



**Kauno technologijos universitetas**  
Panevėžio technologijų ir verslo fakultetas

# **Traktorių degalų sąnaudų tyrimas**

Baigiamasis magistro projektas

**Ugnė Nevedomskaitė**

Projekto autorė

**Lekt. dr. Nerijus Partaukas**

Vadovas

**Panevėžys, 2018**



**Kauno technologijos universitetas**  
Panevėžio technologijų ir verslo fakultetas

## **Traktorių degalų sąnaudų tyrimas**

Baigiamasis magistro projektas  
Transporto priemonių inžinerija (621E20001)

**Ugnė Nevedomskaitė**

Projekto autorė

**Lekt. dr. Nerijus Partaukas**

Vadovas

Recenzentas / Recenzentė

**Panevėžys, 2018**



**Kauno technologijos universitetas**

Panevėžio technologijų ir verslo fakultetas

Ugnė Nevedomskaitė

## **Traktorių degalų sąnaudų tyrimas**

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad mano, Ugnės Nevedomskaitės, baigiamasis projektas tema „Traktorių degalų sąnaudų tyrimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

Ugnė Nevedomskaitė

---

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

---

(parašas)



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETO  
PANEVĖŽIO TECHNOLOGIJŲ IR VERSLO FAKULTETO  
TECHNOLOGIJŲ IR VERSLUMO KOMPETENCIJŲ CENTRAS**

**TVIRTINU**  
TVKC vadovė  
Nida Kvedaraitė

**BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS**

Diplomantui **Ugnei Nevedomskaitei**

Baigiamojo projekto tema *Traktorių degalų sąnaudų tyrimas*  
(lietuvių kalba)

Baigiamojo projekto tema *Research on Tractors Fuel Consumption*  
(anglų kalba)

Patvirtinta 2018 m. 03 mėn. 30 d. dekanų potvarkiu Nr. V25-13-12-1.

Įrašto baigiamojo projekto pateikimo į TVKC terminas iki 2018 m. gegužės 31 d.

Duomenys, reikalavimai ir sąlygos baigiamajam projektui

Baigiamojo projekto turinys / struktūra (išvardinti pagrindines BP dalis / uždavinius / klausimus, kurie turi būti atskleisti baigiamajame projekte)

1. *Atlikti šaltinių nagrinėjančių traktorių degalų sąnaudas apžvalgą ir analizę;*
2. *Atlikti traktoriaus Deutz Dx-90 degalų sąnaudų arimo metu tyrimą, nustatant, kaip degalų sąnaudos priklauso nuo: arimo greičio, dirvos tipo, arimo gylio;*
3. *Nustatyti didžiausią įtaką degalų sąnaudoms darančius veiksniai;*
4. *Įvertinti 2 punkte nurodytų parametrų įtaką arimo operacijos kaštams;*
5. *Pateikti rekomendacijas leidžiančias sumažinti traktoriaus degalų sąnaudas ir arimo operacijos kaštus.*

Vadovas

Lektor. dr. Nerijus Partaukas

*(parašas, pareigos, vardas, pavardė)*

Užduotį gavau

Ugnė Nevedomskaite

*(studento parašas, vardas, pavardė)*

2018 m. balandžio 13 d.

Nevedomskaitė, Ugnė. Traktorių degalų sąnaudų tyrimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovas lekt. dr. Nerijus Partaukas; Kauno technologijos universitetas, Panevėžio technologijų ir verslo fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis: sausumos transporto inžinerija, technologijos mokslai.

Reikšminiai žodžiai: traktorių degalų sąnaudos, arimo gylis, arimo greitis.

Panevėžys, 2018. 44 p.

## SANTRAUKA

Žemės ūkis vis dar išlieka svarbia veiklos sritimi Lietuvoje. Kasmet vis didėjantis naudojamos technikos skaičius priverčia susimąstyti ir apie pasekmes, kurias sukelia neefektyvus energijos vartojimas. Traktorių degalų sąnaudos tiesiogiai susijusios su išmetamų kensmingų dalelių koncentracija aplinkoje. Kai kurioms žemės dirbimo operacijoms, pvz., arimui, galima sunaudoti net apie 40 % visų degalų, todėl ekonomiškai naudinga žemės ūkio valdytojui ieškoti būdų, kaip šiuos kaštus sumažinti. Taigi žemės ūkyje naudojamų degalų sąnaudų mažinimas gali prisidėti prie švaresnės aplinkos kūrimo, efektyvaus energijos vartojimo bei finansinių išteklių tausojimo.

Šiame darbe buvo tiriamos dviejų traktorių, „Deutz DX-90“ ir „CaseIH Puma 130“, degalų sąnaudos ariant. Atlikus literatūros analizę pasirinkti veiksniai, turintys įtakos sunaudojamam dyzelino kiekiui: arimo gylis ir greitis, dirvos tipas.

Nevedomskaitė, Ugnė. Research on Tractors Fuel Consumption. Master's Final Degree Project / supervisor Dr. Nerijus Partaukas; Panevėžys Faculty of Technologies and Business, Kaunas University of Technology.

Study field and area: Overland Transport Engineering, Technology Sciences.

Keywords: tractors fuel consumption, ploughing depth, ploughing speed.

Panevėžys, 2018. 44 pages.

## **SUMMARY**

Agriculture remains an important area of activity in Lithuania. The ever increasing number of machinery used makes it even more difficult to reflect on the consequences of inefficient energy use. Tractor fuel consumption is directly related to the concentration of emissions of pollutant particles in the environment. For some tillage operations, such as ploughing, it is possible to use up to 40% of all fuel, it is economically useful for the farmer to look at ways to reduce these costs. Reducing fuel consumption in agriculture can therefore contribute to creating a cleaner environment, energy efficiency and financial sustainability.

In this work, the fuel consumption of two tractors, “Deutz DX-90” and “CaseIH Puma 130”, were tested. After analyzing the literature, few factors influencing the amount of diesel consumption were chosen: ploughing depth and speed, soil type.

## TURINYS

<b>IŽANGA</b> .....	8
<b>1. TEORINIS ĮVADAS</b> .....	10
1.1. Energijos panaudojimas traktoriuje .....	10
1.2. Traktorių klasifikacija ir sandara .....	11
1.3. Degalų sąnaudų mažinimo būdai .....	14
1.4. Žemės dirbimas.....	16
<b>2. EKSPERIMENTO METODIKA</b> .....	20
<b>3. REZULTATAI</b> .....	24
3.1. Traktorius „Deutz DX-90“ .....	24
3.2. Traktorius „CaseIH Puma 130“ .....	29
3.3. Ekonominės naudos įvertinimas .....	36
<b>IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS</b> .....	40
<b>LITERATŪRA</b> .....	42

## IŽANGA

Lietuva vis dar išlieka žemės ūkio kraštas. Lietuvos Respublikos statistikos departamento duomenimis, 2017 m. 44 % ūkinės paskirties teritorijos buvo skirta augalininkystei [1]. 2015 m. žemės ūkio, miškininkystės ir žuvininkystės BVP sukuriama dalis Lietuvoje buvo 3,3 %, Europoje buvome 9 vietoje pagal šį rodiklį. Taigi žemės ūkis išlieka reikšminga Lietuvos produkcijos dalimi. Žinoma, kad pelnas būtų didesnis, reikia nemažai dėmesio skirti žemės ūkio įrangos modernizavimui: mažesnėmis išlaidomis būtų gaunamas didesnis pelnas. Tačiau technikos priežiūra ir išlaikymas, inventoriaus atnaujinimas taip pat reikalauja nemažai išlaidų. Padažnėjo mokslinių tyrimų, kuriais siekiama išsiaiškinti optimalias darbo su žemės ūkio technika sąlygas, priklausančias ne tik nuo naudojamo agregato, bet ir nuo gamtinių sąlygų, dirvos būklės. Traktoriai yra viena dažniausiai naudojamų technikos priemonių žemės ūkyje, bent jau Lietuvoje, ir jų būna įvairios būklės, amžiaus. Lietuvos savaeigių, žemės ūkio mašinų ir traktorių registro duomenimis apie 80 % sudaro naudota technika [2]. Senesni traktoriai neturi tokių modernių degalų suvartojimo kontrolės prietaisų, pvz. dyzelino įpurškimo į degimo kamerą sistema, kaip naujos kartos žemės ūkio technika [2, 3]. Išlaidos degalams gali siekti net iki 45 % visų žemės ūkio darbams skirtų išlaidų [3]. Todėl naudinga pasidomėti, kaip galima sumažinti degalų sąnaudas, kokie veiksniai lemia didesnę dyzelino sunaudojimą (pvz., arimas gali sudaryti net iki 40 % visų dyzelino sąnaudų [4]). Galimybė nustatyti sunaudojamą degalų kiekį pravartu, kai planuojant biudžetą reikia įvertinti naudojamos technikos efektyvumą.

Taip pat šiuo metu daug dėmesio skiriama klimato kaitos problemoms, todėl efektyvus degalų naudojimas tiesiogiai su tuo susijęs. Pagal 2012 m. Europos Sąjungos (ES) priimtą direktyvą dėl efektyvaus energijos didinimo, ES šalys yra įsipareigojusios iki 2020 m. užtikrinti 20 % našesnę energijos suvartojimą. Pagal šią direktyvą visose energijos vartojimo stadijose (nuo gamybos iki galutinio produkto) turi būti stebimas efektyvesnis energijos naudojimas ir paskirstymas. 2016 m. atnaujinta Energijos efektyvumo direktyva skelbia, jog iki 2030 m. energijos efektyvumas ES šalyse turi siekti 30 % [5]. Tai tiesiogiai liečia ir žemės ūkyje suvartojamą degalų kiekį. Pagal 2015 m. Lietuvos efektyvaus energijos suvartojimo ataskaitą, 2010-2015 m. galutinis dyzelino suvartojimas padidėjo 18,9 %. Tai aiškinama transporto priemonių skaičiaus augimu ir griežtesniu degalų įvežimu į šalį režimu [6]. Bet kokiu atveju, valstybė yra įsipareigojusi sumažinti degalų suvartojimą, keičiant juos alternatyviais šaltiniais, pavyzdžiui, ekologiniais degalais.

Kitas degalų sąnaudų mažinimo aspektas – kenksmingų išmetamųjų dalelių ir dujų kiekis. Nuo agregato būklės, galingumo, optimalių darbo sąlygų priklauso ir tai, kiek į aplinką patenka šalutinių degalų degimo produktų. Kadangi žemės ūkyje plačiausiai naudojami dyzeliniai varikliai, tai pagrindinės išmetamosios medžiagos gali būti azoto junginiai, anglies monoksidas, suodžiai. Todėl, efektyviai naudojant degalus, galima sumažinti ir kenksmingų medžiagų emisijas [2]. Straipsnyje „Traktorių parko atnaujinimo tyrimas ekologiniu požiūriu“ nurodoma, jog pakeitus variklio sūkių



skaičių (nuo 2200 min<sup>-1</sup> iki 1600 min<sup>-1</sup>) dyzelino sąnaudas galima sumažinti maždaug 6,5 kg h<sup>-1</sup> [2]. Tačiau išmetamųjų dujų emisijos dėl to gali nebūtinai sumažėti (pvz., buvo padidėjęs azoto oksidų kiekis). Bet kokiu atveju, sunaudojamų degalų kiekis turi įtakos į aplinką patenkančių teršalų koncentracijai.

Vienas iš mokslinėje literatūroje minimų aspektų, turinčių įtakos degalų sąnaudoms, traktoriaus greitis. Kuo didesnis greitis, esant tai pačiai traktoriaus apkrovai, tuo daugiau degalų sunaudojama [3,7]. Taip pat traktoriaus greitis, atliekant tam tikrą operaciją, yra tiesiogiai susijęs su darbo našumu. Kadangi arimas vis dar yra viena svarbiausia dirvos paruošimo dalis, kuriai taip pat sunaudojama didelė dalis degalų, tai įvairiais tyrimais siekiama išaiškinti, kaip arimo gylis gali paveikti derliaus kiekį. Pastaruoju metu yra nagrinėjama galimybė atisakyti arimo 20 – 30 cm gyliu (gilusis arimas) ir pereiti prie paviršinio purenimo arba minimalaus įdirbimo (15 cm gyliu) [8]. Žinoma, ne visoms grūdinėms kultūroms yra tinkamas sekus dirvos paruošimas. Taip pat degalų sąnaudoms turi ir dirvos tipas. Puresnėje žemėje sunaudojamo dyzelino kiekis gali būti mažesnis.

**Tyrimo objektas.** Traktorių degalų sąnaudos.

**Tyrimo tikslas.** Ištirti traktorių degalų sąnaudas arimo metu, keičiant arimo gylį, greitį bei dirvos tipą.

Tikslui pasiekti iškelti **uždaviniai**:

1. Atlikti literatūros, nagrinėjančios traktorių degalų sąnaudas, apžvalgą ir analizę;
2. Atlikti traktorių „Deutz DX-90“ ir „CaseIH Puma 130“ degalų sąnaudų arimo metu tyrimą, nustatyti, degalų sąnaudų priklausomybę nuo: arimo gylio, arimo greičio, dirvos tipo;
3. Nustatyti, kurie iš nagrinėtų veiksnių daro didžiausią įtaką traktorių degalų sąnaudoms ir arimo operacijos kaštams;
4. Pateikti rekomendacijas traktoriaus degalų sąnaudų ir arimo operacijos kaštų sumažinimui.

**Darbą sudaro:** įvadas, 3 skyriai, išvados ir rekomendacijos, naudotos literatūros sąrašas, 32 paveikslai, 7 lentelės. Darbo apimtis – 44 puslapiai.

**Konferencijose skaityti pranešimai:**

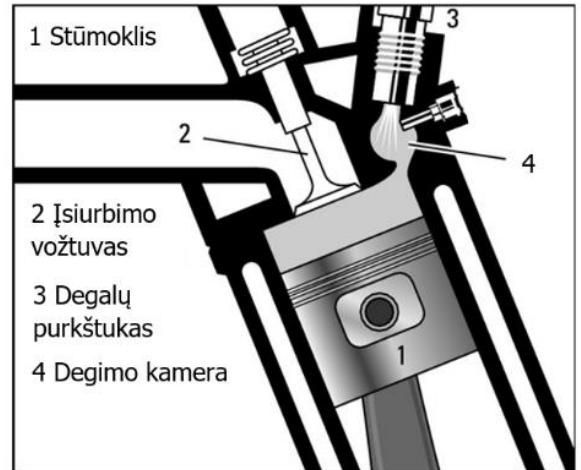
Pranešimas tema „Traktoriaus degalų sąnaudų tyrimas ariant“ studentų mokslinėje konferencijoje „Technologijų ir verslo aktualijos – 2018“. Panevėžys: Kauno technologijos universitetas Panevėžio technologijų ir verslo fakultetas, 2018 m. gegužės 4 d.

## 1. TEORINIS ĮVADAS

### 1.1. Energijos panaudojimas traktoriuje

Žemės ūkyje naudojamų traktorių efektyvumo didinimas gali priklausyti nuo efektyvaus degalų panaudojimo variklio darbui, maksimalaus traktoriaus sukuriamos traukiamosios jėgos išnaudojimo [4]. Dažniausiai traktoriuose naudojami dyzeliniai varikliai dėl jų geresnio energijos efektyvo lyginant su kitais vidaus degimo varikliais.

Dyzelinio vidaus degimo variklio pagrindinės dalys pavaizduotos 1 pav. Suspaustas oras, kuris tuo metu įkaista iki 550 °C temperatūros, patenka į degimo kamerą. Tada į kamerą įpurškiami degalai, kurie išskaidomi į mažus lašelius. Dėl aukštos temperatūros dyzelinas pavirsta garais ir dėl kontakto su įkaitusiu suspaustu oru staigiai užsidega. Sprogimas priverčia variklio stūmoklius veikti, taip sukurdamas pakankamai energijos išjudinti traktorių [10].



**1 pav.** Pagrindinės dyzelinio vidaus degimo variklio dalys [9]

Dyzeliniai varikliai išpopuliarėjo dėl to, jog juose efektyviau išnaudojama degalų degimo energija bei išekvojamas mažesnis dyzelino kiekis (degalai įpurškiami rūko pavidalu). Tai ypač aktualu traktoriuose, kadangi žemės ūkio sektoriuje degalų išlaidos sudaro didelę dalį bendro biudžeto.

Sprogimo banga degimo kameroje sukuria postūmį kitoms agregato funkcijoms įvykti. Degalų degimo energija paverčiama mechanine, kuri panaudojama traukos jėgai kurti, riedėjimo trinčiai įveikti. Degalų sukuriama energiją galima apskaičiuoti naudojantis 1 formule [11].

$$P_{fe} = \frac{H_g \dot{m}_f}{3600}, \quad (1)$$

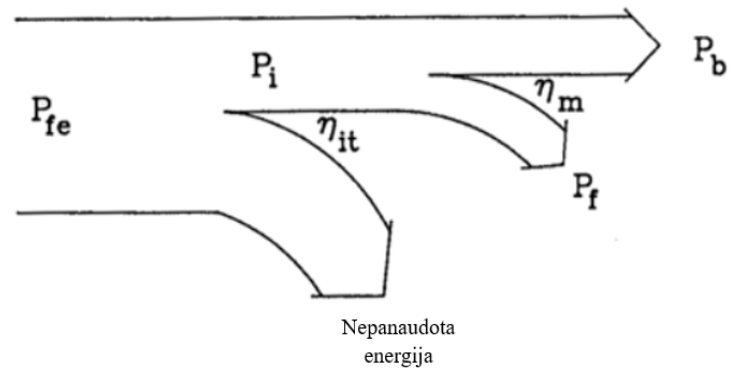
$P_{fe}$  - degalų ekvivalentinė galia, kW;

$H_g$  – degalų degimo šiluma, J/kg;

$\dot{m}_f$  – degalų suvartojimo norma, kg/h.

Degalų degimo šiluma apskaičiuojama kalorimetre deginant tam tikrą kiekį pasirinktų degalų [11].

Iš 2 pav. pateiktos schemos galima matyti, jog didžioji dalis degalų sukuriama energijos iššvaistoma. O kita dalis (mažiau nei pusė sukuriama energijos) panaudojama įvairiems naudingiems procesams: įveikti trinčiai, sukurti traukiamąją jėgą. Energija gali būti iššvaistoma dėl šilumos nuostolių variklyje, tarpinių procesų metu atsiradusios trinties [11]. Kuo mažesnė energijos dalis sunaudojama efektyviam darbui atlikti, tuo degalų sąnaudos didesnės.



$P_{fe}$  - degalų ekvivalentinė galia, kW  
 $P_i$  - naudinga (nurodyta) galia, kW  
 $P_f$  - trinties galia, kW  
 $P_b$  - stabdymo galia, kW  
 $\eta_{it}$  - šiluminis efektyvumas, dešimtosios dalys  
 $\eta_m$  - mechaninis efektyvumas, dešimtosios dalys

2 pav. Energijos panaudojimas variklyje [11]

Be abejo, senstant technikai, didėja ir energijos nuostoliai, todėl stipriai nukrypstama nuo gamintojo specifikacijose nurodomos traktoriaus galios. Dėl to degalų sąnaudos tik padidėja.

## 1.2. Traktorių klasifikacija ir sandara

Dabar galima įsigyti įvairių rūšių, modelių įrangos. Galima išskirti kelis bruožus, pagal kuriuos klasifikuojami traktoriai: paskirtis, liemens tipas, važiuoklės konstrukcija [4].

Traktorių skirstymas pagal paskirtį [4]:

- bendrieji – skirti arti, kultivuoti, sėti, kitiems bendriesiems darbams. Pavyzdžiai: „John Deere 4955A“ (3 pav. A), „Case-IH Magnum“;
- universalieji – jų paskirtis ne tik bendrieji, bet ir transporto darbai arba naudojami kaupiamųjų kultūrų tarpueilių įdirbiui. Svarbi funkcija – keičiamas traktoriaus aukštis ir tarpuvėžio plotis, kad būtų galima pritaikyti prie augalo dydžio. Pavyzdžiai: „Deutz-Fahr Dx 3.10“ (3 pav. B), „Fend Farmer 250SA“, „Ford-3910“, „Lamborghini 550“;
- specialieji – sukurti darbui specifinėmis sąlygomis: kalnuose, pelkėtose vietose, specialioms kultūroms auginti (cukriniais runkeliais ir t. t.) [4].

Pagal liemens tipą skiriamos šios traktorių grupės:

- rėminiai – visi agregatai montuojami specialiame rėme, kuris sudarytas iš išilginių ir skersinių sijų. Tokie traktoriai pasižymi didele galia;
- pusiau rėminiai – jų priekinė dalis sudaryta iš dviejų sijų, o užpakalinę liemens dalį sudaro transmisijos dalių korpusai. Traktorių galia – maža arba vidutinė;
- berėminiai – traktorių liemuo sudarytas iš sujungtų variklio ir transmisijos korpusų (mažieji traktoriai) [4].



**3 pav.** A – bendrosios paskirties traktorius „John Deere 4955“ [12]; B – universalios paskirties traktorius „Deutz-Fahr Dx 3.10“ [13]

Pagal važiuoklės tipą traktoriai skirstomi į šias grupes:

- ratinius, kurie papildomai išskiriami į pogrupius pagal pravažumą: normalaus (du varantieji ratai), geresnio pravažumo (visi keturi/šeši ratai);
- vikšrinius – žemės ūkyje naudojami rečiau dėl brangios eksploatacijos, nors šie traktoriai naudingi šlapiose ir puriose dirvose [4].

SAE ir ISO standartai išskiria 3 traktorių klases pagal jų galią [4]:

- I klasė – traktoriai, kurių galia 20 – 50 AG;
- II klasė – traktoriai, kurių galia 55 – 80 AG;
- III klasė – traktoriai, kurių galia 82 – 228 AG.

Norint užtikrinti tinkamą traktoriaus veiklą, reikia žinoti, kokios yra pagrindinės agregato dalys. Traktoriaus sandara pavaizduota 3 pav.

Traktorius sudaro: variklis, transmisija, važiuoklė, valdymo bei darbiniai įrenginiai.

*Variklis* – sudegančio dyzelino šiluminę energiją paverčia mechanine energija, kuri alkūninio veleno pagalba perduodama transmisijai.

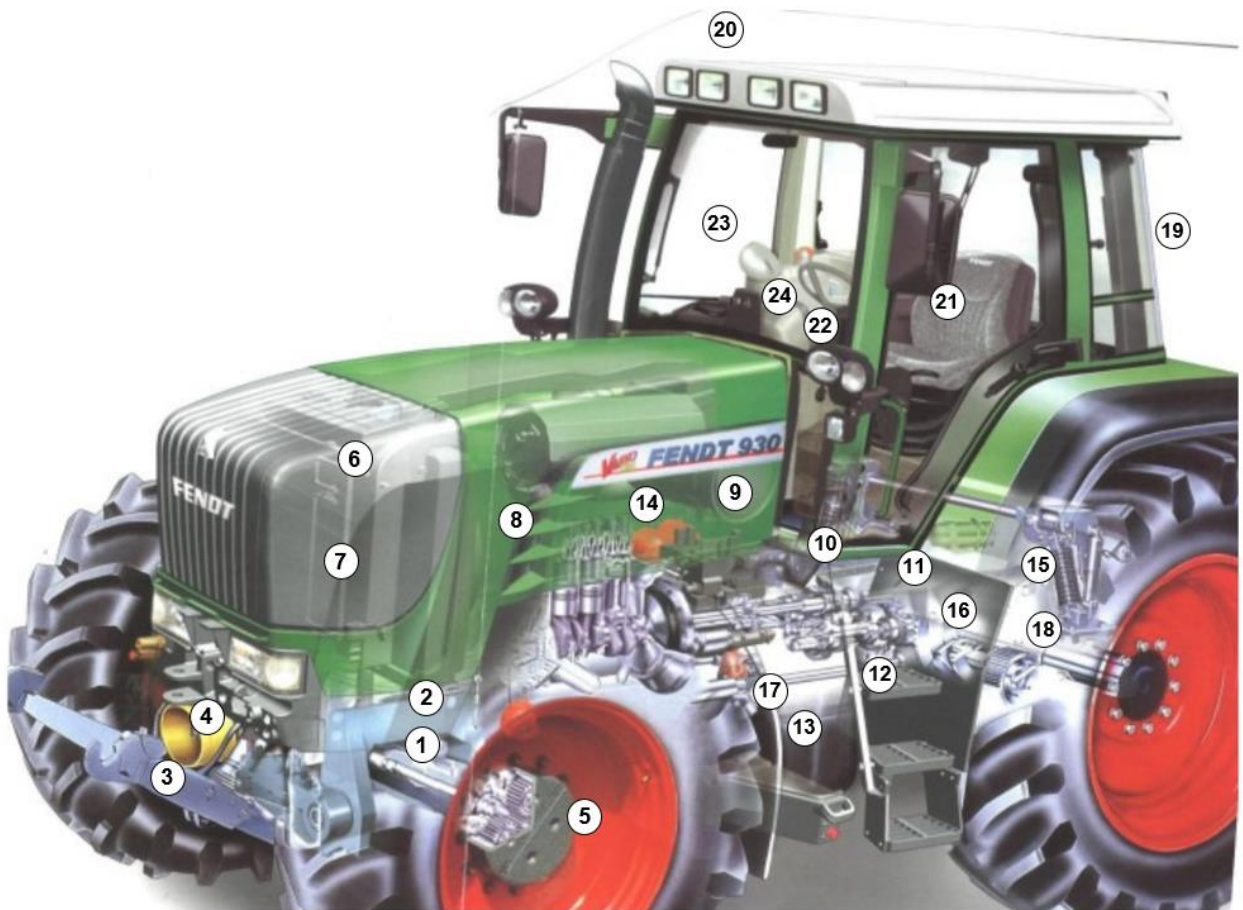
*Transmisija* reikalinga tam, kad variklio sukimas būtų perduotas ratams, taip pat, jog keistų ratų sukimosi kryptį, nekeičiant variklio sukimosi krypties, sukti kitus mechanizmus. Ją sudaro sankaba, pavarų dėžė, užpakalinis tiltas [4].

*Važiuoklė* – ratų judesys paverčiamas slenkamuoju judesiu. Tai galima išivaizduoti kaip vėžimėlį, kuriame sumontuoti visi mechanizmai [4].

*Valdymo įrenginiai* – vairavimo ir stabdžių sistemos.

*Darbiniai įrenginiai* varo žemės ūkio mašinas. Tai prikabinimo įtaisas, pakabinimo sistema,

Taip pat yra keletas svarbių sistemų, susijusių su degalų tiekimu, paskirstymu bei panaudojimu. darbinis velenas ir darbinis skriemulys [4].



**3 pav. Bendra traktoriaus sandara:** 1-priekinis varantysis tiltas; 2-hidropneumatinė priekinio tilto pakaba; 3-priekinis pakabinimo mechanizmas; 4-priekinis darbinis velenas; 5-galinė pavara; 6-oro aušinimo sistema; 7-aušinimo modulis su paduodamo oro nukreiptuvu; 8-variklis; 9-oro filtras; 10-hidrosiurblys ir hidrovarklis; 11-planetinė pavara; 12-pavarų dėžė; 13-degalų bakas; 14-amortizacinė sistema; 15-kabinos amortizaciniai elementai; 16-diskiniai galinių ratų stabdžiai; 17-diskiniai priekinių ratų stabdžiai; 18-galinis tiltas; 19-kabina; 20-papildomi žibintai; 21-sėdynė; 22-valdymo svirtelė; 23-judėjimo, hidrosistemos ir elektrovožtuvų valdymo pultas; 24-stabilumo valdymo posūkiuose sistema [4]

*Dyzelinio maitinimo sistema* – sudaryta iš degalų ir oro tiekimo, dujų išmetimo ir reguliavimo sistemų. Užduotis – tiekti išvalytą orą ir degalus į variklio cilindrus [4].

*Elektros įrenginiai* – elektros energija naudojama šiais atvejais: paleidžiant variklį, alkūniniam velenui, vėdinimo ir šildymo ventiliatoriams sukurti, degųjų mišinį cilindruose uždegti, apšvietimui ir signalizacijai, alyvos slėgiui, degalų kiekiui, vandens temperatūrai kontroliuoti [4].

*Tepimo sistema* – užtikrina tepalų tiekimą tarp besitrinančių detalių paviršių, taip mažinama trintis bei pailginamas variklio eksploatavimo laikas.

*Ratai ir padangos* – laiko visą traktoriaus masę, išvysto trauką, sušvelnina smūgius. Ratų konstrukcija taip pat turi įtakos traktorių pravažumui ir traukai [4].

Taigi iki to momento, kai degalų degimo energija panaudojama naudingam traukos darbui atlikti, yra daugybė procesų, kuriems eikvojama energija. Taip pat didelė dalis energijos yra paverčiama nuostolinga šiluma dėl detalių kaitimo, trynimosi. Traktoriaus konstrukcija ir jos elementai atlieka įvairias funkcijas, kad degalų išskiriama energijai būtų kuo efektyviau panaudojama. Tačiau dėl trinties, šiluminių nuostolių ne visa sukuriama galia panaudojama naudingam darbui atlikti.

### 1.3. Degalų sąnaudų mažinimo būdai

Preliminarias degalų sąnaudas galima apskaičiuoti naudojantis 2 išraiška [14].

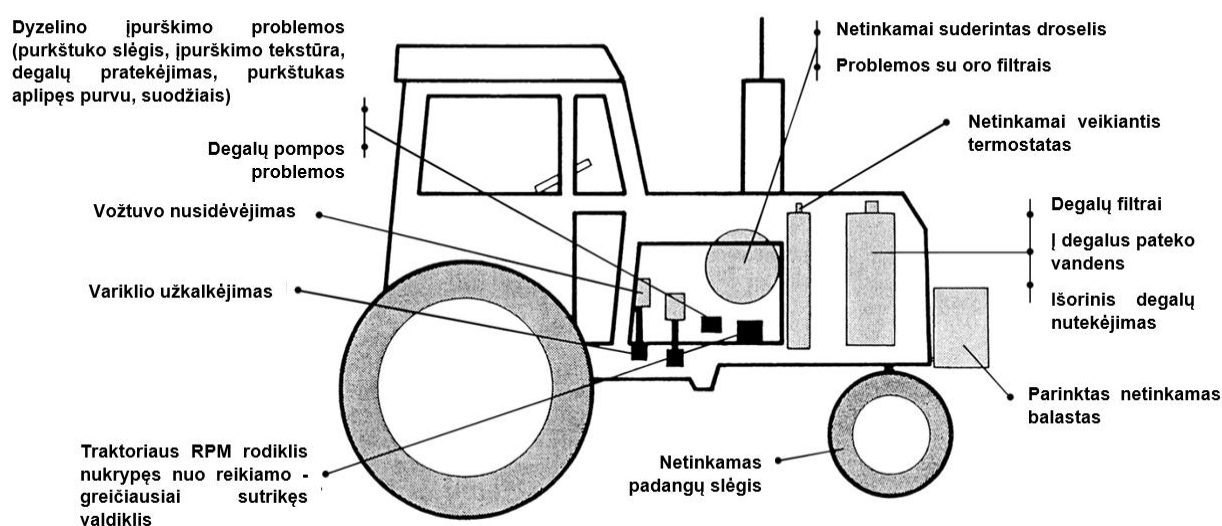
$$\text{Bendras degalų sunaudojimas} = \text{Dirbtas laikas} \times \text{Galia (AG)} \times \text{Sunaudojimo koeficientas}; \quad (2)$$

AG – arklio galios;

Sunaudojimo koeficientas – JAV Nebraskos Universiteto išvesta konstanta lygi 0,204 l/AG h (0,204 litro degalų sunaudojama 1 arklio galios darbui atlikti per 1 valandą), jei naudojamas dyzelinas [14].

Pavyzdžiui, dirbama maždaug 700 h, maksimali traktoriaus galia 66 AG, tai bendras dyzelino sunaudojimas būtų 9424 litrai degalų. Žinoma, čia yra tik teorinis įvertinimas, tačiau padedantis orientuotis, kiek galima sunaudoti dyzelino.

Visų pirma reikia įsitikinti, kad traktorius yra techniškai tvarkingas ir visos dalys veikia suderintai. Nemaža dalis degalų gali būti tiesiog eikvojama tuščiai dėl netinkamos agregato veiklos ir techninės būklės (pvz., sugedęs termostatas netinkamai reaguoja į variklio temperatūros pokyčius). Pagrindinės priežastys, kodėl gali padidėti degalų sąnaudos, nurodytos 4 pav.



**4 pav.** Faktoriai, mažinantys degalų panaudojimo efektyvumą traktoriuje su dyzeliniu vidaus degimo varikliu [15]. (RPM – veleno apsisukimų skaičius per minutę [16])

Periodiniai tam tikrų traktoriaus dalių patikrinimai gali sumažinti papildomą degalų naudojimą. Pavyzdžiui, laiku keičiami oro, degalų filtrai bei alyvos užtikrina efektyvų variklio darbą. Reikėtų laikytis gamintojo nurodytų patarimų. Taip pat netinkamai veikiantis termostatas didina energijos

nuostolius. Dauguma variklių dirba optimaliai, kai vandens temperatūra yra 70-80 °C. Degalų sąnaudos padidėja apie 25 %, kai variklis dirba maždaug 30 °C temperatūroje vietoje 80 °C [17].

Padidinti traukiamosios jėgos efektyvumą galima tinkamai parinkus traktoriaus balastą. Traukos našumas vertinamas matuojant, kaip efektyviai laisvoji energija perduodama dirbamam paviršiui. Tai tiesiogiai priklauso nuo svorio pasiskirstymo traktoriuje ir padangų praslydimo. Maksimalus traukos efektyvumas dažniausiai pasiekiamas, kai padangų praslydimas važiuojant siekia 8-15 %. Tam reikia tinkamai paskirstyti svorius, kad kiekvienam ratui tektų maždaug vienodos apkrovos. Šiuolaikiniuose traktoriuose dažnai yra įdiegiama realaus laiko slydimų fiksavimo sistema. Taip įvertinamas kiekvieno proceso metu vykstantis slydimas, kuris paskui eliminuojamas [18].

Problemos gali kilti tiek su per mažu, tiek su per dideliu balastu [18]. Dažni ir stiprūs padangų praslydimai gali pagreitinti padangų nusidėvėjimą, sumažinti degalų naudojimo efektyvumą. Šie požymiai rodo, jog parinktas netinkamas balastas (per lengvas) arba padangos yra netinkamos specifiniam traktoriui. Taip padidinamas mechaninis variklio nusidėvėjimas dėl per didelio apskukų skaičiaus. Žinoma, gali būti stebimi ir priešingi rezultatai. Padangos retai praslysta, vadinasi, parinktas per didelis balastas ir dėl to padidėja degalų sąnaudos bei ašims užkraunama papildoma apkrova. Idealiu atveju balasto svoris turėtų būti keičiamas atsižvelgiant į operacijas ir darbo pobūdį, kurį turės atlikti [19].

Tinkamai subalansuotas traktoriaus padangų slėgis yra itin svarbus, jei siekiama sumažinti degalų sąnaudas [20]. Degalų kiekio sumažinimas nuo 5 iki 15 procentų gali būti pasiektas slėgi padangose pritaikius atsižvelgiant į atliekamą operaciją. Galima išskirti dvi pagrindines traktorių padangų slėgio parinkimo taisykles:

- mažesnis padangų slėgis dirbant laukuose - tokia kombinacija padeda sumažinti traukiamosios jėgos poreikį, provėžų gylį bei dirvos suspaudimą;
- padidintas slėgis važiuojant keliu - taip sumažinama riedėjimo trintis.

Taigi tinkamai parinkus slėgį padangose galima sumažinti degalų sąnaudas iki 17 % [20].

Mažinti degalų sąnaudas galima ir įsidiegus „AdBlue“ sistemą. Traktoriams, automobiliams su dyzeliniais varikliais galima naudoti šią sistemą kenksmingų medžiagų patekimo į aplinką kontrolei bei degalų sąnaudų mažinimui. „AdBlue“ – tai grynas karbamido (anglies rūgšties diamido) tirpalas. Karbamido koncentracija tirpale siekia 32 %. Šiam tirpalui reikalingas atskiras bakas. „AdBlue“ sistema montuojama į traktorius (ar kitas dyzelines transporto priemones), turinčias ir selektyviosios katalizinės redukcijos sistemą (SCR) [21]. Naudojant šias sistemas kenksmingi azoto oksidai pakeičiami azoto ir vandens garų mišiniu, kuris aplinkai yra nekenksmingas. Be to, „AdBlue“ sistema leidžia degalų sąnaudas sumažinti 5 % [22].



#### 1.4. Žemės dirbimas

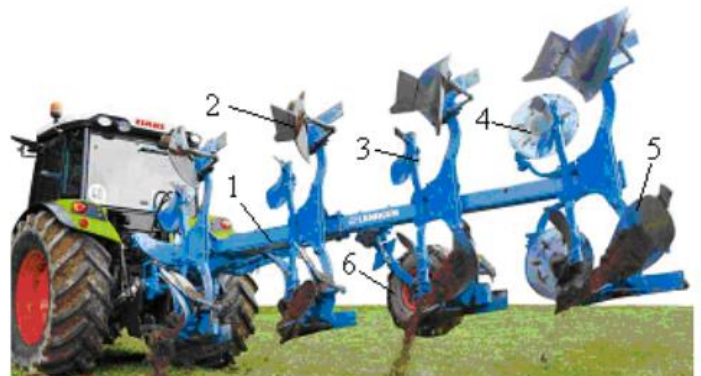
Mažesniai degalų suvartojimui įtakos turi darbų planavimas bei kokia įranga bus naudojama. Kai traktorių pajėgumas išnaudojamas nepakankamai, pavyzdžiui, netinkamai sudaromi agregatai, trūksta mašinų, darbų sparta gali sumažėti 30-35 %. Dėl to sunaudojama daugiau degalų, padidėja išlaidos. Dirvos dirbimui reikalingos didžiausios darbo ir energijos sąnaudos – šiam darbui tenka 30–40 % visų žemės ūkyje suvartojamų degalų [4]. Žemės dirbimas apibrėžiamas kaip „žemės ūkio mašinų ir padargų darbinių dalių mechaninis poveikis dirvai, norint pakeisti jos fizikines savybes ir biologinę aplinką taip, kad vegetacijos veiksniai geriau atitiktų žemės ūkio augalų augimo ir vystymosi reikmes“ [23].

Dabar taikomos tokios žemės apdirbimo technologijos: ariminė (laukas ariamas verstuviniais plūgais, o paskui dirva purenama seklaus purenimo metodais); minimalaus (neariminė) žemės dirbimo (neariama dirva, plūgas keičiamas sudėtiniais agregatais ir padargais); tiesioginės sėjos (sėjama į neįdirbtą dirbtą ar ražienas specialiomis sėjamosiomis). Pagrindinė lauko apdirbimo dalis – arimas. Ariant dirvą pakeičiama viso „armens sluoksnio sandara“ [23]. Nuo arimo kokybės netiesiogiai priklauso derliaus kokybė. Dėl prastai suartos dirvos gaištamas laikas ir paruošimas sėjai yra brangesnis [23]. Įtakos sunaudojamų degalų kiekiui turi keli pagrindiniai veiksniai: arimo būdo pasirinkimas, agregato pasirinkimas, greitis, dirvos būklė.

Žemei arti paprastai naudojami verstuviniai plūgai. Jie gali būti:

- vienpusiai – labiausiai paplitę bendrosios paskirties verstuviniai plūgai. Jais dirva apverčiama tik į vieną pusę, todėl gan paprasta konstrukcija, nedidelis svoris, nesudėtingas reguliavimas. Tokio tipo plūgais ariama „sumestine ir išmestine, suartame lauke lieka išmestinių vagos“ [23] – tai trukdo kitiems darbams. Šlaituose šie plūgai ne itin tinkami, todėl tokiose vietose dažniau naudojami lygiojo arimo plūgai [23].

- Abipusio vertimo – skirti lygiajam arimui. Išskiriamos kelios grupės – pasukamieji plūgai, paverčiamieji, apverčiamieji ir skersai išdėstyti plūgai. 5 pav. parodytos pagrindinės apverčiamąjo lygiojo arimo plūgo dalys. Tokių plūgų privalumai: laukas suariamas vienodu gyliu, sumažinama dirvožemio erozija, arimo našumas gali padidėti 10 – 20 procentų. Tačiau tokių plūgų konstrukcija yra sudėtingesnė, jie yra sunkesni ir reikia galingesnių traktorių [23].



**5 pav.** Pakabinamojo bendrosios paskirties apverčiamąjo plūgo dalys: 1 – rėmas; 2 ir 5 – korpusai; 3 – priešplūgis; 4 – diskinis peilis; 6 – atraminis ratas [23].



Taip pat gali būti naudojami pastovaus arba keičiamo darbinio pločio plūgai. Taikant pastaruosius plūgus padidinamas agregato naudojimo efektyvumas, optimaliai panaudojama traktoriaus traukos jėga, funkcijos pritaikomos prie dirvožemio savybių [23].

Galima išskirti šias darbines plūgo dalis [23]:

- noragas – velėna pjaunama iš apačios;
- verstuvė – verčia dirvos riekę. Taip pat plūgai dažniausiai ir skiriasi verstuvės forma. Dėl verstuvės formos priklauso: dirvos trupinimo ir apvertimo kokybė, riekės forma ir transportavimas, optimalus arimo greitis;

- peilis – dirvos riekė pjaunama vertikaloje plokštumoje;
- pavaža – remiasi į vagos sienelę ir, dėl dirvos riekės spaudimo jėgos, suteikia stabilumą plūgo judėjimui. Taip pat apsaugo balną ir apatinę stovo dalį nuo dilimo.

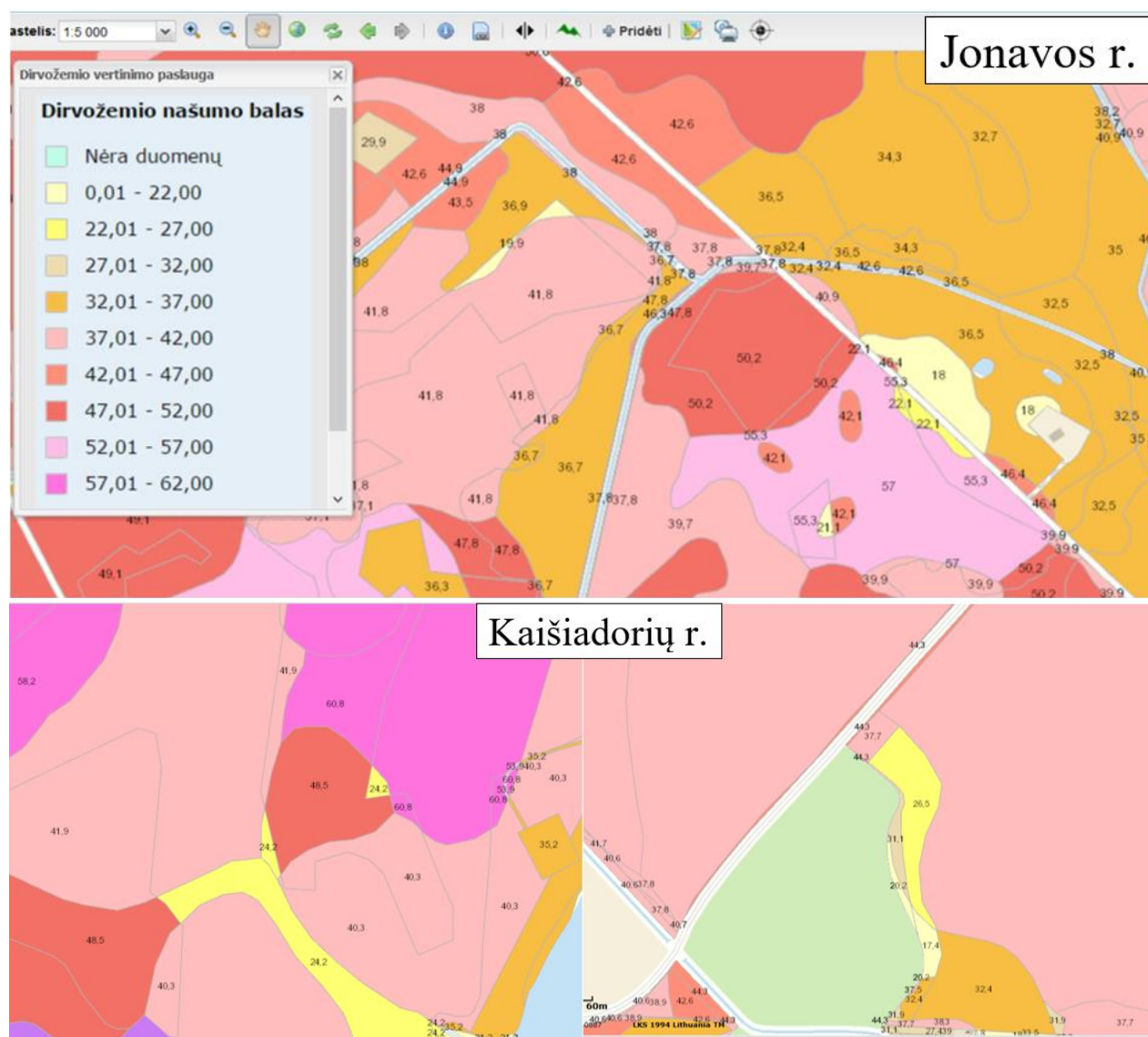
Didelę įtaką degalų sąnaudoms turi arimo stiliaus pasirinkimas. Dažniausiai išskiriami šie arimo būdai: lysvinis, varsninis, figūrinis, lygusis [23].

Plačiausiai naudojamas lygusis arimas. Tokio tipo arimui naudojami paverčiamieji arba apverčiamieji plūgai (vieni korpusai kairiojo vertimo, kiti – dešiniojo). Arimo principas: dirvos riekės verčiamos į vieną pusę nuo vieno lauko krašto iki kito. Lauko gale iškeliamas plūgas, priešingo vertimo korpusai paverčiami į darbo padėtį ir „apsisukus važiuojama greta arimo“ [23]. Išarus paruošiamąją vagą, plūgas nustatomas visam arimo gyliui. Važiuojama pakraščiu taip, kad paruošiamoji vaga būtų užversta – lauko kraštas būna gerai išartas ir lygus. Apverčiamojai plūgo ir lygiojo arimo kombinacija supaprastina sudėtingos konfigūracijos laukų arimą, padidina darbo našumą, sumažina papildomo darbo ir energetines sąnaudas bei užtikrinama geresnė arimo kokybė. Vis dėl to, apverčiamieji plūgai yra brangesni ir reikalauja galingesnės technikos [23].

Be abejo, arimo kokybė bei degalų sąnaudos tiesiogiai susijusios su arimo greičiu. Dažniausiai arimo greitis pasirenkamas 6–10 km/h. Jeigu ariama didesniu greičiu, tai dirvos velėna gali būti nusviedžiama per toli, netvarkingai suklojama [23]. Kituose tyrimuose nurodoma, jog bandymai atlikti ariant 6–8 km/h greičiu, naudojant vidutinės galios traktorius [7]. Taip pat per didelis greitis dėl dirvos nelygumų gali sukelti neigiamą poveikį žmogui traktoriaus viduje [24].

Derliaus kiekiui ir kokybei įtakos turi armens gylis. Šis kultūrinės dirvos sluoksnis pasižymi didesniu poringumu, pralaidumu vandeniui. Dėl to armenyje daugiau mikroorganizmų, reikalingų humusui susidaryti, augalų šaknys gali lengviau vystytis. Pavyzdžiui, 0-13 cm gylio armenyje 1 g dirvožemio gali būti apie 38 000 000 mikroorganizmų. 13-26 cm gylyje jų kiekis siekia 25 000 000. Tačiau gilesniame sluoksnyje, 26-60 cm gylyje, mikroorganizmų kiekis sumažėja nuo 2 000 000 iki 500 000. Taigi, kai armens gylis yra didesnis, pvz., 25 cm, tai jame yra daugiau mikroorganizmų, dirva yra palankesnė augalų šaknims įsitvirtinti [23].

Degalų sąnaudoms įtaką daro ir dirvos būklė (tipas, granulimetrinė sudėtis, drėgnumas). Smėlėtos dirvos praktiškai įtakos jokios neturi [23]. Tačiau kitokia situacija būna dirbant šlapiose, per sausose, sunkios granulimetrinės sudėties dirvose. Dėl to eikvojama energija, padidėja dyzelino sąnaudos [23]. Lietuvoje yra sukurta dirvožemių fizikinių, agrocheminių sąvybių bazė, kurioje saugoma informacija apie dirvos tipus, jų būklę, našumą. Atlikus Lietuvos žemių morfologinius tyrimus išskirta 21 pagrindinės dirvos grupė, klasifikuojama pagal Pasaulio dirvožemio žemėlapiu (FAO) numatytus standartus. Remiantis šiais duomenimis buvo įvertintas ir dirvos našumas, sudarytas žemėlapis (6 pav.) [25, 26]. Bazinis žemės našumo balas – tai bendras atitinkamo dirvos ploto įvertis, kurį sudaro apibendrinti duomenys apie dirvožemio granulimetrinę sudėtį, drėgnumą,



6 pav. Lietuvos teritorijos dirvožemio vertinimas – našumo balas [26]

tipą, derlingumą. Įverčiai Lietuvos teritorijoje svyruoja nuo 13 iki 64 balų. Kuo aukštesnis našumo balas, tuo žemė yra palankesnė augalininkystei. Nustatyta, jog didžiausias bazinio našumo koeficiento vertes galima priskirti trašąžemiams (60-64), karbonatingiems išplautžemiams bei

rudžemiams (55-60). Lietuvoje vidutinė bazinio našumo balo vertė yra 39-41. Apibendrinant šiuos duomenis galima išskirti 5 dirvožemio grupes [25]:

- I grupė – vertingi ūkinės paskirties dirvožemiai, našumo balas 47,1-52. Šiaip grupei priklauso glėjiški rudžemiai ir glėjiški karbonatingieji išplautžemiai, drenuoti smėlingi ir dulkiški priemoliai bei moliai. Tokio tipo dirvose galima auginti reiklius augalus, pvz., vasarinius ir žieminius kviečius, rapsus, daržoves, kukurūzus. Tinkamai įdirbus žemę ir pasitelkus reikiamą įrangą galima tikėtis didelio derliaus.

- II grupė – pakankamai geros ūkinės vertės dirva. Našumo balas 42,1-47. Būdingi dirvos tipai: drenuoti rudžemiai bei karbonatingieji išplautžemiai, kuriuose gali pasitaikyti molių, smėlingų priemolių. Galima auginti reiklius augalus, panašiai kaip ir I grupės dirvožemių atveju.

- III grupė – dirvožemiai vidutinės vertės, 37-42 bazinis našumo balas. Būdingi glėjiškieji karbonatingieji išplautžemiai, lengvi priemoliai, vietomis pasitaiko ir durpžemių. Tokio tipo dirvose naudinga auginti vasarinius kviečius, pupinius augalus, kvietrugius, kurti ganyklas. Dirvos paruošimui ir didesniai derliui išgauti reikės skirti daugiau lėšų, kadangi nėra tokie našūs dirvožemiai kaip I ar II grupės.

- IV grupė – mažai vertingos ūkinės vertės dirvos. Vyrauja Rytų ir Vakarų Lietuvoje. Našumo balas 32,1-37,1. Teritorijose, kurios įvertinto mažiau nei 35 balai, vyrauja smėlžemiai, balkšvažemiai. Ten, kur našumo balas viršija 35, dirvos panašios į III grupės žemes, todėl galima auginti ir tokias pačias augalų kultūras. Tačiau reikės daugiau priežiūros.

- V grupė – prastos vertės dirva. Našumo balas siekia 27,1-32. Vyrauja Pietryčių Lietuvoje. Tokio tipo dirvoms būdingas kalvotas reljefas, balkšvažemių, paprastųjų išplautžemių, smėlžemio tipo dirvožemis. Tinkamiausi augalai – lubinai, avižos, grikliai, rugiai, bulvės [25].

## 2. EKSPERIMENTO METODIKA

Eksperimento metu buvo vertinamos degalų sąnaudos ariant. Pasirinktas lygusis arimo būdas. Pagrindiniai parametrai, kurie buvo keičiami, arimo greitis ir arimo gylis (žr. 1.4 sk.). Tyrimo metu nebuvo atsižvelgta į oro sąlygas, dirvos drėgnumą ir kietumą, tačiau pasinaudota viešai skelbiamais statistiniais duomenimis apie Lietuvos dirvos būklę [26] bei meteorologines sąlygas [27].

**Įranga.** Eksperimentui atlikti buvo naudojami „Deutz DX-90“, „CaseIH Puma 130“ bendrosios paskirties traktoriai (7, 8 pav.). „CaseIH Puma 130“ traktorius turi „AdBlue“ sistemą bei automatinę pavarų dėžę. Šių traktorių pagrindinės specifikacijos pateiktos 1-oje lentelėje.

Arimui su „Deutz DX-90“ traktoriumi buvo naudojamas „Ovlac“ vartomas, trijų korpusų, reguliuojamo užgriebio (35-50 cm) plūgas (7 pav.). Arimo metu buvo nustatytas maksimalus 50 cm užgriebio plotis. Darbui su „CaseIH Puma 130“ traktoriumi buvo naudojamas tos pačios firmos plūgas tik keturių korpusų.



7 pav. Bendrosios paskirties traktorius „Deutz DX-90“ ir vartomas plūgas „Ovlac“

1 lentelė

Traktorių „Deutz DX-90“ ir „CaseIH Puma 130“ pagrindiniai parametrai [28, 29]

Modelis	Deutz DX-90	Case Puma 130
Variklio tipas	5 cilindrų	6 cilindrų
Degalų tipas	Dyzelinas	Dyzelinas
Galia (AG/kW)	90/67	175/130
Degalų bako talpa (l)	120	230
Variklio sūkių skaičius (maksimalus/darbinis, min <sup>-1</sup> )	2300/2000	2200/1900
Vėsinimo sistemos tipas	Oras	Oras
Priekinių padangų diametras (in)	16,9x24	14,9x28

(Lentelės tęsinys kitame puslapyje)



Priekinių padangų slėgis (atm)	1	1
Galinių padangų diametras (in)	16,9x38	18,4x38
Galinių padangų slėgis (atm)	1,8	1,5
Darbinis tūris, l	4,7	4,5
Deгалų sąnaudos, esant maksimaliam variklio sūkių skaičiui (l/h)	-	27,3



**8 pav.** Bendrosios paskirties traktorius „CaseIH Puma 130“ ir vartomas plūgas

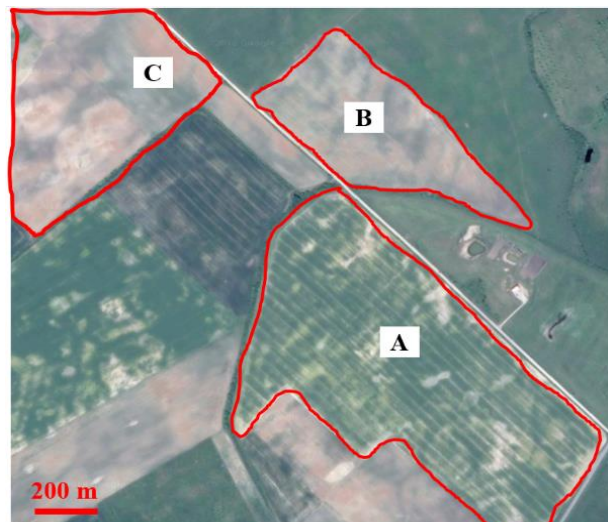
**Vietovė.** Bandymams atlikti su traktoriumi „Deutz DX-90“ pasirinkti du laukai Kaišiadorių r. Pirmajame sklype dirva priemolio tipo, antrajame – vyrauja juodžemio tipo dirvožemis. Žemės informacinės sistemos (ŽIS) duomenimis abiejų sklypų dirvožemio našumo balas ir dirvos tipas priklauso tai pačiai grupei. Našumo balas yra tarp 37,1-42, o dirvos granulimetrinė sudėtis – smėlingas lengvas priemolis. Dirvožemio tipas – paprastieji karbonatingieji išplautžemiai [26].

Su traktoriumi „CaseIH Puma 130“ bandymai buvo atliekami Jonavos r. (10 pav.). Išskirti 3 dirvos tipai: A - rudžemis (lengva žemė), B – molis (sunki žemė), C – priemolis. ŽIS duomenimis našumo balas didžiausias A vietovėje – 57, dirvos tipas sekliai karbonatingasis ir glėjiškasis rudžemis. Dirvožemis purus A teritorijoje. B teritorijoje našumo balas siekia 36,5, o dirvožemio tipas – karbonatingieji sekliai glėjiški išplautžemiai. Tai reiškia, kad dirvą sudaro smulkios dalelės, kurios gali sulipti viena su kita ir dėl to žemės dirbimas pasidaro sudėtingesnis. C raide pažymėtoje vietoje našumo balas siekia 38-42 ir vyrauja paprastųjų karbonatingųjų išplautžemių dirvos tipas. Vyrauja lengvas priemolis su smėlio dalelėmis [26].

Darbe vartojami dirvožemio pavadinimai pasirinkti vizualiai įvertinus dirvos būklę, pvz., juodžemis – tamsi dirva, gan puri; molis – matosi, jog žemės dalelės sulipusios, sunkiai trupa, ir toliau naudojami dėl paprastesnio žymėjimo.



**9 pav.** Bandymams su traktoriaumi „Deutz DX-90“ pasirinkti sklypai: 1 – priemolis; 2 – juodžemis [30]

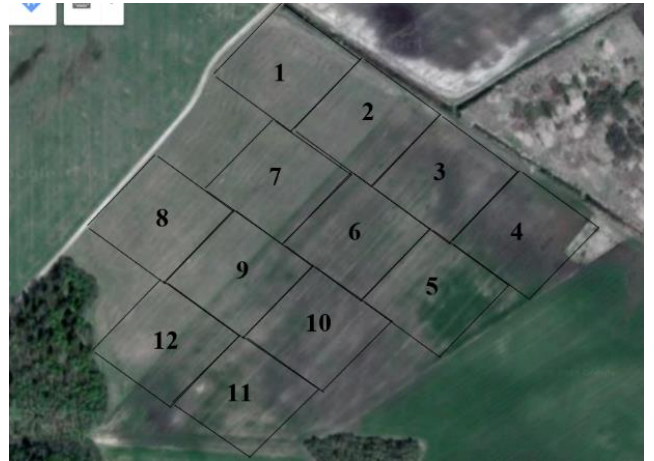


**10 pav.** Bandymams su traktoriaumi „CaseIH Puma 130“ pasirinkti sklypai: A – rudžemis; B – molis; C – priemolis [30]

**Oro sąlygos.** Bandymai su traktoriaumi „Deutz DX-90“ buvo atliekami 2018 m. balandžio 21-22 d. Oro temperatūra svyravo nuo 10 iki 15 °C. Su traktoriaumi „CaseIH Puma 130“ buvo ariama 2018 m. balandžio 23-24 d. Oro temperatūra kito nuo 15 iki 23 °C. Lietuvos hidrometeorologijos duomenimis visoje šalyje balandį dirva buvo drėgna 20 cm gylyje. Vidurio Lietuvoje trečiąjį balandžio dešimtadienį vidutiniškai iškrito 10 - 15 mm kritulių. Ryte dirvos paviršius buvo pašalęs [27].

### Eksperimento planas:

- Pasirinkti laukai buvo padalinti į atskiras sekcijas 100x100 m. Dalijimo kryptys pasirinktos tokios, kad arimo reljefas būtų panašus. To paties tipo dirvos lauko dalijimas į atskiras dalis pavaizduotas 11 pav. Vienas laukas padalijamas į 12 dalių. Pavyzdžiui, 1-4 sekcijos ariamos tuo pačiu greičiu, bet skirtingu gyliu.
- Atstumams pasižymėti naudota laisvai prieinama programėlė „AndMeasure (Area & Distance)“ [31]. Šia programėle virtualiame žemėlapyje buvo pažymėti pasirinktų matmenų (100x100 m) plotai. Pagal nustatytas ribas žemėlapyje buvo atliekami eksperimentai realiame lauke.
- Parametrai, kurie buvo keičiami: dirvos tipas, arimo greitis (didinant po 2 km/h), arimo gylis (15 cm, 20 cm, 25 cm, 30 cm).
- Degalų sąnaudos matuojamos 0,5 l talpos matavimo indu, sugraduotu po 50 ml (matavimo paklaida  $\pm 25$  ml, 12 pav.). Prieš pradėdant eksperimentą degalų bakas pripildomas. Suarus atitinkamą žemės plotą matavimo indu vėl pripilamas degalų bakas. Sunaudotas dyzelino kiekis (litrais) užfiksuojamas.



**11 pav.** Pasirinkto lauko dalijimas į atskiras sekcijas



**12 pav.** 500 ml talpos matavimo indas

## 3. REZULTATAI

## 3.1. Traktorius „Deutz DX-90“

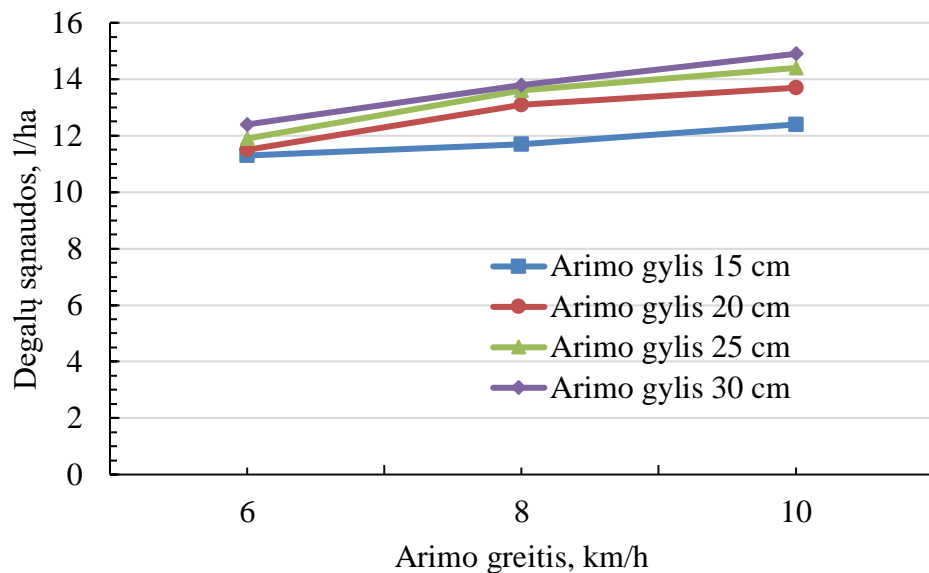
Eksperimentų metu išmatuotos traktoriaus „Deutz DX-90“ degalų sąnaudos. Rezultatai pateikti 2-oje lentelėje.

2 lentelė

Traktoriaus „Deutz DX-90“ degalų sąnaudų tyrimas

	Juodžemis			Molžemis		
	Arimo greitis, km/h			Arimo greitis, km/h		
	6	8	10	6	8	10
Dyzelino sąnaudos, l/ha (arimo gylis 15 cm)	11,3	11,7	12,4	11,5	11,9	12,6
Dyzelino sąnaudos, l/ha (arimo gylis 20 cm)	11,5	13,1	13,7	12,1	13,7	13,9
Dyzelino sąnaudos, l/ha (arimo gylis 25 cm)	11,9	13,6	14,4	12,5	13,9	15,1
Dyzelino sąnaudos, l/ha (arimo gylis 30 cm)	12,4	13,8	14,9	12,7	14,1	15,7

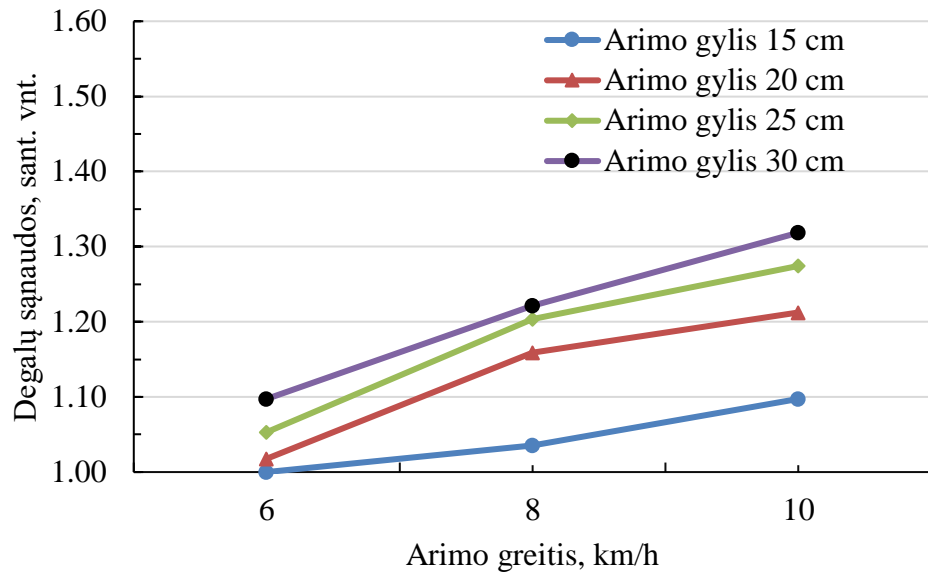
Taip pat buvo fiksuojamas laikas, kiek užtrunkama suarti 1 ha žemės. Žymūs skirtumai buvo pastebėti tik ariant skirtingu greičiu: 6 km/h greičiu 1 ha užtruko suarti 1 h 55 min, 8 km/h – 1 h 30 min, 10 km/h – 1 h 20 min.



**13 pav.** Traktoriaus „Deutz DX-90“ degalų sąnaudų priklausomybė juodžemio tipo dirvoje, keičiant arimo greitį

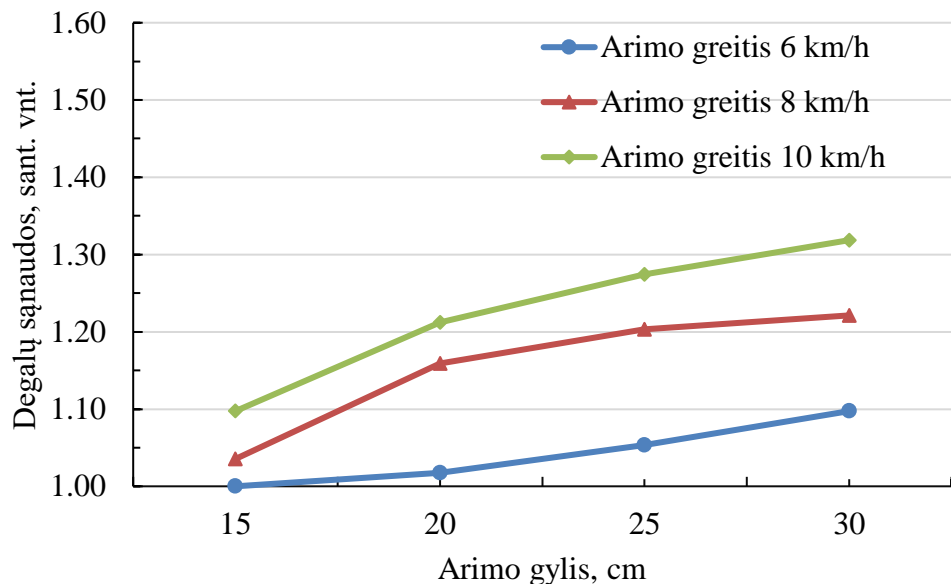
Nominalinių degalų sąnaudų priklausomybė nuo arimo greičio juodžemio tipo dirvoje pavaizduota 13 pav. O santykinės sąnaudų vertės, normuojant į mažiausią vertę, t.y. ariant 6 km/h greičiu ir 15 cm gyliu (11,3 l/ha), pateiktos 14 pav. Matome, kad dyzelino sąnaudos skiriasi ariant skirtingu gyliu ir greičiu. Kai ariama tuo pačiu gyliu, visais atvejais pastebima tiesinė priklausomybė. Degalų sąnaudos išauga ariant didesniu greičiu. Daugiausiai dyzelino sunaudojama, kai dirbama 10 km/h greičiu. Degalų pokytis, lyginat arimą 6 km/h ir 10 km/h greičiu, siekia nuo 10 %, kai arimo gylis yra 15 cm, ir iki 22 %, ariant 30 cm gyliu. Jeigu ariama 8 km/h greičiu, tuomet dyzelino sąnaudos išauga nuo 4 % (arimo gylis 15 cm) iki 15 % (25 cm arimo gylis), lyginant su arimu 6 km/h greičiu.





**14 pav.** Traktoriaus „Deutz DX-90“ normuotų degalų sąnaudų priklausomybė juodžemio tipo dirvoje, keičiant arimo greitį

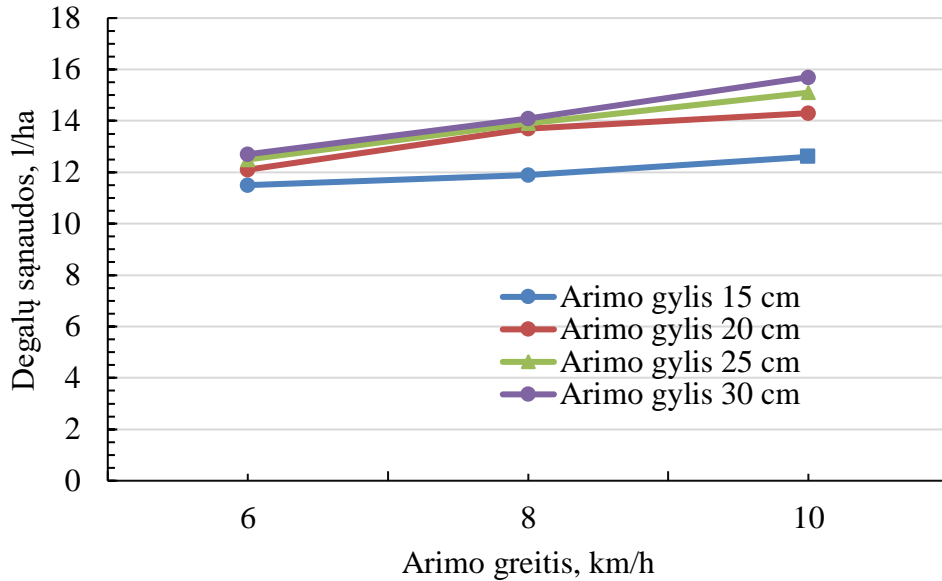
Tarp arimo 8 ir 10 km/h degalų sąnaudų skirtumai siekia 5-10 %. Pastebima tendencija, jog didžiausios degalų sąnaudos yra ariant 10 km/h greičiu, lyginant su 6 km/h arimu.



**15 pav.** Traktoriaus „Deutz DX-90“ normuotų degalų sąnaudų priklausomybė juodžemio tipo dirvoje, keičiant arimo gylį

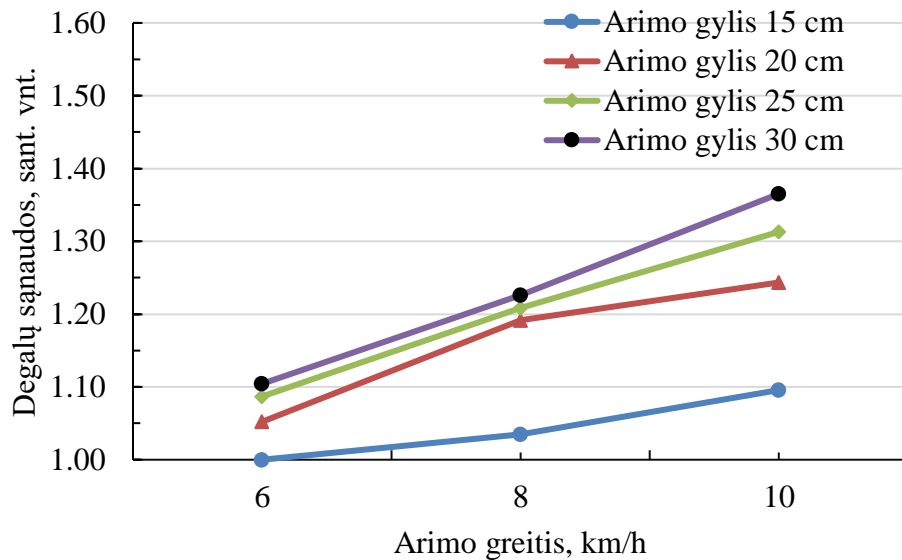
Kai ariama skirtingu gyliu, didžiausi pokyčiai pastebimi, ariant 15 cm ir 30 cm gyliu (15 pav.). Didžiausias degalų sąnaudų skirtumas, kai ariama 15 ir 30 cm gyliais, siekia 22 %, esant 10 km/h greičiui. Sunaudoto dyzelino kiekis lyginant arimą 25 ir 30 cm gyliu, yra 2-5 %. Toks pokytis nėra labai reikšmingas, tačiau jeigu ariama didelius plotus, pvz., 50 ha, tuomet pastebimas žymus degalų sutaupymas. Dyzelino sunaudojimo skirtumas ariant 20-25 cm bei 20-30 cm gyliais siekia atitinkamai 3-6 % ir 6-11 %. Matoma, jog didėjant arimo gyliui, degalų sąnaudos auga proporcingai. Tačiau 5

cm padidinus gylį dyzelino sąnaudos išauga ne tokiu žymiu skirtumu, kai ariama gilesniame sluoksnyje. Kaip jau ir anksčiau buvo minėta, jeigu ariama didesniu gyliu, dirvos kokybės atžvilgiu mažai išlošiama. Gilesniuose nei 25 cm sluoksniuose, mikroorganizmų, reikalingų derlingo humuso susidarymui, skaičius pasikeičia tik 8 %.



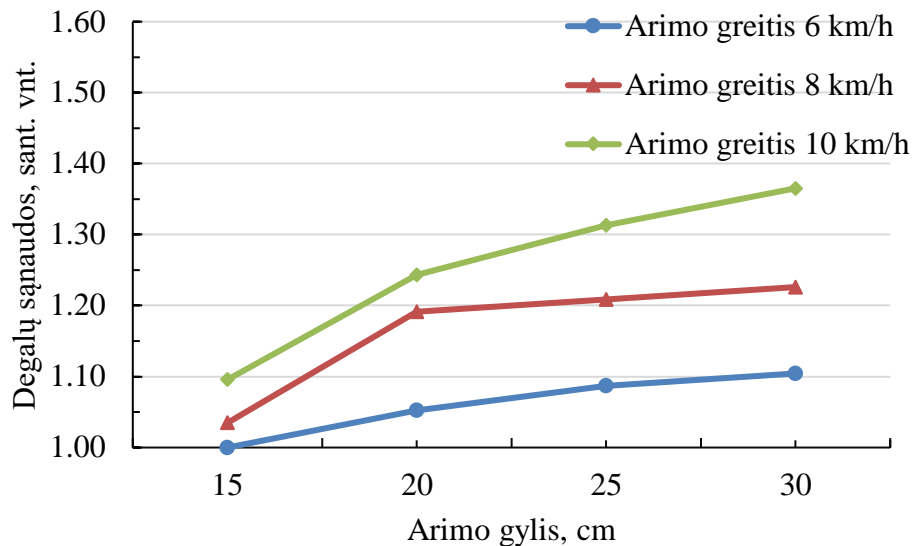
**16 pav.** Traktoriaus „Deutz DX-90“ degalų sąnaudų priklausomybė molžemio tipo dirvoje, keičiant arimo greitį

Ariant molžemio tipo dirvoje pastebėtos panašios tendencijos. Kuo didesnis arimo greitis ir gylis, tuo daugiau degalų yra sunaudojama arimo metu (16 pav.). Normuotų, pagal mažiausią sunaudotų degalų kiekį molžemio dirvoje (11,5 l/ha), verčių priklausomybė nuo arimo greičio parodyta 17 pav.



**17 pav.** Traktoriaus „Deutz DX-90“ normuotų degalų sąnaudų priklausomybė molžemio tipo dirvoje, keičiant arimo greitį

Mažiausiai dyzelino sunaudota ariant 6 km/h greičiu. Ir didžiausias sąnaudų skirtumas pastebimas tarp arimo 6 ir 10 km/h greičiais. Degalų sunaudota 10–27 % daugiau, kai ariama 10 km/h greičiu molžemio tipo dirvoje. Jeigu ariama 8 km/h greičiu ir gylis keičiamas nuo 20 iki 30 cm, dyzelino sąnaudos padidėja 12–14 %, lyginant su arimu 6 km/h toje pačioje dirvoje. Iš to matoma, jog degalų sąnaudos auga proporcingai. Taip pat dirbant 8 km/h greičiu didžiausias skirtumas yra tarp arimo 15 cm ir 20 cm gyliais, pokytis siekia 16 %. O toliau didinant arimo gylį, dyzelino sąnaudos pasikeičia tik 2 %. Jeigu ariama 15 cm gyliu degalų sąnaudos padidėja 3-10 %, keičiant arimo greitį.



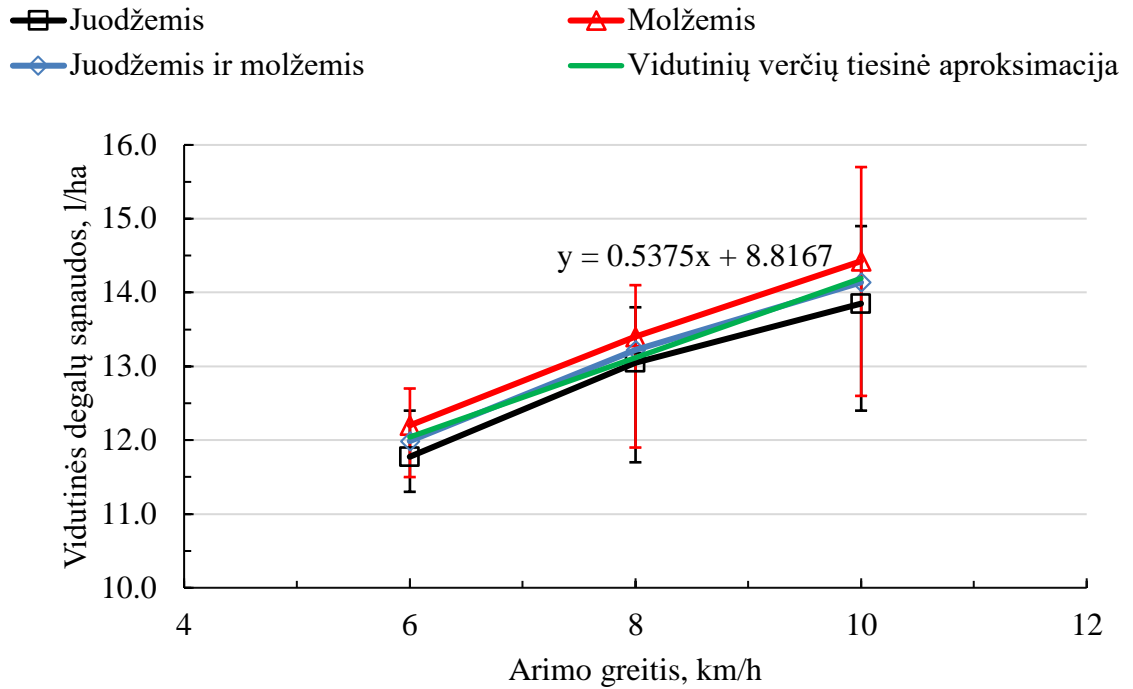
**18 pav.** Traktoriaus „Deutz DX-90“ normuotų degalų sąnaudų priklausomybė molžemio tipo dirvoje, keičiant arimo gylį

Mažiausiai degalų sunaudojama ariant 15 cm gyliu, o daugiausiai – 30 cm gyliu (18 pav.). Sunaudoto dyzelino kiekis skyrėsi 10-37 %. O jeigu ariama 25 cm gyliu, degalų sąnaudos išauga 9–31 %. Dyzelino sąnaudos ariant 20 ir 25 cm gyliais buvo panašios, skyrėsi 2-7 %. Jeigu ariama tuo pačiu greičiu, degalų sąnaudų pokytis, pereinant nuo arimo 15 cm gyliu prie 20 cm, siekia 5-16 %. Toliau gilinant arimo slenkstį degalų skirtumas yra mažesnis 1-6 %.

19 pav. pavaizduotos vidutinių degalų sąnaudų priklausomybė nuo arimo greičio juodžemio ir molžemio tipo dirvose, dirbant traktoriaus „Deutz DX-90“. Taip pat pažymėtos minimalios ir maksimalios dyzelino sąnaudos. Iš grafiko matome, jog vertės persidengia. Vadinasi, šiuo atveju dirvos tipas įtakos neturėjo. ŽIS duomenimis pasirinktose vietose našumo balo vertės yra panašios. Kadangi ir skirtumo tarp vidutinių degalų sąnaudų nėra, tai galima spręsti, jog dirvos granulimetrinė sudėtis, kietumas yra panašūs tirtuose juodžemio ir molžemio laukuose. Apskaičiavus vidutines degalų sąnaudų vertes neišskiriant dirvos tipo ir tiems duomenims atlikus tiesinę ekstrapoliaciją gauname lygtį, pagal kurią galima nuspėti dyzelino suvartojimą, jei keičiamas arimo greitis:

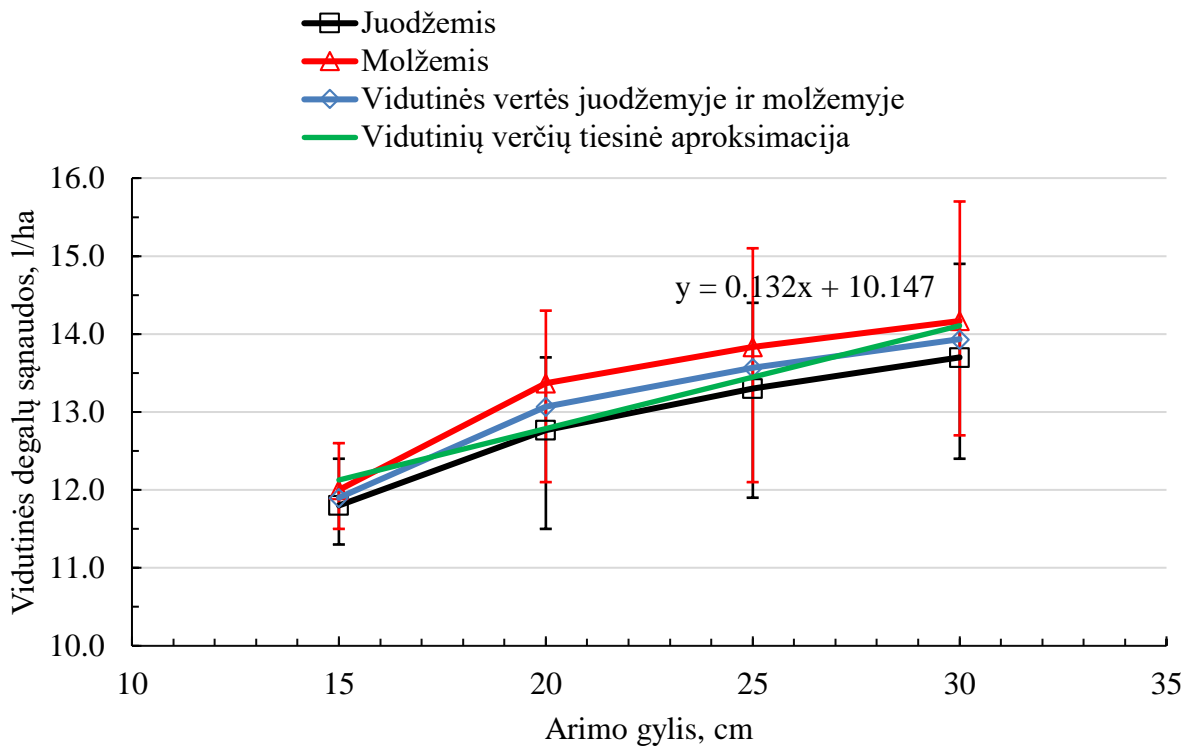
$$y = 0,5375x + 8,8167; \quad (3)$$

čia: y – degalų sąnaudos, l/ha; x – arimo greitis, km/h.



**19 pav.** Traktoriaus „Deutz DX-90“ vidutinės degalų sąnaudos molžemio ir juodžemio tipo dirvose, keičiant arimo greitį

Kadangi tyrimai atlikti su 67 kW galios traktoriais ir 3 korpusų plūgu, tai lygtis galiotų esant panašioms sąlygoms. Kad lygtį būtų galima pritaikyti didesniai greičių diapazonui, reikėtų atlikti daugiau tyrimų.



**20 pav.** Traktoriaus „Deutz DX-90“ vidutinės degalų sąnaudos molžemio ir juodžemio tipo dirvose, keičiant arimo gylį

Palyginus rezultatus molžemio ir juodžemio tipo dirvose pagal arimo gylį taip pat matome, jog reikšmingo skirtumo nėra, vertės persidengia (20 pav.). Tačiau tendencija išlieka tokia pati: didėjant arimo gyliui, degalų sąnaudos išauga. O pagal tiesinę priklausomybę aproksimuota kreivė (4 formulė) ne itin gerai aprašo eksperimentinius duomenis: pakeitus arimo gylį iš 15 į 20 cm matomas didesnės kreivės posvyris (degalų sąnaudos greičiau išauga).

$$y = 0,132x + 10,147; \quad (4)$$

čia:

y – degalų sąnaudos, l/ha;

x – arimo gylis, cm.

Atlikus eksperimentus su traktoriumi „Deutz DX-90“ pastebėta, kad mažiausiai degalų sunaudota ariant 6 km/h greičiu ir 15 cm gyliu, o daugiausiai – 10 km/h greičiu ir 30 cm gyliu. Dirvos tipas įtakos neturi, kadangi dirva turėtų būti panašios granulimetrinės sudėties, kietumo. Abiejų tipų dirvose pastebėtos tokios pačios tendencijos: ariant didesniu greičiu arba gilesniame sluoksnyje degalų sąnaudos išauga. Tačiau ariant 8 km/h greičiu nėra tokių ryškių degalų sąnaudų pokyčių, jei arimo gylis yra 20-30 cm. Empiriškai išvedus tiesinės priklausomybės lygtį matome, kad galima gan gerai įvertinti degalų sąnaudas, jei planuojama keisti arimo greitį. Lygtis, įvertinanti arimo gylio įtaką, nėra tokia tiksli.

### 3.2. Traktorius „CaseIH Puma 130“

Eksperimentų, atliktų su traktoriumi „CaseIH Puma 130“, rezultatai pateikti 3-ioje lentelėje.

3 lentelė

**Traktoriaus „CaseIH Puma 130“ degalų sąnaudų tyrimas**

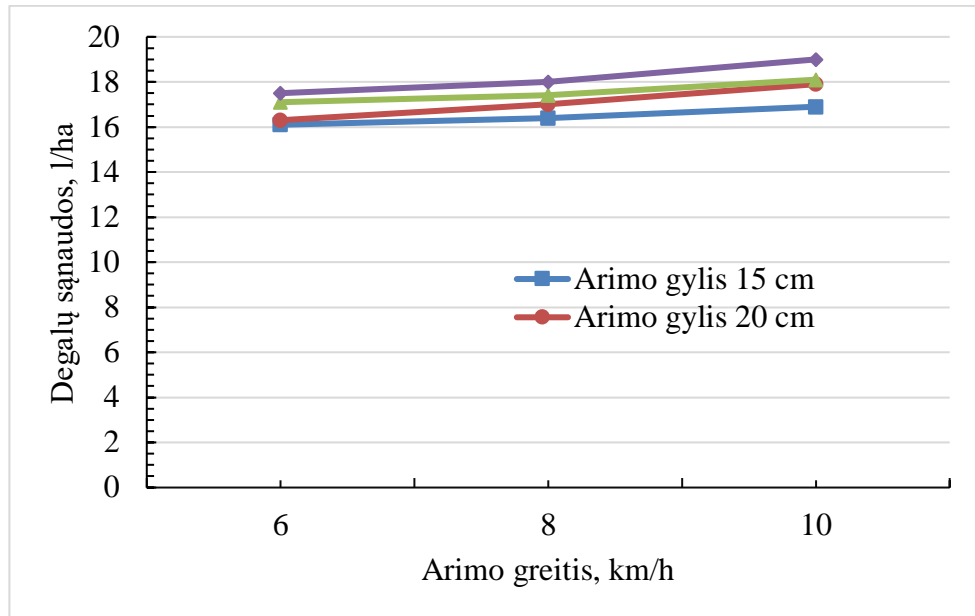
	Rudžemis			Priemolis			Molis		
	Arimo greitis, km/h			Arimo greitis, km/h			Arimo greitis, km/h		
	6	8	10	6	8	10	6	8	10
Dyzelino sąnaudos, l/ha (arimo gylis 15 cm)	16,1	16,4	16,9	18,9	19,4	20,1	23,6	24,1	24,9
Dyzelino sąnaudos, l/ha (arimo gylis 20 cm)	16,3	17	17,9	19,3	20	20,8	24,4	25	26
Dyzelino sąnaudos, l/ha (arimo gylis 25 cm)	17,1	17,4	18,1	19,9	20,6	21,3	25,2	25,8	26,6
Dyzelino sąnaudos, l/ha (arimo gylis 30 cm)	17,5	18	19	21,5	22,1	22,8	26,3	27	27,9

Ariant traktoriumi „CaseIH Puma 130“ pastebėtos panašios tendencijos, kaip ir dirbant su ankstesniame skyrelyje minėta įranga. Laiko sąnaudos skyrėsi keičiant arimo greitį. Ariant 6 km/h greičiu buvo sugaišta 1 h 40 min vienam hektarui paruošti, 8 km/h greičiu – 1 h 20 min, 10 km/h – 1 h 10 min.

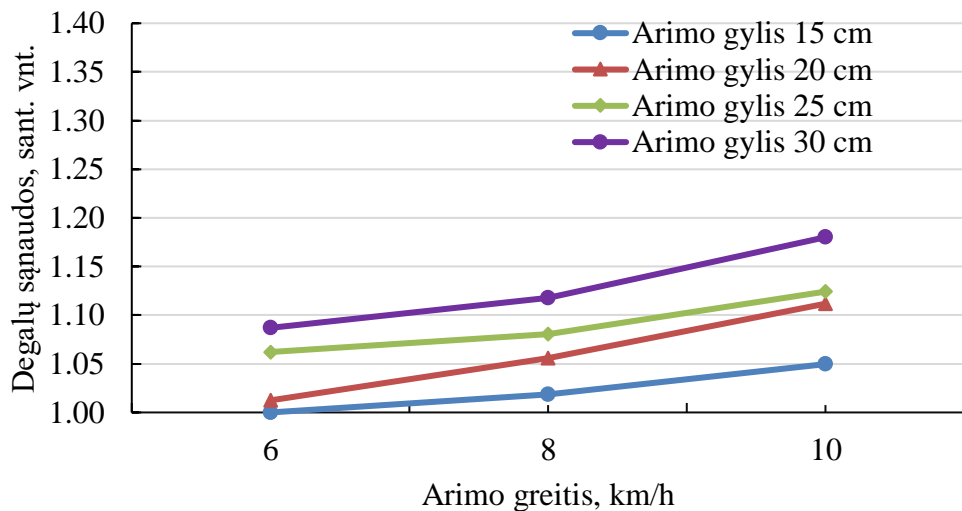
Kadangi traktorius „CaseIH Puma 130“ yra su „AdBlue“ sistema, taip pat buvo įvertintos šio

skysčio sąnaudos. Rudžemio ir priemolio dirvose (lengvesnės struktūros) karbamido tirpalo buvo sunaudota 0,022 l kiekvienam litrui dyzelino. O molio dirvoje (sunki žemė) vienam litrui degalų reikėjo 0,043 l tirpalo.

Traktoriaus „CaseIH Puma 130“ dyzelino sąnaudų priklausomybė nuo arimo greičio rudžemio tipo dirvoje pavaizduota 21 pav. Kaip ir traktoriaus „Deutz DX-90“ atveju, vertės buvo palygintos su mažiausiomis degalų sąnaudomis (22 pav.), t.y. ariant 6 km/h greičiu ir 15 cm gyliu pasirinkto tipo dirvoje (rudžemyje - 16,1 l/ha). Kito tipo dirvoje vertės normuojamos pagal mažiausias degalų sąnaudas tame dirvožemyje.



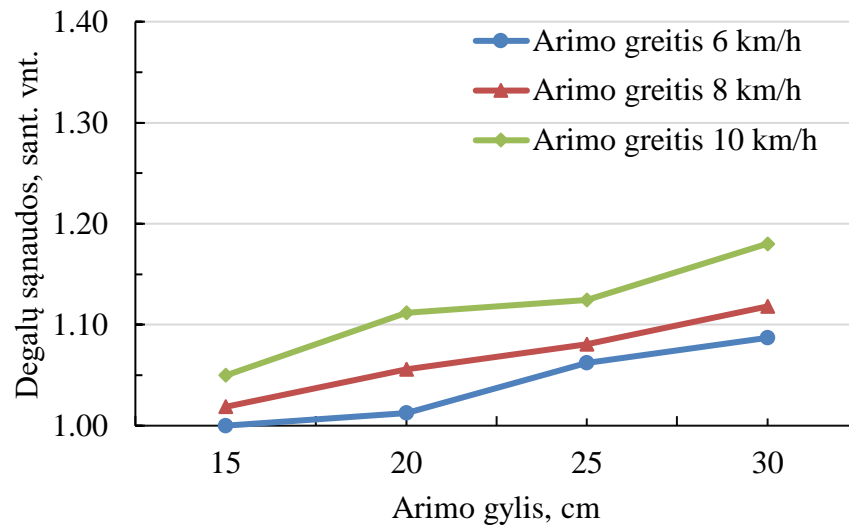
**21 pav.** Traktoriaus „CaseIH Puma 130“ degalų sąnaudų priklausomybė rudžemio tipo dirvoje, keičiant arimo greitį



**22 pav.** Traktoriaus „CaseIH Puma 130“ normuotų degalų sąnaudų priklausomybė rudžemio tipo dirvoje, keičiant arimo greitį

Iš 22 pav. matome, jog didėjant arimo greičiui sunaudojama daugiau dyzelino ir priklausomybė yra tiesinė. Pavyzdžiui, skirtumas tarp didžiausios ir mažiausios degalų sąnaudų vertės siekia 18 %. Pakeitus arimo greitį dyzelino sunaudojama 2-6 % daugiau. Matome, jog dyzelino sąnaudos didėja proporcingai.

23 pav. pavaizduota, kaip degalų sąnaudos priklauso nuo arimo gylio rudžemio tipo dirvoje. Kuo didesnis arimo gylis, tuo daugiau dyzelino buvo sunaudota. Mažiausiai dyzelino sunaudota ariant 15 cm gyliu, 6 km/h greičiu, o daugiausiai, kai arimo greitis pasirinktas 10 km/h ir ariant 30 cm gyliu.

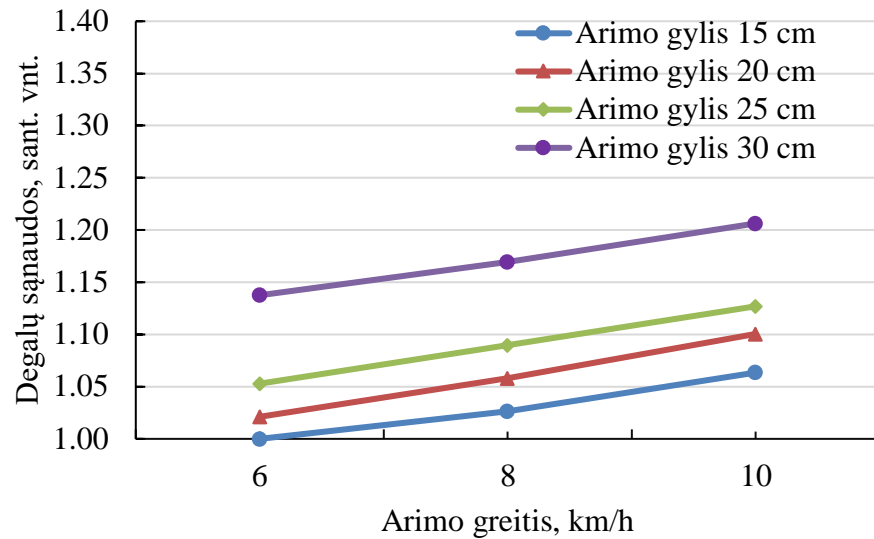


**23 pav.** Traktoriaus „CaseIH Puma 130“ normuotų degalų sąnaudų priklausomybė rudžemio tipo dirvoje, keičiant arimo gylį

Ariant 20 ir 25 cm gyliais degalų sąnaudos buvo panašios, skyrėsi 1-5 %. Vėlgi matoma ta pati tendencija, kad didinant arimo gylį ir dirbant 8 km/h greičiu degalų sąnaudos skiriasi nedaug – 2-4 %. Iš šio grafiko taip pat matyti, jog keičiant greitį nuo 6 km/h iki 8 km/h dyzelino sąnaudų pokytis yra mažesnis, nei pasirinkus 10 km/h arimą. Jeigu ariama 10 km/h greičiu ir 20-25 cm gyliu, tuomet sunaudotų degalų skirtumo praktiškai nėra. Arimo gylio 5 cm padidinimas įtako neturi.

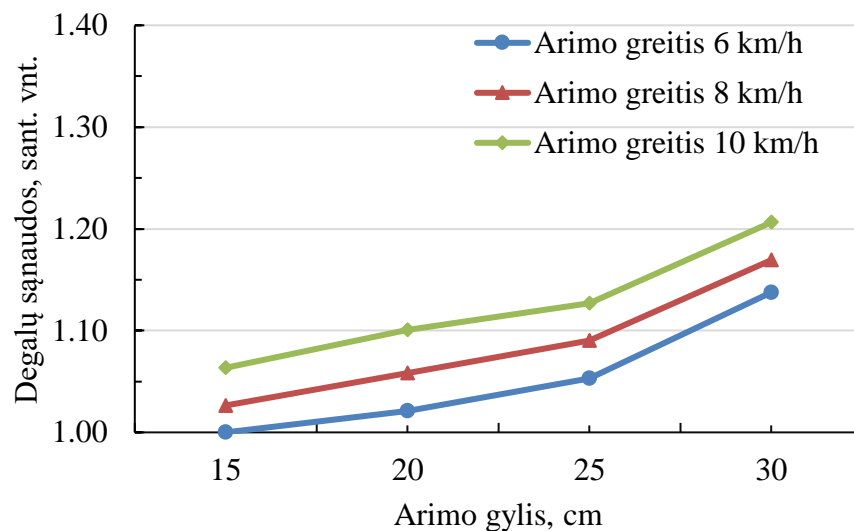
Analogiškos tendencijos pastebėtos ir priemolio dirvoje (24 pav.). Degalų suvartojimas išauga, jeigu didinamas arimo greitis ar gylis. Priemolio dirvožemyje matome, jog dyzelino sąnaudos labiausiai skiriasi ariant 15 cm ir 30 cm gyliais. Taip matomas didesnis atotrūkis tarp arimo 15-25 cm gyliais ir 30 cm.

Ariant tuo pačiu greičiu priemolio dirvoje, daugiau degalų suvartojama taikant gilesnio arimo būdą. O ariant 30 cm gyliu dyzelino sąnaudos yra didesnės nei plūgo arimo gylį nustačius ties 15 cm verte. Skirtumas siekia 14-21 % (25 pav.). Tačiau ariant 20 ir 25 cm gyliais žymūs degalų sunaudojimo pokyčiai nėra pastebimi (2-3 %). Matomas ryškus degalų sąnaudų šuolis, kai arimo gylis pakeičiamas nuo 25 cm iki 30 cm. Dyzelino sąnaudos padidėja iki 9 %. O jeigu ariama 25 cm gyliu vietoje 15 cm, tuomet degalų pokytis siekia 5-7 %.



**25 pav.** Traktoriaus „CaseIH Puma 130“ normuotų degalų sąnaudų priklausomybė priemolio tipo dirvoje, keičiant arimo greitį

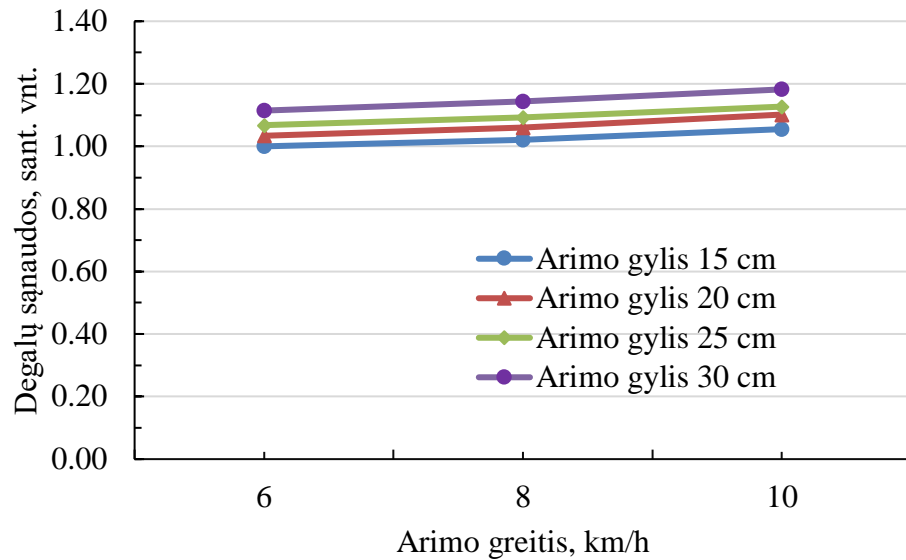
Degalų sąnaudų priklausomybė priemolio tipo dirvoje, keičiant arimo gylį pateikta 26 pav. Matome, jog ariant 15-25 cm gyliu degalų sąnaudos kinta tolygiai. Tačiau arimo gylį pakeitus iš 25 į 30 cm pastebimas didesnis pokytis. Tačiau bendra tendencija išlieka ta pati – ariant giliau, degalų sąnaudos didėja. Daugiausiai dyzelino sunaudojama ariant 30 cm gyliu, skirtumas siekia 21 %.



**26 pav.** Traktoriaus „CaseIH Puma 130“ normuotų degalų sąnaudų priklausomybė priemolio tipo dirvoje, keičiant arimo gylį

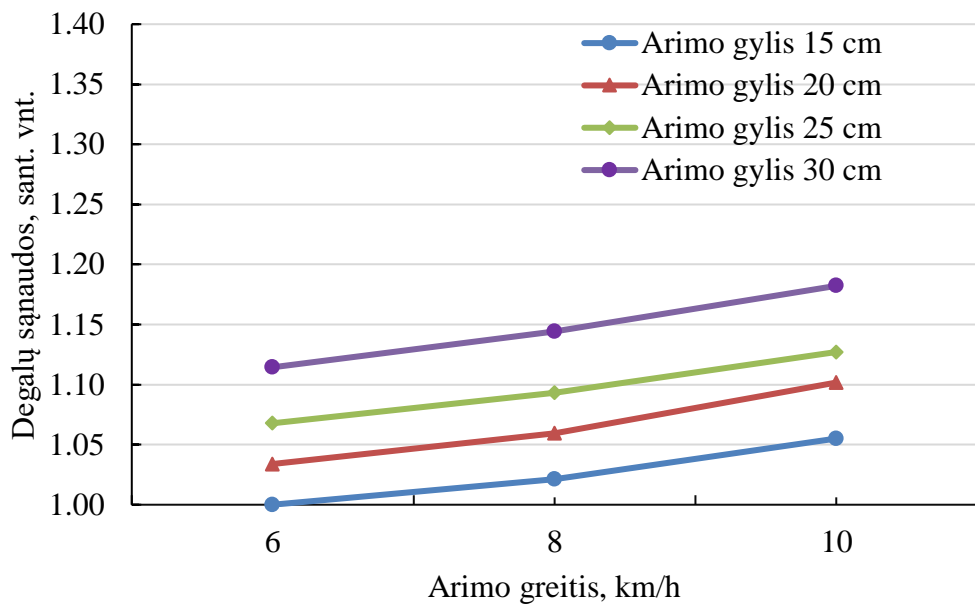
Molio tipo dirvoje matome, jog išlieka tiesinė degalų sąnaudų priklausomybė nuo arimo greičio (27 pav.). Tačiau pokyčiai ariant skirtingais gyliais nebėra tokie ryškūs.



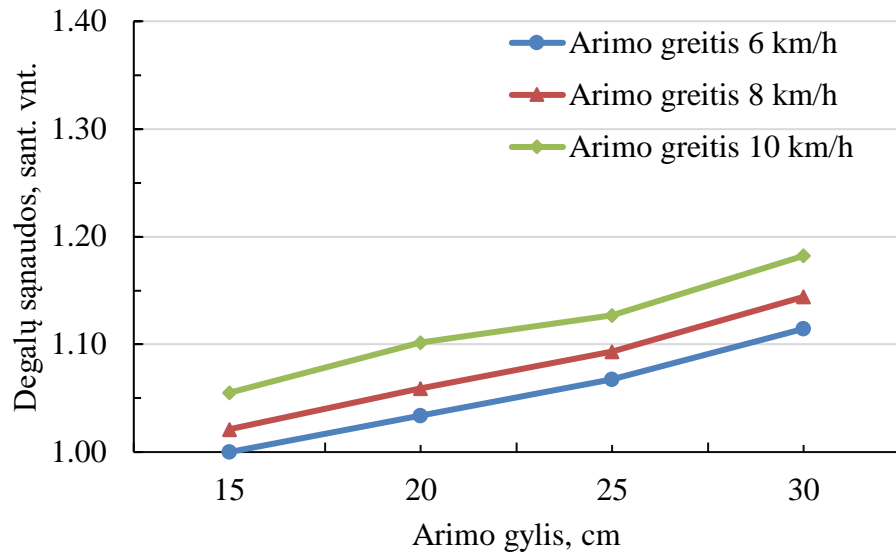


**27 pav.** Traktoriaus „CaseIH Puma 130“ degalų sąnaudų priklausomybė molio tipo dirvoje, keičiant arimo greitį

Palyginus degalų sąnaudų vertes su mažiausia toje pačioje dirvoje matome, jog didžiausias skirtumas yra tarp arimo 6 km/h ir 10 km/ greičiais (28 pav.). Pokytis siekia 6-18 % arba 1,3-1,6 l/ha.

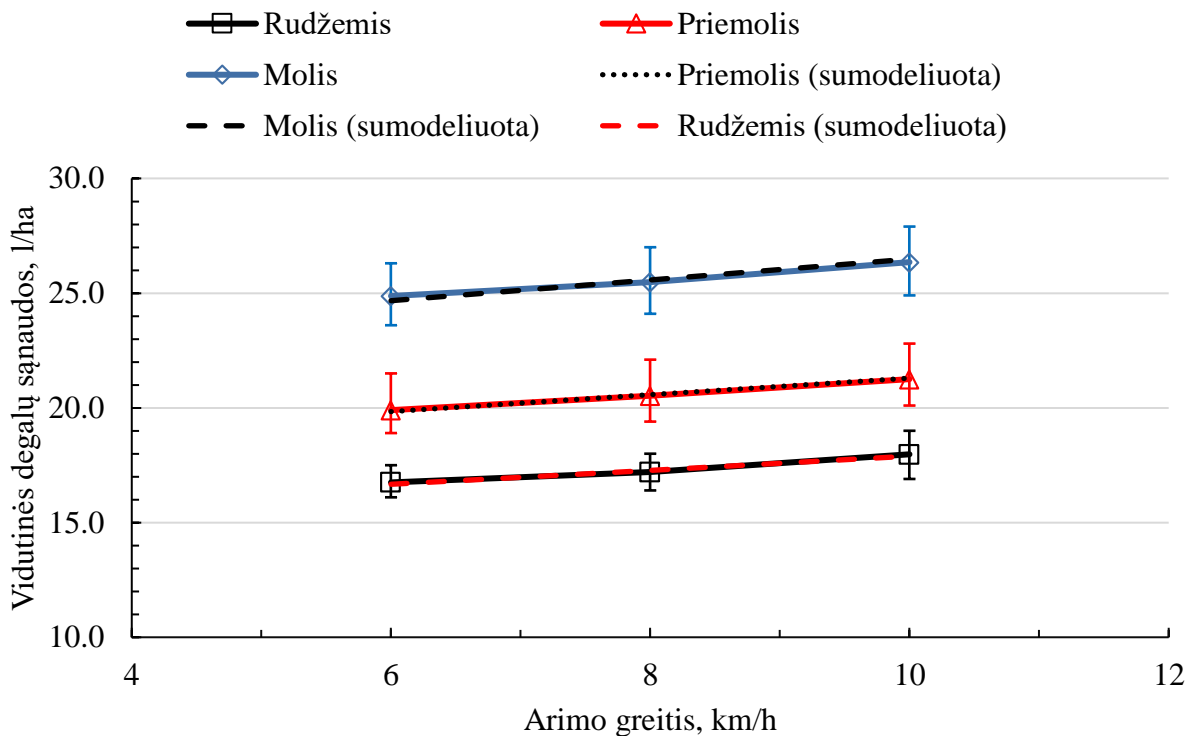


**28 pav.** Traktoriaus „CaseIH Puma 130“ normuotų degalų sąnaudų priklausomybė molio tipo dirvoje, keičiant arimo greitį



**29 pav.** Traktoriaus „CaseIH Puma 130“ normuotų degalų sąnaudų priklausomybė molio tipo dirvoje, keičiant arimo gylį

Degalų sąnaudos, keičiant arimo gylį, kinta tolygiai (29 pav.). Iš pastarojo grafiko taip pat matyti, jog didinant arimo greitį, sunaudojamo dyzelino kiekis auga proporcingais intervalais – 2-6 %. Taip pat molio dirvoje didesnės reikšmės turi arimo gylio pakeitimas. Ariant gilesniame sluoksnyje, sąnaudos didėja greičiau, nei anksčiau nagrinėtose dirvose.



**30 pav.** Traktoriaus „CaseIH Puma 130“ vidutinės degalų sąnaudos rudžemio, priemolio ir molio tipo dirvose, keičiant arimo greitį

Pastebėta, kad skirtingose dirvose, ariant traktoriumi „CaseIH Puma 130“ degalų sąnaudų pokyčiai buvo pakankamai panašūs. Vadinasi, dyzelino sąnaudos kito tolygiai, keičiant arimo greitį. Tai gali būti paaiškinama tuo, jog traktoriuje „CaseIH Puma 130“ yra įdiegta automatinė pavarų perjungimo bei „AdBlue“ sistemos, kurios leidžia efektyviai paskirstyti naudojamus degalus. 30 pav. pavaizduoti vidutiniai degalų sąnaudų pokyčiai, lyginant skirtingus arimo greičius, kiekvieno tipo dirvoje. Iš 30 pav. matome, jog dirva turi įtakos degalų sąnaudoms ariant. Kreivės viena su kita nepersidengia. Vadinasi, sąlygos pasirinktuose žemės plotuose buvo skirtingos. ŽIS duomenimis, našumo balas mažiausias buvo molio tipo dirvoje. Galima spręsti, jog toje vietoje gruntas buvo kietesnis, žemę sunkiau įdirbti. Rudžemio dirva buvo puresnė, todėl ir matome, jog degalų sąnaudos mažesnės. Taigi skirtingo tipo dirvoje degalų sąnaudos bus apibrėžtos ir dirvožemio specifikos.

Taip pat buvo atlikta tiesinė aproksimacija degalų sąnaudų nuo arimo greičio bei gylio priklausomybėms apibrėžti. Kadangi įtakos turi dirvos tipas, pagal tas lygtis galima įvertinti dyzelino sąnaudas pasirinktoje vietovėje. Skirtingo tipo dirvose degalų sąnaudų priklausomybės nuo arimo greičio gali būti aprašomos tiesine lygtimi, pritaikant koeficientus, kurie atitinka skirtingą dirvos tipą. Pagrindinė lygtis išvesta tiesiškai ekstrapoliuojant vidutines vertes rudžemio tipo dirvoje:

$$y = 0,3063x + 14,8303; \quad (5)$$

čia:

y – degalų sąnaudos, l/ha;

x – arimo greitis, km/h.

Norint įvertinti kaip degalų sąnaudos kinta nuo arimo greičio kito tipo dirvoje, reikia 5 lygtį padauginti iš atitinkamų koeficientų:

- priemolyje:

$$y = 1,19(0,3063x + 14,8303); \quad (6)$$

- molyje:

$$y = 1,48(0,3063x + 14,8303); \quad (7)$$

Koeficientas parodo, kiek procentų degalų sąnaudos skiriasi lyginant pasirinktą dirvą su rudžemiu. Pvz., priemolyje sunaudojama 19 % daugiau dyzelino.

Išanalizavus vidutines degalų sąnaudų priklausomybes nuo arimo gylio skirtingo tipo dirvose, taip pat pastebima, jog dirvožemio sandara turi įtakos (31 pav.). Duomenis taip pat galima aprašyti tiesine lygtimi (5) ir pritaikyti tam tikrą koeficientą, kuris priklauso nuo dirvos tipo:

- rudžemyje:

$$y = 0,1113z + 14,8303; \quad (8)$$

- priemolyje:

$$y = 1,19(0,1113z + 14,8303); \quad (9)$$

- molyje:

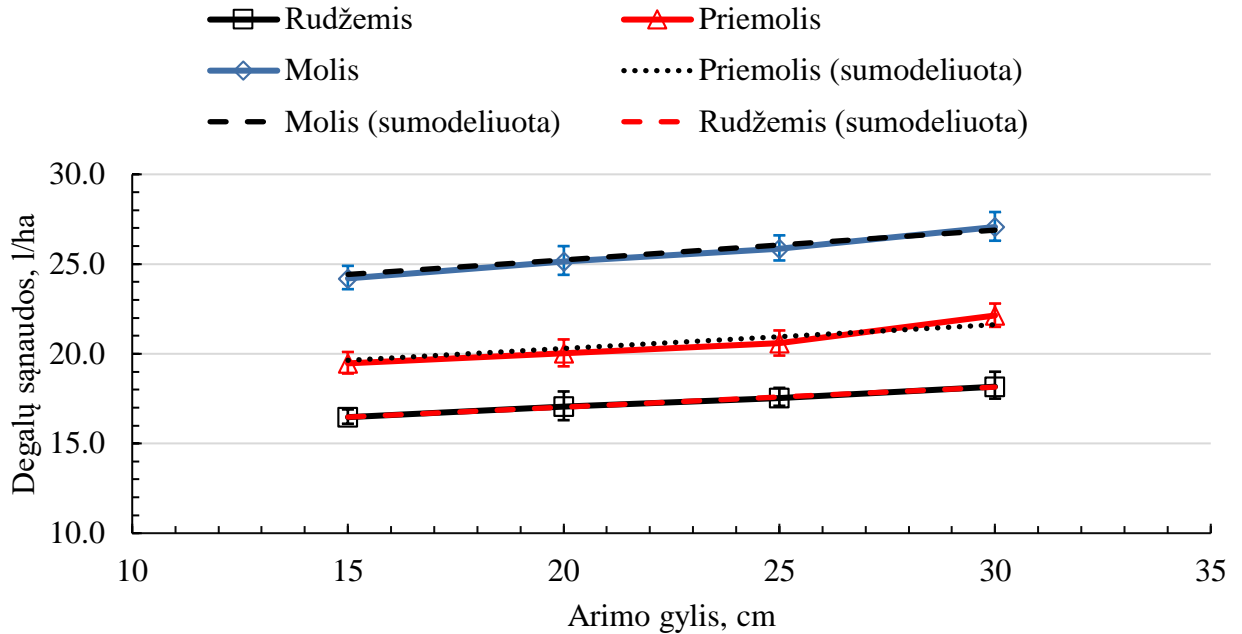
$$y = 1,48(0,1113z + 14,8303);$$

(10)

čia:

y – degalų sąnaudos, l/ha;

z – arimo gylis, cm.



**31 pav.** Traktoriaus „CaseIH Puma 130“ vidutinės degalų sąnaudos rudžemio, priemolio ir molio tipo dirvose, keičiant arimo gylį

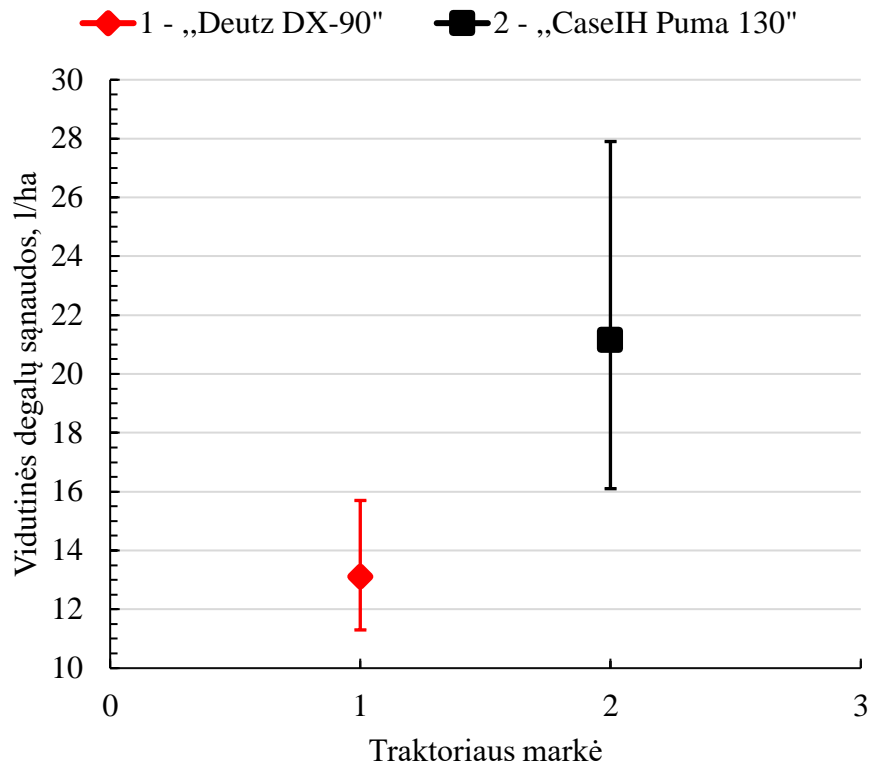
Matome, jog bendra tiesinė lygti pakankamai gerai aprašo eksperimentinius duomenis. O pastovioji dalis lygi 14,8305 teoriškai aprašo traktoriaus mažiausias degalų sąnaudas, kurios greičiausiai priklauso nuo traktoriaus konstrukcijos ir galios.

Atlikus eksperimentus su traktoriumi „CaseIH Puma“ pastebėtos panašios tendencijos kaip ir ariant „Deutz DX-90“ traktoriumi. Degalų sąnaudoms įtakos turi arimo greitis, gylis bei dirvos tipas. Dyzelino daugiau sunaudojama ariant didesnius gyliu ir greičiu bei pasirinkus molžemio tipo dirvą. Tačiau visus duomenis galima aproksimuoti bendra tiesine lygtimi, kurioje keičiami atitinkami koeficientai.

### 3.3. Ekonominės naudos įvertinimas

Atliktų eksperimentų metu pastebėta, jog didžiausi degalų sąnaudų skirtumai buvo keičiant arimo greitį ir gylį. Taip pat įtakos turėjo ir dirvos tipas (traktoriaus „CaseIH Puma 130“ atveju). Taip pat pastebėta, kad pasirinktas traktorius irgi turi įtakos degalų sąnaudoms, kadangi agregto techninės specifikacijos nulemia mažiausią įmanomą sunaudoti dyzelino kiekį. Vidutinių degalų sąnaudų palyginimas, dirbant skirtingais traktoriais, pavaizduotas 32 pav. Matome, kad mažiausios ir didžiausios skirtingų traktorių vertės nepersidengia. Tai reiškia, kad traktoriaus galia, kiti parametrai

nulemia, kiek minimaliai dyzelino galima sunaudoti, nepriklausomai nuo pasirinktos dirvos, arimo gylio ar greičio.



**32 pav.** Traktorių „Deutz DX-90“ ir „CaseIH Puma 130“ vidutinių degalų sąnaudų palyginimas

Efektyvaus arimo stiliaus pasirinkimas, taip pat padėtų sumažinti išlaidas, reikalingas žemės įdirbimui. Toliau nagrinėjami atvejai, jeigu ruošiami sėjai 100 ha žemės plotai. Įvertinama finansinė nauda mažesnio degalų suvartojimo ir laiko sutaupymo atžvilgiais.

Ūkinininkams žymėto dyzelino kaina šiuo metu (2018 m. gegužės mėn.) yra 0,75 eur/l [32]. Kadangi traktorius „CaseIH Puma 130“ turi įdiegtą „AdBlue“ sistemą, tai reikia įvertinti ir naudojamo skysčio kainą. Šiuo metu specialų karbamido skystį 10 l pakuotėje galima įsigyti už 10,30 eur (1,03 eur/l) [33]. O Lietuvoje minimalus mėnesinis užmokestis siekia 400 eur (2,25 eur/h) [34].

4 lentelė

**Traktoriaus „Deutz DX-90“ sunaudotų degalų kainos pokyčiai, ariant skirtingu gyliu ir greičiu, molžemio dirvoje**

	Arimo gylis, cm	Sunaudotų degalų kaina 100 ha, eur				Sunaudotų degalų kainos skirtumas, eur			
		15	20	25	30	15	20	25	30
Arimo greitis, km/h	6	862,5	907,5	937,5	952,5	-	45	75	90
	8	892,5	1027,5	1042,5	1057,5	30	165	180	195
	10	945	1072,5	1132,5	1177,5	82,5	210	270	315

4-oje lentelėje įvertinta, kiek galima sutaupyti pakeitus arimo gylį arba greitį, kai dirbama traktoriumi „Deutz DX-90“ molžemio dirvoje (kadangi abi tirtos dirvos pasirodė panašios, tai toliau

vertinama tik ši). Prieš tai pastebėta, kad daugiausiai degalų sutaupoma, jeigu arimas 25 arba 30 cm gyliu yra pakeičiamas arimu 15 cm gyliu. Ariant 100 ha plotą 15 cm gyliu vietoje 25 cm, galima sutaupyti nuo 75 iki 270 euro (priklauso nuo arimo greičio). O jeigu atsisakoma labiausiai nenaudingo arimo 30 cm gyliu ir 10 km/h greičiu, tuomet galima sutaupyti 315 eurų (tai sudaro 79 % minimalaus mėnesinio užmokesčio).

Jeigu atsižvelgume į laiko sąnaudas, tai matome, kad nenaudingiausia arti 6 km/h greičiu, kadangi užtrunkama labai ilgai. Palyginus laiko sąnaudas (5 lentelė) pastebima, jog laiko ir piniginiu atžvilgiu geriausia būtų arti 10 km/h greičiu. Tačiau sulyginus 4 ir 5 lentelės rezultatus, tai matome, kad bendrosios išlaidos būtų mažesnės ariant 8 km/h greičiu, nei 10 km/h.

5 lentelė

**Traktoriaus „Deutz DX-90“ laiko sąnaudų pokyčiai, ariant skirtingu greičiu**

Arimo greitis, km/h	100 ha suarti reikalingas laikas	Laiko sąnaudų skirtumas	Sutaupoma pinigų suma, eur
6	191 h 40 min	-	-
8	150 h 00 min	41 h 40 min	93.75
10	133 h 20 min	58 h 20 min	131.25

Naudojant traktorių „CaseIH Puma 130“ finansinė nauda taip pat įvertinta panašiu principu. Tik visos vertės lyginamos su pačiu naudingiausiu variantu – ariama 6 km/h greičiu, 15 cm gyliu rudžemio tipo dirvoje. Prie degalų kainos taip pat yra pridėta „AdBlue“ sistemai reikalingo skysčio vertė. Rudžemio ir priemolio tipo dirvoms papildomai prisideda 0,023 eur, o molio dirvoje – 0,044 eur.

6 lentelė

**Traktoriaus „CaseIH Puma 130“ sunaudotų degalų kainos pokyčiai, ariant skirtingu gyliu ir greičiu**

			Sunaudotų degalų kaina 100 ha, eur				Sunaudotų degalų kainos skirtumas, eur				
			Arimo gylis, cm	15	20	25	30	15	20	25	30
Dirvos tipas	Rudže	Arimo greitis, km/h	6	1258,36	1320,12	1351,00	1293,10	0,00	61,76	92,64	34,74
			8	1312,40	1343,28	1389,60	1327,84	54,04	84,92	131,24	69,48
			10	1381,88	1397,32	1466,80	1387,67	123,52	138,96	208,44	129,31
	Priemol		6	1459,08	1489,96	1536,28	1659,80	200,72	231,60	277,92	401,44
			8	1497,68	1544,00	1590,32	1706,12	239,32	285,64	331,96	447,76
			10	1551,72	1605,76	1644,36	1760,16	293,36	347,40	386,00	501,80
	Molis		6	1873,84	1937,36	2000,88	2088,22	615,48	679,00	742,52	829,86
			8	1913,54	1985,00	2048,52	2143,80	655,18	726,64	790,16	885,44
			10	1977,06	2064,40	2112,04	2215,26	718,70	806,04	853,68	956,90

Akivaizdu, kad arti šiuo traktoriumi nėra finansiškai naudinga, nes, jeigu plotas didelis ir ariama molio tipo dirvoje, degalams prarandami daugiau kaip du minimalūs mėnesiniai atlyginimai (6 lentelė).

7 lentelė

**Traktoriaus „CaseIH Puma 130“ laiko sąnaudų pokyčiai, ariant skirtingu greičiu**

Arimo greitis, km/h	100 ha suarti reikalingas laikas	Laiko sąnaudų skirtumas	Sutaupoma pinigų suma, eur
6	166 h 40 min	-	-
8	133 h 20 min	33 h 20 min	75
10	116 h 40 min	50 h 00 min	112.5

Laiko sutaupymo atžvilgiu, sumos panašios kaip ir „Deutz DX-90“ traktoriaus atveju. Taigi nėra tokio didelio sutaupymo ariant greičiau. Tai vienas iš argumentų, kodėl, ariant didelės galios traktoriumi, reikėtų atsisakyti didesnių greičių, ypač sunkioje dirvoje.

Ekonomiškai naudingiau arti 6 km/h greičiu, 15 cm gyliu ir lengvesnėje dirvoje (rudžemis, priemolis). Tai buvo pastebėta abiejų traktorių atvejais. Laiko atžvilgiu naudingiau arti 8 km/h greičiu, kadangi šiek tiek daugiau kompensuojami degalų kaštai, o arimas 10 km/h tokio žymaus skirtumo nesuteikia. Taip pat pastebima, jog traktoriaus pasirinkimas taip pat turi įtakos išlaidoms dėl papildomai išsvotų degalų.

## IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS

Yra labai daug veiksnių, lemiančių degalų sąnaudų kiekį, užsiimant augalininkyste. Svarbu tinkamai pasirinkti žemės dirbimo strategiją, arimo greitį, atsižvelgti į vietovės ir dirvos savybes. Todėl eksperimentiškai ištirtos traktorių „Deutz DX-90“ ir „CaseIH Puma 130“ degalų sąnaudos ariant. Buvo nagrinėjami šie parametrai: arimo gylis (keičiamas nuo 15 iki 30 cm), arimo greitis (6-10 km/h), dirvos tipas (lengvesnės ir sunkesnės sudėties). Pagrindiniai rezultatai:

- Sunaudojamų degalų kiekis priklauso nuo pasirinkto arimo gylio. Ariant giliau dyzelino sąnaudos išauga vidutiniškai 1-1,9 l/ha traktoriaus „Deutz DX-90“ atveju ir 0,8-2,9 l/ha, kai dirbama su „CaseIH Puma 130“. Tačiau kuo dirva sunkesnė, tuo mažiau įtakos turi arimo gylis. Didžiausi skirtumai buvo tarp arimo 15 ir 30 cm gyliais. Sutaupomų lėšų atžvilgiu labiausiai nenaudinga arti 30 cm gyliu.
- Jeigu ariama didesniu greičiu taip pat išauga dyzelino sąnaudos. Didžiausi skirtumai pastebimi, kai ariama 10 km/h greičiu vietoje 6 km/h. Abiejų traktorių atveju sąnaudos gali padidėti iki 30 %. Taip pat pastebėta, jog ariant didesniu greičiu, mažiau įtakos turi arimo gylio pakeitimas. Ypač tai pastebima sunkesnio tipo dirvoje, pvz., molyje.
- Ariant traktoriumi „CaseIH Puma 130“ skirtingo tipo dirvose matoma, jog dirvožemio pasirinkimas turi didelę įtaką degalų sąnaudoms. Išanalizavus duomenis pagal arimo greitį ir gylį, pastebėta, kad dyzelino sąnaudos auga proporcingai pasirinktam dirvos tipui. Rudžemyje degalų sąnaudos buvo mažiausios, o molyje didesnės.
- Pastebėta, jog degalų sąnaudų priklausomybės nuo arimo greičio arba gylio yra artimos tiesinėms. Todėl pagal empirinius duomenis buvo pritaikytos tiesinės lygtys, kurios aprašo eksperimentams naudotų traktorių dyzelino sąnaudas. Kadangi traktoriaus „CaseIH Puma 130“ degalų sąnaudos kito proporcingai, tai galima buvo pritaikyti tą pačią lygtį, bet parinkus skirtingus koeficientais, kurie atspindi dirvos tipą, arimo greitį ar gylį. Traktoriaus „Deutz DX-90“ pritaikytos dvi lygtys, atsižvelgiant į arimo greitį ir gylį. Lygtis galima pritaikyti vertinant degalų sąnaudas panašiomis sąlygomis kaip ir atlikto tyrimo metu.
- Įvertinus sugaištą laiką vienam hektarui suarti, nustatyta, kad tai priklauso daugiausiai nuo arimo greičio. Ariant 6 km/h greičiu užtrunkama ilgiausiai, o 10 km/h suariama greičiausiai. Tačiau įvertinus ekonominę naudą, ariant 10 km/h greičiu, nėra sutaupoma tiek, jog vertėtų rinktis tokį arimo būdą.
- Taip pat pastebėta, jog traktoriaus pasirinkimas yra svarbus veiksnys lemiantis degalų sąnaudas. Ariant didelės galios traktoriumi „CaseIH Puma 130“ išievojama daugiau degalų, o laiko atžvilgiu nėra tiek daug sutaupoma, kad matytųsi pranašumas prieš mažesnio galingumo „Deutz DX-90“.



Idealiu atveju geriausiai būtų arti 6 km/h greičiu ir 15 cm gyliu lengvesnio tipo (pvz., rudžemio) dirvoje. Tačiau ariant 8 km/h greičiu galima sutaupyti pakankamai nemažai laiko (33-41 h). Taip pat, dirbant žemę 8 km/h greičiu, pastebėta, jog degalų sąnaudų pokyčiai yra pastovūs (aiškiausia tendencija matėsi traktoriaus „CaseIH Puma 130 atveju), todėl galima pasirinkti ir gilesnį arimą. Praktikoje taikyti 15 cm gylį gali būti sudėtinga, kadangi reikia atsižvelgti į auginamą kultūrą, dirvožemio derlingumą. 20-25 cm arimo gylis būtų tinkamas, kadangi šiais atvejais nebuvo užfiksuotos maksimalios degalų sąnaudos. Taip pat reikėtų apsvarstyti, ar tikrai didesnės galios traktorius yra reikalingas žemės ūkio darbams atlikti.

## LITERATŪRA

1. *Lietuvos žemės ūkis: faktai ir skaičiai: 2017 m. Nr.1* [interaktyvus]. 2017 [žiūrėta 2017-05-09]. Prieiga per: <http://www.vic.lt/leidiniai/lietuvos-zemes-ukis-faktai-ir-skaiciai-2007-m/>
2. VINCLOVAITĖ, Gintarė, Rasa ČINGIENĖ ir Antanas JUOSTAS. Traktorių parko atnaujinimo tyrimas ekologiniu požiūriu. *Žmogaus ir gamtos sauga* [interaktyvus]. Kaunas: Aleksandro Stulginskio universitetas, 2016 [žiūrėta 2017-05-07]. ISSN 1822-1823 Prieiga per: [http://sauga.asu.lt/wp-content/uploads/sites/8/2016/05/17-20\\_Vinclovaite\\_I\\_sekc\\_31.pdf](http://sauga.asu.lt/wp-content/uploads/sites/8/2016/05/17-20_Vinclovaite_I_sekc_31.pdf)
3. FARIAS, Marcelo ir kt. Fuel consumption efficiency of an agricultural tractor equipped with continuously variable transmission. *Rural Engineering* [interaktyvus]. 2017, 47(6) [žiūrėta 2017-12-29]. Prieiga per: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20160814>
4. *Žemės ūkio mechanizavimas* [interaktyvus]. 2006 [žiūrėta 2016-12-02]. Prieiga per: [https://ktvm.kretinga.lm.lt/images/doc/Zemes\\_ukio\\_mechanizavimas.pdf](https://ktvm.kretinga.lm.lt/images/doc/Zemes_ukio_mechanizavimas.pdf)
5. *Energy Efficient Directive* [interaktyvus]. 2016 [žiūrėta 2017-05-17]. Prieiga per: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-directive>
6. *2015 m. pažangos, siekiant nacionalinių energijos vartojimo efektyvumo tikslų, ataskaita* [interaktyvus]. 2017 [žiūrėta 2017-05-17]. Prieiga per: [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/lt\\_annual\\_report\\_2017\\_lt.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/lt_annual_report_2017_lt.pdf)
7. *Fuel consumption of some tractor models for ploughing operations in the sandy-loam soil of Nigeria at various speeds and ploughing depths* [interaktyvus]. 2013 [žiūrėta 2017-11-12]. Prieiga per: <http://www.cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/2466/1764>
8. *Arimo ir beplūgio žemės dirbimo įtaka dirvožemio fizikinėms savybėms ir augalų produktyvumui* [interaktyvus]. 2007 [žiūrėta 2018-03-21]. Prieiga per: [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwikkL-WnvTaAhUFVywKHRHhDpoQFggnMAA&url=http%3A%2F%2Fgs.elaba.lt%2Fobject%2Felaba%3A6217411%2F6217411.pdf&usq=AOvVaw0x91FXCyjF8ZP8G\\_I10ZOe](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwikkL-WnvTaAhUFVywKHRHhDpoQFggnMAA&url=http%3A%2F%2Fgs.elaba.lt%2Fobject%2Felaba%3A6217411%2F6217411.pdf&usq=AOvVaw0x91FXCyjF8ZP8G_I10ZOe)
9. *Diesel engines working principles* [interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2016-12-06]. Prieiga per: <http://www.dummies.com/home-garden/car-repair/diesel-engines/how-do-diesel-engines-work/>
10. *How a Tractor Engine Works* [interaktyvus]. 2010 [žiūrėta 2016-12-05]. Prieiga per: <http://ezinearticles.com/?How-a-Tractor-Engine-Works&id=5208918>
11. *Engine Power For Agricultural Machines* [interaktyvus]. 2006 [žiūrėta 2016-12-07]. Prieiga per: [https://www.asabe.org/media/207183/selections\\_from\\_eng\\_prin\\_agr\\_mach.pdf](https://www.asabe.org/media/207183/selections_from_eng_prin_agr_mach.pdf)
12. *John Deere 4955* [interaktyvus]. 2000 [žiūrėta 2017-06-07]. Prieiga per: <http://www.tractordata.com/farm-tractors/000/1/4/142-john-deere-4955-photos.html>
13. *Deutz-Fahr DX 3.10* [interaktyvus]. 1992 [žiūrėta 2017-06-07]. Prieiga per: <http://eagra.pl/mach-18973-1985-Deutz-Fahr-DX-310>

14. *Predicting Tractor Diesel Fuel Consumption* [interaktyvus]. 2010 [žiūrėta 2016-12-05]. Prieiga per: [https://pubs.ext.vt.edu/442/442-073/442-073\\_pdf.pdf](https://pubs.ext.vt.edu/442/442-073/442-073_pdf.pdf)
15. *Conserving fuel on a farm* [interaktyvus]. 2007 [žiūrėta 2016-12-06]. Prieiga per: <https://attra.ncat.org/attra-pub/summaries/summary.php?pub=303>
16. *Revolutions per minute* [interaktyvus]. 2016 [žiūrėta 2016-12-08] Prieiga per: <http://www.businessdictionary.com/definition/revolutions-per-minute-RPM.html>
17. *Fuel Conservation Strategies for the Farm* [interaktyvus]. 2006 [žiūrėta 2016-12-08]. Prieiga per: <http://www.aces.edu/pubs/docs/A/ANR-1303/ANR-1303.pdf>
18. *Tractor ballasting* [interaktyvus]. 2016 [žiūrėta 2016-12-08]. Prieiga per: [https://www.nswfarmers.org.au/\\_data/assets/pdf\\_file/0004/35851/Efficient-Farm-Vehicles-Tractor-ballasting.pdf](https://www.nswfarmers.org.au/_data/assets/pdf_file/0004/35851/Efficient-Farm-Vehicles-Tractor-ballasting.pdf)
19. *Tyre pressure and fuel efficiency* [interaktyvus]. 2016 [žiūrėta 2016-12-08]. Prieiga per: [https://www.nswfarmers.org.au/\\_data/assets/pdf\\_file/0006/35853/Efficient-Farm-Vehicles-Tyre-pressure-and-fuel-efficiency.pdf](https://www.nswfarmers.org.au/_data/assets/pdf_file/0006/35853/Efficient-Farm-Vehicles-Tyre-pressure-and-fuel-efficiency.pdf)
20. *Traktoriaus padangų slėgio įtakos eksploataciniams rodikliams tyrimas* [interaktyvus]. 2016 [žiūrėta 2018-04-27]. Prieiga per: <https://epubl.ktu.edu/object/elaba:16648004/>
21. „AdBlue“ sistema [interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2018-05-07]. Prieiga per: <https://m.eurowag.com/lt/informacijos-centras/degalai/kas-yra-adblue>
22. „AdBlue“ sistema [interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2018-05-06]. Prieiga per: <http://www.adblue.lt/adblue-kas-tai>
23. BOGUŽAS, Vaclovas, Jonas ARVASAS ir Povilas ŠNIAUKA. *Žemdirbystė: vadovėlis* [interaktyvus]. Vilnius: Akademija, 2013 [žiūrėta 2016-12-02]. UDK 631.51(075.8)(0.034.2). Prieiga per: [http://dspace.lzuu.lt/bitstream/1/2507/1/Zemdirbyste\\_vadovelis.pdf](http://dspace.lzuu.lt/bitstream/1/2507/1/Zemdirbyste_vadovelis.pdf)
24. MUZAMMIL, Mohamed ir kt. Physiological Effect of Vibrations on Tractor Drivers under Variable Ploughing Conditions. *Journal of Occupational Health* [interaktyvus]. 2004; 46: 403–409 [žiūrėta 2018-05-11]. Prieiga per: <https://doi.org/10.1539/joh.46.403>
25. *Lietuvos žemių našumas* [interaktyvus]. 2015 [žiūrėta 2018-04-15]. Prieiga per: <http://agrolab.lt/wp-content/uploads/2015/05/Lietuvos-zemiu-nasumas-2015.pdf>
26. *Lietuvos dirvožemio vertinimas* [interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2018-03-20]. Prieiga per: <https://www.geoportal.lt/map/#>
27. *Dešimtadienių agrometeorologins sąlygos: 2018 m. balandžio mėn. trečiasis dešimtadienis* [interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2018-05-10]. Prieiga per: <http://www.meteo.lt/lt/2018-balandzio-trecias>

28. *Nebraska Tractor Test – Deutz DX-90 Diesel* [interaktyvus]. 1979 [žiūrėta 2018-02-23].  
Prieiga per: <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2674&context=tractormuseumlit>
29. *CaseIH Puma 130* [interaktyvus]. 2014 [žiūrėta 2018-03-24]. Prieiga per: <http://www.tractordata.com/farm-tractors/006/7/3/6736-caseih-puma-130.html>
30. *Vietovių žemėlapiai* [interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2018-01-01]. Prieiga per: <https://www.google.com/maps/place/Stabinti%C5%A1k%C4%97s/@54.9019285,24.6378959,633m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x46e76fabe97b8789:0x3951cd48a96b7906!8m2!3d54.8999239!4d24.5955849?dcr=0>
31. *AndMeasure (Area and Distance)* [interaktyvus]. 2017 [žiūrėta 2017-11-05]. Prieiga per: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.megelc.andmeasure&hl=lt>
32. *Degalų kainos* [interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2018-05-21]. Prieiga per: <http://www.degalukainos.lt/?puslapis=2&>
33. *Techniniai skysčiai* [interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2018-05-21]. Prieiga per: [https://www.autoaibe.lt/autochemija/techniniai-skysciai/adblue-10l-karbamido-tirpalas-107991?gclid=CjwKCAjw\\_47YBRBxEiwAYuKdw2wW89BUquuLcOhywt00Kv-YkCGbDkgfH237RNowpSTsW0KmTyMooxoCw\\_AQAvD\\_BwE](https://www.autoaibe.lt/autochemija/techniniai-skysciai/adblue-10l-karbamido-tirpalas-107991?gclid=CjwKCAjw_47YBRBxEiwAYuKdw2wW89BUquuLcOhywt00Kv-YkCGbDkgfH237RNowpSTsW0KmTyMooxoCw_AQAvD_BwE)
34. *Minimali mėnesinė alga* [interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2018-05-21]. Prieiga per: <http://imfina.lt/minimali-menesine-alga-mma-2018/>