

## ETILO SPIRITO IR BENZINO MIŠINIŲ ĮTAKA VARIKLIO DARBO RODIKLIAMS IR DEGINIŲ EMISIJAI

### THE EFFECT OF ETHANOL - PETROL BLENDS ON ENGINE PERFORMANCE PARAMETERS AND EMISSIONS

Irena Kanapkienė, Gvidonas Labeckas

Aleksandro Stulginskio universitetas, LT-53067 Akademija, Kauno r.  
El. paštas: kanapkiene.irena@gmail.com, gvidonas.labeckas@asu.lt

*Gauta 2013-03-04, pateikta spaudai 2013-xx-xx*

Stendiniai Volkswagen Passat 1,8 l darbo tūrio, keturtakčio, 4 cilindrų benzininio variklio tyrimai rodo, kad efektyvioji galia galėtų būti padidinta ir kenksmingų emisijos sumažintos naudojant mažiau kenksmingus aplinkai ir atsinaujinančius etanolio benzino mišinius. Variklio efektyvioji galia gali būti padidinta 5,5 % (nuo 21,9 kW iki 23,1 kW) kai naudojamas mišinys E10 palyginti benzinu veikiančiu varikliu, kai droselio sklendė atidaryta 70 % ir velenas sukasi 1500 min<sup>-1</sup> dažniu. Variklio sūkius padidinus iki 2500 min<sup>-1</sup> beveik 1 % didesnę efektyviąją galią išvysto biodegalų mišinys E5, kai droselio sklendė atidaryta 70 %. Anglies monoksido CO emisija gali būti sumažinta 55,3 %, naudojant mišinį E15, ir anglies dioksido CO<sub>2</sub> emisija taip pat gali būti sumažinta 11,5 %, naudojant mišinį E5, palyginti su benzinu veikiančiu varikliu, esant 70% atidarytai sklendei ir 2500 min<sup>-1</sup> sūkiams. CH emisiją daugiausiai (57,9 %) sumažino daugiau deguonies turintis etanolio ir benzino mišinys E10 (3,48 % deguonies), esant 70 % atidarytai sklendei ir 1500 min<sup>-1</sup> sūkiams.

*Oto variklis, etanolis, benzinas, biodegalai, efektyvioji galia, deginių emisija.*

### Įvadas

Mažėjantys mineralinių degalų resursai, sparčiai augančios naftos produktų kainos ir didelė atmosferos tarša vadaus degimo variklių išmetamais deginiais verčia pasaulio mokslininkus ieškoti atsinaujinančios ir alternatyvios energijos šaltinių [1, 2].

Techninės literatūros analizė rodo, kad vadaus degimo variklius galima maitinti gamtai mažiau kenksmingais ir atsinaujinančiais biodegalais, tame skaičiuje metilo spiritu, etilo spiritu ir butanoliumi [1, 3]. Spiritą galima naudoti gryną kaip pagrindinį Oto variklių degalų šaltinį arba jį maišyti su standartiniais mineralinės ir organinės kilmės degalais [1].

Etilo spiritas yra mažiau kenksmingas aplinkai ir žmogui, todėl butyje labiau paplitęs būtent etilo spiritas, kurio techninės savybės artimos metilo spiritui. Bio-etanolis – tai alkoholis, kuris gaminamas iš augalinės kilmės žaliavų. Lietuvoje

tinkamiausia žaliava etanolui gaminti yra grūdai, bulvės ir cukriniai runkeliai. Etanolio gamybai taip pat naudojami kukurūzai, kurių daugiausiai išauginama JAV ir Brazilijoje labiausiai paplitusios cukranendrės [4, 5]. JAV automobiliams maitinti dažniausiai naudojamas 90 % benzino ir 10 % etilo spirito mišinys [1].

Benzino papildymas etanolu padidina biodegalų mišinio oktanių skaičių (etanolio oktanius skaičius 113), sumažina variklio kenksmingų deginių emisiją ir, tinkamai naudojant, prailgina variklio eksploatacinį laikotarpį. Laboratoriniais tyrimais nustatyta [6], kad variklio paleidimo sąlygos nepakinta, o lyginamosios efektyviosios degalų sąnaudos, išvystoma efektyvioji galia ir sukimo momentas sumažėja nežymiai (iki 3 %), esant nedideliu nuo 10 % iki 15 % etanolio kiekiui degalų mišinyje. ES šalyse mažesnės koncentracijos etanolio ir benzino mišiniai atitinka įprastinio benzino standarto reikalavimus ir yra ypač populiarūs Ispanijoje ir Švedijoje [7].

### **Tyrimų tikslas ir uždaviniai**

Tyrimų tikslas – ištirti įvairių benzino ir etilo spirito mišinių E5, E10, E15, E20, E30, E50 pagal tūrį bei gryno etilo spirito E100 frakcinę sudėtį ir nustatyti tais mišiniais veikiančio Oto variklio darbo rodiklius ir deginių emisijos pokyčius.

Sprendžiant pagrindinį tikslą buvo vykdomi tokie eksperimentinių tyrimų uždaviniai:

- Atlikti benzino, etilo spirito ir jų mišinių frakcinės sudėties laboratoriniai tyrimai.
- Atlikti grynu benzinu ir įvairiais etilo spirito ir benzino mišiniais E5, E10 ir E15 veikiančio variklio darbo ir deginių emisijos matavimai.
- Išanalizuoti stendinių tyrimų rezultatai ir nustatytos variklio darbo ir deginių emisijos priklausomybės nuo biodegalų sudėties.

### **Tyrimo objektas ir metodika**

Tyrimai atlikti ASU Jėgos ir transporto mašinų inžinerijos instituto laboratorijoje. Frakcinė sudėtis tirta Chematologijos laboratorijoje distiliuojant 100 cm<sup>3</sup> biodegalų mišinio pagal standarte ISO 3405 nurodytas sąlygas. Distiliuojant buvo registruojama šildymo temperatūra (°C) ir išgaravęs degalų tūris (%). Frakcinės sudėties tyrimui buvo naudojamas benzinas A95 ir įvairūs etilo spirito mišiniai E5 (5 % etilo ir 95 % benzino), E10 (10 % etilo ir 90 % benzino), E15 (15 % etilo ir 85 % benzino), E20 (20 % etilo ir 80 % benzino), E30 (30 % etilo ir 70 % benzino), E50 (50 % etilo ir 50 % benzino) bei grynas etilo spiritas E100 pagal tūrį.

Variklių bandymo laboratorijoje tirtas standartinis Volkswagen Passat 1,8 l darbo tūrio, keturtaktis, 4 cilindrų benzininis variklis, sujungtas su hidrauliniu apkrovos stendu D-4. Vienodais intervalais buvo keičiama variklio apkrova, esant pastoviam alkūninio veleno sukimosi dažniui 1500 min<sup>-1</sup> ir 2500 min<sup>-1</sup>, ir matuojamas variklio sukuriamas efektyvusis sukimo momentas. Taip pat dujų analizatoriumi „Technotest 488” išmatuota variklio išmetamų deginių emisija: CO – anglies

viendeginis, ppm (matavimo nuokrypis  $\pm 3$  ppm);  $\text{CO}_2$  – anglies dvideginis, tūrio % (matavimo nuokrypis  $\pm 0,3$  tūrio %); CH – nesudegę angliavandeniliai, ppm (matavimo nuokrypis  $\pm 2$  ppm). Matavimai atlikti varikliui veikiant  $1500$  ir  $2500 \text{ min}^{-1}$  sūkių dažniais, droselio sklendę atidarius  $15 \%$ ,  $30 \%$ ,  $45 \%$ ,  $60 \%$  ir maksimaliai  $70 \%$  nuo visiškai atidarytos ( $100 \%$ ) padėties.

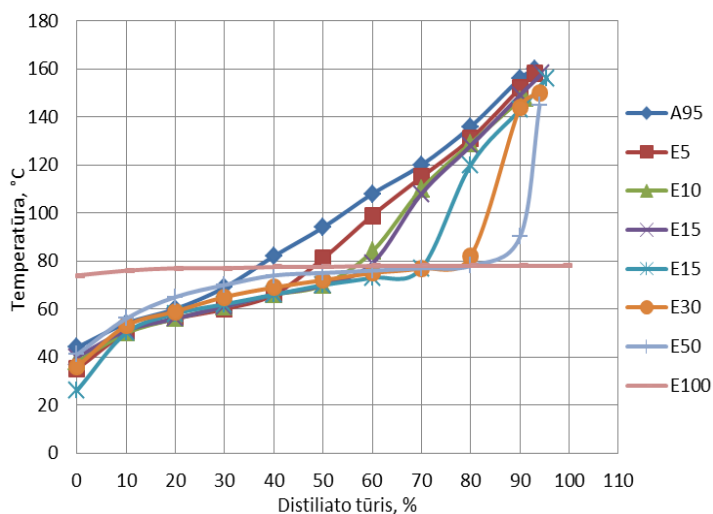
Išsamesni Oto variklio darbo ir deginių emisijos tyrimai ir gautų rezultatų analizė atlikti varikli maitinant grynu benzinu A95 ir biodegalų mišiniais E5, E10, E15 pagal tūrį.

## Tyrimų rezultatai

Iš grafiko (1 pav.) matyti, kad degalų mišinių distiliatų kiekiai, esant tai pačiai ( $60 \text{ }^\circ\text{C}$ ) temperatūrai, buvo panašūs, išskyrus gryno etanolio atvejį. Mėginiams pasiekus  $70 \text{ }^\circ\text{C}$  temperatūrą, distiliato kiekis pradėjo didėti, didėjant etanolio kiekiui mišinyje (išskyrus gryną etanolį).

Temperatūrai pakilus nuo  $70 \text{ }^\circ\text{C}$  iki  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ , distiliato kiekis ženkliai didėjo, didėjant etanolio kiekiui biodegalų mišinyje. Grynas etanolis visiškai išgaravo, esant  $78,5 \text{ }^\circ\text{C}$  temperatūrai [8].

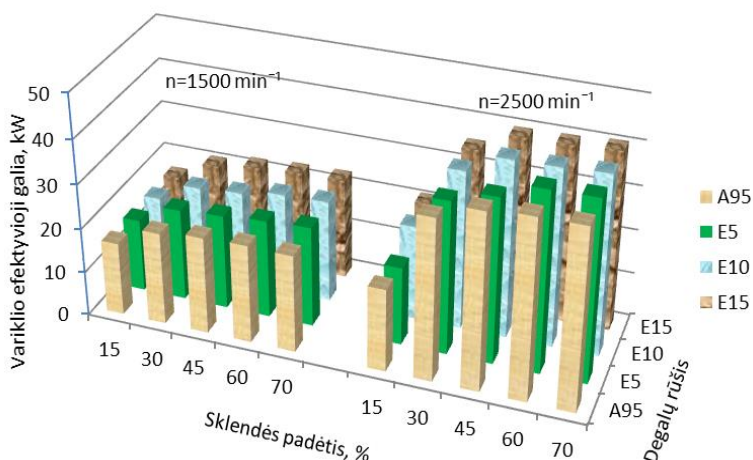
Aukštesnės nuo  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  iki  $150 \text{ }^\circ\text{C}$  temperatūros ribose distiliato kiekiai tapo vienodesni ir mažiau priklausomi nuo etanolio kiekio mišinyje (1 pav.).



**1 pav.** Degalų fracinė sudėtis kitimas priklausomai nuo etanolio kiekio biodegalų mišinyje

**Fig. 1.** Fractional composition of biofuels as a function of the amount of ethanol in the blend

Varikliui veikiant etanolio ir benzino mišiniais E5, E10, E15, efektyvioji galia truputį padidėjo visoms tirtoms apkrovoms ir abiem sūkių  $1500 \text{ min}^{-1}$  ir  $2500 \text{ min}^{-1}$  dažniams (2 pav.), palyginti su gryno benzino A95 naudojimo atveju.



**2 pav.** Etilo spirito - benzino mišinių ir variklio apkrovos įtaka efektyviajai galiai

**Fig. 2.** The influence of ethanol – petrol blends on the effective power developed by the engine at various throttle positions, %

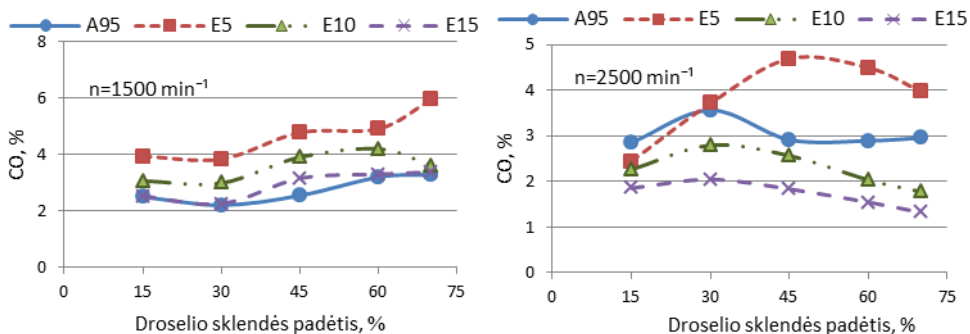
Varikliui veikiant nedideliu  $1500 \text{ min}^{-1}$  sūkių dažniu, jo efektyvioji galia buvo tuo didesnė, kuo daugiau atidaryta droselio sklendė. Sklendę atidarius nuo 15 % iki 70 %, variklio efektyvioji galia, priklausomai nuo degalų mišinio sudėties, kito taip: A95 padidėjo 36 %, E5 – 37,8 %, E10 – 41,7 %, E15 – 41,4 %.

Variklio sukimosi dažnį padidinus iki  $2500 \text{ min}^{-1}$ , efektyvioji galia kito ženkliau nei  $1500 \text{ min}^{-1}$  sūkių atveju. Sklendę atidarius nuo 15 % iki 70 %, variklio efektyvioji galia padidėjo: A95-129,5 %, E5 – 131,8 %, E10 – 90,6 %, E15 – 91,9 %, atitinkamai.

CO emisijos kitimas pateiktas 3 paveiksle. Grafikuose matyti, kad varikliui veikiant benzino ir etilo spirito mišiniais  $1500 \text{ min}^{-1}$  sūkių dažniu ir daugiau atidarius droselio sklendę, anglies viendeginio (CO) emisija visais atvejais didėjo, išskyrus degalų mišinį E10. Atidarius droselio sklendę 70 %, mažiausias CO kiekis (3,3 %) išsiskyrė, varikliui veikiant benzinu A95, o daugiausiai (5,9 %), – variklį maitinant degalų mišiniu E5.

Variklio sūkių dažnį padidinus iki  $2500 \text{ min}^{-1}$  ir maksimaliai atidarius droselio sklendę, CO emisijos daugiausiai (4 %) išsiskyrė, varikliui veikiant biodegalų mišiniu E5, o mažiausiai (1,3 %), – veikiant biodegalų mišiniu E15.

Variklį maitinant benzinu A95, CO emisija abiejuose greitiniuose režimuose, pakito nežymiai; priklausomai nuo sklendės padėties, emisija vietomis padidėjo, vietomis sumažėjo. CO emisija labiausiai sumažėjo, variklį maitinant biodegalų mišiniais E5, E10 ir E15, esant  $2500 \text{ min}^{-1}$  sūkių dažniui ir labiausiai atidarytai droselio sklendei (3 pav.). CO emisijos sumažėjimui didžiausią įtaką turėjo etanolio sudėtyje esantis deguonis (34,8 %).

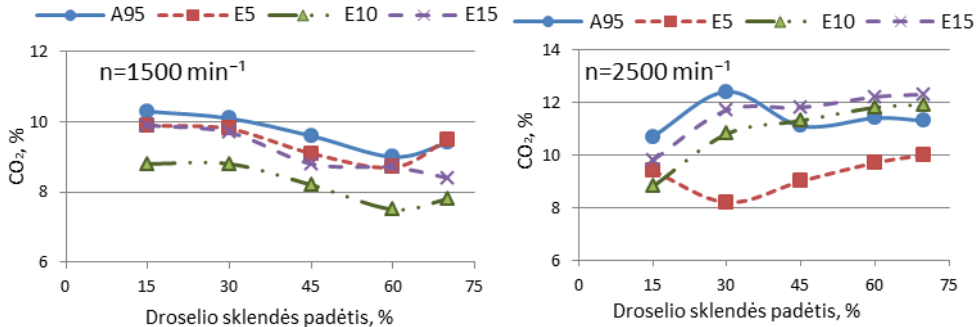


**3 pav.** Anglies viendeginio (CO) emisijos kitimas, panaudojus įvairius etilo spirito ir benzino mišinius

**Fig. 3.** Changes in the carbon monoxide CO emissions on various ethanol – petrol blends used for engine powering

Esant  $1500 \text{ min}^{-1}$  sūkių dažniui ir pravertai 70 % droselio sklendei, mažiausia (7,8 %) anglies dvideginio ( $\text{CO}_2$ ) emisija gauta varikliui veikiant degalų mišiniu E10 (4 pav.). Didžiausias  $\text{CO}_2$  kiekis (12,3 %) išsiskyrė, varikliui veikiant degalų mišiniu E15, esant  $2500 \text{ min}^{-1}$  sūkių dažniui ir labiausiai atidarytai sklendei.

Varikliui dirbant  $2500 \text{ min}^{-1}$  sūkių dažniu, mažiausia  $\text{CO}_2$  reikšmė (10 %) gauta jį maitinant biodegalų mišiniu E5.

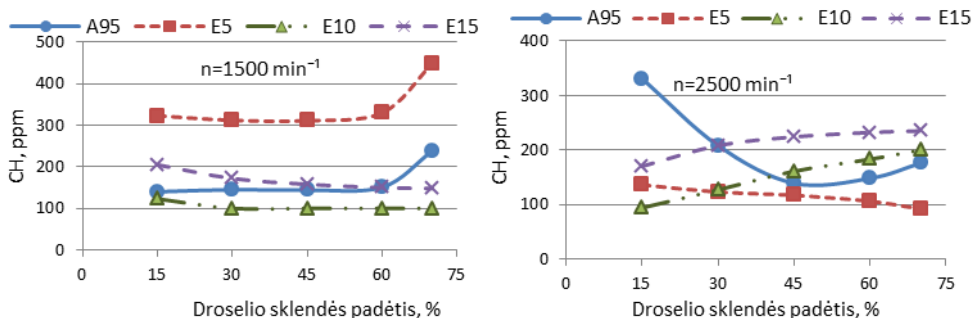


**4 pav.** Anglies dvideginio ( $\text{CO}_2$ ) emisijos kitimas, panaudojus įvairius etilo spirito ir benzino mišinius.

**Fig. 4.** Changes in the carbon dioxide  $\text{CO}_2$  emissions on various ethanol – petrol blends used for engine powering.

Varikliui veikiant benzinu ir benzino – etanolio mišiniais,  $1500 \text{ min}^{-1}$  sūkių dažniu, anglies dvideginio  $\text{CO}_2$  išsiskyrė mažesni kiekiai, negu dirbant  $2500 \text{ min}^{-1}$  dažniu, išskyrus degalų mišinio E5 atvejį, –  $\text{CO}_2$  emisija beveik nepakito (4 pav.).

5 paveiksle matyti, kad esant droselio sklendei atidarytai 70 % nesudegusių angliavandenilių (CH) emisija gauta mažiausia (92 ppm) varikliui veikiant degalų mišiniu E5 ir  $2500 \text{ min}^{-1}$  sūkiu, o didžiausia (448 ppm) CH emisija gauta variklį maitinant tuo pačiu biodegalų mišiniu E5, esant  $1500 \text{ min}^{-1}$  sūkiams ir droselio sklendei atidarytai 70 % (5 pav.).



**5 pav.** Nesudegusių angliavandenilių (CH) emisijos kitimas, panaudojus įvairius etilo spirito ir benzino mišinius

**Fig. 5.** Changes in the unburned hydrocarbons HC emissions on various ethanol – petrol blends used for engine powering

Padidinus sūkius iki  $2500 \text{ min}^{-1}$  ir maksimaliai atidarius sklendę, nesudegusių angliavandenilių emisija sumažėjo variklį maitinant benzinu A95 ir biodegalais E5, tačiau naudojant biodegalus E10 ir E15 CH emisija padidėjo (5 pav.)

### Išvados

1. Tirtų etilo spirito ir benzino mišinių distiliatų kiekiai pradėjo didėti, temperatūrai pasiekus  $70 \text{ }^\circ\text{C}$ . Didžiausi distiliatų skirtumai buvo  $70 \text{ }^\circ\text{C}$  ir  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  temperatūros ribose, o  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  iki  $150 \text{ }^\circ\text{C}$  ribose skirtumai išsilygino.
2. Panaudojus etanolio ir benzino mišinį E10 Oto variklio efektyviają galią galima padidinti 5,5 % palyginti benzinu veikiančiu varikliu, kai droselio sklendė atidaryta 70 % ir velenas sukasi  $1500 \text{ min}^{-1}$  dažniu. Variklio sūkius padidinus iki  $2500 \text{ min}^{-1}$  (sklendė 70%) beveik 1 % didesnę efektyviają galią išvysto biodegalų mišinys E5.
3. Panaudojus etanolio ir benzino mišinį E15, CO emisiją galima sumažinti 55,3 %, o  $\text{CO}_2$  galima sumažinti 11,5 % (E5) palyginti su benzinu veikiančiu varikliu, esant 70 % atidarytai sklendei ir  $2500 \text{ min}^{-1}$  sūkiams.
4. CH emisiją daugiausiai (57,9 %) sumažino etanolio ir benzino mišinys E10, esant 70 % atidarytai sklendei ir  $1500 \text{ min}^{-1}$  sūkiams. Sūkius padidinus iki  $2500 \text{ min}^{-1}$ , CH emisiją 47,7 % mažesnę generavo mišinys E5.

### Literatūra

1. Labeckas, G.; Slavinskas, S.; Kirka, A. Biodegalų ir bioalyvų inžinerija. 2008, Akademija, LZŪU, p. 9–19.
2. Mažeika, M. Variklio biodegalų sąnaudas ir deginių emisiją įtakančių veiksnių optimizavimas: daktaro disertacija. Akademija: ASU, 2012, p. 11–19.
3. Al-Hasan, M. Effect of ethanol – unleaded gasoline blends on engine performance and exhaust emission. 2003, *Energy Conversion and Management* 44. p. 1547-1561.

4. Pagal supirkimo kainą kukurūzai nenusileis kviečiams [2013.04.07] <http://www.allgrain.lt/?id=1&show=221>
5. Brazilija vejasi JAV genetiškai modifikuotų kultūrų auginimo srityje [2012.04.10] [http://w.manoukis.lt/print\\_forms/print\\_st.php?st=14554&m=2](http://w.manoukis.lt/print_forms/print_st.php?st=14554&m=2)
6. Labeckas, G.; Slavinskis, S.; Kirka, A. Biodegalų ir bioalyvų inžinerija. Kaunas, 2008. 108 p. ISBN 978-9955-865-16-2.
7. Lapuerta, M.; Octavio, A.; José, H. Emissions from a diesel bioethanol blend in an automotive diesel engine. *Fuel*, 2008, vol. 87, p. 25–31.
8. Basshuysen, R.; Schäfer, F. Handbuch verbrennungs motor. Grundlagen, Komponenten, Systeme, Perspektiven. 2002, p. 683.

Irena Kanapkiene, Gvidonas Labeckas

## THE EFFECT OF ETHANOL - PETROL BLENDS ON ENGINE PERFORMANCE PARAMETERS AND EMISSIONS

### Abstract

The experimental bench tests of a four-stroke, four-cylinder, water-cooled Otto engine Volkswagen Passat 1,8 l show that the effective power could be increased and harmful emissions of the exhaust significantly reduced by using environment friendly and renewable ethanol-petrol blends. Engine effective power can be increased from 21,9 kW to 23,1 kW (by 5,5%) when operating on blend E10 at 70% opened throttle and low 1500 rpm speed. Whereas at a higher 2500 rpm speed, the power output nearly 1 % higher developed less oxygenated blend E5 at 70% position opened throttle. The carbon monoxide CO emission can be effectively reduced by 55,3%, when using blend E15 and carbon dioxide CO<sub>2</sub> emission can be also reduced by 11,5%, when using blend E5, by operating at 70% opened throttle and high 2500 rpm speed. Whereas, the HC emission the most (by 57,9%) decreases when using less oxygenated (3,48% oxygen) blend E10.

Ирена Канапкене, Гвидонас Лабяцкас

## ВЛИЯНИЕ СМЕСИ ЭТИЛОВОГО СПИРТА И БЕНЗИНА НА РАБОЧИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ЭМИССИЮ ДВИГАТЕЛЯ

### Резюме

Стандовые исследования двигателя Volkswagen Passat 1,8 л показали, что при работе на смеси E10 эффективная мощность может быть увеличена от 21,9 kW до 23,1 kW (5,5 %) по сравнению с работой двигателя на бензине при 70 % открытой дроссельной заслонке и низкой 1500 мин<sup>-1</sup> частоте вращения. На большей 2500 мин<sup>-1</sup> частоте вращения, на 1% большую эффективную мощность предлагает смесь меньшей концентрации B5 при 70 % открытой заслонке. Эмиссию угарного газа CO можно уменьшить на 55,3 % путем применения смеси E15 и углекислого газа CO<sub>2</sub> уменьшить на 11,5 % при работе на смеси E5 при 70 % открытой заслонке и 2500 мин<sup>-1</sup> частоте вращения. Эмиссию CH в наибольшей степени (на 57,9 %) уменьшает применение смеси E10 с меньшим содержанием кислорода (3,48 %).