

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Jure ZAGAJŠEK

**IZGUBE ZRNJA PRI ŽETVI OZIMNEGA JEČMENA IN PŠENICE Z
IZBRANIM ŽETVENIKOM**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**GRAIN LOSSES DURING HARVESTING OF WINTER BARLEY AND
WINTER WHEAT WITH THE HARVESTER**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2009

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija agronomije. Praktični del je bil izveden na kmetiji Orač v Šmarju pri Jelšah.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je za mentorja diplomske naloge imenovala prof. dr. Rajka BERNIKA.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Katja VADNAL
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: prof. dr. Rajko BERNIK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: prof. dr. Anton TAJNŠEK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinja z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddal v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Jure Zagajšek

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	UDK 631.354:633.11:631.559 (043.2)
KG	kmetijska mehanizacija/žetveniki/ozimni ječmen/ozimna pšenica/žetev/izguba pridelka
KK	AGRIS N20
AV	ZAGAJŠEK, Jure
SA	BERNIK, Rajko (mentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
LI	2009
IN	IZGUBE ZRNJA PRI ŽETVI OZIMNEGA JEČMENA IN PŠENICE Z IZBRANIM ŽETVENIKOM
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	VIII, 32 str., 5 pregl., 32 sl., 14 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Pri žetvi žit s samohodnim žetvenikom prihaja do določenih izgub zrnja, ki ne smejo biti višje od 1 %. Namen dela je bil ugotoviti dejanske izgube zrnja pri različnih delovnih hitrostih (4, 6, 8 km/h) kombajna Deutz Fahr Powerliner 4035 H na nagnjenem terenu. Za merjenje izgub na pretresalkah in na čistilnem delu smo uporabili merilno posodo proizvajalca Feiffer consult. Pri ozimnem ječmenu so znašale izgube zrnja pri hitrosti 4 in 6 km/h okoli 1 %, medtem ko je bilo pri hitrosti 8 km/h kar 1,9 % izgub. Pri vseh treh hitrostih je bilo pri ozimnem ječmenu največ izgub (2–3,4 %) zaradi odlomljenih klasov, ki so že ležali na tleh. Tudi pri ozimni pšenici so se izgube zrnja povečevale s hitrostjo od 0,3 % pri 4 km/h do 0,9 % pri 8 km/h. Tako pri ozimnem ječmenu kot pri pšenici so se s povečanjem delovne hitrosti povečale izgube zaradi nalomljenih in počenih zrn (pri ječmenu od 0,6 % do 0,9 %; pri pšenici od 0,6 % do 1,2 %). Rezultati kažejo, da je na nagnjenem terenu najprimernejša delovna hitrost žetve med 4 in 6 km/h. Pri hitrosti 8 km/h so izgube zrnja prevelike.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn
DC UDC 631.354:633.11:631.559 (043.2)
CX agricultural mechanization/harvesting/harvesters/winter wheat/winter barley/
harvesting losses
CC AGRIS N20
AU ZAGAJŠEK, Jure
AA BERNIK, Rajko (supervisor)
PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy
PY 2009
TI GRAIN LOSSES DURING HARVESTING OF WINTER BARLEY AND
WINTER WHEAT WITH THE HARVESTER
DT Graduation Thesis (University studies)
NO VIII, 32 p., 5 tab., 32 fig., 14 ref.
LA sl
AL sl/en
AB During grain harvesting with self propelled harvesters grain losses can appear, but they should not exceed 1 %. The aim of our work was to establish actual grain losses by different working speeds (4, 6, 8 km/h) of the harvester Deutz Fahr Powerliner 4035 H on sloping ground. The measuring vessel from the manufacturer Feiffer consult was used to determine grain losses on straw walkers and cleaning unit. By winter barley the grain losses were about 1 % at 4 and 6 km/h, while at 8 km/h they reached 1,9 %. The greatest part of grain losses by winter barley was due to broken ears, which lied on the ground already before harvest at all three speeds (2–3,4 %). The grain losses increased with increasing speed also by winter wheat from 0,3 % at 4 km/h to 0,9 % at 8 km/h. Just like by winter barley as by winter wheat the grain losses on account of broken and cracked grains increased by increasing speed. By winter barley they extended from 0,6 (4 km/h) to 0,9 % (8 km/h) and by winter wheat from 0,6 % (4 km/h) to 1,2 % (8 km/h). The results show that working speeds between 4 and 6 km/h are the most suitable for harvesting on sloping ground. At 8 km/h the grain losses are too high.

KAZALO VSEBINE

Ključna dokumentacijska informacija (KDI)	III
Key Words Documentation (KWD)	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo slik	VII
Kazalo preglednic	VIII
1 UVOD	1
1.1 POVOD ZA RAZISKAVO	1
1.2 DELOVNA HIPOTEZA	1
1.3 NAMEN RAZISKAVE	1
2 PREGLED OBJAV	2
2.1 ZGODOVINA ŽETVENIKOV	2
2.2 SODOBNI ŽETVENIKI	3
2.3 IZVEDBE SODOBNIH ŽETVENIKOV	3
2.3.1 Tangencialni pretok žitne mase	3
2.3.2 Aksialni pretok žitne mase	4
2.4 DELOVNE NAPRAVE ŽETVENIKA	7
2.4.1 Kosilni del	7
2.4.2 Motovilo	7
2.4.3 Transport žitne mase	8
2.4.4 Mlatilna košara	8
2.4.5 Mlatilni boben	9
2.4.6 Pretresala	10
2.4.7 Mreže v čistilnem sklopu žetvenika	10
2.4.8 Čistilni sklop žetvenika	11
2.4.9 Zalogovnik	12
2.4.10 Motor	12
2.4.11 Kabina voznika – žanjca	12
2.4.12 Delo na strmini	13
2.4.13 Žetev na razmočenem zemljišču	Error! Bookmark not defined.
2.4.14 Slamoreznica	14
2.4.15 Voziček za prevoz žetvene naprave	15
2.5 IZGUBE ZRNJA PRI ŽETVI	16
3 MATERIAL IN METODE	18
3.1 POSKUSNA ZASNOVA	18
3.2 ŽETVENIK V POSKUSU	19
3.3 MERITVE	19
3.3.1 Meritve izgub na pretresalih in čistilnem delu	19
3.3.2 Zdrobljena zrna	21
3.3.3 Meritve gostote in višine rastlin	21
3.3.4 Meritve vlažnosti zrnja in slame	22
3.3.5 Meritve pridelka	23
3.4 OBDELAVA PODATKOV	23

4	REZULTATI	24
4.1	IZGUBE ZRNJA PRI OZIMNEM JEČMENU	24
4.2	IZGUBE ZRNJA PRI OZIMNI PŠENICI	27
5	RAZPRAVA	30
5.1	SKLEPI	30
6	POVZETEK	31
7	VIRI	32
	ZAHVALA	

KAZALO SLIK

Slika 1: Žetvenik na konjsko vprego iz leta 1938 (Class, Das gute ...,1995)	2
Slika 2: Samovozni žetvenik iz leta 1950 (Class, Das gute ...,1995)	2
Slika 3: Sodobni žetvenik DEUTZ-FAHR: Starliner	3
Slika 4: Tangencialni mlatilni boben (JOHN DEERE ..., 2002)	4
Slika 5: Aksialno mlatilni ločevalni boben (Mietittrebbia Lexion ..., 1999)	5
Slika 6: Prikaz žetvenika (Grossmähdrescher: Mega ..., 1998)	6
Slika 7: Kosilni del žetvenika z motovilom (DEUTZ-FAHR: Starliner ..., 2002)	7
Slika 8: Transport žitne mase (Mietittrebbia Lexion ..., 1999)	8
Slika 9: Multicrop košara iz treh delov (Mietittrebbia Lexion ..., 1999)	8
Slika 10: Boben z rebrastimi letvami (DEUTZ-FAHR: Starliner ..., 2002)	9
Slika 11: Pretresala (DEUTZ-FAHR: Topliner ..., 1995)	10
Slika 12: Zgornje nastavljive mreže čistilnega sklopa (DEUTZ-FAHR: Starliner..., 2002)	11
Slika 13: Čistilni sklop žetvenika (Mietittrebbia Lexion ..., 1999)	11
Slika 14: Transport žita v zalogovnik (DEUTZ-FAHR: Starliner ..., 2002)	12
Slika 15: Kabina voznika	13
Slika 16: Pretresala na strmini (DEUTZ-FAHR: Starliner ..., 2002)	14
Slika 17: Gumijaste gosenice (Mähdrescher: Dominator ..., 1998)	14
Slika 18: Slamoreznica raztrosi slamo po površini (Medion ..., 2002)	15
Slika 19: Voziček za prevoz žetvene naprave	15
Slika 20: Posamezne izgube žita zaradi različnih vzrokov (Bernik, 2008:82)	17
Slika 21: Delovni poskus	18
Slika 22: Merilna posoda za merjenje izgub zrnja	19
Slika 23: Merilna posoda po prehodu žetvenika	20
Slika 24: Izgube zrnja pri hitrosti 6 km/h (0,7 %)	20
Slika 25: Določitev gostote rastlin	21
Slika 26: Merjenje vlažnosti slame	22
Slika 27: Naprava za merjenje vlažnosti zrnja	22
Slika 28: Tehtanje pridelka na posamezni parceli	23
Slika 29: Izgube zrnja pri žetvi ozimnega ječmena pri različnih hitrostih. Različne črke pomenijo statistično značilne razlike. Črtni intervali pomenijo standardne odklone.	24
Slika 30: Struktura izgub zrnja pri žetvi ozimnega ječmena (%)	26
Slika 31: Izgube zrnja pri žetvi ozimne pšenice pri različnih hitrostih. Različne črke pomenijo statistično značilne razlike. Črtni intervali pomenijo standardne odklone.	27
Slika 32: Struktura izgub zrnja pri žetvi ozimni pšenici (%)	29

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Pregled obodne hitrosti bobna in število vrtljajev bobna (Brkič in sod., 2002: 52)	9
Preglednica 2: Število zlomljenih ter odrezanih klasov na 1 m ² in število zdrobljenih zrn od 100 zrn pri žetvi ozimnega ječmena (Duncanov test $\alpha = 0,05$)	25
Preglednica 3: Značilnosti posevka ozimnega ječmena, pridelek ter vlažnost zrnja in slame, pretok zrnja in slame (Duncanov test $\alpha = 0,05$)	25
Preglednica 4: Število zlomljenih ter odrezanih klasov na 1 m ² in število zdrobljenih zrn od 100 zrn pri žetvi ozimne pšenice (Duncanov test $\alpha = 0,05$)	28
Preglednica 5: Značilnosti posevka ozimne pšenice, pridelek ter vlažnost zrnja in slame, pretok zrnja in slame (Duncanov test $\alpha = 0,05$)	28

1 UVOD

1.1 POVOD ZA RAZISKAVO

Eden izmed najpomembnejših strojev v kmetijstvu je žetvenik, saj si brez njega ne znamo predstavljati spravila žita. Ker so v današnjih časih cene žit relativno nizke, je še kako pomembno spravilo s čim manj izgubami, ter da imamo čim večji pridelek in s tem povezan večji dobiček. Na podlagi tega, in ker ima žetvenik doma tudi stric, smo se odločili za to raziskavo. Vedno nas je namreč zanimalo, kakšne so izgube zrna pri različnih delovnih hitrostih žetvenika.

1.2 DELOVNA HIPOTEZA

Predvidevamo, da se bodo izgube zrnja na pretresalih in čistilnem sklopu povečevale s povečano hitrostjo vožnje. Najmanjše izgube bi morale biti pri hitrosti 4 km/h, največje pa pri 8 km/h. Ugotovili bomo, pri kateri hitrosti še lahko žanjemo žita brez prevelikih izgub, kar je pomembno predvsem zaradi delovne storilnosti.

1.3 NAMEN RAZISKAVE

Namen raziskave je ugotoviti izgube zrnja pri različnih voznihi hitrostih na čistilnem sklopu in na pretresalih pri žetvi ozimne pšenice in ozimnega ječmena. Pri nas še ni bilo opravljenih veliko raziskav na to temo, zato so rezultati vsekakor zanimivi, poleg tega pa so za uporabnike tudi zelo koristni, ker prispevajo k pravilnejši nastavitvi žetvenika.

2 PREGLED OBJAV

2.1 ZGODOVINA ŽETVENIKOV

Eden izmed prvih pripomočkov je bil srp. Nastal je okoli 3000 let pr. n. št. in se izključno koristil do 19. st., šele kasneje se razvije kosa, kar je velik napredek. Okoli leta 1826 se pojavijo prve kosilnice in tedaj se začne njihov razvoj. Od začetka so jih vlekli konji ali goveda, pogon pa jim je zagotavljalo kolo (slika 1). Kosilnice so žito samo pokosile, nakar je bilo še treba žito vezati v snope in nato še posebej omlatiti. Prvi kombajni se pojavijo leta 1838, prva večja sprememba pa se pojavi leta 1880 v Kaliforniji. Prve kombajne so vlekli konji ali mule. Stroji so bili težki 15 ton. Postopoma so konje zamenjali parni stroji, kasneje traktorji in 1932. leta se pojavijo prvi samohodni kombajni, ki se koristijo še danes (slika 2). Prvi žetvenik, ki je po zasnovi podoben današnjemu, se pojavi okoli leta 1932 v ZDA.



Slika 1: Žetvenik na konjsko vprego iz leta 1938 (Class, Das gute ..., 1995)



Slika 2: Samovozni žetvenik iz leta 1950 (Class, Das gute ..., 1995)

2.2 SODOBNI ŽETVENIKI

Proizvajalci žetvenikov strmijo k poboljševanju parametrov žetvenika, bodisi v tehnološkem ali tehničnem smislu. Razvoj žetvenikov se v današnjem času intenzivno razvija: povečanje kapacitete žetvenika (imamo velike delovne širine 2–9 m), izboljševanje transmisije, vgradnja elektronske, informacijske in regulacijske tehnike, izboljševanja izvedbe kabine, ki preprečujejo vstop prahu in prekomeren hrup (slika 3).



Slika 3: Sodobni žetvenik DEUTZ-FAHR: Starliner

2.3 IZVEDBE SODOBNIH ŽETVENIKOV

Na sodobnih žetvenikih obstajata dva sistema mlačve žita, in sicer z aksialnim in tangencialnim pretokom žitne mase.

2.3.1 Tangencialni pretok žitne mase

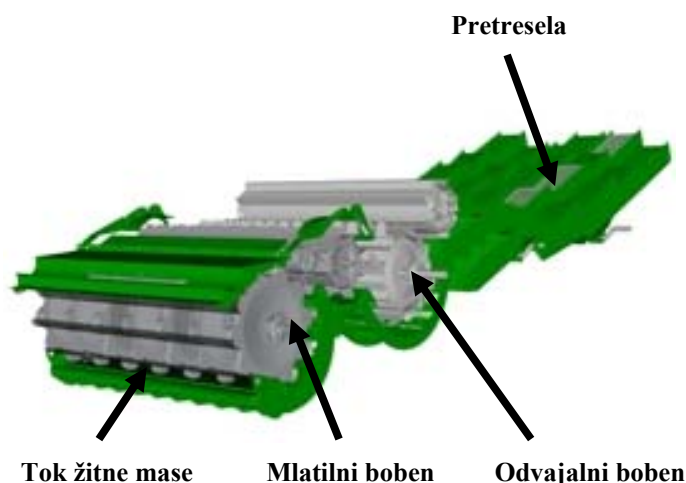
Tangencialni pretok sestoji iz bobna, predbobna in korita za kamenje, ki prihaja z žitno maso. Pravilno nastavljen boben mora omogočati čim manjše lomljenje slame. Danes je največkrat v uporabi boben z letvami, ki ima na zunanji strani postavljeno rebrasto strukturo. Mnogi proizvajalci vgrajujejo večje število bobnov. Tako se donosnost poveča tudi do 20 %. Delo tangencialnega pretoka žitne mase se prične z zbiranjem in potiskanjem žitne mase skozi prostor med bobnom in mrežo. Dokazano je, da večja hitrost in tanjši sloj žitne mase omogoča hitrejšo potiskanje zrna skozi mreže (Bernik, 2008). Pomembna je tudi vlažnost zrna. Zrna nižje vlažnosti niso tako občutljiva na lom kot zrna z nekoliko višjo vlago (slika 4).

Prednosti tangencialnega pretoka žitne mase (Bernik, 2008):

- možna nadgradnja mlatilnega bobna z učinkovitejšimi odvajalnimi bobni za slamo,
- prilagoditev odvajanja slame glede na maso slame,
- dobro odvajanje tudi pri večji količini in lomljivi slami,
- pri enaki zmogljivosti žetvenika je zunanji izgled žetvenika manjši od primerljivih.

Slabosti tangencialnega pretoka žitne mase (Bernik, 2008):

- nekoliko nasilnejše delo s slamo,
- večja možnost drobljenja slame,
- samo za večje izvedbe žetvenikov – večjo masno prepustnost,
- večja nakupna cena žetvenika.



Slika 4: Tangencialni mlatilni boben (JOHN DEERE ..., 2002)

2.3.2 Aksialni pretok žitne mase

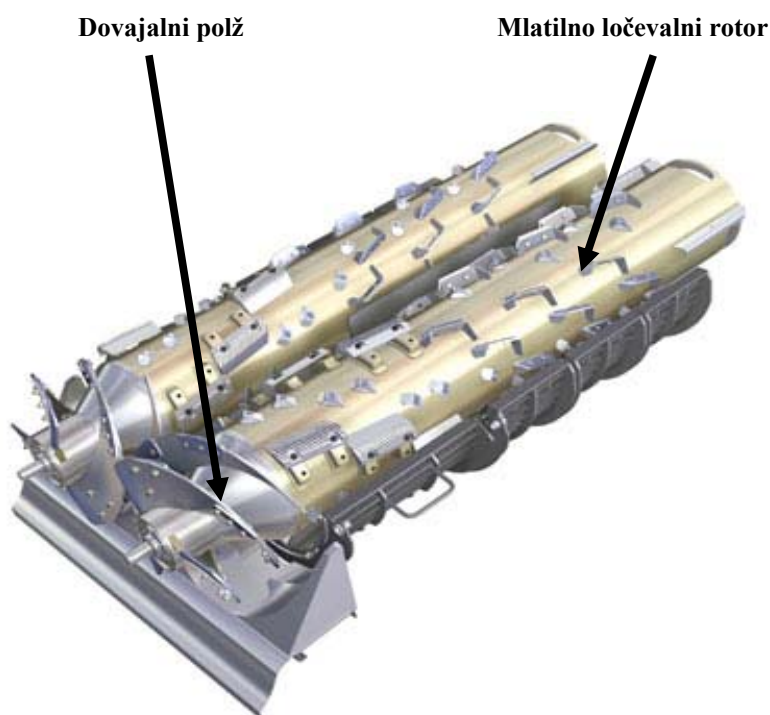
Pri aksialnem žetveniku celotno mlačev prevzame en ali dva ločevalna rotorja, ki sta obkrožena z rešetkami. Žitna masa se dovaja vzdolžno glede na žetvenik. Masa, ki se giblje vzdolžno, kroži okoli rotorja dvakrat do trikrat, če je zrnje vlažno, pa tudi štirikrat do petkrat. Vrtilna frekvenca mlatilnega bobna je $200\text{--}1350\text{ min}^{-1}$. Aksialni sistem mlačve deluje z manjšo obodno hitrostjo rotorja in posledično daljšim potovanjem žitne mase. Pri aksialnem pretoku je potrebna večja pogonska moč in s tem je povezana tudi večja poraba goriva. V delu za izločanje zrnja je izločanje povezano z večjo centrifugalno silo. Izločanje je slabše, če je pretok žitne mase manjši. Pri manjšem pretoku žitne mase so izgube relativno večje v odnosu na tangencialni pretok. Uporaba aksialnega pretoka je odvisna od tehnično-tehnoloških rešitev, ki bi povečale njihovo univerzalnost za različne posevke in prilagodljivost različnim vremenskim razmeram (delo v vlažnih razmerah) (slika 5).

Prednosti aksialnega pretoka žitne mase (Bernik, 2008):

- manjše izgube žita pri večjem prehodu žitne mase,
- mlačev in ločevanje slame od zrnja v enem sklopu žetvenika,
- krajša izvedba žetvenika,
- manj poškodb zrn, posebno pri mlačvi koruze.

Slabosti aksialnega pretoka žitne mase (Bernik, 2008):

- težave z vlažno daljšo slamo,
- uporabljen način mlačve samo za večje žetvenike – velika prepustnost žitne mase,
- dražja izvedba žetvenika,
- večja poraba goriva.



Slika 5: Aksialno mlatilni ločevalni boben (Mietittrebbia Lexion ..., 1999)



Skica stroja:

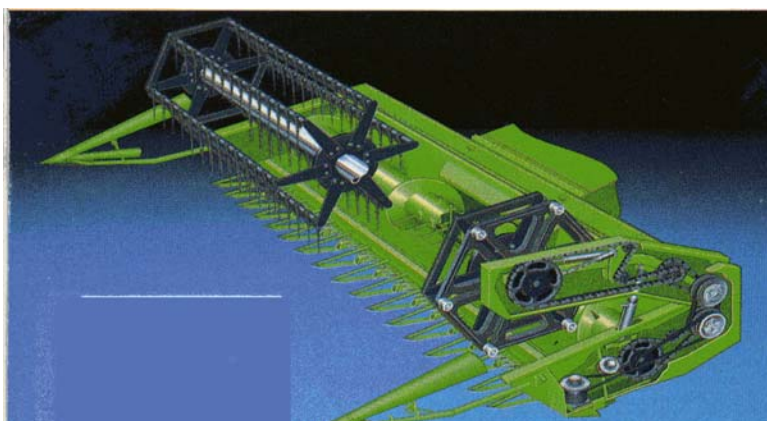
- | | |
|--|-----------------------------|
| 1 Razdelilo | 16 Transporter |
| 2 Privzdigovalci žita | 17 Vračalni polž |
| 3 Motovilo | 18 Zgornje sito |
| 4 Dovajalni polž | 19 Nastavljivo spodnje sito |
| 5 Avtomatsko krmiljenje | 20 Polž za praznjenje |
| 6 Električno nastavljanje vrtljajev motovila | 21 Večstopenjsko pretresalo |
| 7 Električna naprava za reverzibilni tek | 22 Slamoreznica |
| 8 Transporter žitne mase | 23 Zalogovnik |
| 9 Pospeševalnik pred bobnom | 24 Motor |
| 10 Predločevalna košara | 25 Kabina |
| 11 Mlatilni bobni | 26 Sedež za sovoznika |
| 12 Mlatilna košara | 27 Upravljalna ročica |
| 13 Deljeno dovajalno dno | 28 Nosilec inštrumenetov |
| 14 Puhalo | 29 Delovne luči |
| 15 Čistilni del | |

Slika 6: Prikaz žetvenika (Grossmähdrescher: Mega ..., 1998)

2.4 DELOVNE NAPRAVE ŽETVENIKA

2.4.1 Kosilni del

Kosilni del je prednji del žetvenika. Zaradi vožnje po cesti je pri žetveniku velike delovne površine mogoče kosilni del odklopiti ter ga namestiti na posebno prikolico. Pri transportu jo nato vleče žetvenik. Mnogi proizvajalci nudijo za enak žetvenik dve različni izvedbi kosilnih delov. Eden izmed njih je s pregibom na sredini. Ta je seveda dražji, ampak se nam nakup obrestuje, če žanjemo več parcel v enem dnevu, ker ni zamudnega prestavljanja kosilnega dela na posebno prikolico in nazaj na žetvenik. Kosilni del spuščamo in dvigamo s hidravličnima valjema, nameščenima pod žetvenik. Kosilni del za strna žita je v glavnem pri vseh proizvajalcih podobno izveden. Razlike lahko nastanejo v izvedbi pogona. S strani kosilnega dela se nahaja razdelilo, ki pri košnji loči žitne bilke, ki se bodo v tem prehodu pokosile, od drugih, ki se ne bodo. To se uporablja zaradi manjših izgub pri košnji. Na žetvenik se vgrajuje dve različni izvedbi razdelilnika: ameriška izvedba, pri katerih je razdelilo na spodnji strani zaobljeno (dobro za nizka in stoječa žita, pri poležanih žitih pa ne ločuje dobro), in evropska izvedba z zašiljenim prednjim delom zaradi boljšega privzdigovanja ter ločevanja žita. Deli za košnjo so podobne izvedbe kot pri strižnih kosilnicah za travo. Noži kose so ozobljeni zaradi lažjega rezanja suhih bilk. Prsti so običajno dvojni, kar pomeni visoko rez. Ko kosa ni dobro naravnana, ali ko pride v stik s trdim predmetom, se lahko zlomi in jo je treba zamenjati. Višino košnje uravnavamo z dviganjem in spuščanjem kosilnega dela. Zaradi prilagajanja vsem razmeram košnje so na spodnji strani postavljene posebne drsne sani, ki pri nizki košnji drsijo po tleh. Pri poležanih žitih se postavljajo na določen razmik na koso privzdigovalci, ki dvigujejo poležana žita (slika 7).



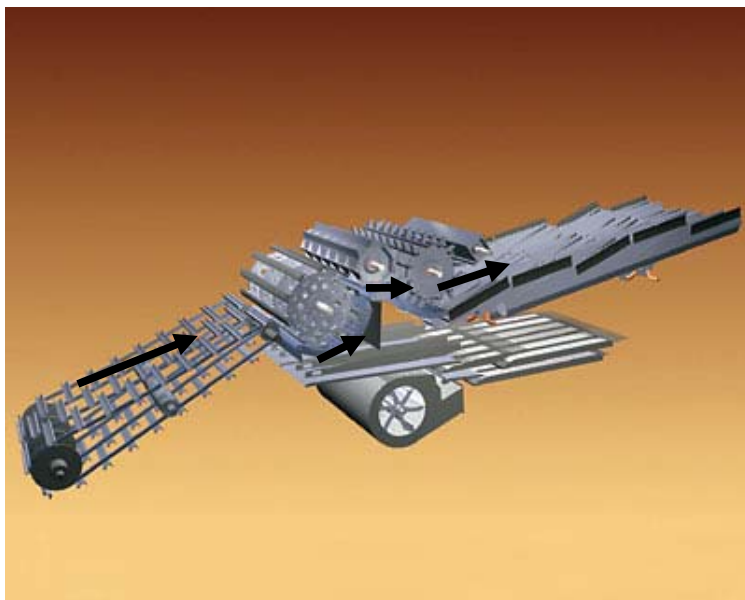
Slika 7: Kosilni del žetvenika z motovилоm (DEUTZ-FAHR: Starliner ..., 2002)

2.4.2 Motovilo

Motovilo ima nalogo sprejeti in po potrebi privzdigniti poležano žito preden pride do kose. Pri žetveniku koristimo ekscentrično motovilo z zobmi. Pri stoječih žitih se morajo letve z zobmi spodaj dotikati klasa na $\frac{2}{3}$ višine žita. Pri poležanem žitu ali nizkem žitu se motovilo postavlja bolj naprej, pri visokem pa bolj nazaj. Obodna hitrost motovila je prav tako odvisna od stanja žita. Pri visokih žitih morajo zobci stati vertikalno ali malo nagnjeni nazaj. Obodna hitrost motovila je večja od hitrosti kombajna za 1,5–1,7. Obodna hitrost se uravnava z elektro motorjem.

2.4.3 Transport žitne mase

Naloga je ločevanje zrna od klasa in zrna od slame, plev ter drugih nečistoč. Razlikujemo dve izvedbi: s tangencialnim pretokom in aksialnim pretokom žitne mase. Transporter je verižne izvedbe in prevzema žitno maso od polžnega transporterja. Transporter je postavljen pod kotom 40–50° odvisno od žetvene naprave (slika 8).



Slika 8: Transport žitne mase (Mietittrebbia Lexion ..., 1999)

2.4.4 Mlatilna košara

Poznamo več vrst mlatilnih košar, ki jih razlikujemo glede na vrsto žita, ki ga žanjemo. Normalna mlatilna košara, ki ima velikost lukenj 10 mm, se uporablja za žetev žit z manjšimi zrnji, kot so pšenica, ječmen in oljna ogrščica. Mlatilna košara velikosti 18,8 mm pa se uporablja za žetev koruze, graha, soje, itn. Mlatilna košara je zaradi lažje zamenljivosti sestavljena iz treh delov, saj je pri enodelni mlatilni košari več privijanja in odvijanja, kot pri deljivi košari (slika 9).

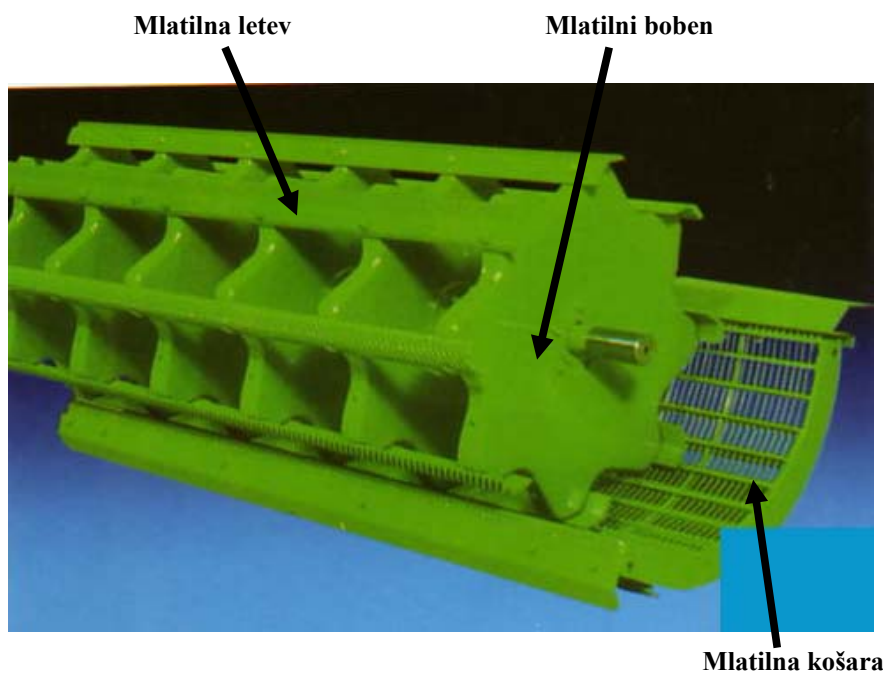


Velikost izvrtin 10 mm

Slika 9: Multicrop košara iz treh delov (Mietittrebbia Lexion ..., 1999)

2.4.5 Mlatilni boben

Boben sestoji iz ogrodja, na katerem so nameščene rebraste letve. Število letev je okoli 6–8, lahko pa tudi 10. Premer bobna je običajno 600 mm. Širina bobna je odvisna od prepustnosti žetvenika; večji žetveniki imajo večji boben. Vrtilna frekvenca in obodna hitrost se naravnata pri starejših žetvenikih ročno, pri novejših pa elektronsko iz kabine. Vrtilna frekvenca bobna se giblje med 5–35 min⁻¹ (slika 10).



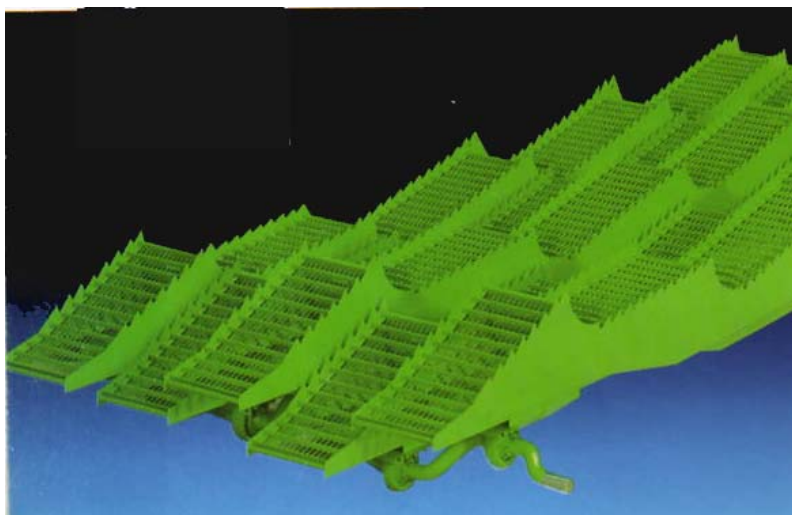
Slika 10: Boben z rebrastimi letvami (DEUTZ-FAHR: Starliner ..., 2002)

Preglednica 1: Pregled obodne hitrosti bobna in število vrtljajev bobna (Brkič in sod., 2002: 52)

Posevek	Obodna hitrost bobna (ms ⁻¹)	Vrtilna frekvenca bobna (min ⁻¹)
Detelja	28-33	900-1050
Pšenica, rž	25-31	800-1000
Lucerna	23-28	850-900
Soja	13-18	400-600
Oljna repica	18-25	600-800
Koruzna	14-20	450-650

2.4.6 Pretresala

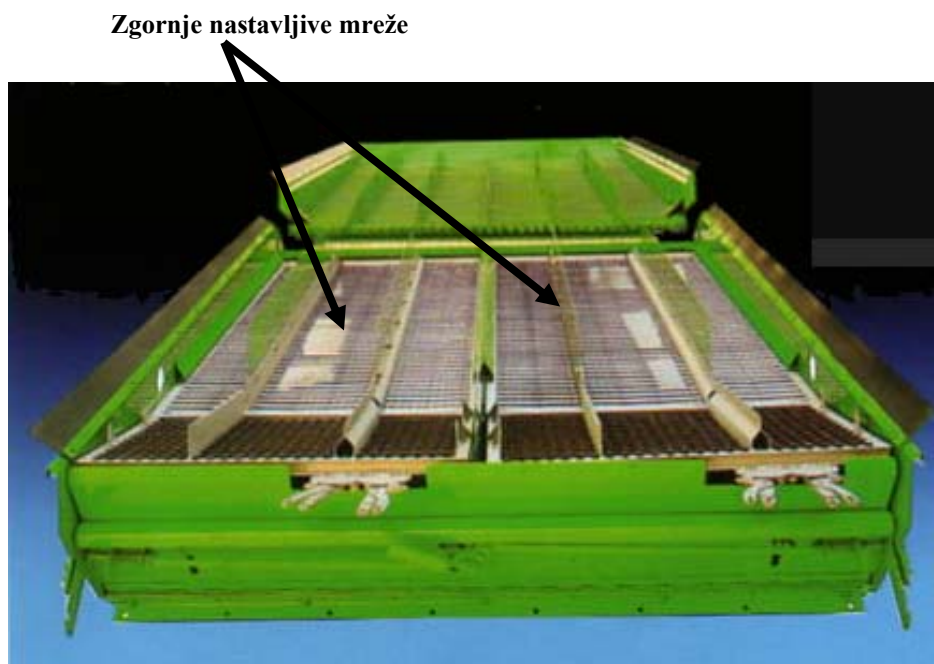
Pretresala ločujejo izluščeno zrnje od slame in pomikajo slamo iz žetvenika. Razen konstrukcijskih karakteristik je delo pretresal odvisno od njihove površine, kinetike, količine in sestave očiščene mase. Večja širina pretresal omogoča boljše izstresanje. Večja dolžina zaradi daljšega delovanja omogoča boljše izstresanje. Količina mase, ki pride na pretresala, je odvisna od delovne površine, hitrosti žetvenika in količine posevka. Pri večji hitrosti gibanja prihaja do zmanjšanja višine padanja slame zaradi povečanega delovanja pretresal in do povečane hitrosti gibanja slame, zato so tudi izgube večje. Treba je poudariti, da na delovanje pretresal vpliva neenak pretok žitne mase, ki je odvisen od stanja žita in spretnosti strojnika (Lexion: 1999). Pretresala imajo glede na ostale dele žetvenika najmanjšo prepustno sposobnost (slika 11).



Slika 11: Pretresala (DEUTZ-FAHR: Topliner ..., 1995)

2.4.7 Mreže v čistilnem sklopu žetvenika

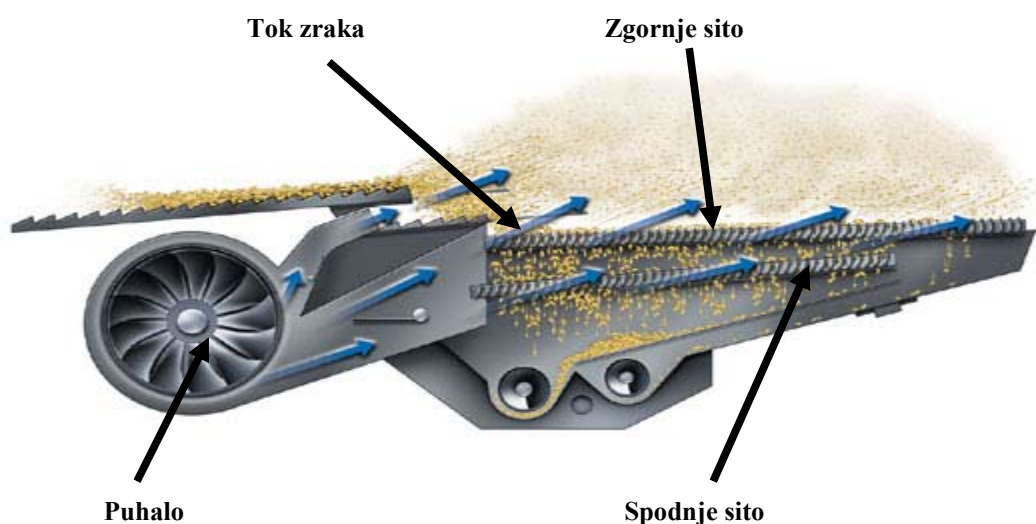
Mrežni sistem sestoji iz zgornjega in spodnjega sita. Gornje sito se lahko glede na razmere privzdigne iz horizontalnega položaja zato, da preprečimo izpadanje neomlačenih klasov iz žetvenika. Spodnje sito je podobno kot gornje, le da se lahko pri nekaterih žetvenikih zamenja glede na vrsto poljščine. Pri novih tipih žetvenikov se lahko sita prilagajajo glede na nagib. Gornje sito mora biti odprto, tako da skozi njega pade vso zrnje s čim manj dodatnih primesi. Sita je treba redno kontrolirati (slika 12).



Slika 12: Zgornje nastavljive mreže čistilnega sklopa (DEUTZ-FAHR: Starliner ..., 2002)

2.4.8 Čistilni sklop žetvenika

Ločevanja zrnja od kratke slame in plev poteka na delu mreže in zračnega toka ventilatorja. Pri žetvenikih se ponavadi uporablja radialna izvedba. Količino in hitrost toka je mogoče naravnati z vrtilno frekvenco ventilatorja. V sklopu ventilatorja se nahajata dva ali trije usmerjevalci zračnega toka zaradi usmerjanja zraka na mreže in s tem posledično uspešnejšega delovanja (slika 13).



Slika 13: Čistilni sklop žetvenika (Mietittrebbia Lexion ..., 1999)

2.4.9 Zalogovnik

Zalogovnik za zrnje je različno velik, od 1600 do 8000 l. Očiščeno zrno prihaja v zalogovnik preko transporterja in na koncu preko transportnega polža. Na dnu zalogovnika je nameščen izstopni transporter. Nad tem transporterjem je nameščen pokrov, s katerim se uravnava dotok zrna na transporter. Na njega se izven zalogovnika naravna cev za praznjenje s transporterjem. Cev je pri transportu priključena ob žetvenik, pri praznjenju pa se postavi v delovni položaj (slika 14).



Transportni polž

Slika 14: Transport žita v zalogovnik (DEUTZ-FAHR: Starliner ..., 2002)

2.4.10 Motor

Moč motorja žetvenika je usklajena z njegovo delovno površino in se giblje med 54 in 234 kW. Položaj motorja je pri večini žetvenikov za zalogovnikom za zrnje na zgornji strani. Prednost takega položaja motorja je večja stabilnost, motor deluje v čisti atmosferi, lažje popravilo in manjša verjetnost nastanka požara. Motorji so oskrbljeni s filtri za zrak, ki se jih mora, tako kot cel motor, pogosto kontrolirati in vzdrževati. Od motorja se moč prenese na pogonska kolesa, hidravlično črpalko in pogon delovnih sklopov. Motor žetvenika se upravlja z ročico za plin, in sicer v dveh položajih: položaj na majhnem plinu, ko žetvenik in delovni deli mirujejo, ter položaj za polni plin za nemoteno delovanje vseh delovnih delov in gibanje žetvenika. Prenos pogona do voznih koles je zaradi lažjega spreminjanja vožnje hidrostatičen.

2.4.11 Kabina voznika – žanjca

Pri starih žetvenikih je bilo mesto strojnika brez kabine z enostavnim sedežem in postavljeno z leve strani. Bočni položaj strojnika je otežkočal pravilno vodenje kosilnega dela. Danes imajo vsi žetveniki vgrajene kabine na sredini, s steklom, zaradi boljše preglednosti, preprečujejo vstop zraka, preprečujejo hrup in imajo vgrajeno klimatsko napravo (slika 15).



Slika 15: Kabina voznika

2.4.12 Delo na strmini

Zelo priporočljiv je sistem samodejnega uravnavanja čistilnih mrež na strmini. Če vozi žetvenik po izohipsah, se žitna masa na pretresalkah in čistilnih mrežah pomakne prečno glede na smer žetve. Pri tem se zmanjša razpoložljiva površina za čiščenje in pretresanje na pretresalkah in mrežah. Konstrukcijska rešitev je, da so mreže in pretresalke ločene po pasovih in se samo del žitne mase lahko združi. Delo žetvenika po vpadnici navzdol ali navzgor tudi zavira ali pospešuje žitno maso pri gibanju po čistilnem sklopu žetvenika. Pri navedenih razmerah žetve se običajne izgube žita hitro povečajo do 1,5 %. Tako že pri 18-odstotnem nagibu njive, in s tem tudi žetvenika, izgube narastejo za okoli 6 %, posebno pri žetvi po izohipsah (prečno na nagib njive). Za zmanjšanje izgub se običajno uporabi manjša delovna hitrost žetvenika. Pri tem pa se zmanjša tudi površinska storilnost žetvenika. Žetve v nagibu pri sprejemljivih izgubah zrnja in ob nezmanjšanem pretoku žitne mase so v današnjem času nekaj običajnega. Na žetveniku so zato nameščene hidravlične naprave, ki čistilni sklop uravnavajo samodejno glede na nagib njive. Težava žetve v nagibu njive ni v konstrukcijskih rešitvah, ampak v ceni vrednosti tehničnih rešitev. Žetvenik za žetev v nagibu je tako za 50-odstotkov dražji, kar pa je pogosto nesprejemljivo za gospodarno kmetijstvo (Bernik, 2008). Sistem deluje do kota nagiba njive 12,5° (slika 16).



Slika 16: Pretresala na strmini (DEUTZ-FAHR: Starliner ..., 2002)

2.4.13 Žetev na razmočenem zemljišču

Za delo na razmočenem žetvenem terenu ali večjih nagibih se lahko pogonska kolesa zamenjajo z gumijastimi gosenicami (slika 17).



Slika 17: Gumijaste gosenice (Mähdrescher: Dominator ..., 1998)

2.4.14 Slamoreznica

Obstajajo različni načini izkoriščanja slame in plev. Pri žetvi je masa slame od 4 do 8 t/ha. Količina slame je odvisna od vrste pridelka, višine žetve, sorte itn. Masa slame se lahko uporabi za nastilj v hlevih ali pri drugačni reji živine, za krmo ali za kurjenje – pridobivanje toplote. Pri spravilu omlačene slame je potrebno slamo pri izstopu iz žetvenika združiti v zgrabe slame, ki naj bi imel čim večjo gostoto (kg/dolžinski meter). Omlačena slama v zgrabku se pobira z nakladalno prikolico ali visokotlačno stiskalnico. Pri večjih količinah slame je pri skladiščenju slame pomembna gostota slame in s tem povezani potrebni skladiščni prostor. Zrezana slama ima gostoto 80 kg/m³, velike kvadratne bale pa dosežejo gostoto do 200 kg/m³. Okrogle in manjše kvadratne bale imajo gostoto med navedenimi gostotami. Zaradi boljšega zaoravanja slame je lahko na zadnjem delu nameščena slamoreznica (slika 18).



Slika 18: Slamoreznica raztrosi slamo po površini (Medion ..., 2002)

2.4.15 Voziček za prevoz žetvene naprave



Slika 19: Voziček za prevoz žetvene naprave

2.5 IZGUBE ZRNJA PRI ŽETVI

Razlogi, ki vplivajo na izgubo zrnja pri žetvi, so biološko-klimatski, tehnično-tehnološki in organizacijski. Med biološko-klimatske spada vrsta in stanje posevka ter klimatske razmere v času žetve. Izvedbe žetvenikov, konstrukcijske značilnosti delovnih elementov in opremljenost žetvenikov z elektronskimi merilnimi napravami predstavljajo en del tehnično-tehnoloških razlogov. V zadnjo skupino sodi organizacija žetve in prevoza ter sposobnost ljudi, ki sodelujejo pri žetvi. Izgube in poškodbe zrnja nastanejo tudi pri prevozu, skladiščenju in pretovarjanju (Brkić in sod., 2002).

V Nemčiji znašajo v zadnjih letih celotne izgube zrnja okoli 11 %. 10-odstotna izguba pomeni za Nemčijo okoli 1 milijardo evrov izgube. Kar 16 dejavnikov vpliva na te izgube, in sicer zlomljeni in odrezani klasi, izpadla zrna, neomlačena zrna, izgube na pretresalih in čistilnem delu, izgube pri sušenju in skladiščenju ter še nekateri. Z najboljšo organiziranostjo lahko izgube zmanjšamo na 3 %, sicer pa na okoli 5 % (Feiffer, 2003a).

Izgube zrnja, ki nastanejo na žetveniku pri žetvi, so neposredne ali kvantitativne in posredne ali kvalitativne. Med neposredne izgube sodijo izgube na kosilnem delu ter posebej izgube na mlatilnem bobnu, zgornjem in spodnjem situ in na pretresalih. Posredne izgube nastanejo zaradi mehanskih poškodb zrnja. Med izgube na kosilnem delu sodi izpadlo zrnje, zlomljeni klasi, poležane rastline. Pri poležanih rastlinah vpliva na povečanje izgub zrnja tudi smer žetve glede na poležane rastline. Neomlačeni klasi v slami in v plevah predstavljajo izgube na mlatilnem bobnu (Brkić in sod., 2002).

2 zlomljena oz. odrezana klasa na m^2 pomenita 0,7 % izgub in 46 kg/ha pri pridelku 65000 kg/ha in gostoti 500 klasov na m^2 . Poleg tega 10 izpadlih zrn na $\frac{1}{4} m^2$ pomeni 0,27 % izgub in 18,1 kg/ha. 220 zrn na $\frac{1}{4} m^2$ v merilni posodi pomeni 1 % izgub zrnja na pretresalih in čistilnem delu, kar pomeni 65 kg/ha. V kolikor najdemo v 50 omlačenih klasih v zgrabku 5 zrn predstavlja to 0,34 % izgub oz. 22 kg/ha. 1 zdrobljeno zrno v zalogovniku za seme in 1 zdrobljeno zrno v zgrabku pomeni 1,3 % izgub ali 20 kg/ha. Avtorica navaja, da so še dopustne izgube na pretresalih in čistilnem delu 1 %. Če znašajo te izgube 1,5 % ali več, so to že visoke izgube (Feiffer, 2003b). Navajajo, da se na nihajnih pretresalih pri majhnem pretoku rastlinske mase (0,52 kg/s) okoli 60 % zrnja očisti na začetnem delu pretresal. Pri povečanem pretoku rastlinske mase (2, 49 kg/s) se 80 % zrnja očisti na $\frac{3}{4}$ dolžine pretresal (Brkić in sod., 2002). Žetveniki so opremljeni z elektronskimi sistemi, ki zaznavajo izgube na pretresalih in čistilnem delu, vendar jih je potrebno umeriti. Zaradi tega so razvili posebno merilno posodo, s katero določimo izgube zrnja in kasneje umerimo elektronske sisteme (Feiffer, 2003c).

Pri tangencialnem načinu mlačve s pretresalkami lahko nastopijo izgube:

- pri košnji žita na žetveni napravi,
- izgube zaradi slabe mlačve,
- izgube na pretresalkah,
- izgube na čistilnem sklopu žetvenika.

Pri košnji žita s strižno kosilnico lahko zrna ali cela klasja padejo na tla ali pa se pri poležanem žitu sploh ne odkosijo. Na pretresalkah nastanejo izgube, ker se s slamo lahko iz žetvenika odvedejo neomlačena ali nepopolno omlačena klasja. Ta klasja pa se lahko vrnejo na čistilni sklop in zapustijo zgornjo mrežo tako, da se ponovno vrnejo v mlatilni boben ali iz mreže na tla. Močan zračni tok jih lahko odnese iz žetvenika sočasno s plevami in z omlačenimi zrnji. Vse je odvisno od nastavitve žetvenika v določenih razmerah žetve ali vrste rastline. Vse možne izgube so medsebojno povezane in pri izkušenemu upravljavcu žetvenika tudi odpravljljive na minimalno možno mero (do 1,5 %). Masni pretok je sestavljen iz razmerja žito : slama. Razmerje je od 1 : 1 do 1 : 0,8. Spreminja se lahko z višino odkosa slame ali z vrsto žita, katero ima klasje na kratkih steblih. Masni pretok je odvisen tudi od hitrosti žetve: pri večjih hitrostih se ta poveča in s tem se poveča tudi možnost izgub. Izgube zrnja so odvisne tudi od načina mlačve. Aksialni tok žitne mase ima glede na tangencialno mlačev pri manjšem pretoku žitne mase večje izgube zrn žita, pri večjem pretoku pa manjše – glede na tangencialni tok žitne mase. Pretok žitne mase je odvisen predvsem od hitrosti žetve (km/h). S povečano delovno hitrostjo žetvenika se sočasno povečuje tudi pretok žitne mase skozi žetvenik. Izgube so različne v celotnem območju pretoka žitne mase tudi zaradi načina mlačve (Bernik, 2008).

Današnji žetveniki imajo naprave, ki zaznavajo izgube (slika 20).

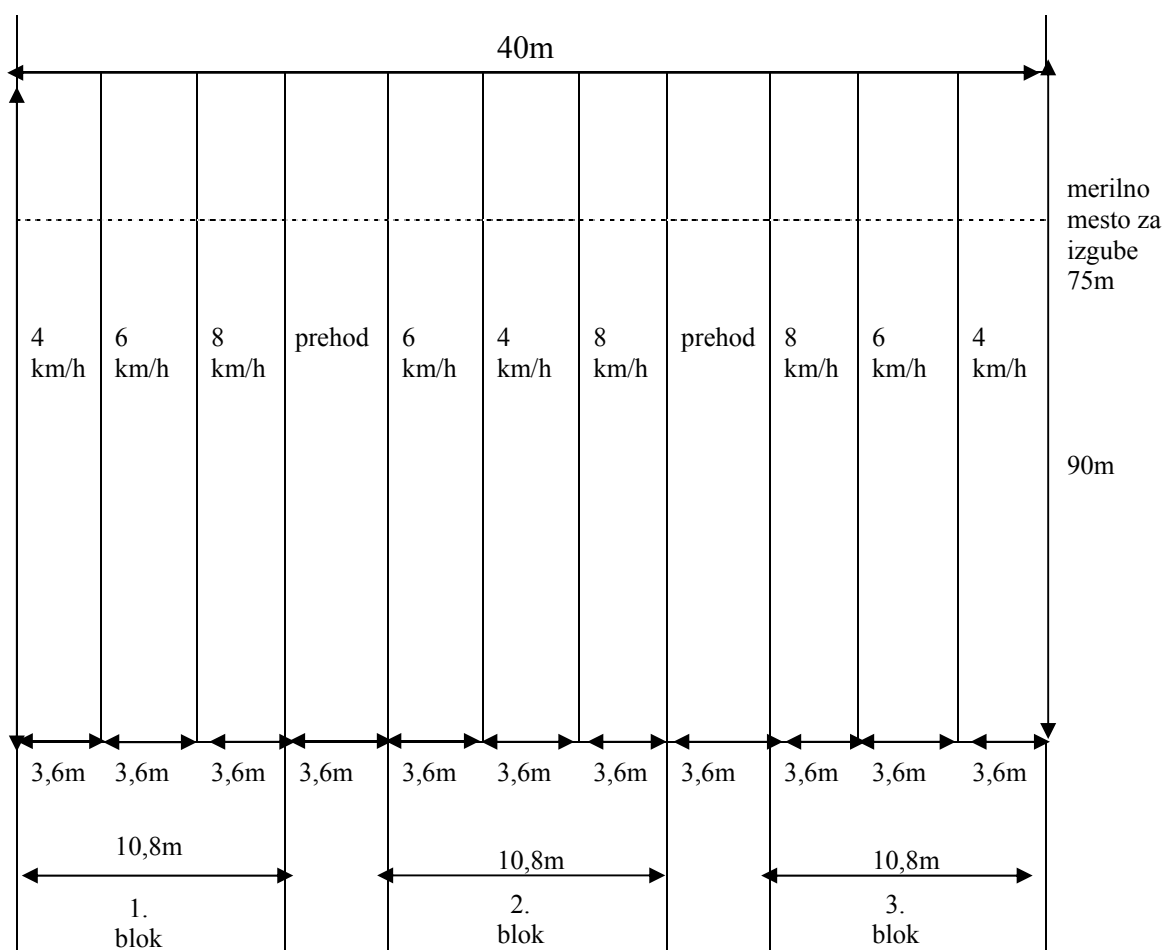
zlomljena, odrezana stebila žita (m ²)			izpadla zrna iz klasa pri žetvi na 1/4 m ²			izgube na pretresalkah in čistilnem sklopu na 1/4 m ²		
								
klas	%	kg/ha	zrna	%	kg/ha	zrna	%	kg/ha
1	0,3	23	2	0,05	3,6	50	0,25	15
2	0,7	46	4	0,10	7,2	80	0,4	24
3	1,0	65	6	0,16	11,0	100	0,5	33
4	1,4	92	8	0,22	14,5	120	0,6	39
5	1,7	110	10	0,27	18,1	150	0,8	52
8	2,7	175	15	0,41	27,2	180	0,9	58
10	3,4	221	20	0,58	36,3	200	1	65
12	4,1	267	25	0,70	45,4	220	1,1	72
15	5,1	330	30	0,90	54,5	260	1,3	85

Slika 20: Posamezne izgube žita zaradi različnih vzrokov (Bernik, 2008:82)

3 MATERIAL IN METODE

3.1 POSKUSNA ZASNOVA

Poskus smo izvajali na srednje težkih tleh v Šmarju pri Jelšah pri ozimnem ječmenu in ozimni pšenici. Pridelava obeh rastlinskih vrst ni bila intenzivna. Merili smo izgube zrnja pri voznih hitrostih kombajna 4, 6 in 8 km/h na nagnjenem terenu z nagibom 10°. Pri tem so bila sita na žetveniku postavljena v vodoraven položaj. Poskusna zasnova so bili naključni bloki s tremi ponovitvami. Dolžina posamezne parcele je znašala 90 m in širina 3,6 m. Najprej smo žetvenik optimalno naravnali in nato pričeli s poskusom (slika 21).



Slika 21: Delovni poskus

3.2 ŽETVENIK V POSKUSU

Žetev ozimnega ječmena je bila izvedena 26. 6. 2007 in žetev ozimne pšenice 15. 7. 2007. Uporabili smo žitni kombajn DEUTZ FAHR POWERLINER 4035 H. Gre za tangencialni žitni tok mase žetvenika z 2 mlatilnima bobnoma in s 5 deljenimi pretresali. Mlatilni boben ima premer 600 mm in širino 1270 mm. Puhalo je aksialne izvedbe. Volumen zalogovnika za zrnje znaša 5200 litrov. Motor je zračno hlajen, s 6 valji in z močjo 103 kW. Žetvenik je opremljen s centralnim informacijskim sistemom in optičnim ter akustičnim nadzornim sistemom za nadzor pomembnih funkcij. Masa žetvenika brez kosilnega dela znaša 7025 kg.

3.3 MERITVE

3.3.1 Meritve izgub na pretresalih in čistilnem delu

Izgube na pretresalih in čistilnem delu smo merili z merilno posodo proizvajalca Feiffer Consult (slika 22). Dolžina merilne posode znaša 100 cm in širina posode 25 cm. Postavili smo jo na sredino parcele, tako da je žetvenik peljal čez njo in je ni poškodoval (slika 23). Slamo iz posode smo odstranili in postavili zrnje v predale na posodi. 1 poln predal pomeni 0,5 % izgub (majhne izgube), 2 polna 1 % izgub (še sprejemljivo) in 3 polni predali 1,5 % izgub (visoke izgube). Ker slama ni bila sesekljana, smo zrnje postavili v predale na levi strani merilne posode (slika 24). Poleg tega smo merili še izgube zaradi zlomljenih ali odrezanih klasov, ki so ležali na tleh že pred žetvijo. Ozimni ječmen je namreč bil na določenih delih polegel.

Merilni okvirčki



Slika 22: Merilna posoda za merjenje izgub zrnja



Slika 23: Merilna posoda po prehodu žetvenika



Slika 24: Izgube zrnja pri hitrosti 6 km/h (0,7 %)

3.3.2 Zdrobljena zrna

Želeli smo meriti tudi izgube zaradi mlačenja in prešteti preostala zrna v 50-ih klasih v zgrabku slame, vendar so bili klasi popolnoma zdrobljeni. Ugotavljali smo tudi izgube zaradi počenih in zlomljenih zrn. Iz zalogovnika za zrnje smo naključno vzeli vzorec in prešteli število počenih in zlomljenih zrn od 100-ih zrn.

3.3.3 Meritve gostote in višine rastlin

Merili smo še gostoto in višino rastlin. Gostoto rastlin smo merili na m^2 . V zemljo smo naključno postavili model v obliki kvadrata, velikega $\frac{1}{2} m^2$, prešteli rastline v kvadratu in pomnožili z 2 ter dobili gostoto rastlin na m^2 (slika 25). Višino rastlin smo merili z navadnim metrom, in sicer od tal do klasa.



Slika 25: Določitev gostote rastlin

3.3.4 Meritve vlažnosti zrnja in slame

Vlažnost slame smo merili z merilno napravo WILLE 55. Najprej smo slamo dobro stisnili v posodo, namestili napravo in odčitali vlažnost slame (slika 26). Merili smo tudi vlažnost zrnja. Vzeli smo naključno zrnje in mu odčitali vlažnost (slika 27).



Slika 26: Merjenje vlažnosti slame



Slika 27: Naprava za merjenje vlažnosti zrnja

3.3.5 Meritve pridelka

Da bi ugotovili pridelek slame in zrnja, smo zrnje in slamo na posamezni parceli stehtali. Za žetvenikom smo pobrali 1 m slame, jo naložili v vreče in jo nato stehtali, medtem ko smo zrnje, ki smo ga dobili v enem prehodu, zasipali v vreče in ga stehtali. To smo naredili za vse parcele (slika 28).



Slika 28: Tehtanje pridelka na posamezni parceli

3.4 OBDELAVA PODATKOV

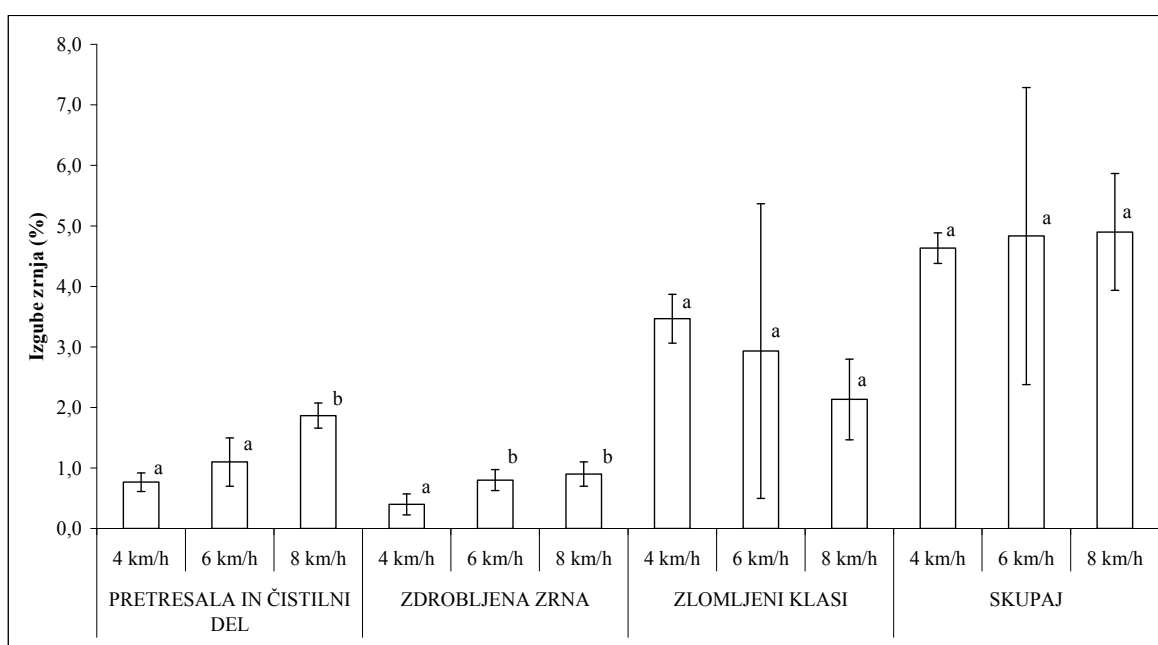
Statistično analizo podatkov smo naredili v programu Statgraph. Izvedli smo analizo variance in Duncanov test mnogoterih primerjav ($\alpha = 0,05$) po pogojih, ki veljajo za slučajne bloke. Če niso bili izpolnjeni pogoji o enakosti varianc, smo podatke transformirali.

4 REZULTATI

4.1 IZGUBE ZRNJA PRI OZIMNEM JEČMENU

Slika 29 prikazuje, da so izgube na pretresalih in čistilnem delu naraščale s povečanjem vozne hitrosti. Izgube zrnja pri hitrosti 8 km/h so bile statistično značilno višje kot pri 4 in 6 km/h.

Pri hitrosti 8 km/h so znašale 1,9 %, kar predstavlja že visoke izgube. Pri hitrosti 4 in 6 km/h so bile izgube še sprejemljive (0,8 oz. 1,1 %). Tudi izgube zaradi zdrobljenih zrn so naraščale pri povečani vozni hitrosti. Pri hitrosti 6 in 8 km/h so bile izgube zaradi zdrobljenih zrn statistično značilno višje kot pri hitrosti 4 km/h.



Slika 29: Izgube zrnja pri žetvi ozimnega ječmena pri različnih hitrostih. Različne črke pomenijo statistično značilne razlike. Črtni intervali pomenijo standardne odklone.

Število zlomljenih klasov pri vseh treh obravnavanjih močno presega dovoljeno vrednost treh klasov na 1 m². Na ta dejavnik ne vpliva vozna hitrost, saj je bilo takšno stanje na poskusni parceli že pred žetvijo. To se je zgodilo, ker je bilo veliko rastlin poležanih, poleg tega pa so bile že zelo zrele (preglednica 2).

Večja vozna hitrost je vplivala tudi na večji delež zdrobljenih zrn in s tem tudi na višje izgube. Pri hitrostih 6 in 8 km/h so presegle dovoljeni delež, ki znaša 2 %. Rezultati kažejo, da je glede tega dejavnika najprimernejša hitrost žetve manj kot 6 km/h (preglednica 2).

Preglednica 2: Število zlomljenih ter odrezanih klasov na 1 m² in število zdrobljenih zrn od 100 zrn pri žetvi ozimnega ječmena (Duncanov test $\alpha = 0,05$)

Vozna hitrost (km/h)	Število zlomljenih klasov na 1 m ²	Število zdrobljenih zrn od 100 zrn
4	10,3 a	1,3 a
6	10 a	2,7 b
8	6,3 a	3,0 b

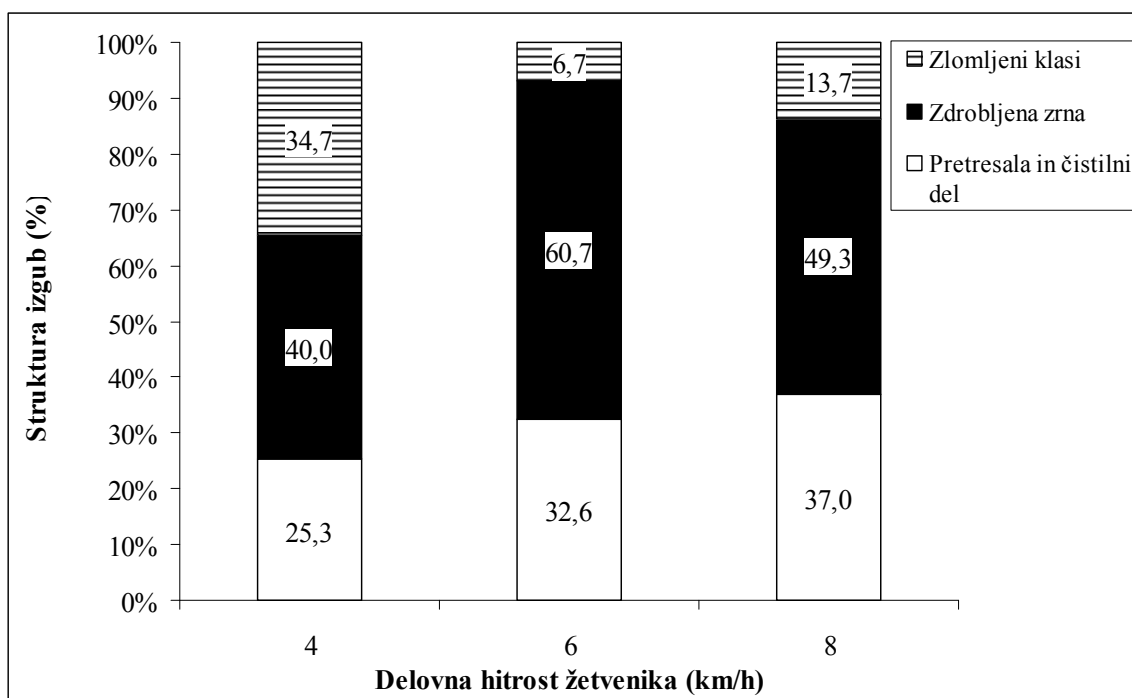
V spodnji tabeli so prikazane nekatere lastnosti posevka ozimnega ječmena (preglednica 3). Gostota rastlin je znašala med 150 in 170 rast./m² in višina med 90 in 95 cm. Pridelek slame se je gibal okoli 4000 kg/ha, pridelek zrnja pa med 3900 in 4200 kg/ha. S povečanjem vozne hitrosti se je statistično značilno povečal pretok slame in zrnja ter posledično skupni masni pretok. To je bilo pričakovano. Razmerje med zrnjem in slamo je znašalo okoli 1 : 1. Vlaga v zrnju in slami je bila zelo nizka, kar kaže, da je bil ozimni ječmen že zelo zrel. Predvidevamo, da je zaradi zlomljenih klasov in zdrobljenih zrn prišlo tudi do visokega deleža izgub.

Preglednica 3: Značilnosti posevka ozimnega ječmena, pridelek ter vlažnost zrnja in slame, pretok zrnja in slame (Duncanov test $\alpha = 0,05$)

Hitrost (km/h)	Gostota rastlin (rast./m ²)	Višina rastlin (cm)	Pridelek slame (kg/ha)	Vlaga slame (%)	Pridelek zrnja (kg/ha)	Vlaga zrnja (%)	Pretok slame (kg/s)	Pretok zrnja (kg/s)	Masni pretok (kg/s)	Razmerje zrnje/slama
4	176a	95a	4028a	18,3a	4183a	10,4a	1,4a	1,4a*	2,9a	1:0,96a
6	156a	88a	3935a	16,7a	3892a	10,4a	2,0b	2,0b	4,0b	1:1,01a
8	151a	97a	3982a	17,6a	3876a	10,6a	2,7c	2,6c	5,4c	1:1,03a

Različne črke znotraj posameznega stolpca pomenijo statistično značilne razlike

Daleč največji odstotek izgub, od 45 do 75 %, se je pojavil zaradi polomljenih klasov. Sklepamo, da je do tega prišlo predvsem zaradi poležanih rastlin, zelo zrelega posevka (nizka vlaga zrnja in slame) in poznega termina žetve. Druge po velikosti v strukturi izgub zrnja so izgube na pretresalih in čistilnem delu, najmanjši odstotek izgub zrnja pa predstavljajo zdrobljena zrna. Iz slike 30 je razvidno, da se s povečanjem vozne hitrosti poveča odstotek izgub zaradi zdrobljenih zrn ter odstotek izgub na pretresalih in čistilnem delu.



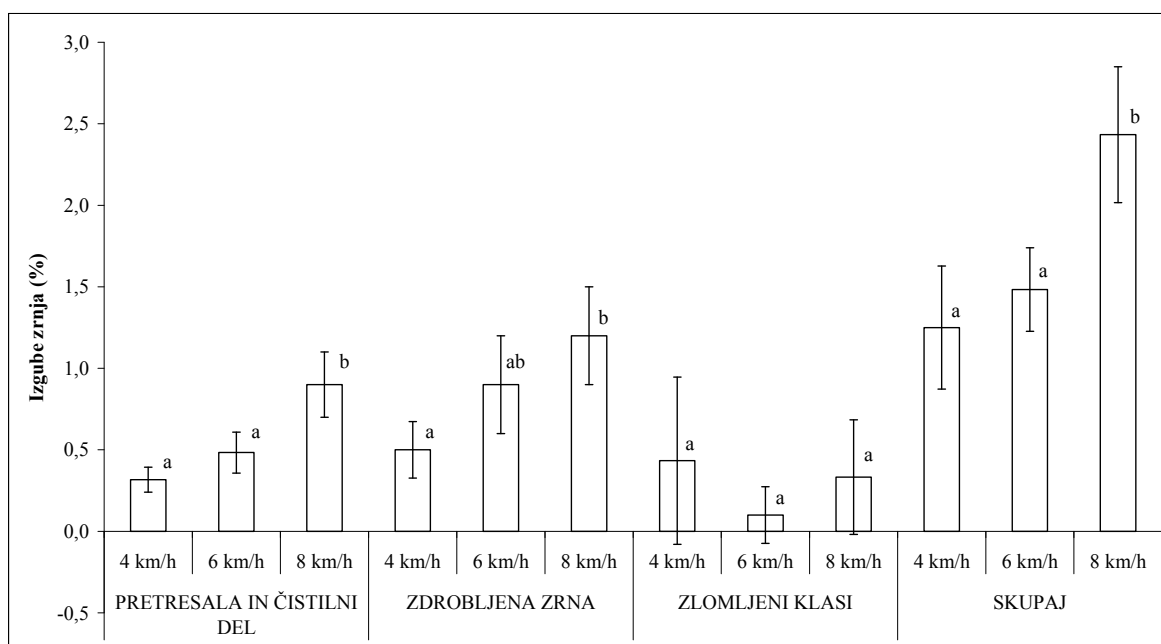
Slika 30: Struktura izgub zrnja pri žetvi ozimnega ječmena (%)

4.2 IZGUBE ZRNJA PRI OZIMNI PŠENICI

Hkrati s povečanjem vozne hitrosti so se povečale izgube zrnja na pretresalih ter čistilnem delu pri ozimni pšenici (slika 31). Pri hitrosti žetve 8 km/h so bile izgube zrnja na pretresalih in čistilnem delu (0,9 %) statistično značilno višje kot pri hitrostih 4 in 6 km/h. Pri nobeni izmed treh hitrosti ni bila presežena dopustna meja izgube zrnja, ki za ta sklop znaša 1,1 %.

Pri hitrosti 8 km/h (1,2 %) so bile statistično značilno višje izgube zaradi zdrobljenih zrn kot pri hitrosti 4 km/h (0,5 %). Dopustna meja za izgube zaradi zdrobljenih zrn, ki znaša 0,6 %, je bila presežena tako pri hitrosti 6 km/h kot tudi pri 8 km/h.

Na izgube zrnja zaradi polomljenih klasov ne vpliva hitrost žetve. Te izgube so bile zelo majhne in niso presegale 0,4 %, kar je pod dopustno mejo 0,7 %. Tudi skupne izgube so se povečale s povečanjem hitrosti. Pri hitrosti 8 km/h so bile statistično značilno višje kot pri hitrosti 4 in 6 km/h. Če upoštevamo pridelek 4800 kg/ha, znašajo pri 4 km/h 62 kg/ha, pri 6 km/h 72 kg/ha in pri 8 km/h 115 kg/ha.



Slika 31: Izgube zrnja pri žetvi ozimne pšenice pri različnih hitrostih. Različne črke pomenijo statistično značilne razlike. Črtni intervali pomenijo standardne odklone.

Število zlomljenih klasov na 1 m² je bilo zelo majhno in pod dopustni mejo, ki znaša 3 klase na m² (preglednica 4). Število zdrobljenih zrn od 100-ih zrn se je povečevalo hkrati s povečanjem vozne hitrosti. Pri hitrosti 8 km/h je bilo število teh zrn statistično značilno višje kot pri hitrosti 4 km/h. Dopustna meja pomeni 2 zdrobljena zrna od 100-ih.

Preglednica 4: Število zlomljenih ter odrezanih klasov na 1 m² in število zdrobljenih zrn od 100 zrn pri žetvi ozimne pšenice (Duncanov test $\alpha = 0,05$)

Vozna hitrost (km/h)	Število zlomljenih klasov na 1 m ²	Število zdrobljenih zrn od 100 zrn
4	1,3 a	1,7 a
6	0,3 a	3,0 ab
8	1,0 a	4,0 b

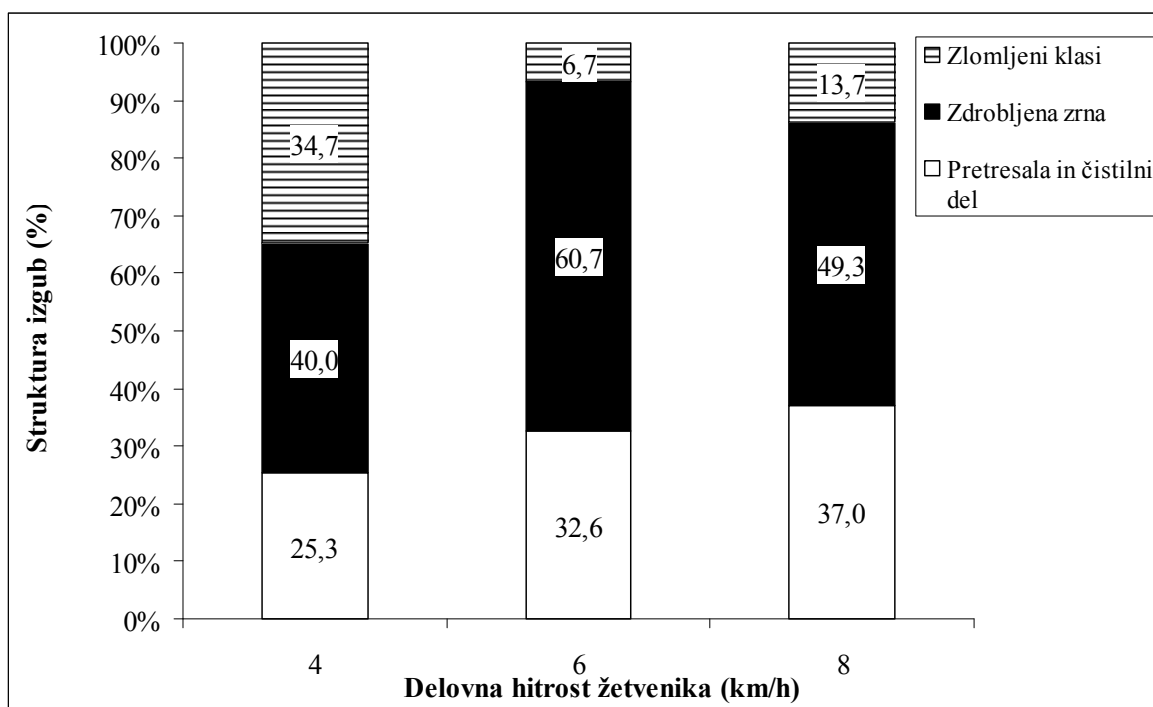
Gostota rastlin je znašala med 260 in 280 rastlin na 1m², višina pa med 66 in 71 cm (preglednica 5). Pridelek slame je znašal okoli 4200 kg/ha, pridelek zrnja pa okoli 4800 kg/ha. To kaže, da sta bila pridelka obeh nizka, ker je šlo za manj intenzivno pridelavo. Vlažnost zrnja je bila okoli 12 %. Pri povečani hitrosti žetve se je statistično povečal pretok slame in zrnja ter celotni masni pretok. To je bilo pričakovano. Razmerje med zrnjem in slamo je znašalo okoli 1 : 0,90.

Preglednica 5: Značilnosti posevka ozimne pšenice, pridelek ter vlažnost zrnja in slame, pretok zrnja in slame (Duncanov test $\alpha = 0,05$)

Hitrost (km/h)	Gostota rastlin (rast./m ²)	Višina rastlin (cm)	Pridelek slame (kg/ha)	Vlaga slame (%)	Pridelek zrnja (kg/ha)	Vlaga zrnja (%)	Pretok slame (kg/s)	Pretok zrnja (kg/s)	Masni pretok (kg/s)	Razmerje zrnje/slama
4	260a	71a	4259a	31,0a	4886a	11,7a	1,5a*	1,7a	3,2a	1:0,87a
6	280a	67a	4259a	27,7a	4669a	12,5a	2,2b	2,4b	4,5b	1:0,92a
8	272a	66a	4167a	30,1a	4841a	12,0a	2,7b	3,1c	5,8c	1:0,86a

Različne črke znotraj posameznega stolpca pomenijo statistično značilne razlike

Na sliki 32 je prikazana struktura izgub zrnja pri ozimni pšenici. Izgube zaradi zdrobljenih zrn so predstavljale najvišji odstotek med izgubami, in sicer od 40 do 60 %. Izgube na pretresalih in čistilnem delu so znašale od 25 do 30 % od celote. Najmanjši odstotek med vsemi so predstavljale izgube zaradi zlomljenih klasov. S povečanjem vozne hitrosti se poveča odstotek izgub na pretresalih in čistilnem delu.



Slika 32: Struktura izgub zrnja pri žetvi ozimni pšenici (%)

5 RAZPRAVA

Pri naših poskusih smo ugotovili, da so izgube ozimnega ječmena na pretresalih in čistilnem delu naraščale s povečanjem hitrosti. Pri hitrosti 4 km/h in 6 km/h so bile izgube še spremenljive, pri hitrosti 8 km/h pa so bile izgube že prevelike. Veliko izgub je nastalo, ker je bilo veliko rastlin poležanih. Vlaga v zrnju in slami je bila zelo nizka, kar kaže, da je bil ozimni ječmen že zelo zrel. Predvidevamo, da je zaradi tega prišlo tudi do visokega deleža izgub zaradi zlomljenih klasov in zdrobljenih zrn. Daleč največji odstotek izgub, od 45 do 75 %, se je pojavil zaradi polomljenih klasov. Sklepamo, da je do tega prišlo predvsem zaradi poležanih rastlin, zelo zrelega posevka (nizka vlaga zrnja in slame) in poznega termina žetve.

Na izgube zrnja ozimne pšenice zaradi polomljenih klasov ne vpliva hitrost žetve. Te izgube so bile zelo majhne in niso presegale 0,4 %, kar je pod dopustno mejo 0,7 %. Tudi skupne izgube so se povečale s povečanjem hitrosti. Izgube zaradi zdrobljenih zrn so predstavljale najvišji odstotek med izgubami, in sicer od 40 do 60 %. Pri nobeni izmed treh hitrosti ni bila presežena dopustna meja izgub zrnja, ki znaša 1,1 %.

V prihodnosti bomo, zaradi vedno večjega naraščanja cen goriv, privarčevali nekaj denarja na tem področju tako, da povečamo hitrost žetve. V našem poskusu smo ugotovili, da lahko ozimni ječmen žanjemo brez večjih izgub tudi s hitrostjo 8 km/h, če le ni preveč zrel ali poležan, seveda s sodobnim oz. primernim žetvenikom. Pri ozimni pšenici pa izgube na pretresalih in čistilnem delu tudi pri najvišji hitrosti niso presegale dopustne meje, se pa tu pojavi problem lomljena zrn, ki je bil pri hitrosti 8 km/h že nad dovoljeno mejo. Ravno zaradi tega je treba najti primerno razmerje med hitrostjo in naravnanjem žetvenika.

5.1 SKLEPI

Na podlagi meritev izgub zrnja pri ozimnem ječmenu na nagnjenem terenu smo prišli do naslednjih zaključkov:

- največ izgub se je pojavilo zaradi zlomljenih klasov že pred žetvijo, ker so bile rastline poležane. Te izgube so v celotni strukturi presegale 50 %;
- s povečanjem vozne hitrosti so se povečale izgube na pretresalih in čistilnem delu ter izgube zaradi zdrobljenih zrn;
- pri žetvi poležanega ozimnega ječmena je bila najprimernejša hitrost žetve 4 km/h;
- pretok slame, zrnja in skupni pretok se je povečeval linearno z vozno hitrostjo;
- skupne izgube so znašale kar 4,5 %, kar je bistveno več kot je dopustna meja (okoli 2 %).

Na podlagi meritev izgub zrnja pri ozimni pšenici na nagnjenem terenu smo prišli do naslednjih zaključkov:

- s povečevanjem vozne hitrosti so se povečale izgube na pretresalih in čistilnem delu ter izgube zaradi zdrobljenih zrn. Najvišje izgube so bile pri hitrosti 8 km/h;
- skupne izgube so le pri hitrosti 8 km/h presegle 2 %;
- največji odstotek med celotnimi izgubami je bil zaradi zdrobljenih zrn;
- pretok slame, zrnja in skupni pretok se je povečeval linearno z vozno hitrostjo;
- pri žetvi ozimne pšenice je bila glede na izgube in masni pretok najprimernejša hitrost žetve 6 km/h.

6 POVZETEK

Okoli leta 1826 se pojavijo prve kosilnice in od tedaj se začne njihov razvoj. Od začetka so jih vlekli konji ali goveda, pogon pa jim je zagotavljalo kolo. Kosilnice so žito samo pokosile nakar je bilo še treba žito vezati v snope in nato še posebej omlatiti. Prvi kombajni se pojavijo leta 1838, prva večja sprememba pa se pojavi leta 1880 v Kaliforniji. Prve kombajne so vlekli konji ali mule. Postopoma so konje zamenjali parni stroji, kasneje traktorji in 1932. leta se pojavijo prvi samohodni kombajni, ki se koristijo še danes. Prvi žetvenik, ki je po zasnovi podoben današnjemu, se pojavi okoli leta 1932 v ZDA.

Namen tega diplomskega dela je bil analizirati izgube žit pri žetvi, ki so ključnega pomena pri doseganju visokih pridelkov. Žetvenik je eden izmed strojev na kmetiji, ki potrebuje vzdrževanje in nastavitve bolj, kot kateri drugi stroj. Sestavljen je iz več sklopov čistilnih naprav, ki morajo biti pravilno nastavljene, da žetvenik pravilno in učinkovito deluje. Izgube žit smo analizirali pri ozimni pšenici in ozimnem ječmenu z žetvenikom DEUTZ FAHR POWERLINER 4035 H. Hitrosti žetve so bile 4, 6, 8 km/h. Širina žetve je bila 3,60 m, kar je širina žetvene naprave. Dolžina žetve je bila 90 m. Izgube na pretresalih in čistilnem delu smo določili z merilno posodo proizvajalca Feiffer Consult. Dolžina merilne posode znaša 100 cm širina posode pa je 25 cm. Postavili smo jo na sredino parcele, tako da je žetvenik peljal čez njo in je ni poškodoval. Slamo iz posode smo odstranili in postavili zrnje v predale na posodi. 1 poln predal pomeni 0,5 % izgub (majhne izgube), 2 polna 1 % izgub (še sprejemljivo) in 3 polni predali 1,5 % izgub (visoke izgube). Ker slama ni bila sesekljana, smo zrnje postavili v predale na levi strani merilne posode. Želeli smo določiti tudi izgube zaradi mlačenja in prešteti preostala zrna v 50 klasih v zgrabku slame, vendar so bili klasi popolnoma zdrobljeni. Določili smo še gostoto in višino rastlin. Gostoto rastlin smo merili na m^2 . V zemljo smo naključno postavili model v obliki kvadrata velikega $\frac{1}{2} m^2$, prešteli rastline v kvadratu in pomnožili z 2 in dobili gostoto rastlin na m^2 . Višino rastlin smo merili z navadnim metrom, in sicer od tal do klasa. Vlažnost slame smo določili z merilno napravo WILLE 55. Najprej smo slamo dobro stisnili v posodo, namestili napravo in odčitali vlažnost slame. Merili smo še vlažnost zrnja. Vzeli smo naključno zrnje in mu odčitali vlažnost. Da bi ugotovili pridelek slame in zrnja, smo zrnje in slamo na posamezni parceli stehali. Za žetvenikom smo pobrali 1 m slame, jo naložili v vreče in jo nato stehali, medtem ko smo zrnje, ki smo ga dobili v enem prehodu zasipali v vreče in ga stehali.

Kot je razvidno iz rezultatov, na izgube pri spravilu žita vpliva hitrost žetve, znanje strojnika, čas žetve, zrelost in trenutno stanje žita. Pri ječmenu moremo paziti, da se rese dovolj odstranijo z zrnja, ker drugače dobimo ječmen, ki ga težje tržimo. Pri pšenici je potrebno paziti na razmak košare od mlatilnega bobna, da se zrnje preveč ne zdrobi, ker drugače dobimo pšenico slabše kakovosti. Izgube pri žetvi se ocenjujejo nekje na 0,5 do 1,5 %. Kaj bomo našli se začne že pri izbiri sorte. Pri večjih obratih je pri izbiri sort pomemben dejavnik tudi čas dozorevanja, saj je pomembno, da žito dozoreva v takšnem obsegu, kakršna je zmožnost za žetev.

7 VIRI

- Brkić D., Vujčić M., Šumanovac L. 2002. Strojevi za žetvu i berbu zrnatih plodina, 1. izdaja. Osijek, Poljoprivredni fakultet u Osijeku: 234 str.
- Bernik R., 2008. Tehnika v kmetijstvu. Spravilo in konzerviranje voluminozne krme in žit. Ljubljana, Narodna in univerzitetna knjižnica: 64-86
- Claas: Das gute Gefühl. 1995. Harsevinkel, Claas KgaA: 121 str. (reklamno gradivo)
- Deutz - Fahr Starliner: Die erntesystem- spezialisten. 2002. Salzburg: 15 str. (reklamno gradivo)
- Deutz - Fahr Topliner, Starliner, Powerliner: Zusatz-Bedienungsanleitung Mähdrescher, Zubehör. 1995. Salzburg: 181 str.
- Grossmähdrescher: Mega 218, 208, 204. 1998. Postfach, Claas: 30 str. (reklamno gradivo)
- Feiffer A. 2003a. Mähdrusch bei Ernteerschwerissen, Sondershausen, Fachverlag Feiffer: 57 str.
- Feiffer A. 2003b. Sonnenstrategie im Drusch. Sondershausen, Internationaler Fachverlag für Umweltsysteme: 33 str.
- Feiffer A. 2003c. Kosten sparen beim Mähdrusch, Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft (RKL). Rensburg: 675 str.
- JOHN DEERE: Mähdrescher 9640 WTS. 2002. Herzogenburg, JOHN DEERE INTERNACIONAL: 28 str. (reklamno gradivo)
- LEXION: Die total andere klasse. 1999. Wien, Claas, Eibl wondrak: 26 str. (reklamno gradivo)
- Mähdrescher: Dominator 58 S – 48 Spezial. 1998. Postfach, Claas: 19 str. (reklamno gradivo)
- Medion 310, 330, 340: 2002. Gerasdorf, Claas: 23 str. (reklamno gradivo)
- Mietitrebba Lexion 480: 1999. Vercelli, Claas: 30 str. (reklamno gradivo)

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju, prof. dr. Rajku Berniku, ki mi je omogočil opravljanje in izdelavo diplomske naloge.

Zahvaljujem se tudi asistentu, mag. Filipu Vučajniku, ki mi je pri izdelavi pomagal s koristnimi nasveti in napotki.

Na koncu bi se še rad zahvalil stricu Jaku Oraču za ves vložen trud, potrpežljivost in koristne napotke za izdelavo diplomske naloge.

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Jure ZAGAJŠEK

**IZGUBE ZRNJA PRI ŽETVI OZIMNEGA JEČMENA
IN PŠENICE Z IZBRANIM ŽETVENIKOM**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2009