

Bibliid: 0350-2953 (2006) 32: 3-4, p. 216-223
UDK: 631.563.5:631.354.2

Originalni naučni rad
Original scientific paper

RAZVOJ SAMOHODNIH SILAŽNIH KOMBAJNA FORAGE HARVESTERS DEVELOPMENT

Marković D,* Kekić M,** Simčić A, Branković D.***

REZIME

U radu je data uporedna analiza razvoja samohodnih silažnih kombajna s aspekta povećanja angažovane snage, proizvodnosti, kvaliteta rada i potrošnje energenata. Rad prikazuje porast angažovane snage u toku razvoja karakterističnih tehničkih rešenja samohodnih silažnih kombajna. Posebno su analizirana različita tehnička rešenja adaptera za visoku silažu i sistema sečke, a takođe je prikazan uticaj tih rešenja na kvalitet iseckanog materijala – silaže. U radu su, takođe, prikazani rezultati ispitivanja samohodnih silažnih kombajna, obavljani od DLG-a, i prvi rezultati rada "Krone BIG X V8" silažnog kombajna u PIK "Bečej, Poljoprivreda", a.d.

Ključne reči: Silažni kombajn, razvoj, adapter, sečka, učinak, potrošnja goriva

SUMMARY

This paper analyzes development of self propelled forage harvesters and increase of engine power, material flow, and quality of work and fuel consumption. Paper presents engine power increase as result of development of new technical solutions of self propelled forage harvesters. Special attention was paid to technical design of maize headers and complete chopping systems, as well as influence of these designs to quality of chopped material – forage. This paper also presents test results of performed by DLG as well as first experiences with Krone Big X V8 forage harvester in company PIK Becej Poljoprivreda a.d.

Key words: Forage harvesters, development, maize header, chopping sistem, quality, capacity, fuel efficiency

UVOD

U skladu sa strategijom razvoja poljoprivrede u Srbiji stočarstvo mora brzo da se razvija, radi sa ciljem osiguranja potreba domaćeg tržišta, kao i zbog mogućnosti za izvoz i obezbeđivanja što povoljnijih kvota pri predstojećim evropskim integracijama ka kojima Srbija teži.

* Dr Dragan Marković, redovni profesor, Mašinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Katedra za poljoprivredno mašinstvo

** Mr Milan Kekić, PIK "Bečej, Poljoprivreda" A.D, tehnički direktor OJ "Ratarstvo"

*** Dipl. inž. Aleksandar Simčić, ITN Food Business Development, Beograd

Dragan Branković, ITN Food Business Development, Beograd

Pravac razvoja stočarstva je ukрупnjavanje stočarskih farmi i povećanje broja grla, što je realno izvodljivo pri stajskom načinu držanja stoke. Primena ovog načina gajenja stoke zasniva se na velikom korišćenju konzerviranih kabastih hraniva, sena i silaže. Sve strožiji

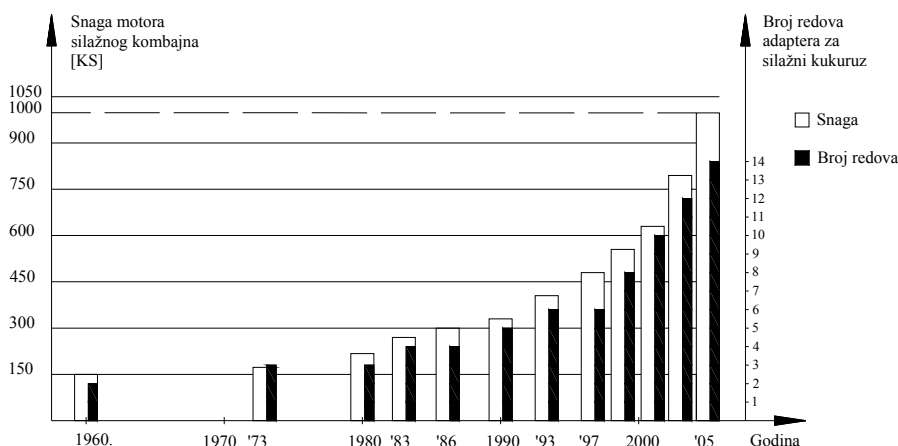
zahtevi stočarske proizvodnje za kvalitetnom stočnom hranom, da bi se iskoristili potencijali visokomlečnih krava, ne mogu da se ispunie bez upotrebe visoko proizvodnih mašina za spremanje senaže – kosačica, grablji, prevrtača, presa, samoutovarnih prikolica i silaže – samohodnih silažnih kombajna. Hranljiva vrednost krme osim pripremljenog kvaliteta na polju veoma je zavisna od načina i brzine pripreme silaže – što direktno utiče na instalisan kapacitet silažnih kombajna. U praksi za optimalnu pripremu silaže potrebno je imati operativnu rezervu kapaciteta za skidanje od 20 do 40%.

Pošto izbor i nabavka samohodnih silažnih kombajna zahteva velika investiciona ulaganja, cilj ovog rada je analiza njihovog razvoja sa prikazom novih tehničkih rešenja i eksploatacionih prednosti nove generacije kombajna, upoređivanje karakteristika proizvodnosti, kvaliteta rada i potrošnje energenata, kako bi se sagledale sve prednosti značajne za korisnike. Takođe u radu se posebno daje prikaz novih tehničkih rešenja "Krone BIG X" samohodnih silažnih kombajna s iskustvima u eksploataciji u PIK "Bečej, Poljoprivreda", a.d. u sezoni 2005. godine.

RAZVOJ SAMOHODNIH SILAŽNIH KOMBAJNA

Razvojem vučenih mašina u eksploataciju već 1960. godine ulaze prvi samohodni silažni dvoredni i toredni kombajni i snage do 110 kW (150 KS). Početkom osamdesetih pojavljuju se četvororedni kombajni, sa snagama motora od 195-205 kW (265-280 KS).

Poslednjih godina dolazi do naglog povećanja snaga i radnog zahvata silažnih kombajna, tako da svi vodeći proizvođači u svom proizvodnom programu, između ostalih, imaju osmoredne i desetoredne silažne kombajne snage oko 440 kW (600 KS). Dinamika porasta širine zahvata adaptera i snage motora od pojavljivanja samohodnih silažnih kombajna do danas prikazana je na slici 1.



Sl. 1. Trend rasta širine zahvata adaptera za kukuruz i snage motora samohodnog silažnog kombajna

Fig. 1. Increase of maize header width and engine power of forage harvesters

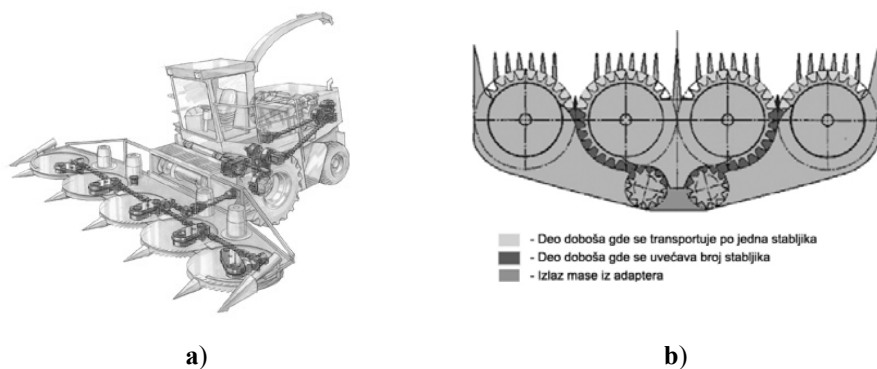
U novom veku najveći iskorak u proizvodnji samohodnih silažnih kombajna napravila je nemačka firma "Krone", koja tržištu nudi gamu mašina, snage od 500 do 1.000 KS sa zahvatom adaptera 8, 10, 12 i 14 redova. Bez konkurencije najjači samohodni silažni kombajn na tržištu je "Krone BiG X 1000", snage 1.000 KS (745 kW). Maksimalni radni zahvat ove mašine iznosi 10,5m ili 14 redova.

Razvoj silažnih kombajna zatim odvija se ka povećanju proizvodnosti silažnih kombajna i dostizanja postavljenog cilja – ubiranje kukuruza sa 10 hektara za jedan sat i povećanje zahvata adaptera za kukuruz do 15 m. Pojavljuje se i tendencija ka primeni samohodnih silažnih kombajna sa integrisnim bunkerom velikog kapaciteta (do 60 m³), radi smanjivanja gaženja obradivih površina, zbog ulaska teških kamiona u parcele.

ANALIZA ADAPTERA ZA VISOKU SILAŽU

Adapteri za visoku silažu imaju zadatak da unesu potrebnu količinu biljaka na način koji obezbeđuje kvalitetno seckanje i istovremeno da obezbede maksimalno iskorišćenje kapaciteta mehanizma sečke. Najsavremenija konstruktivna rešenja savremenih adaptera su proizvodnje nemačkih firmi "Kemper" i "Krone". Odsecanje stabljika kod oba tipa adaptera obavlja se na principu fiksnih noževa i pokretnih kontranoževa. Kontranoževi, istovremeno, obavljaju i prinošenje stabljika do uvlakačkih valjaka mehanizma sečke. Ovi sistemi se razlikuju po pogonu i konstrukciji kontranoževa.

Pogon adaptera "Kemper" obavlja se kombajnom, posredstvom kardanskog vratila. Kod ovih uređaja kontranoževi se nalaze na obodu doboša, a pošto se jedan doboš koristi za ubiranje dva reda tako je broj redova u zahvatu adaptera definisan brojem doboša – modula, pa se može reći da je ovaj adapter modularnog tipa. Prenos snage je ostvaren tako što se centralni doboš, preko reduktora, pogoni direktno sa kombajna (ako je paran broj doboša direktno se pogoni unutrašnji levi), sa njegovog reduktora se snaga zatim distribuira na ostale doboše, slika 2,a. Ovakav način distribucije snage znači da je linearan porast potrebne snage u zavisnosti od broja doboša, sa jediničnim koeficijentom pravca, pa je potrošnja snage na jednom dobošu konstantna, a ukupna potrošnja je srazmerna broju rotora – redova u zahvatu.



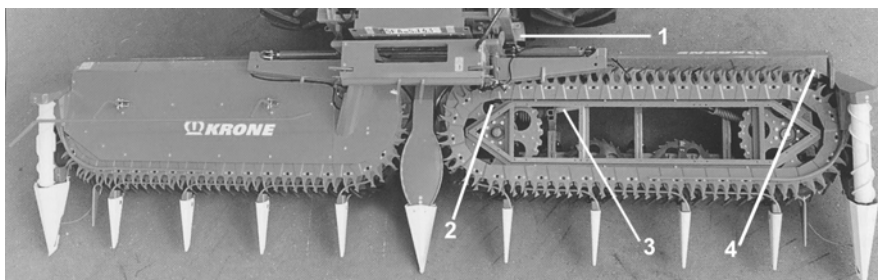
Sl. 2. a) Pogon kod adaptera sa dobošima; b) Tok kretanja zelene mase kroz adapter sa dobošima

Fig. 2. a) Drum maize header mechanical drive; b) Material flow through drum maize header

Na slici 2,b dat je tok kretanja zelene mase kroz osmoredni heder od trenutka odsecanja stabljike do mesta gde zelenu masu preuzimaju uvlakački valjci. Kod ovog tipa adaptera odsečene stabljike se transportuju po obodu doboša. Materijal koji su požnjela dva doboša (četiri vrste) preuzima doboš bliži sredini (put označen tamnosivom bojom) tako da dolazi do porasta opterećenja doboša i nastaje mogućnost za zagušenje zelenom masom. Iz navedenog se može zaključiti da kod ovih adaptera postoji mogućnost za zagušenje, kao posledica postojanja uskog grla u konstrukcionom rešenju transportnih puteva zelene mase. U sklopu prenosnika i vratila unutrašnjih doboša javlja se dodatno opterećenje, što utiče na povećanje mase adaptera i potrošnju snage.

Heder za visoku silažu "Krone EasyCollect" razvijen je u saradnji firmi "Krone" i "Amazone". U pitanju je potpuno novi sistem hedera, za razliku od postojećih rešenja sa dobošima, koji smanjuje potrebnu snagu po redu zahvata, a povećava propusnu moć kombajna. Adapter "EasyCollect" konstruisan je tako da kontranoževi formiraju beskonačni lanac. Transport odsečene stabljike visoke silaže do uvlakačkih valjaka obavlja se u uspravnom položaju, čime se izbegava ukošavanje stabljika koje može da dovede do zagušenja adaptera. Put stabljike do sečke kombajna, u odnosu na rešenja sa dobošima, je smanjen, jer se ona kreće po pravoj liniji, što ima za direktnu posledicu veći učinak i smanjenu potrošnju snage.

Obrtni moment se prenosi, slika 3, sa kombajna kardanskim vratilom – poz. 1, zatim se razdeljuje u centralnom reduktoru – poz. 2, i zatim prenosi, uz pomoć kardanskih vratila – poz. 3, na prenosnike – poz. 4, koji se nalaze na krajevima adaptera. Na ovaj način jedan heder ima tri prenosnika i tri kardanska vratila nezavisno od širine, za razliku od hedera sa dobošima, koji osim centralnog reduktora ima po jedan reduktor i vratilo za svaki doboš, odnosno na svaka dva reda zahvata. Zbog toga su kod "Krone EasyCollect" adaptera gubici snage u transmisiji, nezavisno od broja redova, svedeni na nivo hedera sa dva doboša, odnosno četiri reda, i na isti način smanjeni troškovi održavanja.



Sl. 3. Distribucija pogona na lančane nosače kontranoževa kod "Krone EasyCollect" adaptera:

1 i 3 - kardanska vratila; 2 – centralni reduktor; 4 – bočni reduktor

Fig. 3. Krone EasyCollect maize header mechanical drive:

1,3 – PTO shafts; 2 – Main gearbox; 4 – Collector gearbox

Adapter "Krone EasyCollect" takođe može biti opremljen, "AutoScan" sistemom sa senzorom za regulaciju dužine seckanja u zavisnosti od boje stabljika kukuruza, koji se primenjuje pri različitoj zrelosti kukuruza na istoj njivi. Adapter "Krone EasyCollect", opciono, može biti opremljen senzorima, koji omogućavaju održavanje konstantnog rastojanja donje površine hedera od tla.

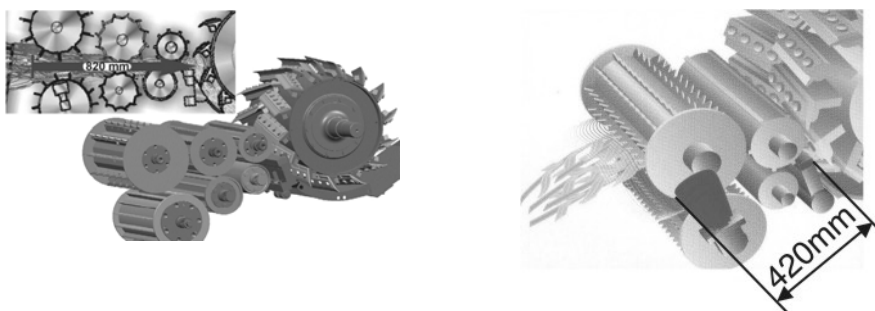
ANALIZA RADNIH ORGANA KOMBAJNA

Radni organi obavljaju uvlačenje, seckanje, procesiranje i izbacivanje iseckane mase koju kosi i doprema adapter. Pogon organa za seckanje, procesiranje i izbacivanje obavlja se direktno sa glavnog reduktora, kaišnim prenosom, dok je pogon uvlakačkih organa mehanički ili hidraulični. Osnovni radni organi kombajna su:

Uvlakački valjci

- Sečka
- Gnječilica (procesor) za zrno
- Izbacivač iseckanog materijala u struji vazduha.

Uvlakački valjci prihvataju masu sa hедера, sabijaju je i prinose na kontranož sečke. Njihov zadatak je da ostvare što veću sabijenost i kompaktnost uvučene mase koja se secka. Što je postavljen veći broj ovih valjaka to je sloj mase koja se secka zbijeniji i kompaktiji, na taj način se ostvaruje i kvalitetniji rez – smanjenje kidanja, samim tim ujednačenja dužina materijala koji se silira. U zavisnosti od proizvođača broj uvlakačkih valjaka je dva, četiri (najčešće primenjivano rešenje, slika 4,b) i šest – "Krone Big X" slika 4,a. Gotovo sva aktuelna rešenja samohodnih silažnih kombajna opremaju ovaj mehanizam uređajem za otkrivanje kamena i metala detektorom.



a)

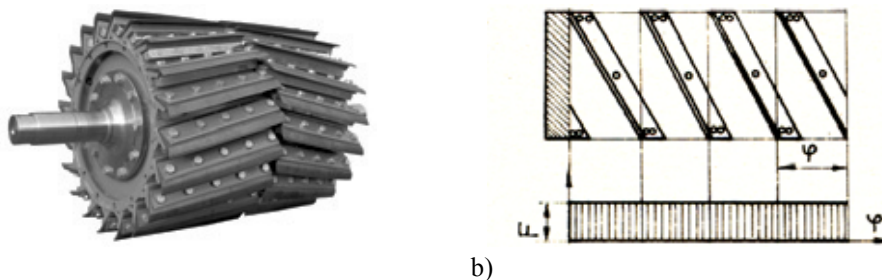
b)

Sl. 4. Uvlakački valjci: a) Sistem sa 6 valjaka primenjen na "Krone Big X"-u; b) Sistem sa 4 valjka primenjen kod kombajna drugih proizvođača

Fig. 4. Infeed rollers: a) 6 rollers system from Krone Big X; b) 4 rollers system most commonly used by other manufacturers

Sečka se sastoji iz bubnja sa noževima, slika 5, i kontranoža. Noževi mogu biti postavljeni paralelno s osom obrtanja, pod uglom u odnosu na osu obrtanja i u V rasporedu. Kod rešenja sa noževima postavljenim paralelno s osom obrtanja javljaju se udari usled promenljive sile sečenja, za razliku od noževa postavljenih pod uglom, koji ostvaruju konstantnu silu sečenja – kraj sečenja prvog noža poklapa se sa početkom sečenja sledećeg. Na slici 5,b dat je prikaz analize sile sečenja – F, kod bubnja sa noževima postavljenim pod uglom φ , po Gorjačkinu, gde su noževi koji se nalaze na obodu bubnja razvijeni u ravan. Na dijagramu se može videti da je raspodela sile sečenja ravnomerna u svakom trenutku rada. Raspored noževa u V, slika 5,a, obezbeđuje uravnoteženje aksijalnih sila na vratilu sečke. Broj noževa na bubnju definiše opseg dužina seckanja, koje mogu da se odabiraju kontinualno u granicama koje daje proizvođač. Obično je kod samohodnih silažnih kombajna broj noževa sečke 20, 24 i 28 s odgovarajućim opsegom seckanja 5–22

mm; 4–18 mm i 3,5–16 mm respektivno. Dok serije kombajna "Krone Big X", u zavisnosti od snage modela, mogu biti opremljene sečkom sa 20, 28 i 40 noževa (11.000 – 21.600 rezova u minuti) s odgovarajućim opsegom seckanja 5–31 mm; 4–22 mm i 2,5–16 mm respektivno.

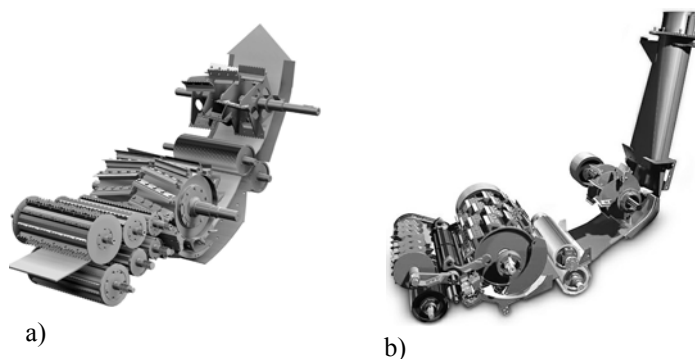


a) Sl. 5. a) Krone sečka sa 40 noževa; b) Raspored sile seckanja F na modelu razvijene sečke sa noževima pod uglom φ

Fig. 5. a) Krone Chopping drum with 40 knives; b) Cutting force F , distribution for knives placed under angle φ

Gnječilica (processor) za zrno (kernel processor) je uređaj koji se sastoji iz dva rebrasta valjka, postavljena na određenom rastojanju, slika 6, između kojih prolazi iseckana masa. Kod samohodnog silažnog kombajna "Krone BiG X" razmak između ovih valjaka je od 30 do 40 mm i kontroliše se pomoću kontrolne jedinice iz kabine kombajna. Njena uloga je da zgnječi zrno, radi narušavanja kompaktnosti semene opne, jer zrno zaštićeno ovom opnom prolazi nesvareno kroz digestivni trakt preživara.

Na izlazu iz mehanizma sečke se nalaze izbacivači iseckanog materijala u struji vazduha. To su doboši sa lopaticama, koji mehanički zahvatanjem i u struji vazduha, koju stvaraju, izbacuju iseckanu masu u transportno sredstvo.



a) Sl. 6. Izvedena rešenja sistema sečke: a) Sistem sečke "Krone BiG X"; b) Najčešće primenjivan sistem sečke kod drugih silažnih kombajna

Fig. 6. Characteristic solutions of chopping systems: a) Krone Krone BiG X; b) Usually used chopping system

PRIKAZ REZULTATA ISPITIVANJA

Ispitivanjem samohodnih silažnih kombajna ocenjuje se njihov kapacitet, kvalitet iseckane mase i potrošnja goriva, pri različitim radnim parametrima.

Rezultati ispitivanja rada samohodnih silažnih kombajna dati u tabeli 1. Ispitivanja se zasnivaju na DLG testiranju [11] "Krone Big X V8" i "Krone Big X V12" silažnih kombajna sa "EasyCollect" hederom za kukuruz, koje je obavljeno 2004. godine, u Nemačkoj. Ispitivanje je obavljeno pod sledećim uslovima:

- Oba kombajna su podešena da ostvare istu teoretsku dužinu seckanja od 7 i 9 mm.
- Ispitivanje je izvedeno na istoj parceli, siliran je kukuruz FAO 220, s ujednačenim prinosom zelene mase od 38–39 t/ha, i od 29 do 30% udela suve materije.
- Obavljeno je po 15 serija testova s obe dužine seckanja i s oba kombajna.
- Oba kombajna su bila precizno podešena, postavljeni su im novi noževi i precizno podešen zazor između noževa i kontranoževa.
- Brzina kretanja kombajna je odabrana tako da potrošnja snage motora bude oko 85% deklarisanе maksimalne snage.
- Pri merenju potrošnje goriva nije uziman u obzir utrošak goriva i vremena do dolaska mašine na parcelu, i vreme i potrošnja goriva pri okretanju mašine, jer na to najviše utiče obučenosť rukovalaca.
- Vreme pri izvođenju testa je bilo suvo, tlo je bilo vlažno, bez prisustva blata.

Tab. 1. Upoređivanje učinka po hektaru zelene mase i potrošnji pogonskog goriva [11]

Tab. 1. Capacity and fuel efficiency comparisons [11]

Silažni kombajn Silage combine	Radni zahvat Working width	Dužina seckanja Chopping length	Prinos zelene mase Green mass yield	Propusna moć Capacity	Učink Efficiency	Udeo suve materije Portion od dry matter	Potrošnja goriva Fuel consumption	Specifična potrošnja Specific fuel consumption	Specifična potrošnja Specific fuel consumption
	m	mm	t/ha	t/h	ha/h	%	l/h	l/ha	l/t
KRONE BigX V8	7,5	7	39,3	222,8	5,7	30,4	116,3	20,5	0,52
	7,5	9	38,1	250,3	6,6	29,0	115,5	17,6	0,46
KRONE BigX V12	9,0	7	38,5	283,1	7,3	28,9	140,2	19,1	0,50
	9,0	9	39,2	306,6	7,8	29,5	139,0	17,8	0,45

S obzirom na to da kombajn "Krone Big X V12" nema konkurenciju po širini zahvata adaptera, kapaciteta i instalisanog snazi motora, poređenje dobijenih podataka sa kombajnama drugih proizvođača može da se obavi samo za model "BigX V8". U odnosu na kombajne istih tehničkih karakteristika (širina radnog zahvata, snaga motora, broj noževa sečke i sl.), kombajn "BigX V8" ostvaruje od 19-23% veću propusnu moć (t/h), 15-29% veći učinak (ha/h) i 16-20% i manju potrošnju goriva (l/t). Prednosti primene kombajna "BigX V8" potvrđene su u sezoni 2005. godine i u našim uslovima, u PIK "Bečej, poljoprivreda", a.d.

ZAKLJUČAK

Primena silažnog kombajna "Krone BigX" u stočarskoj proizvodnji, za proizvođače donosi više prednosti: povećanje učinka, poboljšan kvalitet rada, operativnu rezervu kapaciteta i smanjenje eksploatacionih troškova. Veliki učinci i propusna moć kombajna

omogućavaju pripremu kukuruzne silaže u vremenu optimalne zrelosti silažnog kukuruza, smanjujući vreme žetve, a samim tim i rizik od gubitka na kvalitetu, usled nepovoljnih vremenskih uslova. Primena "Auto-Scan" sistema za podešavanje dužine reza u zavisnosti od zrelosti silažnog kukuruza je veliki pomak ka povećanju kvaliteta kukuruzne silaže. Elektronski sistemi, kao što su automatski pilot, detektori metala i kamena, "auto scan", "smart drive" i slični, gotovo u potpunosti isključuju ljudski faktor kao element u proizvodnji kvalitetne silaže. Osim povećanja učinka i kvaliteta rada, veliki iskorak silažnog kombajna "BigX", koji je prošle godine ušao u eksploataciju i u Srbiji, je smanjena potrošnja goriva po toni proizvoda (l/t) i jedinici površine (l/ha), kao i smanjeni troškovi održavanja i vremena potrebnog za redovno održavanje.

LITERATURA:

1. Kanafojski C. 1974. Halmfruchterntemaschinen, Nemačka.
2. Marković D. 1997. Transport u poljoprivredi, Mašinski fakultet, Beograd.
3. Mišković B, Bačvanski S, Miladinović M, Vučetić S, Čobić T, Šibalić I. 1983. Krmne biljke i silaža, Novi Sad.
4. Tešić M. 1994. Principi rada mašina za žetvu travnatih materijala, FTN Novi Sad.
5. AGRITEHNICA 2005. Inovations magazine, str. 12, Hanover, Nemačka, 2005.
6. CLAAS Jaguar Technical Information, Nemačka, 2005.
7. Kemper Champion M4600 Catalogue, Nemačka, 2005.
8. Krone Big X User Manual, Spelle, Nemačka
9. Krone EasyCollect Technical Information Catalogue, Spelle, Nemačka
10. DLG Mitteliungen, strana s8, Nemačka, 2005.
11. Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V.: DLG-Prüfbericht 5432F, Nemačka.

Primljeno: 10.01.2006.

Prihvaćeno: 14.01.2006.