

## UTJECAJ REGENERIRANJA BRIZGALJKI NA OSNOVNE PARAMETRE MOTORA TRAKTORA

### INFLUENCE OF INJECTOR REGENERATION ON BASIC TRACTOR ENGINE PARAMETERS

R. Emert

#### SAŽETAK

Radi usporedbe kvalitete rada motora s regeneriranim brizgaljkama u odnosu na rad motora s originalnim brizgaljkama, obavljeno je ispitivanje, na električnoj kočnici, parametara motora s ugrađenim regeneriranim brizgaljkama i originalnim brizgaljkama. Ispitivana je i utvrđena tehnologija regeneracije, te cijena postupka.

Ispitivanjem je utvrđeno da se parametri motora bitno ne razlikuju pri radu s originalnim ili regeneriranim brizgaljkama. Odabrana tehnologija omogućuje kvalitetnu regeneraciju uz cijenu od 7% u odnosu na cijenu originalne brizgaljke.

*Ključne riječi:* brizgaljka, motor, regeneracija, tehnologija regeneracije, cijena, kočnice za motore.

#### ABSTRACT

By reason of drawing a parallel between working quality of engines with regenerated injectors and original ones, we tested, on electric brake, the parameters of engines with built in regenerated injectors vs. original ones. We tested and developed a technology of regeneration and defined a cost of the treatment.

We found out that the parameters of engines supplied with regenerated injectors do not differ essentially from those with original ones, so, the quality was acceptable and the cost made only 7% from the price of original parts.

*Key words:* injector, engine, regeneration, technology of regeneration, cost, engine brakes.

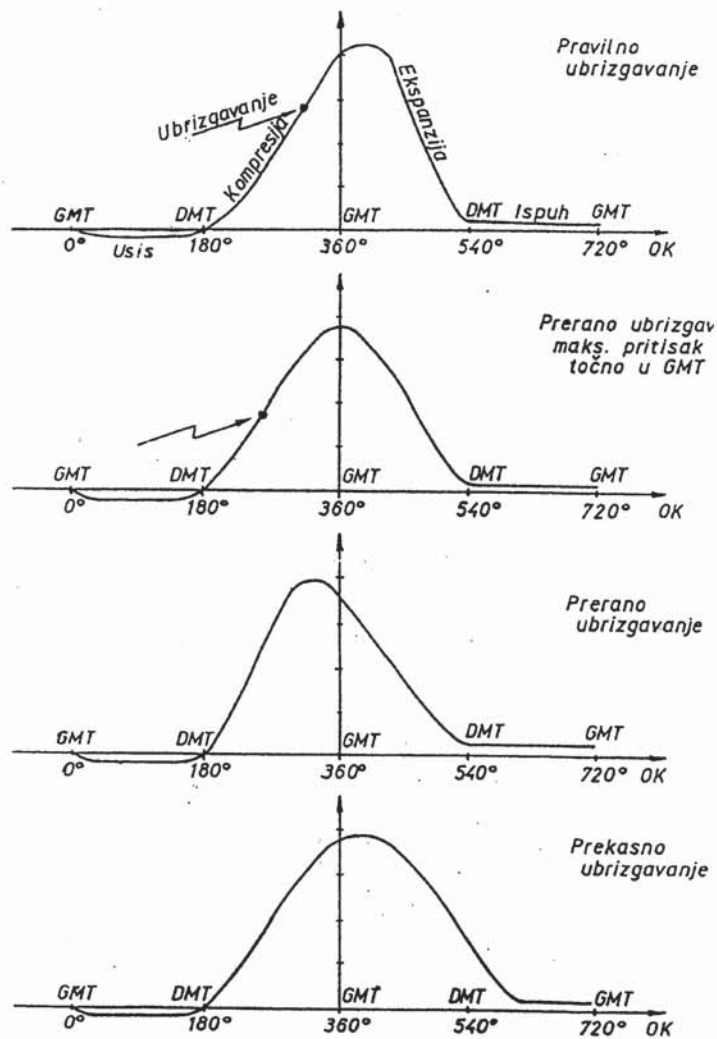
## UVOD

Brizgaljke su uz pumpu visokog pritiska ključni elementi u sustavu za napajanje diesel motora gorivom. Osnovni zadatak brizgaljke je da fino rasprši gorivo u kompresioni prostor motora pod točno određenim pritiskom. Kvaliteta rada brizgaljke mjerljiva je na osnovi:

- kvalitete mlaza goriva i
- pritiska ubrizgavanja.

Slika 1  
Figure 1

Razvijeni indikatorski dijagram  
Stretched indicatory diagram





U slučaju da brizgaljka nekvalitetno raspršuje gorivo dolazi do nepotpunog izgaranja u cilindru motora, pada snage, ispiranja cilindra, stvaranja gareži, istjecanja neizgorenog goriva niz stijenke te razređivanja ulja u koritu motora. Uz pad snage i produktivnosti stroja smanjuje se i eksploatacijski vijek poljoprivrednog pogonskog stroja.

Pritisak ubrizgavanja ima također vrlo bitan utjecaj na rad i vijek trajanja motora. Niži pritisak ubrizgavanja od propisanog ima za posljedicu loše prodiranje goriva u komprimirani zrak, te loše miješanje goriva i zraka. Pritisak ubrizgavanja u manjoj mjeri utječe i na moment predubrizgavanja goriva u cilindar. Manji pritisak goriva od propisanog dovodi do kasnijeg ubrizgavanja, dok veći pritisak od propisanog do ranijeg ubrizgavanja. U oba slučaja dolazi do pada srednjeg efektivnog pritiska i snage motora. Kretanje maksimalnog pritiska izgaranja u odnosu na GMT vidi se na razvijenom indikatorskom dijagramu (Slika 1 (4) Krpan D.).

Tijekom eksploatacije dolazi do kvara brizgaljke. Najčešći kvarovi su slabljenje prednapona opruge, trošenje konusa (vrha) igle i sjedišta brizgaljke, te začepljenja provrta. Najvažniji faktori koji utječu na vijek trajanja brizgaljke su:

- kvaliteta i čistoća goriva,
- pritisak ubrizgavanja,
- kvaliteta izgaranja,
- pravilna ugradnja brizgaljki,
- pravilan rad pumpe visokog pritiska,
- pravilno predubrizgavanje itd.

Neispravna brizgaljka izaziva neželjene posljedice pri radu motora i to:

- povećanje potrošnje goriva,
- pad snage motora,
- povećano trošenje motorskih dijelova.

Regeneracija brizgaljke obuhvaća: ispitivanje rada brizgaljke te uz pripremu za regeneraciju brušenje igle i sjedišta elementa brizgaljke i prilagodba ili zamjena opruge. Regeneracija se mora izvesti tako da motor daje gotovo iste performanse kao i s novim brizgaljkama  $P_e$  (KW),  $M$  (Nm),  $F$  (N),  $G$  (kg/h) i  $G_{sp}$  (g/KWh).

Regeneracija se može obaviti samo kod brizgaljki gdje nije došlo do raspri-  
vanja igle i tijela brizgaljke. Treba napomenuti da postupak regeneracije brizgaljke smanjuje vrijeme stajanja stroja u "otkazu" radi kvara brizgaljki.

## MATERIJAL I METODE RADA

Ispitivanja su obavljena u RO "Remont" "Belje", a obuhvaćaju slijedeće segmente.

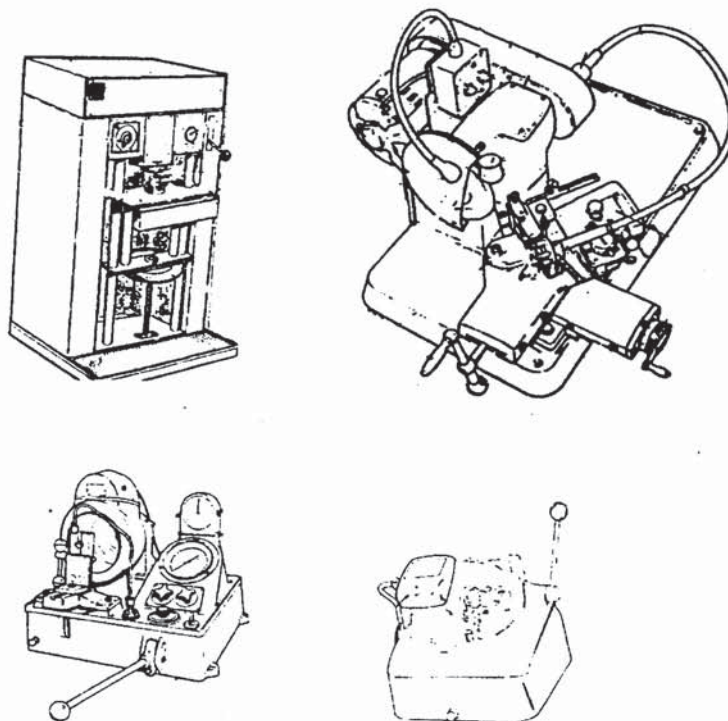
Na osnovi proučavanja podataka iz literature, te iskustvenih podataka razrađena je tehnologija regeneracije brizgaljke traktora John Deere 4440, kataloški broj AR 74668. U tabelarnom pregledu dati su detaljni podaci tehnologije regeneracije. Prilikom same regeneracije obavljena je stalna kontrola postupka. Regeneracija brizgaljki obavljena je na kompletu strojeva firme Hartridge (Engleska). Komplet se sastoji od uređaja za ispitivanje brizgaljki, uređaja za pranje i čišćenje (pod visokim pritiskom). Posebno se obavlja čišćenje od gareži. Nakon čišćenja tijelo elementa brizgaljke se brusi na posebnom uređaju. Konus igle također se brusi na uređaju za brušenje konusa igle, te se nakon toga obavlja zajedničko lemljenje konusa igle i konusa tijela elementa. Po završetku regeneracije pod mikroskopom se vrši kontrola površine igle i konusa. Po montaži kompletne brizgaljke, brizgaljka se ponovno ispituje na manometru za ispitivanje ispravnosti brizgaljke. Ispituje se pritisak, kvaliteta mlaza, povratno istjecanje i kapanje.

Slika 2

Komplet uređaja za regeneraciju sjedišta i igle brizgaljki

Figure 2

Needle and injector seat regeneration unit



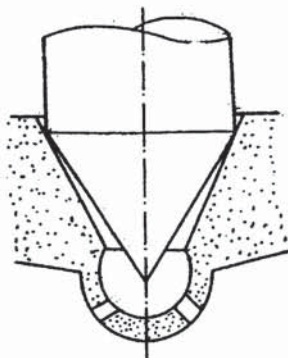
Na slici 2 prikazan je komplet uređaja za regeneraciju igle i sjedišta brizgaljke.



Na slici 3 prikazana je shema igle i konusa brizgaljke traktora JD 4440, kataloški broj 74668.

Slika 3  
Figure 3

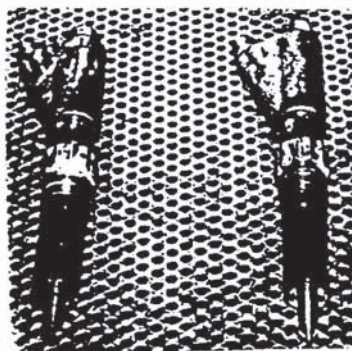
Shema igle i sjedišta brizgaljke  
Needle and injector seat scheme



Na slici 4 prikazana je fotografija neispravne i regenerirane brizgaljke.

Slika 4  
Figure 4

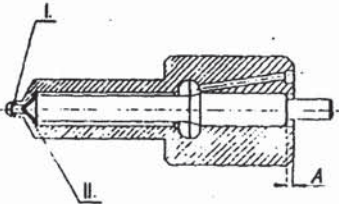
Fotografija neispravne i regenerirane brizgaljke  
Photograph of broken and regenerated injector



Regenerirane brizgaljke, koje su nakon ispitivanja ocijenjene kao ispravne, ugrađene su u motor traktora John Deere 4440. Pri tome je iskorišten motor traktora matični broj 810, broj 6466T. Ispitivanje je obavljeno na električnom probnom stolu za ispitivanje (Rusija) tj. na električnoj kočnici motora. Na kočnici je mjerena obodna sila  $F(N)$ , snaga motora  $P_e(KW)$ , zakretni momenat  $M(Nm)$ , potrošnja goriva  $G(kg/h)$ , specifična potrošnja goriva  $G_{sp} (g/KWh)$  i index opterećenja. Nakon mjerenja regenerirane brizgaljke zamijenjene su novima, te je, pod istim uvjetima, obavljeno ispitivanje motora s novim brizgaljkama. Ispitivale su se iste veličine radi usporedbe koje su prikazane rezultatima ispitivanja.

Neposrednim mjerenjem utrošenog radnog vremena, te određivanjem kvalifikacijske strukture izvršitelja utvrđena je cijena regeneracije brizgaljke, uz usporedbu s cijenom nove brizgaljke.

Na stranicama koje slijede prikazana je tehnologija regeneracije elementa brizgaljke.

TEHNOLOGIJA REGENERACIJE		Naziv dijela: Element brizgaljke Marka i tip stroja: JD 4440	Kat. broj; broj crteža AR 74668	Br. str. 1/3
RO REMONT		Sklop: Motor	Karakteristika oštećenja način regeneracije:	
			I - onečišćenje otvora za raspršivanje II - propuštanje goriva na dosjedu igle i tijela	
Karakteristike dijela: 1. Materijal: 2. Termička obrada:		Uvjeti regeneracije: U slučaju drugih oštećenja igle ili tijela (u predjelu vođenja) ne može se regenerirati	Primijenjeni strojevi, uređaji: HARTRIDGE - linija strojeva za popravak uložaka brizgaljki	
Red. broj	Opis operacije	Alat, uređaj, mjerna sprava	Tehmol. podaci pom. mater.	Tehnički propisi
1.	<i>Čišćenje elementa brizgaljke</i> a) hvatanje tijela elementa brizgaljke u stezaljku, čišćenje vanjskog dijela brusnim papirom, b) čišćenje plašta od gareži i drugih nečistoća pranjem	Bušilica sa stalkom Brusni papir 500 Kist za pranje		
2.	<i>Brušenje igle</i> a) postaviti iglu na brusilicu za igle i brusiti na mjestu - I na kut 60°45 b) postaviti iglu pod mikroskop c) ponavljati postupak po potrebi d) Kontrolirati mjeru A	Specijalna brusilica za igle elementa brizgaljke Specijalni mikroskop Pomično mjerilo 150	n=2.500 min <sup>-1</sup> (konst.) t=0,01 mm Kamen, specijalni HARTRIDGE	Vizualno kontrolirati obrušenu površinu Ne smije biti oštećenja Ukoliko je mjera A ispod 1,5 mm nema regeneracije

Nastavlja se



R. Emert: Utjecaj regeneriranja brizgaljki na osnovne parametre motora traktora

Red. broj	Opis operacije	Alat, uređaj, mjerna sprava	Tehno. podaci pom. mater.	Tehnički propisi
3.	<i>Ispiranje tijela elementa</i> a) postaviti tijelo brizgaljke u aparat za ispiranje pod pritiskom b) ispiranje tijela elementa c) promatranje otvora za raspršivanje goriva. Po potrebi čišćenje otvora na mjestu II	Aparat za ispiranje tijela pod pritiskom  Povećalo, 10 x Alat za čišćenje otvora		
4.	<i>Brušenje mjesta I na tijelu elementa</i> a) izabrati brusni kamen i kontrolirati kut vrha kamena - mjera 60° b) postaviti tijelo elementa u brusilicu tijela elementa c) brušenje tijela elementa u trajanju od 5 sekundi d) promatrati dosjed u tijelu elementa na mikroskopu e) ponavljati postupak po potrebi	Specijalni kutomjer za kamen		Ne smije biti prekida brušene površine Mjera A ne smije biti veća od 1,5 mm. U slučaju veće upuštenosti igle element se ne može regenerirati
5.	<i>Lemljenje</i> a) postaviti iglu elementa u mjesto za lemljenje na brusilici za igle b) nanijeti pastu za lemljenje na vrh igle c) lemiti dosjed I d) oprati iglu i tijelo od paste		Spec. pasta za lemljenje firme Hartidge	
6.	<i>Završna kontrola</i> Postaviti element brizgaljke u aparat za ispitivanje: a) ispitati element na raspršivanje b) ispitati element na brtvljenje Po potrebi ponoviti postupak lemljenja i ispitivanja			Vizualno promatranje mlaza pri 180 bar Držati element pod tlakom 170 bar 1 min. Za to vrijeme se ne smije pojaviti kapljica na vrhu elementa

## REZULTATI ISPITIVANJA

- Pri provjeri tehnologije regeneracije ustanovljeno je da odabrana tehnologija daje dobre rezultate pri ispitivanju eksploatacijske pouzdanosti brizgaljke.

- Ispitivanje performansi motora pri različitim brojevima okretaja, od 1200 - 1300 <sup>o</sup>/min pokazuje slijedeće: Dobiveni podaci o veličini obodne sile F(N), snage motora Pe(KW), zakretnom momentu M(Nm), satnoj potrošnji goriva G(kg/h), specifičnoj potrošnji goriva Gsp (g/KWh) i indeks opterećenja, pokazuju da su ispitivane veličine gotovo jednake kod motora s regeneriranim brizgaljkama u odnosu na veličine kod motora s novim brizgaljkama. Podaci su sadržani u tablici 2 i 3. Slika 5 i 6 prikazuju krivulje gore navedenih veličina u odnosu na broj okretaja. Na tablici se vidi da je indeks opterećenja najveći pri 2200<sup>o</sup>/min. Izmjereni kut ubrizgavanja iznosi:

- statički 31,7<sup>o</sup>
- dinamički 26,7<sup>o</sup>

- Cijena regeneracije elementa brizgaljke dobiva se na osnovi neposrednog mjerenja operacija sadržanih u tablici 1.

Tablica 1

Opis operacije

Table 1

Description of the operation

Red. broj	Opis operacije	Kvalifikacijska struktura	Norma sati
1.	Priprema, pranje i čišćenje	VKV I	15 min
2.	Brušenje sjedišta	VKV I	10 min
3.	Brušenje igle	VKV I	8 min
4.	Lemljenje	VKV I	4 min
5.	Kontrola i ispitivanje	VKV I	5 min
UKUPNO UTROŠENI RAD:			42 min

Cijena norme sata iznosi 41,00 K, što znači:  
 SVEUKUPNO RAD: 41,00 K x 0,7 = 28,70 K.

S obzirom da je cijena utrošenog materijala (sredstva za pranje, goriva i paste za lemljenje), te električne energije uračunata u cijenu norme sata, cijena rada predstavlja i ukupnu cijenu regeneracije.



Cijeni regeneracije brizgaljke dodaje se još 30% radi indirektnih troškova (skladištenje, manipulacija itd.) te tako

konačna cijena regeneracije iznosi  $28,70 \times 1,3 = 37,31$  K.

Tablica 2 Podaci dobiveni ispitivanjem motora JD 4440 s regeneriranim ulošcima brizgaljki

Table 2 JD 4440 engine figures obtained with regenerated injectors

Red. broj	$n$ min <sup>-1</sup>	G (kg/h)	$q_{sp}$ (g/kWh)	F (N)	Pe (kW)	M (Nm)	Indeks opterećenja
1.	2.300	24	250	551	95	394	86
2.	2.200	27	247	673	111	482	100
3.	2.100	27	242	705	111	505	100
4.	2.000	25	236	707	106	506	95
5.	1.900	24	234	716	102	513	92
6.	1.800	23	232	719	97	515	87
7.	1.700	20	227	675	86	483	77
8.	1.600	18	226	658	79	472	71
9.	1.500	16	227	618	70	442	63
10.	1.400	14	229	600	63	430	57
11.	1.300	11	231	508	50	364	45
12.	1.200	10	235	467	42	334	38

$t_u = 61 - 65^\circ\text{C}$

$t_v = 75 - 83^\circ\text{C}$

Broj motora: 466654918

Snaga 114 kW (deklarirana)

Min. br. okr.  $800 \text{ min}^{-1}$

Max. br. okr.  $2.400 \text{ min}^{-1}$

Izmjereni kut predubrivanja

- statički  $31,7^\circ$

- dinamički  $26,7^\circ$

Tablica 3 Podaci dobiveni ispitivanjem motora JD 4440 s originalnim ulošcima brizgaljki

Table 3 JD 4440 engine figures obtained with original injectors

Red. broj	$n$ min <sup>-1</sup>	G (kg/h)	$G_{sp}$ (g/kWh)	F (N)	Pe (kW)	M (Nm)	Indeks opterećenja
1.	2.300	25	252	568	98	407	88
2.	2.200	27	245	667	110	478	99
3.	2.100	26	240	692	109	496	98
4.	2.000	26	237	720	108	516	97
5.	1.900	24	233	709	101	508	91
6.	1.800	22	230	711	96	509	86
7.	1.700	20	229	682	87	489	78
8.	1.600	18	227	658	79	472	71
9.	1.500	16	229	640	72	458	65
10.	1.400	14	228	561	61	416	55
11.	1.300	12	230	533	52	382	47
12.	1.200	10	234	478	43	342	39

$t_u = 60 - 70$  °C;  $t_v = 75 - 83$  °C; Broj motora: 466654918; Snaga 114 kW (deklarirana); Min. br. okr.  $800 \text{ min}^{-1}$ ; Max. br. okr.  $2.400 \text{ min}^{-1}$ ; Izmjereni kut predubrizgavanja; - statički  $31,7^\circ$ ; - dinamički  $26,7^\circ$

Cijena novog elementa brizgaljke, izuzetog iz skladišta, iznosi 410,00 K. Na osnovi toga cijena regeneriranog elementa brizgaljke iznosi 7% cijene novog elementa. Ovaj podatak izračunat je uz pretpostavku da se ne uzima u obzir cijena neispravne (nefunkcionalne) brizgaljke, koja kao takva nema tržišne vrijednosti.

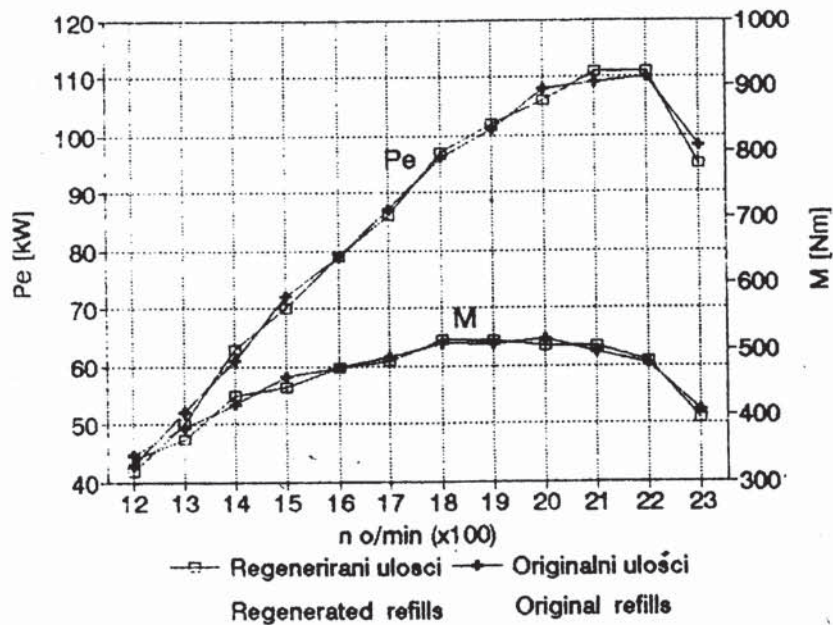
## DISKUSIJA

Postavlja se pitanje da li je, unatoč niske cijene regeneracije, opravdano investirati u relativno skup komplet opreme. Opravdanje postoji u slučaju da se obavlja regeneracija većih serija nego što je broj neispravnih brizgaljki utvrđenih tijekom remonta vlastitih motora. Prikupljanjem neispravnih brizgaljki na širem regionalnom području osigurava se veća serija raznih tipova brizgaljki, te stvaranje fonda regeneriranih brizgaljki za brzu zamjenu. Znači, potrebno je težiti za što boljim iskorištenjem opreme.



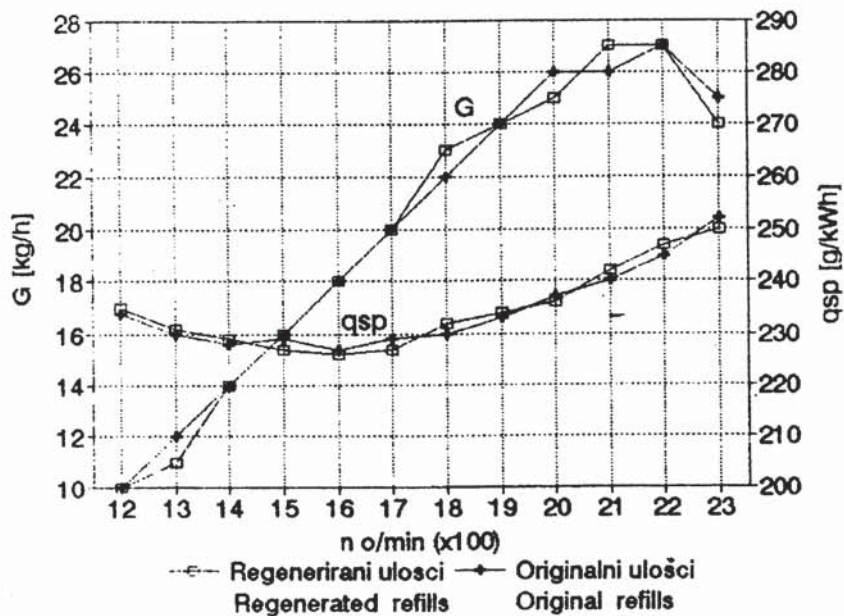
Slika 5  
Figure 5

Podaci o snazi motora i zakretnom momentu  
Engine power and turning moment figures



Slika 6  
Figure 6

Podaci o satnoj i specifičnoj potrošnji goriva  
Hourly and specific fuel consumption figures



## ZAKLJUČAK

- Odabrana tehnologija regeneracije detaljno razrađena u tehnološkom listu osigurava, uz kvalitetnu i stručnu provedbu, kvalitetnu regeneraciju i dobru eksploatacijsku pouzdanost regeneriranih brizgaljki.

- Ispitivanjem obodne sile  $F$  (N), snage  $P_e$  (KW), zakretnog momenta  $M$  (Nm), potrošnje goriva  $G$  (kg/h), specifične potrošnje goriva  $G_{sp}$  (g/KWh), te indeksa opterećenja, vidi se na prikazanim tablicama i dijagramima da nema bitne razlike između mjerениh veličina motora s regeneriranim brizgaljkama u odnosu na mjerene veličine s novim brizgaljkama. Iz toga se može zaključiti da regenerirane brizgaljke osiguravaju potpunu funkcionalnost rada tijekom eksploatacije.

- Cijena regeneriranih brizgaljki iznosi 7% od cijene novih brizgaljki, što znači punu ekonomsku opravdanost, uz nastojanje da se regenerira što više brizgaljki različitih tipova.

## LITERATURA

- Bóor F.**, 1982: "Diesel motorok üzemi állapotai hatása a üzemanjagak fogjasztására" (Utjecaj tehničkog stanja diesel motora na potrošnju goriva) XI Internacionalni simpozij Osijek, 20. - 22. siječanj (str. 140-147)
- Bóor F.**, 1980: "A traktor motorok dijagnostikai vizsgálata (Dijagnostika ispitivanja traktorskih motora), MÉM Góddóló - Budapest
- Janik I., Rémséi J.**, 1987: "Mezőgazdasági gépek üzemfentartása" (Održavanje poljoprivrednih strojeva), Budapest
- Krpan D.**, 1967: Laki motori I i II (skripta), Zagreb
- Melykúti Cs.**, 1981: "Dijagnostikai rendszer" (Tehnika dijagnostike) (autorizirane bilješke, Góddóló)
- Toth A.**, 1986: Održavanje i remont poljoprivrednih strojeva (bilješke, Novi Sad)
- XXX Priručnici i katalogi firme LESLIE HARTRIDGE LTD, BUCKINGHAM, Engleska (prijevod)

**Adresa autora - Author's address:**  
Dr. Rudolf Emert  
Poljoprivredni fakultet Osijek  
Sveučilišta J. J. Strossmayera u Osijeku

Primljeno: 20. 10. 1994.