

UNIVERZA V LJUBLJANI
EKONOMSKA FAKULTETA

DIPLOMSKO DELO

MIHA MARTINČIČ

UNIVERZA V LJUBLJANI
EKONOMSKA FAKULTETA

DIPLOMSKO DELO

**PRIMERJAVA STROŠKOVNEGA IN OKOLJSKEGA VIDIKA
UPORABE BENCINA TER NAFTNEGA IN ZEMELJSKEGA
PLINA PRI AVTOMOBILIH**

LJUBLJANA, AVGUST 2012

MIHA MARTINČIČ

IZJAVA O AVTORSTVU

Spodaj podpisani Miha Martinčič, študent Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom Primerjava stroškovnega in okoljskega vidika uporabe bencina ter naftnega in zemeljskega plina pri avtomobilih, pripravljenega v sodelovanju s svetovalko izr. prof. dr Katjo Zajc Kejžar.

Izrecno izjavljam, da v skladu z določili Zakona o avtorskih in sorodnih pravicah (Ur. l. RS, št. 21/1995 s spremembami) dovolim objavo diplomskega dela na fakultetnih spletnih straneh.

S svojim podpisom zagotavljam, da

- je predloženo besedilo rezultat izključno mojega lastnega raziskovalnega dela;
- je predloženo besedilo jezikovno korektno in tehnično pripravljeno v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, kar pomeni, da sem
 - poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev oziroma avtoric, ki jih uporabljam v diplomskem delu, citirana oziroma navedena v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, in
 - pridobil vsa dovoljenja za uporabo avtorskih del, ki so v celoti (v pisni ali grafični obliki) uporabljena v tekstu, in sem to v besedilu tudi jasno zapisal;
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del (v pisni ali grafični obliki) kot mojih lastnih – kaznivo po Zakonu o avtorskih in sorodnih pravicah (Ur. l. RS, št. 21/1995 s spremembami);
- se zavedam posledic, ki bi jih na osnovi predložene diplomskega dela dokazano plagiatorstvo lahko predstavljalo za moj status na Ekonomski fakulteti Univerze v Ljubljani v skladu z relevantnim pravilnikom.

V Ljubljani, dne _____

Podpis avtorja: _____

KAZALO

UVOD	1
1 PRIMERJAVA EMISIJ IN PORABE GORIVA PRI TRIGORIVNEM OSEBNEM VOZILU	2
1.1 PODOBNI TESTI	2
1.2 PREDSTAVITEV TESTNEGA VOZILA	3
1.3 REZULTATI	4
1.3.1 Cikel visoke hitrosti - EUDC	4
1.3.2 Cikel mestne vožnje - ECE	5
1.4 POVPREČJE REZULTATOV	6
1.4.1 Cikel visoke hitrosti - EUDC	6
1.4.2 Cikel mestne vožnje - ECE	8
1.4.3 NEDC (skupno povprečje) – primerjava z EURO 4	9
1.5 KONČNE UGOTOVITVE	10
2 STROŠKI GORIVA IN PREDELAVE VOZILA	10
2.1 SESTAVA CENE	11
2.2 SLOVENIJA IN EVROOBMOČJE	11
2.2.1 Bencin (neosvinčeni, 95-oktanski)	12
2.2.2 Avtoplin (utekočinjeni naftni plin – LPG)	13
2.2.3 Stisnjeni zemeljski plin – CNG	13
2.3 STROŠKI PREDELAVE VOZILA NA LPG ALI CNG	14
3 PRIMERJAVA EMISIJ, PORABE IN CENE GORIVA PO POSAMEZNIH GORIVIH	15
3.1 CNG	17
3.2 BENCIN	17
3.3 LPG	18
3.4 INVESTICIJA V VEČGORIVNO VOZILO	20
3.5 PRIMERJAVA	21
3.5.1 Povračilo investicije	21
3.5.2 Učinek na okolje in zdravje	21
SKLEP	23
LITERATURA IN VIRI	25
PRILOGE	i

KAZALO TABEL

<i>Tabela 1: Tehnični podatki vozila</i>	3
<i>Tabela 2: Rezultati emisij voznega cikla EUDC</i>	7
<i>Tabela 3: Rezultati emisij voznega cikla ECE</i>	8
<i>Tabela 4: Rezultati emisij NEDC (celotnega testiranja) v primerjavi z emisijskimi standardi EURO4</i>	9

KAZALO SLIK

<i>Slika 1: Gibanje cen neosvinčenega 95-oktanskega bencina v Sloveniji in evroobmočju od aprila 2007 do julija 2011</i>	12
<i>Slika 2: Gibanje cen utekočinjenega naftnega plina (LPG) v Sloveniji in evroobmočju od junija 2009 do junija 2012</i>	12
<i>Slika 3: Gibanje cen zemeljskega plina v Sloveniji in v evroobmočju v obdobju od maja 2007 do vključno junija 2012</i>	13
<i>Slika 4: Prikaz emisij in porabe glede na vrsto goriva</i>	18

UVOD

Osebna vozila so ključni del našega življenja, saj nam omogočajo še kako potrebno mobilnost. Vsako vozilo pa hkrati pomeni tudi strošek, ki se najbolj odraža v cenah pogonskih goriv. Zato je dandanes, ob visokih cenah pogonskih goriv, nizka poraba goriva pri osebni vozilu ključnega pomena. Kot posledica uporabe pogonskih goriv pri osebnih vozilih se v ozračje sproščajo raznovrstni toplogredni plini, ki so zdravju in okolju škodljivi. Glede na količino vozil v uporabi je obremenitev okolja in človeškega zdravja zelo visoka.

Cilj te diplomske naloge je primerjati tri vrste pogonskih goriv, **bencin** (neosvinčeni 95-oktanski), **utekočinjen naftni plin** (ang. *liquefied petroleum gas*, v nadaljevanju: LPG) in stisnjen **zemeljski plin** (ang. *compressed natural gas*, v nadaljevanju: CNG) in predstaviti emisije in porabo goriva, ki nastane ob uporabi naštetih goriv pri osebni vozilu. S pomočjo izmerjene porabe goriva in cene analiziranih goriv iz določenega obdobja bom izračunal, za koliko evrov goriva porabimo vsakih sto kilometrov, ob predpostavki, da vozimo s konstantno, v analizi uporabljeno porabo goriva, ki je bila izmerjena s praktičnim testom. Pri tem lahko že vnaprej sklepam, da je vožnja na plin cenejša kot vožnja na bencin, saj je davčna politika pri omenjenih plinskih gorivih neaktivna.

Ob izmerjenih emisijah bo predstavljena njihova obremenitev za ozračje, kar naj bi okoljsko zavednemu potrošniku pomagalo pri odločitvi o morebitni zamenjavi pogonskega sredstva svojega vozila. Končni cilj je predstaviti pozitivne in negativne učinke uporabe omenjenih goriv kot pogonskih sredstev osebnega vozila, tako s cenovnega kot tudi z okoljskega in zdravstvenega vidika.

V prvem delu diplomske naloge so predstavljene meritve emisij in porabe goriva za vse tri vrste goriv, ki so bili izmerjene s testiranjem osebnega vozila VW Touran, ter strokovna analiza in postopek pridobivanja podatkov. Teste in analizo sta opravila Fakulteta za strojništvo in podjetja ENOS Energetika, d.o.o.

Temu sledi cenovni del diplomske naloge, ki se začne s prikazom gibanja tržnih cen omenjenih pogonskih goriv na slovenskem trgu in gibanjem povprečnih tržnih cen v območju evra. Zaradi dodatnih stroškov, ki jih predstavljata nakup oziroma nadgradnja vozila za uporabo plinskih goriv, so v diplomskem delu navedeni tudi tovrstni stroški.

Na koncu je predstavljena stroškovna analiza uporabe posameznega goriva ob določenih predpostavkah in obremenilni učinek izpušnih plinov na okolje in človeško zdravje.

1 PRIMERJAVA EMISIJ IN PORABE GORIVA PRI TRIGORIVNEM OSEBNEM VOZILU

V tem poglavju sta predstavljena metoda in način pridobivanja podatkov s pomočjo testov, opravljenih z vozilom VW Touran, ter njihova analiza. Pričujoča analiza (Oprešnik, Seljak, Bizjan & Katrašnik, 2010, str. 4):

- vsebuje primerjavo emisij izpušnih plinov in porabe goriva pri osebni vozilu, ki ga poganjajo tri različna goriva (vsako gorivo posebej) v dveh različnih preizkusnih ciklih;
- proučuje ustreznost naknadno vgrajenega dostavnega sistema goriva LPG z vidika emisij izpušnih plinov;
- prikazuje vprašanja v zvezi z učinkovitostjo pretvorbe za bencin optimiziranega trosmernega katalizatorja (ang. *three-way catalyst*, v nadaljevanju: TWC) , medtem ko motor za gorivo uporablja alternativna goriva, in
- s pomočjo časovne sledi razlaga povprečne emisije izpušnih plinov ob upoštevanju značilnosti voznega cikla, motorja, goriva in TWC.

1.1 PODOBNI TESTI

Po svetu je bilo opravljenih že več podobnih analiz; njihove ugotovitve so v tej raziskavi navedene in v nekaterih primerih tudi upoštevane. Treba pa je opozoriti na to, da si rezultati nekaterih analiz med seboj nasprotujejo. Meritve izpušnih emisij več vozil, ki jih poganjajo dizelsko gorivo, bencin, utekočinjeni naftni plin in stisnjeni zemeljski plin, so predstavljene in analizirane v Vebeek (2003), Pielecha, Merkisz, Markowski, Gis, (2010) in Cachón, Tóth, Pucher (2009). Nekatera izmed vozil so bila dvogorivna (tako kot vozilo v obravnavani analizi). Glede na analize, predstavljene v obravnavanih referencah, imajo z ozirom na škodljive emisije vozila s pogonom na CNG prednost pred vozili s pogonom na utekočinjeni naftni plin. Rezultati podobnih testov so bili predstavljeni tudi v Martini et al. (2010), ki pa poroča o nasprotnih trendih. Pri vozilih s pogonom na CNG ugotavlja nekajkrat višje **emisije ogljikovodikov** (ang. *total hydro carbons*, v nadaljevanju THC) v primerjavi z vozili na bencin, dizel in utekočinjen naftni plin, a še vedno precej pod zahtevami EURO 5/6. Visoke **emisije dušikovih oksidov** (v nadaljevanju NOx) pri nekaterih vozilih s pogonom na CNG in LPG so razložene kot posledica naknadne vgraditve sistemov vbrizgavanja goriva CNG in LPG, ki niso optimalno prilagojeni vozilu, kar naj bi povzročilo večje variiranje v razmerjih mešanja zraka in goriva v komori in s tem višje vrednosti škodljivih emisij izpušnih plinov.

Poleg tega Winkler, Dimopoulos, Hauert, Bach, Aguirre (2008) poroča o analizi mehanizmov, ki vodijo do hitrejšega poslabšanja učinkovitosti pretvorbe THC v TWC pri dvogorivnem motorju ob pogonu na CNG v primerjavi s pogonom na bencin pri istem vozilu. Posledično oddaja vozilo med uporabo CNG višje emisije THC (vključno z metanom) v primerjavi z emisijami THC med uporabo bencina. Po Winkler et al. (2008) metan oksidira v katalizatorju na površini delcev PdO (paladijev oksid). Winkler et al. (2008) poroča, da v primeru, da je motor teklen na gorivo CNG, delci PdO po relativno kratkem obdobju staranja (po 35.000 km) postanejo prekriti s plastjo

paladija (Pd). Kot posledica se oksidacija metana in s tem njegovo konverzijsko razmerje v katalizatorju bistveno zmanjšata. To vodi do zelo visokih emisij THC pri vozilih na CNG, saj izpuste THC njihovih motorjev skoraj v celoti sestavlja metan. Po drugi strani pa je isti katalizator pokazal visoko konverzijsko razmerje THC, ko je isti dvogorivni motor poganjal bencin, saj je bil delež metana v skupnih emisijah THC majhen (Oprešnik et al., 2010, str. 4).

1.2 PREDSTAVITEV TESTNEGA VOZILA

Vsi testi so bili izvedeni z vozilom VW Touran 2.0 EcoFuel, letnik 2007 (PRILOGA 1). Avto je imel ob začetku testiranja prevoženih 152.767 km, ob koncu pa 154.951 km (med testiranjem je bilo prevoženih 2184 km). Skupna masa vozila vključno s testnim osebjem in opremo je znašala 2100 kg, kar je samo 80 kg manj od največje dovoljene skupne mase vozila. Poleg treh oseb so precej dodatne mase prispevale tudi baterije za napajanje sistema za testiranje emisij. Osnovni podatki o pogonskem sistemu so na voljo v tabeli 1 (Oprešnik, R. S. et al., 2010 str. 5).

Tabela 1: Tehnični podatki vozila

Prostornina motorja:	1984 cm ³
Št. cilindrov:	4
Kompresijsko razmerje:	13,5 : 1
Maksimalna moč:	80 kW @5400 rpm
Maksimalni navor:	160 Nm @3500 rpm
Emisijski standard:	EURO4
Menjalnik:	5-stopenjski, ročni
Pogonska sredstva (serijsko):	CNG, bencin; nadgradnja vozila za pogon na LPG
Izpušni plini so kanalizirani v tristranski katalizator (TWC)	
Lambda senzor:	dva senzorja ob vstopu in izstopu iz TWC

Vir: R. S. Oprešnik et al.: Exhaust emissions and fuel consumption of a triple-fuel spark-ignition engine powered passenger car, 2010 str. 5, tabela 1.

Vozilo je serijsko narejeno za izkoriščanje CNG in bencina (dvogorivno vozilo). Vbrizgavanje teh dveh goriv je tako nadzorovano s prilagojenimi nastavitvami z **elektronsko krmilno enoto** (v nadaljevanju **ECU**). Vozilo je dodatno opremljeno s sistemom za vbrizgavanje goriva LPG. Sistem je nižjega cenovnega razreda. Vbrizgavanje goriva LPG tako ni nadzorovano s prilagojenimi nastavitvami elektronske krmilne enote (ECU), kot to velja za CNG in bencin. Enota ECU uporablja nastavitve, ki ustrezajo vbrizgavanju bencina, za vbrizgavanje goriva LPG, kar pomeni, da vozilo ob obratovanju na LPG z vidika porabe ne deluje optimalno (Oprešnik et al., 2010, str. 5).

Namen preizkusa je bilo izmeriti emisije izpušnih plinov in porabe goriva pri vozilu, ki ga poganjajo tri različna goriva – bencin, utekočinjeni naftni plin in stisnjeni zemeljski plin – med vožnjo po istem vzorcu (voznem ciklu).

Vzorec vožnje, po katerem je bilo vozilo testirano, je mednarodno predpisan. Imenuje se **novi evropski vozni cikel** (ang. *new european driving cycle*, v nadaljevanju **NEDC**) in je bil uporabljen kot osnova za preizkus. NEDC je sestavljen iz štirih ciklov **ECE** (znan tudi kot UDC, ang. *urban driving cycle*, gl. Prilogo C) in enega cikla **EUDC** (ang. *ekstra urban driving cycle*, gl. Prilogo B). Cikel ECE traja 195 sekund in posnema mestno vožnjo, zanj pa so značilni zmerna hitrost vozila (do 50 km/h) in pospeški. Cikel EUDC traja 400 sekund in posnema vožnjo, ki vključuje visoko hitrost, vendar ne predvideva močnih pospeškov, ki zahtevajo največjo moč motorja (Oprešnik et al., 2010, str. 7).

Preizkus ECE je bil opravljen na ravnem testnem poligonu v mirnem vremenu. Test se je začel, ko se je vozilo ogrelo na standardno delovno temperaturo – ko je tekočina za hlajenje motorja dosegla stabilno temperaturo, je bila z vozilom opravljena še 5-minutna zmerna vožnja. To ni v skladu z uradnim postopkom preizkusa ECE, pri katerem naj bi vozilo pred testiranjem vsaj šest ur obratovalo pri testni temperaturi 20–30 °C. To neskladje je utemeljeno s tem, da je pri uporabljenem postopku mogoče teste za vsa tri goriva opraviti zaporedno. Posledično so bili lahko testi za vse tri vrste goriv opravljeni ob primerljivih pogojih (vremenske razmere, stanje ceste, temperatura zraka itd.) (Oprešnik et al., 2010, str. 7).

Testi EUDC so bili izvedeni ločeno, saj dolžina testnega poligona ni zadostovala za izvedbo testa NEDC. Začetni pogoji so bili enaki kot pri testu ECE. Več preizkusov ECE in EUDC je bilo izvedenih za vsako vrsto goriva posebej, za pridobitev dovolj podatkov, kar je dovoljevalo selekcijo in analizo le tistih preizkusov, kjer so bile hitrosti med uporabo različnih goriv primerljive. Tako je bila primerljiva tudi poraba energije (Oprešnik et al., 2010, str. 7).

1.3 REZULTATI

1.3.1 Cikel visoke hitrosti - EUDC

V PRILOGI B so za vsa tri analizirana goriva prikazani časovni izsledki izmerjene hitrosti vozila, standardne količine pretoka izpušnih plinov, položaja pospeševalnega pedala, čas vžiga glede na položaj bata, temperature izpušnih plinov in emisije **ogljikovega dioksida** (v nadaljevanju: **CO₂**), **ogljikovega monoksida** (v nadaljevanju: **CO**), **NO_x** in **THC** v voznem ciklu EUDC.

Iz PRILOGE B lahko razberemo, da je bila vožnja z vsemi tremi gorivi opravljena ob hitrosti, ki ustreza za voznemu ciklu EUDC (Oprešnik et al., 2010, str. 7).

Temperatura izpušnih plinov je najnižja ob uporabi CNG za pogon vozila. Prav tako je iz PRILOGE B razvidno, da je temperatura izpušnih plinov ob uporabi goriva LPG višja kot pri bencinskem pogonu vozila. Van den Brink & McDonald (1995) in Winkler et al. (2008) navajajo, da vrsta goriva močno vpliva na konverzijsko razmerja različnih sestavin izpušnih plinov v TWC. Bistveno nižje emisije CO in THC pri uporabi utekočinjenega naftnega plina v

primerjavi z bencinom kažejo na višjo stopnjo konverzije obeh onesnaževalcev v TWC, medtem ko te reakcije hkrati povečujejo temperaturo jedra katalizatorja in s tem tudi temperaturo izpušnih plinov (Oprešnik et al., 2010, str. 8).

V splošnem so emisije CO pri vozilih na bencin in vozilih na utekočinjeni naftni plin v primerjavi s pogonom na CNG višje. To je predvsem posledica višje temperature izgorovanja pri gorivu CNG zaradi hitrega vžiga goriva ob vstopu v komoro, daljša obdobja visokih temperatur pa so ugodna za pretvorbo CO, medtem ko višje razmerje med vodikom in ogljikom (v nadaljevanju H/C) v gorivu prispeva tudi k nižjim emisijam CO. Dokazano je, da je pri večjem delu voznega cikla koncentracija emisij CO višja pri pogonu na bencin kot pri pogonu na utekočinjeni naftni plin. To je mogoče pripisati predvsem nižji stopnji pretvorbe v TWC, kar se kaže kot posledica različnih temperatur izpušnih plinov glede na gorivo. Porast emisij CO pri utekočinjenem naftnem plinu na začetku pospeševanja je mogoče pripisati naknadnemu dodajanju sistema za vbrizgavanje LPG, kjer ni mogoče natančno kontrolirati razmerja med zrakom in gorivom, kar ugotavljajo tudi Martini et al. (2010) (Oprešnik et al., 2010, str. 8).

Med pospeševanjem vozila so emisije NO_x precej nižje pri uporabi LPG, saj višja temperatura sredice katalizatorja spodbuja znižanje koncentracije NO_x s pomočjo reakcije s CO. Pri statični vožnji na pogon z LPG pa so emisije NO_x visoke kljub najvišji temperaturi katalizatorja. Koncentracije CO in THC so ob uporabi LPG nizke. Rezultati kažejo na pusto delovanje motorja, kar pa je posledica naknadne vgraditve sistema za dovajanje goriva LPG in njegove neprimerne kalibracije. Zaradi tega sistem ne more natančno nadzirati razmerja med zrakom in gorivom, kar je mogoče pri serijsko vgrajenem sistemu, opazajo Martini et al. (2010) (Oprešnik et al., 2010, str. 10).

Visoke vrednosti NO_x med pospeševanjem vozila so prav tako značilne za gorivo CNG. Relativno visoke emisije NO_x pri gorivu CNG lahko razumemo kot kompromis med dobro učinkovitostjo motorja in nizko konverzijsko stopnjo NO_x v TWC.

Bencinski pogon ima najnižjo povprečno vrednost emisij NO_x v voznem ciklu EUDC, saj sistem omogoča ustrezno razmerje zraka in goriva. Poleg tega do vžiga goriva pride pozneje, ko to vstopi v komoro.

Najvišjo povprečno vrednost emisij THC v voznem ciklu EUDC ima gorivo CNG, kljub visokim vrednostim emisij THC pri pogonu na bencin med pospeševanjem do visokih hitrosti. Najnižje povprečne vrednosti emisij THC v opazovanem voznem ciklu so značilne za gorivo LPG (Oprešnik et al., 2010, str. 10).

1.3.2 Cikel mestne vožnje - ECE

V PRILOGI C so za vsa tri analizirana goriva prikazane izmerjene hitrosti vozila, standardne količine pretoka izpušnih plinov, položaj pospeševalnega pedala, čas vžiga goriva glede na

položaj bata, temperature izpušnih plinov in emisije CO₂, CO, NO_x in THC v voznem ciklu ECE. Izmerjeni trendi so podobni tistim iz cikla EUDC, vendar s to razliko, da so vrednosti izsledkov nižje, kar je posledica karakteristik voznega cikla ECE, torej nižje vozne hitrosti in posledično manjše obremenitve motorja. Rezultat tega tudi je manjša poraba goriva (Oprešnik R. S. et al., 2010 str. 10).

Podobno kot pri voznem ciklu EUDC je temperatura izpušnih plinov najvišja ob pogonu na LPG, vendar je razlika zaradi manjših obremenitev motorja manj izrazita kot pri voznem ciklu EUDC. Pomembnejši kazalec je mogoče razbrati iz absolutnih vrednosti temperature izpušnih plinov, ki kažejo, da TWC ne deluje v optimalnem režimu delovanja. To povzroča nižje konverzijske vrednosti, kar je razvidno iz Merker et al. (2009) in Hoebink, Van Gemert, Van den Tillaart, Marin (2000) (Oprešnik R. S. et al., 2010 str. 11).

Ob pogonu na CNG so vrednosti emisij CO, podobno kot pri voznem ciklu EUDC, nizke, saj nikoli ne presegajo 0,1 vol%. Zopet pa je visok porast emisij CO viden ob uporabi goriva LPG na začetku pospeševanja, kar gre pripisati naknadni vgraditvi sistema vbrizgavanja goriva LPG, medtem ko so pri potovalni vožnji vrednosti emisij CO ob uporabi goriva CNG in LPG podobne. Vrednost emisij CO v voznem ciklu ECE je najvišja pri pogonu na bencin. Razlike v vrednosti emisij CO med uporabljenimi gorivi v ciklu ECE so manjše od tistih v voznem ciklu EUDC tudi zaradi manjših razlik med vžigom goriva (Oprešnik R. S. et al., 2010 str. 11).

Podobno kot pri ciklu EUDC so tudi v tem ciklu visoke emisije NO_x značilne za gorivo LPG v stanju dinamične vožnje. Na splošno pa lahko v ciklu ECE opazimo, da so emisije NO_x zelo nizke za bencin in stisnjeni zemeljski plin, kar je predvsem posledica nizkih obremenitev motorja v voznem ciklu ECE (Oprešnik et al., 2010 str. 12).

V splošnem so emisije THC pri vseh treh vrstah goriva zelo nizke. Najvišje emisije THC, ki so značilne za motor, ki uporablja CNG, bi bilo mogoče pripisati pojavu, ko po 35.000 km TWC postane neučinkovit pri pretvarjanju izpušnih plinov THC (Oprešnik et al., 2010 str. 13).

1.4 POVPREČJE REZULTATOV

V naslednjih treh podpoglavjih so ločeno predstavljeni povprečni rezultati meritev opravljenih v ciklu EUDC in ciklu ECE, ter skupno povprečje vseh rezultatov, torej celotnega testa NEDC. Rezultati slednjega so primerjani z emisijskim standardom za osebna vozila EURO4.

1.4.1 Cikel visoke hitrosti - EUDC

V tem podpoglavju so predstavljena povprečja rezultatov voznega cikla ECE. Količine emisij izpušnih plinov in porabe goriva so podane v masi na prevoženi kilometer. Masa je uporabljena predvsem zato, da se zagotavlja nepristranskost vrednosti. V primeru uporabe prostorninskih

enot bi bile namreč vrednosti med seboj neprimerljive, saj se prostornina s temperaturo spreminja.

Tabela 2: Rezultati merjenja emisij med voznim ciklom EUDC

EUDC	CO	CO ₂	THC	NO _x	Poraba goriva	Poraba energije
	(g/km)	(g/km)	(mg/km)	(mg/km)	(g/km)	(MJ/km)
Bencin	6,153	173,9	31,94	59,98	57,90	2,519
LPG	3,913	170,6	2,48	218,07	58,51	2,686
CNG	0,625	137,7	61,71	144,24	50,61	2,473

Vir: R. S. Oprešnik et al.: Exhaust emissions and fuel consumption of a triple-fuel spark-ignition engine powered passenger car, 2010 str. 14, tabela 2.

Povprečne vrednosti emisij CO sledijo jasnemu trendu, ki je razviden iz PRILOGE B, tako da se lahko vrednosti v tabeli 2 pojasnimo z že zgoraj navedeno razlago (gl. podpoglavje 1.3.1). Iz tabele 2 je prav tako mogoče razbrati, da vozilo ob pogonu na CNG oddaja največ emisij THC. To je posledica dejstva, da vozilo na CNG oddaja višjo koncentracijo THC v prvih treh fazah pospeševanja, kar v večji meri prispeva k povečanju povprečja emisij THC v voznem ciklu EUDC. Vozilo ob pogonu na bencin oddaja najvišje koncentracije THC v zadnji fazi pospeševanja, ko je masni pretok izpušnih plinov najvišji v tem ciklu. Visoka koncentracija THC ob pogonu na CNG v prvih treh fazah pospeševanja izhaja iz hitrega poslabšanja učinkovitosti konverzije metana v TWC. To poslabšanje konverzije pri uporabi stisnjenega zemeljskega plina nastane, kot poročajo Winkler et al. (2008), ko kilometrino vozila preseže 35.000 km, kar je občutno manj od števila prevoženih kilometrov pri analiziranem vozilu. Vrednosti emisij THC pri uporabi LPG so bistveno nižje v primerjavi z emisijami THC med uporabo preostalih dveh vrst goriv (Oprešnik et al., 2010 str. 13).

Kot je razvidno iz PRILOGE B, je vrednost emisij NO_x najnižja med uporabo bencina. Bolj zanimivo je primerjati emisije NO_x med uporabo CNG in LPG. Pri uporabi CNG je povprečna vrednost emisij NO_x med pospeševanjem visoka, medtem ko je ob uporabi LPG vrednost emisij visoka med enakomerno vožnjo. Zaradi karakteristik voznega cikla EUDC, torej sorazmerno dolgih obdobjih enakomerne vožnje, vozilo odda največjo količino emisij NO_x ob uporabi utekočinjenega naftnega plina (Oprešnik et al., 2010 str. 13).

Absolutne povprečne vrednosti emisij CO₂ so ocenjene na podlagi izmerjenih koncentracij CO₂ (PRILOGA 2) in ustreznega pretoka mase. Poraba goriva je prav tako ocenjena na podlagi emisij CO₂ in drugih obravnavanih vrst emisij (Oprešnik et al., 2010 str. 13).

Vrednosti emisij CO₂ se odražajo predvsem v razmerju H/C posameznega goriva, saj so razlike v razmerju H/C večje od tako imenovane »učinkovitosti od rezervoarja do kolesa« (ang. *Tank to Wheel*, v nadaljevanju: **TtW**). Ob pogonu na CNG ima vozilo najvišjo učinkovitost TtW, kar gre večinoma pripisati zgodnjemu vžigu goriva in s tem učinkovitejšemu izkoristku motorja. Najnižja TtW učinkovitost je značilna za gorivo LPG. To je mogoče pripisati predvsem naknadni

vgraditvi sistema vbrizgavanja LPG, ki pa ne more natančno nadzorovati razmerja med zrakom in gorivom (Oprešnik et al., 2010 str. 13).

1.4.2 Cikel mestne vožnje - ECE

Tukaj so tako kot v prejšnjem podpoglavju predstavljeni povprečni rezultati, v tem primeru iz vrednosti, izmerjenih med voznim ciklom ECE.

Tabela 3: Rezultati emisij voznega cikla ECE

ECE	CO	CO ₂	THC	NO _x	Poraba goriva	Poraba energije
	(g/km)	(g/km)	(mg/km)	(mg/km)	(g/km)	(MJ/km)
Bencin	1,808	235,7	1,36	21,11	75,40	3,280
LPG	1,352	210,7	1,09	88,33	70,38	3,230
CNG	0,743	181,1	17,23	23,15	66,47	3,248

Vir: R. S. Oprešnik et al.: Exhaust emissions and fuel consumption of a triple-fuel spark-ignition engine powered passenger car, 2010 str. 14, tabela 3.

V voznem ciklu ECE (tabela 3) lahko na področju emisij in porabe goriva opazimo podobne splošne trende kot pri ciklu EUDC, medtem ko se absolutne povprečne vrednosti emisij med obema voznima cikloma pri posamezni vrsti goriva bistveno razlikujejo (Oprešnik et al., 2010 str. 14).

Iz analize izpuhov vozila na bencin je razvidno, da so emisije CO v voznem ciklu ECE precej nižje v primerjavi z vrednostmi iz cikla EUDC, saj motor med ECE daljše obdobje ne obratuje z bogatim razmerjem med zrakom in gorivom (več goriva, manj zraka). Kljub temu je absolutna vrednost emisij CO pri pogonu na bencin med ciklom ECE prav tako precej visoka, kar je predvsem posledica nizkih obremenitev motorja med ciklom ECE (Oprešnik et al., 2010 str. 14).

Višje vrednosti emisij CO₂ med ciklom ECE so rezultat manjšega izkoristka motorja, ki je posledica dolgih obdobjih prostega teka, poleg tega pa zaradi nizkih obremenitev motorja pride tudi do višje porabe goriva in energije. Višje emisije THC med EUDC kot pri ECE so predvsem posledica bogatega (nizkega) razmerja med zrakom in gorivom med hitrim pospeševanjem. Nižje emisije NO_x med ECE so v glavnem posledica nižjih obremenitev motorja (Oprešnik et al., 2010 str. 14).

Podobne ugotovitve veljajo tudi za primerjave rezultatov pri ciklih ECE in EUDC za gorivo LPG, razen pri emisijah THC, ki so zelo nizke pri obeh voznih ciklih (Oprešnik et al., 2010 str. 14).

Ob pogonu na CNG med operacijo EUDC ne nastopi bogato (nizko) razmerje med zrakom in gorivom, zato so emisije CO višje med ciklom ECE. To je mogoče pojasniti z dvema

mehanizmoma, ki izhajata iz nizkih obremenitev motorja med ECE, in sicer temperaturo v motorju in nižjo konverzijsko učinkovitostjo TWC. Za ostale emisije veljajo podobne ugotovitve, kot veljajo za bencinski pogon vozila ob primerjavi rezultatov med cikloma ECE in EUDC (Oprešnik et al., 2010 str. 14).

1.4.3 NEDC (skupno povprečje) – primerjava z EURO 4

To podpoglavje združuje povprečje rezultatov obeh voznih ciklov. Iz tega dobimo splošne podatke o emisijah in porabi za osebno vozilo, ki se vozi v urbanih naseljih in izven njih.

Tabela 4: Rezultati emisij NEDC (celotnega testiranja) v primerjavi z emisijskimi standardi EURO4.

NEDC	CO	CO ₂	THC	NO _x	Poraba goriva	Poraba energije
	(g/km)	(g/km)	(mg/km)	(mg/km)	(g/km)	(MJ/km)
Bencin	4,573	196,3	20,82	45,84	64,26	2,795
LPG	2,982	185,1	1,97	170,87	62,83	2,884
CNG	0,668	153,5	45,53	100,19	56,38	2,755
EURO4	1,000	/	100,00	80,00	/	/

Vir: R. S. Oprešnik et al.: Exhaust emissions and fuel consumption of a triple-fuel spark-ignition engine powered passenger car, 2010 str. 15, tabela 4.

Čeprav neposredna primerjava izmerjenih rezultatov in emisijskega standarda EURO 4 ni povsem ustrezna, saj testni pogoji, predvsem skupna masa vozila, niso bili enaki tistim, ki jih zahteva standard EURO 4, lahko iz tabele 4 izluščimo nekaj zanimivih sklepov. Razvidno je, da je pri analiziranem vozilu zaradi zmernega povečanja obremenitve presežena mejna vrednost izpustov CO obeh goriv, ki uporabljata ECU nastavitve, namenjene vožnji na bencin. (tj. bencin in LPG). Zato so omejitve izpustov CO ob povečanju skupne mase vozila izpolnjene le pri pogonu na CNG.

Iz tabele 4 je razvidno, da so emisije THC pri vseh treh vrstah goriva daleč pod mejnimi vrednostmi, ki jih predvideva standard EURO 4, in to kljub nizkemu konverzijskemu razmerju THC v TWC ob pogonu na gorivo CNG in kljub delovanju v bogatem razmerju med zrakom in gorivom ob pogonu na bencin in LPG v času naglega pospeševanja. Najvišje emisije NO_x za gorivo LPG je mogoče pojasniti s slabimi nastavitvami naknadno vgrajenega sistema. Druge najvišje vrednosti emisije NO_x dosega gorivo CNG, kar je mogoče pojasniti z zgodnjim vžigom goriva in z nizko konverzijsko učinkovitostjo NO_x v TWC. Večja masa vozila kot dodatna obremenitev prispeva pri vseh treh vrstah goriva tudi k višjim emisijam NO_x zaradi tvorjenja večjih količin NO_x v motorju (Oprešnik et al., 2010 str. 15).

Emisije CO₂ kažejo predvsem na razmerja med H/C v gorivih. Iz tabele 4 je razvidno, da ima vozilo ob pogonu na CNG najvišjo učinkovitost TtW, ki je posledica optimiziranega kompresijskega razmerja CNG in trenutka vžiga goriva glede na položaj bata. Prav tako je treba

omeniti, da so izmerjene emisije CO₂ skladne s podatki, ki jih navaja proizvajalec testnega vozila (155 g/km emisij CO₂ za CNG gorivo in 196 g/km emisij CO₂ ob pogonu na bencin), vendar je pri tem treba upoštevati, da so bile analize izvedene na odprtem poligonu z ogretim vozilom, ki je bilo dodatno obteženo (z merilnimi napravami), zaradi česar emisije CO₂ niso neposredno primerljive. Glede na to, da se bili testi izvedeni z ogretim vozilom, kar zmanjšuje porabo goriva, in zaradi dejstva, da višja obremenitev vozila (zaradi dodatne teže) poveča porabo goriva, je mogoče potrditi skladnost med izmerjenimi in proizvajalčevimi podatki o emisijah CO₂, kar hkrati potrjuje ustreznost izvedenih analiz (Oprešnik et al., 2010 str. 15).

1.5 KONČNE UGOTOVITVE

Najnižjo porabo energije in s tem najvišjo učinkovitost TtW ima vozilo s pogonom na CNG. . Najnižja vrednost emisij CO₂ pri gorivu CNG je predvsem posledica višjega razmerja H/C v gorivu in v manjši meri posledica visoke učinkovitosti TtW. Zaradi hitrega poslabšanja učinkovitosti konverzije metana v TWC ima gorivo CNG najvišjo vrednost emisij THC. Visoke emisije NO_x so prav tako značilne za vozilo na gorivo CNG. Najnižje vrednosti emisij CO ima vozilo ob pogonu na CNG (Oprešnik et al., 2010 str. 15).

Vozilo dosega nižjo učinkovitost TtW ob pogonu na bencin v primerjavi s pogonom na CNG, medtem ko so vrednosti emisij CO₂ višje. Emisije CO ob pogonu na bencin presegajo meje voznega cikla NEDC. Na visoko povprečje vplivajo predvsem visoke vrednosti emisij CO pri pospeševanju do visoke hitrosti med voznim ciklom EUDC, kjer se močno pokaže vpliv visoke mase vozila, ki je zelo blizu največji skupni dovoljeni masi vozila in je tako višja od mase, določene za vozila v voznem ciklu NEDC. Zaradi vsega naštetega so vrednosti emisij THC poskočile do izmerjenega maksimuma, kljub temu pa je izkoristek pretvorbe THC v TWC-ju še vedno dovolj visok, da so emisije THC pod mejo EURO4. Vozilo ob pogonu na bencin oddaja najnižje emisije NO_x (Oprešnik et al., 2010 str. 16).

Naknadno vgrajen sistem za vbrizgavanje goriva LPG povzroča najvišje razmerje zraka in goriva, posledica tega pa je najnižja učinkovitost TtW, medtem ko je vrednost emisij CO₂ predvsem posledica razmerja H/C v gorivu. Najvišje vrednosti emisij NO_x pri gorivu LPG so v največji meri posledica visokega razmerja zrak-gorivo v stanju enakomernega delovanja motorja. Visoke emisije CO, ki presegajo mejo EURO 4, izvirajo iz razmeroma nizkega razmerja med zrakom in gorivom med pospeševanjem do visoke hitrosti v voznem ciklu EUDC. Vozilo ima ob pogonu na LPG najvišjo konverzijsko razmerje THC v TWC-ju (Oprešnik et al., 2010 str. 16).

2 STROŠKI GORIVA IN PREDELAVE VOZILA

V zadnjem času smo priča naraščanju cen naftnih derivatov. Eden od razlogov za to je diplomatski spor med Iranom in Evropo, ki se je začel zaradi iranskega jedrskega programa in posledično napovedjo embarga uvoza iranske nafte v Evropo (Hadjucostis 2012). Visoke cene

dizelskega goriva in bencina so še bolj obremenile gospodarstvo, ki se že tako sooča s splošno krizo. Seveda pa bencin in dizelsko gorivo nista edini pogonski sredstvi, ki sta nam dandanes na voljo. Trg nam ponuja alternativni v obliki plina, in sicer utekočinjeni naftni plin (LPG) ter stisnjeni zemeljski plin (CNG). Ti dve vrsti goriva lahko ob manjši nadgradnji poganjata vsako vozilo, ki sicer teče na dizelsko gorivo ali bencin. Cene teh dveh vrst goriva se gibljejo precej pod cenami dizelskega goriva in bencina, kar je predvsem posledica manjšega povpraševanja po tovrstnem gorivu, s čimer bi lahko pojasnili tudi nižjo trošarinsko obremenitev. Vsi izračuni in projekcije v nadaljevanju temeljijo na predpostavki, da Vlada RS do goriv CNG in LPG vodi pasivno davčno politiko in s tem ustvarja občutne razlike v njihovih cenah (Cene naftnih derivatov).

2.1 SESTAVA CENE

V Sloveniji je drobnoprodajna cena naftnih derivatov sestavljena iz osnovne cene, dodatka za zagotavljanje prihranka energije, ki je stopil v veljavo 10. 02. 2010, trošarine in 20-odstotnega DDV-ja. Pri tem je treba poudariti, da CNG ne sodi med naftne derivate, zato nekatere od zgoraj omenjenih obremenitev za to vrsto goriva ne veljajo (Cene naftnih derivatov).

V Evropi se sestava cene razlikuje glede na posamezno državo, in sicer predvsem v različnih stopnjah DDV-ja, ponekod pa tudi zaradi dodatnih obremenitev (npr. ekološka taksa). Cene goriva v evroobmočju so povprečje, izračunano iz cen goriva v državah z evrom. V povprečju so povprečne cene bencina v evroobmočju za 0,20 € višje od cene v Sloveniji, medtem ko so cene LPG v Sloveniji za 0,02 € višje od povprečne cene v evroobmočju (European Commissions Statistics & Market observatory 2012).

2.2 SLOVENIJA IN EVROOBMOČJE

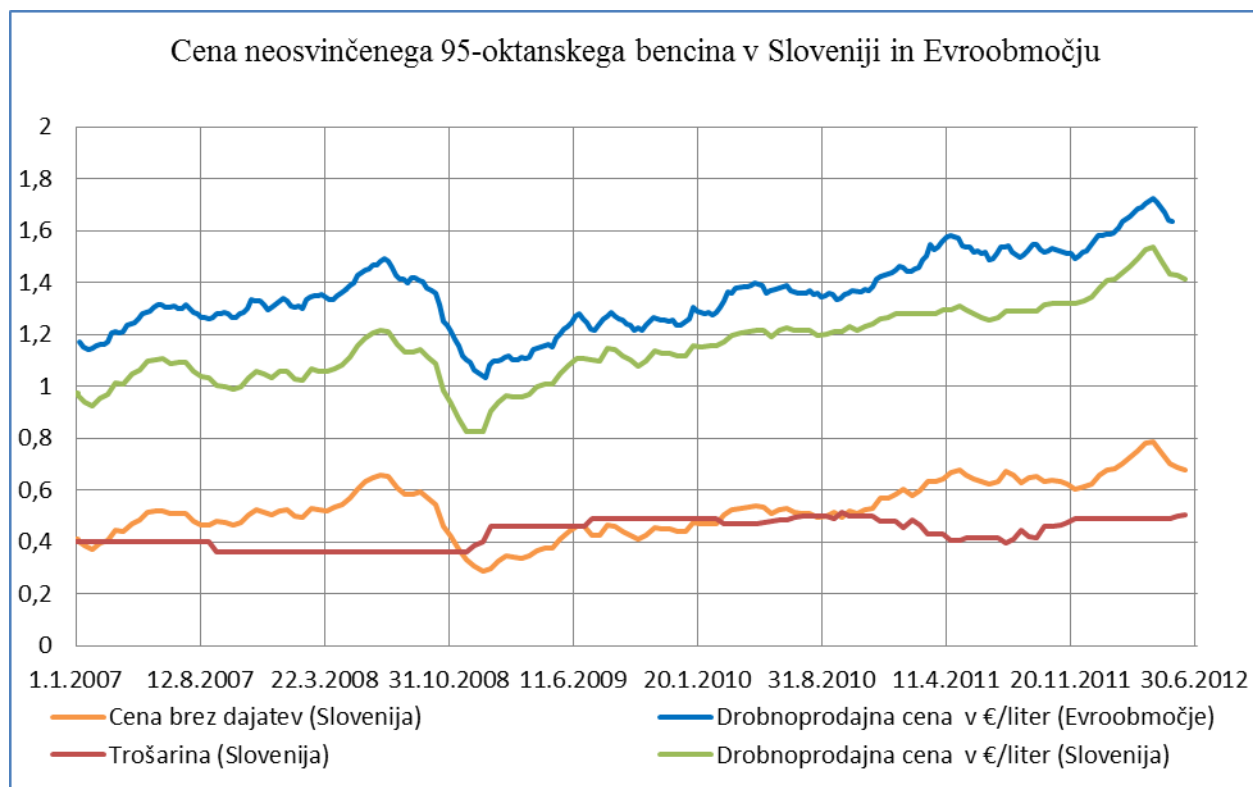
Cena bencina konstantno niha (slika 1). Vlada RS kontrolira trošarine na bencin in ostale naftne derivate, s tem pa lahko ublaži vsakršni manjši cenovni šok, ki se občasno pojavi, in sicer tako, da v primeru skokovite podražitve bencina zniža trošarine. S tako potezo se država odpove določenemu dohodku iz trošarin. Seveda se trošarine lahko uporabijo tudi za doseg nasprotnega učinka. Vlada RS bo ob nenadnem padcu cene bencina zvišala trošarino in s tem ohranila tržno ceno nespremenjeno, medtem ko se bo obseg dohodka od trošarin povečal.

Cene LPG v Sloveniji nis podvržene takšnim nihanjem. Trend naraščanja in padanja osnovne cene je podoben tistemu pri bencinu, le da so tu spremembe precej manj drastične. Trošarine na LPG so za razliko od trošarin na bencin konstantne, kar gre pripisati predvsem majhnemu številu uporabnikov ter manjšemu variiranju cene. Prav tako je gospodarstvo relativno neodvisno od cene LPG, zato tudi njegova nenadna podražitev po mojem mnenju ne bi sprožila posebne vladne intervencije.

2.2.1 Bencin (neosvinčeni, 95-oktanski)

Na sliki 1 je prikazano gibanje osnovne cene, trošarine in maloprodajne cene bencina na slovenskem trgu skupaj z gibanjem povprečja cen bencina v evroobmočju.

Slika 1: Gibanje cen neosvinčenega 95-oktanskega bencina v Sloveniji in območju evra od aprila 2007 do julija 2012



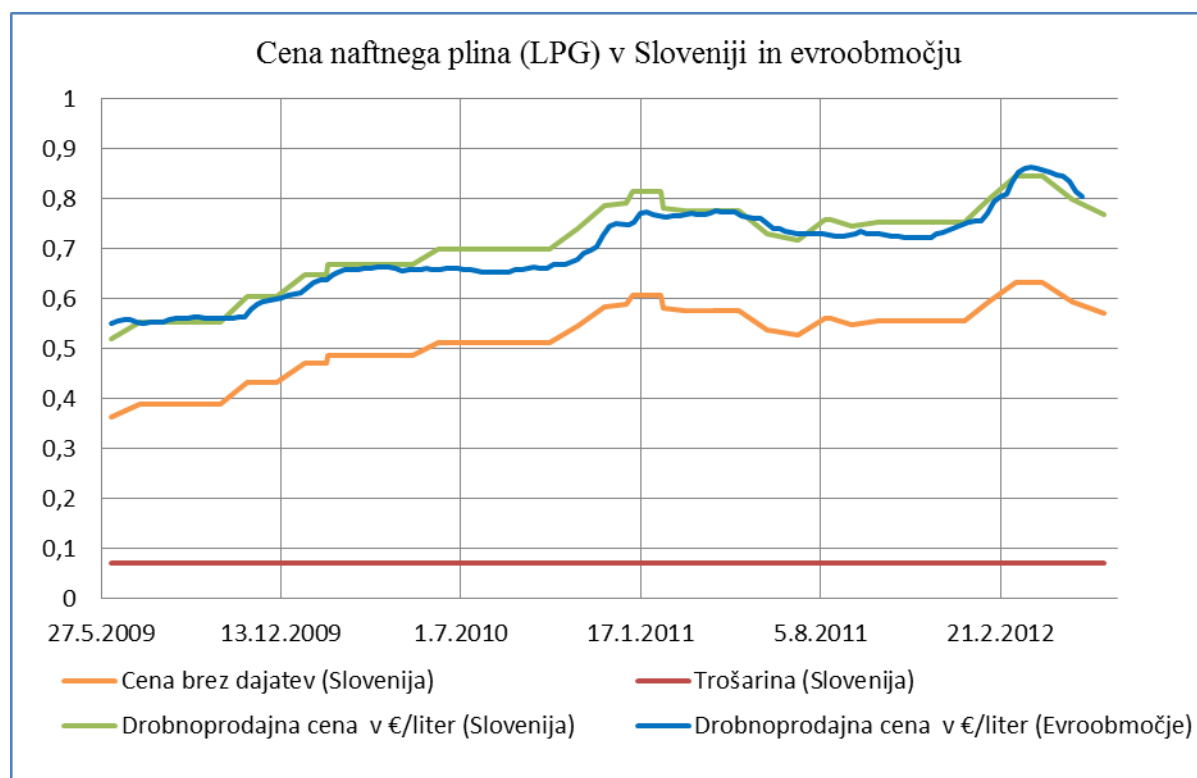
Prilagojeno po: Gibanje cen goriv 2012; European Commissions Statistics & Market observatory: Oil bulletin history from 2005 onwards, 2012.

Iz slike 1 je jasno razvidna razlika med drobnoprodajno ceno v Sloveniji in EMU. Povprečna drobnoprodajna cena v Sloveniji je 0,21 € manjša od povprečne drobnoprodajne cene v EMU. Razlogov za to je več. Cene brez dajatev se med državami EMU razlikujejo, enako velja za davčne obremenitve osnovne cene. Glede na razliko v povprečni ceni lahko sklepam, da so v EMU višje od teh v Sloveniji (European Commissions Statistics & Market observatory, 2012).

2.2.2 Avtoplin (utekočinjeni naftni plin – LPG)

Slika 2 prikazuje gibanje osnovne cene, trošarine in maloprodajne cene bencina na slovenskem trgu skupaj z gibanjem povprečja cen bencina v evroobmočju.

Slika 2: Gibanje cen utekočinjenega naftnega plina (LPG) v Sloveniji in območju evra od junija 2009 do junija 2012



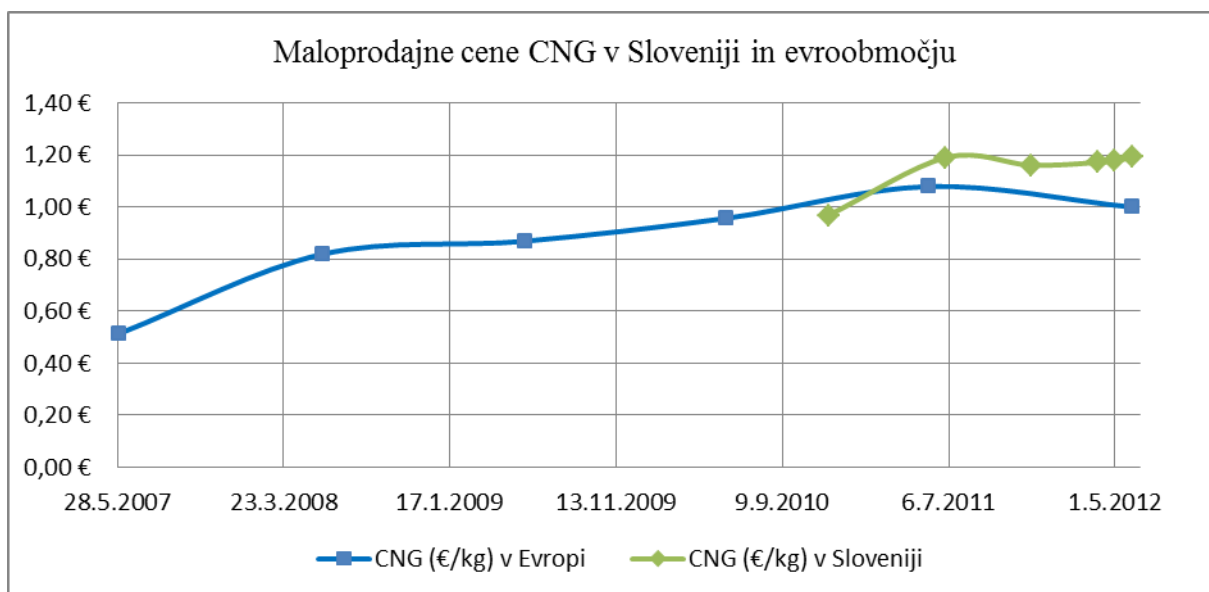
Prirejeno po: Gibanje cen goriv 2012; European Commissions Statistics & Market observatory: Oil bulletin history from 2005 onwards, 2012.

Na sliki 2 je razlika med drobnoprodajnimi cenami v Sloveniji in EMU manj očitna. V Sloveniji je bila v opazovanem obdobju povprečna drobnoprodajna cena LPG za 0,02 € višja od povprečja v EMU. To je predvsem posledica precej nižje povprečne cene LPG brez dajatev v EMU, so pa zato povprečne obremenitve cene v EMU višje od teh v Sloveniji (European Commissions Statistics & Market observatory 2012).

2.2.3 Stisnjeni zemeljski plin – CNG

Slika 3 prikazuje tržne cene CNG v Sloveniji in njihovo povprečje na območju evra. Krivulja, ki prikazuje cene v Sloveniji, se začne šele ob koncu leta 2010, saj pred tem CNG na slovenskem trgu še ni bil na voljo (Statistic records, Natural & bio Gas Vehicle Association 2012).

Slika 3: Gibanje cen zemeljskega plina v Sloveniji in v evroobmočju v obdobju od maja 2007 do vključno junija 2012



Prirejeno po: Cenik – stisnjeni zemeljski plin (CNG), 2012; Natural & bio Gas Vehicle Association: Statistic records, 2012.

V obdobju od konca leta 2010 pa do sredine leta 2012 je bila povprečna drobnoprodajna cena goriva CNG v Sloveniji 0,13 € višja od povprečja v EMU. Glede na to, da je CNG v Sloveniji obremenjen le z DDV (Cenik – stisnjeni zemeljski plin (CNG), 2012) lahko sklepam, da je vzrok za razliko v nižji osnovni ceni v EMU (Natural & bio Gas Vehicle Association).

2.3 STROŠKI PREDELAVE VOZILA NA LPG ALI CNG

V Sloveniji je uporaba vozil na LPG ali CNG relativno majhna, novo vozilo na tovrstni pogon pa bi bilo treba posebej naročiti, saj prodajalci pri nas, razen redkih izjem, glede na nizko povpraševanje tovrstnih vozil ne ponujajo (čeprav obstajajo serijske različice vozil na LPG in CNG). Je pa mogoče v Sloveniji vozilo nadgraditi za uporabo plinskih goriv, kot sta LPG in CNG. S tovrstno predelavo se ukvarja kar nekaj podjetij, med drugim Plineks d.o.o., Populi d.o.o., in pa ZAVOLI Avtoplinski sistemi d.o.o.

Pri vseh treh podjetjih sem iskal informacije predvsem o ceni predelave vozila, ki je bilo uporabljeno pri meritvi izpušnih plinov. Odgovor sem dobil od podjetja Plineks d.o.o., kar sem tudi uporabil pri nadaljnji analizi.

V Podjetju Plineks vgrajujejo ter servisirajo 21 različnih svetovno priznanih avtoplinskih sistemov srednjega ter visokega kakovostnega razreda, med drugim tudi vse tri profesionalne sisteme na tržišču. Vsak sistem ni primeren za vsak avtomobil, zato pri vgradnji upoštevajo tudi priporočila proizvajalca določenega vozila.

Avtoplinski sistemi, ki jih vgrajujejo, imajo deklarirano izgubo moči med 0 % in 8 % ter sorazmerno toliko večjo porabo, izgube pri vseh treh profesionalnih sistemov pa se gibljejo znotraj dveh odstotkov. Izpostaviti je potrebno, da so to deklarirane meritve in normativi, dejansko pa so na podlagi svojih izkušenj in meritev, opravljenih s sovenskim avtoplinom, prišli do zaključka, da je ta odstotek lahko tudi nekoliko večji. To se sicer ne odraža v moči, saj so meritve s profesionalnimi sistemi pokazale odstopanja znotraj 0,7 %, nekateri sistemi pa lahko moč motorja celo rahlo povečajo.

Sistemi imajo življenjsko dobo od 14 do 20 let, velika prednost pa je v tem, da so prenosljivi ne glede na motor (razen redkih izjem) in število valjev. To dejansko pomeni, da je mogoče prenesti celoten avtoplinski sistem iz npr. 1,2-kubičnega motorja s štirimi valji (cilindri) v bistveno močnejši avtomobil z osmimi valji. Takšne premontaže so relativno enostavne, njihov strošek pri vozilu, podobnemu testiranemu, pa se prične že pri 240 €.

Garancijske dobe treh profesionalnih sistemov znašajo dve, tri in pet let, za opravljeno delo je garancija sedemletna. Na zalogi imajo 128 različnih tipskih dimenzij rezervoarjev, internih, eksternih in cilindričnih, ki se vgradijo na željo posamezne stranke. Na mesto rezervnega kolesa v našem vozilu naj bi se po njihovem nasvetu vgradil rezervoar s kapaciteto 60 litrov, kar bi pustilo celotni prostor za prtljago nedotaknjen. Namesto rezervnega kolesa so trenutno aktualni pripomočki za lepljenje pnevmatike, kar popolnoma razbremeni prostor za rezervno kolo.

Celotni strošek materiala in vgradnje sistema v 4-valjna vozila z večtočkovnim vbrizgom, upoštevajoč subvencijo ECO in gotovinsko plačilo, se v podjetju Plineks d.o.o. trenutno (2012) giblje med 1.180,00 in 1.250,00 €, za profesionalne sisteme pa med 1.380,00 in 1.580,00 €, odvisno od izbire sistema (cene za predelave na CNG so približno 400 € dražje). Cena predelave našega vozila ob uporabi profesionalnega sistema (Zavoli) bi znašala 1.390,00 €. Alternativa je sistem Emer iz zgornjega srednjega razreda po ceni 1.250,00 €. V navedenih cenah so že vključeni DDV, vsa homologacijska dokumentacija pa tudi elektronski sistem Vlube, ki z mazanjem in hlajenjem ventilov skrbi za daljšo življenjsko dobo agregata.

Servis sistema se opravlja vsakih 20.000 km ali enkrat na leto. Cena servisa (plinotesnost, pregled nastavitev, menjava vseh filtrov) znaša 35 € (Plineks d.o.o. 2012).

3 PRIMERJAVA EMISIJ, PORABE IN CENE GORIVA PO POSAMEZNIH GORIVIH

V tem delu bom povezal vse zgornje podatke in poizkušal prikazati, katera možnost je pri danih cenah z vidika stroškov in varovanja okolja najugodnejša. Že vnaprej pa lahko pričakujemo, da bodo določene vrednosti višje, predvsem zaradi nekaterih dejavnikov pri testnem vozilu, ki jih ob vsakdanji uporabi vozila verjetno ne gre pričakovati. Med temi dejavniki velja izpostaviti predvsem nadpovprečno skupno maso vozila, ki povzroča višjo porabo goriva kar povzroča višje stroške goriva in višje vrednosti emisij.

Kot že navedeno zgoraj, je masa vozila le 80 kg pod zgornjo dovoljeno mejo, ki jo navaja proizvajalec in ki znaša 2180 kg. Serijska teža vozila (brez sistema LPG) je 1563 kg (Volkswagen Touran 2.0 Ecofuel, 2007). Če upoštevamo, da je vozilo polno goriva, kar pomeni dodatnih 24 kg CNG, 18 l oz. 14 kg bencina ali 60 l oz. 33 kg LPG, da je v vozilu le voznik (saj Slovenci na delo radi potujemo sami), ki tehta okoli 75 kg in da dodatno težo teži sistema LPG nadomestimo z odstranitvijo rezervnega kolesa (tega namreč zamenja rezervoar za LPG), potem masa vozila znaša okoli 1709 kg, kar je bistveno manj od našega testnega vozila, ki je imelo v času testiranja maso 2100 kg. Visoka masa vozila pomeni veliko obremenitev motorja in s tem večjo porabo goriva, kar ima negativni vpliv na izpušne emisije. Poleg tega moramo pri rezultatih meritev ob pogonu na LPG upoštevati, da je bil sistem naknadno vgrajen in da elektronski sistem za vbrizgavanje goriva LPG ni bil primerno kalibriran, kar pripomore k dodatnemu padcu učinkovitosti.

Zaradi navedenih lastnosti testnega vozila bom pri prikazovanju porabe goriva našemu vozilu dodal še novo vozilo VW Touran 1,4 TSI Comfortline CNG, in sicer po specifikacijah, ki jih ponuja prodajalec Integral avto d.o.o. Jesenice (cenik maj 2012, gl. PRILOGO 4). Omenjeno vozilo je dvogorivno, poganjata ga bencin in CNG. Medtem ko nam bodo rezultati pri testnem vozilu pokazali zgornjo mejo delovanja vozila, bo ta dodatni primer služil za postavitev spodnje meje.

Uporabljeno bo povprečje cen goriv iz obdobja med 1. julijem 2011 in 30. junijem 2012. Z letnim povprečjem cen goriv bom lahko prikazal povprečno letno vrednost porabe posameznega goriva glede na opravljene meritve in povračilo investicije v nadgrajeno vozilo. Kot zanimivost bom k letnim povprečnim tržnim cenam dodal še povprečno letno ceno brez davčne politike za isto obdobje.

Tudi pri emisijah je treba upoštevati določene ugotovitve, navedene v eksperimentu. Gre predvsem za podatek, da pri trosmernem katalizatorju (TWC) ob pogonu na CNG po prevoženih 35.000 km močno upade učinkovitost pretvarjanja ogljikovodikov (THC). Vozilo je ob začetku testiranja imelo prevoženih 152.767 km. Pri ostalih dveh vrstah goriva naj tega problema ne bi bilo.

Podatki o emisijah in porabi za testno vozilo so vzeti iz **Tabele 4**. Potovalni računalniki v današnjih vozilih nam kažejo porabo v litrih na sto kilometrov (L/100km), zato bodo tudi tukaj enote podane v sto kilometrih. Medtem ko se pri nas bencin in LPG prodajata v litrih (l), se CNG prodaja v kilogramih (kg), zato bom za zapis porabe uporabil l/100 km oz. kg/100 km. Pri emisijah bodo podatki prav tako preračunani na sto kilometrov, enota teže pa bo prilagojena praktičnosti. Med podatki bo navedena tudi energijska vrednost goriva in poraba energije za vozilo, ki se zapisuje v megajoulih (MJ) na liter oz. kilogram, ter na sto kilometrov pri porabi goriva.

3.1 CNG

Ob uporabi goriva CNG so bili izmerjeni naslednji rezultati emisij in porabe:

- Ogljikov monoksid (CO): 0,668 g/km, kar znaša **66,8 g/100 km**
- Ogljikov dioksid (CO₂): 153,5 g/km, kar znaša 15.350 g/100 km oz. **15,35 kg/100 km**
- Vsi ogljikovodiki (THC): 45,53 mg/km, kar znaša **4,553 g/100 km**
- Dušikovi oksidi (NO_x): 100,19 mg/km, kar znaša **10,019 g/100 km**
- Poraba goriva: 56,38 g/km, kar znaša **5,638 kg/100 km**
- Poraba energije: 2,755 MJ/km, kar znaša **275,5 MJ/100 km**

Energijska vrednost goriva CNG znaša **50,568 MJ/kg**. S tem podatkom in z zgoraj navedeno porabo energije lahko posebej izračunamo porabo goriva, ki bi pri tem znašala 5,448 kg/100 km, kar pa je manj od izmerjene. Eno od možnih pojasnil je, da je bila dejanska energijska vrednost CNG nekoliko manjša zaradi morebitnih primesi. V nadaljevanju bo upoštevana izmerjena poraba goriva.

Vozilo ima serijsko posodo za CNG s prostornino **24 kg**. Ob izmerjeni porabi 5,638 kg/100 km lahko izračunamo, da vozilo z navedeno količino goriva prepotuje **425,68 km**.

Povprečna letna cena goriva CNG je v Sloveniji v obdobju med 1. julijem 2011 in 30. junijem 2012 znašala **1,179 €/kg** (Cenik – stisnjeni zemeljski plin (CNG)), kar pomeni, da je bilo za poln rezervoar v povprečju potrebno odšteti **28,29 €**. To vrednost delimo z izračunanim dometom vozila na CNG, nato pa pomnožimo s sto. Izračunana povprečna vrednost našega potovanja znaša **6,65 €/100 km**.

Tržna cena goriva CNG je obremenjena le z davkom na dodano vrednost. Povprečna letna cena brez davka v omenjenem obdobju znaša 0,982 €/kg.

Za vozilo VW Touran 1,4 TSI Comfortline CNG navedena poraba goriva CNG znaša 4,6 kg–5,0 kg/100 km (INTEGRAL avto d.o.o.: Cenik Touran). Uporabljena bo sredina med navedenima podatkom o porabi, torej 4,8 kg/100 km, ki se od izmerjene razlikuje za 0,838 kg/100 km. Testno vozilo bi ob tej porabi z enako količino goriva lahko prevozilo 500 km, kar je 74,32 km več kot ob izmerjeni porabi. Zmanjšala bi se tudi vrednost porabljenega goriva na sto kilometrov, in sicer na 5,65 €/100 km, kar je en evro manj kot pri izmerjeni porabi goriva. Ob vsem tem pa lahko tudi sklepam, da bi bile vrednosti vseh emisij nekoliko nižje zaradi manjše obremenitve vozila.

3.2 BENCIN

Ob uporabi bencina so bili izmerjeni naslednji rezultati emisij in porabe:

- Ogljikov monoksid (CO): 4,573 g/km, kar znaša **457,3 g/100 km**
- Ogljikov dioksid (CO₂): 196,3 g/km, kar znaša 19.630 g/100 km oz. **19,63 kg/100 km**

- Vsi ogljikovodiki (THC): 20,82 mg/km, kar znaša **2,082 g/100 km**
- Dušikovi oksidi (NOx): 45,84 mg/km, kar znaša **4,584 g/100 km**
- Poraba goriva: 64,26 g/km, kar znaša **6,426 kg/100 km**. Ob tem je treba upoštevati, da gostota bencina znaša 0,76 kg/l (ENOS Energetika d.o.o.). Tako lahko izračunamo, da poraba bencina znaša **8,455 l/100 km**, to pa je za povprečno osebno vozilo kar veliko.
- Poraba energije: 2,795 MJ/km, kar znaša **279,5 MJ/100 km**

Energijska vrednost bencina znaša **43 MJ/kg**, kar je enako **32,68 MJ/l**. Če delimo porabo energije in energijsko vrednost bencina, dobimo izračunano vrednost porabe bencina, ki znaša 8,55 l/100km, kar je zelo blizu izmerjeni. Kljub temu bomo v nadaljevanju upoštevali izmerjeno porabo goriva.

Vozilo ima serijsko posodo za bencin s prostornino **18 l**, kar je glede na gostoto goriva ekvivalentno **13,68 kg**. Ob izmerjeni porabi 8,455 l/100 km lahko izračunamo, da vozilo z navedeno količino goriva prepotuje **212,89 km**.

Povprečna letna cena bencina je v Sloveniji v obdobju med 1. julijem 2011 in 30. junijem 2012 znašala **1,375 €/l** (Petrol.si – Gibanje cen goriv; cena se spreminja vsakih štirinajst dni), kar pomeni, da je bilo za poln rezervoar v povprečju treba odšteti **24,75 €**. Če to vrednost delimo z izračunanim dometom vozila na bencin in dobljeno vrednost pomnožimo s sto, izračunamo, da je povprečna cena našega potovanja **11,63 €/100 km**. Če bi se bencin prodajal v kilogramih, bi povprečna cena najverjetneje znašala okoli **1,81 €/kg**.

Tržna cena bencina je od vseh treh obravnavanih goriv najbolj obremenjena z davčno politiko. Povprečna letna cena brez davčne politike znaša 0,672 €/l oziroma 0,884 €/kg.

Za vozilo VW Touran 1,4 TSI Comfortline CNG je navedena poraba bencina 7,1 l/100km (INTEGRAL avto d.o.o.: Cenik Touran), ki pa je za 1,355 l/100 km nižja. Domet vozila bi se povečal za 40,63 km, in sicer na 253,52 km, vrednost porabe goriva pa bi se zmanjšala na 9,76 €/100 km, torej za 1,87 €/100 km. Tudi tukaj lahko predvidevam, da bi se vrednosti emisij zmanjšale, predvsem zaradi nižje obremenitve vozila.

3.3 LPG

Ob uporabi goriva LPG so bili izmerjeni naslednji rezultati emisij in porabe:

- Ogljikov monoksid (CO): 2,982 g/km, kar znaša **298,2 g/100 km**
- Ogljikov dioksid (CO₂): 185,1 g/km, kar znaša **18.510 g/100km oz. 18,51 kg/100 km**
- Vsi ogljikovodiki (THC): 1,97 mg/km, kar znaša **0,197 g/100 km**
- Dušikovi oksidi (NOx): 170,87 mg/km, kar znaša **17,087 g/100 km**
- Poraba goriva: 62,83 g/km, kar znaša **6,283 kg/100 km**. S pomočjo gostote goriva LPG, ki znaša okoli 0,55 kg/l, lahko izračunamo, da poraba LPG znaša **11,424 L/100 km**. Pri tem je treba poudariti, da je LPG (avtoplin) sestavljen iz butana in propana, razmerje med njima pa

variira glede na letni čas. Tako avtoplin v zimskem obdobju vsebuje večjo količino propana zaradi njegove nižje temperature vrelišča, poleti pa je večja primes butana, ki ima višjo energijsko vrednost. Testno vozilo je med testiranjem uporabljalo LPG z mešanico propan/butan 35/65. Na podlagi tega je bila izbrana zgornja meja gostote LPG, saj je gostota butana večja od gostote propana (razpon gostote LPG je med 0,51 kg/l in 0,55 kg/l) (Pavlovčič, M., 2012). K relativno visoki porabi pri gorivu LPG poleg visoke teže vozila najverjetneje prispeva tudi to, da je sistem za vbrizgavanja naknadno vgrajen in sodi v nižji cenovni razred.

- Poraba energije: 2,884 MJ/km, kar znaša **288,4 MJ/100 km**.

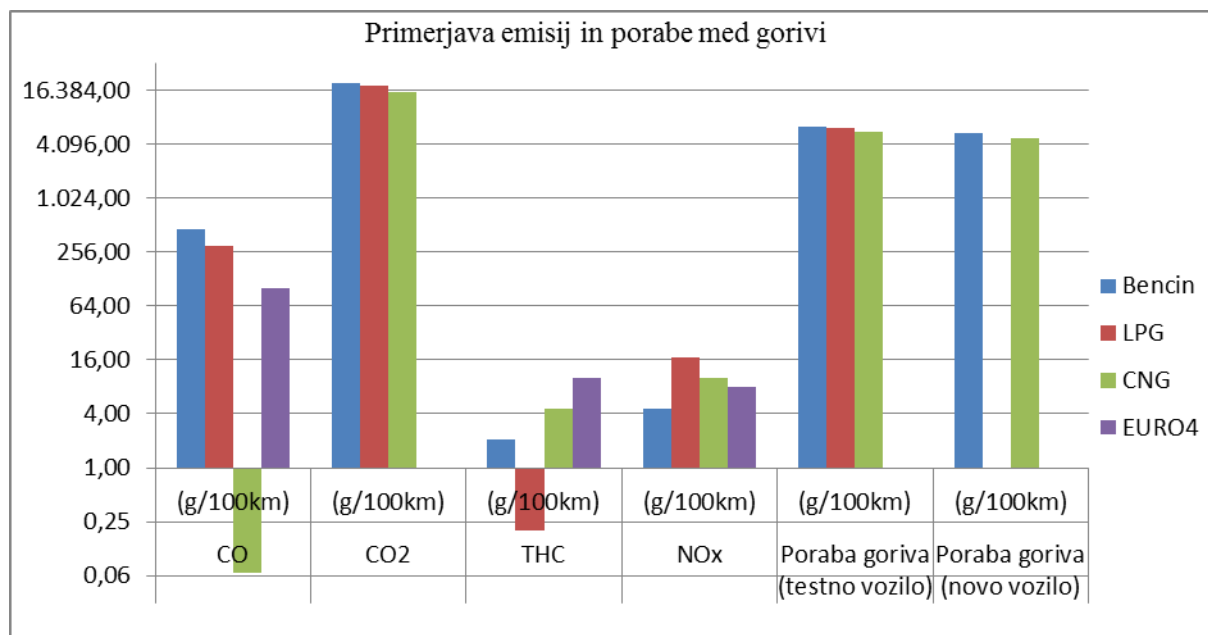
Energijska vrednost goriva LPG znaša **45,318 MJ/kg**, kar je **24,925 MJ/l**. Tu je posebej opazna velika razlika v energijski vrednosti enega kilograma in enega litra LPG. Najnižja energijska vrednost LPG (glede na prodajno enoto) izmed treh goriv pojasnjuje najnižjo ceno goriva LPG. Izračunana poraba goriva glede na energijsko vrednost na liter znaša **11,57 L/100 km**, kar je rahlo več od izmerjene. V nadaljevanju bo upoštevana izmerjena poraba goriva.

Vozilo ima naknadno vgrajeno posodo za LPG s prostornino **60 l**, kar je glede na gostoto goriva ekvivalentno **33 kg**. Ob izmerjeni porabi **11,424 L/100 km** lahko izračunamo, da vozilo z navedeno količino goriva prepotuje **525,21 km**.

Povprečna letna cena bencina je v Sloveniji v obdobju med 1. julijem 2011 in 30. junijem 2012 znašala **0,771 €/l** (Petrol.si – Gibanje cen goriv), kar pomeni, da je bilo za poln rezervoar v povprečju potrebno odšteti **46,26 €**. Tu lahko mimogrede opozorim, da bi povprečna cena LPG, če bi se ta prodajal v kilogramih, najverjetneje znašala **1,402 €/kg**. Vrednost v €/l delimo z izračunanim dometom vozila na LPG in dobljeno vrednost pomnožimo s sto. Izračunana povprečna cena našega potovanja znaša **8,8 €/100 km**.

Tržna cena goriva LPG je manj obremenjena z davčno politiko kot bencin vendar bolj kot gorivo CNG. Povprečna letna cena brez davčne politike znaša 0,572 €/l oziroma 1,039 €/kg.

Slika 4: Prikaz emisij in porabe pri različnih vrstah goriva



Prirejeno po: R. S. Oprešnik et al.: Exhaust emissions and fuel consumption of a triple-fuel spark-ignition engine powered passenger car, 2010 str. 15, tabela 4.

3.4 INVESTICIJA V VEČGORIVNO VOZILO

Treba je upoštevati, da je serijsko dvogorivno vozilo dražje od enogorivnega, strošek pa pomeni tudi predelava enogorivnega vozila v dvogorivno. Nobenega smisla nima, da bi enogorivno vozilo nadgradili v trogorivno, saj bi v vozilu izgubili večino prostora za prtljago, poleg tega bi se s tem znatno povečala tudi masa vozila, kar bi povzročilo slabšo učinkovitost v delovanju vozila. S tem bi tudi izgubil prvotni namen predelave.

Cene so vzete iz aktualne ponudbe vozila enake znamke in različice kot testno vozilo. Razlika je le v novejšem modelu. Cena novega VW Tourana Comfortline 1.4 TSI se začne pri 22.729 € (INTEGRAL avto d.o.o.: Cenik Touran). Cena enakega vozila s serijsko vgrajenim sistemom za uporabo goriva CNG (poleg bencina) se začne pri 24.641 € (Cenik Touran). Nadgradnja osnovnega modela na pogon z LPG, ob predpostavki, da kupimo profesionalni sistem, ki omogoča manjše izgube, bi znašala 1.390 € (Plineks d.o.o.), kar bi vrednost vozila povečalo na 24.119 €.

Osnovna investicija v posamezen alternativni sistem znaša torej za CNG **1.912 €** in za LPG **1.390 €**. Obe investiciji pa prinašata tudi dolgoročne stroške dodatnega servisiranja plinskega sistema (Plineks d.o.o., 2012).

3.5 PRIMERJAVA

3.5.1 Povračilo investicije

Seveda nas zanima, v kolikem času se nam investicija povrne in v kolikšnem času nam začne prinašati dobiček. Primerjali bomo denarno vrednost goriva na letni ravni za vsako vrsto goriva posebej. Upoštevamo predpostavke, da na leto prevozimo 23.000 km, vse z eno izmed treh vrst goriva (brez vmesne menjave). Predpostavljamo tudi, da so cene goriv oziroma razlika med njimi vedno enake, kot je navedeno zgoraj. Ves čas tudi vozimo ob porabi, ki je navedena zgoraj (torej ob izmerjeni porabi).

Ob upoštevanju zgornjih predpostavk in navedenih cen goriv dobimo letno vrednost porabe goriva testnega vozila, ki znaša:

- CNG = 1529,5 €/leto
- bencin = 2674,9 €/leto
- LPG = 2024 €/leto

Za primerjavo so prikazane še vrednosti ob upoštevanju navedenih podatkov za novo vozilo:

- CNG = 1299,5 €/leto
- bencin = 2244,8 €/leto

Vrednosti vsakega plina posebej primerjajmo z vrednostjo bencina. Rezultati kažejo, da bi na letni ravni z vožnjo testnega vozila ob upoštevanju zgornjih predpostavk in uporabi goriva CNG **prihranili 1145,4 €/leto**, z uporabo LPG pa **650,9 €/leto**. Pri novem vozilu bi z vožnjo na CNG prihranili 945,3 €/leto. Investicija v sistem CNG (serijsko vgrajen sistem) znaša 1.912 €, investicija v nadgradnjo vozila za LPG pa znaša 1.390 €.

Če vrednost investicije delimo z letno porabo goriva, dobimo čas (v letih), ki je potreben za povrnitev investicije. Za LPG ta znaša **2,1 let**, za CNG pri meritvah iz testnega vozila **1,7 let**, glede na podatke za novo vozilo pa bi se ob uporabi CNG investicija povrnila v 2 letih. Iz tega lahko razberemo, da se ob upoštevanju zgornjih predpostavk vse **investicije povrnejo v 25 mesecih**. Ob tem je treba omeniti, da diskontna stopnja ni bila uporabljena zaradi relativno kratkega časovnega obdobja.

3.5.2 Učinek na okolje in zdravje

Slika 4 prikazuje količine izpustov emisij glede na posamezno gorivu in standard EURO 4. Bencin in LPG presegata standard EURO 4 pri emisijah CO, LPG in CNG presegata standard pri emisijah NO_x, pri emisijah THC pa vsa tri goriva ustrezajo standardu. EURO 4 ne podaja zavezujoče meje za emisije CO₂. Projicirana in ne zavezujoča meja izpustov CO₂ v Evropi naj bi do leta 2008 znašala 14 kg/100 km za vsa nova vozila, kar pa se je že izkazalo za nedosegljivo.

Tudi v našem primeru je ta meja pri vseh treh vrstah goriva presežena (How clean is your car brand, 2006, str. 2).

Ob izmerjenih rezultatih emisij CO in CO₂ sem izračunal skupno povprečje za vsa tri goriva. Povprečje vseh treh goriv znaša **18,1 kg/100 km** emisij CO in CO₂ skupaj. Ob predpostavki, da na leto prevozimo 23.000 km, to pomeni, da na letni ravni povprečno v ozračje izpustimo okoli 4.163 kg emisij CO in CO₂ na vozilo, torej več kot 4 tone na vozilo.

Ob tem je zanimiv podatek, da eno drevo tropskega evkaliptusa v Braziliji (kjer so pogoji za rast in s tem tudi za vsrkavanje najboljši) na leto teoretično lahko vsrka okoli 33 kg ogljika (Myers & Goreau, 1991 in Plant-trees.org). Glede na zgornjo analizo in predpostavke bi na vozilo teoretično potrebovali najmanj 127 dreves tropskega evkaliptusa, da bi lahko izničili letne izpuste CO in CO₂ v okolje, ki jih povzroča zgolj uporaba osebne vozila.

V Evropski uniji naj bi osebna vozila prispevala le 12 % emisij CO₂, pri tem pa število vozil in posledično količina izpustov še vedno naraščata (Commission plans legislative framework to ensure the EU meets its target for cutting CO₂ emissions from cars, 2007). Za boljšo predstavbo o tem, kaj teh 12 % pomeni v kontekstu Evropske unije, naj navedem, da je bilo leta 2007 v EU-27 povprečno 0,54 osebne vozila na prebivalca (Bialas-Motyl, 2010). Istega leta je prebivalstvo EU-27 štelo 497 milijonov (Lanzieri, 2008). Če ti dve števili združimo, dobimo, da je bilo leta 2007 v EU-27 povprečno 268,38 milijonov osebnih vozil. Če pri tem predpostavljamo, da so vsa ta vozila enaka našemu testnemu vozilu z vsemi lastnostmi, opisanimi zgoraj, ugotovimo, da je bilo v letu 2007 v EU-27 samo zaradi osebnih vozil v ozračje izpuščenih okoli 1,12 gigaton emisij, za kar bi potrebovali okoli 34 milijard dreves tropskega evkaliptusa. S tem pa bi izničili le 12 % vseh izpustov v Evropi.

Največjo grožnjo zdravju, povezano z ozračjem, predstavljajo prašni delci, ki nastanejo ob izgorevanju fosilnih goriv. Ti delci povzročajo raznovrstna akutna in kronična obolenja, povezana z dihalci. So tudi razlog za prezgodnjo smrt. Med večje proizvajalce prašnih delcev sodi tudi promet, ki za svoje delovanje uporablja naftne derivate. V urbanih naseljih je koncentracije kurišč in prometa nadpovprečna, kar vodi k visoki koncentraciji prašnih delcev. V veliki večini je glavna sestavina prašnih delcev ogljik (Otošec, 2012).

Kot je prikazano v zgornji analizi, so izpusti CO in CO₂ najvišji pri uporabi bencina (20 kg/100 km). Pri uporabi goriva LPG je ta vrednost nižja (18,8 kg/100 km), najnižja pa pri uporabi goriva CNG (15,4 kg/100 km). Na podlagi tega lahko sklepamo, da se z uporabo plinskih goriv, natančneje CNG, zmanjša količina izpustov prašnih delcev, kar je posebej pomembno za urbana naselja, kjer je zmanjšanje koncentracije prašnih delcev v ozračju nujno. Izkušnje kažejo, da je nadomestitev uporabe premoga, lesa in naftnih derivatov s plinom ukrep, ki je pomembno izboljšal kakovost zraka (Otošec, 2012).

K temu lahko še dodam, da od decembra 2011 naprej v Ljubljani vozi 20 mestnih avtobusov, ki jih poganja CNG. Poleg manjšega vpliva na okolje in trenutno nižjega stroška vožnje je vozilo tudi tišje, zaradi česar je za urbano okolje primernejše (Gregorčič, 2012).

SKLEP

V diplomski nalogi sem skušal prikazati prednosti in slabosti vozila, ki ga poganjajo bencin, stisnjeni zemeljski plin (CNG) in naftni plin (LPG), tako s stroškovnega vidika kot tudi z vidika vpliva na okolje in človeka prek emisij izpušnih plinov. Analiza je pokazala, da se v Sloveniji lahko trenutno najceneje vozimo na CNG, takoj za tem pa na LPG. Vožnja na bencin je najdražja. Tržne cene goriv so prav tako razvrščene v tem zaporedju, torej od najcenejšega (CNG) do najdražjega (bencina). Primerjava cen je najprimernejša v €/kg, saj masa ni občutljiva na spremembe v temperaturi, medtem ko prostornina s spremembo slednje variira.

Zanimiva je ugotovitev, da je energijska vrednost 1 kg CNG najvišja (50,568 MJ/kg), njegova povprečna tržna cena pa najnižja (1,179 €/kg). Na drugem mestu glede na energijsko vrednost je LPG (45,318 MJ/kg), ki je tudi glede na povprečno letno tržno ceno (1,402 €/kg) na drugem mestu. Najmanj energije na kilogram goriva (43 MJ/kg), vendar po najvišji povprečni letni tržni ceni (1,81 €/kg), dobimo z bencinom.

Ob vsem tem je treba upoštevati, da je v Sloveniji izmed omenjenih treh vrst goriva bencin cenovno najbolj obremenjen z davki in trošarinami, saj 54 % maloprodajne cene predstavljajo trošarine, davki in druge dajatve. Predvsem je za bencin značilno, da se trošarine gibljejo v obratnem sorazmerju s ceno bencina. Ne gre pa izključiti dejstva, da bi se ob drastični pocenitvi naftnih derivatov na svetovnem trgu tržne cene le-teh v Sloveniji prav tako znižale.

Dodatne obremenitve osnovne cene goriva LPG v Sloveniji predstavljajo približno 27 % maloprodajne cene, kar je občutno manj kot pri bencinu. Poleg tega se trošarine pri LPG niso spremenile že od sredine leta 2009. Lahko pa predvidevamo, da bi se to ob povečanju povpraševanja po tem gorivu spremenilo.

V Sloveniji je najmanj obremenjeno gorivo CNG. Osnovna cena je obremenjena z DDV in s stroški, ki nastanejo ob pretvorbi zemeljskega plina v stisnjeni zemeljski plin.

Ob eliminaciji davčne politike, bi povprečne letne osnovne cene goriv izgledale nekako takole: bencin zaradi visokih obdavčitev po njihovi odstranitvi postane najcenejše izmed treh (0,884 €/kg), sledi mu CNG (0,982 €/kg), najdražje gorivo pa je LPG (1,039 €/kg). Iz tega lahko sklepam, da se državi z vidika davčnih prihodkov bolj splača spodbujati uporabo goriva CNG kot ekološko alternativo namesto LPG, saj ima slednji najvišjo osnovno ceno in bi ob izravnavi tržnih cen za vsa tri goriva, na enoto prinesel najmanj davčnih dohodkov.

V Sloveniji je uporaba vozil na tovrstna goriva (LPG in CNG) zelo majhna, zato je tudi povpraševanje po gorivu majhno. Posledično Vlada RS ne posega v trošarine, saj gre za premajhen trg. V primeru, da število uporabnikov močno naraste, bi se zelo verjetno močno spremenilo razmerje med cenami (razlike bi se zmanjšale), kar bi smisel investicije v katero koli od obeh alternativnih goriv postavilo pod vprašaj oziroma podaljšalo čas njenega povračila.

V diplomski nalogi sem skušal nazorno prikazati problem, ki ga predstavlja osebni promet za ozračje. Že ob tako šokantnih ugotovitvah je treba poudariti, da teoretične ugotovitve o številu dreves, potrebnih za kompenzacijo izpustov, veljajo le za 12-odstotni delež emisij enega kontinenta. Ob tem se lahko vprašamo, kaj to pomeni v globalnem merilu, torej koliko dreves bi teoretično potrebovali, koliko jih imamo in koliko jih na dan izgubimo.

Ena od pozitivnih ugotovitev je, da pogon na plin predstavlja zmanjšanje obremenitve ozračja s trdimi delci, ki človeku zelo škodujejo. Ugotovitev je še posebej pomembna za urbana naselja, saj je tam koncentracija prometa največja. Z modernizacijo javnega prometa in uporabo goriva CNG bi pripomogli k boljšim življenjskim razmeram v mestih. Ugotovitev, da je plin z vidika trdih delcev za ljudi prijaznejši od drugih fosilnih goriv, seže preko transportnih sredstev in jo gre upoštevati tudi pri načinu pridobivanja toplote in elektrike. Tu merim predvsem na zemeljski plin, ki pa je v Sloveniji že precej izkoriščen.

Vozil je na svetu iz dneva v dan več, količine izpušnih emisij rastejo, gozdov pa je vedno manj. Slovenci s slednjim nimamo težav, vendar je to globalni problem. Razbremenitve ozračja se je treba lotiti aktivno in takoj. Še posebej so pomembna urbana naselja, kjer je ozračje dodatno obremenjeno. Vsak korak k izboljšanju kvalitete zraka pomeni izboljšanje splošnega zdravja prebivalstva. Za zdravo državo je najprej potrebno zdravo prebivalstvo. Vsekakor pa z nadaljnjo uporabo gorivnih sredstev, ki povzročajo škodljive emisije, problema onesnaženosti ozračja in ogrožanja zdravja ne bomo rešili. Za omembe vredno zmanjšanje emisij bi bila na celotnih področjih prometa in energetike potrebna mala tehnološka revolucija.

LITERATURA IN VIRI

1. Bialas-Motyl, A. (2010). Significant differences between regions in the stock of passenger cars and freight vehicles. EUROSTAT statistics in focus 06/2010 Najdeno 30. junija 2012 na spletnem naslovu http://www.google.si/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=5&ved=0CFwQFjAE&url=http%3A%2F%2Fec.europa.eu%2Fcache%2FITY_OFFPUB%2FKS-SF-10-006%2FEN%2FKS-SF-10-006-EN.PDF&ei=PqXwT4nCOIj24QSg27HzDQ&usg=AFQjCNHEKYoUPPSoXGBnH4xQHKliiTjTng
2. Cachón, L., Tóth, D. & Pucher E. (2009). *Real- World Emission Measurements of a High Efficient Monofuel CNG Light Duty Vehicle*, SAE Technical Paper 2009-01-1864, Society of Automotive Engineers, Warrendale Pennsylvania
3. Trees for the future (2005). *Calculating CO₂ Sequestration by Trees (stran 3, 5. Odstavek)*. najdeno 30. junija 2012 na spletnem naslovu [http://www.plant-trees.org/resources/Calculating%20CO₂%20Sequestration%20by%20Trees.pdf](http://www.plant-trees.org/resources/Calculating%20CO2%20Sequestration%20by%20Trees.pdf)
4. Volkswagen Touran 2.0 Ecofuel 2007. Najdeno 22. junija 2012 na spletnem naslovu http://www.carsplusplus.com/specs2007/volkswagen_touran_20_ecofuel.php
5. Cene naftnih derivatov. Najdeno 20. junija 2012 na spletnem naslovu http://www.mgrt.gov.si/si/delovna_podrocja/notranji_trg/sektor_za_preskrbo_nadzor_cen_i_n_varstvo_konkurence/cene_naftnih_derivatov/
6. Cenik – stisnjeni zemeljski plin (CNG). Najdeno 18. junija 2012 na spletnem naslovu <http://www.jhl.si/energetika/?m=56&k=545>
7. Cenik Touran maj 2012. Najdeno 22. junija 2012 na spletnem naslovu http://www2.integral-avto.si/volkswagen_modeli.html
8. Komisija evropskih skupnosti (2007, 7. Februar) *Commission plans legislative framework to ensure the EU meets its target for cutting CO₂ emissions from cars, 2007*. Najdeno 30. junija 2012 na spletnem naslovu <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/07/155&format=HTML&aged=0&language=EN&guiLanguage=en>
9. European Commissions Statistics & Market observatory (2012): Oil bulletin history from 2005 onwards. Najdeno 20. junija 2012 na spletnem naslovu http://ec.europa.eu/energy/observatory/oil/bulletin_en.htm
10. Gibanje cen goriv. Najdeno 20. junija 2012 na spletnem naslovu <http://www.petrol.si/ponudba-na-servisih/za-vozilo/goriva-q-max/gibanje-cen-goriv>
11. Gregorčič, J. (2012, 24. februar). Z metanbusom po ljubljanskih ulicah. Najdeno 30. junija 2012 na spletnem naslovu http://www.siol.net/avtomoto/zanimivosti/reportaze/2012/02/cng_avtous_citelis.aspx
12. Hadjucostris, M. (26. junij 2012) Iran: Crisis-hit EU must rethink Iran oil embargo. *theguardian*. Najdeno 27. junij 2012 na spletnem naslovu <http://www.guardian.co.uk/world/feedarticle/10307360>

13. Hoebink J. H. B. J., Van Gemert R. A., Van den Tillaart J. A. A., Marin G. B., 2000. *Competing reactions in three-way catalytic converters: modelling of the NO_x conversion maximum in the light-of curves under net oxidising conditions*, Chemical Engineering Science 55, 1573-1581
14. *How clean is your car brand, 2006*. Najdeno 30. junija 2012 na spletnem naslovu <http://www.transportenvironment.org/press/how-clean-your-car-brand>
15. Lanzieri, G. (2008). Population in Europe 2007: first results. EUROSTAT statistics in focus 81/2008 Najdeno 30. junija 2012 na spletnem naslovu http://www.google.si/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&ved=0CFAQFjAA&url=http%3A%2F%2Fec.europa.eu%2Fcache%2FITY_OFFPUB%2FKS-SF-08-081%2FEN.PDF&ei=FqbwT8j2JMPl4QTXgp37DQ&usg=AFQjCNFAMZ4JKhuc6gmCko2FAk8qZg06jw
16. Martini, G., Bonnel, P., Manfredi, U., Carriero, M., Krasenbrink, A., Franken, O., Rubino, L., Beghella, Bartoli, G., Bonifacio, M., 2010. *On-Road Emissions of Conventional and Hybrid Vehicles Running on Neat or Fossil Fuel Blended Alternative Fuels*, SAE Technical Paper 2010-01-1068, Society of Automotive Engineers, Warrendale Pennsylvania
17. Merker, G.,P., et al., 2009. *Grundlagen Verbrennungsmotoren: Simulation der Gemischbildung, Verbrennung, Schadstoffbildung und Aufladung*, Vieweg+Teubner, 4. Auflage
18. Myers, N., & Goreau, T. J. (1991). Tropical forests and the greenhouse effect: A management response. *Climatic Change* 19: 215-26. Najdeno 30. junija 2012 na spletnem naslovu <http://www.ciesin.columbia.edu/docs/002-163/002-163.html>
19. Oprešnik, R., S., Seljak, T., Bizjan, F., & Katrašnik, T., (2010). *Exhaust emissions and fuel consumption of a triple-fuel spark-ignition engine powered passenger car*. Ljubljana: Fakulteta za Strojništvo.
20. Otorepec, P. (2012). *Onesnažen zrak in zdravje*. Ljubljana: Inštitut za varovanje zdravja RS.
21. Pavlovčič, M. (2012, 21. junij). Jesenice: Enos ENERGETIKA d.o.o.
22. Pielecha, J., Merkisz, J., Markowski, J., Gis, W., (2010). *On-Board Measurement from Gasoline, Diesel and CNG fuelled Vehicles*. SAE Technical Paper 2010-01-1568, Society of Automotive Engineers, Warrendale Pennsylvania
23. *Informacije o ceni predelave vozila (2012)*. Ljubljana: Plineks d.o.o. 2012
24. *Statistic records* [Natural & bio Gas Vehicle Association]. Najdeno 20. junija 2012 na spletnem naslovu <http://www.ngvaeurope.eu/records/statistic-records/>
25. Van den Brink, P., J., McDonald, C., M., 1995. *Influence of the fuel hydrocarbon composition on nitric oxide conversion in 3-way catalysts: the NO_x/aromatics effect*. Applied Catalysis B: Environmental 6, 97-103
26. Vebeek, Ir. H. A., 2003. *Vehicle exhaust emission measuring on four fuels*. NGV-Holland (Natural Gas Vehicle Association), Netherlands
27. Winkler, A., Dimopoulos, P., Hauert, R., Bach, C., Aguirre, M., 2008. *Catalytic activity and aging phenomena of three-way catalysts in a compressed natural gas/gasoline powered passenger car*. Applied Catalysis B: Environmental 84, 162-169.

PRILOGE

KAZALO PRILOG

PRILOGA 1: Fotografiji testnega vozila VW Touran 2.0 EcoFuel, letnik 2007, s testno opremo.....	1
PRILOGA 2: Prikaz časovnih izsledkov med voznim ciklom EUDC.....	3
PRILOGA 3: Prikaz časovnih izsledkov med voznim ciklom ECE.....	5
PRILOGA 4: Cenik novega VW Tourana 1.4 TSI Comfortline CNG.	6

PRILOGA 1: Fotografiji testnega vozila VW Touran 2.0 EcoFuel letnik 2007 s testno opremo.

Fotografija 1: Fotografija testnega vozila VW Touran z opremo za merjenje emisij.



Vir: Enos Energetika d.o.o., 2010

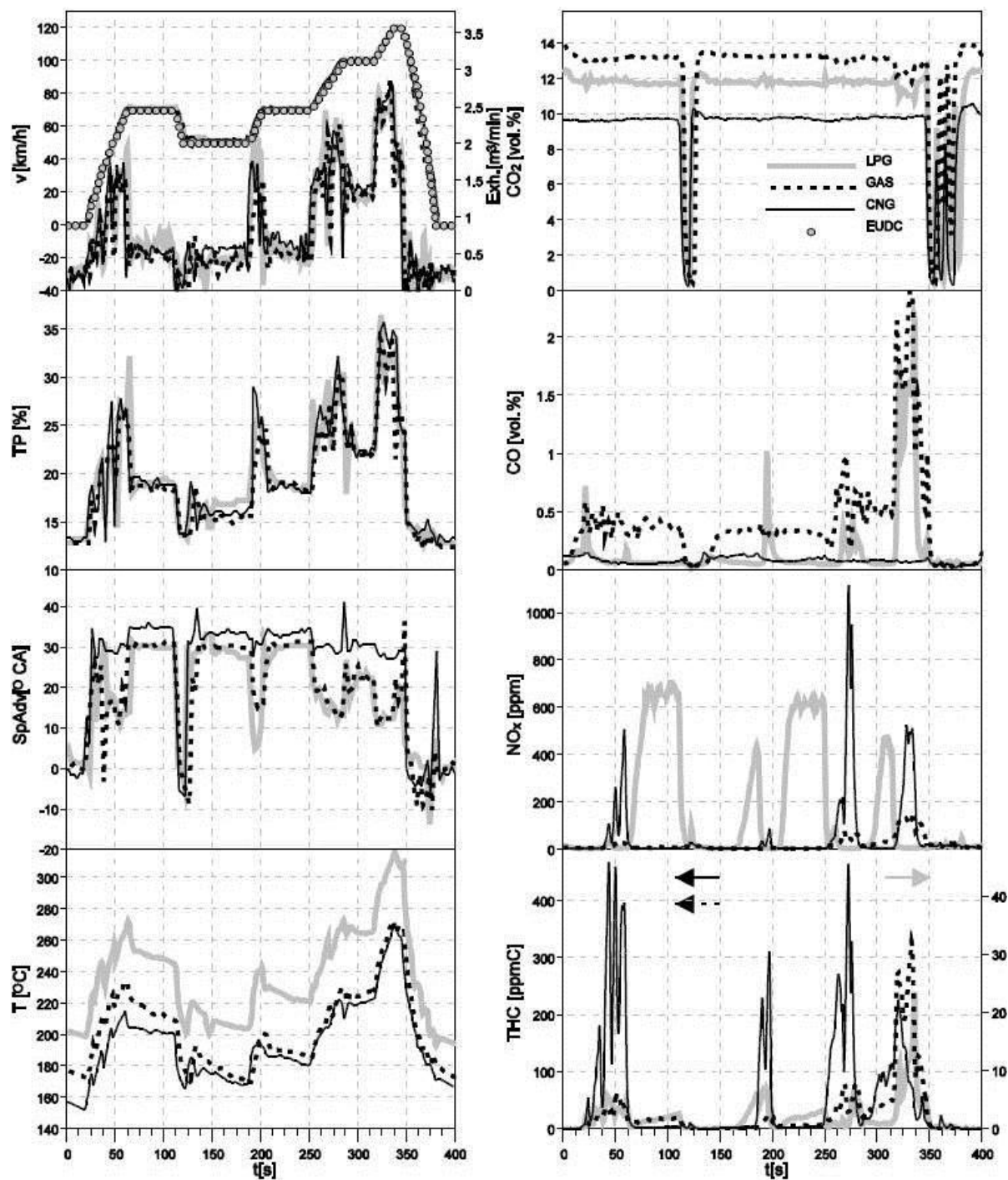
Fotografija 2: oprema za merjenje emisij



Vir: Enos Energetika d.o.o., 2010

PRILOGA 2: Prikaz časovnih izsledkov med EUDC voznim ciklom.

Slika časovnih sledi rezultatov pridobljenih v EUDC ciklu

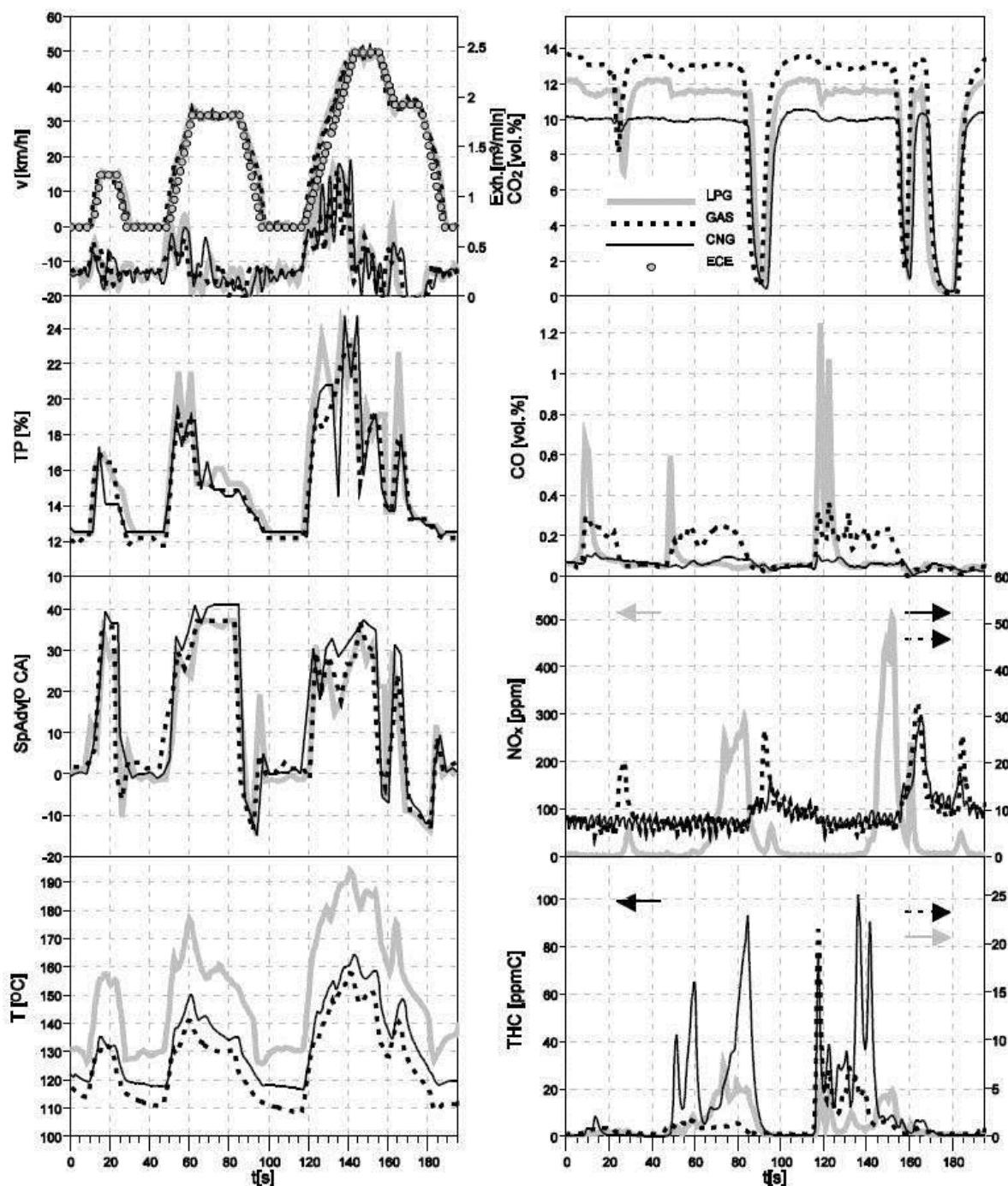


Vir: R. S. Oprešnik et al.: Exhaust emissions and fuel consumption of a triple-fuel spark-ignition engine powered passenger car, 2010 str. 9.

Slika prikazuje časovne sledi hitrosti vozila, standardno količino pretoka izpušnih plinov, položaj pedala za pospeševanje, čas vžiga glede na položaj bata, temperaturo izpušnih plinov, emisije CO_2 , CO , NO_x in THC v voznem ciklu EUDC. Za preglednejši prikaz podatkov so emisije THC izrisane na dveh oseh (Oprešnik et al., 2010 str. 9).

PRILOGA 3: Prikaz časovnih izsledkov med voznim ciklom ECE.

Slika časovnih sledi rezultatov pridobljenih v ECE ciklu



Vir: R. S. Oprešnik et al.: Exhaust emissions and fuel consumption of a triple-fuel spark-ignition engine powered passenger car, 2010 str. 12.

Slika prikazuje časovne sledi hitrosti vozila, standardno količino pretoka izpušnih plinov, položaj pedala za pospeševanje, čas vžiga goriva glede na položaj bata, temperaturo izpušnih plinov, emisije CO₂, CO, NO_x in THC v voznem ciklu ECE. Za preglednejši prikaz podatkov so emisije THC izrisane na dveh oseh (Oprešnik et al., 2010 str. 12).

PRILOGA 4: Cenik novega VW Tourana 1.4 TSI Comfortline CNG.

Cenik novega VW Tourana 1.4 TSI Comfortline CNG.



prodaja vozil in servisi d.o.o. Jesenice – skupina Alpetour Potovalna agencija, Cesta maršala Tita 67, 4270 Jesenice



VOZILA S POGONOM NA STISNjeni
ZEMELJSKI PLIN **metan**

TOURAN Comfortline CNG



- **1,4 TSI - 110 kW**
- Prostornina rezervoarja za plin: 18-24 kg
- Komb.poraba goriva: 4,6 kg -5,0 kg/100 km
- Prostornina rezervoarja za bencin: 11,5 l
- Komb.poraba goriva: 7,1 l/100 km
- **že za 24.641 EUR z DDV**

Vir: INTEGRAL avto d.o.o.: Cenik Touran maj 2012