

## ŠONINIO VĖJO ĮTAKA GRŪDŲ SKLAIDOS TOLYGUMUI RAŽIENOJE UŽ JAVŲ KOMBAINO

**Matas ŽIOGELIS**, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas,  
el. paštas: [matasgelis1@gmail.com](mailto:matasgelis1@gmail.com)

**Martynas MILIŠAUSKAS** Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas,  
el. paštas: [martis987@gmail.com](mailto:martis987@gmail.com)

**Dainius SAVICKAS**, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas,  
el. paštas: [dainius.savickas@vdu.lt](mailto:dainius.savickas@vdu.lt)

**Dainius STEPONAVIČIUS**, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas,  
el. paštas: [dainius.steponavicius@vdu.lt](mailto:dainius.steponavicius@vdu.lt)

### Santrauka

Šio tyrimo hipotezė – grūdų sklaida javų kombaino pjaunamosios plotyje nėra vienoda. Siekiant tiksliau nustatyti grūdų nuostolius, loveliai turėtų būti išdėstomi per visą javų kombaino pjaunamosios plotį ir net už jos ribų. Be to, tiek šiaudų, tiek ir grūdų sklaidai reikšmingą įtaką, tikėtina, turi ir šoninio vėjo greitis. Šio tyrimo tikslas – palyginti kombaine iškultų ir skleistuvo rotoriais skleidžiamų miežių grūdų pasiskirstymą ražienoje (pjaunamosios plotyje), priklausomai nuo šoninio vėjo greičio. Tirtas javų kombainas *Case-IH 9250 AFS* su rotoriniu kūlimo-separavimo įrenginiu bei dvejų vertikalių rotorių susmulkintų šiaudų skleistuvu. Tyrimai atlikti 2023 m. rugpjūčio mėn., Kėdainių rajone „Žibartonių“ ŽŪB, vasarinių miežių lauke. Tyrimams atlikti naudojamos 500 × 380 mm grūdų, pelų ir susmulkintų šiaudų surinkimo dėžutės, kurių aukštis – 100 mm. Tyrimų metu, javų kombainui dirbant, prieš vairuojamuosius kombaino ratus išdėstomos 9 surinkimo dėžutės. Dėžutės metamos ne tik pjaunamosios plotyje (kas 2 m nuo javų kombaino vidurio), bet ir už jos ribų į abi puses 1 ir 2 m atstumu (ant 8–10 cm ražienos ir dar nenukultame lauke). Kiekvienas bandymas pakartotas po 3 kartus. Tyrimais nustatyta, kad esant  $8,00 \pm 0,86 \text{ m s}^{-1}$  šoninio vėjo greičiui, 86 % grūdų pasiskleidžia nuo kombaino vidurio pavėjui, o apie 14 % grūdų nuskrenda prieš vėjo kryptį. Šoninio vėjo greičiui siekiant  $2,00 \pm 0,48 \text{ m s}^{-1}$  grūdai apytiksliai pasiskleidžia po 50 % į abi puses nuo kombaino vidurio. Įvertinus gautus miežių grūdų pasiskirstymo duomenis galima teigti, kad didelę įtaką grūdų pasiskirstymui už kombaino skleistuvo turi ne vien tinkamas skleistuvo sureguliuavimas, bet ir šoninio vėjo stiprumas.

**Reikšminiai žodžiai:** šiaudų smulkintuvai, susmulkintų šiaudų skleistuvai, miežių grūdai, derliaus nuėmimas.

### Įvadas

Lietuvoje pagrindinė žemės ūkio augalų derliaus nuėmimo technologija yra tiesioginis javų kombainavimas. Jai, kaip ekonomiškiausiai, yra skiriamas didžiausias dėmesys. Be varpinių javų, šalyje auginami ir kiti ilgos vegetacijos, derlių subrandinantys rudenį arba netolygaus sėklų brandimo augalai. Tai sėklinės daugiametės žolės, lubinai, grikliai, vasariniai rapsai ir daržovių sėklojai (Špokas, 1995). Javų nuėmimo kombainai skirstomi pagal būgno tipą: su tangentiniu arba ašiniu būgnu. Pagal grūdų atskyrimą iš šiaudų: su klavišniais kratikliais arba su rotoriniais šiaudų separatoriais (Butkus ir kt., 2012). Visų savaeigių javų kombainų tikslas yra kuo kokybiškiau ir greičiau iškulti kuo didesnį kiekį javų. Nupjauti javai patenka į kūlimo aparatą, kuriame yra iškuliami. Iškulti grūdai patenka ant valytuvo, kur yra išvalomi, ir keliauja į grūdų bunkerį. Iškultų javų šiaudai patenka į smulkintuvą, kuriame yra susmulkinami. Šiaudus ražienoje paskleidžia smulkintuvo peilių sudarytas oro srautas. Oro srauto nešamas šiaudų pjaustyns, praeidamas pro pasyvius kreipiklius, pasklinda ražienoje. Naudojant smulkintuvus su šiaudų kreipikliais, šiaudai ražienoje pasiskirsto netolygiai. Didėjant šiaudų paskleidimo pločiui, susmulkintų šiaudų ir grūdų mišinio didesnė dalis pasiskleidžia pjaunamo javų ruožo (pjaunamosios) šonuose. Kai kombainas yra su platesne negu 6 m pjaunamąja, šiaudų pjaustinį ražienoje tolygiau paskleidžia rotoriniai skleistuvai.

Svarbiausias javų kombainų vertinimo rodiklis yra jo laidumas, t. y. leistinas tiekiamas javų ( $\text{kg s}^{-1}$ ) arba šiaudų ( $\text{t h}^{-1}$ ) srautas, kai dar neviršijama leistinoji grūdų nuostolių riba (1 %). Kiti taip pat svarbūs darbo kokybės vertinimo rodikliai yra grūdų nuostoliai, sužalojimas, priemaišų dalis grūduose. Kombainuose šiaudų kratymo ir nuokulų valymo sistemų veikimo kiekybiniai rodikliai labiausiai priklauso nuo kūlimo aparato sureguliuavimo parametrų. Svarbiausi kūlimo aparato darbo vertinimo rodikliai yra nuokulų separacija pro pobūgnį ir jų sudėtis, grūdų sužalojimas, kūlimo grūdų nuostoliai bei su šiaudais ant kratiklių patenkančių grūdų kiekis (Špokas ir kt., 2004). Šiaudų smulkinimo ir jų paskleidimo kokybė yra taip pat svarbus derliaus nuėmimo javų kombainais kokybės parametras (Yagelsky, Rodimtsev, 2015; Maslov, Trubilin, 2016). Dėl nevienodo šiaudų susmulkinimo esant daug smulkių susmulkintų šiaudų stiebų gali kilti problemų juos paskleidžiant ražienoje. Susmulkintų šiaudų mišinyje esant daug ilgų stiebų, kyla problemų vykdant tolimesnes žemės dirbimo operacijas (Kattenstroth ir kt., 2012).

Visiškai išvengti grūdų nuostolių neįmanoma, tačiau jie didele dalimi priklauso nuo kombainininko kvalifikacijos. Dirbdamas kombainininkas privalo ne tik keisti kombaino važiuojimo greitį, ražienos aukštį, pjaunamosios technologinius parametrus, bet ir periodiškai patikrinti kombaino grūdų nuostolius (Špokas, Žebrauskas, 2020). Susmulkintų šiaudų, pelų ir grūdų mišinio pasiskleidimui ražienoje nustatyti, kaip ir grūdų nuostoliams, galima

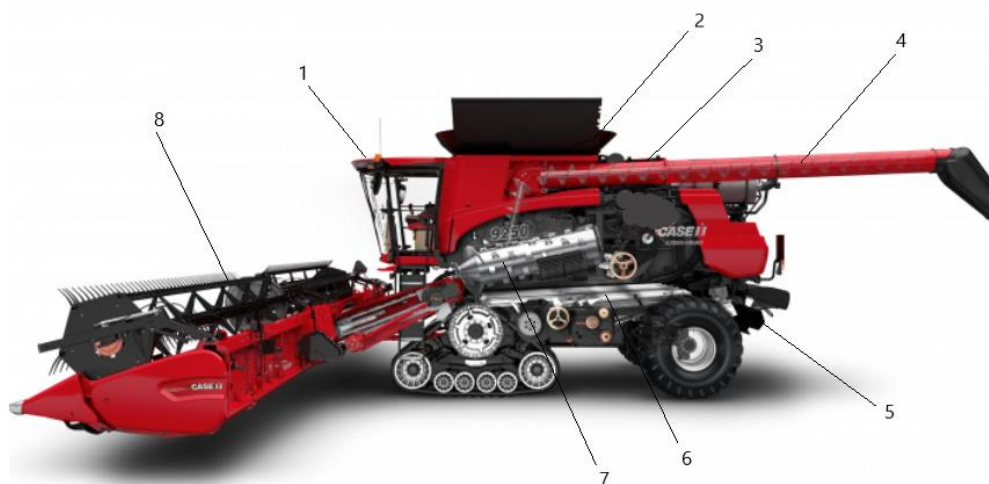
naudoti įvairias priemones: metalinius ar plastmasinius lovelius, kūgio formos indelius (Špokas, 1995) arba juostas (Juostas ir kt., 2022). Važiuojant kombainui, loveliai dedami rankiniu būdu prieš vairavimo ratus. Juos uždengia krentantis susmulkintų šiaudų, pelų ir grūdų mišinys. Ant lovelio esantys šiaudai ir pelai rankomis arba elektriniu valikliu atidžiai atskiriami nuo grūdų. Lovelyje esantys grūdai suskaičiuojami, sveriami bei, įvertinus javų derlingumą, nustatomi grūdų nuostoliai (Šotnar ir kt., 2018).

Siekiant tiksliau nustatyti grūdų nuostolius, loveliai turėtų būti išdėstomi per visą javų kombaino pjaunamosios plotį. Tikėtina, kad grūdų sklaida pjaunamosios plotyje nėra vienoda. Be to, tiek šiaudų, tiek ir grūdų sklaidai reikšmingą įtaką, tikėtina, turi ir šoninio vėjo greitis.

**Tyrimo tikslas** – palyginti kombaine iškultų ir skleistuvo rotoriais skleidžiamų miežių grūdų pasiskirstymą ražienoje (pjaunamosios plotyje), priklausomai nuo šoninio vėjo greičio.

## Tyrimų objektas ir metodai

Tyrimo objektas. Javų kombainas *Case-IH 9250 AFS* su rotoriniu kūlimo-separavimo įrenginiu (žr. 1 pav.). Javų kombaine sumontuotas 6 cilindrų,  $15900 \text{ cm}^{-3}$  darbinio tūrio, dyzelinis variklis, kurio galia – 410 kW. Kombaine įmontuotas 2,638 m ilgio ir 0,762 m skersmens kūlimo ir separavimo rotorius, kurio sukimosi greitį galima keisti nuo  $220 \text{ min}^{-1}$  iki  $1180 \text{ min}^{-1}$ . Grūdų valymo sistemos (sietų) bendras plotas siekia  $6,5 \text{ m}^2$ . Javų kombaine įrengtas šiaudų smulkintuvas su 120 standžiai fiksuotų peilių ir 40 priešpeilių (žr. 2 pav.). Už smulkintuvo yra dviejų vertikalų rotorių susmulkintų šiaudų skleistuvas (žr. 3 pav.). Nuimant javų derlių, kai šiaudai nėra smulkinami, o tik klojami į pradalgės, šiaudų smulkintuvo rotorius sukamas  $800 \text{ min}^{-1}$  dažniu. Tuomet jis atlieka tik šiaudų transportavimo funkciją. Kai šiaudai yra smulkinami ir skleidžiami ant ražienos, kombaino pjaunamosios plotyje smulkintuvo rotoriaus greitis padidinamas iki  $3000 \text{ min}^{-1}$ . Javų kombainas sukomplektuotas su 9 metrų pločio pjaunamąja.



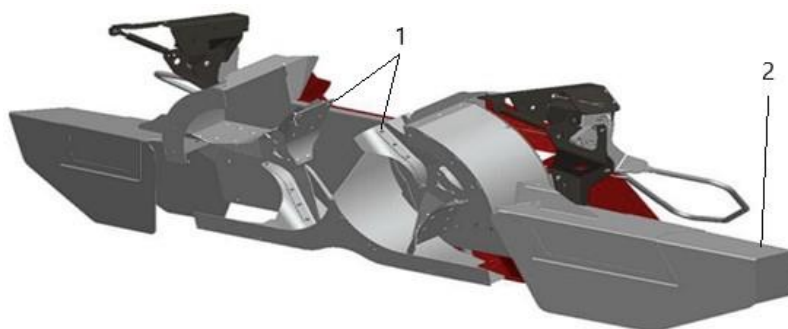
**1 pav.** Javų kombainas *Case - IH 9250 AFS*: 1 – operatoriaus kabina ; 2 – grūdų bunkeris; 3 – variklis; 4 – grūdų iškrovimo sraigė; 5 – šiaudų skleistuvas; 6 – grūdų valytuvas; 7 – kūlimo-separavimo rotorius; 8 – javų pjaunamoji

**Figure 1:** Combine harvester *Case - IH 9250 AFS*: 1 – operator's cab; 2 – grain hopper; 3 – engine; 4 – grain unloading auger; 5 – straw spreader; 6 – grain cleaner; 7 – threshing and separating rotor; 8 – cutter bar



**2 pav.** Javų kombaino *Case - IH 9250 AFS* 120 fiksuotų peilių smulkintuvas: 1 – peiliai; 2 – priešpeiliai

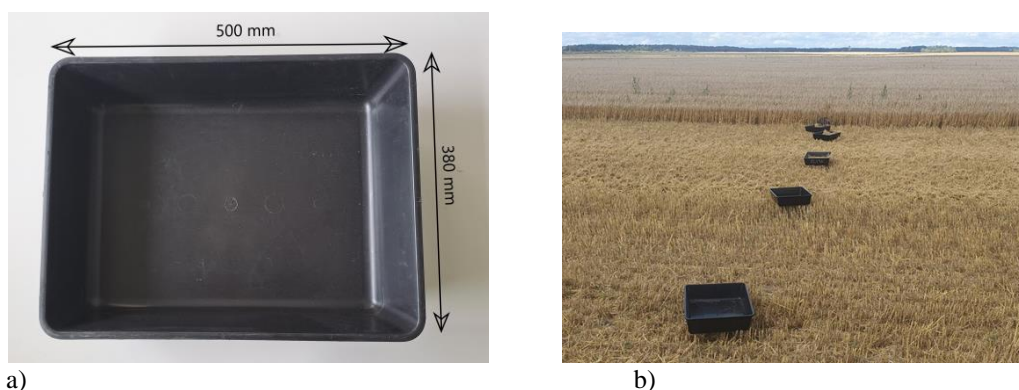
**Figure 2:** Combine harvester *Case - IH 9250 AFS* 120 fixed blade chopper: 1 – blades; 2 – counter blades



**3 pav.** Javų kombaino Case - IH 9250 AFS 2 vertikalių rotorių susmulkintų šiaudų skleistuvas: 1 – vertikalių skleistuvų lenktos mentės; 2 – reguliuojami susmulkintų šiaudų kreipikliai

**Figure 3:** Combine harvester Case - IH 9250 AFS 2 vertical rotor chopped straw spreader: 1 – vertical spreader curved blades; 2 – variable chopped straw deflectors

Tyrimai atlikti 2023 m. rugpjūčio mėn., Kėdainių rajone, „Žibartonių“ ŽŪB. Tyrimams atlikti naudojamos  $500 \times 380$  mm šiaudų, pelų ir susmulkintų šiaudų surinkimo dėžutės, kurių aukštis – 100 mm. Javų kombainui Case-IH 9250 AFS dirbant vasarinių miežių lauke vienodu darbinio  $7 \text{ km h}^{-1}$  greičiu ir vienodais darbiniais parametrais prieš vairuojamuosius javų kombaino ratus išdėstomos 9 surinkimo dėžutės (žr. 4 pav.).

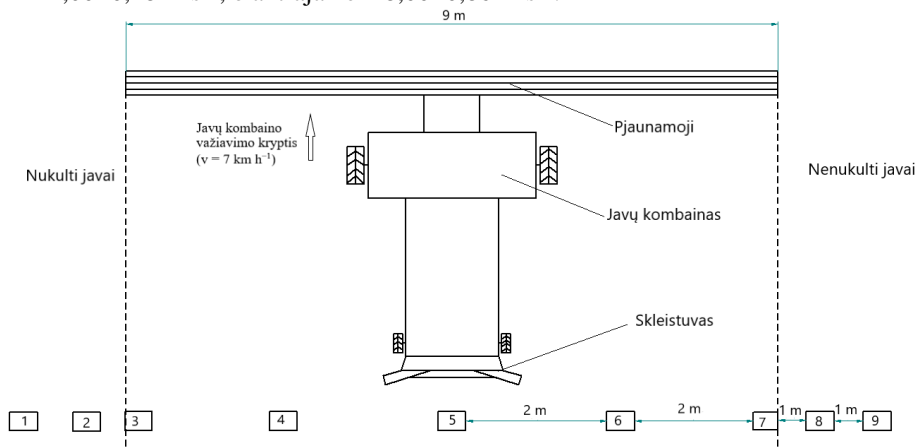


**4 pav.** Susmulkintų šiaudų pelų ir grūdų mišinio surinkimo dėžutė : a) dėžutės matmenys; b) dėžučių išdėstymas lauke, miežių grūdų sklaidai tirti

**Figure 4** Collection box for crushed straw chaff-grain mixture: (a) dimensions of the box; (b) arrangement of the boxes in the field for barley grain dispersal analysis

Bandymo sąlygos: tyrimai atlikti vasarinių miežių javų lauke, atviroje vietoje; atlikimui pasirinktas laikas, kai vėjas yra visiškai nurimęs (štilius) bei kai šoninio vėjo greitis buvo pakilęs. Vėjo greičiui matuoti, kaip referencinis prietaisas, naudotas sparnelinis anemometras DELTAOHM DO9847.

Tyrimų metu, javų kombainui dirbant, prieš vairuojamuosius kombaino ratus išdėstomos surinkimo dėžutės (žr. 5 pav.). Dėžutės metamos ne tik pjaunamosios plotyje (kas 2 metrus nuo javų kombaino vidurio), bet ir už jos ribų į abi puses 1 ir 2 metrų atstumu (ant 8–10 cm aukščio ražienos ir dar nenukultame lauke). Pirmajame tyrime šoninio vėjo greitis siekė  $2,00 \pm 0,48 \text{ m s}^{-1}$ , o antrajame –  $8,00 \pm 0,86 \text{ m s}^{-1}$ .



**5 pav.** Dėžučių, skirtų tirti miežių grūdų sklaidą išdėstymo schema

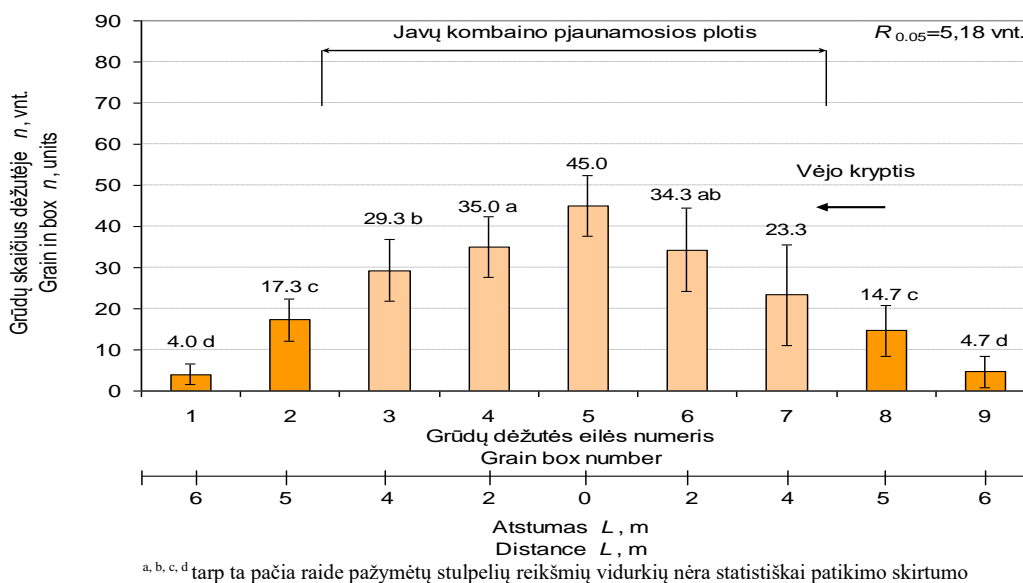
**Figure 5** Location scheme of the boxes for the barley grain dispersion analysis

Siekiant ištirti grūdų sklaidą už javų kombaino, buvo reikalinga susmulkintų šiaudų, pelų ir grūdų mišinyje turėti didesnę kiekį grūdų. Tuo tikslu, prieš atliekant tyrimą, buvo uždarytas viršutinis kombaino valytuvo sietas. Taigi, dalis iškultų grūdų pateko į skleistuvą.

Kiekvienas bandymas pakartotas po 3 kartus. Tyrimų duomenys apdoroti statistiškai: apskaičiuoti aritmetiniai vidurkiai ir jų pasikliauties intervalai (priėmus 95 % tikimybę).

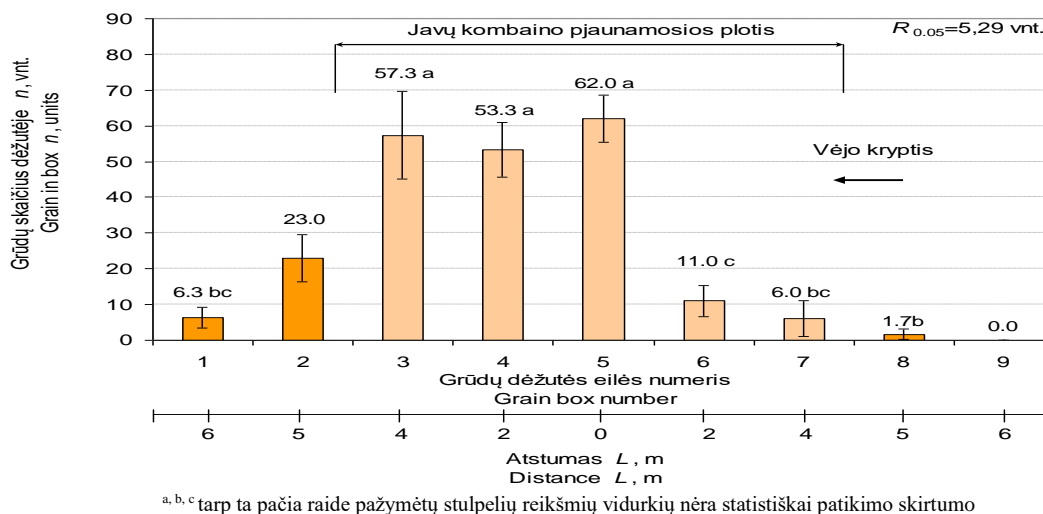
## Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Nustatant grūdų sklaidą ražienoje tyrimams buvo naudojamas *Case-IH 9250 AFS* javų kombainas, kuriame sumontuoti dviejų rotorių vertikalūs susmulkintų šiaudų skleistuvai. Tyrimais nustatyta, kad esant  $2,00 \pm 0,48 \text{ m s}^{-1}$  greičio šoniniam vėjui, miežių grūdai už kombaino pasiskirsto apytiksliai tolygiai – po 50 % į abi puses nuo kombaino vidurio (žr. 6 pav.). Pastebėta, kad javų kombaino pjaunamosios plotyje (9 m) paskleidžiama tik apie 80 % visų grūdų (daugiausia ties kombaino viduriu – apie 22 % grūdų). Po 10 % grūdų pasiskleidžia į abi puses už pjaunamosios pločio (tiek nenukultame lauke, tiek ražienoje). Nustatyta, kad javų kombainas su 9 m pjaunamąja grūdus paskleidžia net 12 m plotyje. Taigi,  $2,00 \pm 0,48 \text{ m s}^{-1}$  greičio šoninis vėjas beveik neturi įtakos grūdų pasiskleidimui už javų kombaino, kadangi grūdai pasiskleidžia tolygiai į abi puses.



**6 pav.** Miežių grūdų sklaida ražienoje esant  $2,00 \pm 0,48 \text{ m s}^{-1}$  greičio šoniniam vėjui  
**Figure 6** Dispersion of barley grains in stubble at  $2.00 \pm 0.48 \text{ m s}^{-1}$  lateral wind speed

Išanalizavus tyrimų rezultatus galima teigti, kad esant  $8,00 \pm 0,86 \text{ m s}^{-1}$  greičio šoniniam vėjui, 86 % miežių grūdų pasiskleidžiami javų kombaino pjaunamosios plotyje (žr. 7 pav.).



**7 pav.** Miežių grūdų sklaida ražienoje esant  $8,00 \pm 0,86 \text{ m s}^{-1}$  greičio šoniniam vėjui  
**Figure 7** Dispersion of barley grains in stubble at  $8.00 \pm 0.86 \text{ m s}^{-1}$  lateral wind speed

Didžioji dalis (apie 78 %) grūdų pasiskirsto pjaunamosios plotyje nuo kombaino vidurio pavėjui. Apie 13 % visų miežių grūdų paskleidžiami už javų kombaino pjaunamosios pločio, pavėjui (1 m atstumu apie 10 % grūdų, o 2 m atstumu – apie 3 %). Prieš šoninį vėją nuo javų kombaino vidurio paskleidžiama tik apie 9 % miežių grūdų (8 % grūdų paskleidžiami nuo kombaino vidurio pjaunamosios plotyje ir apie 1 % grūdų prieš vėjo kryptį 1 m atstume už pjaunamosios pločio). Todėl galima teigti, kad  $8,00 \pm 0,86 \text{ m s}^{-1}$  greičio šoninis vėjas turi didelę įtaką grūdų pasiskleidimui už skleistuvo (javų kombaino), kadangi grūdai pasiskleidžia netolygiai į abi puses.

Įvertinus gautus miežių grūdų pasiskirstymo duomenis galima patvirtinti hipotezę, kad ženklia įtaką grūdų pasiskirstymui už kombaino skleistuvo turi ne vien tinkamas skleistuvo suregulavimas, bet ir šoninio vėjo stiprumas.

## Išvados

1. Grūdų sklaidos tyrime nustatyta, kad esant  $8,00 \pm 0,86 \text{ m s}^{-1}$  greičio šoniniam vėjui, 86 % grūdų pasiskleidžia nuo kombaino vidurio pavėjui, o apie 14 % grūdų nusviedžiami prieš vėjo kryptį. Šoniniam vėjui esant  $2,00 \pm 0,48 \text{ m s}^{-1}$  greičio grūdai apytiksliai pasiskleidžia po 50 % į abi puses nuo kombaino vidurio. Nustatyta, kad javų kombainas su 9 m pjaunamąja ir dviejų rotorių vertikaliais susmulkintų šiaudų skleistuvais grūdus paskleidžia net 12 m plotyje.

2. Įvertinus gautus miežių grūdų pasiskirstymo duomenis galima teigti, kad reikšmingą įtaką grūdų pasiskirstymui už javų kombaino skleistuvo turi ne vien tinkamas skleistuvo suregulavimas, bet ir šoninio vėjo stiprumas.

## Literatūra

1. Butkus, V., Domeika, R., Jasinskas, A., Martinkus, M., Špokas, L., & Vaičiukevičius, E. 2012. *Derliaus dorojimo technologijų inžinerija* [Elektroninis išteklius]: mokomoji knyga
2. Yagelsky, M.Yu., Rodimtsev, C.A. 2015. Some opportunities for updating agrotechnological requirements to straw choppers of grain combine harvesters. *Agrotechnics and energy supply*, Vol. 3(7), p. 239–247.
3. Juostas, A., Jotautienė, E., Balčiūnas, D., Žiukas, K. 2022. Kombaino šiaudų smulkintuvo paskleidimo tolygumo dirvos paviršiuje tyrimas. *Žmogaus ir gamtos sauga 2022: mokslo straipsnių rinkinys*. VDU, LMA. – Kaunas-Akademija, 2022, p. 37–40.
4. Kattenstroth, R., Harms, H. H., Frerichs, L. 2012. Influence of the straw alignment on the cutting quality of a combine's straw chopper. *Landtechnik*, Vol. 67(4), p. 244–246.
5. Maslov, G. G., Trubilin, I. G. 2016. For grounding the grain combine harvester's parameters and their efficiency. *Agricultural machines and technologies*. Vol. 2, p. 28–31.
6. Šotnar, M., Pospíšil, J., Mareček, J., Dokukilová, T., Novotný, V. 2018. Influence of the combine harvester parameter settings on harvest losses. *Acta technologica agriculturae*, Vol. 21(3), p. 105–108.
7. Špokas, L. A. 1995. Javų pjūtės grūdų nuostoliai, jų kitimo dėsninčiai ir mažinimo būdai. Kaunas-Akademija, p. 123.
8. Špokas, L. A., Butkus, V., Domeika, R. 2004. Kviečių 'Zentos' grūdų separacijos kitimo vienbūgnyje kūlimo aparate tyrimai. *Žemės ūkio inžinerija: mokslo darbai*. Vol. 36, No. 1, p. 5–19.
9. Špokas, L. A., Žebrauskas, G. 2020. Kaip apskaičiuoti grūdų nuostolius ir jų išvengti. *Mano ūkis*. Nr. 8. Interaktyvus. Prieiga per internetą: <https://www.manoukis.lt/mano-ukis-zurnalas/2020/08/kaip-apskaiciuoti-grudu-nuostolius-ir-ju-ivsengti/> (žiūrėta 2024 02 07).

## THE INFLUENCE OF LATERAL WIND SPEED ON THE UNIFORMITY OF GRAIN DISPERSION IN THE STUBBLE BEHIND THE COMBINE HARVESTER

### Summary

The hypothesis of this study is that the dispersion of grain is not uniform over the cutting area of a combine harvester. In order to more accurately determine grain losses, troughs (collection boxes) should be placed across the entire cutting width of the combine harvester and even beyond. In addition, the speed of the lateral wind is likely to have a significant influence on both straw and grain dispersion. The aim of this study is to compare the distribution of barley grain in the stubble (cutting width) as a function of the lateral wind speed between barley grain extracted by the combine harvester and barley grain spread by the spreader rotors.

A Case-IH 9250 AFS combine harvester with a rotary threshing-separation device and a twin-rotor vertical chopped straw spreader was investigated. The research was carried out in 2023 in a spring barley field in the Kėdainiai district of 'Žibartonių' agricultural company. The boxes used for the tests were  $500 \times 380 \text{ mm}$  grain, chaff and chopped straw collection boxes with a height of 100 mm. The time chosen for the tests was when the lateral wind was  $2,00 \pm 0,48 \text{ m s}^{-1}$  and when the lateral wind speed had increased to  $8,00 \pm 0,86 \text{ m s}^{-1}$ . In the tests, nine collection boxes are positioned in front of the steering wheels of the combine harvester while it is running. The boxes are dropped not only within the cutting area (every 2 metres from the centre of the combine harvester) but also outside the harvester in both directions at a distance of 1 and 2 metres (on stubble of 8 to 10 cm and in the unharvested field). Each test was repeated

3 times. The tests showed that in a lateral wind of  $8.00 \pm 0.86 \text{ m s}^{-1}$ , 86% of the grain is spread from the middle of the combine to the windward side and about 14% of the grain flies against the wind direction. In a lateral wind of  $2.00 \pm 0.48 \text{ m s}^{-1}$ , the grain is approximately 50% spread in both directions from the centre of the combine. The grain distribution of barley grain, as shown by the data obtained, shows that the distribution of grain behind the combine harvester spreader is influenced to a large extent not only by the correct adjustment of the spreader, but also by the strength of the lateral wind.

**Keywords:** straw chopper, chopped straw spreader, barley grain, harvesting.