

# SINTETINIS DYZELINAS KAIP ALTERNATYVA TRADICINIAM DYZELINUI: EKOLOGINIAI IR EKSPLOATACINIAI ASPEKTAI

*Justas Kripas, Evaldas Alšauskas,  
lekt. Vida Jokubynienė, lekt. Almantas Bernotas  
Klaipėdos valstybinė kolegija, Bijūnų g. 10 Klaipėda*

**Anotacija.** Dizelinas tradiciškai yra laikomas efektyviausiais degalais transporto priemonėms, tačiau jį lydi taršos problemos, kurios sukelia didelį poveikį žmonių sveikatai ir aplinkai. Todėl, šiuo metu, yra ieškomos alternatyvos dizelinui pakeisti ir mažinti dizelinui būdingą emisijų išskyrimą. Kaip alternatyva šiuo metu, pasižymi sintetinis dizelinas. Jis gaminamas iš dujų arba kitų atsinaujinančių šaltinių, o jo gamybos procesas yra mažiau teršiantis. Todėl išvelgiamas sintetinio dizelino panaudojimas kaip alternatyva jau esančioje dizelinių infrastruktūroje be didelių pokyčių. Atliekamas tyrimas eksperimento būdu matuojant degalų sąnaudas, išmetamųjų dujų kiekį ir galios pokytį.

**Pagrindiniai žodžiai.** Sintetinis dizelinas (HVO), ekonomiškumas, ekologija.

**Annotation.** Diesel has traditionally been regarded as the most efficient fuel for vehicles, but it is accompanied by pollution problems that have significant impacts on human health and the environment. Therefore, alternatives are currently being sought to replace diesel fuel and to reduce the emissions inherent to diesel. Synthetic diesel is currently being developed as an alternative. It is produced from gas or other renewable sources and its production process is less polluting. Therefore, the use of synthetic diesel as an alternative in the existing diesel infrastructure can be envisaged without major changes. The study is carried out by experimentally measuring fuel consumption, emissions, and power change.

**Key words.** Synthetic diesel (HVO), cost-effectiveness, ecology.

## Įvadas

Visame pasaulyje automobiliai yra neatsiejama žmonijos dalis, dauguma žmonių gyvena įtemptu ritmu. Įvairūs rūpesčiai, nesuplanuotos išvykos, važinėjimas į darbus ir iš jų, dažnai leidžia suprasti, kad daugumai žmonių nelieka laiko pasirūpinti savimi. Todėl daugumai žmonių automobiliai, ar kitos įvairios transporto priemonės yra būtinos, kad galėtų suspėti atlikti savo suplanuotas veiklas ar tikslus. Aiškiai galime suprasti, kad eksploatuojamos transporto priemonės nėra amžinos, pilnavertiškai ekologiškos ir ekonomiškos, todėl yra būtina analizuoti, modifikuoti bei naudoti alternatyvius ekologiškesnius degalus esamoms transporto priemonių vidaus degimo varikliams.

Vidutinis automobilių amžius Lietuvoje yra nuo 10 iki 15 metų bei didelė dalis jų yra varomu vidaus degimo varikliu, ypač dizeliniais degalais. Dizelinu varomu transporto priemonių situacija su dizelino ir sintetinio dizelino ekologiškumu ir ekonomiškumu yra kompleksiška ir kintanti, atsižvelgiant į technologinius pokyčius, politikos sprendimus bei visuomenės nuomonę. Dizelinas tradiciškai buvo laikomas efektyviais degalais transporto priemonėms, tačiau jį lydėję taršos problemos sukėlė didelį žmonijos susirūpinimą.

**Tyrimo problema** – kaip atitikti griežtėjančius ekologinius reikalavimus su esamomis transporto priemonėmis.

**Tyrimo objektas** – tradiciniai (D) ir sintetiniai (SD) dizeliniai degalai.

**Tyrimo tikslas** – atlikti tyrimą, sintetinio dizelino ekologiškumui ir ekonomiškumui nustatyti, lyginant su tradiciniu dizelinu.

### Tyrimo uždaviniai:

1. Ištirti tradicinio dizelino ir sintetinio dizelino ekonomiškumą, įvertinant skirtingus važiavimo režimus ir apkrovas.
2. Ištirti tradicinio dizelino ir sintetinio ekologiškumą, įvertinant apkrovas ir važiavimo režimus.

**Tyrimo metodai:** informacijos šaltinių analizė, duomenų rinkimas ir analizė.

## Teorinė dalis

### Tradicinis ir sintetinis dizelinas

Analizuojant dizeliną yra būtina žinoti apie dizelinių degalų kilmę, atsiradimą bei jų naudojimą. Remiantis Mollenhauer ir Schreiner (2010), vidaus degimo variklio kūrimas prasidėjo XVIII amžiaus pabaigoje. Per ateinančius šimtą metų buvo padaryta lėta, bet pastovi pažanga. Dizelinas gaunamas distiliuojant žalią naftą (dizelinis distiliatas). Pagrindinės dizelinių degalų sudedamosios dalys yra alkanai, cikloalkanai ir aromatiniai angliavandeniliai. Naftos kilmės dizeliną sudaro apie 75

procentai sočiųjų angliavandenilių (daugiausia alkanai) ir apie 25 procentai aromatinių angliavandenilių (įskaitant naftalenus ir alkilbenzenus).

Remiantis Gerali (2019), sintetinių degalų istorija prasidėjo 1913 m., kai Vokietijoje chemikas Friedrichas Karlas Rudolfas Bergiusas (1884–1949m.) užpatentavo pirmąjį tiesioginio anglies suskystinimo (DLC) procesą. Pagrindinis DLC principas buvo anglies naudojimas vietoj naftos/žalios naftos, norint gauti skystų angliavandenilių, naudojamų degalams arba kaip pagrindas kitoms cheminėms medžiagoms gaminti. Produktai, gauti šio proceso metu, buvo apibrėžti kaip sintetiniai, nes anglies žaliava vyksta skirtingais šildymo, aušinimo, slėgio, sodrinimo, dujinimo ir skystinimo etapais. Nuo pirmojo dizelinio vidaus degimo variklio išradimo praėjus 28 metams vokiečių mokslininkai Franz Fischer ir Hans Tropsch atrado cheminę reakciją kurios metu vandenilis ir anglies monoksidas perdirbami į skirtingus angliavandenilius skysčius, įskaitant dyzeliną, benziną ir degalus orlaiviams. Taip buvo išrastas sintetinis dyzelinas.

### **Ekonomiškumo kriterijai**

Įvairių automobilių ekonomiškumą galima apžvelgti ir įvairiuose internetiniuose puslapiuose, kuriuose yra nurodyti ekonomiškumo standartai tam tikram automobiliui. Viena iš jų yra aplinkos apsaugos agentūrą (EPA) (2023), kurios mokslininkai ir gyvai yra nustatomos degalų išnaudojimo vertės ir pagal šias vertes sužinoma degalų ekonomija, kurią pasieks įprastas vairuotojas vidutinėmis vairavimo sąlygomis, šie tyrimo rezultatai užtikrina gerą pagrindą palyginti vieną transporto priemonę su kita. Vis dėlto degalų sąnaudos gali būti šiek tiek didesnės arba mažesnės nei EPA įvertinimai, nes degalų sąnaudos kartais skiriasi ženkliai, atsižvelgiant į vairavimo sąlygas, vairavimo stilių, ir kitus veiksnius. Kad įvertinimai būtų nuoseklūs skirtingų markių ir modelių automobilių, EPA apskaičiavimai yra pagrįsti standartizuotu, pakartojamu bandymu procedūra. Šie testai modeliuoja „vidutinį“ vairuotoją, jų aplinką ir elgesį, pagrįstu realiu pasauliu ir tokiais sąlygomis kaip sustojus eismui. Tačiau neįmanoma atlikti vieno testo ir tiksliai numatyti degalų sąnaudas visiems vairuotojams pagal įvairią aplinką. Pavyzdžiui, šie veiksniai gali padidinti automobilio degalų sąnaudas: Agresyvus vairavimas (stiprus įsibėgėjimas ir stiprus stabdymas); Per ilgas važiavimas tuščiąja eiga (kamščiai); Žema darbinė temperatūra. (varikliai yra efektyvesni, kai variklis veikia esant darbinei temperatūrai); Krovinio tempimas; Oro kondicionieriaus naudojimas; Netinkamai veikiantis variklis ar netinkamas padangų slėgis; Važiavimas kalnuotu keliu.

### **Ekologiškumo kriterijai**

Remiantis Johnson (1988) prasta oro kokybę beveik visuose Europos miestuose gausėjo vis dažniau, nes vis daugėja žinių apie neigiamą oro kokybę žmonių sveikatai ir ekosistemoms. Per pastaruosius dešimtmečius reikšmingai sumažėjo išmetamų teršalų kiekis pagrindiniuose sektoriuose, t.y. pramonėje, energijos gamyboje, namų ūkyje, transporte ir žemės ūkyje. Nepaisant šių pasiekimų, Europos Sąjungos (ES) nustatyti oro kokybės reikalavimai oro kokybės tikslams išlaikyti tebėra iššūkis. Remiantis Europos ekonominė bendrija, buvo paskelbti būsimi lengvųjų automobilių modelių standartai. Europos ekonominė bendrija teigė, kad „transporto išmetami oro teršalai labai prisideda prie bendros oro kokybės būklės Europoje“, o pramonė ir energijos gamyba yra kiti pagrindiniai šaltiniai. Euro emisijos standartų tikslas – sumažinti kenksmingų išmetamųjų teršalų kiekį, kurie yra: Azoto oksidai (NOx); Anglies monoksidas (CO); Angliavandeniliai (HC); Kietosios dalelės (PM).

### **Tyrimo metodologija**

**Transporto priemonė:** BMW E46 330D.

**Matavimo įranga:** AIC-1200 serijos tiesioginio srauto matuoklis, AHS-PRUFTECHNIK galios matavimo stendas, Stenhoj Sweden gamybos SGA-400 emisijų matavimo įrenginys.

**Matavimo sąlygos:** Ekonomiškumas tai rodiklis, kurio pagalba galima sužinoti degalų sąnaudas. Važiavimas buvo atliekamas 10 km atstumu, įvairiomis oro (lietus ir/arba saulė) bei eismo sąlygomis (miesto ir užmiesčio režimu) su pasirinktu automobiliu, kadangi oro ir eismo sąlygos skyrėsi tyrimas buvo atliekamas 4 kartus naudojant D ir 4 kartus naudojant SD, išvedamas gautų rezultatų vidurkis. Pirmą atlikome ekonomiškumo tyrimą, pagal eksploataavimo sąlygas:

1. Automobilis važiuoja mieste pasirinktu atstumu, miesto eksploataavimo sąlygomis, kada automobilis daug kartų stoja ir bėgėjasi.
2. Automobilis važiuoja užmiestyje pasirinktu atstumu, užmiestio eksploataavimo sąlygomis, kada automobilis važiuoja pastoviu greičiu.

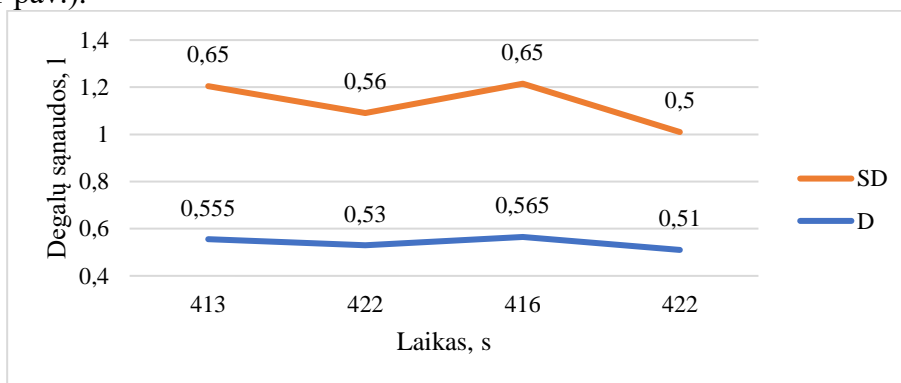
Antra, ekologiskumo tyrimas atliktas pasitelkiant išmetamųjų dujų matavimo diagnostiką ir BOSCH diagnostiką, matuojant realią apkrovą ir realų išmetamųjų dujų kiekį ant galios stendo.

Pasirinkti du važiavimo greičiai, tai miesto režimo 50 km/h ir užmiestio 90 km/h. Pagal šiuos režimus ant galios stendo pritaikius realių sąlygų apkrovą buvo matuojama automobilio išmetamųjų dujų tarša. Buvo atliekama po bandymą naudojant tradicinę dyzeliną ir sintetinę dyzeliną.

Trečia, ekologiskumo tyrimas atliktas naudojant išmetamųjų dujų analizavimo bei dūmingumo matavimo įrangą, kurios pagalba sužinojome koks emisijų kiekis CO, CO<sub>2</sub>, HC, NO<sub>x</sub>, O<sub>2</sub> yra išmetamosiose dujose naudojant D ir SD.

### Tyrimų rezultatai

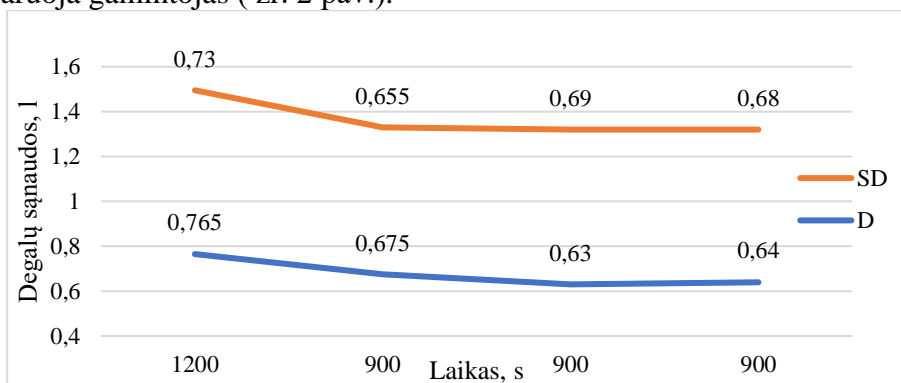
Atlikus užmiestio degalų sąnaudų matavimo tyrimą, pagal gautus rezultatus, galime teigti, kad automobilis per nuvažiavus 40km sunaudojo vidutiniškai 2,16l D, o SD - 2,36l. 1 grafike matomos degalų sąnaudos nuvažiavus 10km ir laikas per kurį buvo įveikti 10km. Borto kompiuterio rodmenimis, važiuojant užmiestyje, vidutinės degalų sąnaudos yra apie 5,875 l/100km, tačiau gamintojo deklaruojamos degalų sąnaudos yra 5,5l/100km ir tai sudaro 11% daugiau, nei deklaruoja gamintojas (žr. 1 pav.).



1 pav. D ir SD degalų sąnaudų palyginimas užmiestyje

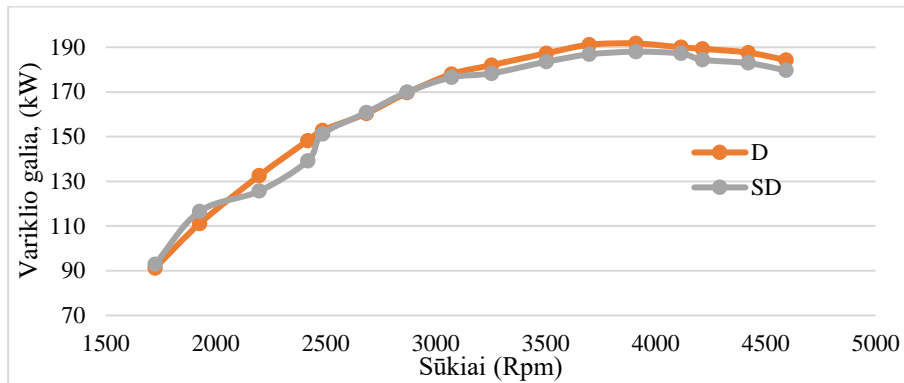
Atlikus mieste degalų sąnaudų matavimą, pagal gautus rezultatus, galima teigti, kad automobilis nuvažiavus 40km sunaudojo vidutiniškai 2,75l D, o SD - 2,71l. Grafike matomos degalų sąnaudos nuvažiavus 10km ir laikas per kurį buvo įveikti 10km.

Borto kompiuterio rodmenimis, važiuojant mieste, vidutinės degalų sąnaudos yra apie 7,45l/100km, tačiau gamintojo deklaruojamos degalų sąnaudos yra 9,5l/100km ir tai sudaro 27% mažiau, nei deklaruoja gamintojas ( žr. 2 pav.).



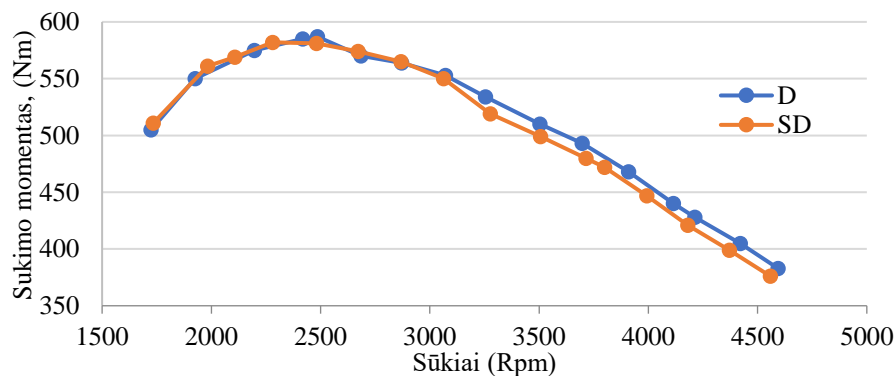
2 pav. D ir SD degalų sąnaudų palyginimas mieste

Atlikus galios matavimą ant galios stendo, galime teigti, kad su SD, automobilio galia sumažėjo tik 4kW, tai sudaro apie 1,93%.



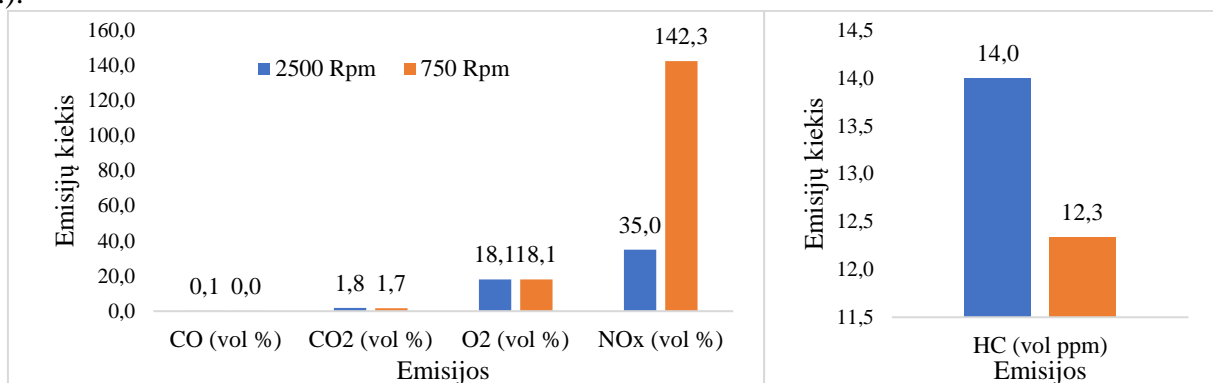
3 pav. Variklio galios palyginimas (kW), naudojant D ir SD

Sukimo momentas sumažėjo tik 5Nm, tai sudaro apie 0,85% (žr. 3-4 pav.). Naudojant sintetinį dyzeliną automobilio galia ir sukimo momentas sumažėja minimaliai, tai rodo, kad sintetinis dyzelinas gali būti veiksmingas alternatyvus degalų šaltinis. Tačiau reikia atsižvelgti į tai, kad šie skirtumai gali būti statistiškai neįžymūs arba nepastebimi kasdieniniame vairavime. Todėl būtų prasminga atlikti išsamesnius tyrimus, kad įvertintume ne tik galios ir sukimo momento pokyčius, bet ir ekologiškumo rodiklius, siekiant išsamiau įvertinti sintetinio dyzelino naudojimo privalumus ir trūkumus.



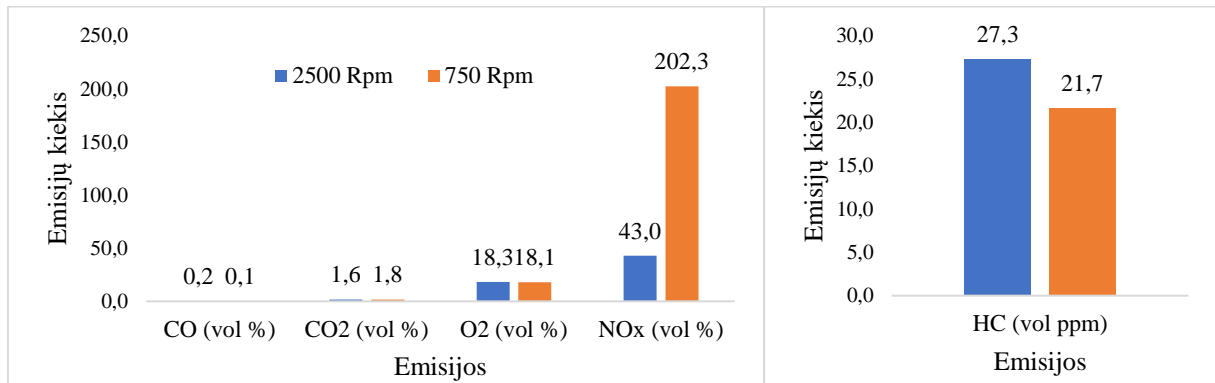
4 pav. Sukimo momento palyginimas (Nm), naudojant D ir SD

Atlikus ekologiškumo tyrimą analizuojant emisijas, galime teigti, kad SD emisijos yra panašios, tačiau azoto oksidų bei angliavandenilių kiekis procentais yra 35% mažesnis nei naudojant D (žr. 5 pav.).



5 pav. Emisijų pokytis, naudojant SD

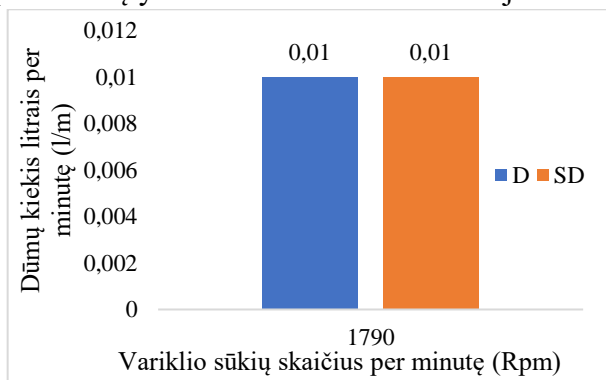
Rezultatai rodo, kad stovint vietoje automobiliui naudojant sintetinį dyzeliną, išmetamosios emisijos esant 2500 rpm yra mažesnės apie 23,7%, o esant tuščiajai eigai 750 rpm yra mažesnės 28,5%. Naudojant sintetinį dyzeliną, išmetamosios emisijos pasižymi ypač mažesniu azoto oksidų ir angliavandenilių kiekiu (žr. 6pav.).



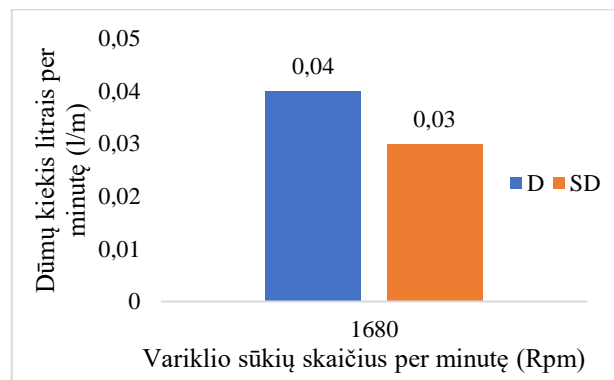
**6 pav.** Emisijų pokytis, naudojant D

Esant 50 km/h ir 90 km/h greičiui, automobiliui naudojant SD, išmetamosios emisijos esant 2500 rpm yra didesnės apie 48%, o esant tuščiajam eigai 750 Rpm yra didesnės taip pat 48%. Didesnes sintetinio dyzelino emisijas galėjo įtakoti degimo metu dyzelino degalų išpurškimo sraute esančios kietosios dalelės (KD), tai sudaro per didelę degimo kameros temperatūrą, todėl yra prarandama susidariusi šiluma. Manoma, kad degant mažą suodžių kiekį turinčių degalų tokių kaip HVO dujų mišinio temperatūra bus aukštesnė, todėl dėl skleidžiamos šilumos nuostolių gali padidėti NOx kiekis. Variklių, varomų NVO, Nox emisijos prieš apdorojimą padidėja 4-13 %. Naudojant mišinius, kurių koncentracijos mažėja nuo 20 iki 60% paprastai NOx emisijos padidėja tik 2-4 %. Šį padidėjimą būtų galima lengvai pašalinti, jei variklio degalų įpurškimo laikas būtų sulėtintas 1-2 laipsniais alkūninio veleno kampo. Deguonies turintys degalai, kuriuos galima naudoti dyzeliniuose varikliuose, sumažina degimo kameros temperatūrą ir kenksmingų išmetamųjų teršalų kiekį. Tačiau NVO turi mažesnį deguonies kiekį todėl pastebimas didesnis NOx išsiskyrimas (žr. 6 pav.).

Atlikus ekologiškumo tyrimą matuojant dūmingumą, galime teigti, kad SD dūmų kiekis litrais per minutę yra 33% mažesnis nei naudojant D.



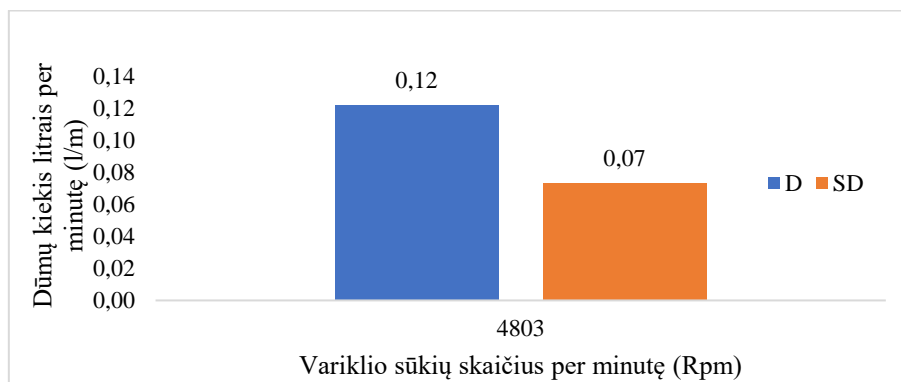
a) Dūmingumo pokytis, 50km/h



b) Dūmingumo pokytis, 90km/h

**7 pav.** Dūmingumo pokytis

Atlikus dūmingumo matavimą esant 50 km/h apkrovai, galime teigti, kad naudojant abiejų tipų dyzelino degalų rūšis, dūmų kiekis litrais per minutę yra toks pat. Atlikus dūmingumo matavimą esant 90 km/h apkrovai, galime teigti, kad naudojant sintetinį dyzeliną, dūmų kiekis litrais per minutę yra 25% mažesnis, nei naudojant tradicinį dyzeliną.



**8 pav.** Dūmingumo pokytis stovint vietoje

Atlikus dūmingumo matavimus naudojant skirtingų dyzelinių degalų rūšis, galime teigti, kad naudojant sintetinį dyzeliną, automobilio dūmingumas bendrai sumažėja 37,5% (žr. 8 pav.).

### Išvados

1. Ištyrus tradicinio dyzelino ir sintetinio dyzelino ekonomiškumą, įvertinant skirtingus važiavimo režimus ir apkrovas, galime teigti, kad naudojant sintetinį dyzeliną degalų sąnaudų pokytis yra minimalus, galia sumažėja tik 2%.
2. Ištyrus tradicinio dyzelino ir sintetinio ekologiškumą, įvertinant apkrovas ir važiavimo režimus, galime teigti, kad sintetinis dyzelinas yra ekologiškesnis nei tradicinis dyzelinas, pasižymi mažesniu emisijų bei dūmingumo kiekiu.
3. Sintetinis dyzelinas yra puiki alternatyva tradiciniams dyzeliniams degalams. Mūsų bendru pastebėjimu, galime teigti, kad naudojant sintetinį dyzeliną, automobilio variklio darbas buvo gražesnis, tylėsnis bei išmetimo dūmai buvo mažiau aitrūs.

### Literatūra

1. Shen, J., et al. (2002). *Opportunities for the Early Production of Fischer-Tropsch (F-T) Fuels in the U.S. - An Overview*. U.S. Department of Energy. 8th Diesel Emissions Reduction Conference (DEER), San Diego, CA, August 2002.
2. K. Mollenhauer ir K. Schreiner. *Handbook of Diesel Engines*. Springer, 2002.
3. F. Gerali (2019). *Synthetic Fuels, Engineering and Technology History*.
4. U.S Department of energy. *Fuel economy guide*. EPA, 2023.
5. Barnes, G.J., & Donohue, R.J. (1985). *A manufacturer's view of world emissions regulations and the need for harmonization of procedures*. Society of Automotive Engineers Paper 850391. Warrendale, PA.
6. Johnson, J. H. (1988). *Pollution from Automobiles—Problems and Solutions*. Michigan Technological University.