

NORAGINIO SKUTIKO DYLANČIŲ DETALIŲ ABRAZIVINIO DILIMO TYRIMAS

Povilas ZOVĖ, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas, el. paštas: povilas.zove@vdu.lt
Vytenis JANKAUSKAS, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas, el. paštas: vytenis.jankauskas@vdu.lt

Santrauka

Žemės ūkyje dirvožemio įdirbimas yra itin svarbūs produkcijos kainai ir kokybei. Atliekant ir plėtojant įvairius mokslinius tyrimus, siekiama tobulinti žemės dirbimo mašinų konstrukciją ir medžiagas. Aukštos įrangos kainos pabrėžia technologijų tobulinimo poreikį, siekiant optimalių rezultatų, norint mažinti neigiamą poveikį aplinkai. Moksliniai tyrimai ir inovacijos padeda efektyviai naudoti išteklius. Tyrimo tikslas – palyginti noraginio skutiko noragėlių išdirbį, naudojant skirtingas technologijas ir medžiagas. Palyginimas atliekamas praktiškai išbandant skirtingomis medžiagomis padengtas detales dirvos dirbimo operacijose, taip pat laboratoriniu būdu, pasitelkiant abrazyvinio dilimo stendą. Atlikus medžiagų kietumo tyrimus nustatyta, kad kiečiausia medžiaga – Lastifil 238. Gamybinių tyrimų metu pagrindiniai noragėliai pasiekė ribinę būklę, o šoniniai noragėliai nepasiekė. Mažiausiai nudilo STOODY CP2000 milteline viela apvirinti noragėliai.

Reikšminiai žodžiai: noragėliai, noraginis skutikas, kietumas, abrazyvinis dilimas.

Įvadas

Žemės ūkyje, kur dirvožemio dirbimas ir produkcijos kokybės bei kiekio didinimas yra išskirtinai svarbūs veiksniai, žemės dirbimo mašinų efektyvumas yra kritiškai svarbus. Tai skatina mokslinius tyrimus ir jų plėtrą siekiant tobulinti mašinų konstrukciją bei medžiagas, iš kurių jos yra gaminamos. Siekiant išlaikyti žemės ūkio mašinas veiksmingas ir pasiekti didesnę jų resursą, svarbu nuolat stebėti jų veikimą, atlikti prevencinius aptarnavimus ir laiku bei tinkamai sutvarkyti gedimus. Aukštos žemės ūkio mašinų kainos ir darbo intensyvumas verčia nuolat tobulinti technologijas ir procesus, kad būtų pasiektas optimalus žemės dirbimo mašinų naudojimo rezultatas. Tai reikalauja nuoseklių mokslinių tyrimų ir inovacijų, siekiant efektyviau naudoti išteklius bei mažinti neigiamą poveikį aplinkai.

Žemės dirbimo mašinų veiksmingumą lemia įvairūs veiksniai: konstrukcija (įskaitant medžiagą, apdirbimo būdą, formą ir t. t.) ir dirvos savybės, tokios kaip sudėtis, struktūra, drėgnis, kietumas ir t. t., kurias valdyti sunku. Dėl didelių dirvos įdirbimo energijos sąnaudų, skatinama plėtoti ir įdiegti minimalaus žemės dirbimo metodus, tačiau visiškai atsisakyti tradicinio dirbimo neįmanoma (Jankauskas, 2006).

Renkantis žemės dirbimo mašinų detales (įskaitant jų medžiagas), sprendimą lemia keletas kriterijų: kainos ir kokybės santykis, dirbamos žemės plotai, pageidaujamas našumas ir t. t. Jeigu dalies keitimas trunka ilgai arba yra sudėtingas technologiškai, o darbų atlikimo terminai turi būti artimi teoriniam mašinos našumui, pasirenkamos brangesnės padidinto išdirbio dylančios detalės.

Žemės ūkio mašinų resursas yra labai svarbus kriterijus, nes sugedusios mašinos dalys gali sukelti didelius materialinius ir darbo laiko praradimo nuostolius (Mattetti ir kt., 2017). Daugiau nei 85–90 % žemės ūkio mašinų gedimų atsiranda dėl dilimo (Jankauskas ir kt., 2020).

Tyrimo tikslas – palyginti noraginio skutiko noragėlių išdirbio pokytį naudojant apvirinimo ir užpurškimo technologijas.

Išsikeltam tikslui pasiekti sprendžiami šie **uždaviniai**:

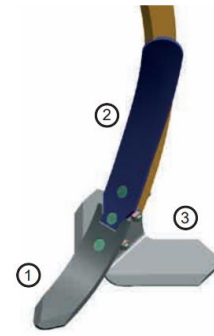
1. Atlikti dangų mechaninių ir tribologinių savybių laboratorinius tyrimus.
2. Atliekant gamybinius tyrimus įvertinti skirtingų medžiagų įtaką noraginio skutiko dalių dilimui.

Tyrimų objektas ir metodai

Tyrimų objektas – noraginis skutikas *Horsch Terrano 6 FG* (žr. 1 pav.) su „MulchMix“ noragais (žr. 2 pav.), kurio darbinis plotis – 5,70 m, masė – 4100 kg. Skutike sumontuota 19 „TerraGrip“ noragėlių kojų su spyruokline apsauga. Reikiama galia padargui traukti – nuo 125 kW. Darbinis greitis – nuo 10 iki 13 km/val. Darbinis gylis – 20 cm. Eksperimentiniai tyrimai lauko sąlygomis atlikti Gečių ŽŪB (Liepių k., Jonavos r.). Tyrimo pradžia – 2023 09 05. Dirvos kietumas netirtas, kadangi tyrimas atliktas skirtingų dirvos struktūrų dirvožemiuose.



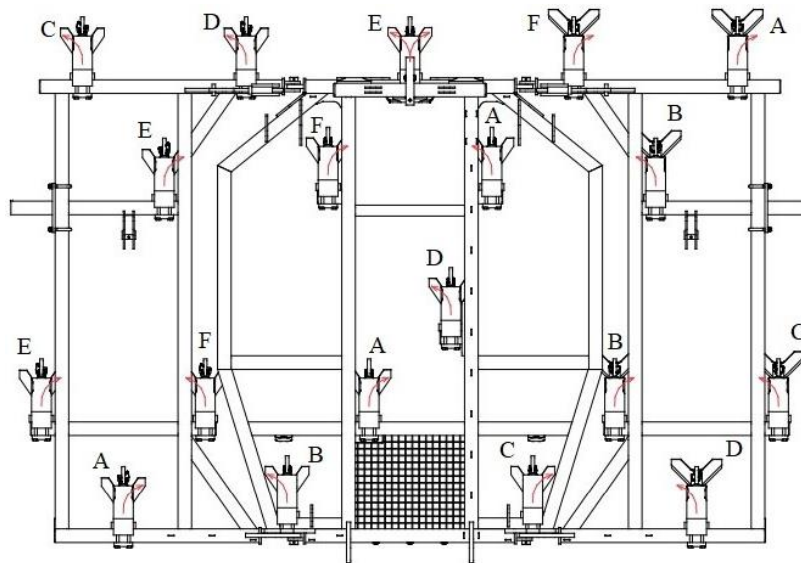
1 pav. Noraginis skutikas Horsch Terrano 6 FG
Šaltinis: sudaryta pagal www.audrokesta.lt/
Fig. 1. Cultivator Horsch Terrano 6 FG
Source: according to www.audrokesta.lt/



2 pav. „MulchMix“ noragėliai: 1 – noragėlis; 2 – atskiriamoji skarda; 3 – šoninis noragėlis
Šaltinis: sudaryta pagal www.audrokesta.lt/
Fig. 2. „MulchMix“ coulter: 1 – point; 2 – guide; 3 – side coulter
Source: according to www.audrokesta.lt/

Noraginio skutiko dylančios detalės sumontuotos pagal 3 pav. nurodytą schemą. Panaudota 19 komplektų detalių, kurias sudaro pagrindinis ir du šoniniai (kairys ir dešinys) noragėliai:

- 4 komplektai gamintojo stiprintos dalys (toliau – A);
 - 3 komplektai gamintojo dalys (originalai, toliau – D);
- Kiti komplektai padengti medžiagomis ant originalių D detalių:
- 3 komplektai apvirinti Ø1,6 mm milteline viela Lastifil 238GM, srovė 260A (toliau – B);
 - 3 komplektai apvirinti Ø1,2 mm milteline viela STOODY CP2000, srovė 190A (toliau – C);
 - 3 komplektai apvirinti Ø3,2 mm glaistytais elektrodais ESAB OK 60T (84.78) (toliau – E);
 - 3 komplektai padengti dujiniu užpurškimu su aplydymu milteliais nikelio pagrindu STOODY 85TG (toliau – F).



3 pav. Noragėlių išdėstymo schema: A – originaliai stiprinti; B – apvirinti milteline viela Lastifil 238GM; C – apvirinti milteline viela STOODY 2000; D – originalai; E – apvirinti glaistytais elektrodais ESAB OK 60T; F – stiprinti dujiniu užpurškimu milteline medžiaga STOODY 85TG su aplydymu

Fig. 3. Schematic of the arrangement of the coulters: A - original strengthening; B – welded powder wire Lastifil 238GM; C – welded powder wire STOODY 2000; D – originals; E – welded with electrodes ESAB OK 60T; F – reinforcement by gas spraying powder material STOODY 85TG

Po padengimo įvardintomis medžiagomis, noragėliai pasverti svarstyklėmis KERN FCB 16K0.2 (matavimo ribos 0...16 kg, tikslumas 0,2 g), Rokvelo kietmačiu TK-2M (GOST 13407-67) nustatytas dangų kietumas.

Laboratoriniai tyrimai atlikti pagal ASTM G65-04 su guminiu ir plieniniu ratais (maža ir vidutinė kontaktinė apkrova). Tyrimui naudotas abrazyvas SiO₂, grūdelių dydis 200–425 μm, abrazyvo debitas 250 g·min⁻¹, rato skersmuo 229 mm, sukimosi greitis – 200·min⁻¹. Su guminiu ratu tyrimas vykdytas 20 min. esant 130 N apkrovai, su plieniniu ratu – 5 min. esant 45 N apkrovai.

Bandiniai (80 × 40 × 11 mm) išpjauti iš naudotų šoninių noragėlių, likusieji padengti atsparumą dilimui mažinančiomis medžiagomis, aukščiau nurodytais parametrais. Prieš, iki ir po bandymo bandiniai nuvalyti, sverti svarstyklėmis KERN EG420-3NM (padalos vertė 10⁻³ g). Bandinių nudilimas vertinamas pagal masės pokytį.

Gauti rezultatai yra apdorojami statistiškai kompiuterine programa „Ms Excel“, apskaičiuojami vidurkiai, standartiniai nuokrypiai, pasikliauties intervalai esant 0,95 tikimybės lygiui bei esminio skirtumo ribos, iš kurių bus matoma, ar yra statistinis skirtumas tarp noragėlių.

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

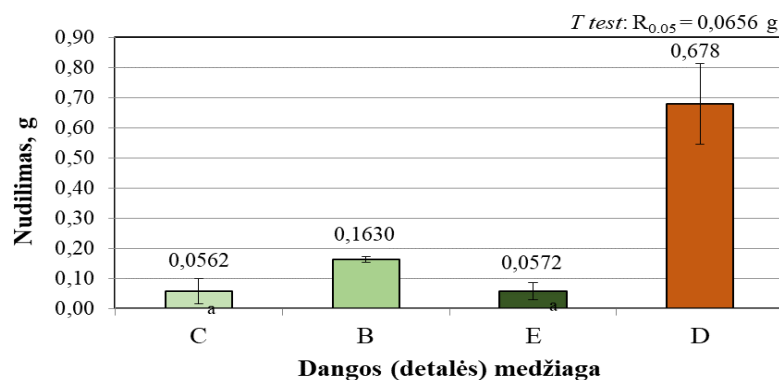
Detalių ir gautų dangų kietumas pateikiamas 1 lentelėje. Įdirbant dirvą noragėlių išdirbis iki ribinės būklės pasiekė 107 ha, o šoninių noragėlių – 157 ha plotą. Atliekant eksperimentinius tyrimus dėl dirvožemyje pasitaikančių akmenų ar kitų kliūčių, lūžo norago koja ir prarastas vienas B noragėlių kompleksas. Taip pat lūžo po vieną B, F, A noragėlių. Nutrūkus tvirtinimo varžtams prarastas D šoninių noragėlių kompleksas.

1 lentelė. Tiriamų noragėlių kietumas

Table 1. Hardness of coulters

Noragėlių ir šoninių noragėlių stiprinimo variantai		Kietumas, HRC	Žymėjimas
STOODY 85TG		49,1 (užpurkšto sluoksnio)	F
ESAB OK 60T (84.78 – žymėjimas iki 2005 m.)		52,8 (apvirinto sluoksnio)	E
Lastifil 238GM		59,0 (apvirinto sluoksnio)	B
STOODY CP2000		57,8 (apvirinto sluoksnio)	C
Originalūs	Noragėliai	38,8	D
	Šoniniai noragėliai	41,3	
Originalūs stiprinti	Noragėliai	55,5 (apvirinto sluoksnio)	A
	Šoniniai noragėliai	41,1 (padengto sluoksnio)	

Atlikus laboratorinius tyrimus pagal ASTM G65-04 guma padengtu ratu (maža kontaktinė apkrova), rezultatai nebuvo gauti su originaliai stiprintais šoninių noragėlių ir milteline medžiaga padengtų dujiniu užpurškimu su aplydymu STOODY 85TG bandiniais. Dėl dangose esančių volframo karbido grūdėlių guminis ratas intensyviai „graužiamas“. Dangų nudilimas pateiktas 4 pav.

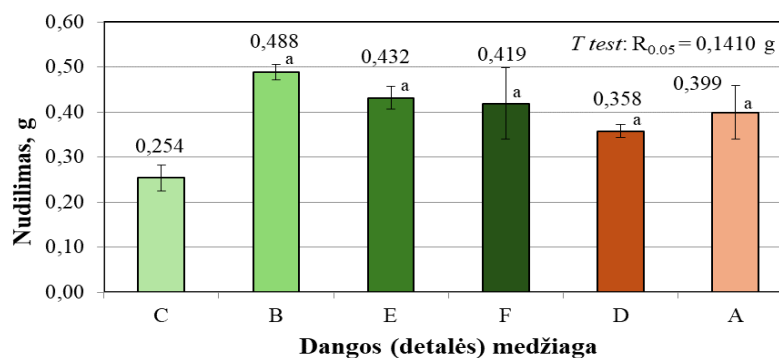


4 pav. Bandinių masės pokytis po ASTM G65 tyrimo (maža kontaktinė apkrova)

Fig. 4. The change in the mass of the samples after ASTM G65 research (low contact load)

Įvertinus bandinių nudilimą pagal masę, statistiškai patikimas skirtumas esant 95 % tikimybei yra tarp F ir D, B ir D, E ir D, C ir B, E ir B bandinių. D bandinys nudilo 12 kartų daugiau negu C. Tikėtina, kad tarp šių dangų kietumo ir nudilimo yra atvirkštinis ryšys. Kuo danga minkštesnė, tuo daugiau nudilo.

Atlikti tyrimai vidutine kontaktine apkrova (plieninis ratas) rodo, kad pagal masės pokytį labiausiai nudilo B bandiniai ($0,488 \pm 0,0172$ g), o mažiausiai C ($0,254 \pm 0,0287$ g) (žr. 5 pav.).

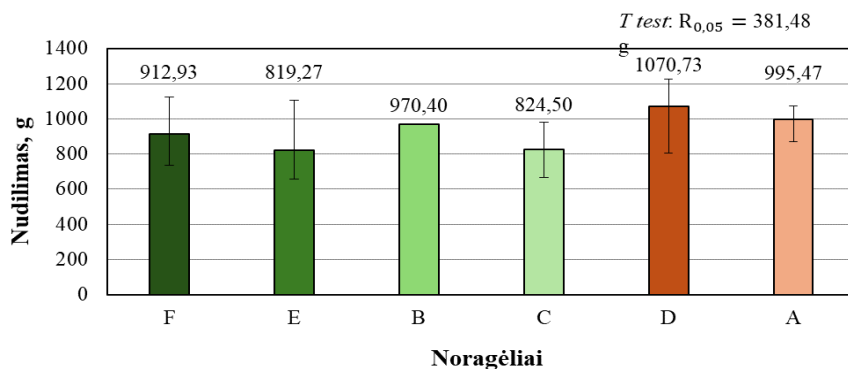


5 pav. Bandinių masės pokytis ASTM G65 tyrime (vidutinė kontaktinė apkrova)

Fig. 5. The change in the mass of the samples after ASTM G65 research (average contact load)

STOODY CP2000 danga, lyginant su kitais dangų / medžiagų variantais, yra ženkliai atsparesnė dilimui. Šis tyrimas charakterizuoja medžiagų dilimą itin agresyvaus dilimo atveju, kai ardančios metalo paviršių medžiagos kietumas yra ženkliai didesnis (10-11 GPa).

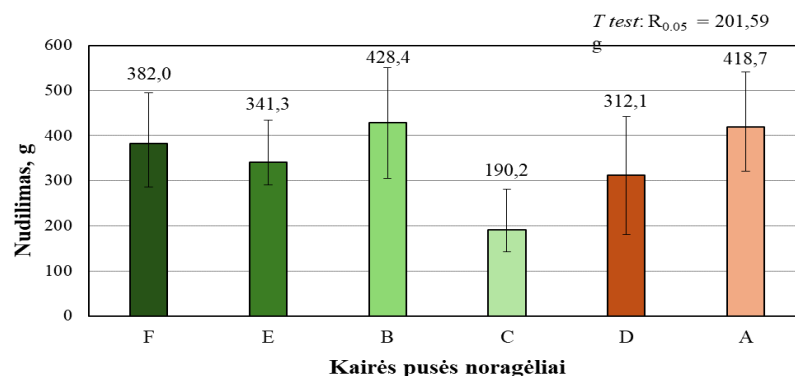
Atliktų gamybinių tyrimų rezultatai (pagal noragėlių masės pokytį) pateikti 6, 7 ir 8 pav.



6 pav. Noragėlių masės pokytis gamybinio tyrimo metu

Fig. 6. The change in the mass of the points during the production test

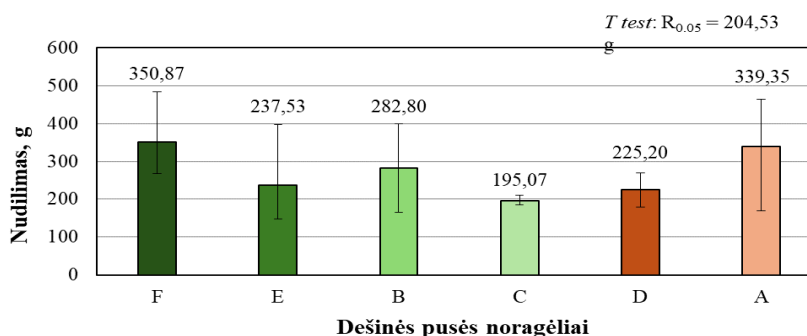
Tarp stulpelių reikšmių vidurkių nėra statistiškai patikimo vidurkių skirtumo, esant 95 % pasikliauties tikimybės lygiui. Dilimui atspariomis dangomis dengti noragėlių smaigaliai esminių skirtumų dilimui neturėjo.



7 pav. Kairės pusės šoninių noragėlių masės pokytis gamybinio tyrimo metu

Fig. 7. The change in the mass of the left side coulters during the production test

Lyginant kairės pusės šoninių noragėlių nudilimą pagal masę (žr. 7 pav.), statistiškai patikimas skirtumas esant 95 % tikimybei yra tarp B ir C, A ir C noragėlių. Dideliems nudilimų skirtumams ir jų sklaidai įtakos turėjo ir galimi apkrovų skirtumai, kuriuos lėmė dalių darbas skirtingose padargo eilėse, dalis dalių buvo naudojamos varančiųjų traktoriaus ratų sutankintose vėžėse ir kiti veiksniai.



8 pav. Dešinės pusės šoninių noragėlių masės pokytis gamybinio tyrimo metu

Fig. 8. The change in the mass of the right side coulters during the production test

Noragėliai dėl konstrukcinio skirtumo ir didesnės apkrovos, lyginant su šoniniais noragėliais, nudilo vidutiniškai 3 kartus daugiau. Nors noragėliai pasiekė ribinę būklę dėl storio suplonėjimo, šoniniai noragėliai, išdirbę 157 ha plotą, dar ribinės būklės nepasiekė.

Tarp stulpelių reikšmių vidurkių nėra statistiškai patikimo vidurkių skirtumo, esant 95 % pasikliauties tikimybės lygiui. Skirtingą paklaidų didį lėmė tyrimo pabaigoje likęs mažesnis detalių kiekis nei buvęs pradžioje, atitinkamai A, B, D ir F bandinių grupėse.

Lyginant laboratorinių ir gamybinių tyrimų rezultatus, nustatyta, kad mažiausiai nudilo vienos iš kiečiausių apvirinimo medžiagų – STOODY CP2000 bandiniai (stiprinti noragėliai). Gauti rezultatai tik patvirtina, kad abrazyvinio dilimo mažinimą lemia medžiagos kietumas.

Išvados

1. Laboratoriniais tyrimais nustatyta, kad milteline viela Lastifil 238 ir STOODY CP2000 apvirintos dangos yra aukšto kietumo (atitinkamai 59,0 ir 57,8 HRC).

2. Didžiausią atsparumą dilimui esant mažai kontaktinei apkrovai turi STOODY CP2000 ir ESAB OK 60T dangos, o esant vidutinei kontaktinei apkrovai – STOODY CP2000 danga.

3. Gamybiniai tyrimai įdirbant 157 ha plotą parodė, kad mažiausiai nudilo STOODY CP2000 milteline viela apvirinti noragėliai, o intensyviausiai dilo originalūs stiprinti noragėliai.

Literatūra

1. Jankauskas, V. 2006. Modelling of Strengthening Machine Elements Working under Abrasive Environment by Alloying with Hard Layers and their Estimation. *Mechanika*, Nr.(1). Vol. 57, p. 55–60.
2. Mattetti, M., Molari, G., Sereni, E. 2017. Damage evaluation of driving events for agricultural tractors. *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 135, p. 328–337.
3. Jankauskas, V., Katinas, E., Laskauskas, A., Antonov, M., Varnauskas, V., Gedzevičius, I., Aleknevičienė, V. 2020. Effect of Electrode Covering Composition on the Microstructure, Wear, and Economic Feasibility of Fe-C-Cr Manual Arc-Welded Hardfacings. *Coatings 2020*. Vol. 10, p. 294.

Padėka. Darbo autoriai dėkingi įmonės OY ESAB filialas vadovui Alvydui Narvydui už tyrimui padovanotas medžiagas ir tyrime naudotų dirvos dirbimo dalių padengimą.

STUDY OF ABRASIVE WEAR OF WEARING DETAILS OF THE CULTIVATOR

Summary

In agriculture, soil cultivation is crucial for both the price and quality of production. Through various scientific research efforts, the aim is to enhance the design and materials of agricultural machinery. The high cost of equipment underscores the need for technological advancements to achieve optimal results while minimizing environmental impact. Scientific research and innovation aid in the efficient use of resources. The objective of this study is to compare the effectiveness of different technologies and materials in soil cultivation operations, specifically focusing on the performance of points in a cultivator. The comparison is conducted through practical testing of components coated with various materials during soil cultivation operations, as well as through laboratory experiments utilizing an abrasive wear test rig. Material hardness tests revealed Lastifil 238 as the hardest material. During production trials, it was observed that main points reached the wear limit, while the side coulters did not. Points coated with STOODY CP2000 powder exhibited the least wear.

Keywords: points, stubble cultivator, hardness, abrasive wear