

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Blaž RINDERER

**NATANČNOST ODLAGANJA SEMENA PRI
MEHANSKI SEJALNICI ZA STRNJENO SETEV**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij - 1. stopnja

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Blaž RINDERER

**NATANČNOST ODLAGANJA SEMENA PRI MEHANSKI
SEJALNICI ZA STRNJENO SETEV**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij - 1. stopnja

**THE ACCURACY OF SEED DEPOSITION WITH THE
MECHANICAL DRILL SEEDER**

B. SC. THESIS
Professional Study Programmes

Ljubljana, 2016

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega strokovnega študija Kmetijstvo – agronomija in hortikultura – 1. stopnja. Delo je bilo opravljeno na Katedri za kmetijsko tehniko, fitomedicino, poljedelstvo, pašništvo in travništvo.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je za mentorja diplomskega dela imenovala doc. dr. Filipa VUČAJNKA.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Gregor OSTERC
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: doc. dr. Filip VUČAJNK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Članica: doc. dr. Darja KOCJAN AČKO
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

Podpisani izjavljam, da je diplomsko delo rezultat lastnega raziskovalnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačano, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Blaž RINDERER

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dv1
DK	UDK 631.334:633.11/.12:633.853.492(043.2)
KG	kmetijski stroji/sejalnice/strnjena setev/ozimna pšenica/ozimni ječmen/ajda/ oljna ogrščica
AV	RINDERER, Blaž
SA	VUČAJNK, Filip (mentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
LI	2016
IN	NATANČNOST ODLAGANJA SEMENA PRI MEHANSKI SEJALNICI ZA STRNJENO SETEV
TD	Diplomsko delo (Visokošolski strokovni študij - 1. stopnja)
OP	IX, 40 str., 15 pregl., 36 sl., 20 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Izvedli smo stacionarni preizkus mehanske sejalnice za strnjeno setev z ozimno pšenico, ozimnim ječmenom, ajdo in oljno ogrščico na vodoravni podlagi, na 10 % nagibu sejalnice naprej in nazaj ter 10 % nagibu sejalnice levo in desno. Na vodoravni podlagi ni bila prečna porazdelitev mase semena po sejalnih ceveh nič boljša v primerjavi z ostalimi položaji sejalnice pri vseh uporabljenih rastlinskih vrstah. Prečna masna porazdelitev semena je bila zelo dobra pri ozimnem ječmenu, pri ozimni pšenici in ajdi dobra, medtem ko pri oljni ogrščici dobra do zadovoljiva. Ugotavljali smo tudi natančnost setve na polju pri dveh hitrostih setve na traktometru, in sicer 8 km/h in 11 km/h oz. 13 km/h ter zdrs pogonskega kolesa sejalnice. Pri ozimnem ječmenu je bilo zelo majhno odstopanje (< 2,5 %) dejanske količine semena od nastavljene količine, pri ozimni pšenici je bilo odstopanje majhno (od 2,5 do 5 %), medtem ko je bilo pri setvi ajde in oljne ogrščice odstopanje majhno (od 2,5 do 5 %) do dopustno (5 do 10 %). S povečanjem vozne hitrosti se ni poslabšala natančnost setve in tudi ne odstopanje dejanske količine semena od nastavljene. Zdrs pogonskega kolesa sejalnice se ni povečal pri večji vozni hitrosti setve.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Dv1

DC UDC 631.334:633.11/.12:633.853.492(043.2)

CX agricultural machinery/drill seeders/drilling/winter wheat/winter barley/
buckwheat/oilseed rape

AU RINDERER, Blaž

AA VUČAJNK, Filip (supervisor)

PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101

PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy

PY 2016

TI THE ACCURACY OF SEED DEPOSITION WITH THE MECHANICAL DRILL
SEEDER

DT B. Sc. Thesis (Professional Study Programmes)

NO IX, 40 p., 15 tab., 36 fig., 20 ref.

LA sl

AL sl/en

AB A stationary test of the mechanical drill seeder used for the drilling of winter wheat, winter barley, buckwheat and oilseed rape was performed on a horizontal foundation, where the drill seeder was leaned forwards and backwards by 10 % and to the left and the right by 10 %. On such a foundation, the transverse distribution of the seed mass in the seeding tubes was not any better than in the other positions taken by the drill seeder regardless of the crop species used. The transverse mass distribution of seeds was very good with winter barley, good with winter wheat and buckwheat, whereas, with oilseed rape, it was only good/acceptable. The accuracy of drilling on the trial field at two different drilling speeds on the tractometer (8 km/h and 11 km/h or 13 km/h) and the slip of the drill seeder's drive wheel were also determined. The deviation of the actual seed quantity from the set seed quantity was very small with winter barley (< 2.5 %), small with winter wheat (between 2.5 and 5 %), whereas, with buckwheat and oilseed rape, it was small (between 2.5 and 5 %)/acceptable (between 5 and 10 %). The drilling accuracy and the deviation of the actual seed quantity from the set one did not worsen with the increase of the drilling speed. Moreover, the slip of the drill seeder's drive wheel did not increase at a higher driving speed during the drilling.

KAZALO VSEBINE

	str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VIII
1 UVOD	1
1.1 VZROK ZA RAZISKAVO	1
1.2 NAMEN POSKUSA	1
1.3 DELOVNE HIPOTEZE	1
2 PREGLED OBJAV	2
2.1 ZAHTEVE PRI SEJALNICAH ZA STRNJENO SETEV	2
2.2 OPIS MEHANSKE SEJALNICE ZA STRNJENO SETEV	2
2.2.1 Izvedbe ogrebal za semena pri mehanskih sejalnicah za strnjeno setev	3
2.3 PREČNA RAZPOREDITEV MASE SEMENA GLEDE NA SMER VOŽNJE (STACIONARNI PREIZKUS)	5
2.4 NATANČNOST SETVE PRI DINAMIČNEM PREIZKUSU	7
2.5 POSTOPEK NASTAVITVE KOLIČINE SEMENA (KG/HA) PRI MEHANSKIH SEJALNICAH ZA STRNJENO SETEV	8
2.6 RAZVOJ PRI MEHANSKIH SEJALNICAH ZA STRNJENO SETEV	10
3 MATERIAL IN METODE	11
3.1 PREČNA PORAZDELITEV MASE SEMENA	11
3.2 SEJALNICA V POSKUSU	13
3.3 STATIČNI PREIZKUS PREČNE MASNE PORAZDELITVE SEMENA	15
3.3.1 Ozimna pšenica	15
3.3.2 Ozimni ječmen	15
3.3.3 Oljna ogrščica	15
3.3.4 Ajda	16
3.4 POSKUSNA ZASNOVA PRI STACIONARNEM PREIZKUSU	16
3.5 POSKUSNA ZASNOVA PRI DINAMIČNEM PREIZKUSU SEJALNICE ..	17
3.6 DINAMIČNI PREIZKUS SEJALNICE	17
3.6.1 Priprava semena	17

3.6.2	Nastavitev sejalnice pred setvijo	18
3.6.3	Izvedba setve	18
3.6.3.1	Meritve zdrsa pogonskega kolesa pri setvi	19
3.6.3.2	Merilni sistem za merjenje števila vrtljajev kolesa sejalnice	21
3.7	OBDELAVA PODATKOV	21
4	REZULTATI	22
4.1	PREČNA PORAZDELITEV MASE SEMENA PO POSAMEZNIH SEJALNIH CEVEH PRI OZIMNI PŠENICI	22
4.2	PREČNA PORAZDELITEV MASE SEMENA PO POSAMEZNIH SEJALNIH CEVEH PRI OZIMNEM JEČMENU	25
4.3	PREČNA PORAZDELITEV MASE SEMENA PO POSAMEZNIH SEJALNIH CEVEH PRI AJDI	27
4.4	PREČNA PORAZDELITEV MASE SEMENA PO POSAMEZNIH SEJALNIH CEVEH PRI OLJNI OGRŠČICI	30
4.5	DINAMIČNI PREIZKUS SEJALNICE NA POLJU	32
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	34
5.1	RAZPRAVA	34
5.2	SKLEPI	36
6	POVZETEK	38
7	VIRI	39
	ZAHVALA	

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Prečna porazdelitev mase semena pri stacionarnem preizkusu sejalnice (Hörner in Mumme, 2007).	5
Preglednica 2: Prečna razporeditev mase semena pri 6 modelih mehanskih sejalnic za strnjeno setev (Eikel, 2011a).	6
Preglednica 3: Natančnost setve na polju (Hörner in Mumme, 2007).	7
Preglednica 4: Prečna porazdelitev mase semena pri stacionarnem preizkusu (Hörner in Mumme, 2007).	7
Preglednica 5: Nastavitve količine semena pri poskusu.	14
Preglednica 6: Nastavitev sejalnice pri ozimni pšenici.	15
Preglednica 7: Nastavitev sejalnice pri ozimnem ječmenu.	15
Preglednica 8: Nastavitev sejalnice pri oljni ogrščici.	15
Preglednica 9: Nastavitev sejalnice pri ajdi.	16
Preglednica 10: Položaj sejalnice in število ponovitev pri stacionarnem preizkusu porazdelitve mase semena.	16
Preglednica 11: Fizikalne lastnosti tal.	18
Preglednica 12: Nastavitev sejalnice pri dinamičnem preizkusu pred setvijo ozimne pšenice in ozimnega ječmena.	18
Preglednica 13: Nastavitev sejalnice pri dinamičnem preizkusu pred setvijo ajde in oljne ogrščice	18
Preglednica 14: Tehnični podatki traktorja pri dinamičnem poizkusu.	19
Preglednica 15: Rezultati meritev pri dinamičnem preizkusu sejalnice s standardnimi napakami pri različnih rastlinskih vrstah	33

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Elementi sejalnici za strnjeno setev (Bernik, 2005).	3
Slika 2: Odgrebalo za seme z ravnim ozobljenjem (a), s poševnim ozobljenjem (b), z zobci v treh vrstah (c) in žlebičasto odgrebalo s pomičnim zapiralom (d) na mehanskih sejalnicah za strnjeno setev (Eikel, 2011b)	4
Slika 3: Bodičasto odgrebalo v dveh vrstah za semena običajne velikosti (a) in za drobna semena (b).....	4
Slika 4: 6 stopenjski menjalnik upravljamo s prestavno ročico pri sejalnicah z žlebičastem odgrebalom, proizvajalca Kuhn (Eikel, 2011b).	5
Slika 5: Prečna porazdelitev mase semena pri sejalnici Kverneland mc-drill Pro 300 (Eikel, 2011a).	6
Slika 6: Nastavitev količine semena pri mehanski sejalnici za strnjeno setev po korakih 1–8 (Böck, 2015).	9
Slika 7: Hidravlična zgornja upornica za nagib naprej in nazaj.....	11
Slika 8: Dvignjen traktor in mehanska sejalnica pri poskusu za 10 % v desno (5,7°) ...	12
Slika 9: Meritev prečne porazdelitve mase semena po posameznih sejalnih ceveh pri ozimni pšenici	12
Slika 10: Sestavni deli sejalnice	13
Slika 11: Sestavni deli sejalnice.	14
Slika 12: Računska plošča.	14
Slika 13: Poskusna zasnova pri dinamičnem preizkusu sejalnice.....	17
Slika 14: Namestitev induktivnega senzorja na kolesu sejalnice.....	20
Slika 15: Merilna naprava v traktorju.....	20
Slika 16: Blokovna shema merilnega sistema za merjenje števila vrtljajev kolesa sejalnice.....	21
Slika 17: Prečna porazdelitev mase semena ozimne pšenice pri vodoravnem položaju sejalnice.	22
Slika 18: Prečna porazdelitev mase semena ozimne pšenice pri nagibu sejalnice v levo.....	23
Slika 19: Prečna porazdelitev mase semena ozimne pšenice pri nagibu sejalnice v desno.	23
Slika 20: Prečna porazdelitev mase semena ozimne pšenice pri nagibu sejalnice naprej.....	24
Slika 21: Prečna porazdelitev mase semena ozimne pšenice pri nagibu sejalnice nazaj.	24

Slika 22:	Prečna porazdelitev mase semena ozimnega ječmena pri vodoravnem položaju sejalnice.	25
Slika 23:	Prečna porazdelitev mase semena ozimnega ječmena pri nagibu sejalnice v levo.	25
Slika 24:	Prečna porazdelitev mase semena ozimnega ječmena pri nagibu sejalnice v desno.	26
Slika 25:	Prečna porazdelitev mase semena ozimnega ječmena pri nagibu sejalnice naprej.	26
Slika 26:	Prečna porazdelitev mase semena ozimnega ječmena pri nagibu sejalnice nazaj.	27
Slika 27:	Prečna porazdelitev mase semena ajde v vodoravnem položaju sejalnice.	27
Slika 28:	Prečna porazdelitev mase semena ajde pri nagibu sejalnice v levo	28
Slika 29:	Prečna porazdelitev mase semena ajde pri nagibu sejalnice v desno.	28
Slika 30:	Prečna porazdelitev mase semena ajde pri nagibu sejalnice naprej.	29
Slika 31:	Prečna porazdelitev mase semena ajde pri nagibu sejalnice nazaj.	29
Slika 32:	Prečna porazdelitev mase semena oljne ogrščice v vodoravnem položaju sejalnice.	30
Slika 33:	Prečna porazdelitev mase semena oljne ogrščice pri nagibu sejalnice v levo.	30
Slika 34:	Prečna porazdelitev mase semena oljne ogrščice pri nagibu sejalnice v desno.	31
Slika 35:	Prečna porazdelitev mase semena oljne ogrščice pri nagibu sejalnice naprej.	31
Slika 36:	Prečna porazdelitev mase semena oljne ogrščice pri nagibu sejalnice nazaj.	32

1 UVOD

Mehanske sejalnice za strnjeno setev morajo omogočati setev priporočene količine semena različnih poljščin. Pri tem znaša količina semena od enega do 400 kg/ha. Za kakovostno setev je potrebna tehnično brezhibna mehanska sejalnica s kakovostnimi zajemali za seme za posamezno sejnalno vrsto. Poleg omenjenega je pomembna pravilna nastavitvev gonila glavne sejalne gredi, setvene globine, tlaka na sejalnih lemežih in zagrinjalih.

1.1 VZROK ZA RAZISKAVO

Sodobne sejalnice za strnjeno setev imajo veliko hidravličnih, električnih in elektronskih sklopov, ki olajšajo setev in razbremenijo voznika. Sem sodijo različni senzorji, ki štejejo semena v sejalni cevi, mehanizmi, ki samodejno zapirajo pretok semena po sejalnih ceveh na koncu vrste. Kljub vsemu omenjenemu je odgrebalo za seme na vsaki sejalni vrsti tisto, ki najpomembneje vpliva na natančno setev tako v prečni smeri kot tudi v vzdolžni smeri glede na smer vožnje. Pri stacionarnem preizkusu sejalnice se kot merilo za natančnost masne porazdelitve semena v prečni smeri uporablja koeficient variacije. To velja za različne položaje in nagibe sejalnice, ki se pojavljajo na terenu. Za dinamični preizkus sejalnice pri setvi se ugotavlja relativno odstopanje dejanske količine semena od nastavljenega. Pri kakovostnih sejalnicah morata biti koeficient variacije in relativno odstopanje čim nižje.

1.2 NAMEN POSKUSA

Pri stacionarnem preizkusu mehanske sejalnice smo želeli ugotoviti masno prečno porazdelitev semena pri vodoravnem položaju sejalnice, 10 % nagibu sejalnice levo-desno in 10 % nagibu sejalnice naprej-nazaj. Stacionarni preizkus mehanske sejalnice smo izvajali z ozimno pšenico, ozimnim ječmenom, ajdo in oljno ogrščico. Pri dinamičnem preizkusu sejalnice na polju smo ugotavljali relativno odstopanje dejanske količine semena od nastavljenega in zdrs pogonskega kolesa pri dveh hitrostih setve. Pri setvi ozimne pšenice ter ozimnega ječmena je znašala teoretična hitrost setve 8 in 11 km/h, pri setvi ajde ter oljne ogrščice pa 8 in 13 km/h.

1.3 DELOVNE HIPOTEZE

Postavili smo naslednje delovne hipoteze:

1. Pri stacionarnem preizkusu prečne masne porazdelitve semena bo pri večji količini semena (ozimna pšenica) manjši koeficient variacije kot pri majhni količini semena (oljna ogrščica).
2. Pri stacionarnem preizkusu prečne masne porazdelitve semena bo na vodoravni podlagi manjši koeficient variacije kot na podlagi z 10-odstotnim nagibom v vse smeri ne glede na rastlinsko vrsto.
3. Pri večji vozni hitrosti setve bo natančnost odlaganja semena slabša in bo večje relativno odstopanje dejanske količine semena od nastavljenega.
4. Pri večji vozni hitrosti setve bo večji zdrs pogonskega kolesa sejalnice.

2 PREGLED OBJAV

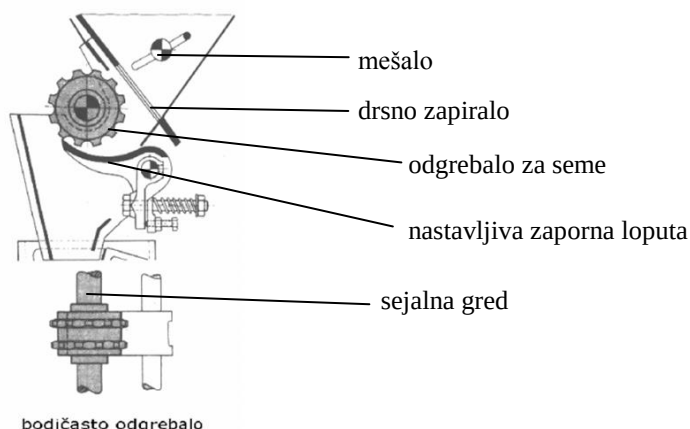
2.1 ZAHTEVE PRI SEJALNICAH ZA STRNJENO SETEV

Sejalnice za strnjeno setev morajo omogočati enakomerno razdelitev semena tako v vzdolžni smeri kot tudi v prečni smeri glede na smer vožnje. Z njimi lahko sejemo semena različnih velikosti v količini od enega do 400 kg/ha. Pri setvi mora biti nastavljena konstantna delovna globina, in sicer od 1 do 10 cm. Kocjan Ačko (2015) navaja, da mora znašati delovna globina pri setvi ozimne pšenice od 2 do 4 cm na lahkih tleh, medtem ko na težjih tleh manj. Setvena količina se mora dati na sejalnicah hitro in enostavno nastaviti. Ravno tako mora biti omogočena setev na nagnjenih poljih do 10 % nagiba. Poleg tega mora biti omogočen transport sejalnice po javnih cestah v skladu z veljavnimi predpisi (Bernik, 2005).

2.2 OPIS MEHANSKE SEJALNICE ZA STRNJENO SETEV

Zaradi lijakastega zalogovnika po celi širini sejalnice je možen enakomeren dotok semena do odgrebal za seme. Pri vsaki sejalni cevi je svoje odgrebalo, ki je pritrjeno na skupni sejalni gredi. Pogon sejalne gredi je običajno mehanski preko pogonskega kolesa (Srivastava in sod., 1993). Seme pade v zemljo s prostim padom. V zalogovniku za seme je mešalo, ki ga lahko pri določenih rastlinskih vrstah (na primer oljna ogrščica, repa, lan) izklopimo, da ne pride do sprijemanja semena. V zalogovniku se na robu nahaja še kazalnik napolnjenosti zalogovnika, ki je lahko mehanske izvedbe ali elektronske preko senzorja. Le ta nas preko delovnega računalnika v kabini pisno in zvočno opozarja, ko je potrebno zalogovnik ponovno napolniti. Senzor lahko po višini premikamo v samem zalogovniku. Pod odgrebalom je po celi širini sejalnice nameščeno nastavljiva zaporna loputa. Preko posebne ročice lahko nastavljamo razmik med nastavljivo zaporno loputo in odgrebali. To omogoča setev različnih velikosti semen. Nastavljivo zaporno loputo lahko pri praznjenju sejalnice popolnoma odpremo in omogočimo njeno hitro praznjenje. Pred vsakim odgrebalom je drsno zapiralo, s katero lahko zapiramo dotok semena do odgrebala ali ga celo popolnoma zapremo. Setvena količina se uravnava z obodno hitrostjo odgrebal za seme. Pri mehanskih sejalnicah za strnjeno setev prevladujejo bodičasta odgrebala za seme (slika 1). Za setev drobnih semen (na primer oljna ogrščica) je poleg večjega bodičastega odgrebala še manjše odgrebalo, ki se uporablja za setev drobnih semen. Pri tem prekinemo povezavo med večjim odgrebalom za seme in manjšim odgrebalom za drobna semena. Pri setvi drobnih semen se vrtijo samo manjša odgrebala, ki so z vijaki pritrjena na sejarno gred, medtem ko večja odgrebala mirujejo. Od ogrebal poteka tok semena po sejalnih ceveh do sejalnih lemežev v zemljo. Sejalni lemeži se morajo nastaviti na želeno globino setve. Za sejalnimi lemeži se nahajajo zagrinjala, ki z zemljo zagrnejo semena in poravnajo površino tal. Na zagrinjalih za seme so nameščene vijačne vzmeti. S posebnimi elementi lahko povečamo ali zmanjšamo tlak zagrinjala v tla. Tudi na sejalnih ceveh so nameščene vzmeti, s katerimi nastavljamo tlak sejalnih lemežev v tla in se prilagodimo različnim talnim razmeram. Za traktorskimi kolesi je možno namestiti nogače, ki rahljajo zbito zemljo. Sejalnice so opremljene z dvema črtaloma na levi in desni strani sejalnice. Črtala se dvigujejo in spuščajo preko hidravličnega valja. Nekatere sejalnice imajo en hidravlični valj in poseben mehanizem, ki preko žične vrvi eno

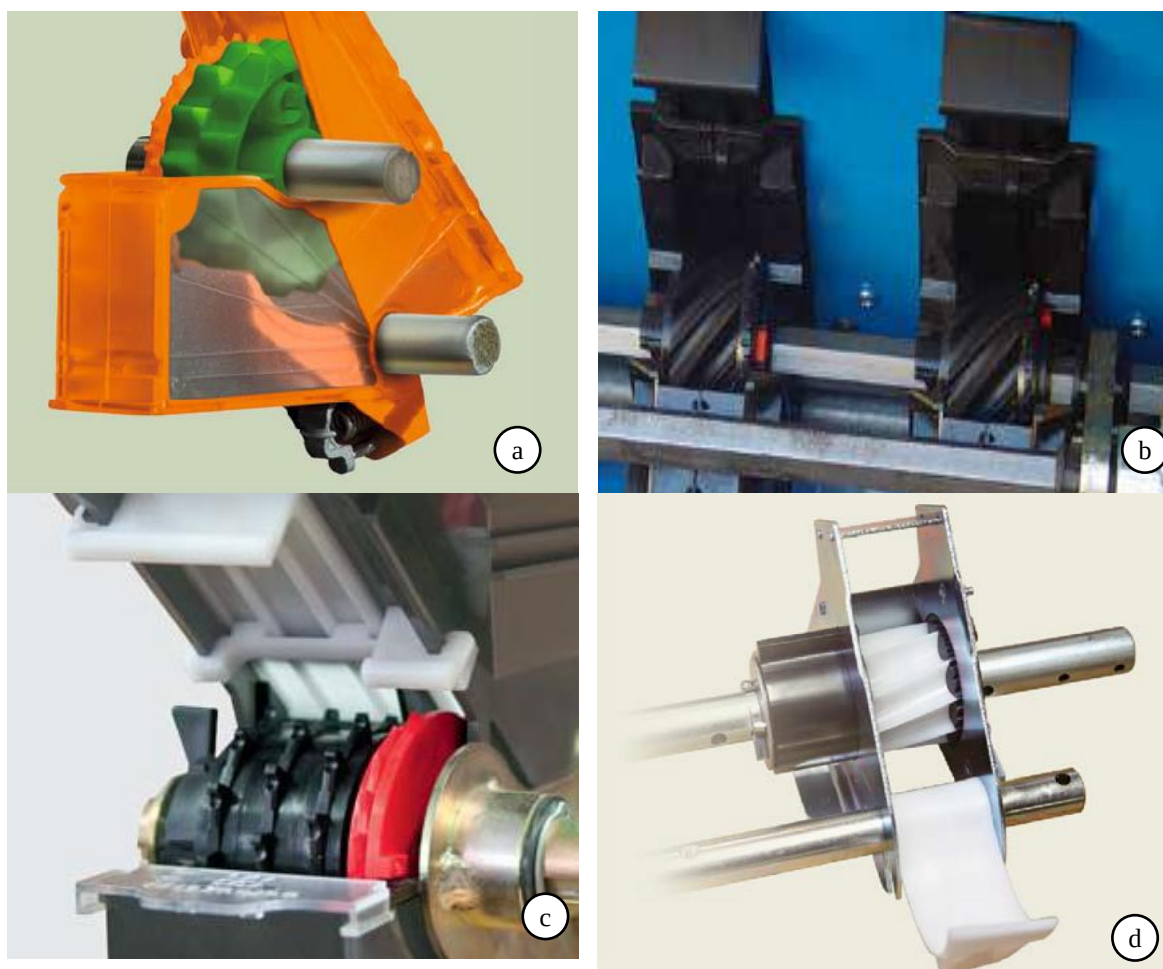
črtalo dvigne od tal za 20 cm, drugo pa spusti v tla. Druge izvedbe sejalnic imajo na vsakem črtalu hidravlični valj, ki dvigne eno črtalo navpično navzgor, drugo pa spusti v tla. Slednji sistem je boljši, saj lahko med vožnjo dvignemo črtalo navpično navzgor in se umaknemo oviri med vožnjo po njivi (Bernik, 2005).



Slika 1: Elementi sejalnic za strnjeno setev (Bernik, 2005).

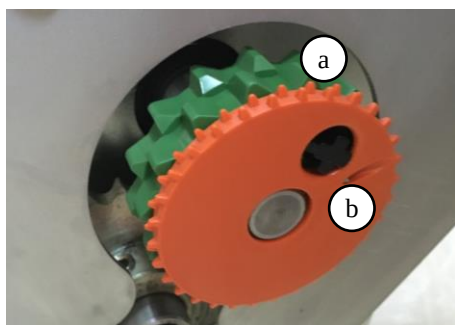
2.2.1 Izvedbe ogrebal za semena pri mehanskih sejalnicah za strnjeno setev

Pri mehanskih sejalnicah za strnjeno setev ima vsaka sejalna cev svoje odgrebalo za seme. Za običajno velikost semena obstajajo tri izvedbe odgrebal. Prva izvedba je bodičasto odgrebalo, gre za plastične zobnike z bodicami oziroma zobmi po obodu, ki zajemajo seme (slika 2a). Ti zobje imajo večinoma ravno ozobljenje. Premer teh zobnikov je do 10 cm. Zobje oz. bodice so lahko v dveh ali treh vrstah, pri nekaterih modelih pa po celotni širini odgrebala (slika 2c). Tudi oblika in velikost se med proizvajalci mehanskih sejalnic razlikujeta. Te bodice zajemajo seme, ki pade pod vplivom sile teže v sejarno cev. Druga izvedba odgrebal je s poševnim ozobljenjem (slika 2b). Tretja izvedba so žlebičasta odgrebala. Okoli žlebičastih odgrebal je stransko pomično zapiralo, tako za semena običajne velikosti kot tudi za drobna semena (slika 2d) (Eikel, 2011a).



Slika 2: Odgrebalo za seme z ravnim ozobljenjem (a), s poševnim ozobljenjem (b), z zobci v treh vrstah (c) in žlebičasto odgrebalo s pomičnim zapiralom (d) na mehanskih sejalnicah za strnjeno setev (Eikel, 2011b) .

Za setev drobnih semen (oljna ogrščica) in nižjih količin semena od 15 kg/ha so pri večini mehanskih sejalnic majhna bodičasta odgrebala (slika 3). Če želimo sejati drobna semena, potem moramo s priloženim ključem potisniti zatič v odgrebalo za običajno velika semena. Sedaj se vrti samo odgrebalo za majhna semena, medtem ko je odgrebalo za običajna velika semena prosto vrtljivo na sejalni gredi. S sodobnimi mehanskimi sejalnicami za strnjeno setev je mogoče sejati od 1 do 400 kg/ha.



Slika 3: Bodičasto odgrebalo v dveh vrstah za semena običajne velikosti (a) in za drobna semena (b)

2.2.2 Menjalnik za nastavitev količine semena

Nastavitev količine semena na hektar se pri večini izvedb odgrebal nastavlja na brezstopenjskem menjalniku. S premikanjem kazalca po merilni skali se spreminja kotna hitrost sejalne gredi in s tem tudi zajemal za seme. Pri žlebičastih odgrebalih se količina semena nastavlja s premikanjem pomičnega zapirala. Bolj ko je žlebičasto zapiralo zaprto, manjša bo količina semena. Pri žlebičastih odgrebalih je 6 stopenjski menjalnik (slika 4) (Eikel, 2011b).



Slika 4: Šest-stopenjski menjalnik upravljamo s prestavno ročico pri sejalnica z žlebičastem odgrebalom, proizvajalca Kuhn (Eikel, 2011b).

2.3 PREČNA RAZPOREDITEV MASE SEMENA GLEDE NA SMER VOŽNJE (STACIONARNI PREIZKUS)

Kakovost sejalnica za strnjeno setev je določena s prečno razporeditvijo mase semena glede na smer vožnje. Le ta je določena s koeficientom variacije pri stacionarnem preizkusu (preglednica 1) (Hörner in Mumme, 2007). Koeficient variacije je merilo, ki pove, kolikšno je relativno odstopanje mase semena na posamezni sejalni cevi od povprečne vrednosti. Stacionarni preizkusi sejalnica za strnjeno setev se izvajajo pri različnih položajih sejalnice (na vodoravni podlagi oz. pri različnih nagibih).

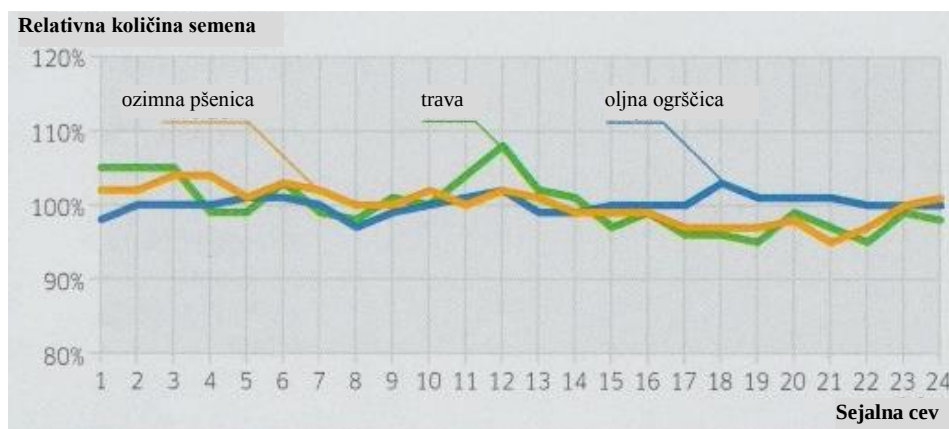
Preglednica 1: Prečna porazdelitev mase semena pri stacionarnem preizkusu sejalnice (Hörner in Mumme, 2007).

Ocena prečne porazdelitve	Koeficient variacije za žita, grah in trave (%)	Koeficient variacije za oljno ogrščico (%)
Zelo dobro	< 2,0	< 2,9
Dobro	2,0 – 3,2	2,9–4,7
Zadovoljivo	3,3 – 4,5	4,8–6,6
Zadostno	4,6 – 6,3	6,7–9,4
Nezadostno	> 6,3	> 9,4

Preglednica 2: Prečna razporeditev mase semena pri 6 modelih mehanskih sejalnic za strnjeno setev (Eikel, 2011a).

Model sejalnice	Amazone AD 303 Super	Kuhn Integra GII 3000	Kverneland mc-drill Pro 300	Lemken Saphir 7/300	Pöttinger Vitasem 302A	Rabe Ceria 3001 A
Odgrebalo za seme	bodičasto	ožlebljeno	bodičasto	ožlebljeno	bodičasto	
Nastavitev količine semena	Brezstopenjski menjalnik	6 stopenjski menjalnik	Brezstopenjski menjalnik	Brezstopenjski menjalnik	Brezstopenjski menjalnik	
Koeficient variacije za ozimno pšenico	1,38 %	2,41 %	2,58 %	2,94 %	2,47 %	
Koeficient variacije za oljno ogrščico	3,95 %	5,54 %	1,54 %	4,58 %	4,73 %	
Koeficient variacije za trave	2,79 %	2,42 %	3,64 %	3,53 %	2,01 %	

Pri ozimni pšenici je bil pri sejalnici Amazone AD 303 Super koeficient variacije najnižji (1,38 %), kar pomeni zelo dobro natančnost setve. (preglednica 2) Pri vseh ostalih modelih sejalnic je koeficient variacije znašal med 2,0 in 3,2 %, kar pomeni dobro prečno masno razporeditev semena. Pri preizkusu z oljno ogrščico je bil koeficient variacije pri večini modelov sejalnic višji. Najnižji (1,54 %) je bil pri sejalnici Kverneland mc-drill Pro 300, kar pomeni zelo natančno setev (slika 5). Pri ostalih modelih je bila prečna masna porazdelitev dobra do zadovoljiva. Pri preizkusu sejalnice z travnim semenom je bil najnižji koeficient variacije in zelo dobra prečna masna porazdelitev pri sejalnici Pöttinger Vitasem 302A in Rabe Ceria 3001 A. Gre za tehnično enako opremljeni sejalnici z drugim imenom proizvajalca. Pri ostalih modelih sejalnic je bila prečna masna porazdelitev dobra do zadovoljiva (Eikel, 2011a).



Slika 5: Prečna porazdelitev mase semena pri sejalnici Kverneland mc-drill Pro 300 (Eikel, 2011a).

2.4 NATANČNOST SETVE PRI DINAMIČNEM PREIZKUSU

Poleg prečne masne razporeditve semena je pomembna tudi natančnost setve na polju. Gre za vrednotenje dejanske (posejane) količine semena glede na nastavljeno količino (kg/ha) pred setvijo pri nastavitvi sejalnice (preglednica 3).

Preglednica 3: Natančnost setve na polju (Hörner in Mumme, 2007).

Odstopanje	Odstopanje dejanske količine semena od nastavljene (%)
Zelo majhno	< 2,5
Majhno	2,5–5
Dopustno	> 5–10
Veliko	> 10–15
Zelo veliko	> 15

Hörner in Mumme (2007) sta preizkušala nošeno mehansko sejalnico za strnjeno setev Amazone D9-30 Super s posamičnim zajemanjem semena. Ugotavljala sta prečno masno razporeditev semena po sejalnih ceveh glede na smer vožnje pri stacionarnem preizkusu in natančnost setve na polju (preglednica 4). Prečna porazdelitev mase semena po sejalnih ceveh je bila zelo dobra pri vseh položajih sejalnice, tako pri ozimni pšenici in ozimnem ječmenu kot tudi pri oljni ogrščici.

Preglednica 4: Prečna porazdelitev mase semena pri stacionarnem preizkusu (Hörner in Mumme, 2007).

Rastlinska vrsta	Absolutna masa (g)	Količina semena (kg/ha)	Položaj in nagib sejalnice	Koeficient variacije (%)
Ozimna pšenica	43	163	vodoravno	1,0
			desno 20 %	1,6
			nazaj 20 %	1,4
			naprej 20 %	1,5
Ozimni ječmen	49	149	vodoravno	1,2
Oljna ogrščica	4,5	1,6	vodoravno	2,7

Pri preizkusu odstopanja dejanske količine semena pri setvi z 8 km/h od nastavljene količine pred setvijo je bilo odstopanje pri ozimni pšenici – 0,1 %, kar je zelo malo. Pri oljni ogrščici je znašalo + 2,9 %, kar pomeni majhno odstopanje (Hörner in Mumme, 2007). Skupna ocena pri preizkusu sejalnice je bila tako za prečno masno razporeditev semena kot tudi za natančnost setve zelo dobra.

Schumman (2014) je preizkušal prigradno mehansko sejalnico Kuhn Sitera 3000 20 DS, ki je bila pritrjena na vrtavkasto brano. Preizkuse je izvajal tako v laboratoriju pri hitrostih 8 in 12 km/h, kot tudi na polju pri hitrostih setve 8 in 9 km/h. Pri ozimni pšenici je znašal koeficient variacije tudi na nagnjenem terenu (20 % nagib) pod 3,3 %, kar pomeni dobro prečno porazdelitev mase semena. Pri ozimnem ječmenu in oljni ogrščici na vodoravni podlagi je bila prečna porazdelitev mase semena zelo dobra, in sicer je koeficient variacije znašal 1,7 %. Pri preizkusu na vodoravnem polju je bilo odstopanje od nastavljene vrednosti pri setvi ozimne pšenice – 1,2 % pri hitrosti 9 km/h. Pri setvi oljne ogrščice na razgibanem terenu do 16 % nagiba ni bilo odstopanja dejanske količine semena od nastavljene. V obeh preizkusih, tako pri ozimni pšenici kot pri oljni ogrščici, je bilo to odstopanje minimalno.

2.5 POSTOPEK NASTAVITVE KOLIČINE SEMENA (kg/ha) PRI MEHANSKIH SEJALNICAH ZA STRNJENO SETEV

Preden začnemo s postopkom nastavitve količine semena na sejalnici je potrebno poznati absolutno maso semena (masa 1000 semen), želeno število rastlin na m² in kalivost (%). Običajno so ti podatki navedeni že na pakirni vreči. Če teh podatkov ni, jih moramo sami izračunati. Kot primer vzamemo absolutno maso 45 g, kalivost 95 % in 350 rastlin na m². Če to vstavimo v enačbo 1, dobimo količino 166 kg/ha (Böck, 2015).

$$Q \left(\frac{kg}{ha} \right) = \frac{R \left(\frac{r}{m^2} \right) \times A(g)}{K (\%)} \quad \dots (1)$$

Q = količina semena

R = želeno število rastlin na m²

A = absolutna masa

K = kalivost

Količino semena nastavimo na sejalnici v devetih korakih:

1. Najprej si preberemo preglednico za osnovno nastavitvev količine semena na sejalnici.
2. Nato pogledamo ali gre za običajno velika semena (normalno odgrebalo) ali za drobna semena (majhno odgrebalo).
3. Nastavimo odmik sejalnega dna od odgrebal za seme.
4. Za tem nastavimo zapiralo za seme za vsako vrsto posebej.
5. Odvisno od rastlinske vrste vklopimo ali izklopimo mešalno gred. Običajno pri velikih semenih mešalno gred izklopimo, da ne pride do poškodb semena. Pri setvi pšenice je mešalna gred vklopljena.
6. Na koncu nastavimo kazalec na merilni skali menjalnika, kot je navedeno v sejalni tabeli. Pri brezstopenjskih menjalnikih je treba pred nastavitvijo merilno skalo postaviti na položaj »0«.
7. Pred preizkusom količine semena očistimo zalogovnik s kompresorjem. Nato napolnimo zalogovnik do polovice enakomerno po celotni širini s semenom.
8. Obe koriti za seme postavimo pod odgrebala za seme. Nato s posebno ročico vrtimo menjalnik ali pogonsko kolo tako dolgo, da iz vsakega odgrebala padajo semena. Pri tem izklopimo vozne poti. Na koncu semena iz obeh korit spraznimo nazaj v zalogovnik.
9. Zavrtimo pogonsko kolo za predpisano število vrtljajev, ki je navedeno na sejalni tabeli. Če tega podatka nimamo, izmerimo obseg pogonskega kolesa sejalnice. Pri gumastih pogonskih kolesih na sejalnici izmerimo tlak in ga nastavimo na predpisanega. Kolesa s premajhnim tlakom imajo manjši premer kot kolesa z večjim tlakom (slika 6).



Slika 6: Nastavitev količine semena pri mehanski sejalnici za strnjeno setev po korakih 1–8 (Böck, 2015).

$$P \text{ (m}^2\text{)} = o(m) \times d(m) \quad \dots (2)$$

P = površina pri enem vrtljaju pogonskega kolesa sejalnice

o = obseg pogonskega kolesa

d = delovna širina

Če obseg kolesa znaša 2 m in širina sejalnice 3 m, potem znaša površina pri 1 vrtljaju pogonskega kolesa 6 m². Običajno zavrtimo pogonsko kolo sejalnice tolikokrat, da dobimo 1/40 ha ali 1/10 ha. Pri drobnih semenih (na primer pri oljni ogrščici) naredimo preizkus za 1/10 ha. Če znaša površina 250 m² (1/40 ha) in površina 1 vrtljaja 6 m², je potrebno 41,6 vrtljajev pogonskega kolesa sejalnice.

$$\check{S} = \frac{B \text{ (m}^2\text{)}}{P \text{ (m}^2\text{)}} \quad \dots (3)$$

Š = število vrtljajev pogonskega kolesa sejalnice

B = površina pri preizkusu (npr. 250 m² ali 1000 m²)

P = površina pri 1 vrtljaju pogonskega kolesa sejalnice

2.6 RAZVOJ PRI MEHANSKIH SEJALNICAH ZA STRNJENO SETEV

Različne študije so pokazale, da je pridelek nižji, če je setev neenakomerna (Bauer in sod., 2002; Parish in Bracy, 2003; Celik in sod., 2007). Velik problem predstavlja predvsem zdrs pogonskega kolesa sejalnice. Zato so mehanski pogonski sistem sejalnic nadgradili z električnim pogonskim sistemom (Onal in Onal, 2009; Ruicheng in sod., 2013). Na sodobnih sejalnicah je veliko elektronskih komponent, kot so različni senzorji, GPS vodenje. Kamgar in sod. (2015) so na mehansko sejalnico za direktno setev namestili električni motor za pogon sejalne gredi s spreminjajočo vrtilno frekvenco, dva senzorja za merjenje obodne hitrosti pogonskega kolesa sejalnice in kontrolno enoto za zajem in analizo podatkov meritev. Pri tako opremljeni sejalnici so dobili boljšo natančnost setve v primerjavi z klasično mehansko sejalnico. Pojavljajo se tudi novosti pri mehanskih delih na sejalnici, kot je vpetje sejalnih cevi, nove izvedbe odgrebal, kot tudi novi materiali, iz katerih so izdelane sejalnice. S sodobnimi sejalnicami je mogoče sejati hitreje in bolj natančno kot v preteklosti (Hörner in Schuchmann, 2016). S pomočjo GPS vodenja in brezstopenjskega mehanizma za krmiljenje odgrebal za seme je mogoče sejati precizno po posameznih delih polja in izklopiti sejalnico na koncu njive na točno zelenem mestu. Posebej na robovih njiv pri tem ne pride do prekrivanja posameznih delov pri setvi. Pri strnjeni setvi mnoge rastlinske vrste bolj ali manj kompenzirajo napake storjene pri setvi. Če želimo doseči visok in kakovosten pridelek, nam sama setev še ne pomeni nič. Poleg tega je potrebno kasneje dobro izvesti še vsa agrotehnična dela, kot so gnojenje in varstvo rastlin. Proizvajalci sejalnic že preizkušajo sejalnice, ki omogočajo presledno setev žit in oljne ogrščice. Tako ima posamezna rastlina optimalen prostor in tako dobimo večje število klasov na m². V poskusih z ozimno pšenico in ržjo je bil dosežen 3 do 4 % večji pridelek pri presledni setvi (von der Ohe in sod., 2016). V širši proizvodnji še ni teh sejalnic (Schumman in Hörner, 2016).

3 MATERIAL IN METODE

3.1 PREČNA PORAZDELITEV MASE SEMENA

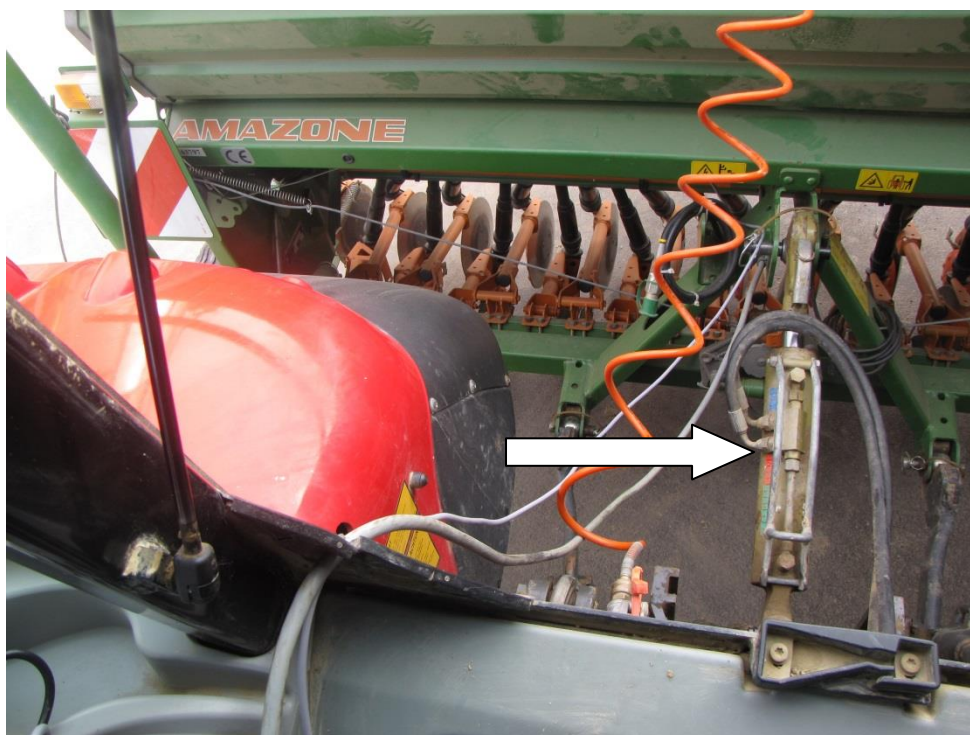
Prečno porazdelitev mase semena po posameznih sejalnih ceveh smo izmerili na naslednjih rastlinskih vrstah:

- ozimna pšenica,
- ozimni ječmen,
- oljna ogrščica,
- ajda.

Mehansko sejalnico smo postavili v naslednje položaje:

- vodoravno,
- 10 % nagib desno,
- 10 % nagib levo,
- 10 % nagib naprej,
- 10 % nagib nazaj.

Nagib sejalnice levo in desno smo nastavili z viličarjem, tako da smo dvignili želeno zadnje kolo traktorja in ga postavili na želeni kot. Deset-odstotni nagib pomeni kot $5,7^\circ$. Digitalno vodno tehtnico smo postavili na ohišje nasipnice in izmerili kot. Nagib sejalnice naprej in nazaj smo nastavili s hidravlično zgornjo upornico (sliki 7, 8).



Slika 7: Hidravlična zgornja upornica za nagib naprej in nazaj.



Slika 8: Dvignjen traktor in mehanska sejalnica pri poskusu za 10 % v desno (5,7°).

Pri stacionarnem preizkusu z ozimno pšenico, ozimnim ječmenom in ajdo smo imeli v nasipnici 70 kg semena, pri stacionarnem preizkusu z oljno ogrščico pa je bilo v nasipnici 23 kg semena. Pri meritvah prečne porazdelitve mase po sejlnih cevih semena pri ozimni pšenici, ozimnem ječmenu in ajdi smo pod vsako sejlnico postavili 10 kg vreče in zavrteli pogonsko kolo sejlnice za 38,5 vrtljaja, kar je pomenilo navidezno sejlnico površino 250 m² (slika 9). Z digitalno tehniko smo stehtali maso semena po posameznih sejlnih cevih. Pri vsakem položaju sejlnice smo naredili 3 ponovitve. Natančnost tehtanja je bila 0,1 g. Podatke smo vnesli v prenosni računalnik.



Slika 9: Meritev prečne porazdelitve mase semena po posameznih sejlnih cevih pri ozimni pšenici.

Pri meritvah prečne porazdelitve mase semena po sejlnih cevih pri oljni ogrščici smo plastične kozarce postavili direktno pod zajemala za semena. Postopek določitve mase

semena po posameznih sejalnih ceveh je bil enak kot pri ozimni pšenici, ozimnem ječmenu in ajdi.

3.2 SEJALNICA V POSKUSU

V poskusu smo uporabili mehansko sejalnico s posamičnim zajemanjem semena D9-30 Special, proizvajalca Amazone. Sejalnica je že do zdaj posejala okoli 1000 ha. Leto izdelave je 2005 (sliki 10, 11).

OPIS SEJALNICE:

Stroj

- je zasnovan za doziranje in sejanje običajnih vrst semen,
- je namenjen priklopu na tritočkovni priključek traktorja, upravlja ga ena oseba.



1 → črtalo

2 → podporno kolo

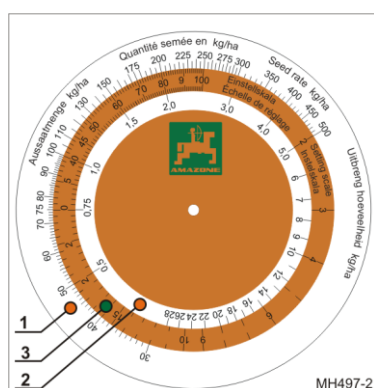
3 → zagrinjalo za seme

Slika 10: Sestavni deli sejalnice.



- 1 → nasipnica
2 → korito za umerjanje
3 → sejalni lemež RoTeC

Slika 11: Sestavni deli sejalnice.



Slika 12: Računska plošča.

Količina semena se nastavi na brezstopenjskem menjalniku. Za določanje prave nastavitve količine semena je pogosto potrebnih več preizkusov. Računska plošča omogoča izračun potrebne nastavitve iz rezultatov prvega preizkusa (slika 12).

Računska plošča je sestavljena iz treh skal:

1. zunanja bela skala za vse količine semena nad 30 kg/ha,
2. notranja bela skala za vse količine semena pod 30 kg/ha,
3. barvna skala z vsemi nastavitvami gonila od 1 do 100.

V preglednici 5 so navedene nastavljene količine semena pri stacionarnem preizkusu prečne porazdelitve mase semena po posameznih rastlinskih vrstah.

Preglednica 5: Nastavitve količine semena pri poskusu.

Rastlinska vrsta	Sorta	Nastavljena količina semena (kg/ha)
Ozimna pšenica	NS 40-S	210
Ozimni ječmen	Maxim	200
Oljna ogrščica	PR 45D05	3,5
Ajda	Darja	90

3.3 STATIČNI PREIZKUS PREČNE MASNE PORAZDELITVE SEMENA

3.3.1 Ozimna pšenica

Preglednica 6: Nastavitev sejalnice pri ozimni pšenici.

Sorta	Količina semena (kg/ha)	Nastavitev brezstopenjskega gonila	Nastavitev dna	Absolutna masa (g/1000 zrn)	Mešalna gred vklopljena
'NS 40-S'	210	56	2	41,11	DA

Opis sorte (NS Seme, 2016):

- dobra odpornost na zimo,
- srednje zgodnja,
- odlična odpornost na poleganje,
- tolerantna na sušo,
- odporna na pepelovko in listno rjo,
- hektolitrsko masa 78 do 82 kg,
- vsebnost beljakovin okrog 13 %,
- kakovost zrnja B1-B2,
- padno število okoli 300 sec.,
- z dobro agrotehniko so lahko pridelki semena več kot 9 t/ha (preglednica 6).

3.3.2 Ozimni ječmen

Preglednica 7: Nastavitev sejalnice pri ozimnem ječmenu.

Sorta	Količina semena (kg/ha)	Nastavitev brezstopenjskega gonila	Nastavitev dna	Absolutna masa (g/1000 zrn)	Mešalna gred vklopljena
'Maxim'	200	52	2	48,32	DA

Opis sorte (Ozimna žita, 2016) Visoko produktiven srednje zgodnji dvovrstni ozimni ječmen s potencialom rodnosti nad 11 t/ha. Odlikuje ga visok koeficient razraščanja in dober odziv na dodani dušik. Sorta 'Maxim' je srednje visoka (85 cm) sorta z dobro stabilnostjo in dobro prenaša tudi višje količine dušika. Hektolitrsko masa semena dosega v povprečju od 68 do 70 kg/hl. V času žetve se seme dobro loči od res (preglednica 7).

3.3.3 Oljna ogrščica

Preglednica 8: Nastavitev sejalnice pri oljni ogrščici.

Sorta	Količina semena (kg/ha)	Nastavitev brezstopenjskega gonila	Nastavitev dna	Absolutna masa (g/1000 zrn)	Mešalna gred vklopljena
'PR 45D05'	3,5	11	1	4,74	NE

Opis sorte (Pioneer, 2016) Najbolj razširjen hibrid v Sloveniji – zastopan je na več kot 30 % vseh površin z oljno ogrščico. Gre za hibrid z izjemnim potencialom pridelka in največjo vsebnostjo olja, kar je dokazano v poskusih in v široki proizvodnji v Sloveniji. Odlikuje ga izjemna toleranca na bolezni stebela. Je rodnejši od poznanega hibrida 'PR45D03' in ga odlikuje izjemna ekonomičnost v proizvodnji. Po pridelkih se lahko primerja z najboljšimi visokimi hibridi s tem, da omogoča enakomernejše zorenje in lažjo žetev.

3.3.4 Ajda

Preglednica 9: Nastavitev sejalnice pri ajdi.

Sorta	Količina semena (kg/ha)	Nastavitev brezstopenjskega gonila	Nastavitev dna	Absolutna masa (g/1000 zrn)	Mešalna gred vklopljena
'Darja'	90	31	2	23,56	DA

Opis sorte (Ajda Darja, 2016):

- čas rastne dobe: 80 do 120 dni.
- čas setve: maj–avgust.
- setvena količina: 60–90 kg/ha.
- sadilna razdalja: Strnjena setev.
- gnojenje: Če je v tleh dovolj hranil, gnojenje sploh ni potrebno. Na tleh, ki so slabo založena s hranili, so rezultati zadovoljivi, če gnojimo z največ 50 kg dušika, 50 kg fosforja in 50 kg kalija na hektar.
- čas spravila pridelka: avgust–konec oktobra (preglednica 9).

3.4 POSKUSNA ZASNOVA PRI STACIONARNEM PREIZKUSU

Za vsako rastlinsko vrsto smo izvedli 3 ponovitve pri preizkusu prečne masne porazdelitve semena po sejalnih ceveh.

Obravnavali smo 5 različnih položajev sejalnice (preglednica 10):

1. vodoravni položaj,
2. 10 % nagib desno,
3. 10 % nagib levo,
4. 10 % nagib naprej,
5. 10 % nagib nazaj.

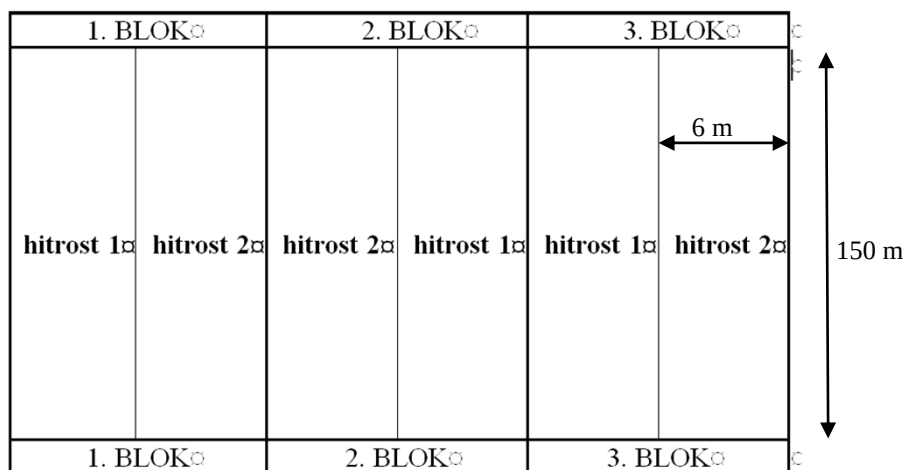
Preglednica 10: Položaj sejalnice in število ponovitev pri stacionarnem preizkusu porazdelitve mase semena.

Položaj sejalnice/rastlinska vrsta	Ozimna pšenica	Ozimni ječmen	Oljna ogrščica	Ajda
Vodoravno	3 ponovitve	3 ponovitve	3 ponovitve	3 ponovitve
10 % nagib desno	3 ponovitve	3 ponovitve	3 ponovitve	3 ponovitve
10 % nagib levo	3 ponovitve	3 ponovitve	3 ponovitve	3 ponovitve
10 % nagib naprej	3 ponovitve	3 ponovitve	3 ponovitve	3 ponovitve
10% nagib nazaj	3 ponovitve	3 ponovitve	3 ponovitve	3 ponovitve

3.5 POSKUSNA ZASNOVA PRI DINAMIČNEM PREIZKUSU SEJALNICE

Poskusna zasnova so bili slučajni bloki s 3 ponovitvami. Dolžina poti pri setvi je bila 150 m, le pri ozimnem ječmenu 200 m, medtem ko je znašala širina 6 m (slika 13). V poskusu sta bili 2 hitrosti setve, ki smo ju nastavili na traktometru.

Dinamični preizkus sejalnice smo izvedli pri ozimni pšenici, ozimnem ječmenu, ajdi in oljni ogrščici.



Slika 13: Poskusna zasnova pri dinamičnem preizkusu sejalnice.

3.6 DINAMIČNI PREIZKUS SEJALNICE

Z dinamičnim preizkusom sejalnice pri setvi na polju smo želeli ugotoviti odstopanje nastavljen količine semena (kg/ha) od dejanske količine (kg/ha), ki smo ga porabili pri dveh različnih hitrostih setve. Poleg tega nas je zanimalo, kakšen je zdrs pogonskega kolesa sejalnice pri setvi.

3.6.1 Priprava semena

Pri dinamičnem preizkusu smo uporabili semena ozimne pšenice, ozimnega ječmena, ajde in oljne ogrščice. Poskus smo izvedli 31. marca 2015 na polju pri Skakovcih. Najprej smo na elektronski tehtnici Kern natehtali natančno količino semena, in sicer pri ozimni pšenici, ozimnem ječmenu in ajdi 30.000 g, medtem ko pri oljni ogrščici 3500 g. Pri vsaki rastlinski vrsti smo stehano količino semena stresli v nasipnico sejalnice in izvedli setev. Površina posamezne poskusne parcele je znašala 900 m² (150 m x 6 m) pri ozimni pšenici, ajdi in oljni ogrščici, medtem ko je pri ozimnem ječmenu znašala 1200 m² (200 m x 6 m). Ozimno pšenico in ozimni ječmen smo posejali na polju v Skakovcih, ajdo in oljno ogrščico pa na polju v Korovcih. Obe parceli sta bili spomladi preorani z obračalnim plugom in obdelani v enem prehodu s predsetvenikom. Po setvi smo na obeh poljih vzeli po dva vzorca tal s posebno lopatko za določanje velikosti talnih delcev in srednjega masnega premera talnih delcev (MWD). S Kopeckijevimi cilindri smo vzeli na vsakem

polju tri vzorce za določanje volumske gostote tal, volumskega odstotka vode in poroznosti (preglednica 11).

Preglednica 11: Fizikalne lastnosti tal.

Lokacija	Volumska gostota tal (g/cm^3)	Poroznost (%)	Volumski odstotek vode (%)	Srednji masni premer talnih delcev (mm)
Skakovci	1,41	46,7	37,2	21,0
Korovci	1,43	46,1	40,6	22,8

3.6.2 Nastavitev sejalnice pred setvijo

V preglednicah 12 in 13 so navedene vse nastavitve na sejalnici po rastlinskih vrstah pred setvijo.

Preglednica 12: Nastavitev sejalnice pri dinamičnem preizkusu pred setvijo ozimne pšenice in ozimnega ječmena.

PODATKI:	OZIMNA PŠENICA Sorta: 'Alixan'	OZIMNI JEČMEN Sorta: 'Maxim'
Nastavitev gonila sejalnice	58	52
Nastavljena količina semena (kg/ha):	240	200
Količina semena pred setvijo v nasipnici (g):	30.000	30.000
Premer/obseg pogonskega kolesa sejalnice (mm):	720/2320	720/2320
Dolžina poti (m):	150	200
Površina posamezne poskusne parcele (m^2):	900	1200

Preglednica 13: Nastavitev sejalnice pri dinamičnem preizkusu pred setvijo ajde in oljne ogrščice

PODATKI:	AJDA Sorta: 'Darja'	OLJNA OGRŠČICA Hibrid: 'PR45D05'
Nastavitev gonila sejalnice	31	11
Nastavljena količina semena (kg/ha):	95	2,8
Količina semena pred setvijo v nasipnici (g):	30.000	3500
Premer/obseg pogonskega kolesa sejalnice (mm):	720/2320	720/2320
Dolžina poti (m):	150	150
Površina posamezne poskusne parcele (m^2):	900	900

3.6.3 Izvedba setve

Pri ozimni pšenici in ozimnem ječmenu smo setev izvedli s teoretično hitrostjo 8 in 11 km/h , medtem ko pri ajdi in oljni ogrščici s teoretično hitrostjo 8 ter 13 km/h . To smo naredili zato, da bi videli, če se s povečevanjem hitrosti setve povečuje tudi zdrs pogonskega kolesa sejalnice. Pri tem smo hitrost odčitali iz traktometra, kar je pomenilo teoretično hitrost. Na 150 m dolgi poti smo pri setvi merili čas. Na podlagi spodnje enačbe smo izračunali dejansko hitrost pri setvi.

$$v \left(\frac{\text{km}}{\text{h}} \right) = \frac{s \text{ (m)}}{t \text{ (s)}} * 3,6 \quad \dots (4)$$

v – hitrost setve

s – pot opravljena pri setvi

t – čas potreben za setev

Za doseg željene teoretične hitrosti smo izbrali posebno prestavo in vrtilno frekvenco motorja (preglednica 14).

Preglednica 14: Tehnični podatki traktorja pri dinamičnem poizkusu.

Hitrost na traktometru	Prestava	Vrtilna frekvenca motorja (o/min)
8 km/h	3 C	1400
11 km/h	3 D	1500
14 km/h	3 D	2000

Ko smo posejali posamezno poskusno parcelo, smo izpraznili nasipnico in stehali preostanek semena v nasipnici. Iz tega smo izračunali maso semena, ki smo ga posejali na 900 m^2 . Po enačbi smo izračunali dejansko količino semena (kg/ha). Nastavljena količina semena je podana v preglednicah 12 in 13. Izračunali smo relativni odklon dejanske količine semena od nastavljene količine pri dveh hitrostih setve.

$$Q \left(\frac{\text{kg}}{\text{ha}} \right) = \frac{m (\text{kg}) * 10000 \left(\frac{\text{m}^2}{\text{ha}} \right)}{A (\text{m}^2)} \quad \dots (5)$$

Q – dejanska količina semena

m – masa semena porabljenega pri setvi

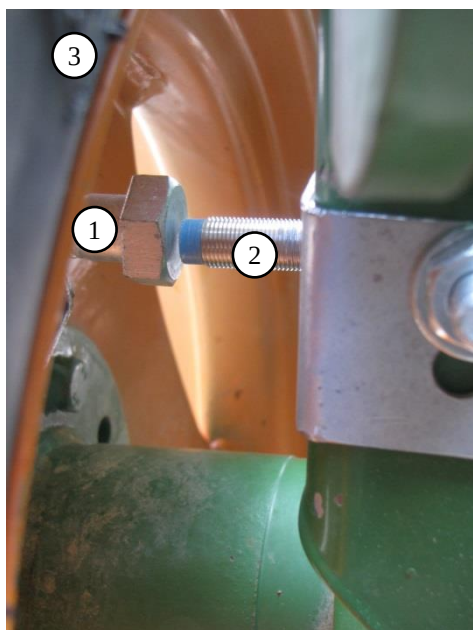
A – posejana površina posamezne parcele

10000 – konstanta; pomeni $10000 \text{ m}^2 = 1 \text{ ha}$

3.6.3.1 Meritve zdrsa pogonskega kolesa pri setvi

Pri setvi smo merili vrtljaje pogonskega kolesa sejalnice s senzorjem. Na ohišje sejalnice smo pritrdili senzor, na ohišje kolesa pa vijak, ki je bil oddaljen okoli 5 mm od senzorja (slika 14). Ko se je pogonsko kolo vrtelo pri setvi, je senzor štel število vrtljajev pogonskega kolesa.

V kabini traktorja smo imeli merilno napravo, kjer smo spremljali število vrtljajev pogonskega kolesa. Pred začetkom meritve smo vklopili merilno napravo in pričeli s setvijo (slika 15). Na koncu poti smo zapisali doseženo število vrtljajev. Napajanje naprave je bilo preko traktorske baterije 12 V.



- 1 vijak na kolesu sejalnice
- 2 induktivni senzor
- 3 pogonsko kolo sejalnice

Slika 14: Namestitev induktivnega senzorja na kolesu sejalnice.



Slika 15: Merilna naprava v traktorju.

Zdrs pogonskega kolesa smo izračunali na podlagi dolžine poti, ki ga je opravilo kolo in dejanske dolžine poti (150 m). Dolžino poti pogonskega kolesa smo izračunali iz števila vrtljajev pogonskega kolesa in obsega kolesa.

$$z (\%) = \frac{s_1 (m)}{s_0 (m)} * 100 - 100 \quad \dots (6)$$

z – zdrs (%)

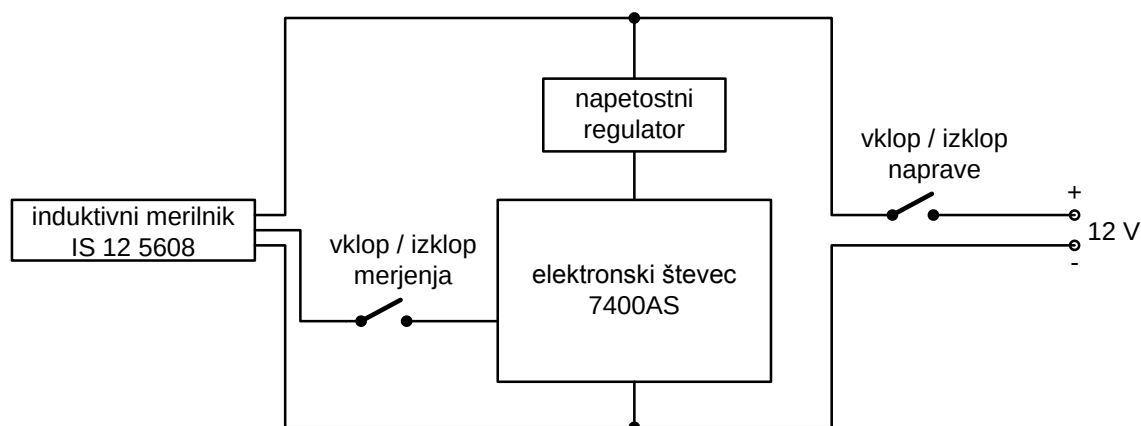
s_1 – pot, ki ga je opravilo pogonsko kolo pri setvi

s_0 – dolžina poti

3.6.3.2 Merilni sistem za merjenje števila vrtljajev kolesa sejalnice

Glavne zahteve pri zasnovi merilnega sistema za merjenje števila vrtljajev kolesa sejalnice so bile napajanje sistema 12V (standardni priklop v kabini traktorja), vklop in izklop merjenja števila vrtljajev (stikalo), resetiranje števca vrtljajev kolesa (tipka) in brezstično merjenje števila vrtljajev kolesa (enostavna montaža). Glede na zahteve smo izbrali za osnovo merilnega sistema elektronski števec proizvajalca Trumeter z oznako 7400AS. Izbrani števec je že opremljen z reset tipko. Zaradi nizke napajalne napetosti števca, ki je samo 3,5 V, smo števcu dodali enostavni napetostni regulator in tako omogočili priključitev števca na 12 V. Za senzor štetja vrtljajev kolesa smo uporabili induktivno stikalo proizvajalca Iskra z oznako IS 12 5608, saj izpolnjuje postavljene zahteve. Princip brezstičnega delovanja senzorja temelji na tem, da senzor proizvaja usmerjeno visokofrekvenčno magnetno polje. Ko pa v magnetno polje senzorja pride kovinski del, ta 'duši' napetost oscilatorja, ki ustvarja visokofrekvenčno magnetno polje. Ko napetost pade pod določeno mejno vrednost, pride do preklopa izhodnega signala senzorja.

Induktivni senzor je s konzolnim nosilcem pritrjen na konstrukcijo sejalnice, na kolo sejalnice pa je pritrjen vijak, ki zagotavlja, da je razdalja med vijakom in senzorjem manjša od preklapne razdalje senzorja. Pri taki postavitvi dobimo na en vrtljaj kolesa sejalnice en preklop induktivnega senzorja. Vklop in izklop merjenja števila vrtljajev smo enostavno izvedli tako, da smo v povezavo izhoda senzorja z vhodom števca vgradili stikalo. Blokovna shema merilnega sistema za merjenje števila vrtljajev kolesa sejalnice je prikazana na sliki 16.



Slika 16: Blokovna shema merilnega sistema za merjenje števila vrtljajev kolesa sejalnice.

3.7 OBDELAVA PODATKOV

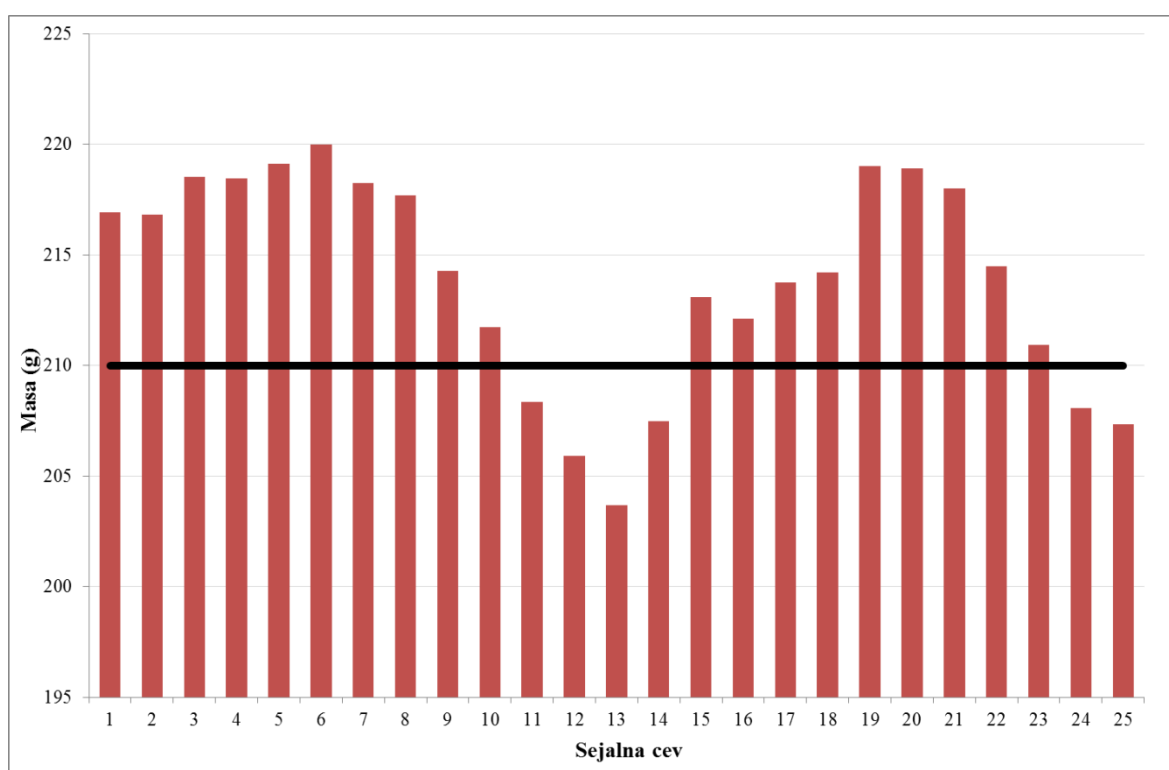
Iz podatkov meritev smo izračunali povprečja in standardne napake. Podatke smo predstavili grafično in v obliki preglednic.

4 REZULTATI

4.1 PREČNA PORAZDELITEV MASE SEMENA PO POSAMEZNIH SEJALNIH CEVEH PRI OZIMNI PŠENICI

Vodoraven položaj

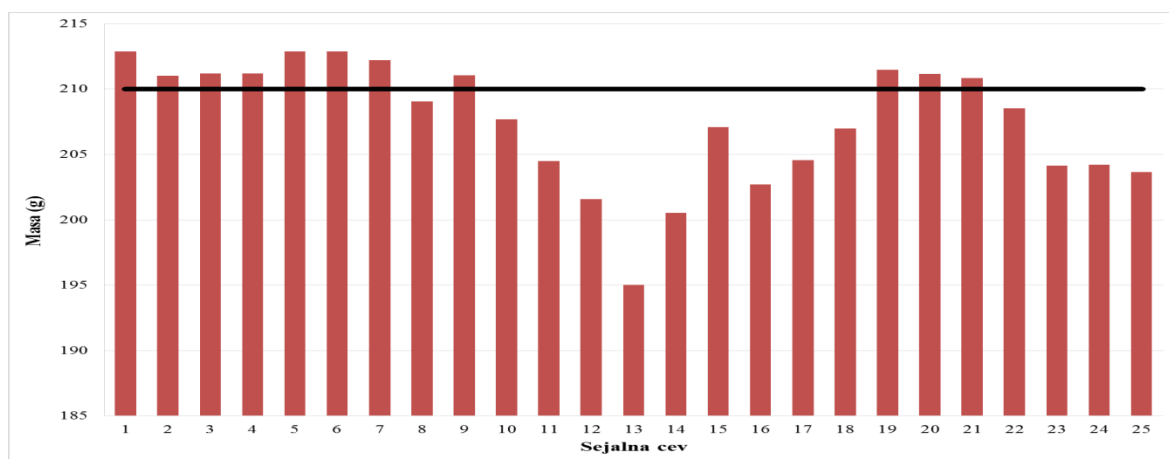
Slika 17 prikazuje prečno porazdelitev semena ozimne pšenice pri vodoravnem položaju sejalnice po posameznih sejalnih ceveh. Masa semena je v razponu od 204 g (13. cev) do 220 g (6. cev). Koeficient variacije znaša 2,3 %, standardni odklon pa 4,9 g. Koeficient variacije od nastavljene količine (210 kg/ha) je bil 3,0 %, standardni odklon pa 6,2 g. Povprečna dejanska količina semena pri treh ponovitvah je bila 213,9 kg/ha.



Slika 17: Prečna porazdelitev mase semena ozimne pšenice pri vodoravnem položaju sejalnice.

Nagib v levo

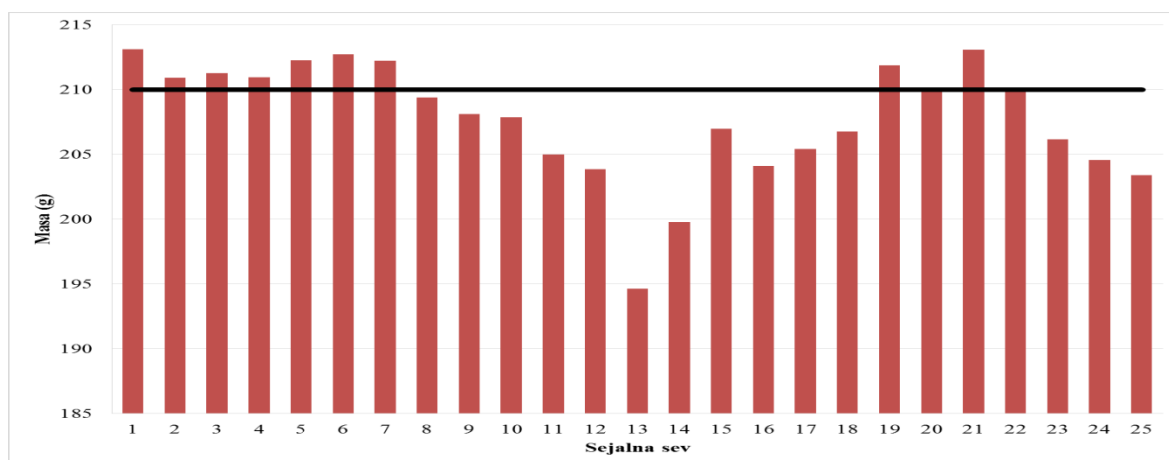
Slika 18 prikazuje prečno porazdelitev semena ozimne pšenice pri nagibu sejalnice v levo po posameznih sejalnih cevih. Masa semena je v razponu od 195 g (13. cev) do 213 g (1. cev). Koeficient variacije znaša 2,3 %, standardni odklon pa je 4,8 g. Koeficient variacije od nastavljene količine (210 kg/ha) je bil 2,5 %, standardni odklon pa 5,3 g. Povprečna dejanska količina semena pri treh ponovitvah je bila 207,6 kg/ha.



Slika 18: Prečna porazdelitev mase semena ozimne pšenice pri nagibu sejalnice v levo.

Nagib v desno

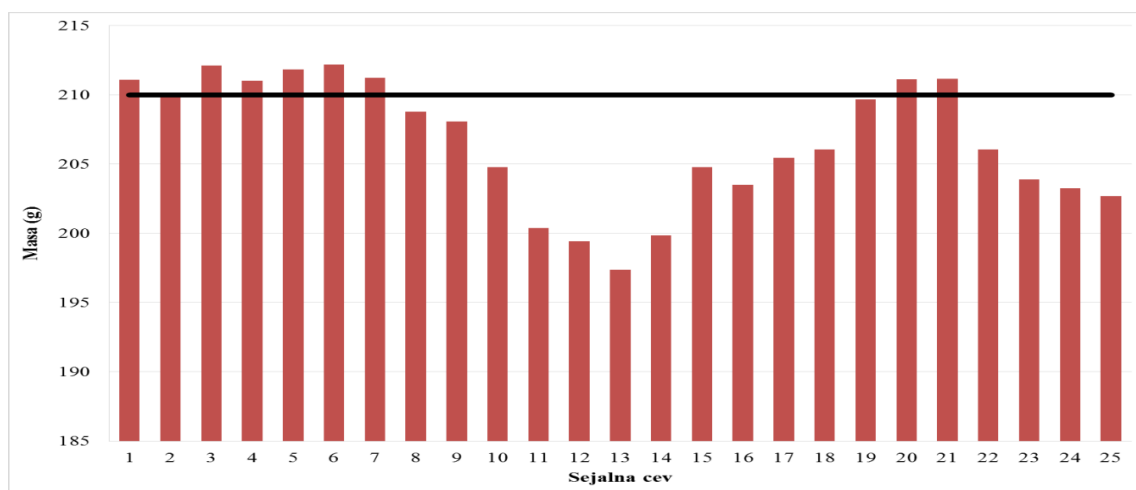
Kot prikazuje slika 19, pri prečnem nagibu semena ozimne pšenice pri nagibu v desno stran sejalnice, znaša masa semena v razponu od 194,6 g (13. cev) do 213,1 g (1. in 21. cev). Koeficient variacije je 2,2 %, standardni odklon pa 4,7 g. Koeficient variacije od nastavljene količine (210 kg/ha) je bil 2,4 %, standardni odklon pa 5,1 g. Povprečna dejanska količina semena pri treh ponovitvah je bila 207,8 kg/ha.



Slika 19: Prečna porazdelitev mase semena ozimne pšenice pri nagibu sejalnice v desno.

Nagib naprej

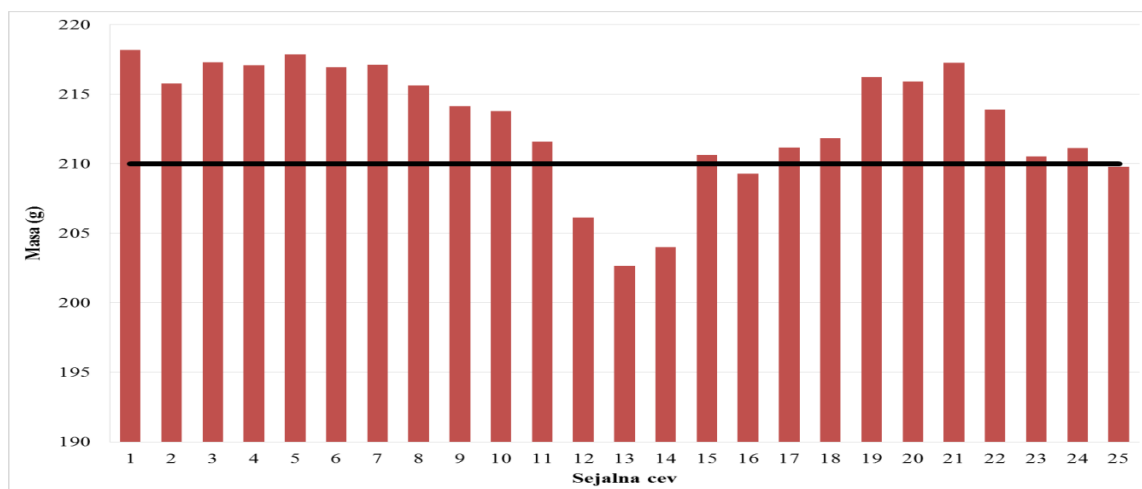
Slika 20 prikazuje prečno porazdelitev semena ozimne pšenice pri nagibu sejalnice naprej. Masa semena po posameznih sejalnih cevah je v razponu od 197,4 g (13. cev) do 212,2 g (6. cev). Standardni odklon je 4,6 g, koeficient variacije pa 2,2 %. Koeficient variacije od nastavljene količine (210 kg/ha) je bil 2,7 %, standardni odklon pa 5,8 g. Povprečna dejanska količina semena pri treh ponovitvah je bila 206,6 kg/ha.



Slika 20: Prečna porazdelitev mase semena ozimne pšenice pri nagibu sejalnice naprej.

Nagib nazaj

Na sliki 21 je prikazana prečna porazdelitev semena ozimne pšenice pri nagibu sejalnice nazaj po posameznih sejalnih cevah. Masa semena znaša v razponu od 202,7 g (13. cev) pa vse do 218,2 g (1. cev). Koeficient variacije je 2,1 %, standardni odklon pa 4,5 g. Koeficient variacije od nastavljene količine (210 kg/ha) je bil 2,6 %, standardni odklon pa 5,4 g. Povprečna dejanska količina semena pri treh ponovitvah je bila 213 kg/ha.

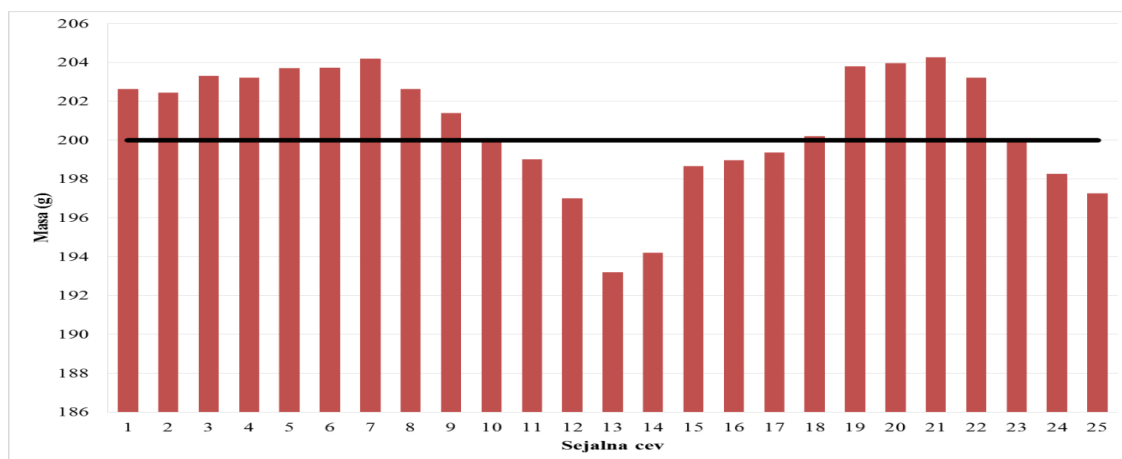


Slika 21: Prečna porazdelitev mase semena ozimne pšenice pri nagibu sejalnice nazaj.

4.2 PREČNA PORAZDELITEV MASE SEMENA PO POSAMEZNIH SEJALNIH CEVEH PRI OZIMNEM JEČMENU

Vodoraven položaj

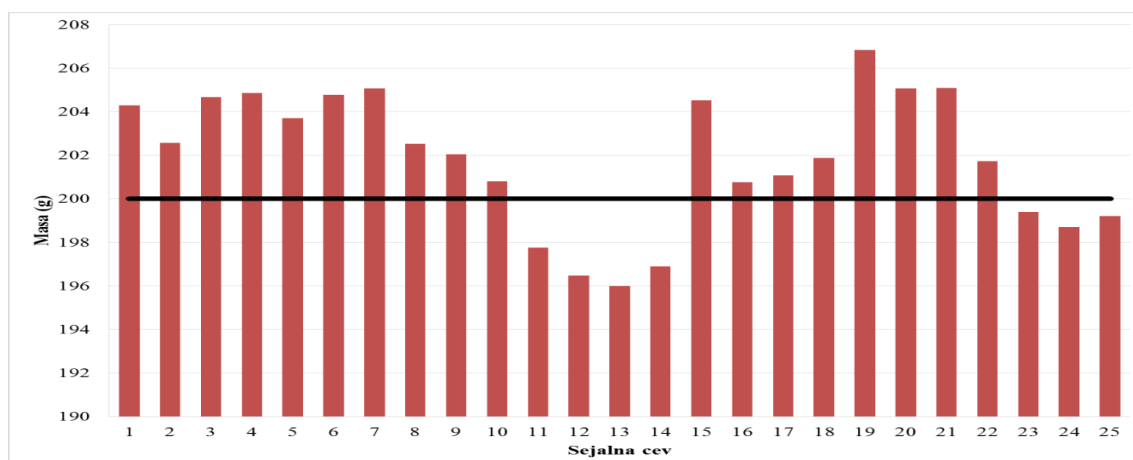
Slika 22 prikazuje prečno porazdelitev semena ozimnega ječmena pri vodoravnem položaju sejavnice po posameznih ceveh. Masa semena je v razponu 193,2 g (13. cev) do 204,3 g (21. cev). Standardni odklon je 3,5 g, koeficient variacije pa 1,8 %. Koeficient variacije od nastavljene količine (200 kg/ha) je bil 1,8 %, standardni odklon pa 3,6 g. Povprečna dejanska količina semena pri treh ponovitvah je bila 199,9 kg/ha.



Slika 22: Prečna porazdelitev mase semena ozimnega ječmena pri vodoravnem položaju sejavnice.

Nagib v levo

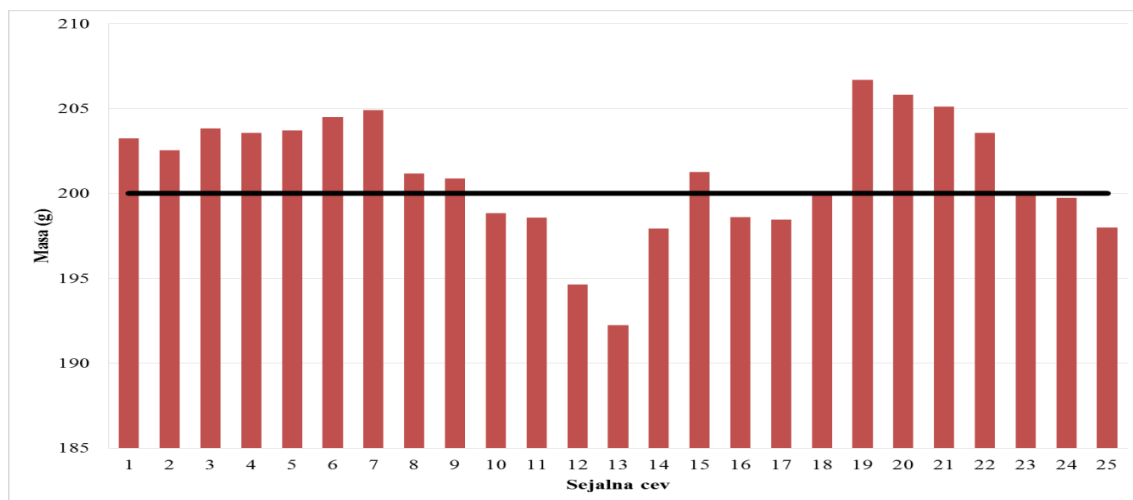
Masa semena prečne porazdelitve semena ozimnega ječmena pri nagibu sejavnice v levo znaša med 196 g (13. cev) in 206,8 g (19. cev). Koeficient variacije je 1,6 %, standardni odklon pa 3,2 g. Koeficient variacije od nastavljene količine (200 kg/ha) je bil 1,8 %, standardni odklon pa 3,7 g. Povprečna dejanska količina semena pri treh ponovitvah je bila 201,9 kg/ha (slika 23).



Slika 23: Prečna porazdelitev mase semena ozimnega ječmena pri nagibu sejavnice v levo.

Nagib v desno

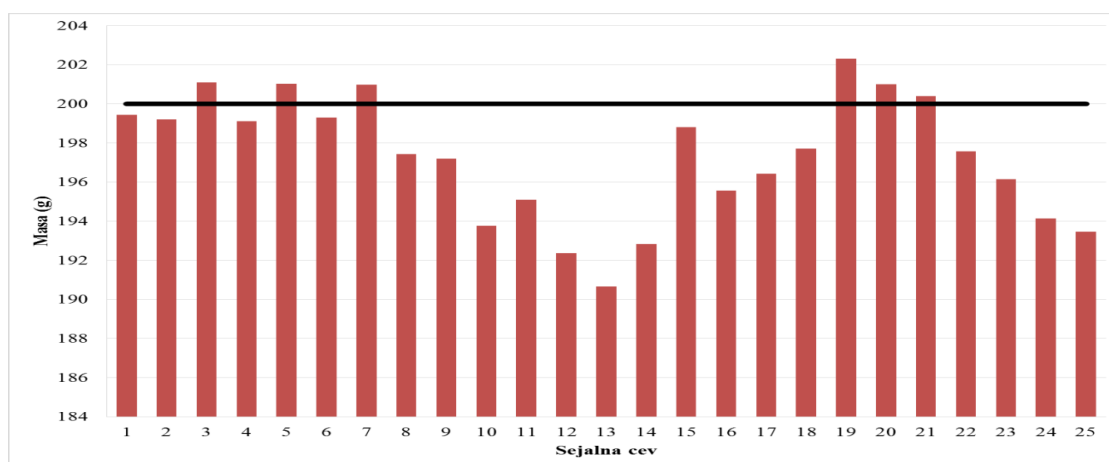
Slika 24 prikazuje prečno porazdelitev semena ozimnega ječmena pri nagibu sejalnice v desno po posameznih ceveh. Masa semena je med 192,2 g (13. cev) in 206,7 g (19. cev). Koeficient variacije znaša 1,9 % in standardni odklon 3,7 g. Koeficient variacije od nastavljene količine (200 kg/ha) je bil 1,9 %, standardni odklon pa 3,8 g. Povprečna dejanska količina semena pri treh ponovitvah je bila 201,1 kg/ha.



Slika 24: Prečna porazdelitev mase semena ozimnega ječmena pri nagibu sejalnice v desno.

Nagib naprej

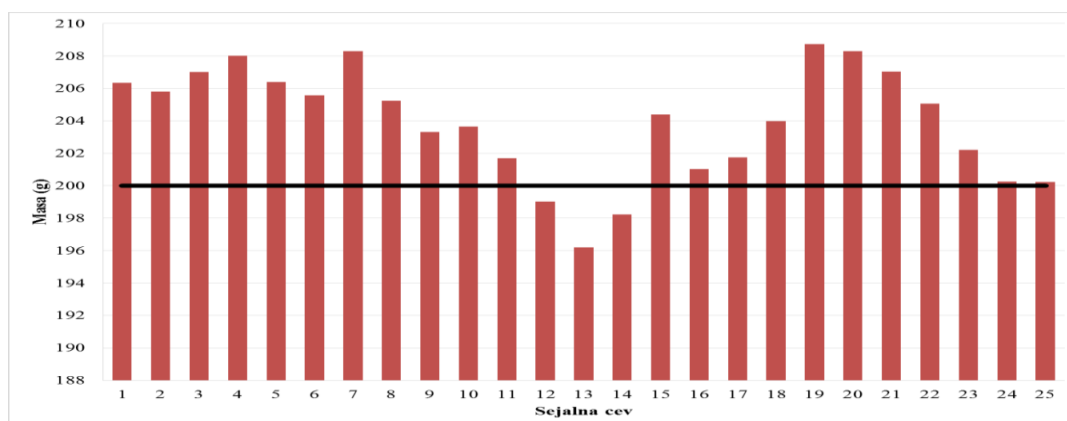
Prikazana je prečna porazdelitev semena ozimnega ječmena pri nagibu sejalnice naprej (slika 25). Masa semena po posameznih sejalnih ceveh je v razponu med 190,7 g (13. cev) in 202,3 g (19. cev). Standardni odklon znaša 3,3 g in koeficient variacije, ki je 1,7 %. Koeficient variacije od nastavljene količine (200 kg/ha) je bil 2,1 %, standardni odklon pa 4,2 g. Povprečna dejanska količina semena pri treh ponovitvah je bila 197,3 kg/ha.



Slika 25: Prečna porazdelitev mase semena ozimnega ječmena pri nagibu sejalnice naprej.

Nagib nazaj

Slika 26 prikazuje prečno porazdelitev semena ozimnega ječmena pri nagibu sejalnice nazaj po posameznih ceveh. Masa semena znaša od 196,2 g (13. cev) do 208,7 g (19. cev). Standardni odklon je 3,6 g, koeficient variacije pa 1,7 %. Koeficient variacije od nastavljene količine (200 kg/ha) je bil 2,6 %, standardni odklon pa 5,2 g. Povprečna dejanska količina semena pri treh ponovitvah je bila 203,9 kg/ha.

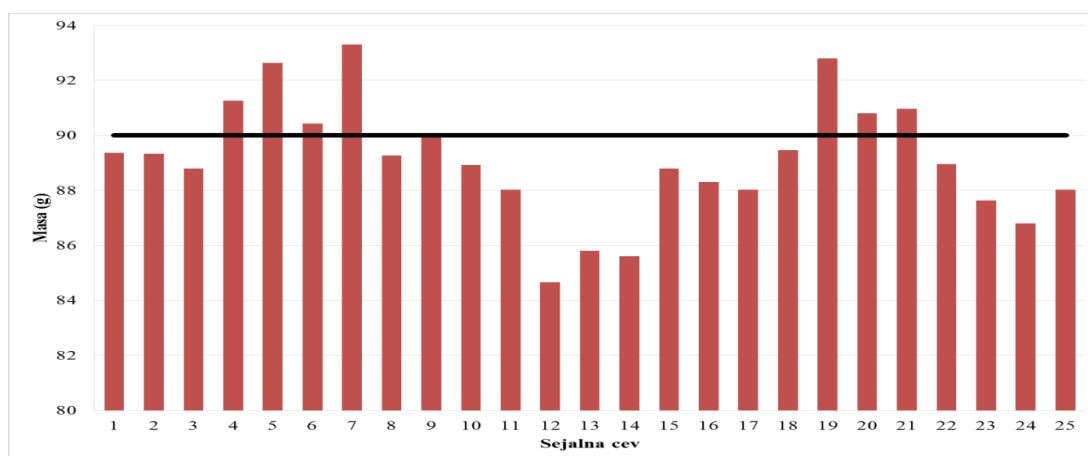


Slika 26: Prečna porazdelitev mase semena ozimnega ječmena pri nagibu sejalnice nazaj.

4.3 PREČNA PORAZDELITEV MASE SEMENA PO POSAMEZNIH SEJALNIH CEVEH PRI AJDI

Vodoraven položaj

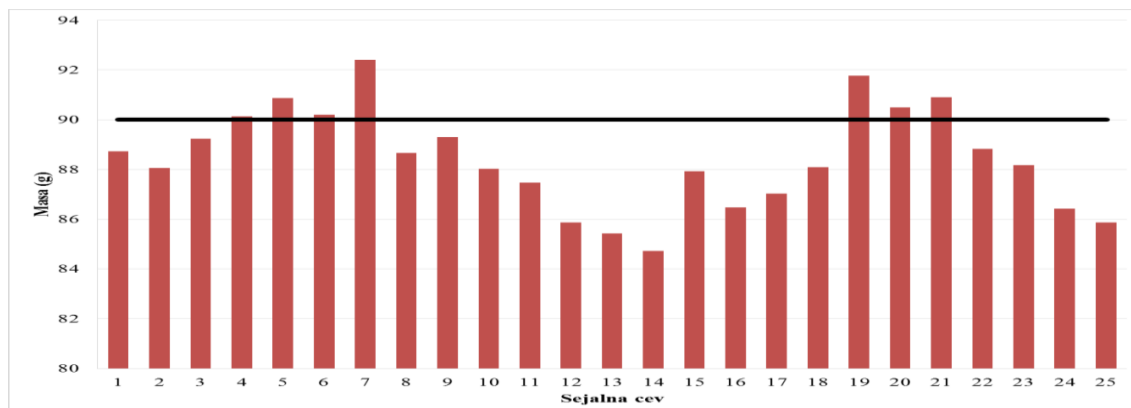
Prikazana je prečna porazdelitev semena ajde v vodoravnem položaju sejalnice po posameznih sejalnih ceveh (slika 27). Masa semena je med 84,7 g (12. cev) in 93,3 g (7. cev). V tem položaju koeficient variacije znaša 2,5 %, standardni odklon pa 2,2 g. Koeficient variacije od nastavljene količine (90 kg/ha) je 2,6 %, standardni odklon pa 2,4 g. Povprečna dejanska količina semena pri treh ponovitvah je bila 89,1 kg/ha.



Slika 27: Prečna porazdelitev mase semena ajde v vodoravnem položaju sejalnice.

Nagib v levo

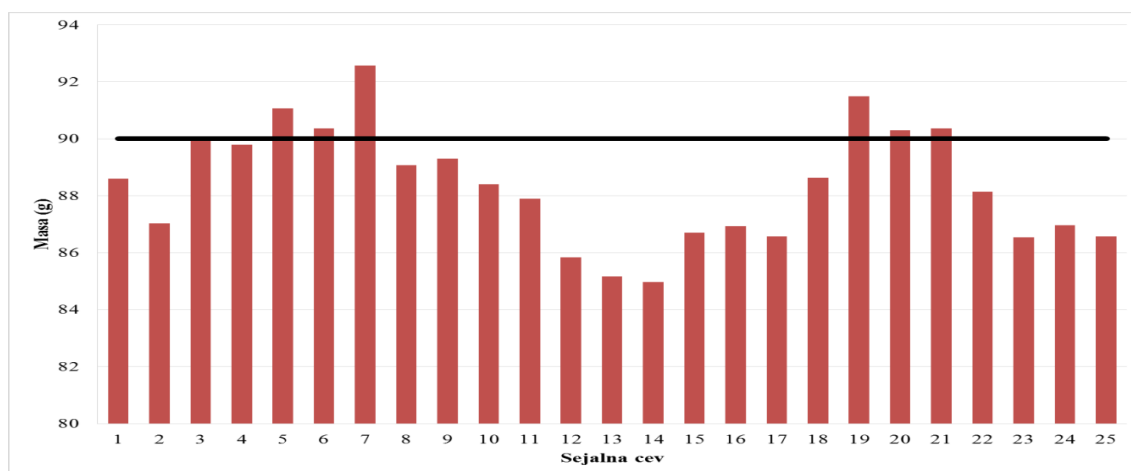
Slika 28 prikazuje prečno porazdelitev semena ajde po posameznih ceveh pri nagibu sejalnice v levo. Masa semena znaša med 84,7 g (14. cev) in 92,4 g (7. cev). Standardni odklon je 2,1 g, koeficient variacije pa 2,3 %. Koeficient variacije od nastavljene količine (90 kg/ha) znaša 2,9 %, standardni odklon pa 2,6 g. Povprečna dejanska količina semena pri treh ponovitvah je bila 88,4 kg/ha.



Slika 28: Prečna porazdelitev mase semena ajde pri nagibu sejalnice v levo .

Nagib v desno

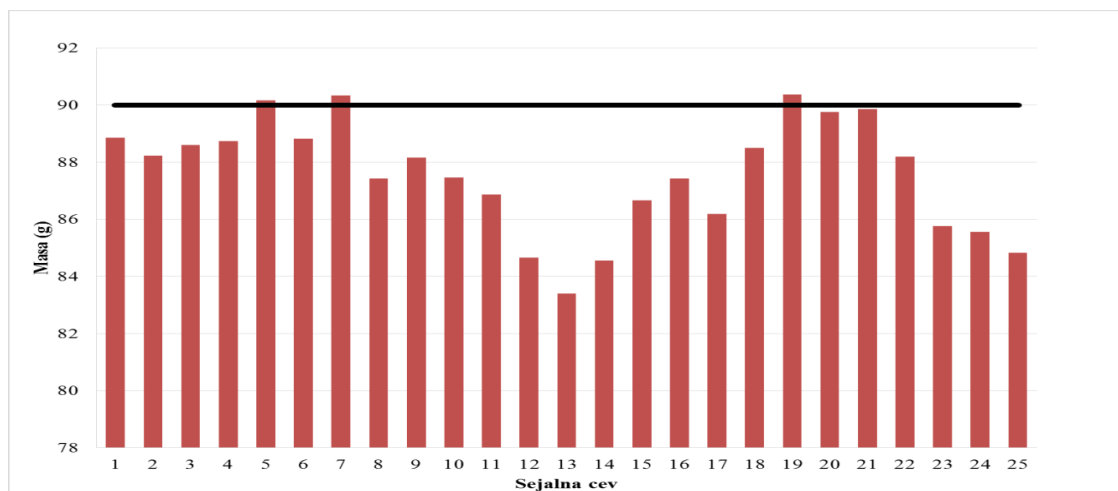
Masa semena prečne porazdelitve ajde pri nagibu sejalnice v desno po posameznih ceveh znaša med 85 g (14. cev) in 92,6 g (7. cev). Standardni odklon je 2,1 g in koeficient variacije, ki znaša 2,4 %. Koeficient variacije od nastavljene količine (90 kg/ha) znaša 2,9 %, standardni odklon pa 2,6 g. Povprečna dejanska količina semena pri treh ponovitvah je bila 88,4 kg/ha (slika 29).



Slika 29: Prečna porazdelitev mase semena ajde pri nagibu sejalnice v desno.

Nagib naprej

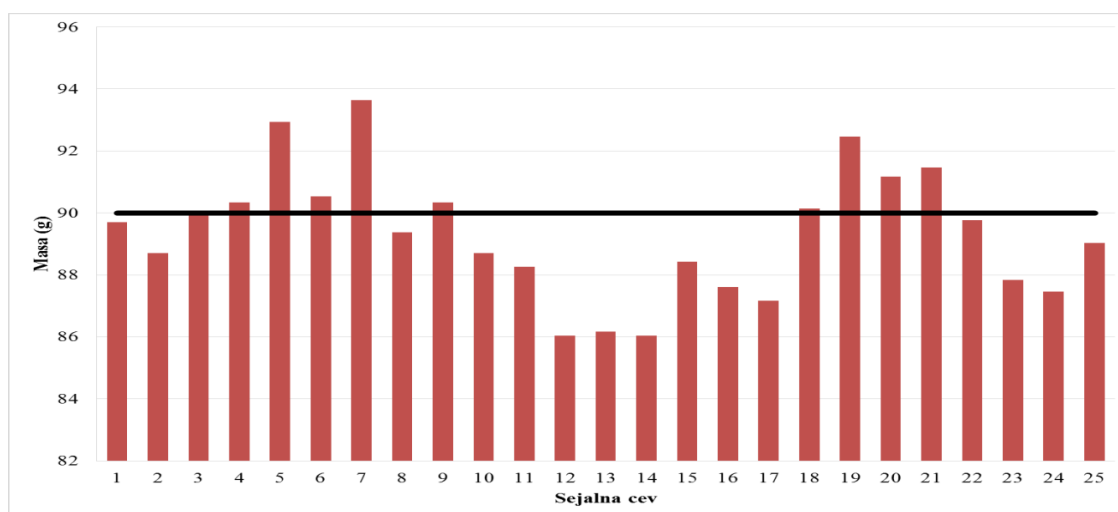
Slika 30 prikazuje prečno porazdelitev semena ajde pri nagibu sejalnice naprej po posameznih sejalnih ceveh. Masa semena je v razmerju od 83,4 g (13. cev) do 90,4 g (19. cev). Pri tem standardni odklon znaša 2,0 g, koeficient variacije pa 2,3 %. Koeficient variacije od nastavljene količine (90 kg/ha) je 3,5 %, standardni odklon pa 3,2 g. Povprečna dejanska količina semena pri treh ponovitvah je bila 87,6 kg/ha.



Slika 30: Prečna porazdelitev mase semena ajde pri nagibu sejalnice naprej.

Nagib nazaj

Prikazana je prečna porazdelitev semena ajde pri nagibu sejalnice nazaj. Masa semena po posameznih sejalnih ceveh je v razponu med 86 g (12. in 14. cev) in 93,6 g (7. cev). Standardni odklon znaša 2,1 g, koeficient variacije pa 2,4%. Koeficient variacije od nastavljene količine (90 kg/ha) znaša 2,5 %, standardni odklon pa 2,2 g. Povprečna dejanska količina semena pri treh ponovitvah je bila 89,3 kg/ha (slika 31).

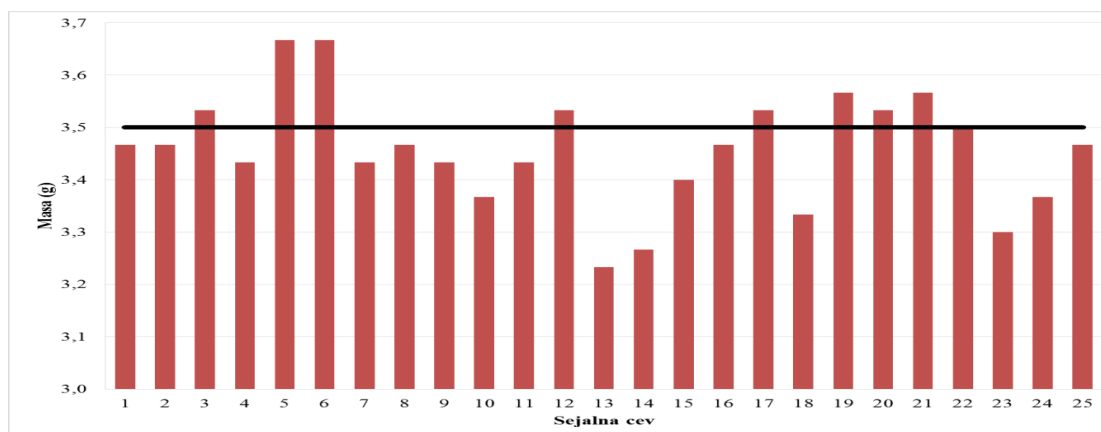


Slika 31: Prečna porazdelitev mase semena ajde pri nagibu sejalnice nazaj.

4.4 PREČNA PORAZDELITEV MASE SEMENA PO POSAMEZNIH SEJALNIH CEVEH PRI OLJNI OGRŠČICI

Vodoraven položaj

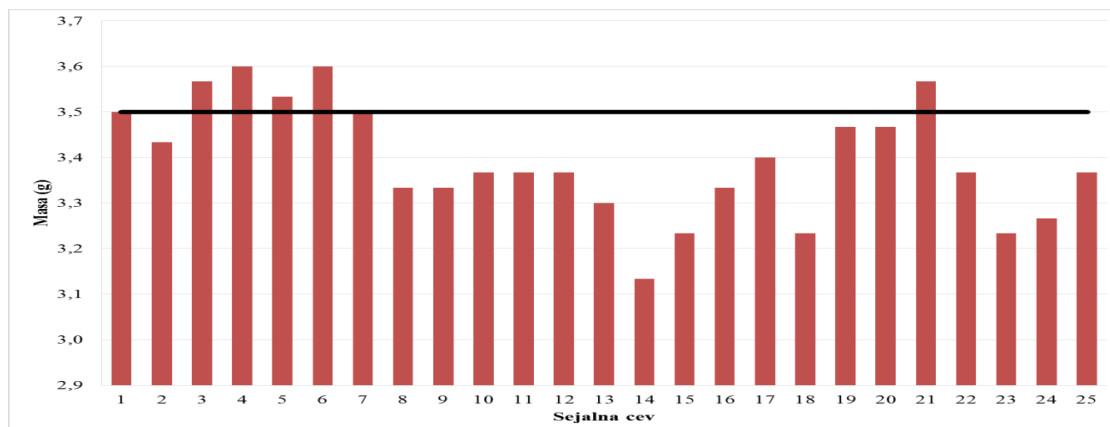
Slika 32 prikazuje prečno porazdelitev semena oljne ogrščice v vodoravnem položaju po sejlnih ceveh. Masa semena je v razponu od 3,2 (13. cev) do 3,7 g (5. in 6. cev). Koeficient variacije znaša 3,5 %, standardni odklon pa 0,1 g. Koeficient variacije od nastavljene količine (3,5 kg/ha) znaša 3,6 %, standardni odklon pa 0,13 g. Povprečna dejanska količina semena pri treh ponovitvah je bila 3,3 kg/ha.



Slika 32: Prečna porazdelitev mase semena oljne ogrščice v vodoravnem položaju sejalnice.

Nagib v levo

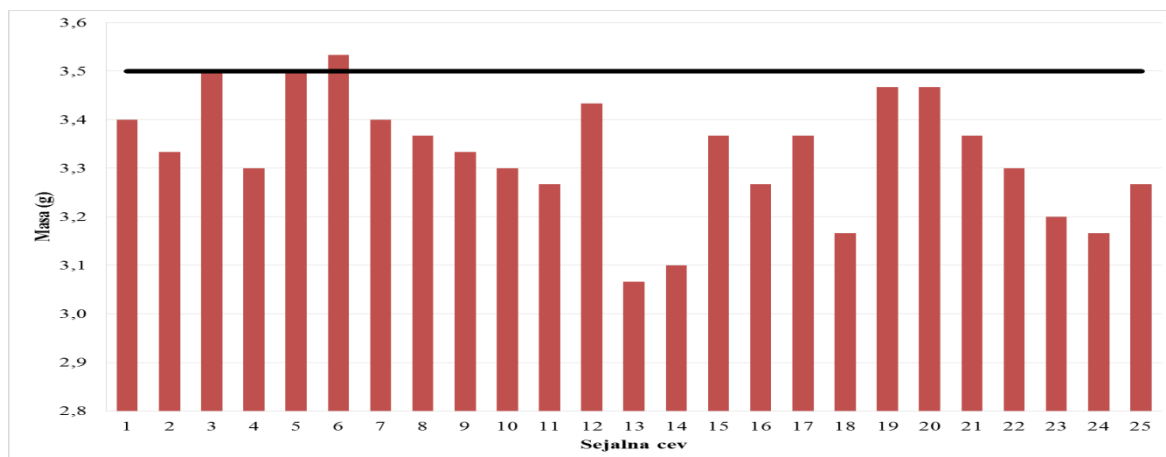
Slika 33 prikazuje prečno porazdelitev semena oljne ogrščice pri nagibu sejalnice v levo po posameznih sejlnih ceveh. Masa semena je v razmerju od 3,1 (14. cev) do 3,6 g (4., 6. in 21. cev). Pri tem standardni odklon znaša 0,2 g, koeficient variacije pa 4,5 %. Koeficient variacije od nastavljene količine (3,5 kg/ha) znaša 5,3 %, standardni odklon pa 0,19 g. Povprečna dejanska količina semena pri treh ponovitvah je bila 3,4 kg/ha.



Slika 33: Prečna porazdelitev mase semena oljne ogrščice pri nagibu sejalnice v levo.

Nagib v desno

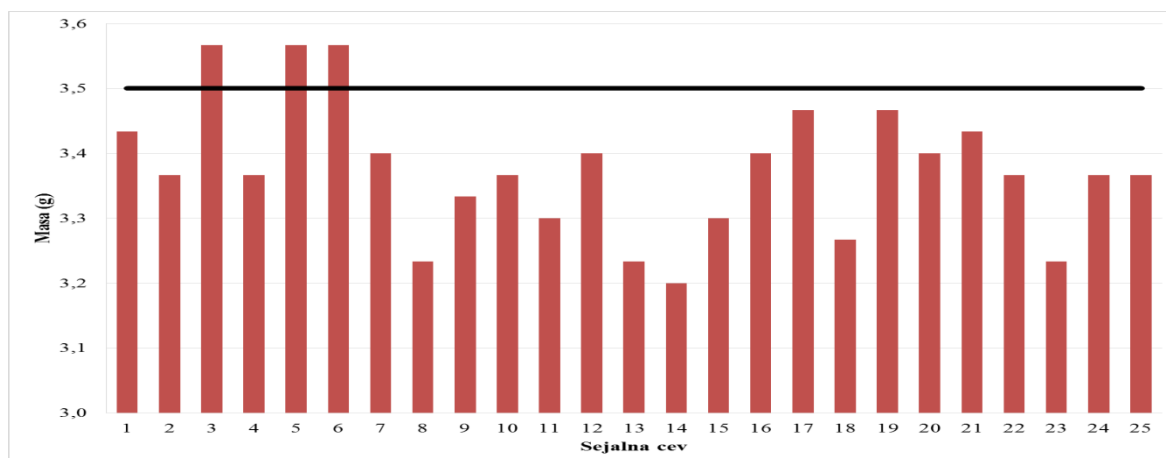
Prikazana je prečna porazdelitev semena oljne ogrščice po posameznih ceveh pri nagibu sejalnice v desno. Masa semena znaša med 3,1 g (13. cev) in 3,5 g (6. cev). Koeficient variacije je 4,1 %, standardni odklon pa 0,1 g. Koeficient variacije od nastavljene količine (3,5 kg/ha) znaša 6,19 %, standardni odklon pa 0,22 g. Povprečna dejanska količina semena pri treh ponovitvah je bila 3,3 kg/ha (slika 34).



Slika 34: Prečna porazdelitev mase semena oljne ogrščice pri nagibu sejalnice v desno.

Nagib naprej

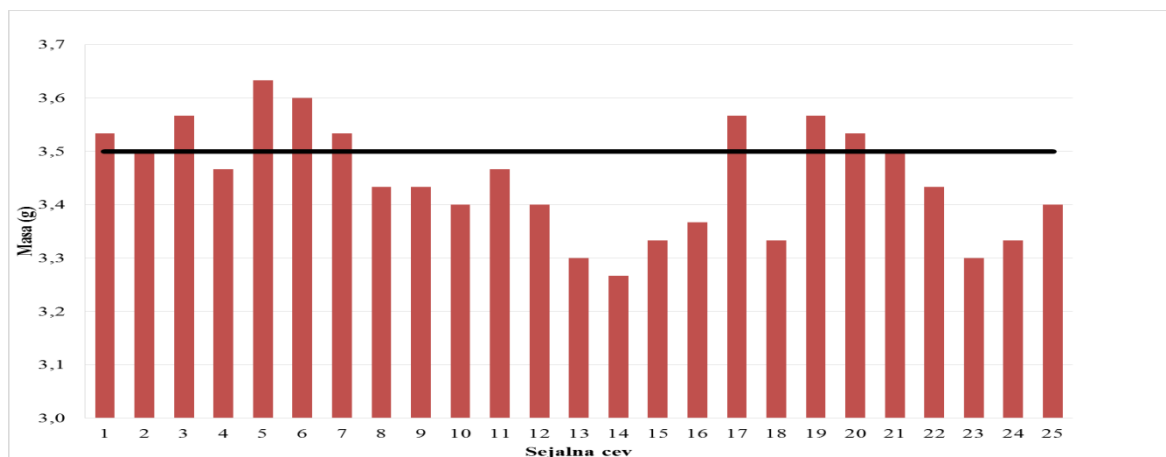
Masa semena prečne porazdelitve semena oljne ogrščice pri nagibu sejalnice naprej po posameznih ceveh znaša med 3,2 g (14. cev) in 3,6 g (3., 5., 6. cev). Standardni odklon je 0,1 g in koeficient variacije 3,4 %. Koeficient variacije od nastavljene količine (3,5 kg/ha) znaša 4,77 %, standardni odklon pa 0,17 g. Povprečna dejanska količina semena pri treh ponovitvah je bila 3,4 kg/ha (slika 35).



Slika 35: Prečna porazdelitev mase semena oljne ogrščice pri nagibu sejalnice naprej.

Nagib nazaj

Slika 36 prikazuje prečno porazdelitev semena oljne ogrščice pri nagibu sejalnice nazaj po posameznih sejalnih cevih. Masa semena je od 3,3 (14. cev) do 3,6 g (5. cev). Pri tem standardni odklon znaša 0,1 g, koeficient variacije pa 3,6 %. Koeficient variacije od nastavljene količine (3,5 kg/ha) je 3,77 %, standardni odklon pa 0,13 g. Povprečna dejanska količina semena pri treh ponovitvah je bila 3,4 kg/ha.



Slika 36: Prečna porazdelitev mase semena oljne ogrščice pri nagibu sejalnice nazaj.

4.5 DINAMIČNI PREIZKUS SEJALNICE NA POLJU

Pri setvi ozimne pšenice in ozimnega ječmena je bila dejanska hitrost setve 8,5 oz. 8,6 km/h, kar je nekoliko več, kot je bila hitrost na traktometru (8 km/h). Pri hitrosti setve 11 km/h, ki jo je prikazoval traktometer, je bila dejanska hitrost pri setvi ozimne pšenice in ječmena zelo podobna, in sicer 10,9 oziroma 10,8 km/h. Relativni odklon dejanske količine semena od nastavljene količine je bil pri ozimni pšenici pri obeh hitrostih setve podoben, in sicer je bil manjši od nastavljene količine za 2,5 oz. 2,7 %. Zdrs sejalnega kolesa je znašal 2,1 in 1,6 %.

V preizkusu z ozimnim ječmenom je bila pri dejanski hitrosti setve 8,6 km/h dejanska količina semena za 0,5 % manjša od nastavljene, pri večji hitrosti setve 10,8 km/h pa je bila manjša za 2,2 %. Zdrs sejalnega kolesa je bil pri obeh hitrostih setve manjši od 2 %.

Pri setvi ajde je dejanska hitrost znašala 8,5 in 13,0 km/h. Dejanska količina semena je bila manjša za 5,9 % pri hitrosti setve 8,5 km/h in za 5,7 % pri hitrosti setve 13 km/h. Zdrs pogonskega kolesa je pri obeh hitrostih setve znašal 0,8 %.

Pri preizkusu z oljno ogrščico je bila dejanska hitrost setve višja od hitrosti prikazane na traktometru, in sicer je znašala 8,5 in 13,5 km/h. Dejanska količina semena je bila manjša za 5,5 % pri hitrosti setve 8,5 km/h in za 3,6 % pri hitrosti setve 13,5 km/h (preglednica 15). Zdrs pogonskega kolesa sejalnice je znašal 1,6 oz. 1,3 %.

Preglednica 15: Rezultati meritev pri dinamičnem preizkusu sejalnice s standardnimi napakami pri različnih rastlinskih vrstah

Rastlinska vrsta	Hitrost na traktometru (km/h)	Dejanska vozna hitrost (km/h)	Nastavljena količina semena (kg/ha)	Dejanska količina semena (kg/ha)	Relativni odklon dejanske količine semena od nastavljene (%)	Zdrs sejalnega kolesa (%)
Ozimna pšenica	8	$8,5 \pm 0,5$	240	$234,2 \pm 0,9$	$-2,5 \pm 0,4$	$2,1 \pm 0,2$
	11	$10,9 \pm 0,2$	240	$233,8 \pm 0,9$	$-2,7 \pm 0,4$	$1,6 \pm 0,5$
Ozimni ječmen	8	$8,6 \pm 0,1$	200	$199,0 \pm 0,8$	$-0,5 \pm 0,4$	$1,9 \pm 0,4$
	11	$10,8 \pm 0,1$	200	$195,6 \pm 1,3$	$-2,2 \pm 0,6$	$1,1 \pm 0,5$
Ajda	8	$8,5 \pm 0,1$	95	$89,4 \pm 1,2$	$-5,9 \pm 1,2$	$0,8 \pm 0,2$
	13	$13,0 \pm 0,2$	95	$89,6 \pm 0,2$	$-5,7 \pm 0,2$	$0,8 \pm 0,2$
Oljna ogrščica	8	$8,5 \pm 0,1$	2,8	$3,0 \pm 0,1$	$-5,5 \pm 0,1$	$1,6 \pm 0,5$
	13	$13,5 \pm 0,2$	2,8	$2,9 \pm 0,1$	$-3,6 \pm 0,1$	$1,3 \pm 0,2$

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

Najprej smo izmerili prečno masno porazdelitev semena po sejalnih ceveh pri ozimni pšenici. Koeficient variacije je pri vseh položajih sejalnice (od vodoravnega položaja do 10 % nagibov naprej-nazaj ter 10 % nagibov levo-desno) znašal od 2,1 do 2,3 %. Eikel (2011a) navaja, da gre za dobro prečno masno porazdelitev semena. Hörner in Mumme (2007) sta v svojih poskusih ugotovila manjše koeficiente variacije (od 1,0 do 1,6 %) kot so bili v našem poskusu. Koeficient variacije nam pove samo relativno odstopanje mase semena na posamezni sejalni cevi od povprečne mase semena iz vseh 25 sejalnih cevi. Ne pove pa nam, kolikšno je odstopanje mase na posamezni sejalni cevi od nastavljene količine semena in kolikšna je dejanska količina semena (kg/ha) pri stacionarnem preizkusu. Zaradi tega smo izračunali še koeficient variacije od nastavljene količine semena pri ozimni pšenici 210 kg/ha. Ta je znašal od 2,4 do 3 %, kar je še zmeraj dobra prečna masna porazdelitev po Eiklu (2011a). Po drugi strani je zanimivo, da je bila dejanska količina semena pri vodoravnem položaju (213,9 kg/ha) in 10 % nagibu nazaj (213 kg/ha) višja od nastavljene (210 kg/ha). Verjetno je pri teh dveh položajih polnjenje odgrebal za seme preveliko in gre nekoliko večja masa v odgrebala za seme. Pri 10 % nagibu sejalnice levo-desno in 10 % nagibu naprej je bila dejanska količina semena (od 206,6 do 207,8 kg/ha) manjša od nastavljene (210 kg/ha). Predvidevamo, da je pri teh položajih sejalnice polnjenje odgrebal s semenom slabše. Kljub vsemu ta odstopanja znašajo le do 2 % glede na nastavljeno količino semena. Pri vseh položajih sejalnice je bila najmanjša masa semena izmerjena pri sejalnih ceveh na sredini sejalnice, pri 12., 13. in 14. sejalni cevi. Do tega verjetno pride, ker so sredinska odgrebala za seme najbolj obrabljena.

Pri preizkusu sejalnice z ozimnim ječmenom je bil koeficient variacije manjši kot pri ozimni pšenici. Pri vseh položajih sejalnice je znašal od 1,7 do 1,8 %, kar pomeni zelo dobro prečno porazdelitev semena po Eiklu (2011a). Tudi koeficient variacije glede na nastavljeno količino 200 kg/ha je znašal od 1,8 do 2,6 %. Rezultati na vodoravni podlagi so skladni z rezultati Schummana (2014), ki je dosegel pri poskusu z ozimno pšenico koeficient variacije 1,7 %. Pri vodoravnem položaju sejalnice sta bila dejanska količina semena (199,9 kg/ha) in nastavljena količina (200 kg/ha) praktično identična. Pri 10 % nagibu levo-desno in 10 % nagibu nazaj je bila dejanska količina višja od nastavljene, kar je drugače kot pri ozimni pšenici. Ozimni ječmen ima drugačno obliko in površino kot ozimna pšenica, zato predvidevamo, da je drugačno polnjenje odgrebal za seme in so odstopanja manjša kot pri ozimni pšenici. Največje odstopanje je bilo pri 10 % nagibu sejalnice nazaj, saj je znašala dejanska količina semena 203,9 kg/ha. Očitno pride pri tem do večjega polnjenja zajemal za seme in s tem do večje količine semena na hektar. Le pri 10 % nagibu naprej je bila dejanska količina (197,3 kg/ha) semena nižja od nastavljene. V tem primeru je mogoče, da je slabše polnjenje zajemal za seme, ker ne pride zadosti semena v zobe na zajemalnih za seme.

Koeficient variacije je pri preizkusu z ajdo znašal od 2,3 do 2,5 % in je bil nekoliko večji kot pri ozimni pšenici. Glede na nastavljeno vrednost je koeficient variacije znašal od 2,5 do 3,5 %. Gre za dobro do zadovoljivo prečno masno porazdelitev semena. Pri vseh položajih sejalnice je bila dejanska količina semena nekoliko nižja od nastavljene količine

90 kg/ha. Po našem mnenju gre za slabše polnjenje odgrebal za seme, ker ima seme ajde podobno obliko kot štiristrana piramida. Pri 10 % nagibu sejalnice nazaj in pri vodoravnem položaju je bila dejanska količina (89,3 in 89,1 kg/ha) najbližje nastavljeni količini. Največje odstopanje dejanske količine (87,6 kg/ha) je bilo pri nagibu sejalnice naprej za 10 % in gre za podoben trend kot pri ozimnem ječmenu in ozimni pšenici. Pri vseh naštetih je bila dejanska količina semena pri nagibu sejalnice naprej manjša od nastavljene. Predvidevamo, da če je sejalnica nagnjena za določen kot naprej, je manjši tlak semena na odgrebala in slabše polnjenje, ker so zajemala za seme na zadnji strani nasipnice. Pri nagibu sejalnice naprej seme v nasipnici ne pritiska tako močno na odgrebala in je slabše polnjenje. Menimo, da se seme rahlo odkotali iz zobcev na odgrebalih za seme in posledično je nižja količina semena na hektar. Poskusov z ajdo je malo narejenih, tako da nimamo direktnih primerjav.

Seme oljne ogrščice je zelo majhno in potrebne količine semena so zelo majhne (od 2 do 5 kg/ha), zato so lahko odstopanja pri setvi precej večja kot pri ozimni pšenici, ozimnem ječmenu in ajdi. Posledično so večji tudi koeficienti variacije. Koeficient variacije je znašal od 3,4 do 4,5 %, kar pomeni, da gre za dobro prečno masno porazdelitev semena po Eiklu (2011a). Isti avtor je pri sejalnici z enakimi odgrebali dosegel podoben koeficient variacije (3,95 %). Pri večini modelov sejalnic različnih proizvajalcev je bil koeficient variacije večji, le pri sejalnici Kverneland mc-drill Pro 300 je bil zelo majhen (1,54 %). Koeficient variacije glede na nastavljeno količino 3,5 kg/ha je v našem poskusu znašal od 3,6 do 6,2 %, kar je bilo pričakovano. Rezultati kažejo, da je bil najmanjši koeficient variacije (3,6 %) na vodoravni podlagi, največji pa pri 10 % nagibu v levo (5,3 %) in desno stran (6,2 %), toda kljub temu je bila prečna masna porazdelitev semena zadovoljiva. Pri vodoravnem položaju sejalnice je bila dejanska količina semena enaka nastavljeni količini (3,5 kg/ha). Pri 10 % nagibu sejalnice levo in 10 % nagibu naprej-nazaj je znašala dejanska količina semena 3,4 kg/ha, medtem ko je pri 10 % nagibu v desno znašala 3,3 kg/ha.

S stacionarnimi preizkusi prečne masne porazdelitve semena smo potrdili hipotezo, da bo pri večji količini semena (ozimna pšenica, ozimni ječmen in ajda) nižji koeficient variacije kot pri nižji količini semena (oljna ogrščica). Nismo pa potrdili hipoteze, da bo na vodoravni podlagi pri stacionarnem preizkusu sejalnice manjši koeficient variacije pri vseh uporabljenih rastlinskih vrstah v poskusu kot pri 10 % nagibu sejalnice naprej-nazaj in 10 % nagibu levo-desno.

Želeli smo ugotoviti tudi odstopanje dejanske količine semena od nastavljene pri setvi na polju z dvema hitrostma setve. Pri setvi ozimne pšenice in ozimnega ječmena je znašala hitrost na traktometru 8,0 in 11,0 km/h, medtem ko pri setvi ajde in oljne ogrščice 8,0 in 13,0 km/h. Ugotavljali smo tudi zdrs pogonskega kolesa sejalnice pri dveh hitrostih setve. Pri poizkusu z ozimno pšenico je bila dejanska količina semena nižja za 2,5 do 2,7 % od nastavljene količine, kar pomeni zelo majhno do majhno odstopanje sejalnice. Hörner in Mumme (2007) sta v svojem poskusu ugotovila le 0,1 % nižjo količino semena od nastavljene pri hitrosti setve 8 km/h, medtem ko je Schumman (2014) ugotovil 1,2 % manjšo količino semena na hektar. Zdrs pogonskega kolesa se ni povečal pri višji vozni hitrosti, saj je znašal 2,1 oz. 1,6 %.

Pri ozimnem ječmenu je bilo pri hitrosti 8,0 km/h zelo minimalno odstopanje od nastavljene količine (−0,5 %), medtem ko je bilo pri hitrosti 11,0 km/h −2,2 %. Tudi pri setvi ječmena se zdrs pogonskega kolesa sejalnice ni povečal pri višji vozni hitrosti.

Precej višje odstopanje dejanske količine od nastavljene je bilo pri setvi ajde, in sicer −5,9 in −5,7 %, kar še zmeraj velja za dopustno mejo pri setvi. Predvidevamo, da ima seme ajde obliko tristrane piramide in je slabše polnjenje odgrebal za seme. Kljub temu je bil zdrs pogonskega kolesa enak pri obeh hitrostih setve (0,8 %).

Zanimivo, da je bilo pri setvi oljne ogrščice odstopanje dejanske količine semena od nastavljene manjše pri višji hitrosti setve. Pri hitrosti setve 8,0 km/h je bilo odstopanje 5,5 %, medtem ko pri hitrosti 13,0 km/h le 3,6 %. Tega nismo pričakovali. Hörner in Mumme (2007) sta ugotovila +2,9 % odstopanje dejanske količine semena od nastavljene, kar je manj kot v našem poskusu, medtem ko je Schumman (2014) ugotovil minimalno odstopanje. Tudi zdrs pogonskega kolesa sejalnice je bil manjši pri večji hitrosti setve. Tako nismo potrdili hipoteze, da bo zdrs pogonskega kolesa sejalnice pri višji hitrosti setve manjši. V večini tudi nismo potrdili hipoteze, da bo pri višji hitrosti setve, večje odstopanje dejanske količine semena od nastavljene količine.

Ugotovili smo, da je tudi pri povečani hitrosti setve in setvi na nagibu, setev še vedno kakovostno opravljena. V prihodnosti bi bilo potrebno raziskati še rast in razvoj rastlin po setvi pri različnih hitrostih in vpliv hitrosti setve na pridelek ter kakovost semena.

5.2 SKLEPI

Iz rezultatov poskusa so razvidni naslednji sklepi:

- Pri ozimni pšenici je pri stacionarnem preizkusu koeficient variacije pri različnih položajih sejalnice znašal od 2,1 do 2,5 %, kar pomeni dobro prečno porazdelitev mase semena po sejalnih ceveh.
- Pri ozimnem ječmenu je pri stacionarnem preizkusu koeficient variacije pri različnih položajih sejalnice znašal od 1,6 do 1,9 %, kar pomeni zelo dobro prečno porazdelitev mase semena po sejalnih ceveh.
- Pri stacionarnem preizkusu sejalnice z ajdo je bila ugotovljena dobra prečna porazdelitev mase semena po sejalnih ceveh (koeficient variacije od 2,3 do 2,6 %).
- Pri stacionarnem preizkusu sejalnice z oljno ogrščico je bila pri vodoravnem položaju sejalnice, 10 % nagibu naprej in nazaj ter 10 % nagibu levo ugotovljena dobra prečna porazdelitev mase semena (koeficient variacije od 3,4 do 4,5 %), medtem ko je bila pri 10 % nagibu v desno porazdelitev mase semena zadovoljiva (koeficient variacije 6,2 %).
- Pri stacionarnem preizkusu sejalnice z oljno ogrščico je bil višji koeficient variacije kot pri ozimnem ječmenu, ozimni pšenici ter ajdi, kar potrjuje postavljeno hipotezo.
- Na vodoravni podlagi pri stacionarnem preizkusu ni bil ugotovljen nižji koeficient variacije kot pri 10 % nagibu sejalnice naprej in nazaj ter 10 % nagibu sejalnice levo in desno, kar je v nasprotju s postavljeno hipotezo.
- Pri višji vozni hitrosti setve (11 in 13 km/h) ni bilo ugotovljeno večje odstopanje dejanske količine semena od nastavljene kot pri nižji vozni hitrosti setve (8 km/h). V

vseh poskusih je bila dejanska količina semena nižja od nastavljene količine, kar ne potrjuje postavljene hipoteze.

- Pri ozimnem ječmenu je bilo zelo majhno odstopanje dejanske količine semena od nastavljene količine ($< 2,5\%$), pri ozimni pšenici je bilo odstopanje majhno (2,5 do 5 %) pri dveh hitrostih setve 8 in 11 km/h.
- Pri setvi ajde je bilo odstopanje dejanske količine semena od nastavljene dopustno (5 do 10 %), pri setvi oljne ogrščice pa majhno do dopustno pri dveh hitrostih setve.
- Pri višji vozni hitrosti setve (11 oziroma 13 km/h) ni bil ugotovljen večji zdrs pogonskega kolesa sejalnice kot pri nizki hitrosti setve (8 km/h), kar je v nasprotju z hipotezo.

6 POVZETEK

Sodobne mehanske sejalnice za strnjeno setev morajo omogočati dobro prečno porazdelitev mase semena na različnih terenih, od vodoravnih do nagnjenih površin. Poleg tega mora biti pri setvi na polju odstopanje dejanske količine semena od nastavljene čim manjše. Zaželeno je tudi čim višja hitrost setve in s tem površinska storilnost, saj ima pridelovalec vedno malo časa na razpolago za setev.

Zaradi teh razlogov smo se odločili za poskus, v katerem smo najprej naredili stacionarni preizkus sejalnice pri različnih položajih sejalnice. Stacionarni preizkus sejalnice smo izvajali na vodoravni podlagi, 10 % nagibu naprej in nazaj glede na smer vožnje ter pri 10 % nagibu levo in desno glede na smer vožnje. V stacionarnem preizkusu smo uporabili ozimno pšenico, ozimni ječmen, ajdo in oljno ogrščico. Pri preizkusu z ozimno pšenico in ajdo smo ugotovili dobro prečno porazdelitev mase semena po sejalnih ceveh, saj je koeficient variacije znašal med 2,0 in 3,2 %. Zelo dobra prečna porazdelitev mase semena je bila ugotovljena pri stacionarnem preizkusu z ozimnim ječmenom, kjer je bil koeficient variacije manjši od 2 %. Dobra do zadovoljiva prečna porazdelitev mase semena po sejalnih ceveh je bila ugotovljena pri stacionarnem preizkusu z oljno ogrščico. V poskusih ni bila ugotovljena boljša prečna masna porazdelitev semena na vodoravni podlagi pri vseh uporabljenih rastlinskih vrstah v primerjavi z 10 % nagibom sejalnice naprej in nazaj ter 10 % nagibom sejalnice levo in desno glede na smer setve. Pri setvi zelo drobnega semena in nizkih količin semena pri stacionarnem preizkusu z oljno ogrščico (3,5 kg/ha) je bil ugotovljen višji koeficient variacije kot pri ozimni pšenici, ozimnem ječmenu in ajdi, ki imajo debelejša seme in precej večjo količino semena na hektar.

Naredili smo še dinamični preizkus sejalnice na polju pri dveh hitrostih setve. Želeli smo ugotoviti ali je natančnost setve slabša pri višji hitrosti setve ali ne. Zato smo izračunali odstopanje dejanske količine semena pri setvi od nastavljene količine semena na sejalnici pred setvijo. Poleg tega nas je zanimalo, če se pri povečani vozni hitrosti setve poveča zdrs pogonskega kolesa sejalnice. Setev ozimne pšenice in ozimnega ječmena smo izvajali pri hitrosti 8,0 in 11 km/h na traktometru, medtem ko je bila pri setvi ajde in oljne ogrščice hitrost setve 8,0 in 13,0 km/h na traktometru. Pri vseh rastlinskih vrstah je bila dejanska količina semena nižja od nastavljene količine. Pri setvi ozimnega ječmena je bilo odstopanje dejanske količine semena od nastavljene zelo majhno (< 2,5 %), medtem ko je bilo pri ozimni pšenici majhno odstopanje (2,5 do 5 %). Pri ajdi in oljni ogrščici je bilo odstopanje dejanske količine semena majhno (2,5 do 5 %) do dopustno (5 do 10 %). S povečanjem vozne hitrosti ni bilo ugotovljeno večje odstopanje dejanske količine semena razen pri setvi ozimnega ječmena. Tudi zdrs pogonskega kolesa sejalnice ni bil višji pri večji vozni hitrosti setve.

V prihodnje bi bilo potrebno poskus nadaljevati na polju, tako da bi videli še, kako se natančnost setve na koncu odrazi na rasti in razvoju rastlin ter na pridelku in kakovosti semena. Želeli bi tudi ugotoviti, kje je zgornja meja glede hitrosti setve pri mehanski sejalnici za strnjeno setev. V poskusu smo namreč videli, da je tudi pri višji hitrosti natančnost setve dobra.

7 VIRI

Ajda Darja. Semenarna Ljubljana.

<http://www.semenarna.si/podrobnosti-artikla-avtohtone-in-udomacene-sorte/category/avtohtone-in-udomacene-sorte/article/.2398> (03. avg. 2016)

Bauer P.J., Frederick J. R., Busscher W. J. 2002. Tillage effect on nutrient stratification in narrow- and wide-row cropping systems. *Soil and Tillage Research*, 66, 2: 175-182

Bernik R. 2005. Tehnika v kmetijstvu: obdelava tal, setev, gnojenje. Predavanja za študente agronomije in zootehniko. Ljubljana Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 138 str.

Böck A. 2015. Die Sämaschine richtig abdrehen. *Landwirt*, 18: 52-53

Celik A., Ozturk I., Way T. R. 2007. Effects of various planters on emergence and seed distribution uniformity of sunflower. *Applied Engineering in Agriculture*. 23, 1: 57-61

Eikel G. 2011a. Fast alles in grünen Bereich. *Profi Magazin für professionelle Agrartechnik*, 7: 20-25

Eikel G. 2011b. Von A wie Abdrehen bis Z wie Zugänglichkeit. *Profi Magazin für Professionelle Agrartechnik*, 8: 14-19

Hörner R., Mumme M. 2007. Anbau-Drillmaschine D9-30 Super. Mengetreue und Querverteilung. DLG-Prüfbericht 5724F. DLG e.V. Testzentrum Technik & Betriebsmittel. Groß-Umstadt: 6 str.

Kamgar S., Noei-Khodabadi F., Shafaei S.M. 2015. Design, development, and field assessment of a controlled seed metering unit to be used in grain drills for direct seeding of wheat. *Information Processing in Agriculture*, 2: 169-176

Kocjan Ačko D. 2015. Poljščine: pridelava in uporaba. Ljubljana, Kmečki glas: 187 str.

NS Seme. Ozima Pšenica NS 40-S.

<http://www.nsseme.com/products/?opt=wheat&cat=products> (03. avg. 2016)

Onal A., Onal I. 2009. Development of a computerized measurement system for in-row seed spacing accuracy. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 33, 2: 99-109

Ozimna žita 2016. Semenarna Ljubljana.

http://www.semenarna.si/tl_files/KAZALO/aktualno/2016/ozimna_zita/Ozimna%20zita%202016%20katalog%20FIN.pdf (03. avg. 2016)

Parish R.L., Bracy R.P. 2003. An attempt to improve uniformity of a Gaspardo precision seeder. *HortTechnology*, 13, 1: 100-103

Pioneer. Ozimna oljna ogrščica 2016.

https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Slovenia_Intl/Non_searchable/Canola2016.pdf (03. avg. 2016)

Ruicheng D., Bingcai G., Ningning L., Chenchen W., Zidong Y., Mingjian M. 2013. Design and experiment on intelligent fuzzy monitoring system for corn planters. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 6, 3: 11-18

Schuchmann G.H. 2014. Kuhn-Aufbaudrille Sitera 3000 20 DS. DLG test. DLG Mitteilungen, 5: 20-21

Schuchmann G.H., Hörner R. 2016. Wie drillen Sie? Bauernblatt, 37: 29-32

Srivastava A.K., Goering C.E., Rohrbach R.P. 1993. Engineering principles of agricultural machines. Michigan (USA), American Society of Agricultural Engineers: 601 str.

von der Ohe C., Bumecker M., Hacmeister R., Peters J., Potthast A. 2016. Lohnt sich der Mehraufwand? Saatgut Magazin, 8: 11-15

ZAHVALA

Za pomoč pri diplomski nalogi se zahvaljujem mentorju, doc. dr. Filipu Vučajniku. Hvala tudi Jankecu Horvatu za pomoč pri izvedbi poskusov.

Zahvala gre tudi mojim staršem za podporo pri študiju in v času pisanja diplomske naloge.