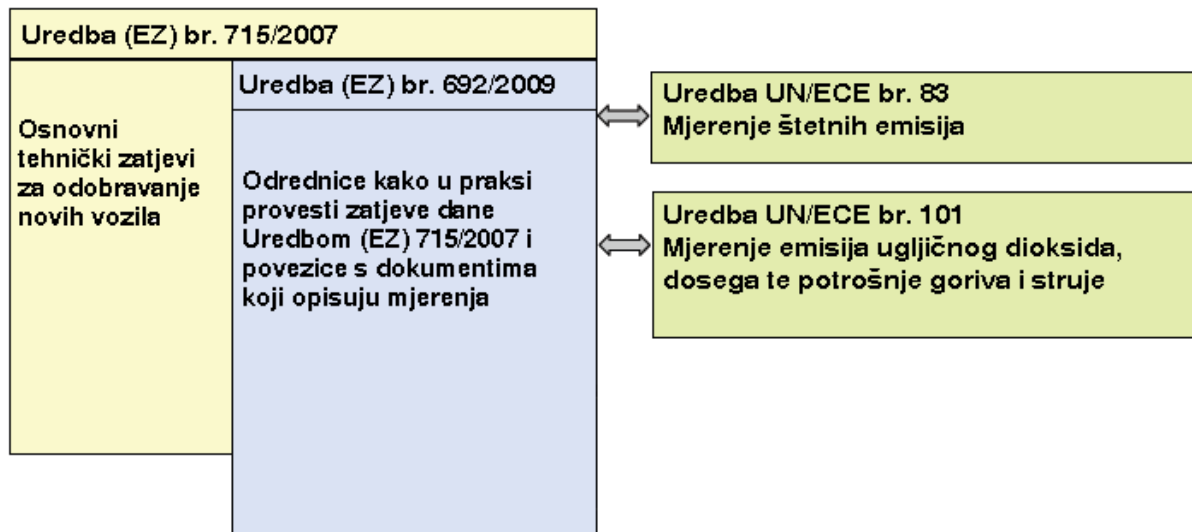
Smjernica 2009/33/EZ propisuje da obveznici javne nabave (državna uprava, lokalna samouprava...) prilikom nabave cestovnih vozila uzmu u obzir potrošnju energije i utjecaje na okoliš u cjeloživotnom ciklusu cestovnih vozila s ciljem promocije i poticanja razvoja tržišta čistih i energetski učinkovitih vozila. To će učiniti tako što će u natjecajnoj dokumentaciji definirati tehničke zahtjeve u pogledu potrošnje energije i utjecaja na okoliš ili će uključiti tehničke zahtjeve u pogledu potrošnje energije i utjecaja na okoliš u odluku o kupnji vozila.

## 2.4. Uredba (EZ) br. 715/2007 o emisijskim normama [6]

Najvažnije odluke ove uredbe u pogledu očuvanja okoliša su uvođenje emisijskih normi Euro 5 i Euro 6. Normama su određene maksimalno dopuštene granice emisija ugljikovog monoksida (CO), ugljikovodika (HC), dušikovih oksida (NO<sub>x</sub>) te nemetanskih ugljikovodika.

Kod dizelskih motora i benzinskih motora s izravnim ubrizgavanjem goriva dodatno je još ograničena i količina krutih čestica.

U pravnom smislu ova uredba ukazuje koji temeljni zahtjevi na emisije štetnih plinova moraju biti ispunjeni da bi se novo vozilo pustilo u promet, no ne i način kako ih implementirati. Drugim riječima, u njoj piše što treba provesti i kada, ali ne i kako. To je smisao provedbene Uredbe (EZ) br. 692/2008 [7] koja u svom tekstu, kao što je vidljivo iz slike 2.1, za detaljan opis pojedinih mjerenja (potrošnja, štetnih emisija...), ne upućuje na europku regulativu, već na dokumente donešene od strane Gospodarske komisije UN-a za Europu (UN/ECE R83...). Ovakva praksa povezivanja s legislativom je vođena da se postupak odobravanja vozila u budućnosti standardizira na globalnoj razini. Supstituciju europskih s međunarodnim dokumentima prati usklađivanje pravne stečevine, pa tako Uredba UN/ECE br. 83 [8] odgovara temeljnoj europskoj smjernici o štetnim emisijama vozila 70/220/EZ [9]. Također, Uredba UN/ECE br. 101 [10] odgovara Smjernici 80/1268/EZ [11] o mjerenju potrošnje goriva. Europske smjernice su donesene davne 1970. i 1980. godine i zbog brojnih izmjena i dopuna postale su nepregledne. Stoga će se u potpunosti ukinuti 2013. godine



Slika 2.1 Dokumenti vezani uz Uredbu (EZ) br. 715/2007

Najveće promjene koje donose Uredbe UN-a br. 83 i 101 u svojim dopunjenim izdanjima tiču se novih vrsta vozila, pogonske energije i nekih mjernih procedura. Ove uredbe su važne jer se mjerenjima na način kako to one opisuju dobivaju rezultati (potrošnja i emisije) koje proizvođači iskazuju u tehničkim podacima, a koji služe potrošačima kao pokazatelj

energetske učinkovitosti (štedljivosti) automobila, a regulatornim tijelima za računanje prosječne vrijednosti štetnih emisija i određivanje visine novčanih kazni.

## **2.5. Uredba (EZ) br. 443/2009 o dopuštenim emisijama ugljičnog dioksida [12]**

Nakon dugih pregovora Europske komisije i proizvođača oko dozvoljenih emisija 2009. godine donesena je Uredba (EZ) br. 443/2009 čije su najvažnije odrednice:

- Do 2015. godine proizvođači moraju smanjiti prosječne emisije CO<sub>2</sub> novih automobila na 130 g/km. To moraju postići primjenom novih tehnologija na pogonski sustav, a dodatnih 10 g/km primjenom drugih tehničkih rješenja kao što su gume niskog otpora kotrljanja te upotrebom biogoriva
- Granicu od 130 g/km mogu postići postupno, tj. 2012. treba ju zadovoljiti 65% novih putničkih vozila, 2013. 75%, 2014. 85% i 2015. godine 100% novih putničkih vozila
- Do 2020. godine cilj je postići emisije od 95 g/km, a na koji način i pod kojim uvjetima odredit će Europska komisija najkasnije do početka 2013. godine
- Svako registrirano vozilo koje ispušta manje od 50 g/km CO<sub>2</sub> će biti tretirano višestruko u proračunu prosjeka. Tako će se u 2012. i 2013. godini ovakva vozila množiti s koeficijentom 3.5, u 2014. godini koeficijentom 2.5, a nakon toga se koeficijenti ispuštaju
- Europska komisija je za prekoračenje dopuštenih granica odredila novčane kazne
- Nakon 2018. svaki gram više od 130 g/km stajat će 95€ i množit će se s brojem automobila
- Potiče se uporaba biogoriva kao što je E85 na način da će se takvim vozilima teoretski smanjiti emisija za dodatnih 5% uz uvjet da najmanje 30% benzinskih postaja u zemlji članici u kojoj je proizveden automobil nudi gorivo E85

## **2.6. Poticaji za proizvodnju i korištenje goriva iz obnovljivih izvora u zemljama EU**

Kako bi provele odredbe direktiva i uredbi vezanih uz održivi razvoj i smanjenje emisija stakleničkih plinova zemlje članice Europske zajednice donose zakonske akte na razini vlastitih država. Također, da bi zakoni zaživjeli u praksi, potrebno je donijeti niz poticajnih

mjera. Temeljem Izvješća Europske komisije o primjeni mjera za poticanje korištenja biogoriva u 27 zemalja članica, najpopularnije opće mjere u razdoblju od 2005. do 2008. bile su:

- Oslobađanje od plaćanja trošarina koju su uvele sve zemlje osim Finske. Pokazalo se da u državama gdje prije nije bila prisutna niti jedna poticajna mjera oslobađanje od trošarina rezultira povećanjem potrošnje biodizela od 50-99%
- Obveza umješavanja biogoriva u konvencionalna goriva za koju se pokazalo da uz trošarinske olakšice, povećava potrošnju biodizela za dodatnih 14-88%

Osim toga, postoje i ciljane poticajne mjere kojima se izravno potiče proizvodnja sirovina za biogoriva, uporaba biogoriva u industriji, kupnja učinkovitih vozila, distribucija goriva, itd. Za tržišnu afirmaciju osobnih automobila s niskom emisijom štetnih plinova, najučinkovitiji su, pokazalo se, izravni poticaji pri kupnji. Neki oblik poticaja daju gotovo sve članice, a kreću se od poreznih olakšica do novčanih poticaja u iznosu do 5000€.

### 3. ZAKONSKI OKVIR REPUBLIKE HRVATSKE ZA PROIZVODNJU I POTROŠNJU GORIVA IZ OBNOVLJIVIH IZVORA

#### 3.1. Energetska strategija RH

Kroz proces približavanja Europskoj uniji i pristupne pregovore Republika Hrvatska je cjelokupni koncept reforme energetskeg sektora prilagodila zahtjevima Europske unije. Osim toga, Republika Hrvatska je u travnju 2007. godine ratificirala Kyotski protokol i time preuzela obvezu smanjenja emisija stakleničkih plinova za 5% u razdoblju od 2008. do 2012. godine. Glavne smjernice reforme su orijentirane na povećanje energetske sigurnosti, održivi razvoj i borbu protiv klimatskih promjena.

U sklopu toga donesena je i Strategija energetskeg razvoja RH [13] za razdoblje do 2020. godine u kojoj se, između ostalog, postavljaju ciljevi i aktivnosti za svaki pojedini sektor, poput industrije, prometa, kućanstava itd. U kontekstu prometa najvažnije odrednice su:

- Treba propisati strože standarde za nova vozila, tj. dozvoliti uvoz i prodaju samo energetske najučinkovitijih vozila koja zadovoljavaju regulativu EU
- Kupce treba informirati o energetske učinkovitom ponašanju u prometu i to tako što će se u reklamnim kampanjama promovirati učinkoviti načini vožnje, ali i alternativni načini prijevoza (gradski promet, bicikli, više ljudi u automobilu i sl.)
- Potrebno je planirati i uspostaviti učinkovitije prometne sustave
- U suradnji s lokalnom i područnom samoupravom treba poboljšati planiranje prometa u gradovima, izgraditi infrastrukturu za alternativne načine prijevoza, unaprijediti javni prijevoz, uvesti energetske učinkovita vozila u javni prijevoz
- Potrebno je poticati projekte čistijeg prometa i kupovanje učinkovitijih vozila
- Raznim će se mjerama poticati primjena vozila s emisijama CO<sub>2</sub> ispod 120 g/km, električna vozila te hibridna vozila – za pravne i fizičke osobe putem subvencije investicija, ali i osiguravanjem besplatnih parkirnih mjesta, pravom na korištenje žutih traka i sl.

Što se tiče implementacije Smjernice 2009/28/EZ neke njezine odrednice su uključene u Zakon o biogorivima za prijevoz. Ostale odredbe Smjernice 2009/28/EZ implementirat će se u hrvatsko zakonodavstvo kroz buduće izmjene i dopune zakonskih propisa.

### **3.2. Zakon o biogorivima za prijevoz [14]**

Ovim se Zakonom uređuje proizvodnja, trgovina i skladištenje biogoriva i drugih obnovljivih goriva, korištenje biogoriva u prijevozu, donošenje programa i planova za poticanje proizvodnje i korištenja biogoriva u prijevozu, ovlasti i odgovornosti za utvrđivanje i provođenje politike poticanja te mjere poticanja proizvodnje i korištenja biogoriva u prijevozu. Kasnije je donesen još i Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o biogorivima za prijevoz usklađen s novom pravnom stečevinom EU [15].

### **3.3. Pravilnik o mjerama za poticanje korištenja biogoriva u prijevozu [16]**

Ovaj Pravilnik ima provedbeni karakter, tj. piše na koji način ostvariti neke odredbe donesene Zakonom o biogorivima za prijevoz. To obuhvaća način izrade nacionalnog akcijskog plana, način izrade programa županija i velikog grada, metodologiju za izračun udjela energije iz obnovljivih izvora itd. Također, Pravilnik predviđa mjere za korištenje biogoriva u prijevozu čija je najvažnija odrednica:

- Korisnici goriva u javnom sektoru dužni su osigurati da u pojedinoj godini najmanje 70% unajmljenih i novokupljenih vozila ili brodova koristi alternativna goriva i pogone kao što su: mješavine biogoriva i fosilnih goriva, čista biogoriva, bioplin, električni pogon i vodik

### **3.4. Uredba o poticanju proizvodnje biogoriva za prijevoz [17]**

Ovom Uredbom propisuje se način poticanja proizvodnje biogoriva za prijevoz, vrste biogoriva koje se potiču, način određivanja visine novčanog poticaja i naknade za poticanje proizvodnje biogoriva, obračun, plaćanje i korištenje naknade te ovlasti, obveze i odgovornosti Hrvatskog operatora tržišta energije d.o.o. u raspolaganju sredstvima naknade. Važno je za istaknuti da se ovom Uredbom potiče proizvodnja biodizela i bioetanol, no Uredba ostavlja mogućnost da se u skladu sa znanstvenim i tehničko-tehnološkim napretkom mogu utvrditi i druga biogoriva čija se proizvodnja potiče.

### 3.5. Nacionalni akcijski plan poticanja proizvodnje i korištenja biogoriva u prijevozu [18]

Nacionalni akcijski plan poticanja proizvodnje i korištenja biogoriva u prijevozu je strateški dokument RH donesen za razdoblje od 2010. do 2020. godine u skladu sa Zakonom o biogorivima za prijevoz, no isto tako slijedi odrednice europske Smjernice 2009/28/EZ. Sadrži prikaz i ocjenu sadašnjeg stanja, dugoročne ciljeve, uključujući nacionalni cilj stavljanja na tržište biogoriva, mjere za poticanje povećanja proizvodnje i korištenja biogoriva u prijevozu te druge potrebne podatke. U fokusu akcijskog plana su biogoriva, dok se električna i hibridna vozila spominju tek kao jedan od mogućih izbora prilikom nabave vozila u javnom sektoru. Nije naznačena nikakva strategija razvoja po pitanju infrastrukture potrebne da bi se električna vozila uopće počela prodavati na tržištu RH, kao što su punionice.

Pregled najvažnijih postojećih i planiranih mjera za poticanje proizvodnje i korištenja biogoriva, status provedbe i načine financiranja prikazuje tablica 3.1

**Tablica 3.1 Postojeće i planirane poticajne mjere za proizvodnju i korištenje biogoriva**

Poticajna mjera	Status
Poticaji u poljoprivredi	U provedbi
Poticanje proizvodnje biodizela i bioetanol	U pripremi
Obveza stavljanja biogoriva na tržište	U pripremi
Obveza nabave ili unajmljivanja vozila koja mogu koristiti biogoriva u javnom sektoru	U pripremi
Obveza informiranja potrošača o ekonomičnosti i emisiji CO <sub>2</sub> novih automobila na tržištu	U provedbi
Uspostava registra obveznika stavljanja biogoriva na tržište	U pripremi
Izrada i donošenje Uredbe o poticanju proizvodnje bioplina za prijevoz	Planira se
Mjere za poticanje distribucije i korištenja biogoriva	Planira se
Podizanje svijesti javnosti i jačanje kapaciteta	Planira se

### 3.6. Plan zaštite i poboljšanja kakvoće zraka u Republici Hrvatskoj [19]

Temeljem Zakona o zaštiti zraka, Vlada Republike Hrvatske donijela je Plan zaštite i poboljšanja kakvoće zraka u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 2008. do 2011. godine. Plan je provedbeni dokument Strategije zaštite okoliša i njime su postavljeni slijedeći opći ciljevi zaštite i poboljšanja kakvoće zraka u RH za razdoblje od 2008. do 2011. godine:



- postupno smanjenje onečišćenja zraka s ciljem zaštite zdravlja ljudi, okoliša i materijalnih dobara
- smanjenje emisije onečišćujućih tvari s ciljem ispunjenja obveza prema međunarodnim konvencijama i protokolima

Mjere propisane ovim planom u svrhu ostvarenja gore opisanih ciljeva, a vezane uz sektor prometa su:

- Naknada za okoliš za vozila na motorni pogon
- Nadzor emisije cestovnih vozila putem ekotesta
- Propisivanje kakvoće goriva Uredbom o kakvoći tekućih naftnih goriva [20]

Osim prioriternih mjera, Planom zaštite i poboljšanja kakvoće zraka definirane su i dodatne mjere. Neke od njih su:

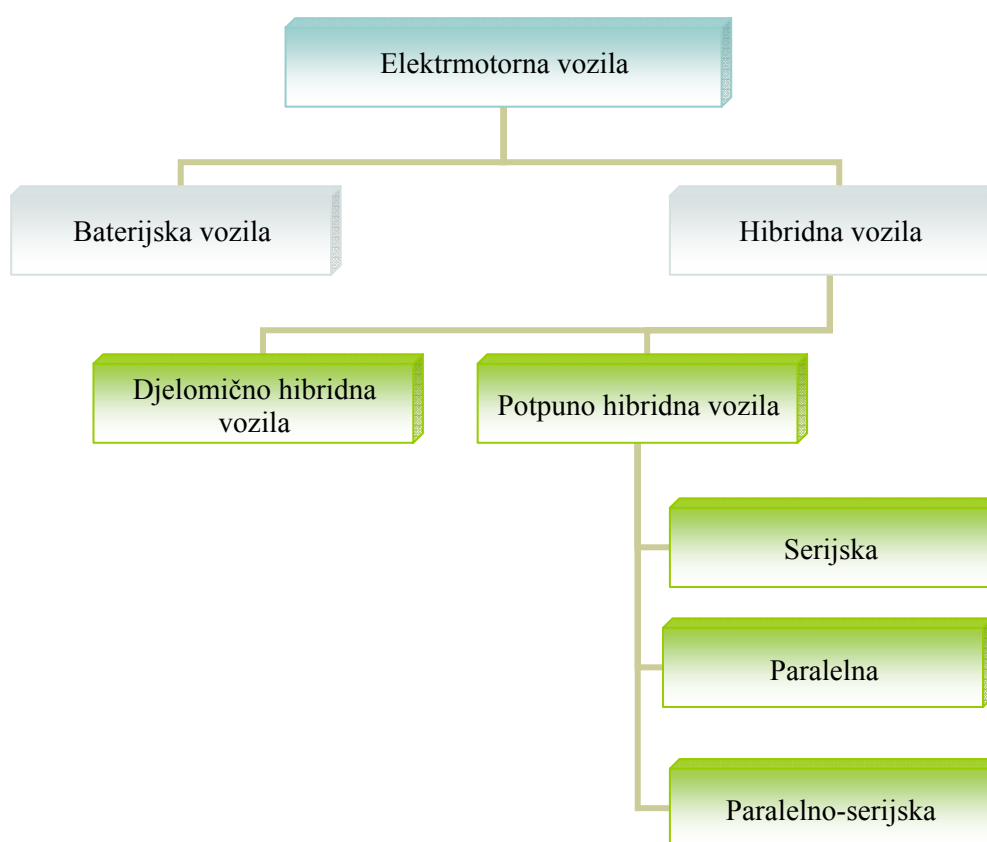
- Upotreba plinskog goriva i biogoriva, osobito u javnom gradskom prijevozu i na otocima
- Uvođenje biogoriva
- Poticanje upotrebe vozila s manjom emisijom CO<sub>2</sub>
- Poticanje upotrebe plina u vozilima

## 4. ANALIZA PRAVACA RAZVOJA POJEDINIH VRSTA VOZILA

### 4.1. Elektromotorna vozila

#### 4.1.1. Definicija i podjela elektromotornih vozila

Za potrebe ovog rada, elektromotornim vozilima (EMV) smatrat će se sva vozila kod kojih je glavni ili pomoćni pogonski stroj elektromotor(i), a električna energija je pohranjena u baterijama ili se proizvodi u gorivim člancima. EMV se dijele kako prikazuje slika 4.1



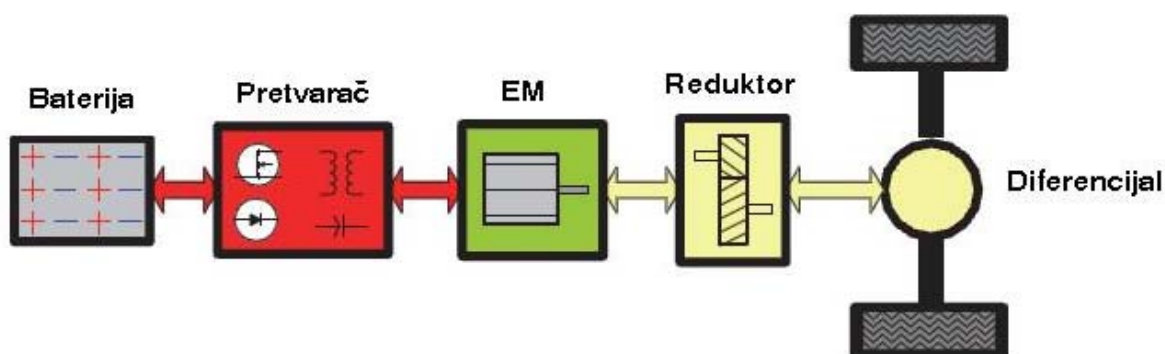
Slika 4.1 Podjela elektromotornih vozila

Treba napomenuti da je ovo samo jedna od mogućih podjela, te da klasifikacija elektromotornih vozila u literaturi uvelike ovisi o interpretaciji autora i još uvijek nije standardizirana. Spominju se još mikro hibridna vozila [21] gdje je elektromotor dio tzv. start/stop sustava i koristi se samo za brzo pokretanje MSUI pri stani/kreni vožnji. U takvoj konfiguraciji se ne ugrađuju dodatne baterije već olovni akumulator posjeduje veći kapacitet

od standardnog kako bi izdržao veća opterećenja. Također, sva elektromotorna vozila čije se baterije mogu puniti spajanjem na električnu mrežu zovu se uključiva (eng. plug-in).

*Baterijska vozila (BV)* su vozila kod kojih je glavni pogonski stroj elektromotor, a električna energija je pohranjena u baterijama. Baterije se pune spajanjem na električnu mrežu (primjer: Nissan Leaf).

Prednost BV je visoka učinkovitost pogona i nulta emisija štetnih plinova pri eksploataciji, a nedostatak kratak doseg i dugotrajno punjenje baterija.



**Slika 4.2. Principijelna shema sustava baterijskog vozila**

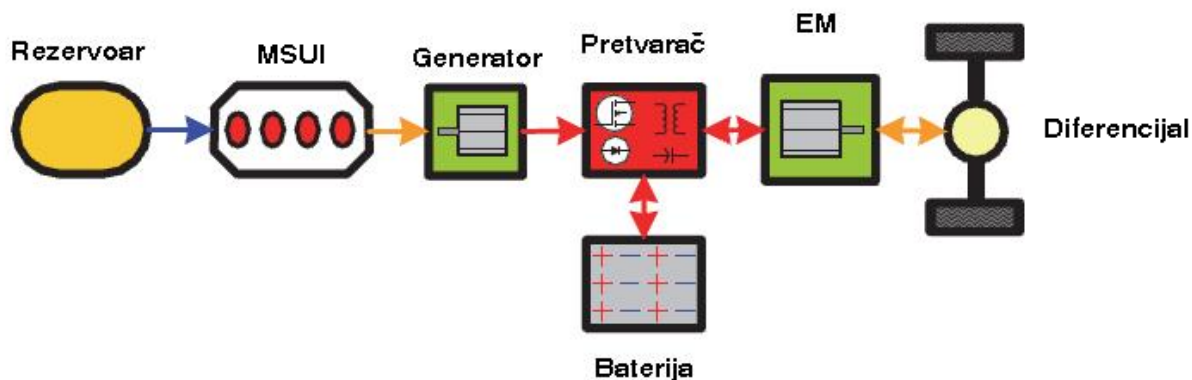
*Hibridna vozila (HV)* za pogon koriste elektromotor(e) i(li) MSUI. Prema stupnju. Prema udjelu snage elektromotornog pogona u ukupnoj snazi pogonskog sustava vozila hibridna vozila se dijele na:

*Djelomično hibridna vozila (DHV)* koriste EM srednje snage (10-30 kW) kao pomoć MSUI u nepovoljnim režimima vožnje kao što su kretanje, nagla ubrzanja itd. Baterije su malog kapaciteta, pune se samo kod kočenja kad EM radi u generatorskom području i proizvodi električnu energiju. EM nikada samostalno ne pokreće automobil (primjer: Honda Civic Hybrid).

*Potpuno hibridna vozila (PHV)* koriste EM većih snaga (>50 kW) koji može samostalno pokretati automobil (primjer: Toyota Prius). Prema vrstama funkcionalnih veza između elemenata pogonskog sustava dijele se na:

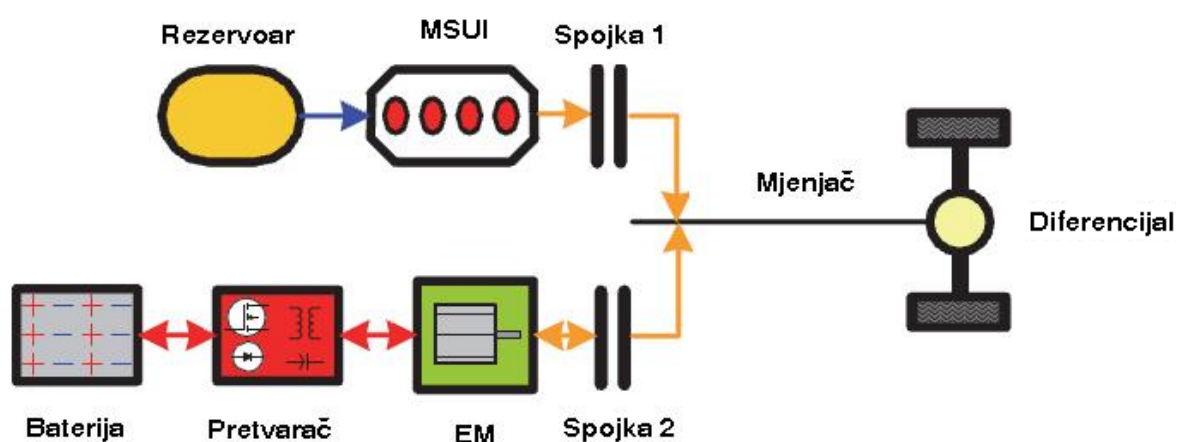
*Serijska hibridna vozila (SHV)* imaju elektromotor i MSUI povezane serijski. EM uvijek pokreće vozilo, a ovisno o napunjenosti baterije može raditi potpuno samostalno. Kad se baterije isprazne puni ih MSUI preko generatora i na taj način produljuje doseg vozila. Baterije se mogu puniti i spajanjem na električnu mrežu (primjer: Opel Ampera). Ovakva

arhitektura omogućuje instaliranje malih, učinkovitih MSUI koji u eksploataciji rade praktički u stacionarnom režimu rada uz optimalni stupanj korisnosti. Nedostatak je ovisnost o fosilnim gorivima, složenost pogona i cijena.



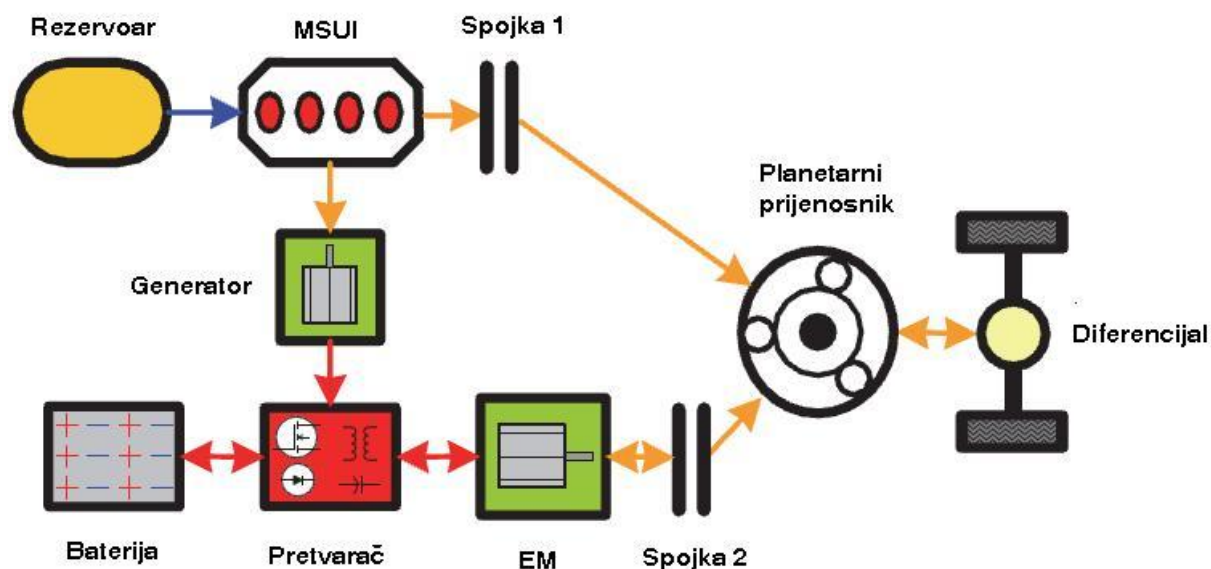
Slika 4.3. Principijelna shema sustava serijskog hibridnog vozila

- *Paralelna hibridna vozila (PAHV)* za kretanje koriste snagu MSUI ili EM ili oboje. Nema instaliranog generatora već se baterije pune kod kočenja kad EM radi u generatorskom području, pa je mogućnost vožnje samo na elektromotorni pogon vrlo ograničena. Slično kao i kod djelomičnih hibridnih vozila, EM uglavnom pomaže MSUI kod zahtjeva za većom snagom (pretjecanje, vožnja uzbrdicom...) (primjer: Honda Insight). Nedostatak je ovisnost o fosilnim gorivima i ograničen doseg na elektromotorni pogon.



Slika 4.4 Principijelna shema sustava paralelnog hibridnog vozila

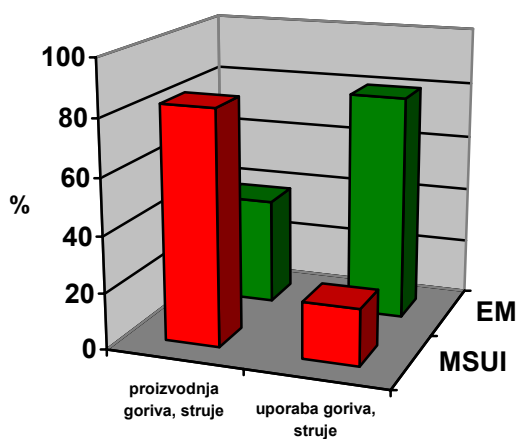
- *Paralelno-serijska hibridna vozila (PSHV)* kombiniraju najbolje od SHV i PAHV. Vozilo može pokretati samo EM ili MSUI te njihova kombinacija. Osim toga, instaliran je generator kojeg pokreće MSUI, pa se baterije mogu puniti i u vožnji.



Slika 4.5. Principijelna shema sustava paralelno-serijskog hibridnog vozila (Prius)

#### 4.1.2. Prednosti i nedostaci EMV u eksploataciji

EMV pri eksploataciji imaju znatno manje ili uopće nemaju štetnih emisija i ta ih činjenica kandidira kao izgledno rješenje transporta u budućnosti. Osim toga, takva su vozila učinkovitija na razini cjeloživotnog ciklusa od konvencionalnih.



Slika 4.6. Učinkovitost proizvodnje i potrošnje goriva i električne energije [22]

Iako je stupanj korisnosti pri proizvodnji fosilnih goriva visokih 83%, ukupnu korisnost smanjuje (ne)učinkovitost pogona od samo 20%. Kod elektromotora je suprotno. Proizvodnja električne energije je neučinkovitija, no elektromotorni pogon ima vrlo visoki stupanj korisnosti.

Također, EM ima veliki ptezni moment u trenutku pokretanja i ne treba složene reduktore. Mane nisu brojne, štoviše iste su kao i prije 100 godina i uglavnom vezane uz baterije, no njihov značaj je danas veći.

Prosječan doseg BV je u prosjeku oko 150 km [23], a iako prema istraživanju [22] Europljani dnevno putuju manje od 40 km, to se smatra nekonkurentnim. Ponajviše stoga što punjenje baterije traje najmanje 30 minuta, a ne postoji razvijena mreža punionica. Također, zbog male specifične energije baterije za trošilo kakvo je EM trebaju teške baterije što povećava masu automobila. Taj porast, zbog dinamike vozila, treba biti što manji i kompenzira se lakšim i čvršćim materijalima od čelika što dodatno poskupljuje proizvodnju. Iako podnosi velik broj ciklusa «punjenje-pražnjenje» baterija ima svoj vijek trajanja koji je danas na razini 5-7 godina. Zbog svega toga, ali i visoke početne cijene u drugi plan padaju moguće uštede koje ponajprije proizlaze iz manjeg utroška energije i jeftinije struje. Vidjet će se to na primjeru električnog Citroëna C-Zero (220 000 kn) i benzinskog C1(70 000 kn). Ako C-Zero, prema tvorničkim podacima, na 100 km potroši 16 kWh, tada je:

$$T_p(C - Zero) = A \cdot z = 16 \cdot 0.4636 = 7.41 \text{ kn/100 km} \quad (1)$$

gdje je:

- $T_p$  – trošak puta [kn / 100km]
- $A$  – utrošena energija [kWh]
- $z$  – cijena struje (13.10.2011.) [kn / kWh]

Benzinski C1 prema tvorničkim podacima troši 4.5 l/100 km benzina, pa je njegov trošak puta slijedeći:

$$T_p(C1) = p \cdot g = 4.5 \cdot 9.67 = 43.52 \text{ kn/100 km} \quad (2)$$

gdje je:

- $T_p$  – trošak puta [kn / 100km]
- $p$  – potrošnja goriva [l / 100km]
- $g$  – cijena goriva (13.10.2011.) [kn / l]

Na godišnjoj razini i 10 000 prijeđenih kilometara C-Zero štedi oko 3600 kn na gorivu što znači da bi se, zbog razlike u cijeni od 150 000 kuna, počeo isplaćivati tek nakon 40 godina.

**Tablica 4.1. Usporedba konvencionalnih i elektromotornih vozila**

Model	Toyota Auris 1.6	Toyota Auris HSD	Opel Astra 1.4 Turbo	Opel Ampera	Nissan Leaf
Vrsta pogona	MUI	PSHV	MUI	SHV	BV
Snaga [kW]	97	100	103	111	80
Masa [kg]	1250	1380	1308	1732	1590
Emisija CO <sub>2</sub>	152	89	138	27	-
Doseg [km]	833	1570	1100	500	-
Doseg na struju [km]	-	5	-	80	175
Cijena [€]	19 900	27 900	19 000	42 900	35 000

Da bi se u potpunosti ocijenila eksploataбилnost i konkurentnost EMV potrebno je sagledati i aspekt buke, sigurnosti te troškova održavanja. Razine buke EMV, a posebno BV, su daleko manje od onih MSUI. To je posebno izraženo pri manjim brzinama, na primjer u gradu, gdje većina buke dolazi od motora. Nešto manje ili uopće nije izraženo pri većim brzinama gdje dominira buka od kotrljanja guma i probijanja zraka. Američko ministarstvo prometa navodi da Toyota Prius ima za 2 dbA nižu buku od MSUI slične snage pri brzinama do 20 km/h, dok je pri manjim brzinama gotovo nečujan [23]. To s druge strane dovodi u opasnost ostale sudionike u prometu, a posebno pješake koji ne čuju automobil u dolasku. Isto istraživanje je pokazalo da 2 od 48 ispitanika nisu primjetili EMV koje se približavalo brzinom od 10 km/h što je sa sigurnosnog aspekta neprihvatljivo. Za sad se kao rješenje nameću različiti, umjetno generirani zvukovi koji bi EMV učinili «vidljivijim».

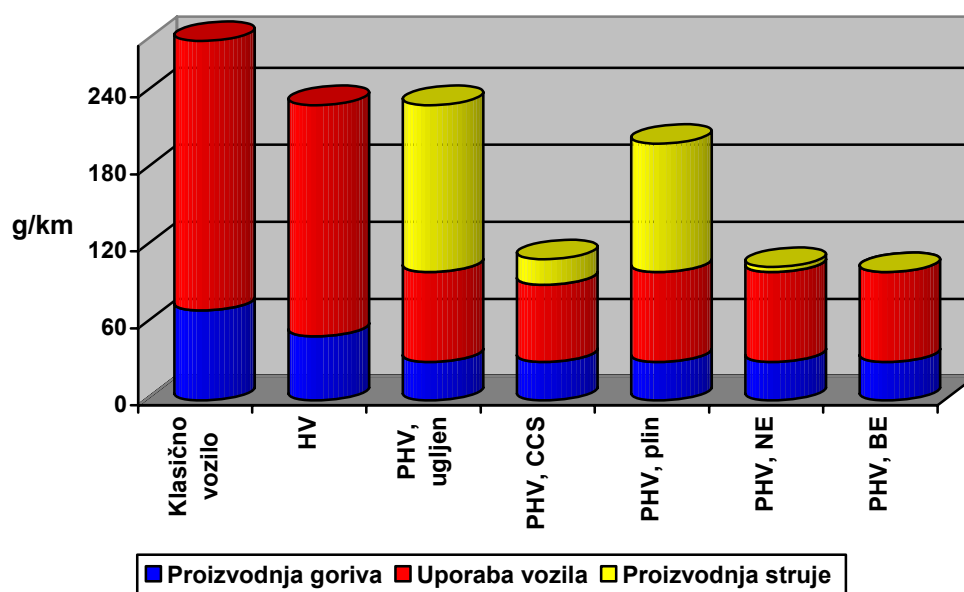
Održavanje EMV, a posebno BV, bitno je drugačije od konvencionalnih vozila. BV imaju manje dijelova, nemaju motorna ulja, filtere, svjećice itd., pa većina proizvođača u promotivnim materijalima tvrdi kako ne trebaju održavanje, što nije točno. Potrebni su periodički pregledi sustva na vozilu kao što su baterije, upravljačke jedinice, pogonski

mehanizam itd. Nissan je za Leaf procijenio da bi troškovi održavanja u cjeloživotnom ciklusu mogli biti manji za 10% od sličnog vozila s MUI i to se čini realno.

#### 4.1.3. Utjecaj EMV na okolinu u cjeloživotnom ciklusu

S obzirom na to da neke vrste EMV mogu voziti samo na baterije, zakonski gledano, potpuno su neutralni za okoliš. To proizlazi iz Uredbi UN/ECE br. 101 i 81 prema kojima se štetne emisije mjere pri uporabi automobila, tj. u njihovom ispuhu. Međutim, da bi se ocijenio apsolutni utjecaj EMV-a na okolinu treba promatrati ukupnu bilancu stakleničkih plinova i drugih štetnih tvari. To znači analizirati cjeloživotni ciklus vozila, jer se osim pri uporabi staklenički plinovi generiraju pri proizvodnji goriva ili struje, proizvodnji vozila i zbrinjavanju vozila na kraju uporabe.

Kod konvencionalnih pogona oko 75% emisija nastaje kao posljedica korištenja vozila i izgaranja, 14% od proizvodnje goriva, a 11% od proizvodnje samog vozila i njegova zbrinjavanja [24]. U slučaju EMV čije se baterije mogu puniti spajanjem na mrežu, konačna bilanca stakleničkih plinova najviše ovisi o načinu dobivanja električne energije. Na slici 4.7 dana je usporedba bilanci CO<sub>2</sub> konvencionalnih i hibridnih vozila bez mogućnosti spajanja na električnu mrežu, te uključivih (plug-in) hibridnih vozila kad se pune strujom dobivenom iz različitih vrsta elektrana.



Slika 4.7 Ovisnost ukupne bilance CO<sub>2</sub> o tipu elektrane [25]



Vidljivo je da su zastarjele termoelektrane (TE) na ugljen najgore rješenje za proizvodnju električne energije jer tada zagađenje samo mijenja mjesto. Ako TE nema vlastiti sutav za obradu dimnih plinova jedina prednost je što se zagađenje premješta izvan urbanih sredina na područja gdje živi manje ljudi. Nešto bolje su elektrane s plinsko-turbinskim postrojenjima, a vrlo konkurentne su elektrane koje imaju CCS sustav. Najbolje su pak nuklearne elektrane (NE), no uz njih se vežu druge kontroverze, te elektrane na biogoriva. Stoga, ekološke posljedice uvođenja EMV u promet uvelike ovise o tome koji su primarni načini proizvodnje električne energije. Upotreba električnih automobila u SAD-u gdje se 50% struje dobiva iz TE na ugljen ili Kine (70%) ne bi dala isti efekt kao primjerice u Kanadi gdje tek 6% TE koristi ugljen kao gorivo, a 8% električne energije dolazi iz elektrana na obnovljiva goriva.

#### **4.1.4. Utjecaj EMV na elektroenergetski sektor**

S obzirom na potrebu punjenja baterije, čini se da bi veliki broj EMV u prometu mogao ugroziti sigurnost opskrbe električnom energijom posebno tamo gdje je elektroenergetski sustav potkapacitiran. To bi značilo skupa ulaganja u gradnju novih elektrana koje bi, da se postigne željeni ekološki učinak, morale raditi na obnovljiva i skuplja goriva. Međutim, istraživanja pokazuju da EMV ne bi predstavljala veliko opterećenje. Prema podacima Eurelectrica<sup>1</sup> zamjena svih konvencionalnih vozila u EU27 s elektromotornim, rezultirala bi povećanjem ukupne potrošnje zemalja članica za oko 15% i ne bi ugrozilo sigurnost opskrbe. Slično nalazi i ERTRAC u svom izvješću iz 2009. godine u kojem stoji kako bi milijun EV (cilj Njemačke do 2020.) koji godišnje voze 10 000 km povećalo potrošnju za oko 1TWh, što je u slučaju Njemačke tek 1% ukupne potrošnje.

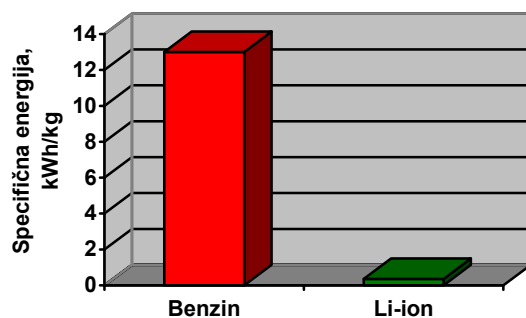
Slična situacija je i u SAD-u. Studija PNNL-a zaključuje da bi elektroenergetski sustav u SAD-u mogao podnijeti priključenje oko 94 milijuna EMV (43% od ukupnog broja vozila) kad bi baterije punili samo noću, a čak 158 milijuna EMV (73% od ukupnog broja) kad bi se raspored punjenja optimizirao i rasporedio kroz 24 h. Drugim rječima, da bi se veći broj EMV uklopio u elektroenergetski sustav bez posljedica po opskrbu kućanstva i industrije, potrebno je regulirati priključenje potrošača na mrežu. U tom smislu se razvijaju «pametne» mreže koje će omogućiti interakciju između proizvođača, distributera i potrošača, ali i sustavi poticaja koji će oblikovati željeno ponašanje potrošača (npr. cijenom struje i rasporedom punionica treba potaknuti priključenje na mrežu u određeno vrijeme).

---

<sup>1</sup> Eurelectric – Udruženje proizvođača električne energije u EU

#### 4.1.5. Baterije za EMV

Budućnost EMV najviše ovisi o razvoju baterija. Za razliku od računalne tehnologije koja prosječno svake dvije godine udvostručava svoje performanse, baterije su se sporo razvijale u 200 godišnjoj povijesti. Od samih početaka i olovnog akumulatora specifična energija se povećala tek oko tri puta. Zbog toga i one najbolje baterije, na bazi litija i dalje ne mogu konkurirati konvencionalnim gorivima.



Slika 4.8 Specifična energija Li-ion baterije i benzina

Specifična energija litij-ionske baterije je oko 0.17 kWh/kg što je 70-ak puta manja od one benzina ili dizelskog goriva. Čak i uz 2-2.5 puta veću efikasnost elektromotora u odnosu na MSUI, da bi bi smo istu količinu energije koja je sadržana u masi od 1 kg goriva (benzin ili dizel) mogli pohraniti u litij-ionske baterije potrebno je ugraditi u vozilo 25 kg baterija. Ako uzmemo da je:

$q$  – specifična energija benzina = 13 kWh / kg,

$\rho$  – gustoća benzina = 720 kg / m<sup>3</sup>

$V$  - volumen spremnika za gorivo = 60 l = 0.06 m<sup>3</sup>

$t$  - vrijeme punjenja spremnika = 120 s

tada je nakon punjenja u rezervoaru sadržana kemijska energija u vrijednosti

$$P = V \cdot \rho \cdot q = 561.6 \text{ kWh} \quad (3)$$

Ako želimo u jednakom periodu vremena,  $t=120$  s, pohraniti u baterije jednaku količinu energije,  $P=561.6$  kWh tada odgovarajući električni punjač mora imati snagu:

$$P_{\text{punjač}} = \frac{Q}{t} = \frac{561.6 \text{ kWh}}{0,0333 \text{ h}} = 16.85 \text{ MW} \quad (4)$$

Uz uvjet da baterija ima kapacitet 561.5 kWh, punjenje baterije bi bilo obavljeno jednako brzo kao i ono spremnika za gorivo. No to je praktično neizvedivo. Ne postoje baterije koje bi mogle akumulirati takvu količinu energije, električna mreža ne bi mogla izdržati takva opterećenja, a debljina strujnih kablova onemogućila bi rukovanje. Danas, stanice za brzo punjenje imaju oko 20 kW, što je 800 puta manje, dok Kinezi eksperimentiraju s punionicama snage do 200 kW.

Nekoliko vrsta baterija je obilježilo povijest EMV. To su:

*Olovna baterija* je patentirana 1859. godine i pokretala je prva EMV. Danas je oko 50% svih punjivih baterija u svijetu ove vrste, a nalaze se gotovo svim osobnim automobilima gdje služe za pokretanje motora. Po pitanju ugradnje u EMV nemaju perspektivu.

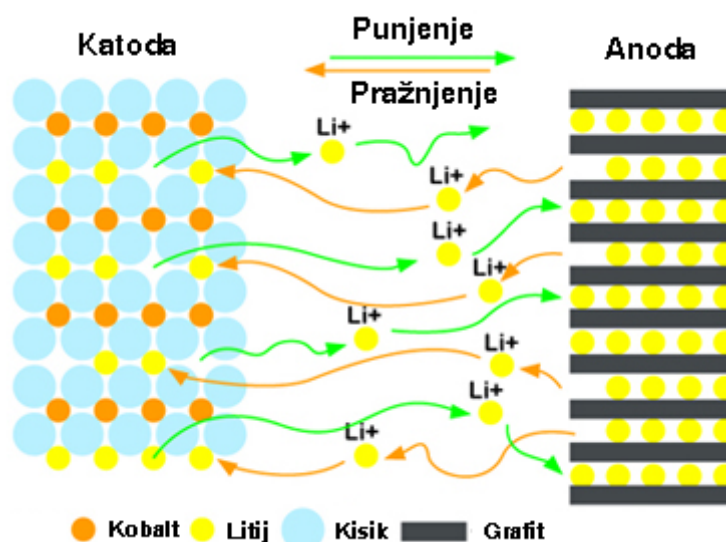
*Nikal-kadmij baterija* je u uporabu ušla 1900. godine i koristila se u situacijama kad je trebala veća snaga u odnosu na olovnu bateriju. Cijelo 20. stoljeće dominirale su tržištem punjivih baterija, a i danas su u uporabi, uglavnom kao rezervni izvor električne energije na vlakovima i avionima. Zbog toksičnosti kadmija i ograničenog kapaciteta nemaju budućnost u EMV.

*Natrij-nikal kloridna baterija* poznatija pod akronimom ZEBRA je uglavnom bila testirana u teškim teretnim vozilima. Karakterizira ju dugi vijek trajanja i relativno velika gustoća energije (0.09-0.11 kWh/kg), no nedovoljno za dugoročniju perspektivu u EMV.

*Nikal-metal hibridna baterija (NiMH)* je trenutno prvi izbor kad su EMV u pitanju. Toyota ju ugrađuje u svoj najprodavaniji hibridni model Prius, a Honda u Civic Hybrid i Insight. Rok uporabe je od 8 do 10 godina, dobro podnosi veliki broj ciklusa punjenje-pražnjenje i ima relativno veliku gustoću energije. Najveće prepreke široj komercijalizaciji su potreba za hlađenjem tijekom punjenja te cijena za koju se pretpostavlja da će ostati visoka. Problem je u sirovini, niklu, koji je rijedak u prirodi, a treba ga oko 10 kg/kWh baterije.

*Litij-ionska baterija (Li-ion)* danas drži oko 70% svjetskog tržišta punjivih baterija za prijenosne elektroničke uređaje, a komercijalizirao ju je Sony 1991. godine. Litij se koristi jer je lagan, ima visok elektrokemijski potencijal i posljedično omogućuje najveću specifičnu energiju baterije (do 0,17 kWh/kg). Osim toga, članak ima napon od 3.6 V i ne pati od tzv. memorijskog efekta. Sastoji se, kao i svaki drugi članak, od anode, katode i elektrolita. Najpopularniji komercijalni materijal za izradu anode je grafit, dok se za izradu katode

najčešće koristi litij-kobalt oksid. Tekući elektroliti se sastoje od litijevih soli i imaju ulogu prenosioca  $\text{Li}^+$  iona između katode i anode

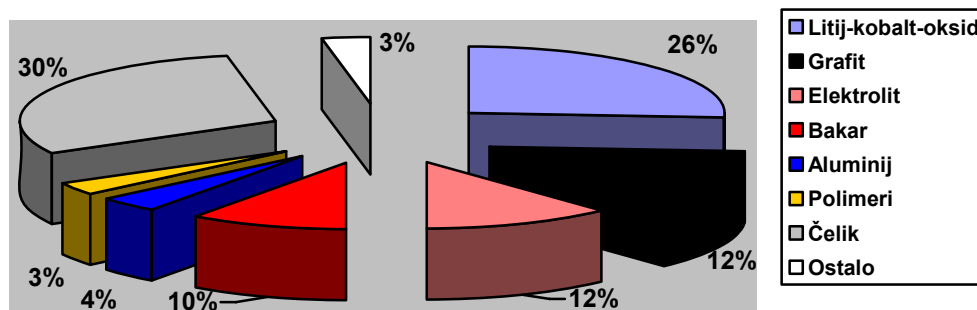


Slika 4.9 Princip rada Li-ion baterije

Kada se članak prazni  $\text{Li}^+$  ioni se oslobađaju iz anodnog materijala te ugrađuju u katodni materijal. Prilikom punjenja članka, odvijaju se suprotni proces, tj.  $\text{Li}^+$  ioni se otpuštaju iz katodnog materijala, a ugrađuju u anodni.

Najveći nedostatak je nemogućnost Li-ion članka da se prazni ili puni većom strujom. Zbog toga se i vrijeme punjenja od 30-60 min s postojećom tehnologijom ne može dalje smanjivati. Razlog tome je relativno velika termička osjetljivost baterija. Njen relativno dug životni vijek može biti skraćen starenjem baterije i bez njene upotrebe.

Sve veća uporaba ovih baterija u EMV povećala je zabrinutost oko dostupnosti osnovnih sirovina za proizvodnju, posebno litija.



Slika 4.10 Kemijski sastav tipične li-ion baterije [26]

Sadašnje procjene govore o 28 milijuna tona rezervi od kojih 18 milijuna leži na području Južne Amerike, većinom Čilea i Bolivije [26]. Veći dio ostatka je na području Kine,

Australije i Rusije, manji dio u SAD-u dok Europa oskudijeva u ovoj sirovini. Količina litija potrebna za baterije je relativno mala, potrebno je oko 0.1 do 0.13 kg/kWh, što znači da je za prosječnu bateriju kapaciteta 25 kWh potrebno između 2.5 i 3.3 kg litija. Prema procjenama tvrtke SB LiMotivie (osnovali su je Bosch i Samsung 2008., a proizvodi Li-ion baterije za EMV) svjetske zalihe litija su više nego dovoljne. Kad bi se sadašnja razina proizvodnje od 27 000 t godišnje udvostručila zbog proizvodnje baterija, to bi značilo da svijetom vozi 9 milijuna BV što je vrlo optimistično (Njemačka teži milijunu BV do 2020.) U krajnjem slučaju, kad bi se sva vozila na svijetu zamijenila s BV, za proizvodnju baterija bi trebalo oko 6 milijuna tona litija. Iako za sad ne postoji učinkovit način recikliranja samog litija, vrše se istraživanja, pa bi se i na taj način mogle učinkovito sačuvati prirodne rezerve.

Današnje cijene litij-ionskih baterija za EMV su bazirane na relativno maloj godišnjoj proizvodnji od oko 20 000 komada i skupoj tehnologiji. Kreću se od 700 €/kWh do 2000 €/kWh što u konačnici poskupljuje automobil od 15 000 do 40 000 eura. Nissan je objavio da za svoj program BV plaća proizvođačima baterija manje od 500 €/kWh što daje naznake da bi s masovnijom proizvodnjom cijena mogla pasti i dvostruko.

Osim toga, razvijaju se i druge vrste članaka na bazi litija kao što je litij-polimerni članak (li-poli). On koristi suhi polimerski elektrolit, izgledom nalik na plastičnu foliju, te iz tog razloga ova baterija može biti tanja od dva milimetra. Kao nedostatak se navodi kraći vijek trajanja (približno jednak NiMH bateriji), te veća osjetljivost na niske temperature. U eksperimentalnoj fazi su i tzv. litij-zrak baterije. U usporedbi s klasičnom litij-ionskom, ona ima prozračnu grafitnu elektrodu kojom struji zrak. Teorijski gledano, s kisikom kao neograničenim katodnim reaktantom, kapacitet članka ograničava samo anoda od litija. Praktični problem su katalizatori. Za sada se radi s platinom i zlatom i bit će potrebno pronaći jeftinije materijale želi li se baterija komercijalizirati. Motiv je više nego dobar jer litij-zrak baterija ima teoretsku specifičnu energiju jednaku onoj benzina.

#### **4.1.6. Elektromotor, pretvarački i upravljački uređaj**

Nakon baterije najskuplje komponente elektromotornog pogona su elektromotor, pretvarač i upravljački uređaj. Danas se u industrijske svrhe, ponajprije za pogon komercijalnih vozila, najčešće koristi kavezni asinkroni motor koji je najjednostavniji, s malom specifičnom težinom i najpouzdaniji. S druge strane, nije najpogodniji za složeniju regulaciju kakvu zahtjeva tipično putničko vozilo na elektromotorni pogon, pa se u današnjim elektromotornim

automobilima uglavnom koriste istosmjerni motori bez četkica (eng. brushless DC). Njihove karaktersitike su bolja iskoristivost zbog nepostojanja gubitaka u rotoru, manje zagrijavanje, jeftinije održavanje zbog nepostojanja četkica i kolektora, mali moment inercije, mogućnost četverostrukog preopterećenja te širok opseg regulacije brzine.

Očekuje se da će ova vrsta elektromotora preuzeti primat u budućem razvoju EMV, a potencijalni problem je činjenica da više od 95% proizvodnje neodimija, metala od kojeg se rade magneti za ovaj tip motora, dolazi iz Kine. Kina je već počela koristiti svoj položaj te je ograničila izvoz u Japan koji je najveći uvoznik neodimija za potrebe elektroničke i automobilske industrije. Kako po BV treba od 1 do 2 kg neodimija, veći udio elektromotornih vozila značajno bi povećao potražnju, a pitanje je kako bi se Kina postavila u takvoj, monopolističkoj situaciji.

Pretvarački uređaj (eng. converter) prilagođava parametre električne energije potrebama motora. Upravlja tokovima električne energije u cilju reguliranja režima rada elektromotora i radnog mehanizma. Upravljački uređaj je informacijski dio sustava upravljanja elektromotornim pogonom. Ove komponente se razvijaju smjerom drugih elektroničkih komponenti što znači da će im se u budućnosti smanjivati masa i povećavati performanse. Očekuje se da će prosječna masa upravljačke jedinice s 8 kg pasti na 5 kg do 2020. godine, a cijena sa 150 € na 120 € [26].

#### ***4.1.7. Utjecaj europskog zakonodavstva na razvoj tržišta EMV***

Kroz uredbe i direktive o održivom razvoju Europska komisija potiče razvoj vozila koja imaju vrlo male ili nulte emisije CO<sub>2</sub> kao što su BV. Međutim, dvojbeno je da li je time tek učinjen ustupak proizvođačima koji sve teže ispunjavanju uvjete Europske komisije. Naime, u Uredbi (EZ) br. 443/2009 o dopuštenim emisijama ugljičnog dioksida stoji da se emisija računa kao prosječna vrijednost emisija svih prodanih automobila u jednoj godini. Kako EMV, propisno gledano, mogu imati emisije od 0 g/km pokazala su se kao dobar instrument za snižavanje prosječnih emisija na razini cijele game nekog proizvođača. Tako je dovoljno da proizvođač od ukupnog broja vozila proda 1% onih s 0 g/km kako bi ostalih 99% moglo imati 1% veću emisiju od graničnih 130 g/km. Također, u istoj Uredbi stoji kako će vozila koja ispuštaju manje od 50 g/km CO<sub>2</sub> biti tretirana drugačije, tj. kreditirana višestrukim priznavanjem u proračunu prosjeka. Konkretno, takva vozila će se množiti s koficijentom 3.5 u 2012. godini, što znači da će jedno vozilo s 0 g/km kompenzirati 3.5 konvencionalna automobila s emisijom

od 260 g/km, dvostruko većom od dopuštene. Drugim rječima, EMV bi mogla na relativno jednostavan način osigurati proizvođačima zadovoljavanje propisa iako bi stvarni učinak na ukupnu bilancu stakleničkih plinova bio znatno manji.

EMV se još izrijekom spominju u Smjernici o obnovljivim izvorima energije gdje stoji da će se doprinos električne energije iz obnovljivih izvora za pogon EMV računati 2.5 puta više u ukupnom proračunu udjela energije iz obnovljivih izvora, a sve s ciljem da udio energije iz obnovljivih izvora u ukupno potrošenoj energiji u transportnom sektoru bude minimalno 10%. Također, tu je i Direktiva o kvaliteti goriva gdje se stimulira distributere goriva da u transportu goriva koriste elektromotorna vozila, te Direktiva o promicanju čistih i energetski učinkovitih vozila koja obvezuje javni sektor da kupuje štedljivija vozila.

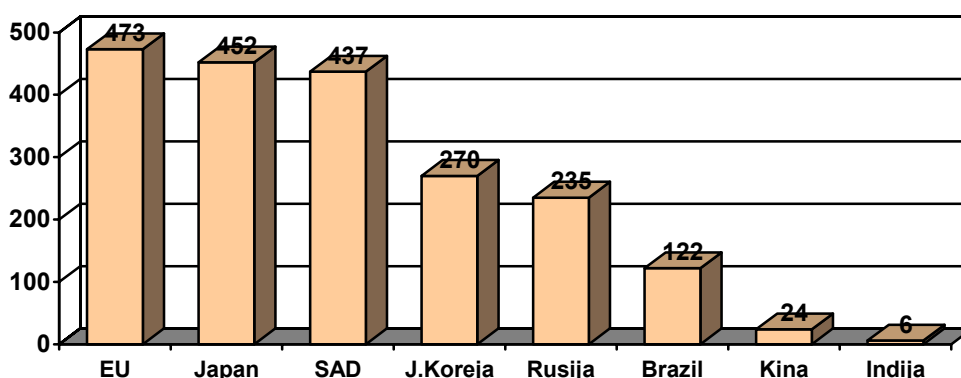
#### **4.1.8. Utjecaj kineskog programa za poticanje proizvodnje EMV na autoindustriju**

Na krilima gospodarskog rasta, kineska autoindustrija iz godine u godinu bilježi rekorde ne samo na nacionalnoj već i globalnoj razini. Još 2009. godine po broju novoregistriranih motornih vozila bili su izjednačeni s SAD-om, da bi prošle godine ostvarili golem rast od 32.4% što je rezultiralo s više od 18 milijuna novoregistriranih [27], gotovo jednako kao cijela Europa, Turska i Rusija.

**Tablica 4.2 Broj novoregistriranih motornih vozila u svijetu**

<b>Zemlja</b>	<b>2010.</b>	<b>Udio, %</b>	<b>2009.</b>	<b>Razlika, %</b>
EU	15 135 420	21.9	15 766 892	-4.0
SAD	11 772 278	17.1	10 601 368	11.0
Kina	18 061 936	26.2	13 644 794	32.4

Međutim, Kinezi nisu među najvećim izvoznicima automobila. S jedne strane dobar dio proizvodnje završava na domaćem tržištu gdje jedva pokriva potrebe nastale kao posljedica masovne motorizacije, a s druge kineski automobili još uvijek nisu konkurentni na zahtjevnijim zapadnim tržištima gdje nailaze na velike barijere.



**Slika 4.11 Broj automobila na 1000 stanovnika u različitim državama**

Ono što Kinu čini perspektivnom automobilskom velesilom je prostor za daljnji rast. Na primjer, u usporedbi s EU ili SAD-om, Kina ima tek 24 automobila na 1000 stanovnika. Sadašnjim stopama rasta taj će broj udvostručiti kroz 5 do 10 godina. Apsolutno gledano, riječ je o golemom broju vozila i upravo u tom trendu kineska vlada vidi veliku priliku, ali i opasnosti. Priliku da masovnu motorizaciju iskoristi kako bi nametnula svijetu tehnologiju u kojoj će biti lideri (alternativni pogoni, električna vozila...), a opasnost da ih porast broja automobila još više učini ovisnima o uvozu nafte te dovede u nezavidnu poziciju kad su u pitanju preuzete obveze iz sfere održivog razvoja, smanjenja emisija stakleničkih plinova itd. Zato je, u posljednjih desetak godina, kineska vlada financijski podupirala gotovo sve projekte vezane uz primjenu alternativnih goriva od metanola, etanola, autoplina, zemnog plina, biodizela itd.

Na kraju, kroz nedavno donesene dokumente dugoročne strategije i planove dekarbonizacije prometa, istaknuli su elektromotorni pogon kao rješenje prometa u budućnosti. Tome je pridonijela i činjenica da mane električnih vozila u uvjetima kineskog prometa ne dolaze toliko do izražaja. Primjerice, većina prometa se odvija u gradovima, dulja putovanja automobilom su rijetka, a 4/5 potencijalnih kupaca čine ljudi koji prvi puta kupuju automobil, pa praktično nemaju s čime usporediti EMV.

Kao posljedica svega toga 2009. godine je donešen plan «Ten Cities, Thousand Vehicles Program» (hrv. deset gradova, tisuću vozila) kojim se potaknulo administraciju u deset velikih gradova da za potrebe javnog sektora (autobusi, taksiji, vozila čistoće itd.) nabavljaju elektromotorna vozila [28]. U 2010. godini program je obuhvatio i privatne korisnike koji su dobili subvencije pri kupnji u iznosu od 17 000 dolara za baterijska i 10 000 dolara za



hibridna vozila. Osim toga, nedavno je kineska vlada objavila da će program uvođenja vozila na elektromotorni pogon poduprijeti s dodatnih 14 milijardi dolara, najviše na svijetu. Za razliku od konvencionalnih pogona gdje se Kina nije uspjela nametnuti na globalnoj razini, elektromotorni pogon ističe kineski tehnološki potencijal, posebno iz područja razvoja litijevih baterija i elektromotora. Najpoznatiji kineski proizvođač elektromotornih vozila BYD na tržište SAD-a plasirao je model E6 koji osnovnim značajkama nadmašuje japanski Leaf, a skuplji je tek oko 2000 dolara.

**Tablica 4.3 Usporedba japanskog i kineskog BV**

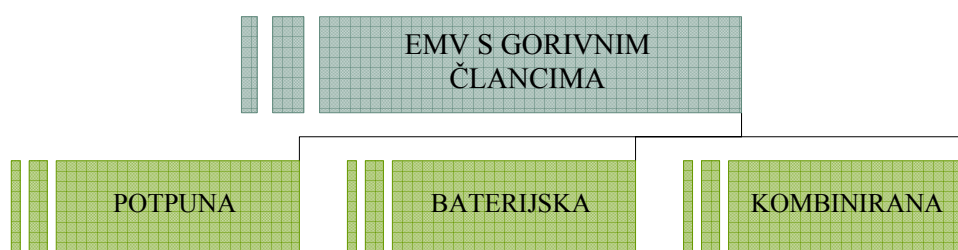
Model	Snaga [kW]	Masa [kg]	Brzina [km/h]	Kapacitet [kWh]	Doseg [km]
Nissan Leaf	80	1590	150	24	175
BYD E6	160	2020	140	60	>300

Kinezi imaju ne samo znanje već i rijetke sirovine poput neodimija za izradu magneta čiji udio u ukupnoj cijeni elektromotora iznosi oko 30%. Paralelno s razvojem pogona, Kina radi i na izgradnji infrastrukture. Umrežavaju stanice za automatsku izmjenu baterija (u Pekingu izmjena baterija za autobus javnog gradskog prijevoza traje ukupno 12 minuta) te snažne punionice za brzo punjenje (sa 180 kW vozilo se napuni za 10 do 30 minuta). Također, postoje i slabije punionice s manjim opterećenjem za električnu mrežu kojima se vozila pune preko noći. Da je nacionalni program uzeo zamah vidi se i iz restrukturiranja najvećih autokompanija u Kini kao što je BAIC koja je osnovala sestrinsku tvrtku samo za proizvodnju elektromotornih vozila. U planu im je do 2015. proizvesti 150 000 elektromotornih vozila.

Problem s kojim se Kina suočava je način dobivanja električne energije. Iako znatno ulažu u obnovljive izvore, TE na ugljen su i dalje dominantan izvor električne energije i zbog toga ukupna bilanca CO<sub>2</sub> nije toliko povoljna. Dobro je što se zagađenje premješta iz gradova, no za potpuniji rezultat će trebati potrebe za električnom energijom u većoj mjeri namirivati iz elektrana na obnovljiva goriva. Kina se definitivno nameće kao svjetski lider proizvodnje elektromotornih vozila i za očekivati je da će s njima pokušati proboj i na europsko tržište. Kinezi bi u tom slučaju na području EU mogli tražiti strateškog partnera u čemu bi i Hrvatska kao buduća članica EU s izvrsnim geostrateškim položajem i izlazom na otvoreno more, mogla naći svoj interes.

#### 4.1.9. Definicija i podjela EMV s gorivnim člancima [30]

Elektromotorna vozila s gorivnim člancima su vozila koja kao glavni pogonski motor koriste elektrmotor(e), a kao izvor električne energije gorivne članke i baterije. Prema udjelu električne energije proizvedene u gorivnim člancima u odnosu na ukupno potrošenu električnu energiju EMV s gorivnim člancima se dijele na:



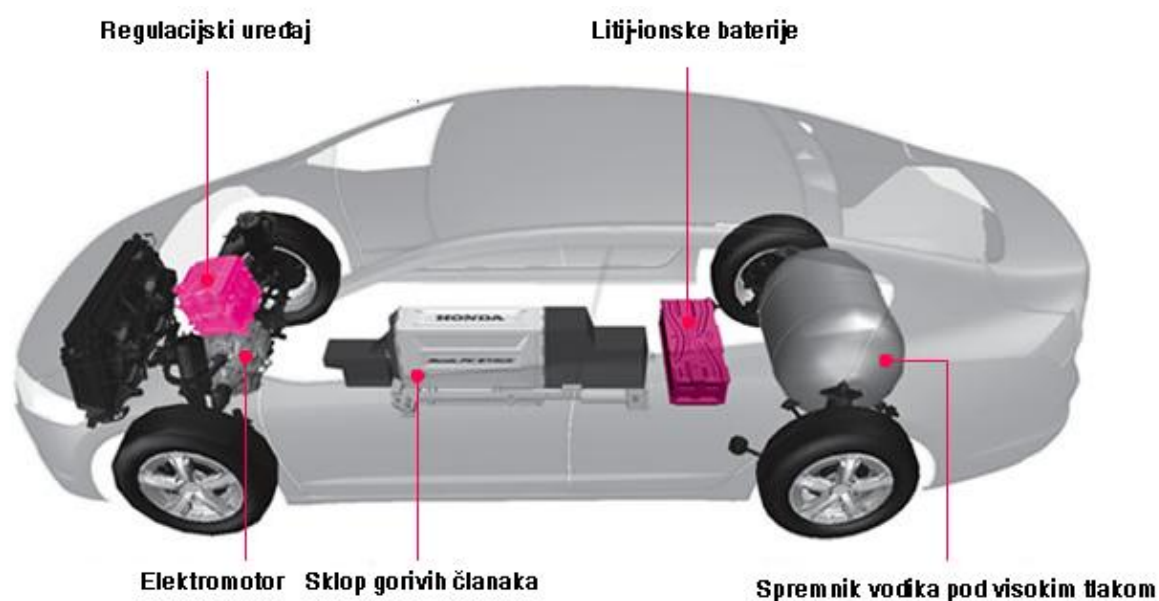
Slika 4.12 Podjela EMV s gorivnim člancima

- *Potpuna EMV s gorivnim člancima* su vozila kod kojih su gorivni članci glavni izvor električne energije. Takva vozila imaju ugrađene manje baterije koje služe samo kao izvor električne energije pri vršnim opterećenjima elektromotora i za upućivanje gorivnih članaka u rad. U ovakvoj konfiguraciji, gdje gotovo sve potrebe za električnom energijom namiruju gorivni članci, potrebne su velike zalihe vodika što zahtjeva složene spremnike i visoke investicijske troškove
- *Baterijska EMV s gorivnim člancima* su vozila kod kojih su gorivni članci pomoćni izvor energije, tj. koriste se za opskrbu pomoćnih sustava na vozilu električnom energijom kao što su klimatizacijski uređaj, sustav za podizanje stakala, radio-uređaj, svjetlosni uređaji itd.
- *Kombinirana EMV s gorivnim člancima* su vozila kod kojih se gorivni članci koriste za proizvodnju električne energije kojom se pune baterije. Time se produljuje doseg vozila, ovisno o kapacitetu spremnika za vodik. Baterije se mogu puniti u trenucima kad elektromotor ne troši električnu energiju, primjerice pri stajanju na semaforu ili u koloni. Također, gorivni članak može, po potrebi, električnu energiju proizvoditi izravno za elektromotor u trenucima kad je potrebna veća snaga, na primjer kod

pretjecanja. Prednost ove konfiguracije je što gorivni članak radi u stacionarnim uvjetima s optimalnim stupnjem korisnosti.

EMV s gorivnim člancima se sastoje od četiri osnovna dijela

- Sklopa gorivnih članaka
- Spremnika za vodik pod visokim tlakom
- Elektromotora
- Regulacijskog uređaja
- Baterije

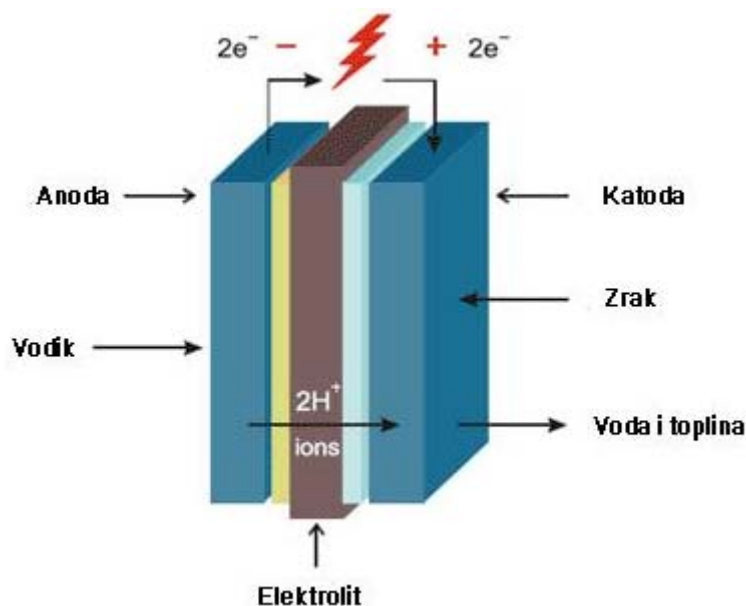


Slika 4.13 Konfiguracija pogona Honde FCX Clarity

#### 4.1.10. Općenito o gorivnom članku

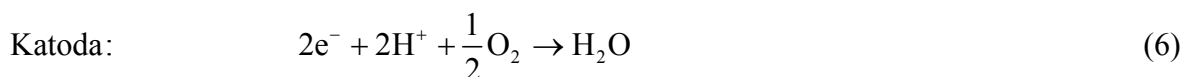
Gorivni članak je elektrokemijski uređaj koji kemijsku energiju goriva izravno pretvara u električnu [29]. Osim električne javlja se i toplinska energija. Po načinu rada slični su baterijama, no zahtijevaju stalan dovod goriva i oksidansa. Sastoje se, kao i klasični članci, od dvije elektrode koje su odvojene elektrolitom. Riječ je o poroznim elektrodama koje na

površini imaju sloj katalizatora od plemenitih metala (platina, paladij). Elektroliti mogu biti kiseline, kalijeva lužina, kruti oksidi, polimerni i keramički materijali itd. Na anodu se dovodi gorivo koje se oksidira, a na katodu oksidans. Pri oksidaciji goriva na anodi se stvaraju pozitivni ioni i elektroni koji se vodičem, preko trošila, provode do katode gdje se oksidans reducira uz stvaranje negativnih iona. Negativni i pozitivni ioni se spajaju, a nastali nusproizvod se odvodi iz članka.



Slika 4.14 Vodikov gorivni članak

Kao gorivo se najčešće koriste vodik, amonijak, metan, prirodni plin, te metanol, etanol, a kao oksidansi kisik, klor, brom, vodikov peroksid itd. Za potrebe automobilske industrije, ali i općenite namjene najviše se koristi gorivni članak s vodikom kao gorivom i kisikom (zrakom) kao oksidansom. Reakcije koje se odvijaju pri proizvodnji električne energije su sljedeće:



Za proizvodnju vodika potrebna je sirovina koja sadrži vodik i energija. Vodik se danas najviše proizvodi reformacijom prirodnog plina, iako su razvijeni i postupci proizvodnje

vodika iz drugih fosilnih goriva. Međutim, pri proizvodnji vodika za energetske potrebe, zbog ukupne bilance stakleničkih plinova, pogodniji su obnovljivi izvori energije. U tom smislu idealna sirovina je voda, a najpoznatiji i tehnološki najrazvijeniji postupak dobivanja vodika iz vode je elektroliza.

#### **4.1.11. Gorivni članci kao izvori električne energije u EMV**

Električna energija za pogon transportnih sredstava najčešće se dobiva iz slijedećih vrsta gorivnih članaka:

- Gorivni članak s proton izmjenjivačkom mebranom (eng. Proton Exchange Membrane Fuel Cell) se najčešće koristi za proizvodnju električne energije za glavne pogonske motore u EMV[30]. Značajka ovog članka je kruti elektrolit čija je membrana nepropusna za vodik i kisik, no propusna je za vodikove ione. Karakterizira ga relativno velika gustoća energije te mogućnost brzog upućivanja u rad s obzirom na to da mu je radna temperatura relativno niska, oko 70 °C. Također, vrlo je kompaktan i lagan te stoga najbolje prilagođen zahtjevima mobilnosti. Iskoristivost mu je na razini 40-60%. Produkt reakcije je topla voda koja izlazi iz reakcijskog prostora. Za rad članka neophodno je elektrolit održavati vlažnim, tj. u kontaktu s vodom što zahtjeva složenu regulaciju procesa. Uz to, najveći nedostatak su skupi katalizatori osjetljivi na ugljični monoksid i sumpor zbog čega je potrebna visoka čistoća vodika i kisika, a to poskupljuje proizvodnju
- Gorivni članak s elektrolitom od čvrstih oksida (eng. Solid Oxide Fuel Cell) se koristi kao izvor električne energije za pomoćne sustave na transportnoj opremi. Prednost mu je manja osjetljivost na spojeve ugljika, visoka iskoristivost (50-60%) te jeftiniji katalizatori dok se u nedostatke ubrajaju sporo upućivanje u rad zbog visoke radne temperature od približno 1000 °C, visoka osjetljivost na sumpor itd.
- Alkalni gorivni članak (eng. Alkaline Fuel Cell) koristi kalijevu lužinu kao elektrolit. Radna temperatura mu je od 100 do 250 °C, a najčešće je upotrebljavan za dobivanje električne energije u svemirskim misijama. Nedavno prizemljeni Space Shuttleovi rabili su sklop alkalnih gorivnih članaka za opskrbu kabinskog prostora električnom

energijom. Nusprodukt reakcije je čista, pitka voda, što je dodatna vrijednost ovog članka

- Gorivni članak s izravnom upotrebom metanola (eng. Direct Methanol Fuel Cell) koristi izravno metanol kao gorivo bez prethodnog reformiranja do vodika. Korisnost ove vrste članaka je oko 40%, znatno manje od ostalih, no prednost je jednostavnije rukovanje gorivom i izgrađena infrastruktura (postojeće benzinske postaje bi se opskrbile metanolom). Osim smanjenja korisnosti, problem predstavlja i potreba za većim količinama skupe platine koja se koristi kao katalizator

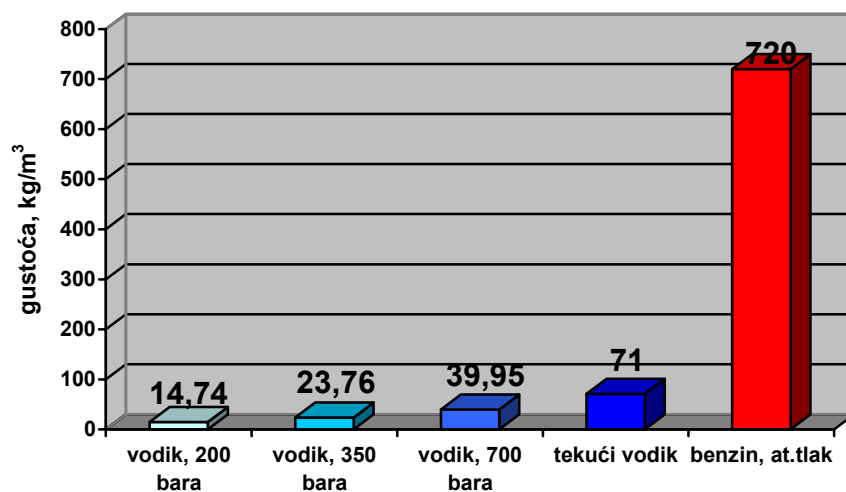
#### **4.1.12. Prednosti i nedostaci EMV s gorivnim člancima u eksploataciji**

Važno svojstvo EMV s gorivnim člancima u pogledu održivog transporta je nulta emisija stakleničkih plinova i drugih štetnih tvari pri eksploataciji. Po tome su slični baterijskim vozilima, no za razliku od njih imaju doseg koji je usporediv s konvencionalnim vozilima. Stupanj korisnosti na razini gorivnog članka iznosi od 40 do 60% i gledano u cjeloživotnom ciklusu EMV s gorivnim člancima imaju bolju energetska učinkovitost od konvencionalnih vozila, no lošiju od EMV. To je posebno izraženo kad se vodik dobiva postupkom elektrolize vode. Tu se odmah gubi 30% energije, gotovo jednako koliko i u cijelom lancu pretvorbe energije kod hibridnog vozila s baterijom.

U praktičnoj uporabi EMV s gorivnim člancima donose sve prednosti elektromotornog pogona. To podrazumijeva veliki potezni moment u trenutku pokretanja, tiši rad, manje pokretnih dijelova itd. Iako je teoretski moguće da gorivni članci daju svu potrebnu snagu za pogon automobila, to nema praktičnu primjenu. Morali bi se dimenzionirati za maksimalnu snagu, a to bi povećalo njihove dimenzije i onemogućilo ugradnju u osobne automobile. Osim toga, njihov odziv na promjene opterećenja je ograničen brzinom dobave goriva i oksidansa i zato se gorivni članci gotovo uvijek kombiniraju s baterijama koje mogu puno brže reagirati na promjenu opterećenja.

Najveća prepreka na putu da vodik postane gorivo budućnosti je problematično rukovanje ovim najlakšim elementom u prirodi. Naime, vodik je čak 14 puta lakši od zraka [31]. Također, na sobnoj temperaturi i atmosferskom tlaku je u plinovitom stanju. Skladištenje takvog vodika bi u praktičnoj primjeni rezultiralo, za potrebe transporta, neprihvatljivo

velikim spremnicima. Zbog toga se vodik skladišti kao stlačeni plin, u ukapljenom stanju, ili u različitim spojevima kao što su metalni hidridi. Najjednostavnije je skladištenje vodika u posudama pod tlakom. Na taj se način skladišti i u EMV s gorivnim člancima, no i dalje zauzima veliki volumen, posebno kad se uspoređi s konvencionalnim gorivima.



Slika 4.15 Usporedba gustoće benzina i stlačenog vodika

Ako uzmemo da je obujam spremnika za gorivo u osobnom automobilu 60 l, tada je masa vodika koji stane u njega pod tlakom od 700 bara jednaka:

$$m_{\text{vodika}} = \rho \cdot V = 39.95 \cdot 0.06 = 2.4 \text{ kg} \quad (8)$$

gdje je:

$\rho$  – gustoća vodika pri tlaku od 700 bara  $[\text{kg} / \text{m}^3]$

$V$  – volumen spremnika za gorivo  $[\text{m}^3]$

Ako u istom spremniku imamo benzin, njegova masa iznosi:

$$m_{\text{benzina}} = \rho \cdot V = 720 \cdot 0,06 = 43.2 \text{ kg} \quad (9)$$

gdje je:

$\rho$  – gustoća benzina pri atmosferskom tlaku  $[\text{kg} / \text{m}^3]$

$V$  – volumen spremnika za gorivo  $[\text{m}^3]$

Dakle i pri tlaku od 700 bara u isti volumen, maseno gledano, stane 18 puta manje vodika, nego benzina. Ipak, kako je potrošnja vodika manja od one benzina (veća korisnost, veća ogrjevna moć...) za istu količinu rada potrebna je manja količina vodika. Tako Honda FCX Clarity nosi u spremniku pod tlakom od 350 bara 3.92 kg vodika što je dovoljno za 400 km. Obujam spremnika je oko 170 litara.

Sa sigurnosnog aspekta na vodik se često gleda s predrasudama (posljedica fatalnih nesreća svemirskih letjelica gdje vodik izgara u čistom kisiku) i pogrešno ga se kvalificira kao gorivo opasnije od benzina. Područje zapaljivosti vodika u zraku iznosi od 4% do 75% njegovog volumnog udjela. Drugim riječima, smjesa mora sadržavati najmanje 4% vodika da bi planula. Kod benzina je taj postotak četiri puta manji, tj. smjesa je zapaljiva već pri 1% benzina. S te strane je vodik sigurnije gorivo, no ono što ga čini zapaljivim je energija potrebna za zapaljenje. Ona je 12 puta manja nego kod benzina, a brzina izgaranja je 8 puta veća. Ipak u prilog sigurnosti uporabe vodika ide njegovo svojstvo da se pri probijanju spremnika ne razlijeva po automobilu i stvarima kao benzin već zbog male mase istječe ravno uvis, pa se zbog brzine istjecanja često niti ne stigne zapaliti. Stoga je manje vjerojatno da bi vodikov plamen mogao zahvatiti i oštetiti okolne predmete ili ozljediti ljude.

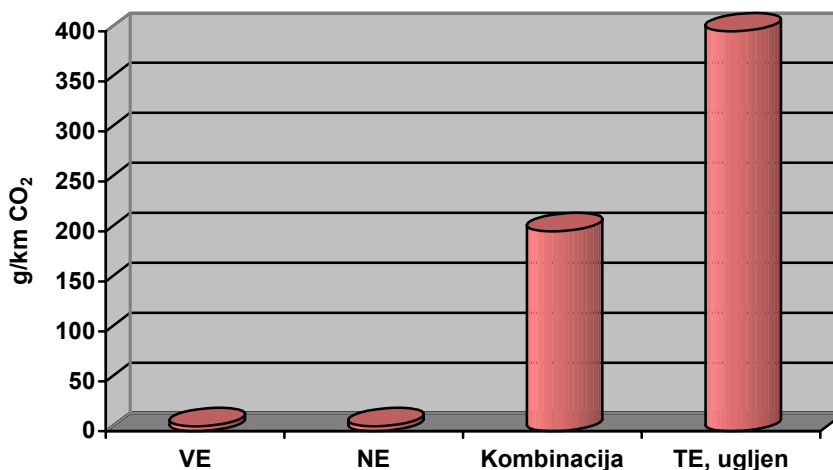
Gorivni članci, prema iskustvima iz drugih grana industrije gdje se više koriste, pokazuju visoku pouzdanost. Kako nemaju pokretnih dijelova, niti se u njima odvija proces izgaranja, pouzdanost može dosegnuti 99.9999 %, tj. u periodu od šest godina u kvaru su kraće od minute. Američko ministarstvo energije je analiziralo eksploatacijske karakteristike autobusa s gorivnim ćelijama u stvarnom prometu i zaključilo kako mogu raditi između 6000 i 7000 sati bez ijednog kvara na sklopu gorivnih članaka. Računa se da 5000 sati odgovara oko 150.000 km.

#### ***4.1.13. Utjecaj EMV s gorivnim člancima na okoliš u cjeloživotnom ciklusu***

Kao i u slučaju baterijskih vozila koja tijekom eksploatacije nemaju štetnih emisija i kod EMV s gorivnim člancima je za ocjenu bilance CO<sub>2</sub> potrebno promatrati cjeloživotni ciklus vozila. Prema studiji Američkog ministarstva za energiju [32] EMV s gorivnim člancima smanjuju emisije stakleničkih plinova za 50% u odnosu na konvencionalne pogone te 15% u odnosu na uključiva hibridna vozila. Navedeno se odnosi na proizvodnju vodika iz prirodnog



plina što je i najčešći način te transport plinovodima. Međutim, vodik možemo proizvoditi i elektrolizom vode, no to po pitanju bilance CO<sub>2</sub> nije uvijek najbolje rješenje [33].



**Slika 4.16** Ovisnost ukupne bilance CO<sub>2</sub> o načinu dobivanja električne energije za elektrolizu

Iz slike 4.16 vidljivo je da kad se za elektrolizu vode koristi električna energija dobivena u vjetroelektranama (VE) i nuklearnim elektranama (NE), proizvodnja vodika je gotovo CO<sub>2</sub> neutralna. Međutim, uzmemo li u obzir da se električna energija u EU dobiva iz više izvora (Kombinacija) bilanca CO<sub>2</sub> više nije povoljna, a potpuno je neprihvatljiva i znatno veća od bilance konvencionalnog vozila, kad se električna energija proizvodi samo u termoelektranama na ugljen.

Sa aspekta transporta vodika pokazalo se da je ekonomski i ekološki najprihvatljiviji način transporta onaj plinovodom. Zahtjeva visoka kapitalna ulaganja u infrastrukturu i jedini način kako brzo izgraditi opskrbnu mrežu, u slučaju komercijalizacije EMV s gorivnim člancima, je prilagodba dijela postojećeg plinovoda za prirodni plin. To bi zahtjevalo sveobuhvatnu rekonstrukciju zato jer vodik puno lakše pronalazi pukotine i prijetila bi opasnost od istjecanja. U cestovnom transportu koriste se dugačke tlačne čelične cijevi. Koliko je ovaj način transporta neučinkovit zorno pokazuje podatak da za 100 kg vodika treba spremnik od 10 tona. Veće količine vodika mogu se transportirati u tekućem stanju. Čak i tako, gustoća tekućeg vodika je 14 puta manja od vode. Osim toga, vodik je u tekućem stanju tek pri ekstremno niskim temperaturama, manjim od -253 °C (20 K). Ne samo da je potrebno utrošiti značajne količine energije za ukapljivanje vodika (preko 30 % od gornje ogrjevne vrijednosti

vodika), nego je jako teško održavati tako nisku temperaturu u spremniku. Čak i uz izuzetno dobru izolaciju i posebne konstrukcije, mora se računati s 1 % gubitaka vodika dnevno.

#### 4.1.14. Položaj EMV s gorivnim člancima na tržištu

Iako niti jedno EMV s gorivnim člancima još nije komercijalizirano, oko 20-ak vozila je u eksperimentalnoj fazi uporabe. Osim toga, oko stotinjak autobusa vozi nekim od najvećih svjetskih gradova u sklopu programa kojima se ocjenjuje njihova eksploatibilnost. Većina proizvođača u autoindustriji istražuje mogućnosti primjene mnogih alternativnih goriva, pa tako i gorivnih članaka, no trenutačno se najviše ističu Honda i Hyundai. Hondin model FCX Clarity nije u službenoj prodaji, no dan je u najam odabranim vozačima u SAD-u, a sve s ciljem prikupljanja podataka iz prakse. Hyundai je povukao dobar marketinški potez, pa se izborio da novi iX35 FCEV postane službeno vozilo Europske komisije koja tako i deklarativnoj razini želi reći da nije odustala od poticanja uvođenja EMV s gorivnim člancima u promet. U svijetu trenutačno postoji tek 212 stanica za punjenje vodikom, a još 127 ih je u pripremljnoj fazi. Nama najbliža stanica je u Grazu u Austriji.



Slika 4.17 Raspored stanica za punjenje vodikom u 2011. godini

## 4.2. Vozila pokretana motorom s unutarnjim izgaranjem

### 4.2.1. Osnovne značajke motora s unutarnjim izgaranjem

Motor s unutarnjim izgaranjem (MSUI) pripada grupi toplinskih strojeva koje zovemo «prvopokretači» (lat. PRIMUS MOVENS). U njemu se kemijska energija sadržana u gorivu najprije pretvara u toplinsku energiju plinova izgaranja, a zatim se toplinska energija plinova izgaranja pretvara u mehanički rad dijelova kinematskog mehanizma motora. Pođemo li od pretpostavke da MSUI radi s termičkim stupnjem korisnosti  $\eta_t=1$ , a da u motoru izgara gorivo koje ima donju ogrjevnu vrijednost  $H_d = 42 \text{ MJ/kg}$ , tada bi prema jednadžbi (10) za proizvodnju korisnog rada od 1 kWh motor trošio 86 g goriva. Pomoću te značajke koju zovemo specifična potrošnja goriva,  $g_{sp}$  možemo uspoređivati korisnosti različitih izvedbi motora:

$$g_{sp} = \frac{3600}{\eta_t \cdot H_d} = \frac{3600}{1 \cdot 42} = 86 \frac{\text{g}}{\text{kWh}} \quad (10)$$

gdje je:

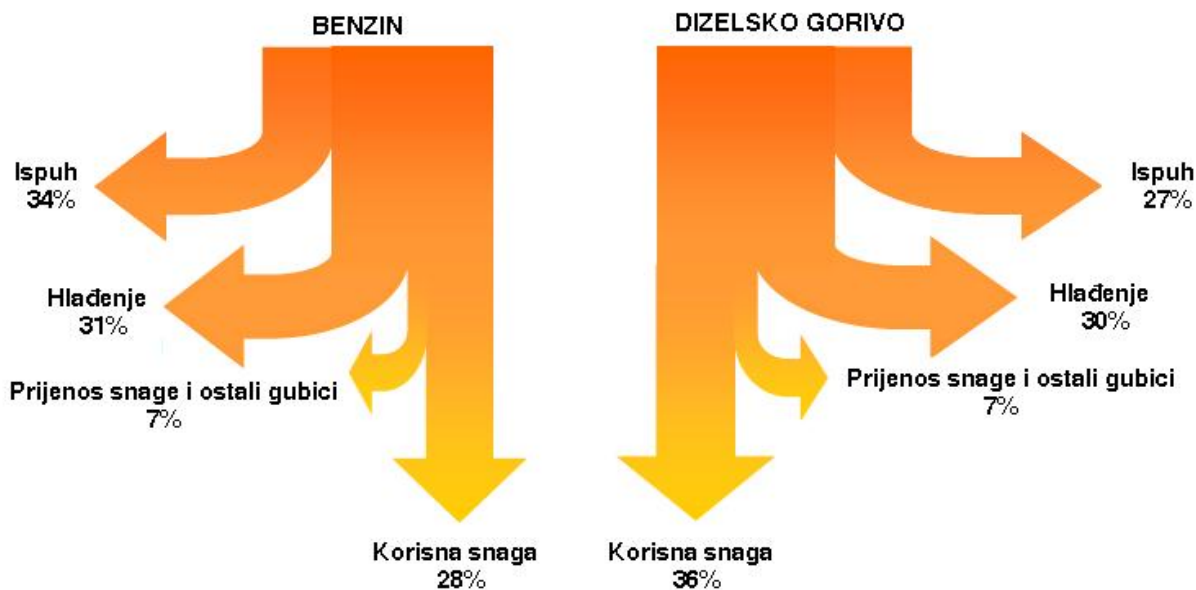
$\eta_t$  – stupanj korisnog djelovanja

$H_d$  – donja ogrjevna vrijednost goriva [MJ / kg]

Ako znamo da se specifična potrošnja goriva modernih benzinskih motora kreće između 260 g/kWh u najpovoljnijem i 700 g/kWh u najnepovoljnijem režimu rada očit je nedostatak MSUI – nizak stupanj korisnosti.

Dizelski motori imaju veći stupanj korisnosti i nižu specifičnu efektivnu potrošnju nego Ottovi motori iz sljedećih razloga:

- Dizelski motor ima veći kompresijski omjer i ima manja prigušenja u usisu (nema zaklopke gasa koja dozira smjesu), pa su manji gubici rada
- Zbog prigušenja u usisu Ottovom motoru pada stvarni kompresijski omjer, a to za posljedicu ima manji termički stupanj korisnosti motora
- Dizelsko gorivo ima 15% veću ogrjevnu vrijednost po litri od benzina



Slika 4.18 Toplinska bilanca dizelskog i benzinskog motora

Sav razvoj MSUI tijekom povijesti bio je usmjeren na povećanje njegove učinkovitosti i smanjenja štetnih emisija. Periodično, ti su se napori intenzivirali, uglavnom onda kad su se događale značajnije promjene na tržištu nafte ili u zakonskoj regulativi. Kontinuirani napredak vidljiv je od početka 90-ih godina, a vezan je uz donošenje dokumenta o smanjenju stakleničkih plinova i povećanju energetske učinkovitosti na međunarodnoj razini. Općenito, štetne emisije, a u njih spadaju ugljični monoksid (CO), ugljikovodici (HC), dušikovi oksidi (NO<sub>x</sub>), nemetanski ugljikovodici i krute čestice, moguće je smanjiti [37]:

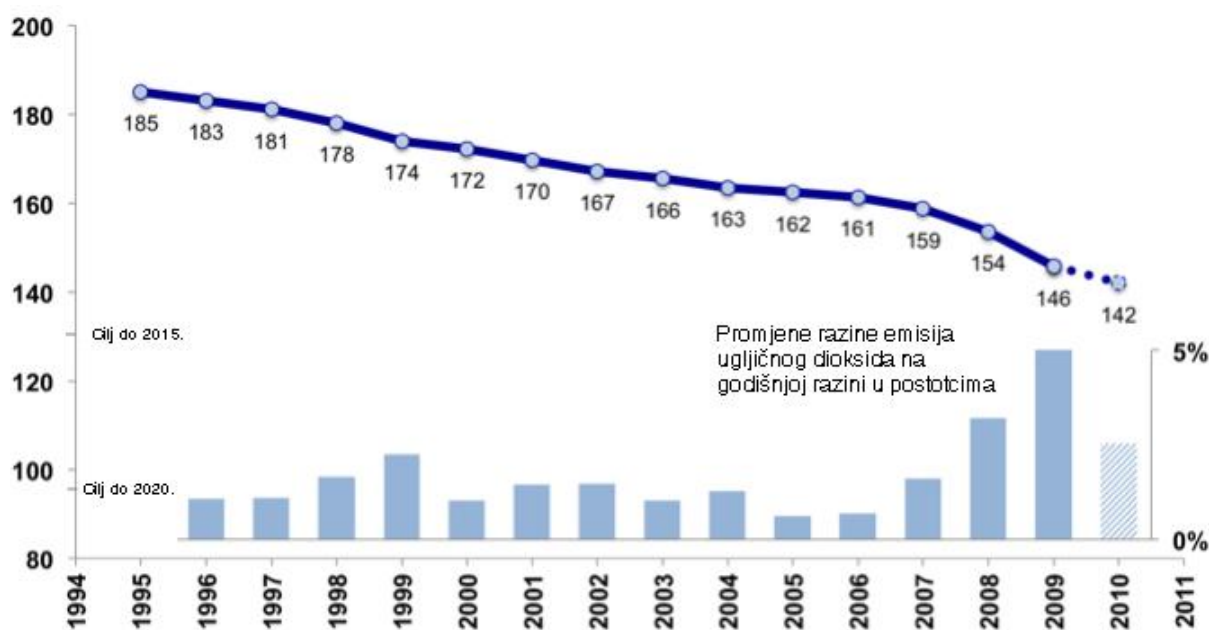
- Optimiranjem procesa izgaranja i poboljšanjima na motoru
- Obradom i pročišćavanjem ispušnih plinova
- Poboljšavanjem kvalitete goriva
- Smanjivanjem otpora vožnje vozila (smanjivanjem mase, poboljšanjem aerodinamike, smanjenjem potrošnje energije perifernih uređaja itd.)

Na kvaliteti goriva, a posebno smanjenju sadržaja sumpora i olova puno se napravilo u posljednjih 20 godina i tu je prostor za napredak najmanji. Na tržištu više nema olovnih benzina, a sadržaj sumpora je smanjen sa 3000 mg/kg (1992.) na manje od 10 mg/kg. Najveći napori se stoga ulažu u preostala tri navedena smjera.

#### 4.2.2. Osnovni pokazatelji razvoja MSUI

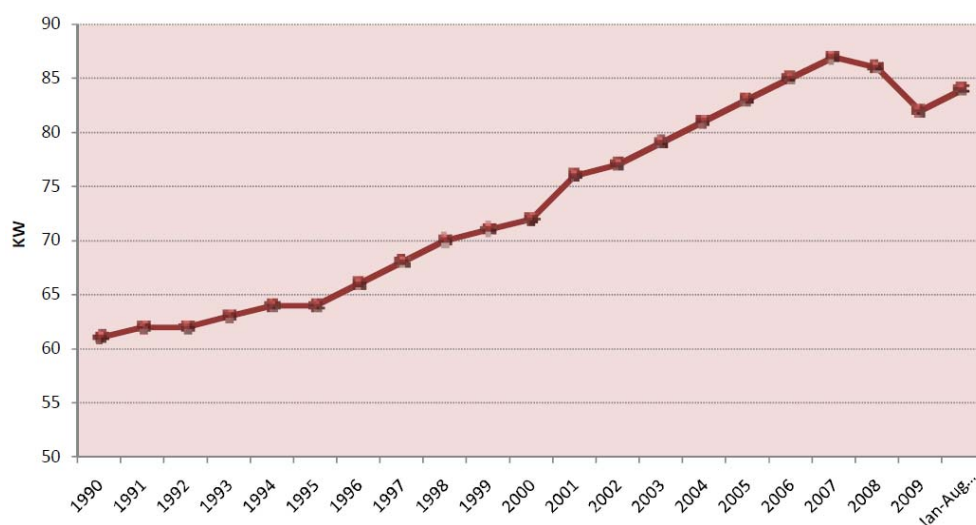
Da bi se odredio smjer razvoja MSUI promatrat će se nekoliko parametara:

- Prosječna emisija ugljičnog dioksida i potrošnja goriva
- Prosječna snaga
- Prosječan radni obujam motora

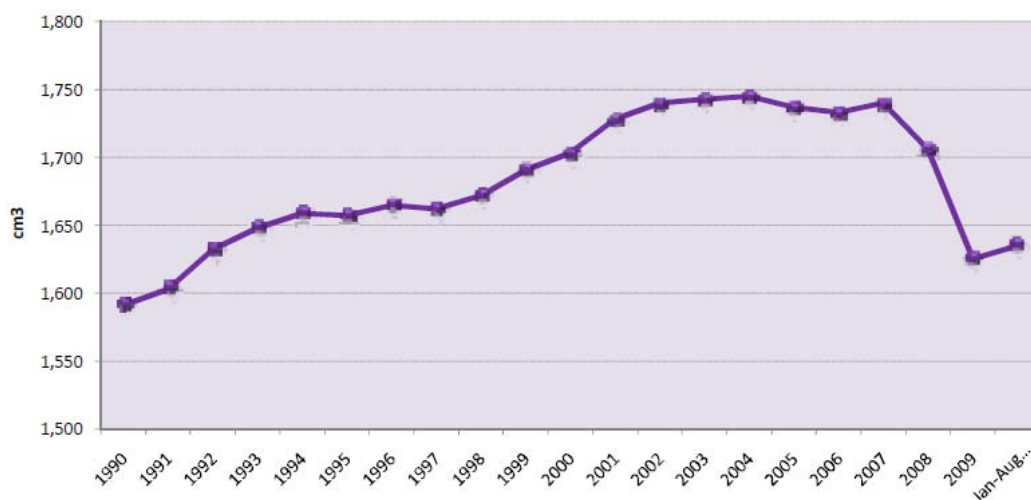


Slika 4.19 Prosječne emisije CO<sub>2</sub> putničkih vozila u EU [38]

Smanjenje prosječne emisije CO<sub>2</sub> ukazuje na poboljšanje korisnosti motora, tj. na smanjenje potrošnje. Pri tom treba imati na umu da se stupanj korisnosti nije smanjivao istom dinamikom jer su niže emisije evidentirane i zahvaljujući zastarjeloj mjernoj proceduri koja sve manje odgovara stvarnom stanju i karakteristikama modernog automobila. Drugim rječima, proizvođači danas vrlo lako mogu podesiti motor da tijekom ispitivanja radi u području s najmanjom specifičnom potrošnjom ili vrlo blizu nje. Iz slike 4.19 vidljivo je da se emisija ugljičnog dioksida smanjivala gotovo linearno 2 g/godini, a značajnije smanjenje postignuto je 2007. i 2008. godine. To se povezuje s promjenama u zakonskoj regulativi, te početku programa poticanja kupnje učinkovitijih vozila. Da je MSUI u zadnjih 20-ak godina postao učinkovitiji pokazuje i trend kretanja prosječne snage novoregistriranih automobila. Ona se od 1990. godine povećala za 35% dok je emisija CO<sub>2</sub> istovremeno pala za 23%.



**Slika 4.20** Kretanje prosječne snage novoregistriranih automobila u Zapadnoj Europi<sup>2</sup>



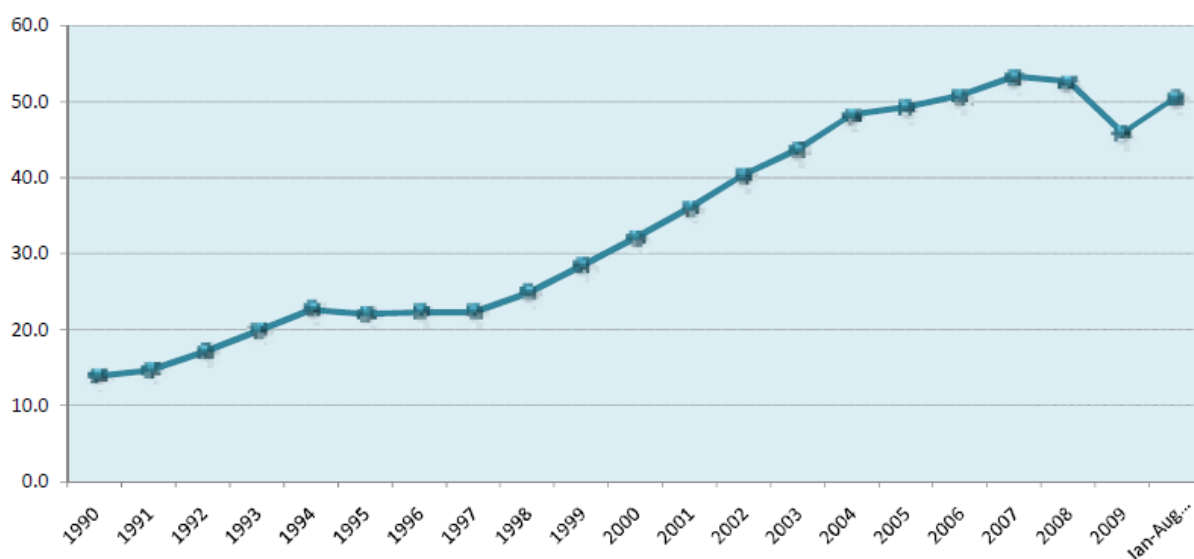
**Slika 4.21** Kretanje prosječnog obujma MSUI novoregistriranih automobila u Zapadnoj Europi

Iz slike 4.21 vidljivo je da se trend porasta radnog obujma motora održao do 2004. godine kad je gotovo dosegno 1750 cm<sup>3</sup>. U to su vrijeme prvi velikoserijski proizvođači, poput VW, započeli s komercijalizacijom manjih turbonabijenih motora čemu su se uskoro priklonili i ostali. Trend nazvan *downsizing* se reflektirao na prodaju već 2007., a posebno 2008. godine čemu je pridonijela i ekonomska kriza te državni poticaji za štedljive automobile.

<sup>2</sup> Zapadna Europa – EU15 + Island, Norveška i Švicarska

### 4.2.3. Metode za poboljšanje učinkovitosti MSUI

Benzinski i dizelski motor neprestano evoluiraju iako različitom dinamikom. Dizelski motor je dugo bio shvaćan isključivo kao radni stroj, bučan i trom, te sasvim neprilagođen potrebama osobnog automobila. Njegov uspon počinje širom primjenom tehnike prednabijanja zraka turbokompresorom početkom 90-ih godina, a potpunu afirmaciju doživljava primjenom tehnike izravnog ubrizgavanja goriva u cilindar iz zajedničkog sabirnika (eng. Common Rail) pod visokim tlakom koji je prva komercijalizirala Alfa Romeo 1997. godine. Te se prijelomne točke vide i na slici 4.22



**Slika 4.22 Udio automobila s dizelskim motorom u ukupnoj prodaji automobila u Zapadnoj Europi**

Benzinski motor je stagnirao u razvoju do sredine prošlog desetljeća, a kad su i na njemu primjenjene iste tehnike kao i kod dizelskog motora, pokazalo se da ima mjesta za napredak. Razvoj i jedne i druge vrste motora pod velikim je pritiskom ekoloških normi s jedne i potrebama tržišta s druge strane te će u nastavku biti istaknute metode koje su primjenjuju u konstrukciji MSUI, a imaju za cilj osigurati mu budućnost u okvirima zakonske regulative vezane uz održivi transport. To su:

- *smanjenje trenja u motoru* obuhvaća postupke izbora materijala, konstrukciju, toplinsku obradu i sve druge tehnike kojima se utječe na tribološka svojstva pokretnih dijelova motora. Najnoviji primjer je tehnologija komercijalnog naziva Nanoslide koju je predstavio Mercedes. Riječ je o elektrolučnom naštrcavanju legure metala na

unutarnju stijenku cilindra. Blok motora je izrađen od laganog aluminijskog lijeva, a košuljica se ne ulaže u otvor cilindra već se sloj koji će biti u kontaktu s klipnim prstenom nanosi naštrcavanjem. Gotovi sloj ima nanokristalnu strukturu, a honanjem se ostvaraju debljina od 0.1 mm s površinom nalik na ogledalo. Ovime se trenje smanjuje za 50% u odnosu na klasične košuljice, masa motora za 4.3 kg i potrošnja za 3% [39]. Za usporedbu, klasične košuljice su debljine do 5 mm

- *Smanjenje radnog volumena* je efikasan način za smanjenje potrošnje goriva i mase motora. Manji motori imaju manje gubitke topline kroz stijenke, manje gubitke punjenja itd. U širem smislu riječ je o trendu (eng. downsizing) koji podrazumijeva supstituciju motora većeg radnog volumena sa turbonabijenim motorima manjeg radnog volumena. Uštede u potrošnji su između 2-12%
- *Prednabijanje zraka* je postupak kojim se povećava snaga motora bez povećanja radnog volumena i brzine vrtnje. Prednabijanjem se povećava stupanj punjenja cilindra tako što kompresor povećava tlak zraka, a hladnjak ga hladi prije ulaska u cilindar. To omogućava izgaranje veće količine goriva što posljedično povećava snagu. S obzirom na to da dizelski motor ima kompresijsko paljenje (nema opasnosti od detonantnog izgaranja) te relativno malu jediničnu snagu, nabijanje zraka je jedini način kako ga se, po pitanju performansi, može učiniti konkurentnim benzinskom motoru. S druge strane, benzinski motor je vrlo osjetljiv na povećanje kompresijskog omjera zbog sklonosti detonantnom izgaranju i kod njega se nabijanje zraka mora kombinirati s drugim tehnikama kako bi rezultat bio veći stupanj korisnosti i manja potrošnja. U motorima za automobile, prednabijanje zraka se uglavnom vrši pomoću:
  - Mehanički pogonjenog centrifugalnog kompresora, tj, kompresora koji dobiva mehaničku energiju izravno s radilice motora. Prednost mu je brzi odziv, niže radne temperature, a nedostatak da «troši» korisnu snagu motora. Koriste ga, na primjer, Mercedes i Nissan
  - Turbokompresora ili turbopunjača gdje je centrifugalni, radijalni kompresor vratilom povezan s turbinom na ispušne plinove. Prednost turbopunjača su male dimenzije, jednostavna



konstrukcija te korištenje otpadne toplinske energije motora, a nedostatak sporiji odziv i visoke radne temperature. Sporiji odziv je danas riješen turbopunjačima male inercije, kombinacijom više turbopunjača (obično dva, no postoje motori i s četiri turbopunjača), zakretnim krilcima turbine, te turbinama s parcijalnim privodom ispušnih plinova (tvz. prednabijanje dinamičkim tlakom)

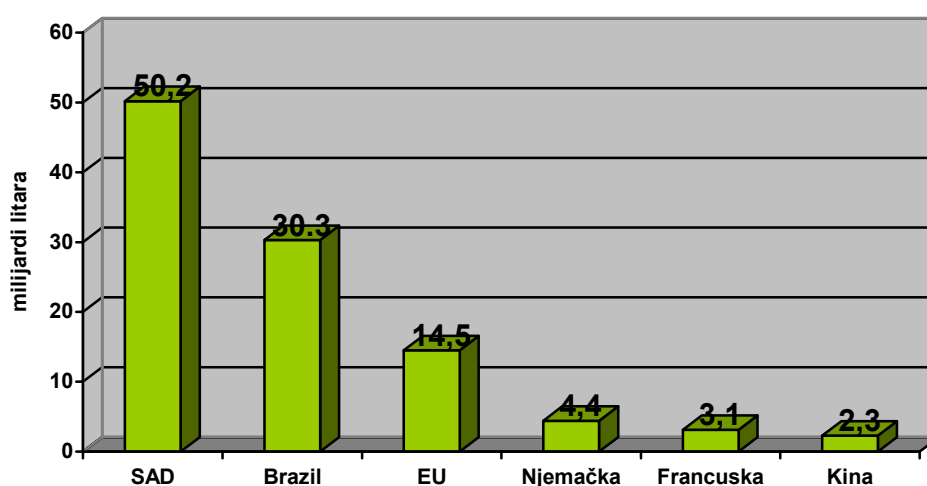
- Kombinacije turbokompresora i mehanički pogonjenog kompresora
- *Izravno ubrizgavanje goriva pod visokim tlakom* omogućuje djelotvorno smanjenje potrošnje i štetnih emisija jer što su tlakovi ubrizgavanja veći gorivo se raspršuje u manje čestice, izmješanost sa zrakom je bolja, a to rezultira potpunijim izgaranjem s manje štetnih emisija i zaostalih krutih čestica. Tlak ubrizgavanja je u stalnom porastu i za dizelske motore danas iznosi oko 2000, a benzinske oko 200 bara. Većina proizvođača koristi sustav zajedničkog sabirnika iz kojeg se gorivo raspoređuje na ventile za ubrizgavanje. Oni su u početku bili elektromagnetski, no povećanje zahtjeva na brzinu i pouzdanost dovelo je do uvođenja piezoelektričnih ventila. Riječ je o ventilima koji rade na principu inverznog piezoelektričnog efekta [40]. Naime, ovdje je primjenjeno svojstvo nekih kristala (kvarc...) da mehaničku energiju pretvaraju u električnu i obratno. Tako će piezoelektrični materijal uslijed mehaničke deformacije generirati napon i obratno. Velika brzina rada omogućuje pet, pa i više otvaranja ventila po ubrizgavanju čime se značajno smanjuje buka, emisija krutih čestica i dušičnih oksida-
- *Regulacija rada ventila* je jedan od najpoznatijih i najkorištenijih postupaka za povećanje stupnja punjenja cilindra. Stupanj punjenja je omjer mase svježeg radne tvari (zrak, goriva smjesa) koja ostane u cilindru nakon zatvaranja usisnog ventila i mase svježeg radne tvari koja bi stala u radni volumen cilindra u atmosferskim uvjetima [37]. U motorima bez regulacije rada ventila, trenutak otvaranja, hod i vrijeme otvorenosti ventila predstavljaju fiksne vrijednosti i posljedica su nepromjenjive konstrukcije razvodnog mehanizma. Ona je kompromis različitih zahtjeva kao što su ravnomjerno

razvijanje snage u cijelom rasponu broja okretaja, ekonomičnost, niska razina buke itd. Uz fiksne parametre razvodnog mehanizma puno je teže optimirati procese u motoru te se stoga sve više teži mehanizmima koji omogućuju regulaciju rada ventila. Do sada su gotovo svi proizvođači predstavili svoju verziju, a neke od najpoznatijih su VTEC (Honda), Valvetronic (BMW), VVT (Toyota), Multiair (Fiat) itd.

#### 4.2.4. Biogoriva

Pojam biogoriva u užem smislu obuhvaća sva kapljevita i plinovita goriva dobivena iz biomase koja se danas smatraju alternativom fosilnim gorivima, a promatrano na razini cjeloživotnog ciklusa imaju zatvoren ugljikov krug. To znači da je količina ugljičnog dioksida koje biljke potroše za svoj rast jednaka količini ugljičnog dioksida koja biva otpuštena u atmosferu tijekom uporabe goriva, tj. izgaranja. Za potrebe ovog rada razmatrat će se samo kapljevita biogoriva - biodizel i bioetanol. Moderna biogoriva se dijele na [41]:

- *Biogoriva prve generacije* su goriva koje se proizvode konvencionalnim postupcima od šećerne trske, uljane repice, biljnog ulja i kukuruza
- *Biogoriva druge generacije* su biogoriva koja se proizvode od bilo kojeg oblika biomase kao što je piljevina, lišće, ostatci kore drveta, trupaca itd.



Slika 4.23 Najveći svjetski proizvođači biogoriva u 2010.

Prošle godine je na svjetskoj razini proizvedeno 105 milijardi litara (oko 93 milijuna tona) biogoriva što pokriva 2.7% ukupnih potreba u transportu. Promatrano na razini pojedinih

država, biogoriva pokrivaju 4% potreba za gorivom u transportu SAD-a, 3% u EU dok se u Brazilu 41.5% potreba za gorivom osobnih i lakih komercijalnih vozila 2010. godine namirilo etanolom dobivenim iz šećerne trske. Također, ukupno gledajući SAD su najveći proizvođač biogoriva, slijede Brazil i zemlje EU [42].

#### 4.2.5. *Bioetanol*

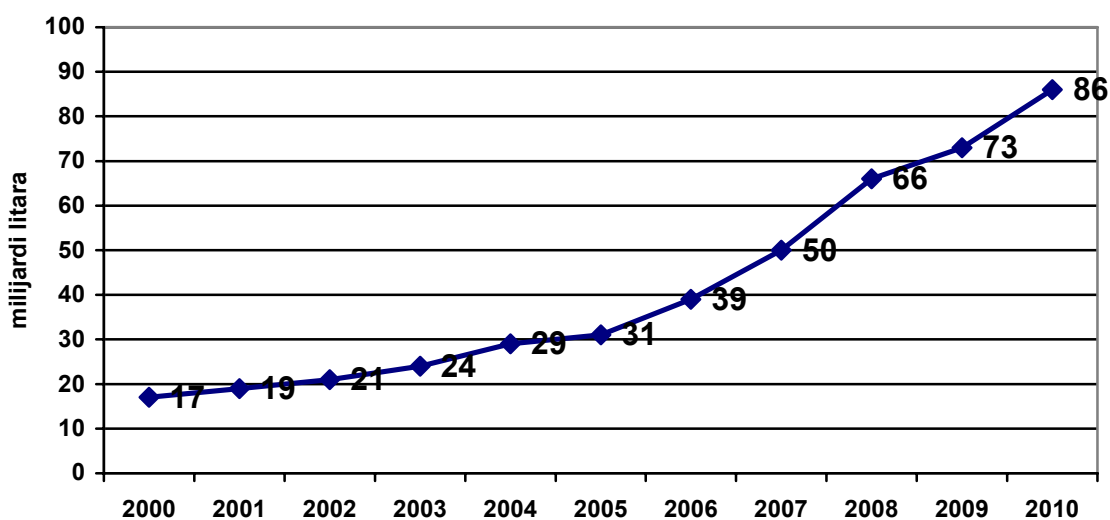
Bioetanol je najraširenije biogorivo na svjetskoj razini. To je etanol koji se proizvodi od biomase i/ili biorazgradivog dijela biomase. Bioetanol i mješavine s benzinom koristile su se kao gorivo od same pojave motora s unutranjim izgaranjem. U Brazilu je komercijalna uporaba bioetanola dobivenog iz šećerne trske započela još 1925. godine, a globalni interes jača 70-ih i 80-ih godina prošlog stoljeća za vrijeme naftne krize. Osim što ima zatvoren ugljikov krug, bioetanol sadrži kisik čime je omogućeno potpunije izgaranje komponenti namještanog benzina i manje emisije ugljičnog monoksida. Bioetanol se koristi kao čisto gorivo ili pomiješan s benzinom u različitim omjerima (E5, E10, E85).

Mješavine s nižim udjelom etanola, do 30%, mogu se u pravilu koristiti kao zamjena benzinu bez dodatnih preinaka na motoru, dok u svim drugim omjerima motor mora biti prilagođen za uporabu etilnog alkohola kao goriva. Sirovine za proizvodnju etanola mogu se podijeliti u tri osnovne skupine [43]:

- *Šećerne sirovine* u koje spada šećerna repa, šećerna trska, voće itd.
- *Škrobne sirovine* u koje spada kukuruz, pšenica, ječam, krumpir itd.
- *Lignocelulozne* u koje spadaju drvo, poljoprivredni ostaci, gradski otpad itd.

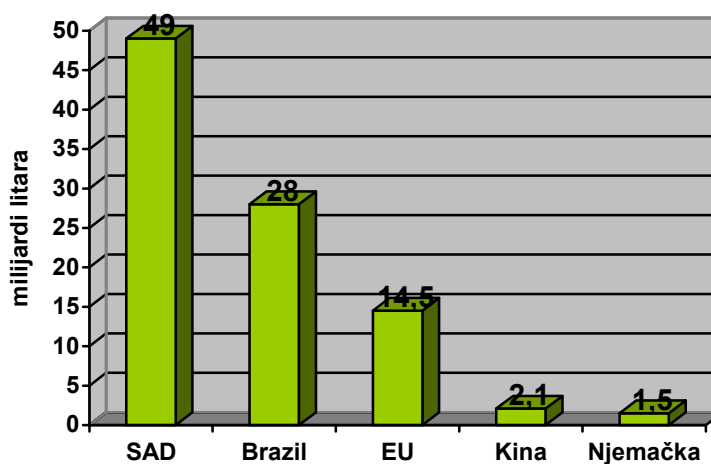
Šećerne sirovine se mogu, pomoću kvasaca, izravno razgraditi metaboličkim putem i takve sirovine ne zahtijevaju skupu pripremu. Sirovine koje sadrže lignocelulozu su ekonomski, socijalno i moralno prihvatljivije, ali je transformacija ovih sirovina do pogodnog oblika za daljnju preradu skupa i za sada neisplativa.

Najveći udio bioetanola danas se proizvodi fermentacijom glukoze iz kukuruznog škroba i saharoze iz šećerne trske. Trend proizvodnje bioetanola bilježi stalan rast. U 2010. godini proizvodnja je porasla za 17% prema 2009. na 86 milijardi litara (oko 76 milijuna tona) .



Slika 4.24 Trend kretanja proizvodnje etanola u svijetu od 2000. godine [42]

Najveći proizvođači su Brazil i SAD s 88% udjela u ukupnoj proizvodnji, dok SAD sam ima 57% udjela. Kina je najveći azijski proizvođač s oko 2 milijarde litara. Najveći porast proizvodnje u EU bilježi Ujedinjeno Kraljevstvo, čak 325% dok su apsolutno gledano najveći proizvođači u EU Njemačka i Francuska.



Slika 4.25 Najveći proizvođači bioetanola u svijetu

U postupcima koje se trenutno koriste za proizvodnju bioetanola, glavninu troškova čine sirovine (oko 60%), a nakon toga slijede troškovi proizvodnje. Općenito gledajući, proizvodnja bioetanola iz šećernih sirovina znatno je jeftinija od proizvodnje iz škrobnih

sirovina. Iako je prinos bioetanola iz kukuruza viši nego iz šećerne repe, zbog manjeg godišnjeg prinosa po hektaru kukuruza, neophodno je zasijavati veće obradive površine [44].

**Tablica 4.4 Prinos etanola iz različitih sirovina**

Sirovina	Prinos etanola, l/t	Prinos sirovine, t/ha
Šećerna trska	70	50
Kukuruz	370	6
Drvo	160	20

S obzirom na to da je riječ o kulturama prvenstveno namijenjenim prehrani, neprestano se vode rasprave o moralnom i etičkom aspektu korištenja biogoriva. S jedne strane se smanjuje ovisnost o fosilnim gorivima i emisija stakleničkih plinova, a s druge strane se kulture namijenjene prehrani i poljoprivredne površine za njihovo uzgajanje koriste za proizvodnju goriva dok gotovo milijarda ljudi na svijetu gladije ili živi na rubu gladi. Također, sumnja se u održivost proizvodnje bioetanola, strahuje za gubitak bioraznolikosti i zaliha pitke vode. Primjerice, ako se za proizvodnju kukuruza 50% potreba za vodom namiruje kišnicom, a ostatak natapanjem, za proizvodnju 1 litre bioetanola potrebno je 860 litara vode [45].

Upravo zbog toga korištenje bioetanola nema dugoročnu perspektivu sa sadašnjim tehnikama proizvodnje. U cilju je komercijalizirati dobivanje bioetanola iz lignocelulozne sirovine kao što su poljoprivredni ostaci, tvrdo drvo, celulozni otpad, biljna biomasa, komunalni čvrsti otpad itd., što bi bioetanol učinilo konkurentnom i društveno prihvatljivom alternativom.

#### **4.2.6. Biodizel**

Uporaba biodizela kao pogonskog goriva u motorima s unutarnjim izgaranjem potječe još od izumitelja dizelskog motora Rudolfa Diesela. On je krajem 19. stoljeća kao pogonsko gorivo koristio ulje kikirikija. Sve do 2. svjetskog rata biljna ulja su se koristila za pogon vozila, no nakon rata su isčezla pod pritiskom politike vodećih industrijskih i naftom bogatih zemalja.

Kao i u slučaju bioetanola, interes za biodizel raste tijekom 70-ih i 80-ih godina prošlog stoljeća kad se njima intenzivno počinju baviti velike zemlje koje su oskudijevale u nafti i koje za vrijeme krize nisu imale alternativnih izvora energije. Tako je u Australiji praktično nastao biodizel kakvog poznajemo danas. SAD i EU su nov način proizvodnje prihvatile kasnije.

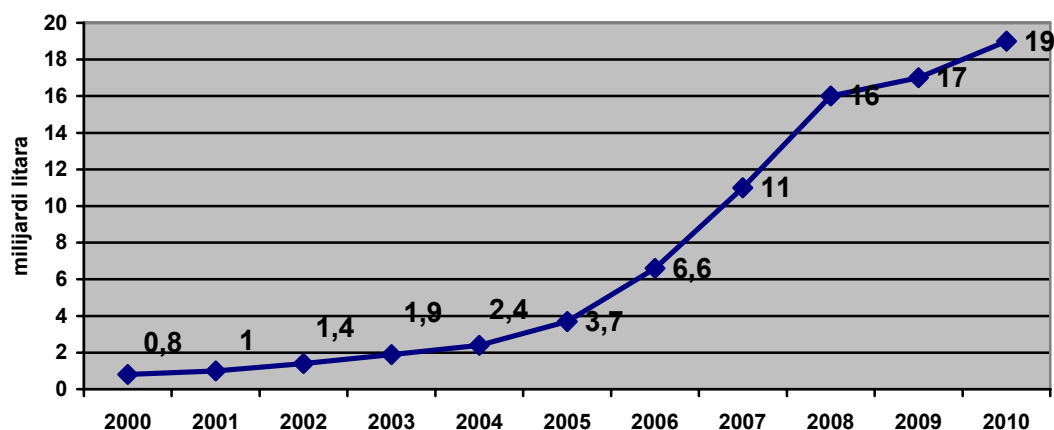
Biodizel je metilni ester masnih kiselina koji se proizvodi od biljnog ili životinjskog ulja i koji ima svojstva dizela [46]. To je obnovljivo i biorazgradivo gorivo koje se može koristiti u svim dizelskim motorima bez gotovo ikakvih preinaka i to kao čisto gorivo ili kao dodatak konvencionalnom dizelskom gorivu. Njegova najvažnija osobina su značajno manje emisije dima i krutih čestica, te ugljičnog dioksida.

Na razini cjeloživotnog ciklusa 1 tona dizelskog goriva ispušta u atmosferu 2.8 tona CO<sub>2</sub>, a biodizel 2.4 tone CO<sub>2</sub> [47]. Prednost biodizela je što će većinu ispuštenog CO<sub>2</sub> biljke apsorbirati u idućem biološkom ciklusu. Osim toga, biodizel ne sadrži sumpor niti teške metale. Ima sličnu ogrjevnu vrijednost kao i konvencionalno dizelsko gorivo i dobra svojstva mazivosti, pa produžava vijek trajanja pokretnih dijelova motora.

Transport biodizela gotovo je potpuno neopasan za okoliš. Naime, vrijeme potrebno da se biodizel potpuno razgradi nakon što dospije u tlo iznosi 20-ak dana, dok razgradnja dizelskog goriva traje godinama. Sve negativne posljedice korištenja biodizela kao goriva proizlaze iz veće viskoznosti biljnih ulja. Zbog toga može doći do otežanog ubrizgavanja goriva, nepravilnog izgaranja i posljedično većih razina štetnih emisija.

Izbor sirovine za proizvodnju biodizela ovisi o udjelu poljoprivrednih kultura u pojedinoj zemlji. Teoretski, kao što je napisano, mogu se koristiti sva biljna ili korištena jestiva ulja i životinjske masti. Međutim, s komercijalnog aspekta trenutačno se isplate jedino biljna ulja i to: repičino, sojino, suncokretovo, palmينو, jatrofino i ulje od kikirikija. Proizvodni proces biodizela gotovo se odvija po jednadžbi: 1 litra ulazne sirovine = 1 litra biodizela, tako da je iskoristivost prerade gotovo 100%. Prinos biodizela je najveći iz palminog ulja (oko 4700 l/ha), a najmanji iz sojinog ulja (oko 600 l/ha).

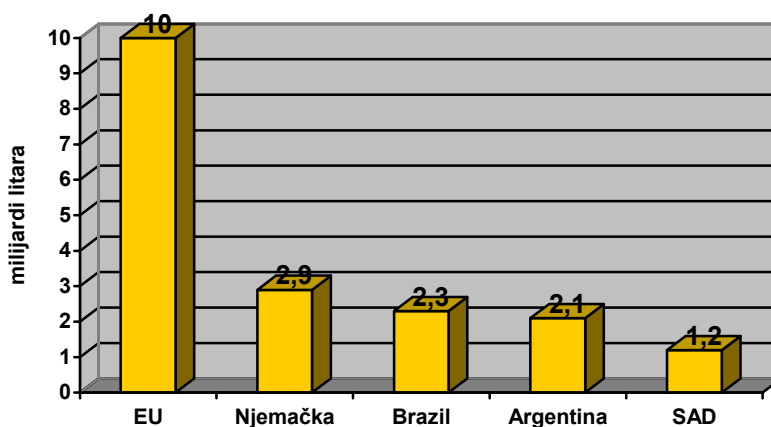
Ukupno gledano, kao sirovine najviše se koriste soja (SAD i Južna Amerika), uljana repica (Europa) te palmينو ulje (Azija). Trend proizvodnje biodizela također bilježi stalan rast. Svjetska proizvodnja biodizela povećala se u 2010. godini za 7.5% na gotovo 19 milijardi litara (oko 17 milijuna tona). Za razliku od bioetanola, proizvodnja biodizela nije toliko koncentrirana, pa je tako 75% ukupne proizvodnje raspoređeno u 10 zemalja.



Slika 4.26 Trend kretanja proizvodnje biodizela od 2000. godine

Europska unija je centar svjetske proizvodnje biodizela s udjelom od gotovo 53%. Ona je i najveći potrošač s obzirom na to da je biodizel najčešće korišteno biogorivo u EU. Unatoč tome, proizvodnja u EU je usporila rast. Tako je sa stope rasta u 2009. godini s 19%, pala na samo 2% u 2010. godini. Prema izvještaju EBB-a, u prva dva kvartala 2011. godine proizvodnja u EU se smanjila, a neke tvornice zatvorile.

Razlozi su jeftiniji uvoz iz zemalja kao što su Argentina i Indonezija. Pojedinačno gledano najveći proizvođač je Njemačka, a nakon nje slijede Brazil, Argentina, Francuska i SAD. Najveći porast proizvodnje bilježe Brazil i Argentina, dok je u SAD proizvodnja pala 40%.



Slika 4.27 Najveći proizvođači biodizela u svijetu

Kao i u slučaju bioetanol, proizvodnja biodizela izaziva kontroverze. Ponajviše zbog toga što se za sadnju kultura za proizvodnju biodizela krče šume i površine predviđene za uzgoj

prehrambenih kultura. Time ne samo da se dovodi u pitanje cijena i raspoloživost hrane, već upitna postaje i bilanca ugljičnog dioksida. Drastičan primjer je proizvodnja palmina ulja u jugoistočnoj Aziji. U Maleziji i Indoneziji proteklih je godina spaljeno na tisuće četvornih kilometara tropskih šuma zbog plantaža namijenjenih uzgoju palmi čime su u zrak otpuštene goleme količine ugljičnog dioksida.

Zato naglasak treba staviti na kulture koje nemaju vrijednost na tržištu hrane. Takva je jatrofa, biljka koja se ne koristi u prehrambene svrhe, ne zahtijeva gnojidbu ni uporabu pesticida, vrlo je otporna na klimatske uvjete i ne zahtijeva previše vode. Također, u posljednje vrijeme se sve više spominju alge. Rastu 50 do 100 puta brže od prehrambenih kultura, a ne zathjevaju pitku vodu niti zemljište da bi rasle. Najveća prepreka je velika potreba za gnojivom zbog čega ukupna bilanca CO<sub>2</sub> nije toliko povoljna. Mnogo se očekuje i od biodizela druge generacije koji bi se mogao proizvesti iz bilo kojeg oblika biomase.

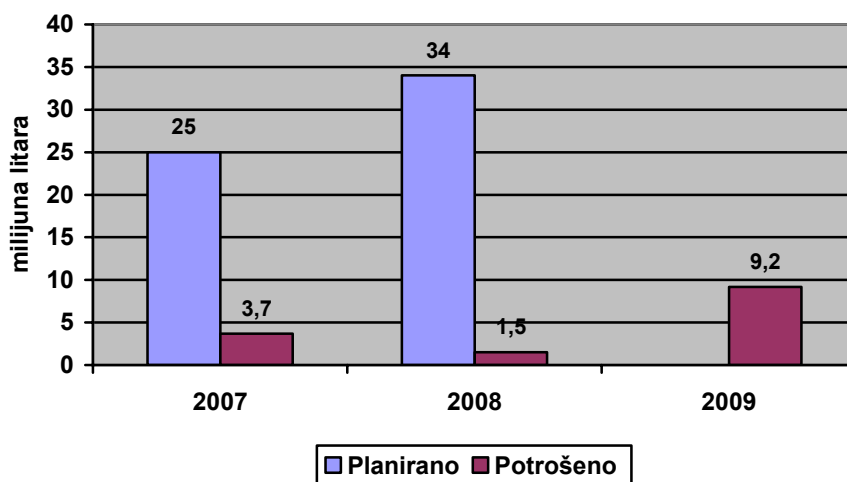
#### **4.2.7. Stanje na tržištu biogoriva i mogućnosti proizvodnje biogoriva u Hrvatskoj**

Kroz proces pridruživanja EU Vlada Republike Hrvatske je 2005. godine donijela Uredbu o kakvoći biogoriva kojem je odredila da se 2007. godine biogoriva stave u promet na domaćem tržištu. Slijedeći smjernice, tada još važeće, Smjernice 2003/30/EZ o promociji korištenja biogoriva određen je i nacionalni indikativan cilj od 5.75% obnovljivih goriva u ukupnoj godišnjoj potrošenoj količini goriva u prometu do kraja 2010. godine ili ukupno oko 178 milijuna litara (oko 157 000 tona).

U svrhu ostvarivanja nacionalnog cilja Republika Hrvatska se obvezala 2007. godine u promet staviti 25 milijuna litara (22 000 tona) biogoriva ili 0.9% od ukupne godišnje količine goriva potrošenog u prometu. Za 2008. godinu taj je udjel povećan na 1.21% ili 34 milijuna litara biodizela. Međutim, kvote nisu niti približno dostignute [Slika 4.28.] i trebalo je utvrditi nove ciljeve. Kad je 2009. godine donešen Zakon o biogorivima za prijevoz određeno je da će se Nacionalnim akcijskim planom poticanja i korištenja biogoriva u prijevozu odrediti novi nacionalni cilj udjela biogoriva u prijevozu.

Tako je novi ciljani udio obnovljivih izvora energije u ukupnoj potrošnji energije u prijevozu 2020. godine 10% od čega 9.18% otpada na biogoriva, a 0.82% na električnu energiju iz obnovljivih izvora.





**Slika 4.28 Planirana i stvarna potrošnja biogoriva u RH**

Kao što je vidljivo iz slike 4.28 do 2010. godine proizvedeno je ukupno oko 14.4 milijuna litara biogoriva od planiranih više od 170 milijuna i jasno je kako će Republika Hrvatska morati uložiti značajne napore kako bi dostigla čak i nove, umanjene ciljeve, do 2020. godine.

Europska komisija ne uvjetuje domaću proizvodnju biogoriva za ostvarivanje nacionalnog cilja, što znači da se potrebne količine mogu namiriti i uvozom. To ne bi bilo dobro rješenje za domaće gospodarstvo i poljoprivredu. Stoga je nužno ojačati i poticati domaću proizvodnju biogoriva.

Prvi pogon za proizvodnju biogoriva u Republici Hrvatskoj pokrenut je u sastavu tvrtke MODIBIT d.o.o. iz Ozlja i s proizvodnjom je započeo u svibnju 2006. godine. Pogon je originalno zamišljen za proizvodnju 10 000 t/godišnje, no tijekom izgradnje dograđen je na konačan kapacitet od 22 000 t/godišnje. Osim toga, postoje još dva pogona tako da je ukupni kapacitet proizvodnje u 2010. godini bio 69.000 tona. Dva pogona kao sirovinsku osnovu koriste ulje uljarica dok jedan pogon koristi otpadno jestivo ulje [18]. Najveći proizvođač je Biodizel Vukovar d.o.o. Proizvodnja bioetanolu za korištenje u prijevozu, za sada ne postoji.

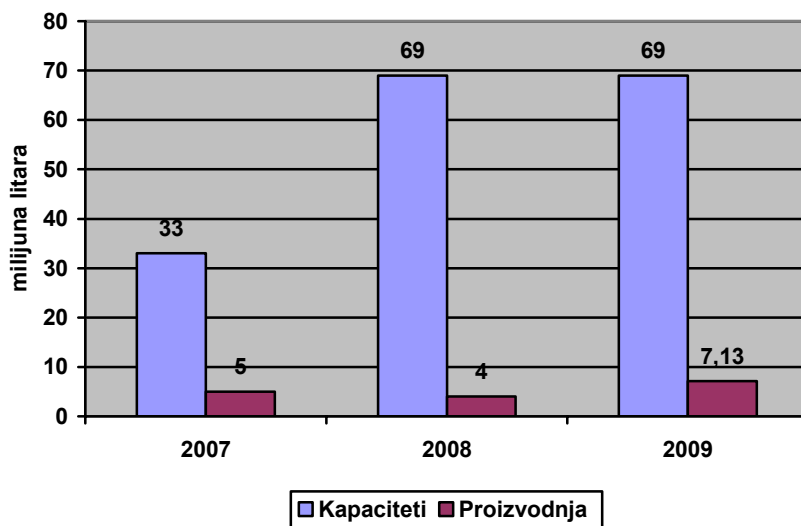
Raspoloživi domaći kapaciteti proizvodnje biogoriva mogu podmiriti potrebe do 2014. godine. Problem je što domaći distributeri ne stavljaju biodizel i mješavine na tržište, djelomično zbog tehničkih ograničenja, a djelomično zbog vrlo slabog interesa javnosti koja nije dovoljno informirana o prednostima i nedostacima uporabe biogoriva. Zato, ionako slaba

proizvodnja većim dijelom završava u izvozu. Pri tom, paradoksalno, Republika Hrvatska uvozi biodizel.

Pregled tvrtki koje proizvode i koje planiraju proizvoditi biogoriva dan je u tablici 4.5

**Tablica 4.5 Postojeći i planirani kapaciteti proizvodnje biogoriva [48]**

Naziv tvrtke	Kapacitet, t/godišnje	Sirovina	Gorivo
U pogonu			
Biodizel Vukovar d.o.o.	35.000	Uljana repica	Biodizel
Biotron d.o.o.	20.000	Uljana repica	Biodizel
Vitrex d.o.o.	6000	Otpadno ulje	Biodizel
U pripremi			
OGV, Varaždin	20.000	-	Biodizel
BIONA, Koprivnica	100.000	-	Biodizel
INGRA, Slavonski Brod	150.000	-	Biodizel
KEPOL, Zadar	60.000	-	Biodizel
Etanol, Osijek	145.000	-	Bioetanol



**Slika 4.29 Odnos instaliranih kapaciteta i stvarne proizvodnje**

Kako bi se dostigao cilj od 9.18% udjela biogoriva u transportu do 2020. godine, potrebno je korištenje dodatnih poljoprivrednih površina za nasade sirovine potrebne za proizvodnju biogoriva. Naime, Strategijom energetskeg razvoja RH, postavljen je cilj da se ukupna potrebna količina biogoriva proizvede iz domaćih poljoprivrednih sirovina, tj. uljane repice te

šećerne repe i/ili kukuruza. Kako bi se odredile potrebne poljoprivredne površine za proizvodnju sirovine, izvršena je analiza za dva različita scenarija prinosa zasade poljoprivredne kulture [18].

Prvi scenarij pretpostavlja da poljoprivredna djelatnost stagnira u razvoju. Zato se uzima da su prosječni prinosi uljane repice, šećerne repe i kukuruza u razdoblju od 2011. do 2020. godine jednaki prosječnim prinosima u periodu od 1999. do 2008. godine. Drugi scenarij pretpostavlja napredak poljoprivredne djelatnosti, tj. kontinuirano povećavanje prinosa što rezultira sa smanjenjem potrebnih poljoprivrednih površina za proizvodnju sirovina.

Kako bi se dostigao cilj od 9.18% biogoriva u prijevozu do 2020. godine, u slučaju prvog scenarija potrebno je zasaditi 177 tisuća hektara uljane repice, 11 tisuća hektara šećerne repe ili 17 tisuća hektara kukuruza, dakle ukupno od 190 do 195 tisuća hektara. Za drugi scenarij, ove se površine znatno smanjuju te je za dostizanje cilja potrebno zasaditi oko 139 tisuća hektara uljane repice, 8 tisuća hektara šećerne repe ili 13 tisuća hektara kukuruza dakle ukupno od 147 do 152 tisuće hektara.

Prema podacima DZS-a, u 2010. godini je za biljnu proizvodnju korišteno ukupno 1.33 milijuna hektara poljoprivrednih površina. S obzirom na to da je ukupna površina poljoprivrednog zemljišta oko 1.6 milijuna hektara, 300 tisuća hektara koje se ne koristi predstavlja moguću površinu za uzgoj kultura namijenjenih proizvodnji biodizela. To bi u slučaju uljane repice i šećerne repe značilo višestruko povećanje proizvodnje, za razliku od kukuruza koji se posljednjih desetak godina proizvodi na oko 300 tisuća hektara. Problem je što se ne zna pravo stanje tih 300 tisuća hektara, tj. pretpostavlja se da bi se oko 150 tisuća doista i moglo iskoristiti za poljoprivrednu proizvodnju.

**Tablica 4.6 Veličina obrađenih površina u 2010. godini pod pojedinim prehrambenim kulturama**

<b>Kultura</b>	<b>Površina, tisuća ha</b>	<b>Prinos t/ha</b>
Kukuruz	297	7.0
Šećerna repa	24	52.4
Uljana repica	16	2.0

## 5. OCJENJIVANJE POJEDINE VRSTE VOZILA

U nastavku je opisana proračunska metoda pomoću koje možemo kvantificirati svojstva pojedinih vrsta vozila. Prvo se odaberu bitna svojstva vozila u pogledu eksploatacijskih značajki, klimatskog utjecaja, troškova itd., a zatim ih se rangira po važnosti. Kvantitativni kriterij za odabir vrste vozila dobije se zbrajanjem ocjena svih pojedinačnih svojstava za odabranu vrstu vozila (RM). Ocjena pojedinačnog svojstva je umnožak koeficijenta važnosti svojstva (KN) i ocjene vozila u odnosu na to svojstvo (OM)<sub>N</sub>.

**Tablica 5.1 Općeniti tablični prikaz ocjenjivanja vrste vozila**

	Vozilo 1	Vozilo 2	Vozilo 3	Vozilo 4	Vozilo M
Svojstvo 1	$K1 \cdot (O1)_1$	$K1 \cdot (O2)_1$	$K1 \cdot (O3)_1$	$K1 \cdot (O4)_1$	$K1 \cdot (OM)_N$
Svojstvo 2	$K2 \cdot (O1)_2$	$K2 \cdot (O2)_2$	$K2 \cdot (O3)_2$	$K2 \cdot (O4)_2$	$K2 \cdot (OM)_N$
Svojstvo 3	$K3 \cdot (O1)_3$	$K3 \cdot (O2)_3$	$K3 \cdot (O3)_3$	$K3 \cdot (O4)_3$	$K3 \cdot (OM)_N$
Svojstvo 4	$K4 \cdot (O1)_4$	$K4 \cdot (O2)_4$	$K4 \cdot (O3)_4$	$K4 \cdot (O4)_4$	$K4 \cdot (OM)_N$
Svojstvo 5	$K5 \cdot (O1)_5$	$K5 \cdot (O2)_5$	$K5 \cdot (O3)_5$	$K5 \cdot (O4)_5$	$K5 \cdot (OM)_N$
Svojstvo N	$KN \cdot (O1)_N$	$KN \cdot (O2)_N$	$KN \cdot (O3)_N$	$KN \cdot (O4)_N$	$KN \cdot (OM)_N$
Suma	R1	R2	R3	R4	RM

Gdje su:

$K1, K2, K3, K4, \dots, KN$	koeficijent važnosti svojstva (0-1)
$(O1)_1$	ocjena pogona 1 za svojstvo 1 (1-10)
$(OM)_N$	ocjena pogona M za svojstvo N (1-10)
$R1, R2, R3, \dots, RM$	konačna ocjena pogona za zadana svojstva

Zbroj koeficijenta važnosti svojstva jednak je 1 ( $K1+K2+\dots+KN=1$ ). Za određivanje ocjene pogona odredi se gornja i donja granična vrijednost tog svojstva i tada se dodjeljuju ocjene s obzirom na donju i gornju granicu koje ujedno predstavljaju ocjene 0 i 10.

Najbolje vozilo će biti ono koje ima najveću konačnu ocjenu. Metoda ocjenjivanja nije objektivna metoda jer ne postoje egzaktni kriteriji vrednovanja koeficijenata važnosti i

pojedinih svojstava, već se vrednovanje zasniva na subjektivnoj procjeni koeficijenta važnosti i ocjena svojstva za svaki pojedini pogon. Zato se koristi za odbacivanje pogona s najlošijim ocjenama.

Za potrebe ovog rada odabrano je deset glavnih svojstava koje utječu na razvoj i buduću zastupljenost pojedine vrste vozila i to u gradskoj i kompaktnoj klasi osobnih vozila. To su: maksimalna brzina, doseg nakon obnove zalihe energije, brzina obnove zalihe energije, emisija ugljičnog dioksida tijekom korištenja, ukupna bilanca ugljičnog dioksida, ukupni stupanj korisnosti, nabavna cijena, cijena potrošene energije, cijena održavanja i cijena infrastrukture.

*Svojstvo 1 - maksimalna brzina vozila – koeficijent važnosti 0.05*

**Tablica 5.2 Ocjena maksimalne brzine vozila**

Vrsta vozila	Maksimalna brzina, km/h	Ocjena
Vozila s MSUI, fosilna goriva	160-220	9
Vozila s MSUI, biogoriva	160-220	9
HV	160-180	8
BV	80-120	4
EMV, gorivni članak	80-180	5

*Svojstvo 2 - doseg vozila nakon obnove zalihe energije – koeficijent važnosti 0.1*

**Tablica 5.3 Ocjena dosega vozila nakon obnove zalihe energije**

Vrsta vozila	Doseg, km	Ocjena
Vozila s MSUI, fosilna goriva	600-800	7
Vozila s MSUI, biogoriva	500-700	6
HV	400-800	6
BV	100-200	2
EMV, gorivni članak	300-700	5

Svojstvo 3 - brzina obnavljanja zaliha energije – koeficijent važnosti 0.08

**Tablica 5.4 Ocjena brzine obnavljanja zaliha energije**

Vrsta vozila	Brzina obnavljanja energije, min	Ocjena
Vozila s MSUI, fosilna goriva	1-5	10
Vozila s MSUI, biogoriva	1-5	10
HV	1-5; 30-180 <sup>3</sup>	5
BV	30-360	3
EMV, gorivni članak	2-5	10

Svojstvo 4 - emisija CO<sub>2</sub> tijekom korištenja vozila – koeficijent važnosti 0.1

**Tablica 5.5 Ocjena emisija CO<sub>2</sub> tijekom korištenja vozila**

Vrsta vozila	Emisija CO <sub>2</sub> , g/km	Ocjena
Vozila s MSUI, fosilna goriva	130-160	2
Vozila s MSUI, biogoriva	140-170	2
HV	90-120	4
BV	0	10
EMV, gorivni članak	0	10

Svojstvo 5 - ukupna bilanca CO<sub>2</sub> – koeficijent važnosti 0.2

**Tablica 5.6 Ocjena ukupne bilance CO<sub>2</sub>**

Vrsta vozila	Bilanca CO <sub>2</sub> , g/km	Ocjena
Vozila s MSUI, fosilna goriva	> 250	1
Vozila s MSUI, biogoriva	~ 0	10
HV	> 160	4
BV	~ 0 <sup>4</sup>	10
EMV, gorivni članak	~ 0 <sup>5</sup>	10

<sup>3</sup> Vrijeme punjenja baterije

<sup>4</sup> Vrijedi za slučaj kada električnu energiju dobivamo iz obnovljivih izvora

<sup>5</sup> Vrijedi za slučaj kada električnu energiju za elektrolizu dobivamo iz obnovljivih izvora

Svojstvo 6 - cjeloživotni stupanj korisnosti – koeficijent važnosti 0.08

**Tablica 5.7 Ocjena cjeloživotnog stupnja korisnosti**

Vrsta vozila	Stupanj korisnosti, %	Ocjena
Vozila s MSUI, fosilna goriva	25	3
Vozila s MSUI, biogoriva	12	2
HV	30	4
BV	69	7
EMV, gorivni članak	24	3

Svojstvo 7 - tržišna cijena vozila – koeficijent važnosti 0.13

**Tablica 5.8 Ocjena tržišne cijene vozila**

Vrsta vozila	Nabavna cijena, €	Ocjena
Vozila s MSUI, fosilna goriva	~15.000	8
Vozila s MSUI, biogoriva	~15.000	8
HV	~20.000	7
BV	~30.000	6
EMV, gorivni članak	~50.000	4

Svojstvo 8 – troškovi energije na 100 km – koeficijent važnosti 0.08

**Tablica 5.9 Ocjena troškova energije na 100 km [62]**

Vrsta vozila	Cijena energije, €	Ocjena
Vozila s MSUI, fosilna goriva	10	5
Vozila s MSUI, biogoriva	9	5
HV	5	7
BV	1	10
EMV, gorivni članak	16.6 <sup>6</sup>	2

<sup>6</sup> Cijena 1 kg vodika

*Svojstvo 9 – troškovi održavanja – koeficijent važnosti 0.08*

**Tablica 5.10 Ocjena troškova održavanja [62]**

Vrsta vozila	Cijena održavanja, €	Ocjena
Vozila s MSUI, fosilna goriva	3000	1
Vozila s MSUI, biogoriva	3000	1
HV	2900	2
BV	2300	8
EMV, gorivni članak	2800	3

*Svojstvo 10 - troškovi potrebne infrastrukture po vozilu – koeficijent važnosti 0.1*

**Tablica 5.11 Ocjena troškova potrebne infrastrukture po vozilu [62]**

Vrsta vozila	Cijena infrastrukture, €	Ocjena
Vozila s MSUI, fosilna goriva	~500	9
Vozila s MSUI, biogoriva	~500	9
HV	~1400	5
BV	~2500	1
EMV, gorivni članak	~2200	2



Tablica 5.12 Konačni rezultati ocjenjivanja

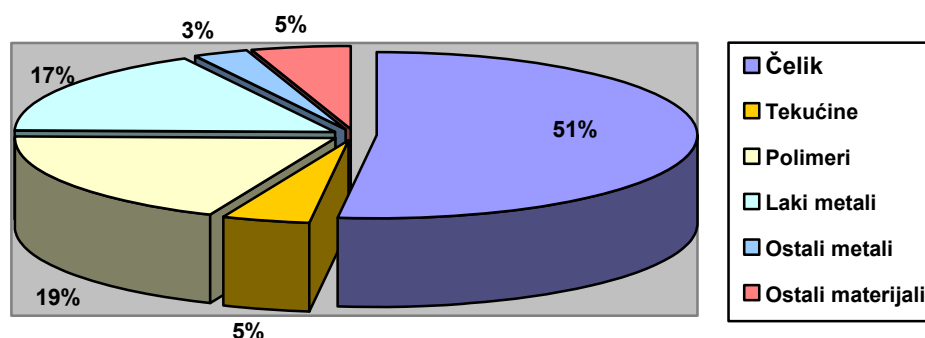
Svojstvo	Vozila s MSUI, fosilna goriva	Vozila s MSUI, biogoriva	HV	BV	EMV, gorivni članak
Maksimalna brzina	0.45	0.45	0.4	0.2	0.25
Doseg	0.7	0.6	0.6	0.2	0.5
Punjenje	0.8	0.8	0.4	0.24	0.8
Emisija CO <sub>2</sub>	0.2	0.2	0.5	1	1
Ukupna bilanca CO <sub>2</sub>	0.2	2	0.8	2	2
Stupanj korisnosti	0.24	0.16	0.32	0.56	0.24
Cijena	1.04	1.04	0.91	0.78	0.52
Cijena energije	0.4	0.4	0.56	0.8	0.16
Cijena održavanja	0.08	0.08	0.16	0.64	0.24
Cijena infrastrukture	0.9	0.9	0.5	0.1	0.2
Ukupno	5.01	6.63	5.15	6.52	5.91

Najslabiju ukupnu ocjenu ima vozilo s MSUI na fosilna goriva što se donekle moglo i očekivati s obzirom na to da je koeficijent s najvećom važnošću vezan uz ukupnu bilancu CO<sub>2</sub>, a negativna ukupna bilanca CO<sub>2</sub> je najveći nedostatak vozila s MSUI. Najbolju ocjenu pak imaju vozila s MSUI na biogoriva, no treba naglasiti da je u proračunu uzeta u obzir održiva proizvodnja biogoriva, dakle proizvodnja koja isključuje krčenje i paljenje bioraznolikih površina za sadnju uljarica čime se u zrak mogu otpustiti znatno veće količine stakleničkih plinova od onih dobivenih izgaranjem fosilnih goriva u MSUI. Dobar izbor su i BV, posebno kad se električna energija za punjenje baterija dobiva iz obnovljivih izvora. Najveći nedostatak su doseg, eksploatacijske karakteristike i potrebna kapitalna ulaganja u infrastrukturu koja nadmašuju ona potrebna za gradnju punionica vodika. HV imaju relativno nisku ocjenu što se može objasniti činjenicom da je ocjenjivanje radeno za automobile gradske klase i kompaktne klase automobila, pa koeficijent važnosti vezan uz doseg nije visok. Da je riječ o vozilima srednje i viših klasa, doseg bio bio znatno važnije svojstvo i HV bi bila bolje ocijenjena. Stoga se može zaključiti kako su BV bolja kao gradska vozila, a HV kao vozila za dulje relacije. Vozila s MSUI imaju perspektivu jedino uz obnovljiva goriva.

## 6. PRIKAZ NAJZASTUPLJANIJIH MATERIJALA U PROIZVODNJI AUTOMOBILA I DIJELOVA

### 6.1. Metalni materijali

S obzirom na zahtjeve za smanjenjem potrošnje goriva i štetnih emisija uz istovremeno zadržavanje performansi, izbor odgovarajućih materijala za konstrukciju automobila danas predstavlja daleko veći izazov nego prije 30-ak godina. Najzastupljeniji konstrukcijski materijal u velikoserijskoj proizvodnji je i dalje čelik iako sve više raste udio aluminijskih legura, legura drugih lakih metala i polimernih kompozita. Maseni udio čelika kod prosječnog europskog automobila se kreće između 55% i 60%. Takav relativno veliki udio čelik je uspio sačuvati zahvaljujući stalnom razvoju jer je, primjerice, više od 50% novih i poboljšanih vrsta čelika za primjenu u autoindustriji predstavljeno u posljednjih 20-30 godina.



Slika 6.1 Udio pojednih vrsta materijala u Audiju A6 [49]

Danas se najčešće upotrebljavaju čelici povišene čvrstoće, a cilj njihove primjene je putem boljih mehaničkih svojstava (više granice razvlačenja i vlačne čvrstoće) smanjiti nosive presjeka dijelova automobila za jednaka opterećenja što dovodi do smanjenja mase i posljedično manjeg utroška energije za pokretanje automobila. Uglavnom se upotrebljavaju sitnozrnati, mikrolegirani čelici, tzv. HSLA (eng. High Strength Low Alloyed) čelici. Maseni udio ugljika se kreće između 0.05% i 0.25% čime zadržavaju dobru tehnološkičnost, tj. oblikovljivost i zavarljivost. Od drugih legiranih elemenata sadrže do 2% mangana, a dodaju se još bakar, nikal, krom itd. Očvršnuće se postiže dodavanjem malih količina disperzoidnih elemenata kao što su Nb, V i Ti.

Aluminijske legure su najperspektivnija alternativa čeliku u primjenama u autoindustriji, a revoluciju na tom planu napravio je Audi čiji je model A8 bio prvi velikoserijski automobil

visoke klase čija je karoserija u potpunosti izrađena od aluminijskih legura. Prosječan europski automobil danas sadrži oko 70 kg aluminija, što je dvostruko više nego 1980. godine. Tehnički aluminij se zbog slabih mehaničkih svojstava u autoindustriji upotrebljava samo u dekorativne svrhe, dok se primjerice, kotači, karoserijski dijelovi ili dijelovi motora izrađuju od legirnim elementima očvrnutog aluminija. Najznačajniji legirni elementi su bakar, magnezij, silicij, te cink, a o njihovim masenim udjelima ovise i svojstva legura. Od aluminijskih legura najčešće se izrađuju blok i glava motora, kotači, poklopac motora, kućišta mjenjača, turbopunjača itd. Najveći nedostatak je skuplja proizvodnja s većim utroškom energije, zahtjevnije zavarivanje, teže rukovanje zbog veće opasnosti od oštećenja i složeniji proces recikliranja nego što je to slučaj s čeličnim dijelovima. Također, automobil izrađen većim dijelom od aluminijskih legura zahtjeva posebnu opremu i obučenu radnu snagu za popravak dijelova, što poskupljuje održavanje.

Sve više proizvođača danas u proizvodnji nastoji iskoristiti najbolja svojstva čelika i aluminija. To se postiže tzv. hibridnim konstrukcijama kod kojih se, na primjer, prednji, teži kraj automobila izrađuje od aluminijskih legura, a stražnji, lakši kraj od čelika. Na taj se način postiže ravnomjerna raspodjela mase automobila i bolja dinamička svojstva u vožnji.



Slika 6.2 Udio čeličnih i aluminijskih dijelova na Audiju TT [49]

Osim aluminija, najzastupljeniji laki metali u proizvodnji automobila su titan i magnezij. Tehnički primjenjive su uglavnom njihove legure, titanove zbog dobrih mehaničkih svojstava

pri povišenim i visokim temperaturama te manje gustoće od čelika. Zbog svoje korozijske i oksidacijske postojanosti titanove legure se najčešće upotrebljavaju za izradu dijelova ispušnog sustava, a zbog mehaničkih svojstava za izradu mehanički najopterećenijih dijelova motora kao što su klipovi, klipnjače, itd. Magnezij po svojim svojstvima konkurira aluminiju, ima malu gustoću, dobro je obradiv i livljiv, međutim ograničavajući faktor u primjeni je gornja temperaturna granica uporabe koja ne prelazi 350 °C. Za sada se koristi uglavnom za izradu dijelova za podmazivanje motora, na primjer, suhog kartera ili pak kućišta motora.

U posljednjih 40 godina izvode se brojni pokušaji pjenjenja metala ili proizvodnje porozne metalne strukture koja bi svojim svojstvima oponašala prirodne strukture kao što su drvo, kamen, kost, koralj itd. Do značajnijeg napretka u medotama i troškovima proizvodnje došlo je u posljednjih desetak godina. Za sada se metalne pjene najviše rade na bazi aluminijskih, niklovih, cinkovih, magnezijevih i titanovih legura. Osnovna svojstva su im: niska gustoća, relativno visoka krutost, dobra izolacijska svojstva, negorivost i izvrsna apsorpcija udarne energije. Metalne pjene se u autoindustriji uglavnom koriste za izradu oplata i okvira čime se masa automobila može smanjiti do 20%. Također, koriste se kao zvučni izolator između motornog prostora i kabine, a budući da aluminijske pjene imaju vrlo dobru sposobnost apsorpcije energije udarca od njih se mogu izrađivati branici i konstrukcijski dijelovi naizloženi u sudarima [50].

## **6.2. Polimerni i kompozitni materijali**

Od svih tehničkih materijala, polimeri bilježe najveći rast proizvodnje. Danas postoji više od 10 000 komercijalnih tipova polimernih materijala, a maseni udio plastičnih materijala kod prosječnog automobila iznosi oko 120 kg. Prednosti u primjeni ove skupine materijala jesu: mala gustoća, korozijska i kemijska postojanost, laka oblikovljivost, dobra klizna svojstva i druga specifična svojstva. Radi navedenih svojstava zamjenjuju metale, naročito Al, Cu i Mg legure i nehrđajuće čelike [51]. Najveći dio proizvodnje čini nekoliko vrsta plastomera kao što su poli(etilen) - PE, polipropilen - PP, polistiren - PS i poli(vinil-klorid) – PVC. Također, upotrebljavaju se i polimerni kompoziti. Za potrebe autoindustrije najčešće vrste su:

- *Staklenim vlaknima ojačani polimerni kompoziti*
- *Ugljičnim vlaknima ojačani polimerni kompoziti*

## 7. PROCJENE TRŽIŠNIH UDJELA POJEDINIH VRSTA VOZILA TEMELJEM ANALIZE ISHODA ZAMIŠLJENIH SCENARIJA

Procjena tržišnih udjela pojedinih vrsta vozila izvršit će se analizom rezultata nekoliko različitih scenarija koji predviđaju udio pojedinih vrsta vozila, a čiji su autori nezavisne analitičke kompanije, naftne kompanije, proizvođači automobila i udruge za promicanje održivog razvoja. Osim toga, prikazat će se osnovni pokretački mehanizmi koji određuju dinamiku razvoja pojedinih vrsta vozila.

Rezultati analize će biti jedan od temelja za procjenu konkurentnosti hrvatske autoindustrije, a mogu poslužiti i kao podloga za donošenje odluke o investiranju u pojedina poduzeća ili odluke poduzeća da sama uđu u novi investicijski ciklus kako bi ostala konkurentna u budućnosti, posebno s obzirom na ulazak Republike Hrvatske u EU.

### 7.1. Prepoznavanje i definiranje osnovnih pokretačkih mehanizama

Osnovni pokretački mehanizmi koji oblikuju svjetsku energetska budućnost su: mogućnosti opskrbe energijom, potražnja za energijom i ekološke posljedice korištenja energije. Na temelju ove hipoteze može se pretpostaviti da će osnovni pokretački mehanizmi budućeg razvoja različitih vrsta vozila i izvora energije biti: demografska kretanja, kretanje stope BDP-a, kretanje cijena sirove nafte, kretanje cijena biogoriva, alternativnih pogona i kretanje ukupnog broja putničkih vozila.

#### 7.1.1. Demografska kretanja

Broj stanovnika, kao najvažnije demografsko obilježje, snažno utječe na rast potražnje za energijom. S aspekta autoindustrije, osim ukupnog broja stanovnika, važna su i neka druga demografska kretanja. To su primjerice broj stanovnika koji imaju pristup komercijalnim oblicima energije, stupanj motoriziranosti stanovništva, kao i odnos ruralnog i urbanog stanovništva. Prema procjenama UN-a na svijetu je u 2011. živjelo 7 milijardi ljudi [52]. UN predviđa četiri scenarija porasta broja stanovnika do 2100. godine ovisno o stopi fertiliteta<sup>7</sup>. Prema scenariju koji uzima u obzir srednju stopu fertiliteta<sup>8</sup>, ukupan broj stanovnika povećat

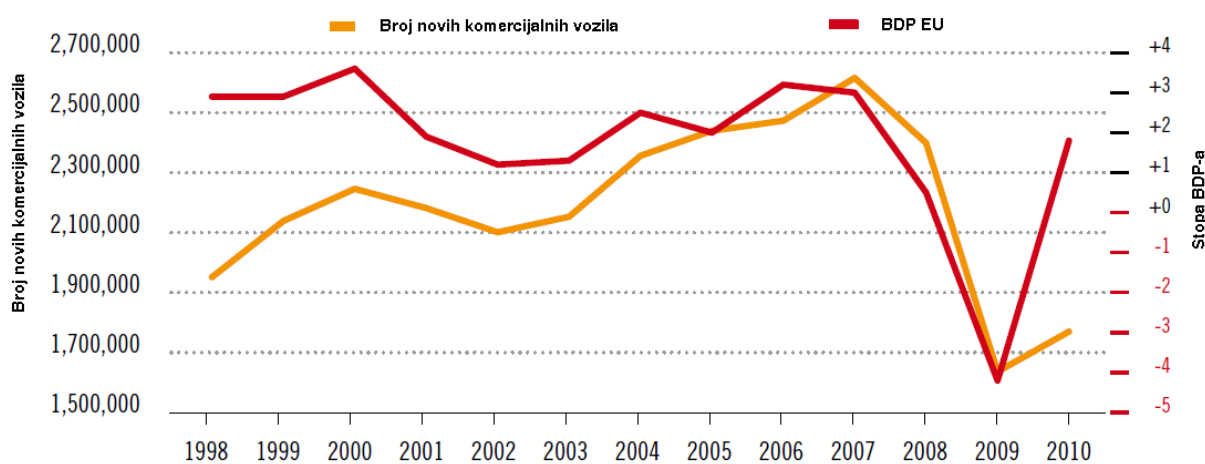
<sup>7</sup> Stopa fertiliteta - ostvarena plodnost, učestalost rađanja u ukupnom ženskom stanovništvu u fertilnoj (generativnoj) dobi života (između 15 i 49 godina) na određenom području

<sup>8</sup> Srednja stopa fertiliteta = 2.1 djeteta po majci

će se na 9.3 milijarde do 2050. i 10.1 milijardu do 2100. godine. Broj stanovnika do 2030. godine povećat će se: uz srednju stopu fertiliteta za 19%, uz višu stopu fertiliteta za 26%, a uz nižu stopu fertiliteta za 11%.

### 7.1.2. Kretanje stope BDP-a

Bruto domaći proizvod je najvažnji makroekonomski pokazatelj. Rastom BDP-a pada nezaposlenost, raste kupovna moć građana i potražnja za robom i uslugama [53]. To konkretno znači ne samo rast prodaje automobila, već i otvorenost kupaca prema novim tehnologijama i proizvodima što je nužno za afirmaciju alternativnih vrsta pogona i goriva.



Slika 7.1 Kretanje broja novoregistriranih komercijalnih vozila u ovisnosti o kretanju stope BDP-a u EU

### 7.1.3. Kretanje cijena sirove nafte

Cijena nafte je jedan od ključnih čimbenika razvoja alternativnih pogona i goriva. Prijelomne točke u razvoju alternativnih pogona i goriva u proteklih 40 godina vremenski su koincidirale s poremaćajima na tržištu nafte, točnije, porastom cijena. Sirova nafta je danas najzastupljeniji primarni izvor energije u svijetu i cijena joj ovisi o nizu čimbenika. Osim ponude i potražnje dominantan utjecaj imaju još: geografska raspoređenost i procjena rezervi nafte, špekulativna trgovina, kretanje stope BDP-a, politika tečaja dolara, razvoj alternativnih pogona, prirodne katastrofe, terorizam itd.



**Slika 7.2 Kretanje prosječne cijene sirove nafte kroz povijest**

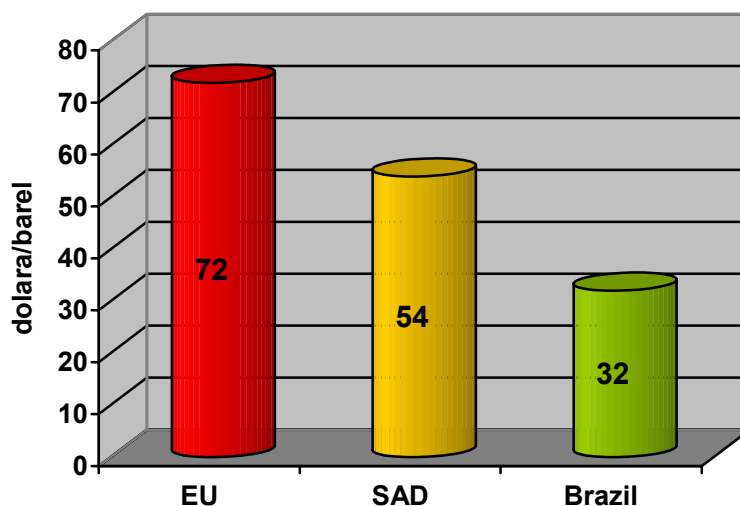
Cijena sirove nafte danas se kreće oko 90 dolara/barelu, a prosječna svjetska proizvodnja u mjesecu rujnu iznosila je 87.9 milijuna barela po danu [54]. Od 1996. godine, pa do početka ekonomske krize 2008. godine potražnja za naftom rasla je po prosječnoj godišnjoj stopi od 1.76 % [55]. Zatim je u slijedeće dvije godine potražnja rasla stopom od samo 0.9%. Unatoč tome očekuje se da će potražnja do 2030. godine narasti za oko 10% na gotovo 100 milijuna barela dnevno [56], a da li će proizvodnja u budućnosti moći pratiti potražnju ponajviše ovisi o preostalim rezervama nafte.

Činjenica je da današnje potvrđene rezerve nafte iznose gotovo 1400 milijardi barela što je 40% više nego prije 20 godina što drugim rječima znači da brzina kojom se otkrivaju nove rezerve nadmašuje stopu porasta potražnje. Još 1980. godine se predviđalo da će potvrđene rezerve nafte potrajati 30 godina, do 2010., a sadašnje procjene govore o još 50 godina moguće proizvodnje [57].

#### **7.1.4. Kretanje cijena biogoriva**

Izuzev brazilske industrije bioetanola iz šećerne trske, troškovi proizvodnje biogoriva drugdje u svijetu višestruko premašuju troškove proizvodnje sirove nafte. Njihova ekonomska isplativost uvelike ovisi o tržišnoj cijeni sirove nafte te o poticajima za proizvodnju. Primjerice, s ekonomskog aspekta više se isplati crpiti naftu na Arktiku ili iz uljnih škriljevaca nego proizvoditi biodizel i bioetanol s današnjim tehnologijama. Smatra se da proizvodnja

biogoriva prve generacije izvan Brazila postaje konkurenta na tržištu gorivima tek pri cijeni sirove nafte iznad 50-70 dolara po barelu [58]. Kao što je spomenuto ranije, većinu troškova čini sirovina, poljoprivredna kultura iz koje se proizvodi biogorivo.



**Slika 7.3** Prag ekonomske isplativosti proizvodnje bioetanola prve generacije u pojedinim državama

Biogoriva druge generacije, za čiju se proizvodnju može koristiti bio koji oblik biomase, s aspekta sirovinskog troška predstavljaju jeftnije rješenje. No kod njih je proces prerade tehnološki zahtjevniji, pa je na sadašnjem stupnju razvoja, proizvodnja ekonomski isplativa tek pri cijeni nafte od 70 dolara po barelu [58]. Prednost je ta što se uz sirovinu ne vežu kontroverze kao u slučaju biogoriva prve generacije.

Očekuje se da će se proizvodnja biogoriva povećati s današnjih oko 1.8 na 6.5 milijuna barela dnevno, tj. da će udio biogoriva u ukupno potrošenom gorivu za transport narasti s današnjih oko 3% na 9%.

#### **7.1.5. Kretanje cijena alternativnih pogona**

Današnja elektromotorna vozila s baterijama kao izvorom električne energije skuplja su od konvencionalnih vozila u prosjeku od 15 000 do 40 000 eura. Razlog najvećim djelom leži u visokoj cijeni litij-ionskih baterija, a ona je posljedica malog obujma proizvodnje i skupe izrade. Najpovoljnije baterije stoje oko 500 €/kWh što prosječan automobil poput Nissan Leafa s baterijom kapaciteta 20 kWh poskupljuje za oko 10 000 eura. Cijena će se smatrati



konkurentnom kad dosegne razinu od 250 €/kWh jer bi porast cijene bio u razini izravnih poticaja (5000€) koje zainteresirane države daju pri kupnji vozila s nultim emisijama. Prema sadašnjim predviđanjima 50%-tno sniženje može se očekivati do 2022. dok se do 2030. godine očekuje da će cijena baterija biti oko 125 €/kWh [26].

Elektromotorna vozila koja kao izvor električne energije koriste gorivne članke još su uvijek u eksperimentalnoj fazi uporabe i zato im je cijena visoka. Tome najviše pridonose, osim litij-ionskih baterija, gorivni članak te spremnik za stlačeni plinoviti vodik ili kapljevit vodik. Sadašnje cijene gorivnih članaka kreću se od 500 do 1000 \$/kW, a da bi bi vozilo s gorivnim člancima bilo ekonomski isplativo i tržišno konkurentno potrebno je da cijena gorivnih članaka bude ispod 50 \$/kW.

**Tablica 7.1 Kretanje cijena pojedinih komponenti EMV s gorivnim člancima i projekcije za budućnost [59]**

Komponenta	2005.	2010.	2030. ubrzan razvoj	2030. usporen razvoj
Gorivni članak, dolara/kW	1800	500	35	75
Spremnik (700 bara) za 4-6 kg vodika, dolara	4000	2000	900	2000

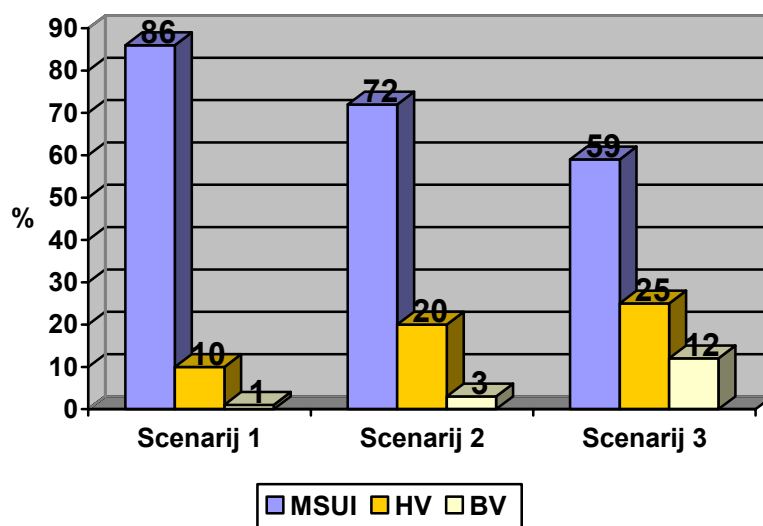
#### **7.1.6. Kretanje ukupnog broja putničkih vozila i broja novoregistriranih putničkih vozila**

Broj putničkih vozila u 1995. godini dosegao je 500 milijuna. Prošle godine je u svijetu bilo oko 900 milijuna putničkih vozila, a procjenjuje se da će taj broj do 2015. godine narasti na 1 milijardu. Do 2020. godine na svijetu će, prema predviđanjima, biti više od 1.2 milijarde putničkih vozila [61]. Također, procjenjuje se da će broj novoregistriranih putničkih vozila s današnjih 47 milijuna narasti na gotovo 71 milijun vozila godišnje u 2020. godini.

#### **7.2. Prikaz scenarija o budućim udjelima pojedinih vrsta vozila i goriva na tržištu**

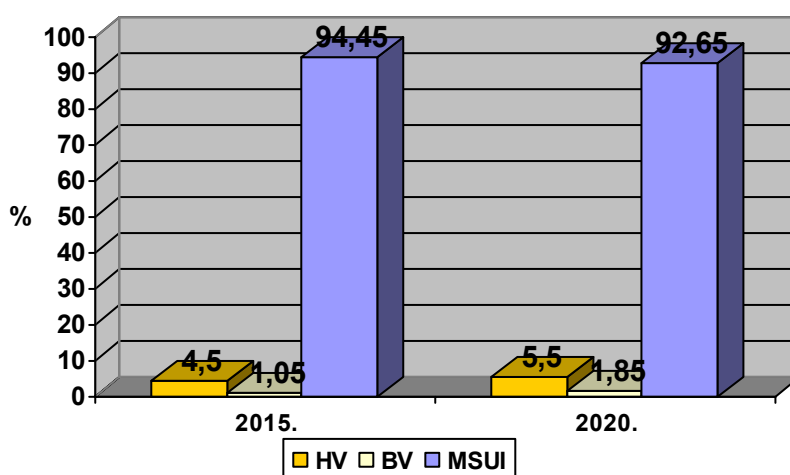
*The Boston Consulting Group* predviđa udio pojedine vrste pogona na tržištima Zapadne Europe, SAD-a, Japana i Kine do 2020. godine [60]. Kao glavne pokretačke mehanizme navode cijenu nafte i zakonsku regulativu. Predviđaju tri scenarija. U prvom scenariju uzimaju da je cijena nafte 60 dolara po barelu. Nije ugrožena sigurnost opskrbe energijom niti postoji velika zabrinutost u pogledu klimatskih promjena. U drugom scenariju cijena nafte je

150 dolara po barelu. Alternativni pogoni postaju ekonomski isplativi i države kroz zakonsku regulativu potiču njihovu uporabu. U trećem scenariju cijena nafte je 300 dolara po barelu, raste opća zabrinutost za budućnost opskrbe energijom i klimatske promjene.



Slika 7.4 Udjeli pojedinih vrsta vozila u 2020. godini prema istraživanju *The Boston Consulting Group*

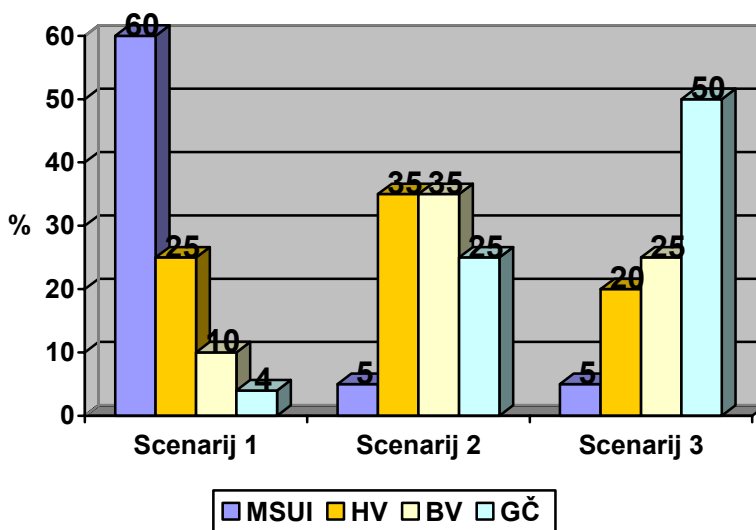
*J.D. Power and Associates* u svom izvještaju iz 2010. godine [61] predviđa udio hibridnih i baterijskih vozila u ukupnom broju putničkih vozila do 2020. godine. Na globalnoj razini predviđaju da će biti oko 4 milijuna HV ili 5.5%, te 1.3 milijuna BV ili 1.85%.



Slika 7.5 Udjeli pojedinih vrsta vozila u 2015. i 2020. godini prema istraživanju *J.D. Power and Associates*

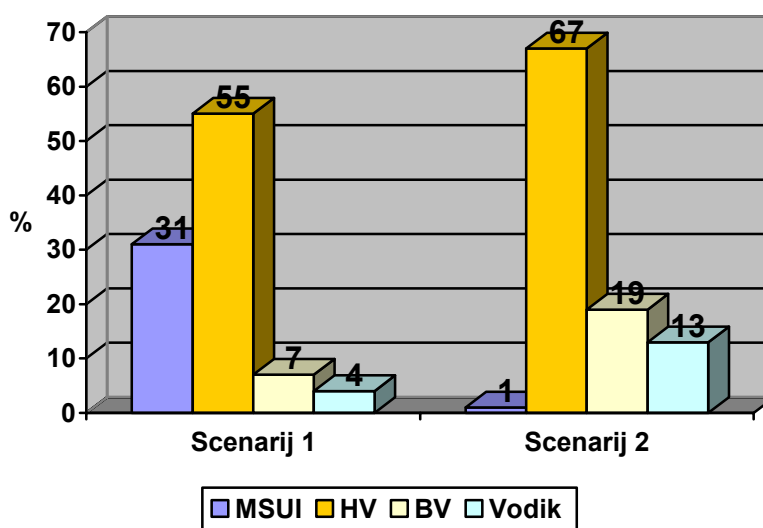
Smatraju da će najveći broj BV biti u Europi, a HV u Japanu gdje bi do 2020. godine svako peto putničko vozilo moglo imati elektromotor kao glavni ili pomoćni pogonski stroj. Relativno konzervativne procjene temelje na pretpostavkama kako u slijedećih 10 godina neće doći do naglog skoka cijena nafte, naglog napretka u razvoju «zelenih» tehnologija niti će biti usuglašene i sustavne politike promicanja energetski održivog transporta.

*McKinsey & Company* u suradnji s 27 vodećih tvrtki iz autoindustrije i naftnog sektora predviđa udio svih vrsta EMV do 2050. godine [62]. Studijom su obuhvaćena i vozila s MSUI. Razrađena su tri scenarija. U prvom, prevladavajući udio u ukupnom broju novih vozila 2050. godine imaju vozila s MSUI, u drugom EMV s baterijama kao izvorom električne energije, a u trećem EMV s gorivnim člancima (GČ).



**Slika 7.6** Udjeli pojedinih vrsta vozila u 2050. godini prema istraživanju *McKinsey & Co*

*Greenpeace* u projekciji energetske budućnosti donosi predviđanja o udjelu pojedinih vrsta vozila na tržištu 2050. godine [63]. Razrađena su dva scenarija za različite države i dijelove svijeta, a mogu se uočiti velike razlike između razvijenih i manje razvijenih regija. Tako *Greenpeace* u optimističkom scenariju predviđa da će u EU 2050. godine udio vozila s MSUI u ukupnoj potrošnji energije u cestovnom transportu biti zanemarni, dok će istovremeno u Africi biti veći od 50%. BV će, tvrdi *Greenpeace*, najzastupljenija biti na području Sjeverne Amerike s 43%, a najmanje zastupljena u Africi, s oko 0.5 %.



Slika 7.7 Udjeli pojedinih vrsta vozila u 2050. godini prema istraživanju Greenpeaca

### 7.3. Zaključci o perspektivi pojedinih vrsta vozila i goriva

*Vozila s MSUI* – ako ne dođe do naglog povećanja cijena nafte (na primjer na 300 dolara po barelu) i uz očekivanu dinamiku razvoja baterija, srednjeročno (do 2020. godine) ostat će prevladavajuća vrsta vozila s udjelom između 59% i 95% u ukupnom broju novih putničkih vozila. Smanjenje ovisnosti o fosilnim gorivima i utjecaj na klimatske promjene smanjivat će se primjenom tehnika za povećanje energetske učinkovitosti motora (prednabijanje zraka i izravno ubrizgavanje goriva) te biogoriva. Biogoriva prve generacije nikada neće moći u potpunosti zamijeniti fosilna goriva jer se i sada, na razini proizvodnje koja pokriva tek oko 3% potreba za tekućim gorivima, a zbog načina proizvodnje, ozbiljno dovodi u pitanje njihov učinak u pogledu smanjenja zagađenja i održive proizvodnje energije. Biogoriva druge generacije imaju dugoročnu perspektivu, no zbog skuplje proizvodnje ona uvelike ovisi o kretanju cijena sirove nafte. Tek bi konstantna cijena nafte iznad 120 dolara/barelu učinila ekonomski isplativom proizvodnju biogoriva iz bilo kojeg oblika biomase. Do tada sve ovisi o zakonskoj regulativi i volji država da subvencioniraju proizvodnju biogoriva.

*BV* imaju dugoročnu perspektivu, dok ona srednjeročna ovisi o području i načinu uporabe. Tako *BV* svojim performansama, dosegom i činjenicom da ne zagađuju tijekom vožnje, idealno odgovaraju potrebama gradskog prometa. S obzirom na to da broj gradova sve više raste, kao i broj urbanog stanovništva, *BV* bi dugoročno mogla u potpunosti zamijeniti klasu

automobila koju danas zovemo gradskom (Peugeot 107, Toyota Aygo, Suzuki Alto, Opel Agila, VW Up, Renault Twingo...). Energija i infrastruktura je u gradovima dostupnija, a problem preopterećenja električne mreže riješio bi se «pametnom regulacijom» punjenja (eng. smart grid). Procjenjuje se da će udio BV u ukupnom broju novih putničkih vozila 2020. godine biti između 1% i 12%.

*HV* do 2050. godine imaju dobru perspektivu uz uvjet da u proizvodnji i značajkama baterija ne dođe do značajnijeg napretka. Produljenim dosegom i manjom ovisnosti o električnoj energiji iz baterija, hibridni pogon idealno odgovara potrebama međugradskog prometa i duljih putovanja i kao takav bi mogao zamijeniti MSUI u vozilima srednje i viših klasa (VW Passat, Mazda6, Ford Mondeo, Peugeot 508...). U 2020. godini očekuje se između 5% i 25% HV u ukupnom broju putničkih vozila.

*EMV s vodikovim gorivnim člancima kao izvorom električne energije* su početkom tisućljeća označena kao vozila bliske budućnosti, no nakon početne euforije, optimizam je, zbog niza tehničkih preuvjeta koji moraju biti ispunjeni, splasnuo. Izgledi za veću afirmaciju povećavaju se tek između 2040. i 2050. godine. Vodik ima potencijal u potpunosti zamijeniti fosilna goriva, no na sadašnjem stupnju tehnološkog razvoja više se isplati ulagati u neka druga goriva i pogone. Nakon 2050. godine previda se između 4% i 50% EMV s gorivnim člancima u ukupnom broju putničkih vozila.

Treba napomenuti da su ova predviđanja ovisna o velikom broju vrlo neizvjesnih faktora te su i sama vrlo neizvjesna, to više što je dulji period predviđanja. No mogu se shvatiti kao naznaka trendova i kao pokazatelj mogućih pravaca razvoja pojedinih vrsta vozila.

## 8. INDUSTRIJA MOTORNIH VOZILA I DIJELOVA U REPUBLICI HRVATSKOJ

### 8.1. Osnovni pokazatelji trenutnog stanja autoindustrije u svijetu i RH

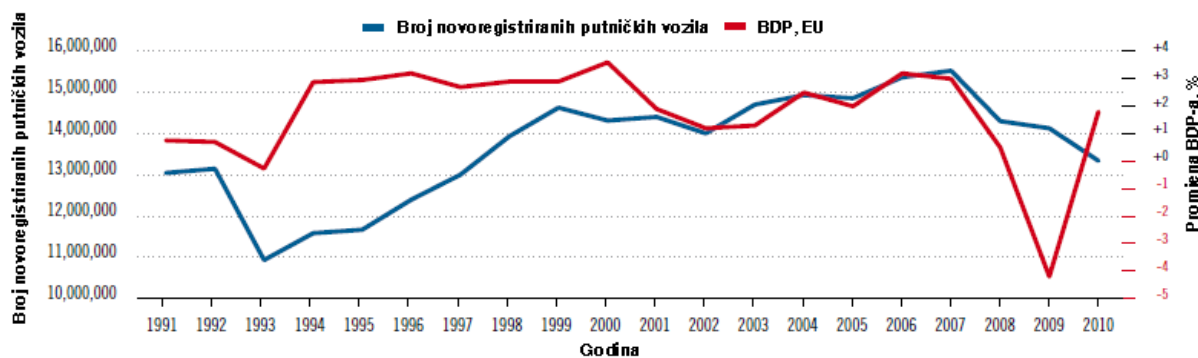
Autoindustrija je u svijetu, a posebno u Europi strateška grana industrije i akcelerator gospodarstva. Članice ACEA imaju godišnji promet od preko 500 milijardi eura, a izravno zapošljavaju oko 2.3 milijuna ljudi i još 10.4 milijuna u raznim drugim djelatnostima vezanim uz autoindustriju. Ukupuna proizvodnja vozila svih članica EU27 čini četvrtinu svjetske proizvodnje. Također, četvrtina svih novih putničkih vozila registrira se u Europi. U 2010. godini na primjer, automobilski sektor je iz Europe uspio izvesti vozila u vrijednosti 83.3 milijarde eura. U Njemačkoj i Slovačkoj izvoz automobila čini 40% ukupnog izvoza.

**Tablica 8.1 Glavni statistički pokazatelji za 2010. godinu u svijetu i EU27 [27]**

<b>Pokazatelji u 2010.</b>	<b>Svijet</b>	<b>EU27</b>
Proizvodnja motornih vozila, kom x 10 <sup>6</sup>	77.6	16.9
Proizvodnja putničkih vozila, kom x 10 <sup>6</sup>	58.3	15.1
Novoregistrirana motorna vozila, kom x 10 <sup>6</sup>	70	15.1
Novoregistrirana putnička vozila, kom x 10 <sup>6</sup>	56.1	13.4
Broj zaposlenih, kom x 10 <sup>6</sup>	-	2.3
Vrijednost izvoza, 10 <sup>9</sup>	-	83.3
Vrijednost uvoza, 10 <sup>9</sup>	-	26.2
Ukupan broj vozila, kom x 10 <sup>6</sup>	1015	270.8

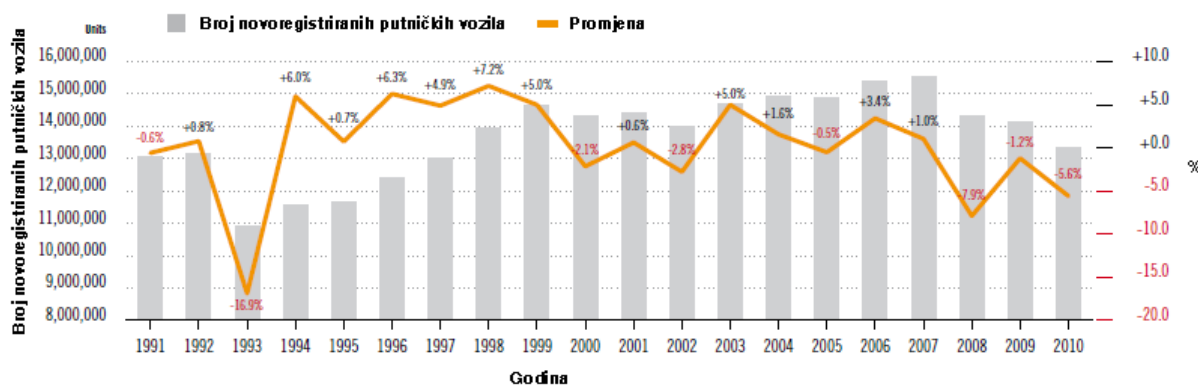
Važnost autoindustrije ne očituje se samo kroz izravno punjenje proračuna novcem od izvoza i poreza već i kroz stalno ulaganje u razvoj i znanost. Suvremeni automobil je vrlo kompleksan proizvod i kao takav sublimira ono najbolje iz gotovo svih područja znanstvene djelatnosti. Prema podacima ACEA autoindustrija u Europi je najveći ulagač u istraživanje i razvoj s više od 30 milijardi eura godišnje. Usporedbe radi, farmaceutska industrija godišnje ulaže oko 20 milijardi eura u razvoj, a telekomunikacijska 12 milijardi eura.

Koliko se negativni trendovi na tržištu automobila mogu odraziti na cijelo gospodarstvo i obratno najbolje pokazuje primjer ekomske krize koja je snažno pogodila autoindustriju 2008. i 2009. godine. Padom prosječne stope BDP-a u EU prodaja je osjetno pala 2008. i 2009. godine.



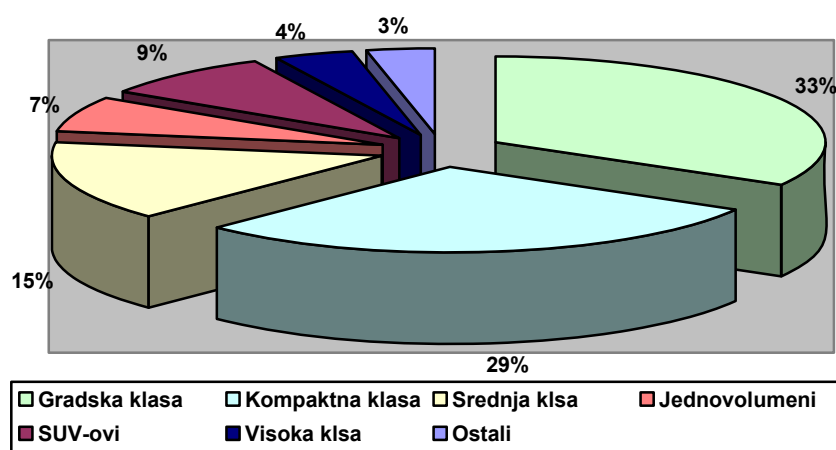
Slika 8.1 Kretanje broja novoregistriranih putničkih vozila i stope BDP-a [27]

Kako bi zadržali tržišnu aktivnost i spriječili propadanje proizvođača brojne su vlade odlučile subvencionirati privatni automobilski sektor i tako mu pomoći da prebrodi krizu. Prva je odlučne korake poduzela Njemačka koja je s 2 500 eura stimulirala kupca da svoj automobil (stariji od 9 godina) zamijeni novim. Za jednogodišnji program poticaja njemačka vlada je izdvojila 1.6 milijardi eura, a već dva mjeseca nakon početka provođenja programa, u veljači 2009. godine, prodaja je za 22% nadmašila rezultate iz 2008. godine. Slijedeći primjer Njemačke i ostale članice EU su počele s programom subvencioniranja, počevši od Austrije, Cipra, Francuske, Grčke, Španjolske, preko Luksemburga, Rumunjske, Nizozemske do Italije, a iznosi poticaja su se u prosjeku kretali oko 1000 eura.



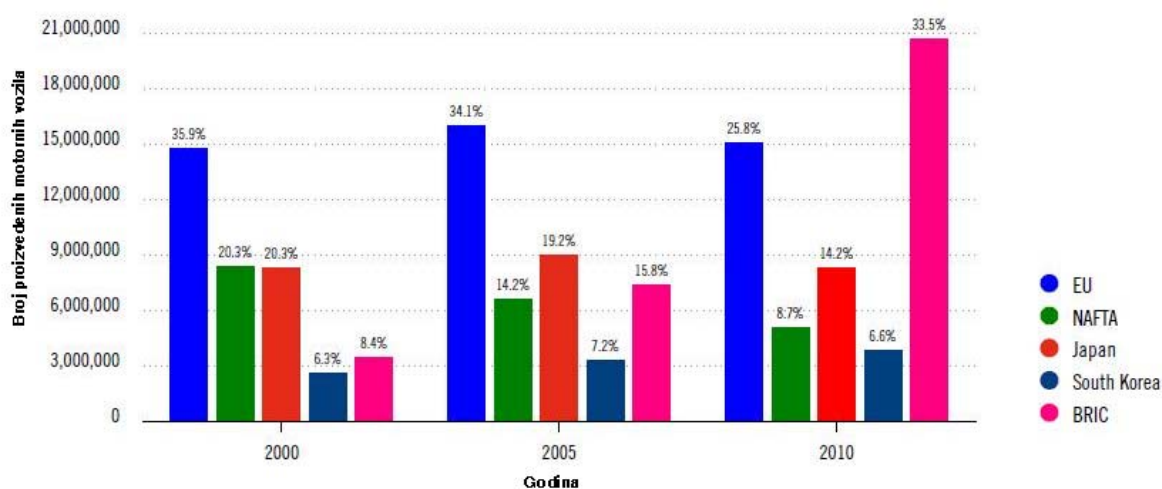
Slika 8.2 Kretanje broja novoregistriranih putničkih vozila proizvedenih od strane članica ACEA u Europi od 1991. godine [27]

Nakon što je 2009. godine uslijed državnih subencija uslijedio blagi oporavak, 2010. je tržište opet bilo u minusu. Tako je prošle godine u Europi prodano oko 13.4 milijuna automobila ili 5.5 % manje nego godinu prije. Do devetog mjeseca ove godine u EU27 registrirano je ukupno 10.1 milijun putničkih vozila što je 1.1% manje u odnosu na isto razdoblje lani. Najveći razlog tome su lošiji prodajni rezultati u Velikoj Britaniji, Italiji te Španjolskoj koja sporije izlazi iz krize. S druge strane, rast broja registracija u Njemačkoj je veći od 10%. U strukturi prodanih vozila najveći dio čine automobili iz gradske i kompaktne klase.



Slika 8.3 Udio pojedine klase vozila u ukupnom broju novoregistriranih putničkih vozila u EU27 [27]

Na globalnoj razini prisutan je snažan trend porasta proizvodnje u Brazilu, Rusiji, Indiji, a posebno Kini (BRIC). Te su zemlje utrostručile svoj udio u globalnoj proizvodnji putničkih vozila u posljednjih desetak godina, dok proizvodnja u SAD-u i Kanadi (NAFTA) opada.



Slika 8.4 Proizvodnja putničkih vozila u svijetu u posljednjih 10 godina [27]



Kineski proizvođači još uvijek nisu usvojili standarde koji bi im omogućili ravnopravno nadmetanje na europskom tržištu, no samo je pitanje vremena kad će se to dogoditi. S jedne strane europski proizvođači ulaze u kooperacije s kineskim kako bi lakše ušli na njihovo golemo tržište, no zauzvrat omogućavaju transfer visoke tehnologije koju Kinezi vrlo brzo usvajaju. Osim toga, Kinezi su dovoljno ojačali da sami kupuju posrnule europske proizvođače kao što je bio slučaj s Volvom. Šveđani su godinama bili sinonim za sigurnost i Kinezi će od njih moći puno toga naučiti. Kineski proizvođači sada prolaze isto što i korejski prije 15-ak godina kad su ismijavani da bi danas postali jedni od najvećih investitora u automobilski sektor na području Srednje Europe.

Indija je također našla svoj put prema Europi. Njihov automobilski gigant Tata, ujedno tvorac najjeftinijeg automobila na svijetu je kupio nekadašnji ponos britanske autoindustrije, Jaguar i Land Rover. U jačanju su i golemo tržišta Rusije te Brazila, dok se američko polako oporavlja nakon teške situacije u kojoj je državna administracija s više od 20 milijardi dolara spašavala posrnule divove poput GM-a, Chyrlslera, Forda i ostale.

Proteklo desetljeće prodaja automobila u Hrvatskoj rušila je rekorde. Relativno povoljni krediti i psihološki osjećaj sigurnosti davali su optimizam, a broj prodanih automobila na godišnjoj razini približavao se brojcima od 100 000. Već u drugoj polovici 2008. godine počele su se osjećati posljedice krize, a zatim se u 2009. godini tržište u potpunosti urušilo.

**Tablica 8.2 Kretanje broja prodanih putničkih vozila u RH od 2005. godine [64]**

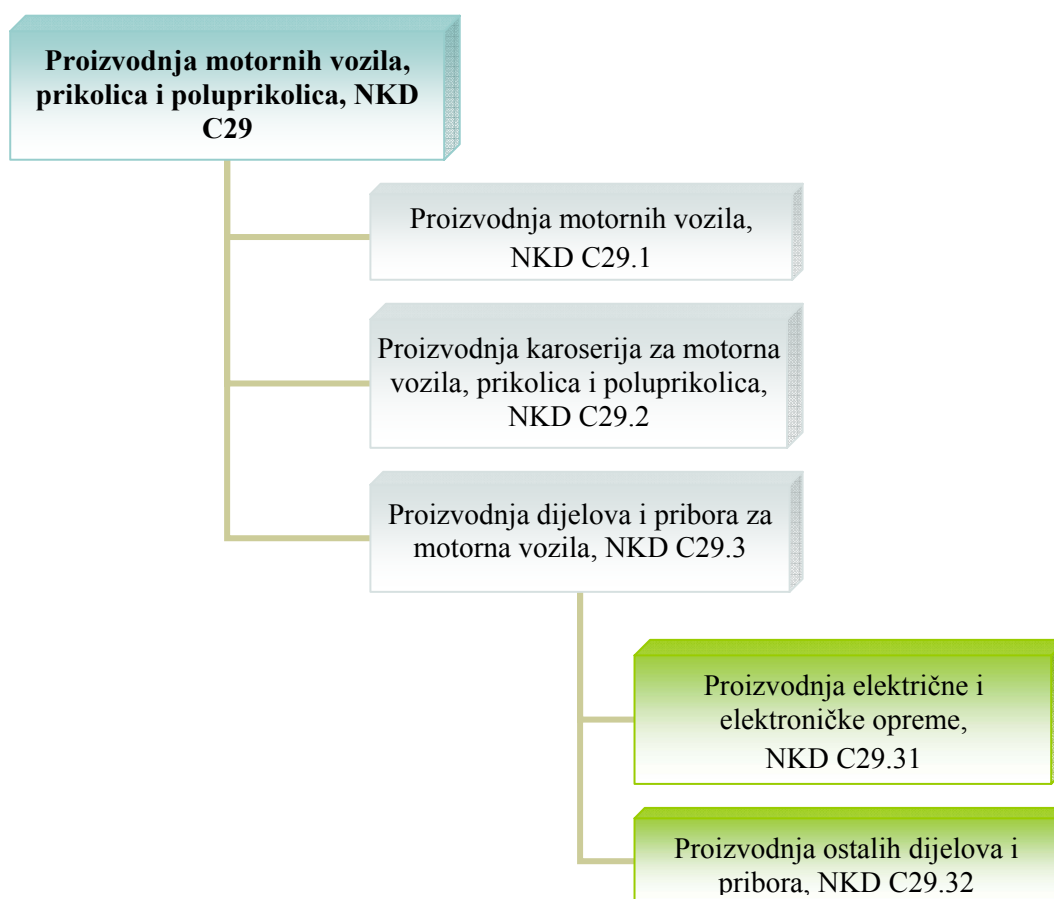
Godina	Broj prodanih putničkih vozila	Razlika u odnosu na godinu prije	Najprodavaniji model
2005.	70 541	-	Opel Astra
2006.	78 775	11.7%	Opel Astra
2007.	82 664	4.93%	Opel Astra
2008.	88 265	6.77%	Opel Astra
2009.	44 918	- 49.1%	Opel Astra
2010.	38 587	-14.1%	Opel Astra
2011.(01-09)	32 809	12.88%	Škoda Octavia

Veliki udarac tržištu nanijele su banke smanjenim plasmanom kredita i povećanjem kamata koje su praktično preko noći krajem 2008. narasle sa 6.5-7% na oko 11%, tj. na razinu iz

2002./2003. godine. Izostala je i flotna prodaja vozila poduzećima, a otkrivanjem korupcijskih afera i državne tvrtke su prestale s obnovom voznog parka. Prema vrsti goriva, hrvatsko tržište je i dalje sklonije benzinskim motorima koji čine 55.9% tržišta, dok ostatak vozi na dizelsko gorivo. Hibridna vozila čine zanemariv dio prodaje.

## 8.2. Položaj autoindustrije u RH i sadašnja struktura proizvodnje

Iako je uobičajeno govoriti o autoindustriji u Republici Hrvatskoj, takva industrijska grana ne postoji u statističkoj klasifikaciji Nacionalne klasifikacije djelatnosti (NKD). Naime, prema NKD-u riječ je o proizvodnji motornih vozila, prikolica i poluprikolica (NKD C29) koja se dijeli kako prikazuje slika 8.5



**Slika 8.5** Klasifikacija djelatnosti vezanih uz autoindustriju prema NKD-u [65]

Prije analize statističkih podataka treba razjasniti metodologiju rada DZS. Naime, DZS u statističkim izvješćima o industrijskoj proizvodnji razvrstava osnovne pokazatelje prema dva kriterija – prema djelatnosti proizvoda i prema djelatnosti poduzeća. Sukladno tome, razlikuju se i statistički pokazatelji. Prema tome, razlikuju se ukupna vrijednost prodanih industrijskih proizvoda prema djelatnosti proizvoda i prema djelatnosti poduzeća. Također, razlikuje se i broj poduzeća ovisno o tome da li kao kriterij uzimamo djelatnost proizvoda ili glavnu djelatnost poduzeća.

Na primjer, poduzeće može biti registrirano za glavnu djelatnost proizvodnje metala, a dio asortimana mu čine ispušni lonci. Gledano prema glavnoj djelatnosti poduzeća, ono ne pripada u sektor C29, iako prema vrsti proizvoda pripada.

Postoje poduzeća koje DZS uopće ne prepoznaje kao ona koje proizvode za autoindustriju zato jer i prema djelatnosti proizvoda i poduzeća pripadaju drugim industrijskim sektorima. Na primjer, SELK d.d. iz Kutine najveći dio svog proizvodnog programa zasniva na piezo aktuatorima za dizelske motore, a glavna djelatnost prema NKD-u mu je proizvodnja elektroničkih komponenata. Dakle, ukupna vrijednost prodanih aktuatora gledano prema glavnoj djelatnosti poduzeća neće se prikazati u okviru djelatnosti C29, niti će poduzeće SELK d.d biti prepoznato od strane DZS kao poduzeće koje proizvodi dijelove za autoindustriju. Također, LTH Metalni lijev iz Benkovca kao glavnu djelatnost ima registrirano lijevanje lakih metala, pa iako ima status prvog dobavljača aluminijskih odljevaka za strane proizvođače automobila, njegovi statistički pokazatelji prema kriteriju glavne djelatnosti ne pripadaju sektoru C29.

Osim toga, prema NKD-u, proizvodnja motornih vozila ne obuhvaća proizvodnju vanjskih i unutrašnjih guma za vozila, gumenih cijevi i pojaseva te ostalih gumenih proizvoda, proizvodnju klipova i klipnih prstenova, električnih motora, svjetlosne opreme za motorna vozila, poljoprivrednih traktora, traktora koji se koriste u građevinarstvu i rudarstvu, kamiona za istovar, ali i baterija za vozila, pumpi itd. Uzimajući sve u obzir, postoje određene poteškoće pri utvrđivanju točnog broja poduzeća koji rade za autoindustriju kao i obima i vrijednosti njihove proizvodnje.

Proizvodnju automobilskih dijelova u Hrvatskoj možemo podijeliti na tzv. proizvodnju za prvu ugradnju, proizvodnju za drugu ugradnju, te proizvodnju rezervnih dijelova.

Proizvodnja za prvu ugradnju pretpostavlja izravan poslovni odnos s kupcem, odnosno proizvođačem automobila, bez sudjelovanja veletrgovaca i drugih posrednika. Same proizvođače za prvu ugradnju pak možemo podijeliti na dobavljače prvog (eng. Tier 1) i drugog reda (eng. Tier 2). Dobavljači prvog reda uglavnom imaju dugoročniji izravan ugovor sa samim tvornicama automobila ili pak suradnju ostvaruju kroz joint-venture. Navedeni proizvođači posjeduju sve međunarodne standarde te standarde specifične za svakoga proizvođača automobila, te su već prošli dugotrajna testiranja kvalitete i sustava proizvodnje od svojih kupaca. Dobavljači prvog reda u posljednje vrijeme sve su više uključeni i u fazu razvoja samog vozila.



**Slika 8.6**      **Struktura proizvodnje automobilskih dijelova**

Dobavljači drugog reda uglavnom imaju definiranu suradnju s proizvođačima automobila ili s dobavljačima prvog reda na nešto kraći rok te se još uvijek nalaze u procesu nadgledanja sustava proizvodnje te dobivanja svih potrebnih certifikata. Također, dobavljači drugog reda uglavnom proizvode samo jedan segment ili modul namijenjen za proizvodnju automobila.

Proizvodnja za drugu ugradnju odnosi se na proizvodnju rezervnih dijelova za automobile. Samu proizvodnju rezervnih dijelova možemo podijeliti na proizvodnju originalnih dijelova te zamjenskih koji po određenim svojstvima odgovaraju originalnim, no ne prolaze rigorozna testiranja i certificiranja od strane proizvođača.

Od relativno velikog broja aktivnih poduzeća s registriranom djelatnošću C29, a prema podacima Hrvatske gospodarske komore i Registra poslovnih subjekata ima ih 116, samo mali broj njih doista i proizvodi autodijelove, a još manji broj ima stabilne, dugoročne ugovore s autoindustrijom kao dobavljači prvog ili drugog reda.

### 8.3. Značaj proizvodnje motornih vozila, dijelova i pribora za motorna vozila za gospodarstvo RH

Proizvodnja motornih vozila u Hrvatskoj je vrlo skromna. Automobiline ne proizvodimo/sklapamo, a prema podacima iz 2009. godine proizveli smo 61 vatrogasno vozilo te 18 vozila za posebne namjene. Isporučili smo i 490 različitih različitih karoserija, 727 kamp prikolica, 320 ostalih prikolica, dok se najveći dio prihoda odnosi na proizvodnju dijelova i pribora za motorna vozila. Treba napomenuti da se preuzeti podaci odnose na 2009. godinu s obzirom na to da u trenutku izrade ovog rada još uvijek nisu bili dostupni cjeloviti podaci za 2010. godinu koji bi uključivali trgovačka društva i obrte s više od 10 zaposlenih.

**Tablica 8.3 Vrijednost prodanih industrijskih proizvoda iz sektora C29 prema djelatnosti proizvoda [66]**

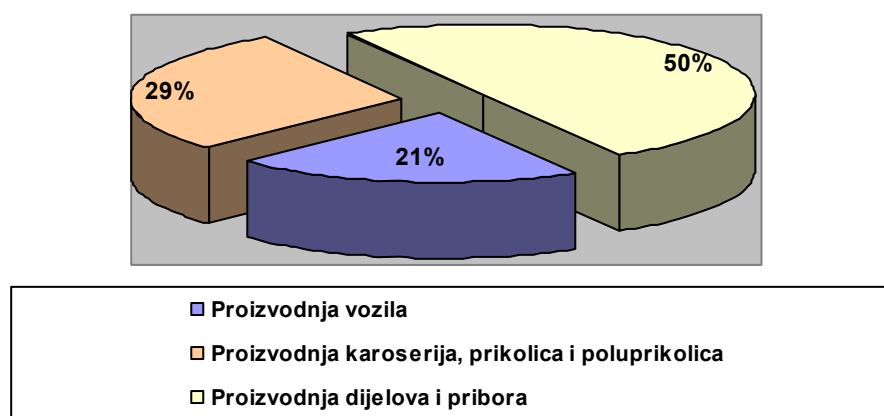
Šifra	Naziv proizvoda	Mjerna jedinica	Količina	Vrijednost proizvoda, mil. kuna
29.10.59.30	Vatrogasna vozila	komada	61	62.843
29.20.10.50	Karoserije	komada	490	38.085
29.20.22.50	Kamp prikolice	komada	727	48.964
29.20.30.30	Šasije	komada	754	17.550
29.31.10.00	Žičani sklopovi	tona	10	1.811
29.31.21.70	Razvodnici i svici za paljenje	kg	150 982	21.868
29.31.30.30	Električna oprema	kg	153 026	24.657
29.32.20.30	Sigurnosni pojasevi	tisuća komada	756	5.368
29.32.30.10	Branici i dijelovi	tona	2618	109.800

Nastavak tablice 8.3

29.32.30.20	Kočnice i dijelovi	tona	18	1.994
29.32.30.33	Mjenjači i dijelovi	komada	1 338 897	10.667
29.32.30.36	Pogonske osovine i diferencijali	tona	9	1.3
29.32.30.50	Opruge i amortizeri	komada	7000	2.142
29.32.30.61	Hladnjaci	komada	660	4.839
29.32.30.63	Ispušni lonci i cijevi	tona	382	8.642
29.32.30.67	Volani i upravljački stupovi	tona	25	1.822
29.32.30.90	Ostali dijelovi	tona	2249	89.329

Ukupna vrijednost proizvodnje prema djelatnosti proizvoda u 2009. godini u ovom sektoru bila je dakle 495 milijuna kuna, dok je ukupna vrijednost industrijske proizvodnje prema djelatnosti poduzeća iznosila 1.3 milijarde kuna. Razlika između ova dva podatka je posljedica različite statističke obrade podataka koja je opisana na početku poglavlja.

Ukupna vrijednost proizvodnje od 1.3 milijarde kuna predstavlja 1.1% ukupne vrijednosti industrijske proizvodnje u RH. Od toga je izvezeno robe u vrijednosti 995 milijuna kuna što je 76% ukupne proizvodnje u sektoru i 2.7% ukupnog izvoza u RH. Ukupno 24 poduzeća je gledano prema glavnoj djelatnosti poduzeća proizvodilo u sektoru C29.



**Slika 8.7 Udio pojedinih vrsta poduzeća prema djelatnosti u sektoru C29**

Prema podacima HGK, u ovom je sektoru 2009. godine bilo izravno zaposleno oko 2000 radnika, no procjenjuje se da je ukupno oko 10 000 radnih mjesta vezano uz tvrtke koje rade

za autoindustriju. Prosječna mjesečna isplaćena neto plaća u 2009. godini u ovom sektoru iznosila je 4877 kuna, što je 8% manje od prosjeka za cijeli industrijski sektor. Kreće se u rasponu od 3684 kune za NKV radnika do 8533 kune za inženjera s visokom stručnom spremom.

Za razliku od drugih zemalja Srednje i Jugoistočne Europe, autoindustrija u Hrvatskoj nema strateški značaj, pa nema niti strategije dugoročnog razvoja koja bi snažnije privukla strane ulagače, a domaće proizvođače ujedini i usmjerila k zajedničkom, nacionalnom cilju.

#### **8.4. Položaj i stanje gospodarskih subjekata u RH koji sudjeluju u proizvodnji dijelova za autoindustriju**

Zbog izvozne orijentiranosti i jakog tečaja kune proizvođači autodijelova su bili snažno pogođeni krizom 2008. i 2009. godine. Od prvotnih procjena o padu prihoda za 20-30%, neke su tvrtke 2009. godinu završile s 40-70% manje prihoda od 2008. godine. Najbolje su prošle one koje nisu bile orijentirane samo na zapadno tržište i koje su gubitke mogle kompenzirati na tržištima Istočne Europe, posebno Rumunjske i Rusije. Također, preusmjeravanje kapaciteta na druge industrijske sektore amortizirali su veće gubitke. Prema podacima DZS, pad ukupne vrijednosti proizvodnje u sektoru iznosio je oko 200 milijuna kuna u 2009. godini ili gotovo 20% u odnosu na 2008. godinu. Zahvaljujući relativno brzom oporavku zapadnoeuropskog tržišta automobila, pad se, prema prvim pokazateljima, neće nastaviti i u 2010. godini. Naime, nepotpuni podaci o ukupnoj vrijednosti proizvodnje s obzirom na djelatnost proizvoda govore o povećanju od 17% u odnosu na 2009. godinu.

Nepostojanje zajedničke strategije, izostanak konkretne pomoći države i ekonomska kriza razjedinili su proizvođače autodijelova. Tako danas u Hrvatskoj postoje čak četiri autoklastera, od čega dva najveća, AC Croatia i AD Klaster okupljaju oko 50-ak tvrtki i institucija koje su izravno ili neizravno povezane s autoindustrijom. U nastavku će biti dan pregled najvećih poduzeća u RH koja proizvode za autoindustriju. Ne pripadaju sva sektoru C29 iz ranije opisanih razloga.

Tablica 8.4 Najveća poduzeća koja proizvode za autoindustriju [67]

Naziv poduzeća	Broj zaposlenih	Vlasništvo	Prihod, mil. kuna	Dobit, mil. kuna	Asortiman	Partneri
Selk d.d., Kutina	1184	D	145.967	-	Piezo ventili	Bosch
AD Plastik d.d	895	D	591.745	20.793	Plastični dijelovi	Renault, Dacia...
P.P.C. Buzet d.o.o.	593	S	413.267	1.860	Kućišta turbopunjača, aluminijski odljevci	CIMOS
LTH Metalni lijev d.o.o. Benkovac	346	S	136.300	1.587	Aluminijski odljevci	Daimler
Kostel promet d.o.o. Pregrada	259	D	56.650	-	Naslone za glavu, sjedala	VW, Nissan
DIV d.o.o. Samobor	244	D	247.318	27.263	Vijčana roba, strojarski dijelovi	PSA, Renault, BMW
Maziva Zagreb d.o.o. Zagreb	244	D	229.376	-	Maziva	INA
Lipik Glas d.o.o. Lipik	230	S	85.067	-	Autostakla	Bentley, Ferrari
Feroimpex d.o.o. Bregana	158	D	56.929	5.439	Kućišta i prsteni za ležajeve, strojarski dijelovi	Austrija
Saint Jean Industries d.o.o. Sl. Brod	125	S	79.712	3.160	Aluminijski nosači	PSA



Nastavak tablice 8.4

Naziv poduzeća	Broj zaposlenih	Vlasništvo	Prihod, mil. kuna	Dobit, mil. kuna	Asortiman	Partneri
DOK-ING d.o.o.	110	D	190.736	6.560	Robotizirana vozila, koncept EMV	US Army, HV
Almos d.o.o. Kutina	95	D	26.912	0.245	Aluminijski odljevci	-
ESCO d.o.o. Bjelovar	79	D	28.919	0.225	Opruge i metalni proizvodi	-
Ivanal d.o.o. Šibenik	76	D	36.971	0.151	Aluminijski odljevci	MAN, Volvo
AZ Crobus d.o.o. S.Kraljevec	60	D	-	-	Autobusi	Scania
Flammifer d.o.o. Ozalj	51	D	22.378	-	Vatrogasna vozila, nadogradnje	Daimler
HSTEC d.d. Zadar	47	D	26.722	0.706	Visokobrzinska motorvretena	Bosch
Eloda d.o.o.	51	-	-	-	Električna i elektronička oprema	Bosch
Munja d.d.	41	D	-	-	Olovni akumulatori	-
TM d.o.o. Čakovec	31	D	11.579	0.292	Alati, strojarska oprema	-
Rimac automobili d.o.o. Sv. Nedjelja	20	D	-	-	Koncept EMV	-
Motoplastika MAC d.o.o. Novo Čiče	14	D	-	-	Proizvodi od kompozitnih materijala, ugljičnih vlakana	

*Selk d.d.* je poduzeće u domaćem vlasništvu sa sjedištem u Kutini čija je glavna djelatnost proizvodnja elektroničkih komponenata. Poduzeće Selk je postalo poznato 1976. godine kao prvi proizvođač ručnih i ostalih satova, elektroničkih elemenata, aparata za igre na sreću na hrvatskom tržištu. Iste godine započinje licencna proizvodnja elektroničkih satova te proizvodnja LED dioda itd. Danas za austrijsku tvrtku EPCOS, odnosno Bosch i Siemens kao krajnjeg kupca proizvode sofisticirane piezo ventile za sustave visokotlačnog ubrizgavanja goriva u dizelske motore [68].

*AD Plastik d.d.* – po prihodima naše najjače domaće poduzeće sa sjedištem u Solinu čija je registrirana djelatnost proizvodnja dijelova i pribora za motorna vozila [69]. Ima status dobavljača prvog reda. Tvrtka proizvodi instrument ploče, obloge vrata, središnje konzole, rukohvate, naslone za ruke i još desetak plastičnih dijelova za interijer automobila. Od vanjskih dijelova automobila proizvodi prednje i stražnje bojane branike, kućišta i poklopce svjetala za maglu, ukrasne dijelove, uvodnike zraka, te obloge blatobrana i rezervoara. Strateški partneri i kupci su im: Renault, Citroën, BMW, Dacia, Ford, GM, VW.

AD Plastik d.d. je većinski vlasnik tvrtki AD Plastik d.o.o. u Sloveniji, te ZAO PHR i ADP LUGA u Rusiji. Značajan, iako ne većinski udio AD Plastik d.d. ima još u tvrtkama EURO APS u Rumunjskoj, FAURECIA ADP HOLDING u Francuskoj i SG PLASTIK u Hrvatskoj. Ukupan broj zaposlenih tako raste preko 2000. Oko 21% zaposlenih ima višu i visoku stručnu spremu, 67% srednju stručnu spremu i 12% nižu stručnu spremu.

*P.P.C. Buzet d.o.o.* je poduzeće u sastavu CIMOS grupacije iz Slovenije koja okuplja ukupno 29 tvrtki u 9 različitih zemalja [70]. Tvrtka je dobavljač prvog reda za PSA, BMW, Audi, Ford, Toyota Opel, BorgWamer TurboSystems, Bosch itd. Glavninu proizvodnog programa čine kućišta turbokompresora, nosači motora, pedalni sklop, kućišta uljnog filtera, kućišta pumpi za vodu, razne osovine za mjenjače, cijevi za ojačanje karoserije itd. U sastavu P.P.C. Buzet d.o.o. djeluju dva proizvodna centra (Buzet i Roč), poduzeće Labinprogres TPS d.o.o. čiji je P.P.C. 96% vlasnik te TPS d.o.o. Novi Kneževac iz Srbije. Oko 19% zaposlenih ima visoku stručnu naobrazbu.

*LTH Metalni lijev d.o.o.* je poduzeće sa sjedištem u Benkovcu u sastavu grupacije LTH Casting. Ima status prvog dobavljača, a glavninu proizvodnog programa čine kućišta vodenih pumpi, kočione komponente, antivibracijske komponente itd. Proizvode za BMW i Mercedes,

a trenutno ulaze u novi investicijski ciklus vrijedan oko 30 milijuna kuna nakon što su sklopili ugovor o proizvodnji nosača bregastog vratila, uređaja za podmazivanje kao i dijelova za zaštitu motora s njemačkim Daimlerom. Vrhunac proizvodnje se očekuje 2015. godine.

*Kostel Promet d.o.o.* je poduzeće u domaćem vlasništvu osnovano 2001. godine, a bavi se šivanjem sjedala i naslona za glavu za potrebe automobilske industrije [71]. Poduzeće je snažan uzlet doživjelo nakon uspješno odrađenog posla za Renault na programu Clio, a danas proizvode naslone za glavu, naslone za ruku te dijelove od tekstila i kože koji se ugrađuju u vozila marke Volkswagen, Nissan, Mercedes Benz, Škoda, Kia, Renault, Opel, Ford, Toyota, Volvo i Land Rover. Dnevna proizvodnja iznosi između 15 000 i 18 000 jedinica..

*DIV d.o.o.* je dio DIV grupacije koja je jedna od vodećih tvornica vijaka u Europi s poslovanjem na 8 lokacija u 6 država [72]. Sjedište je u Samoboru, gdje je i proizvodna lokacija specijalizirana za proizvodnju vijčane robe prema posebnim narudžbama kupaca. *DIV d.o.o.* je vlasnik slijedećih tvrtki: MIN-DIV i TVIK-DIV u Srbiji, DIV-TVIK u BiH te *DIV d.o.o.* u Sloveniji. Također, imaju predstavništva u Njemačkoj i Francuskoj. Poduzeće je trenutno u fazi proširenja kapaciteta proizvodnje na 200 000 tona godišnje, kapaciteta galvanskog cinčanja na 100 000 tona, toplog cinčanja na 30 000 tona i termičke obrade na 100 000 tona godišnje. Oko 25% ukupne proizvodnje isporučuju proizvođačima iz autoindustrije, a najveći kupci su: PSA, Renault, Volvo, BMW, VW, Daimler, GM i Bosch.

*Lipik Glas d.o.o.* je dobavljač prvog reda za autostakla za automobile Ferrari, Bentley i Aston Martin. Lipik Glasu se otvorilo europsko tržište nakon ulaska strateških partnera, talijanskog Finind Group i zagrebačke Ingre, koji su 2001. modernizirali tvornicu. Velika ovisnost o plinu potrebnom za proizvodnju i rad peći čini ih vrlo osjetljivim na promjene cijene plina. Nakon smanjenog broja narudžbi 2009. godine zbog gospodarske krize, poduzeće se polako počelo oporavljati, no zbog poskupljenja plina od 40% početkom 2010. godine morali su otkazati već dogovorene poslove. Loše poslovanje nastavilo se i u 2011. godini što je rezultiralo neisplatom plaća i mogućim otkazima [73].

*Saint Jean Industries d.o.o.* je poduzeće sa sjedištem u Slavanskom Brodu. U 100%-tnom je vlasništvu istoimene francuske kompanije sa sjedištem nedaleko od Lyona. Poduzeće u slobodnoj zoni Đure Đakovića ima proizvodnu halu u kojoj proizvodi više od 30 različitih

alumijskih nosača za automobilsku industriju. U Republici Hrvatskoj se rade profili isključivo za PSA grupu. Aluminij uvoze iz Mostara, prosječno 1200 tona godišnje.

*DOK-ING d.o.o.* je poduzeće u domaćem vlasništvu sa sjedištem u Zagrebu. Osnovano je 1991. za proizvodnju specijalnih strojeva. Jedna je od najpoznatijih tvrtki za proizvodnju strojeva za razminiranje u svijetu [74]. Također, proizveli su prvi hrvatski električni i gradski automobil, XD, koji je prvi put predstavljen na autosalonu u Ženevi 2010. godine. Prototip je dugačak 2.85 m, ima litij-željezo-fosfatne baterije kapaciteta 33 kWh i doseg od 120 do 250 km. Tvrtka je trenutno u fazi traženja investitora za pokretanje serijske proizvodnje kapaciteta 1000 automobila godišnje.



**Slika 8.8 Cijena XD-a bit će oko 50 000 eura**

Još 2010. godine Vlada RH je obećala potporu tom projektu, no do konkretne pomoći nije došlo. Do sad je u projekt uloženo oko 2.5 milijuna eura, a gotovo dvije godine nakon predstavljanja, prvih 10 automobila iz nulte serije testirat će se u stvarnim uvjetima vožnje diljem svijeta.

*Rimac automobili d.o.o.* je mlado poduzeće sa sjedištem u Svetoj Nedjelji čiji je prvi električni sportski automobil, Concept One, prikazan na salonu automobila u Frankfurtu 2011.

godine. Osim po sportskim performansama, automobil je poseban i po velikom dosegu od 600 km. Ima sklop litij-željezo-fosfatnih baterija kapaciteta 92 kWh i elektromotore ukupne snage 811 kW. Poduzeće je u fazi traženja investitora za maloserijsku proizvodnju kapaciteta 15 do 20 automobila godišnje. Svi dijelovi osim baterija i karoserije dijelova izrađeni su u pogonima u Svetoj Nedjelji. Karoseriju od ugljičnog kompozita izradilo je poduzeće Motoplastika Mac d.o.o. iz Novog Čiča pokraj Velike Gorice [75].

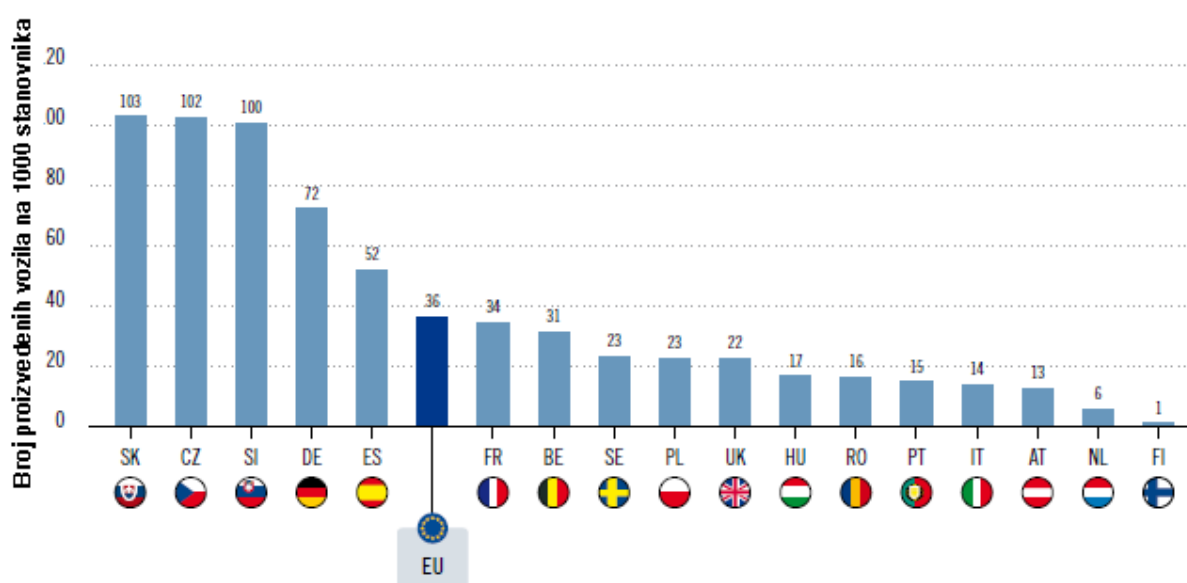


**Slika 8.9** Serijska proizvodnja modela Concept One očekuje se 2013. godine po cijeni od oko 700 000 eura

U poduzeću Lipik glas tvrtka radi stakla, izradu i glodanje kalupa radi poduzeće Board Guardian d.o.o. iz Zagreba, a elektroničke komponente tvrtka Xylon. Vanjski dizajn potpisuje hrvatski dizajner Adrian Mudri, a unutrašnjost dizajner talijanske Pininfarine Goran Popović i njegovi suradnici. Za strojne dijelove i prijenos snage zadužena je tvrtka Kvočić d.o.o. koja je pružala tehničku podršku Niki Puliću na brdskim utrka automobilima i kasnije utrka kamiona samostalno izrađujući mjenjačke sklopove, koji su nerijetko bili bolji od tvorničkih.

### 8.5. Analiza razvoja autoindustrije u zemljama Srednje i Jugoistočne Europe kao primjer mogućeg modela razvoja autoindustrije u Republici Hrvatskoj

Slovenija, Slovačka, Češka, Mađarska i Poljska su zemlje s kojima Hrvatska ima jake poveznice i puno sličnosti, od geopolitičkih preko povijesnih do ekonomskih. Sve redom bivše komunističke zemlje prošle su trnovit put prilagodbe tržišnom gospodarstvu i zatjevima EU, da bi na kraju 2004. godine, postale njene punopravne članice EU. Proizvodnja automobila i dijelova za autoindustriju je u svakoj od njih vrlo važna grana gospodarstva, posebno u sljednicama nekadašnje Čehoslovačke, Češkoj i Slovačkoj koje sa Slovenijom drže sam europski vrh po broju proizvedenih vozila na tisuću stanovnika.



Slika 8.10 Broj proizvedenih automobila na 1000 stanovnika u EU27 [27]

Na odluke velikih svjetskih proizvođača da proizvodne pogone presele u tranzicijske zemlje, osim nižih troškova rada, pozitivno su utjecale i državne mjere za privlačenje izravnih stranih ulaganja, koje su najčešće uključivale porezne olakšice, izravnu financijsku pomoć te izgradnju potrebne infrastrukture. Osim samog priljeva kapitala u obliku izravnih stranih ulaganja, pozitivni učinci na domaća gospodarstva su dalekosežniji. Ne samo da su se otvorile tisuće novih radnih mjesta i time smanjila nezaposlenost, već se pokrenuo novi ciklus istraživanja i razvoja u svim sektorima koji su povezani s automobilskom industrijom.

Apsolutno gledano Češka prednjači kako po proizvodnji i kapacitetima tvornica tako i privlačenju stranog kapitala, posebno nakon ulaska u Europsku uniju.

**Tablica 8.5 Pregled postojećih proizvodnih kapaciteta u zemljama Srednje Europe**

Država	Investitor	Lokacija	Početak rada	Kapacitet
Češka	VW/Škoda	Mladá Boleslav, Kvasnice, Vrchlabi	1991.	450.000
	TPCA	Kolín	2002.	300.000
	Hyundai	Nošovice	2006.	300.000
Mađarska	Suzuki	Esztergom	1992.	300.000
	VW/Audi	Gyor	1992.	40.000
Poljska	Fiat	Bielsko-Biala	1991.	250.000
	VW	Poznan	1993.	35.000
	GM/Opel	Gliwice	1998.	120.000
Slovačka	VW	Bratislava	1991.	300.000
	PSA	Trnava	2003.	450.000
	Kia	Žilina	2004.	300.000

Sa stanovišta Hrvatske zanimljiv je primjer Slovačka, država po broju stanovnika, ali i mnogočemu drugom slična našoj. U vrijeme Čehoslovačke, proizvodnja i montaža Škodinih automobila odvijala se na području današnje Češke, pa se nakon pada komunizma autoindustrija u Slovačkoj svela na lanac nekadašnjih Škodinih kooperanata, slično kao i u Hrvatskoj nakon raspada SFRJ. Osim toga, Slovačka je ekonomski zaostajala za ostalim tranzicijskim zemljama praktički do kraja 90-ih godina prošlog stoljeća, kad je vlada započela veliku gospodarsku reformu.

Ona je uključivala promjenu poreznog i mirovinskog sustava, socijalne skrbi, javne uprave itd., no novoizabrana vlada je donijela i Nacionalni program razvoja autoindustrije, prepoznavši u toj industrijskoj grani veliki potencijal. Iste godine donesena je uredba kojom su VW-u odobrene porezne olakšice što je pozitivno odjeknulo automobilskim sektorom u Europi. Prekretnica u odnosu stranih investitora prema Slovačkoj dogodila se paralelno sa završetkom porezne reforme koja se poklopila s ulaskom zemlje u EU. Vlada je tada uvela jedinstvenu stopu poreza od 19% za porez na dobit, PDV i porez na dohodak. Ta stopa nije najniža u Europi, no iza nje stoji jedan od najjednostavnijih i najtransparentnijih poreznih sustava u svijetu, a jedinstvenom stopom poreza ukinuta je 21 različita vrsta poreza koji su do tada bili na snazi. U privlačenju stranog kapitala važnu ulogu odigrala je i jeftina radna snaga.

Cijena radnog sata slovačkog radnika u autoindustriji iznosi prosječno 3 eura, 30% manje od Češke ili Hrvatske i čak sedam puta manje od Njemačke gdje je oko 25 eura. Ne treba zaboraviti niti izvrstan zemljopisni položaj Slovačke. Smještena u samom središtu Europe omogućuje pristup do više od 220 milijuna ljudi u radijusu od samo 1000 km, a ujedno predstavlja i vrata prema Istočnoj Europi s tržištem od 440 milijuna ljudi.

Prvi val velikih stranih ulaganja je pokrenut ulaskom PSA grupacije 2003. godine, kad je Slovačka u posljednji trenutak iz utrke eliminirala Poljsku i Češku. Francuzi su kao prednost Slovaka naveli jeftinu radnu snagu, položaj i tradiciju u proizvodnji automobila, no jezičac na vagi bio je zapravo paket poticaja slovačke vlade u iznosu od oko 160 milijuna eura. Bila je to dobra investicija. PSA je u tvornicu uložio dodatnih 700 milijuna eura, a analitičari su pozitivno ocjenili investicijsku klimu što je dodatno potaknule ulagače i rast BDP-a.

Sličan scenarij ponovio se i krajem 2003. godine, kad je Kia tražila partnera za izgradnju milijardu eura vrijedne tvornice, svoje prve u Europi. U početku, glavni kandidati bili su Češka, Mađarska i Poljska, no nakon što je slovački ministar gospodarstva posjetio Južnu Koreju i pregovarao s Kijom, Slovačka se iznenada vratila u utrku. U finalu su na kraju ostale Slovačka i Poljska, a Europa ih je tada upozorila da državni poticaji proizvođaču ne smiju biti veći od 15% vrijednosti investicije, dakle ne veći od 150 milijuna eura. I jedna i druga država su osim novca nudile brojne pogodnosti, no opet je pobijedila Slovačka.

Kasnije se saznala i cijena: obećali su Korejcima učenje engleskog jezika besplatno za svu djecu zaposlenika, posebnu bolnicu, potporu Sveučilišta u Žilini, gradnju novog željezničkog terminala, dovršenje autoceste do Žiline i rekonstrukciju aerodroma. Obvezali su se obnoviti sve autoceste na važnim transportnim pravcima, te najveće aerodrome što se procjenjuje na oko 700 milijuna eura. Osim toga, za viši korejski menadžment sagradili su posebno naselje blizu tvornice vrijedno 40 milijuna eura.

Od republika bivše SFRJ, jedino Slovenija trenutno ima uspješnu autoindustriju u Novom Mestu gdje i dalje sastavlja Renaulte. Tvornica REVOZ je uspješno prebrodila tranziciju i sada zapošljava oko 3000 radnika te godišnje proizvede 210 000 automobila, što je tek neznatno manje od maksimalnog godišnjeg kapaciteta tvornice koji iznosi 220.000 automobila. Tvornica radi u tri smjene, a od 3000 zaposlenih oko 25 posto su žene. Tvornica REVOZ zadnjih 18 godina prosječno ostvaruje 6.1 posto cijelog izvoza Slovenije, te s 3.7%



sudjeluje u slovenskom BDP-u. Po veličini prihoda je treća slovenska tvrtka iza Petrola i Mercatora i prošle godine je imala ukupan prihod od 1.3 milijarde eura. Osim 3000 zaposlenih u tvornici oko 5000 radnih mjesta je neposredno vezano uz poslovanje i još oko 20000 posredno. Dovoljno je spomenuti mrežu od 475 dobavljača iz 24 države koji svaki dan u tvornicu šalju 120 kamiona dijelova i materijala. Svi dobavljači se nalaze u krugu od 700 km. Među njima su i tri hrvatska kooperanta, a najveći je tvrtka AD Plastik koja proizvodi plastične dijelove kokpita i instrumentne ploče, kao i prednje i stražnje plastične odbojnice. Trenutačno REVOZ proizvodi tri Renaultova modela, Clio II (Storia), Twingo i Wind.

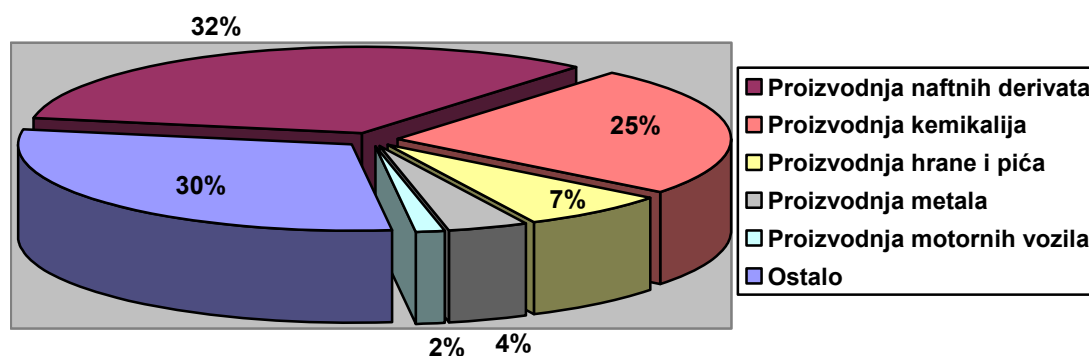
U Srbiji je Fiat ušao u većinsko vlasništvo nekadašnjih Zavoda «Crvena Zastava» i u suradnji s državom grade novu tvornicu. Planiraju uložiti oko 940 milijuna eura i Kragujevac je trenutačno najveće gradilište u Srbiji. Poput Slovačke i Srbija ulaže u gradnju tvornice i pratećih objekata, poput autoceste, elektrana, tunela i drugih infrastrukturnih objekata što će u konačnici iznositi oko 500 milijuna eura. Kad proradi, tvornica će imati kapacitet od oko 300000 vozila.

#### **8.6. Tehničko-ekonomski uvjeti i perspektiva razvoja autoindustrije u Republici Hrvatskoj**

U poticanju rasta i razvoja domaćeg gospodarstva nezamjenjivu ulogu imaju izravna strana ulaganja. Ona, u najširem smislu riječi, obuhvaćaju sva ulaganja stranih pravnih i fizičkih osoba u gospodarstvo neke zemlje. Za zemlju primatelja važna su zbog transfera tehnologije, kvalificirane radne snage i pristupa stranim tržištima. Osim toga, povećava se konkurentnost, dok sam utjecaj na gospodarski rast i stopu nezaposlenosti nije jednoznačan i ovisi o tome da li se strana ulaganja pozitivno ili negativno odražavaju na investicije u zemlji primatelju. To pak ponajviše ovisi o tome u koji su sektor usmjerena strana ulaganja. Ne postiže se jednaki gospodarski efekt ulaganjem u sektor trgovine i telekomunikacija ili pak industrije i poljoprivrede.

Jedan od najvećih problema u sektoru proizvodnje motornih vozila u Republici Hrvatskoj je upravo izostanak izravnih stranih ulaganja. Prema podacima HNB-a, od 1990. do 2010. godine ukupna izravna strana ulaganja u gospodarstvo RH iznosila su 24.7 milijardi eura, od čega je samo 73.2 milijuna eura uloženo u sektor proizvodnje motornih vozila, prikolica i poluprikolica, najmanje od svih djelatnosti. To je manje od 0.3% od ukupnog iznosa ulaganja.

S druge strane, najviše se ulagalo u bankarski sustav, trgovinu, nekretnine, telekomunikacije itd. Na razini industrije također se najmanje ulagalo u proizvodnju motornih vozila, tek 2%.



Slika 8.11 Udio izravnih stranih ulaganja po djelatnostima industrije od 1990.

Paradoksalno je da hrvatska autoindustrija pri tom ima osnovne predispozicije za privlačenje stranih ulaganja. Naime, jedan od odlučujućih motiva za ulaganje je privlačnost određene lokacije i njezin zemljopisni položaj. Republika Hrvatska u krugu 500 km nudi pristup tržištima Zapadne, Srednje i Jugoistočne Europe. U tom smislu od posebnog je značenja Luka Rijeka koja je prema nalazima vodećih svjetskih stručnjaka po svom prometnom značenju, prirodnom potencijalu i budućem prometu druga luka Europe poslije Rotterdama [75].

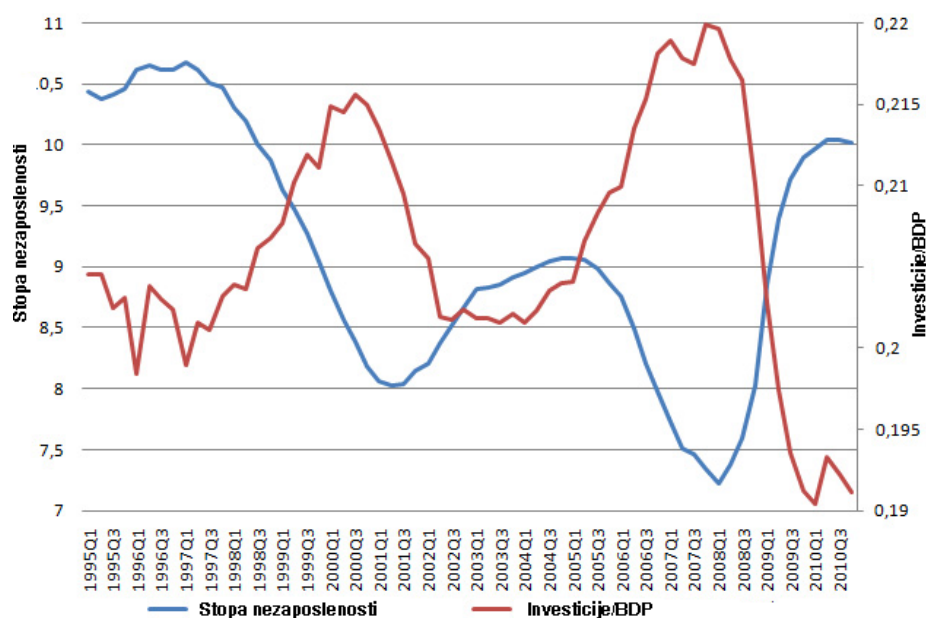


Slika 8.12 Prometna povezanost Luke Rijeka s ostatkom Europe [76]

Također, najvažniji prometni pravci za riječku luku su Paneuropski koridori V i njegov ogranak B i koridor X. Prometni pravac kojem gravitira mađarsko, češko, slovačko tržište i tržište Južne Poljske u najvećem je dijelu usmjeren na prometnicu Rijeka – Zagreb – Budimpešta na V/B koridoru. Za tu je relaciju od 504 km u cestovnom prometu zahvaljujući novoizgrađenoj autocesti, potrebno nepunih 6 sati. Vlak će istu relaciju od 592 km proći u okviru 24 sata. Tranzitni pravac za tržišta Bosne i Hercegovine i Srbije usmjeren je na Paneuropski koridor X.

Prednost Republike Hrvatske je i što većina domaćih proizvođača autodijelova posjeduje sve potrebne certifikate, a kvaliteta proizvoda odgovara visokim standardima koji su postavljeni u automobilske industriji. To dokazuje činjenica da se većina domaće proizvodnje uspješno izvozi na tržišta Europske unije. Osim toga, Republika Hrvatska posjeduje kvalitetnu i dostupnu visokostručnu radnu snagu, odnosno inženjere, uz konkurentnu cijenu rada.

Budućnost hrvatske autoindustrije, kao i gospodarstva u cjelini, uvelike ovisi o investicijama. Investicije su poluga razvoja svakog poduzeća (na mikro razini) i svakog područja u makroekonomskim okvirima. Značaj investicija u gospodarskom razvoju proizlazi iz činjenice što intenzitet i pravci investicijskih aktivnosti neposredno utječu na dinamiku gospodarskog rasta, konkurentnost, zaposlenost itd.



**Slika 8.13** Kretanje stope nezaposlenosti i investicija od 1995 do 2010. u EU [77]

Međutim, investicija nema bez investicijskih projekata. Investicijski potencijal neke industrijske grane mjeri se brojem i vrijednošću investicijskih projekata. Oni su pokazatelj da poduzeća ne stagniraju, da žele unaprijediti ili proširiti poslovanje. Prema podacima MIGORP-a, trenutno najvrijedniji investicijski projekt u hrvatskoj autoindustriji je onaj zagrebačkog DOK-ING-a, a riječ je o pogonu za proizvodnju baterijskog vozila vrijedom 65 milijuna eura. Vrlo dinamično nastupa i poduzeće P.C.C. Buzet koje, prema podacima MINGORP-a, ima najviše investicijskih projekata u sektoru proizvodnje dijelova i pribora za motorna vozila.

Izvori financiranja investicijskih projekata mogu biti različiti. Najčešće su to, za malo i srednje poduzetništvo, poslovne banke, no postoje i drugi izvori financiranja. To mogu biti jedinice lokalne samouprave, država, europski fondovi te tzv. rizični fondovi, tj. fondovi čija je karaktersitika da financiranje uvjetuju ulaskom u temeljni kapital tvrtke u namjeri da nakon izvjesnog broja godina, kada vrijednost tvrtke poraste, ostvare profit prodajom svog portfelja.

**Tablica 8.6 Investicijski potencijal hrvatske autoindustrije**

Naziv projekta	Opis projekta	Nositelj	Vrijednost	Faza spremnosti projekta
Postrojenje za proizvodnju prvog hrvatskog električnog vozila XD	Postrojenje za proizvodnju EMV s predviđenom godišnjom proizvodnjom od 1000 komada	DOK-ING d.o.o.	65 milijuna eura	Izrađena je investicijska studija, razvoj dijelova u poodmakloj fazi, pregovori s proizvođačima dijelova, traži se investitor
DV-EURO 5/6 nosači motora i periferije	Nova generacija nosača motora za motore PSA, Ford, Toyota i Volvo	P.P.C. Buzet d.o.o.	20 milijuna eura	U tijeku investiranje u proizvodnu opremu, traže se financijska sredstva za ulaganje u obrtna sredstva za pokretanje proizvodnje

Nastavak tablice 8.6

CROBUS	Projektiranje i proizvodnja autobusa	Auto Zubak d.o.o.	16.2 milijuna eura	Proizveden je homologirani prototip
Autoškola i Centar sigurne vožnje	Edukacija vozača amatera i vozača profesionalaca, obveza pri ulasku u EU	Auto Zubak d.o.o.	13.73 milijuna eura	Izrađen projekt i poslovni plan
Nova lakirnica «AD PLASITK»	Zbog najave Renaulta za povećanje proizvodnje i zbog povećanja konkurentnosti planira se nova lakirnica	AD Plastik d.d.	10 milijuna eura	Dokumentacija u pripremi, traži se financiranje
Proširenje postrojenja za proizvodnju vatrogasnih strojeva na daljinsko upravljanje	Postoji potreba za proširenjem kapaciteta proizvodnje na 35 vozila godišnje	DOK-ING d.o.o.	9 milijuna eura	Traži se investicijski fond koji bi mogao pratiti zahtjeve tržišta za ovakvim proizvodom
Elementi turbopunjača	Nova generacija turbopunjača promjenjive geometrije	P.P.C. Buzet d.o.o.	3 milijuna eura	Traži se financiranje preko poslovnih banaka
B8 – nosači motora Audi	Povećanje proizvodnih kapaciteta	P.P.C. Buzet d.o.o.	900 tisuća eura	Traži se financiranje preko poslovnih banaka

Iskustva tranzicijskih zemalja poput Slovačke, Češke ili Poljske pokazuju rast izravnih stranih ulaganja u automobilski sektor netom prije i nakon ulaska zemlje u EU. Otvaranje tržišta EU, međutim, dvosjekli je mač za domaće proizvođače autodijelova, kao uostalom i za cijelo gospodarstvo. S jedne strane članstvo otvara pristup znatno većem tržištu koje s druge strane zahtjeva visoku konkurentnost poduzeća.

To znači brzo prilagođivati poslovanje promjenama, brzo razvijati sve konkurentnije proizvode, smanjivati sve oblike troškova, neprestano razvijati kompetencije zaposlenika, no prije svega proizvoditi ono što zahtjeva tržište. S obzirom na to da bi sveobuhvatna analiza konkurentnosti pojedinih poduzeća zahtjevala posebnu studiju i poznavanje svih relevantnih karakteristika poduzeća (struktura radne snage, raspoloživi kapaciteti, fleksibilnost, vrste strojeva, poslovanje...) ovdje će se samo temeljem zaključaka o udjelu pojedinih vrsta vozila u budućnosti ukazati na ona poduzeća koja bi, temeljem svog proizvodnog programa, lakše od

ostalnih mogla odgovoriti na zahtjeve tržišta u budućnosti ili privući izravna strana ulaganja. Navest će se i smjernice za proizvodnju koja bi trebale povećati konkurentnost proizvodnje.

### **8.7. Mogućnosti proizvodnje dijelova za vozila s MSUI na fosilna goriva i biogoriva**

Većina naših poduzeća je orijentirana na proizvodnju dijelova za vozila s MSUI. Moja procjena je da će MSUI ostati glavni pogonski stroj sljedećih 20 do 30 godina, no uz kontinuirano poduzimanje mjera za povećanje energetske učinkovitosti i ekološke prihvatljivosti stalna usavršavanja po pitanju njegove učinkovitosti. U tom smislu najveći uzlazni trend bilježi tržište turbokompresora, sustava za visokotlačno ubrizgavanje goriva i sustava za obradu ispušnih plinova. Danas u EU svi dizelski motori za osobna vozila imaju prednabijanje, a značajno raste i udio prednabijenih benzinskih motora. Očekuje se prosječan rast od 10% godišnje do 2015. godine. To znači da će biti potrebno proizvesti najmanje dodatnih 15 milijuna turbokompresora do 2015. godine. Očekuje se da će 70% svih motora u svijetu za putnička vozila do 2020. godine imati neku vrstu prednabijanja.

Najveći svjetski proizvođači, kao što su Honeywell, BorgWagner ili Garrett proširuju kapacitete proizvodnje. Honeywell koji drži najveći dio svjetskog tržišta, početkom ove godine je investirao oko 40 milijuna eura u gradnju pogona za proizvodnju turbokompresora u Slovačkoj. Planiraju otvoriti 450 novih radnih mjesta.

S aspekta proizvodnje turbokompresora, perspektiva naših poduzeća ogleda se kroz mogućnost proizvodnje dijelova kao što su primjerice kućište turbine ili kompresora. Ti su dijelovi uglavnom izrađeni od vatrootpornog čeličnog lijeva (kućište turbine) i legiranih aluminijskih lijevova. Prema podacima DSZ-a, u 2009. godini u Republici Hrvatskoj u sektoru lijevanja lakih metala promet je ostvarilo osam tvrtki, a u sektoru lijevanja obojenih metala šest tvrtki. Za potrebe cestovnih vozila izliveno je 3815 tona proizvoda lakih metala, najvećim dijelom u tvrtkama P.P.C. Buzet, LTH Metalni lijev, Ivanal i Saint Jean Industries. Istovremeno, šibenski TLM ima kapacitet pogona valjanih proizvoda od 63 000 tona, a 80% proizvodnje izvoze. U budućnosti bi usmjerenje na kvalitetnije legure i proizvode višeg stupnja prerade moglo proširiti prodaju i pomoći ostvarenju veće dobiti i ostalih tvrtki koje se bave lijevanjem metala.

Veliki potencijal ima i tržište piezo ventila za visokotlačno ubrizgavanje goriva. Trenutno jedino Selk proizvodi piezo ventile i to za dizelske motore. Kako je tržište piezo ventila za

benzinske motore trenutno znatno dinamičnije, zbog ranije opisanog porasta udjela turbonabijenih benzinskih motora u ukupnom broju novih motora, na njemu treba tražiti nove mogućnosti za povećanje proizvodnje.

### **8.8. Mogućnosti proizvodnje dijelova za elektromotorna vozila**

Moja je procjena da će 2020. godine od 5.5 do 25% novih putničkih vozila u svijetu imati ugrađen elektromotor kao jedan od pogonskih motora, a između 1% i 12% kao glavni pogonski motor. Uz uvjet da broj novih putničkih vozila bude na razini procjenjenih 70 milijuna, na tržištu će se naći između 4 i 17 milijuna vozila koja će imati ugrađen elektromotor(e) kao jedan od pogonskih ili kao glavni pogonski motor. U EU će, prema predviđanjima, broj EMV biti u rasponu od 1.2 milijuna do gotovo 6 milijuna u optimističkom scenariju što će povećati potražnju za elektromotornim pogonima na tržištu.

Da se takvo nešto može očekivati dokazuje i suradnja poduzeća Daimler AG i Robert Bosch GmbH. Oni su u mjesecu srpnju ove godine okončali pregovore i potpisali ugovore o osnivanju zajedničke tvrtke pod nazivom EM-motive GmbH koja će razvijati i proizvoditi elektromotore za Daimlerova EMV, no Bosch će ih prodavati i trećim osobama. Planirani kapacitet proizvodnje je milijun elektromotora u 2020. godini.

Proizvodnja elektromotora, uz bateriju, najvažnije komponente EMV otvara nove mogućnosti i za hrvatske proizvođače. Problem je što među 30 najvećih dobavljača dijelova za autoindustriju jedino HSTEC d.o.o. u svom proizvodnom programu ima elektromotore. Osim njih, trenutno bi elektromotore moglo proizvoditi i poduzeće Končar – mali električni strojevi d.d. koje, osim elektromotora, proizvodi ventilatore i elektromotorne pogone. Članica je grupe Končar Elektroindustrija d.d. u čijem je 100%-tnom vlasništvu, a zapošljava dvjestotinjak radnika. Proizvodni program im čine trofazni elektromotori, jednofazni elektromotori, elektromotori s kočnicom, protueksplozijski zaštićeni elektromotori i servo motori, a maksimalni kapacitet proizvodnje je 150 000 komada elektromotora godišnje. Oko 55% proizvoda je namijenjeno izvozu. Naglasak je stavljen na proizvodnju asinkronih kaveznih motora.

Za pogon putničkih vozila najbolje karakteristike imaju istosmjerni motori bez četkica (eng. brushless DC motor). Končar - MES ih proizvodi, no radi to prema narudžbi i ručno, tj. nema serijske proizvodnje. Prema njihovim sadašnjim procjenama, maksimalni kapacitet je 500

komada godišnje. Stoga bi za zadovoljavanje potreba tržišta ili bilo kakvih većih narudžbi bilo nužno automatizirati proizvodnju.

U Republici Hrvatskoj ne postoji niti proizvodnja litijevih i srodnih punjivih baterija namijenjenih ugradnji u vozila. Munja d.d., jedini hrvatski proizvođač punjivih baterija, proizvodi samo olovne akumulatore namijenjene prvenstveno za pokretanje MSUI. Godišnji kapacitet im je oko milijun akumulatora, a izvoze oko 75% proizvodnje, najviše u zemlje bivšeg Sovjetskog Saveza i Jugoslavije. Također, ekskluzivno proizvode baterije za potrebe Hrvatske vojske.

### **8.9. Ostali kriteriji za procjenu konkurentnosti poduzeća koja proizvode za autoindustriju**

U prethodnom poglavlju je dana procjena konkurentnosti hrvatskih poduzeća koja proizvode za autoindustriju s obzirom na jedan, ali vrlo bitan kriterij – vrstu alternativnih i konvencionalnih vozila i njihovih dijelova za koje se temeljem analize, ocjenjivanja i procjenjivanja utvrdilo da imaju mogućnosti ostvariti značajnije tržišne udjele u budućnosti, zbog čega bi moglo doći do povećane potražnje za specifičnom vrstom vozila i dijelova na tržištu na kojem konkuriraju i hrvatska poduzeća. Primjerice, elektromotornih vozila i s tim u vezi elektromotora i električne opreme, konvencionalnih vozila, no s učinkovitijim turbonabijenim motorima, turbokompresorima, piezo ventilima za ubrizgavanje goriva, itd. U tom smislu konkurentna poduzeća, tj. poduzeća koja već sad proizvode ili planiraju proizvodnju u skladu s trendovima imaju veću mogućnost privlačenja izravnih ulaganja, povećanja konkurentnosti i širenja poslovanja.

Naravno, uzima se u obzir da usklađenost proizvodnog programa s aktualnim i procjenjenim budućim trendovima ne smije biti i nije jedini kriterij procjene konkurentnosti poduzeća. Stoga će se ovdje navesti o kojim bi još ekonomskim, tehnološkim i organizacijskim kriterijima potencijalni ulagači trebali voditi računa pri procjeni konkurentnosti hrvatskih poduzeća. To su:

- Kapacitet – trebalo bi utvrditi da li određeno poduzeće ima teoretsku mogućnost zadovoljiti potrebe određene vrste proizvodnje – pojedinačne, serijske ili masovne, da li je proizvodnja automatizirana, itd.
- Produktivnost – trebalo bi utvrditi kakav je omjer proizvedenih dobara u odnosu na raspoloživu opremu, ljudski potencijal, prirodne resurse itd.



- Ljudski potencijali – trebalo bi utvrditi profil radne snage prema kriteriju stupnja obrazovanja i stručnosti, kompetencija, informatičke obrazovanosti, mjesečnih primanja, socijalnog stanja, itd.
- Vrsta opreme – trebalo bi utvrditi kojom vrstom opreme raspolaže poduzeće, da li oprema odgovara zahtjevima proizvodnje određenih dijelova, da li su potrebna kapitalna ulaganja u opremu, da li je oprema održavana itd.
- Standardi - trebalo bi utvrditi posjeduje li poduzeće certifikate (TS16949, VDA 6.1, QS 9000, EAQF itd.) bez kojih nije moguće surađivati s proizvođačima automobila
- Reference – profil i značaj dosadašnjih poslovnih partnera također govori da li je poduzeće sposobno proizvoditi prema najvišim kriterijima
- Financijski pokazatelji – analizom poslovnih knjiga treba utvrditi financijsku sliku poduzeća, te naći uzroke nepovoljnih ekonomskih kretanja ako postoje
- IT podrška – treba utvrditi stupanj informatizacije poduzeća, programsku podršku u svim fazama proizvodnje, načine i troškove održavanja IT opreme itd.
- Marketing – treba utvrditi postoji li potreba za službom za odnose s javnošću, zatim odjelom koji se bavi promocijom proizvoda u javnosti i pred poslovnim partnerima, zakupom oglasnog prostora u medijima, itd.

Kao što je vidljivo, sveobuhvatna procjena konkurentnosti poduzeća zahtjevala bi dubinsku analizu i poznavanje svih segmenata proizvodnog i poslovnog djelovanja poduzeća. U tom smislu, takva bi procjena tražila koordiniran rad stručnjaka različitih profila čime nadilazi mogućnosti autora, pa u ovom radu nije niti rađena.

## 9. ZAKLJUČAK

Temeljem analize pravne stečevine vezane uz održivi razvoj transportnog sektora, može se zaključiti kako će se na razini Europske unije, država članica, pa i Republike Hrvatske u sljedećih 10 godina snažno poticati uporaba biogoriva u motorima s unutrašnjim izgaranjem i vozila s niskom emisijom stakleničkih plinova. Analiza pojedinih vrsta vozila pokazala je da ekološki učinak alternativnih vrsta vozila i goriva treba promatrati na razini cjeloživotnog ciklusa kako bi se mogla donijeti što točnija ocjena njihove dugoročne perspektive. U pogledu proizvodnje biogoriva Hrvatska ima dovoljno kapaciteta za proizvodnju, no iako je zakonski propisano, uvođenje biogoriva u uporabu nije zaživjelo u praksi i Republika Hrvatska će morati uložiti značajne napore kako bi 2020. godine 9.18% potreba za gorivom u transportu namirivala iz obnovljivih izvora.

Analizom pokretačkih mehanizama koji utječu na razvoj pojedinih vrsta vozila i goriva, kao i analizom ishoda zamišljenih scenarija, dolazi se do zaključka da će u bližoj budućnosti doći do značajnih promjena u autoindustriji. Kratkoročno najbolju perspektivu imaju motor s unutrašnjim izgaranjem biogoriva i hibridna vozila, a dugoročno elektromotorna vozila s baterijama i/ili gorivnim člancima kao izvorom električne energije. Procjenjuje se da će to stvoriti veliku potražnju za specifičnim dijelovima kao što su turbopunjači, piezo ventili, elektroničke komponente, elektromotori, baterije, katalizatori itd.

Hrvatska autoindustrija nije pripremljena za izazove budućnosti. U nju se u 20 godina hrvatske samostalnosti najmanje ulagalo, proizvođači su razjedinjeni, ne postoji strategija razvoja niti poticaji koji bi privukli strane ulagače ili potaknuli nove investicijske cikluse u poduzećima. Visoka stopa korupcije, netransparentan porezni sustav, spora i neučinkovita administracija samo su neke od prepreka stranim ulagačima. Nužna je potpora Vlade Republike Hrvatske u vidu donošenja strategije razvoja autoindustrije za naredno razdoblje, uklanjanja administrativnih zapreka ulagačima i pomoći pri pronalasku strateškog partnera koji bi mogao uložiti u proizvodnju automobila. U tom smislu treba očekivati interes kineskih proizvođača za ulazak na europsko tržište. Oni trenutno rade najbolja elektromotorna vozila, vlasti snažno potiču razvoj i može se očekivati da će Kinezi u dogledno vrijeme tražiti strateškog partnera za ulazak na EU tržište.

## LITERATURA

- [1] UN: United Nations Framework Convention on Climate Change
- [2] UN: Kyoto Protocol
- [3] <http://eur-lex.europa.eu>, Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council, 23. travanj 2009.
- [4] <http://eur-lex.europa.eu>, Directive 2009/30/EC of the European Parliament and the Council, 24. travanj 2009.
- [5] <http://eur-lex.europa.eu>, Directive 2009/33/EC of the European Parliament and the Council, 24. travanj 2009.
- [6] <http://eur-lex.europa.eu>, Regulation (EC) No 715/2007 of the European Parliament and of the Council, 20 lipanj 2007.
- [7] <http://eur-lex.europa.eu>, Commission Regulation (EC) No 692/2008, 18. lipanj 2008.
- [8] <http://eur-lex.europa.eu>, Regulation No 83 of the Economic Commission for Europe of the United Nations (UN/ECE)
- [9] <http://eur-lex.europa.eu>, Council Directive 70/220/EEC, 20 ožujak 1970.
- [10] <http://eur-lex.europa.eu>, Regulation No 101 of the Economic Commission for Europe of the United Nations (UN/ECE)
- [11] <http://eur-lex.europa.eu>, Council Directive 80/1268/EEC, 16. prosinac 1980.
- [12] <http://eur-lex.europa.eu>, Regulation (EC) No 443/2009 of the European Parliament and of the Council, 23. travanj 2009.
- [13] Strategija energetskega razvoja Republike Hrvatske, NN br. 130/2009
- [14] Zakon o biogorivima za prijevoz, NN br. 65/2009
- [15] Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o biogorivima za prijevoz, NN br. 145/2010
- [16] Pravilnik o mjerama za poticanje korištenja biogoriva u prijevozu, NN br. 42/2010
- [17] Uredba o poticanju proizvodnje biogoriva za prijevoz, NN br. 22/2011

- [18] Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva: Nacionalni akcijski plan poticanja proizvodnje i korištenja biogoriva u prijevozu za razdoblje od 2011. do 2020. godine, Zagreb 2010.
- [19] Plan zaštite i poboljšanja kakvoće zraka u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 2008. do 2011. godine, NN br. 61/08
- [20] Uredba o kakvoći tekućih naftnih goriva, NN br. 53/06
- [21] Samuel E. de Lucena : A Survey on Electric and Hybrid Electric Vehicle Technology, São Paulo State University Brazil
- [22] Environmental impacts and impact on the electricity market of a large scale introduction of electric cars in Europe - Critical Review of Literature, ETC/ACC, 2009.
- [23] Impacts of Electric Vehicles – Summary report, Delft, 2011.
- [24] European Federation for Transport and Environment : How to avoid an electric shock, Electric cars: from hype to reality, Brussels, 2009.
- [25] Electric Power Research Institute (EPRI) and the Natural Resources Defense Council (NRDC): Environmental Assessment of Plug-In Hybrid Electric Vehicles
- [26] Impacts of Electric Vehicles - Deliverable 2 Assessment of electric vehicle and battery technology, Report, Delft, 2011.
- [27] ACEA: Automobile Industry Pocket Guide, 2011.
- [28] The China New Energy Vehicles Program, Challenges and Opportunities, World Bank, 2011.
- [29] Senka Gudić: Elektrokemijski izvori struje, Kemijsko-tehnološki fakultet, Split, 2011.
- [30] Nicola Briguglio, Laura Andalaro, Marco Ferraro, Vincenzo Antonucci: Fuel Cell Hybrid Electric Vehicles
- [31] [www.energetika-net.com](http://www.energetika-net.com)
- [32] U.S. Department of Energy: Hydrogen and Fuel Cells Program Plan, SAD, 2010
- [33] EUCAR, CONCAWE, JRC: Well-to-wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context, 2007.
- [34] [www.h2stations.org](http://www.h2stations.org)
- [35] Prof.dr. Frano Barbir: Vodik i gorivni članci, Tehnička škola Ruđera Boškovića, Zagreb

- [36] Life-Cycle Analysis of Greenhouse Gas Emissions for Hydrogen Fuel Production in the United States from LNG and Coal, DOE, SAD, 2005.
- [37] I. Mahalec, Z. Lulić, D. Kozarac: Motori s unutarnjim izgaranjem, FSB, 2005.
- [38] [http://www.acea.be/collection/co2\\_emissions\\_background/](http://www.acea.be/collection/co2_emissions_background/)
- [39] [www.emercedesbenz.com](http://www.emercedesbenz.com)
- [40] Jasmin Velagić: Piezo aktuatori, Elektrotehnički fakultet Sarajevo
- [41] Biofuels in European Union, A vision for 2030. and beyond, Final report of the Biofuels Research Advisory Council, 2006.
- [42] Renewables 2011, Global status report, [www.ren21.net/Portals/97/documents/GSR/GSR2011\\_Master18.pdf](http://www.ren21.net/Portals/97/documents/GSR/GSR2011_Master18.pdf)
- [43] V.V. Semenčenko: Novi trendovi u proizvodnji bioetanola, Tehnološko-metalurški fakultet u Beogradu, 2010.
- [44] Damir Šljivac: Obnovljivi izvori energije, Energija biomase, Elektrotehnički fakultet Osijek, 2008.
- [45] <http://www.ecoworld.com/sustainability/energy-sustainability/corn-ethanol-water.html>
- [46] Uredba o izmjenama Uredbe o kakvoći biogoriva, NN br. 33/2011
- [47] IPTS: Techno-economic analysis of Bio-diesel production in the EU: a short summary for decision-makers, 2002., <http://ftp.jrc.es/EURdoc/eur20279en.pdf>
- [48] Davor Franić, dipl.ing., Hrvatska gospodarska komora, Energospektar d.o.o.: Postrojenja za proizvodnju biogoriva u fazi planiranja i pogonu u Republici Hrvatskoj
- [49] <https://www.audi-mediaservices.com>
- [50] Gojko Marić, Tomislav Filetin, Ivan Kramer: Metalne pjene – proizvodnja, svojstva i primjena, FSB, Zagreb
- [51] Prof.dr.sc. Tomislav Filetin: Neki trendovi razvoja i primjene materijala, FSB, Zagreb
- [52] United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division World Population Prospects: The 2010 Revision. New York, 2011.
- [53] Ivona Puljić: Ovisnost registrirane stope nezaposlenosti o kretanju BDP-a u Hrvatskoj Diplomski rad, Osijek, 2010.

- [54] International Energy Agency Market Report
- [55] [http://en.wikipedia.org/wiki/Peak\\_oil](http://en.wikipedia.org/wiki/Peak_oil)
- [56] BP: Energy Outlook 2030, 2011.
- [57] <http://www.bp.com/>
- [58] United Nations Conference on Trade and Development - Biofuel production technologies: status, prospects and implications for trade and development, New York and Geneva, 2008
- [59] IEA Energy Technology Eccential – Fuel Cells, 2007.
- [60] The Boston Consulting Group: The comeback of the electric car? How real, how soon, and what must happen next, 2009
- [61] J.D. Power and Associates: Drive Green 2020: More Hope than Reality?, 2010.
- [62] McKinesy & Company: A portfolio of power-trains for Europe: a fact-based analysis, 2010.
- [63] Greenpeace: Energy [r]evolution, a sustainable world energy outlok, 2010.
- [64] <http://www.autonet.hr/>
- [65] Odluka o nacionalnoj klasifikaciji djelatnosti – NKD 2007, NN br. 58/2007
- [66] DZS: Statistička izvješća, 2010.
- [67] Privredni vjesnik: 400 najvećih hrvatskih tvrtki u 2010. godini
- [68] <http://www.selk.hr>
- [69] <http://www.adplastik.hr>
- [70] <http://www.cimos.eu>
- [71] <http://www.kostelpromet.hr>
- [72] <http://www.div.com.hr>
- [73] <http://www.sssh.hr>
- [74] <http://dok-ing.hr/>

- [75] Stjepan Murgić: Empirijska metoda u osmišljavanju i ostvarenju razvitka luke Rijeka
- [76] [http:// www.lukarijeka.hr](http://www.lukarijeka.hr)
- [77] <http://blog.hjeconomics.dk/2011/04/01/the-taylor-plot-a-european-view/>