

Eksplotaciono ispitivanje motornog ulja Maxima E9 SAE 15W-40 u PIK Bečej

Field testing of engine oil Maxima E9 SAE 15W-40 in PIK Bečej

Jadranka Vujica, dipl.ing.maš¹, Mr Omer Kovač, dipl.ing.tehn¹

Tamara Evđić, dipl.ing.tehn¹, Aleksandar Kekić, dipl.ing.maš²

¹Rafinerija ulja Modriča, ² PIK Bečej

E-mail: jadranka@modricaoil.com,

SAŽETAK

Uvođenje sve oštrijih zahtjeva u pogledu smanjenja emisije izduvnih gasova dovelo je do promjene zahtjeva o kvalitetu i hemijskom sastavu kako goriva, tako i maziva. Za ispunjenje zahtjeva o emisiji izduvnih gasova proizvođači maziva su morali formulisati nove tipove motornih ulja koji su kompatibilni sa sistemima za naknadnu obradu izduvnih gasova.

Nova generacija maziva čiji je kvalitet definisan prije svega zahtjevima specifikacija API CJ-4 i ACEA E9, mora ispuniti zahtjeve o smanjenim vrijednostima SAPS-a (sulfatni pepeo, fosfor i sumpor). Iz tih razloga Rafinerija ulja Modriča je razvila motorno ulje za komercijalna vozila i mehanizaciju, čiji je komercijalni naziv MAXIMA E9.

U poljoprivrednom kombinatu PIK-Bečej je na različitim tipovima mašina obavljeno eksploataciono ispitivanje ovog motornog ulja. Rezultati ispitivanja su prikazani u ovom radu.

KLJUČNE RIJEČI: motorno ulje, poljoprivredna mehanizacija, limitirani hemijski sastav, SAPS

ABSTRACT

Recent requirements for reduction of exhaust gases has led to changes in demands on the quality and chemical composition of both fuels and lubricants. To meet the requirements on emission of exhaust gases lubricant producers had to formulate new types of motor oils primarily compatible with exhaust aftertreatment systems.

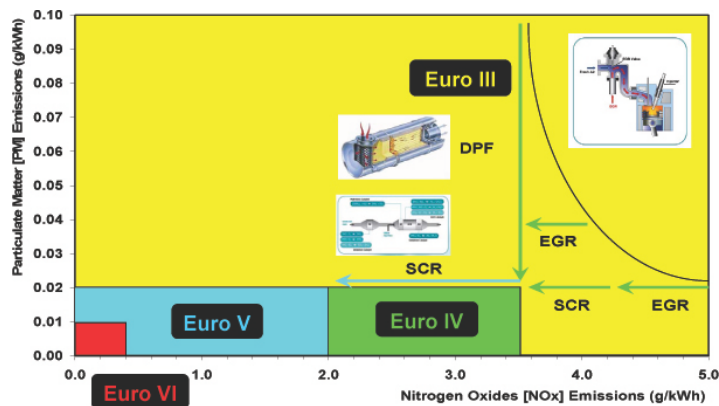
A new generation of lubricants performance specification API CJ-4 and ACEA E9, must meet the mid SAPS (Sulphated Ash, Phosphorus, Sulphur) requirements. Regarding mentioned performance demands Oil refinery Modrica developed engine oil for commercial vehicles and machinery, with commercial name MAXIMA E9.

We conducted field testing of engine oil Maxima E9 on different types of machines in agricultural company PIK Bečej. Test results are presented in this paper.

KEYWORDS: engine oil, agriculture machinery, limited chemical composition, mid SAPS

1. UVOD

Posljednjih godina došlo je do pooštavanja zahtjeva vezanih za emisiju izduvnih gasova. Uvođenjem standard Euro-4, Euro-5 i Euro-6 značajno su smanjeni limiti za količine čvrstih čestica (PM) i azotnih oksida (NOx). Do smanjenja limita je došlo jer je već utvrđeno da čvrste čestice i azotni oksidi negativno utiču na zdravlje ljudi i životinja. Na dijagramu 1 su prikazane dozvoljene vrijednosti za pojedine Euro-standarde o emisiji izduvnih gasova.



Dijagram 1:

Za motore koji ispunjavaju Euro-4, Euro-5 i Euro-6 standarde a imaju ugrađene DPF-filtre ne koriste se klasična motorna ulja jer se primjenom klasičnih motornih ulja smanjuje životni vijek sistema za naknadnu obradu izduvnih gasova. Životni vijek DPF-filtera se smanjuje za polovinu, jer se kanali sistema za filtriranje pune pepelom nastalim oksidacijom metala prisutnih u ulju.

Iz tih razloga ulja koja ispunjavaju ove zahtjeve moraju se proizvoditi na bazi hidrokrekovanih baznih ulja koja imaju sadržaj sumpora ispod 300ppm i aditiva koji imaju smanjen sadržaj metala (Ca, Mg, Zn), sumpora i fosfora. Motorna ulja s limitiranim hemijskim sastavom, koja se koriste za komercijalna vozila i mehanizaciju moraju imati sniženu vrijednost SAPS-a (sulfatni pepeo, fosfor i sumpor). Kod motornih ulja koja ispunjavaju standard API CJ-4 i ACEA E-9 vrijednost sulfatnog pepela je ispod 1%, sumpor ispod 0,4% i fosfor ispod 0,12%.

Imajući u vidu sve ove zahtjeve Rafinerija ulja Modriča je razvila motorno ulje Maxima E 9 koje u potpunosti ispunjava ove zahtjeve. U tabeli 1 navedene su fizičko-hemijske karakteristike ovog ulja, kao i specifikacije koje ispunjava:

Tabela 1: Maxima E9 SAE 15W-40

Karakteristika	Metoda	Jedinica	Vrijednost
Viskoznost na 40 ⁰ C	BAS ISO 3104	mm ² /s	106,31
Viskoznost na 100 ⁰ C	BAS ISO 3104	mm ² /s	14,84
Indeks viskoznosti	BAS ISO 2909	-	145
Tačka paljenja	ISO 2592	⁰ C	242
Tačka tečenja	BAS ISO 3016	⁰ C	-24
Gustina na 15 ⁰ C	ASTM D 5002	kg/m ³	860
TBN	BAS ISO 3771	mgKOH/g	9,78
CCS V-20 ⁰ C	ASTM D 5293	mPas	6600
Sklonost pjenjenju/stabilnost Faza I, 24 ⁰ C	ASTM D 892	ml	0/0
Faza II, 94 ⁰ C			0/0
Faza III, 24 ⁰ C			0/0
Ispunjava specifikacije:	ACEA E9/E7; API CJ-4/CI-4+/CI-4; MB 228.31/228.3; MAN M3575;Caterpillar ECF-3/ECF-2/ECF-1; Cummins CES 20081; MTU Type 2.1; Volvo VDS-4/VDS-3; Reanault Trucks RLD-3; Mack EO-O PP-07, EO-O Premium Plus;DEUTZ DQ III-10LA (III-05); Detroit Diesel DDC 93K218		

2. EKSPLOATACIONO ISPITIVANJE

U sklopu razvoja ovog motornog ulja izvršeno je eksploataciono ispitivanje ovog ulja u PIK-u Bečej na mašinama čije su karakteristike date u Tabeli 2:

Tabela 2: Karakteristike radnih mašina

R. br.	Marka i tip sredstva polj. tehn.	Gar. Br.	God. Prizv.	Marka i tip pogonskog motora	Instalisa na snaga motora (kW)	Vrsta pog. goriva	Vrsta motornog ulja	Period zamjene
1.	Traktor John Deere 8330	2402	2008	John Deere RG 6090	190	euro dizel	SAE 15W 40 ACEA E7	Max 500 r/č
2.	Traktor John Deere 6630	2504	2008	John Deere CD 6068	99	euro dizel	SAE 15W 40 ACEA E7	Max 500 r/č
3.	Silažni kombajn Krone Big X V8	3501	2004	Mercedes OM 502	455	euro dizel	SintSAE 10W/40 API CF; ACEA E4	Max 400 r/č
4.	Traktor CASE 9220	2603	2001	Cummins 6 TA-830	165	euro dizel	SAE 15W/40 API CD	200 r/č

Uzorci ulja su ispitivani u laboratoriji Rafinerije ulja Modriča koja je akreditovana po standard ISO 17025. Programom ispitivanja predviđene su sljedeće grupe ispitivanja:

- Utvrđivanje fizičko-hemijskih karakteristika ulja bitnih za ocjenu stanja ulja u eksploataciji
- Spektro-fotometrijska ispitivanja hemijskih promjena ulja (oksidacija, nitratacija, sulfatacija, količina čađi i dr.)
- Utvrđivanje količine metala habanja (Fe, Cr, Pb, Cu, Sn, Al) i silicijuma

3. REZULTATI ISPITIVANJA I DISKUSIJA

Rezultati ispitivanja dati su u tabeli 3:

Tabela 3: Rezultati ispitivanja

Karakteristika	Jedinica	Traktor JD 6630(2504)						KRONE BIG X V8 (3501)		Traktor CASE 9220 (2603)		Traktor JD 8330 (2404)				
		100mč	300mč	400mč	200mč	300mč	400mč	100mč	300mč	100mč	300mč	100mč	200mč	300mč	300mč	400mč
Viskoznost na 40°C	mm ² /s	103,99	105,53	106,79	104,93	107,24	107,09	99,11	101,57	102,39	104,18	102,39	104,19	103,93	107,13	107,65
Viskoznost na 100°C	mm ² /s	14,67	14,96	15,66	14,89	15,15	15,38	14,42	14,43	14,65	14,92	14,65	15,03	14,85	15,34	15,55
Indeks viskoznosti	-	146	148	156	148	148	151	150	146	148	149	148	151	149	151	153
Tačka paljenja	°C	246	239	248	248	240	252	241	236	234	237	234	247	247	238	244
TBN	mgKOH/g	7,97	7,82	7,14	7,28	7,23	7,04	7,53	7,56	7,82	7,89	7,82	7,62	7,51	7,97	6,77
TAN	mgKOH/g	3,00	2,91	2,99	1,73	2,71	2,95	3,92	2,96	4,60	3,28	4,60	4,17	3,82	3,07	3,27
Sadržaj metala																
Fe	ppm	6,8	19,6	24,4	15,4	23,5	30,1	5	17,2	18,4	29,8	18,4	16,9	19,9	24,3	33,1
Cu		0,8	1,2	0,8	0,5	0,8	0,7	0,7	0,8	1,2	2,1	1,2	0,5	0,6	1,1	2,0
Al		1,4	2,1	3,0	1,8	1,7	2,3	2,2	3,9	2,2	1,6	2,2	1,2	2,3	1,8	2,0
Pb		0,4	0,8	1,5	0,9	1,5	2,0	0,2	0,7	3,2	7,3	3,2	1,2	1,6	2,9	7,7
Cr		0,2	0,5	0,4	2,4	0,4	0,5	0,9	1,9	2,1	3,2	2,1	0,6	0,9	0,9	1,3
Sadržaj Si	ppm	1,7	2,5	4,1	0,2	2,1	-	5,4	8,8	3,7	5,6	3,7	2,8	4,5	-	-
Čad DIN (4000cm ⁻¹)	%	0,098	0,317	0,384	0,328	0,496	0,511	0,019	0,151	0,294	0,506	0,294	0,121	0,144	0,519	0,611
Čad DIN (1970cm ⁻¹)	%	0,102	0,327	0,386	0,336	0,501	0,512	0,042	0,161	0,311	0,515	0,311	0,131	0,143	0,520	0,604
NOx/Oksidacija DIN(1640cm ⁻¹)	Abs/cm	4,811	6,772	7,706	6,043	7,854	7,839	7,046	8,989	9,503	11,652	9,503	7,331	7,140	9,027	12,805

3.1. KINEMATSKA VISKOZNOST

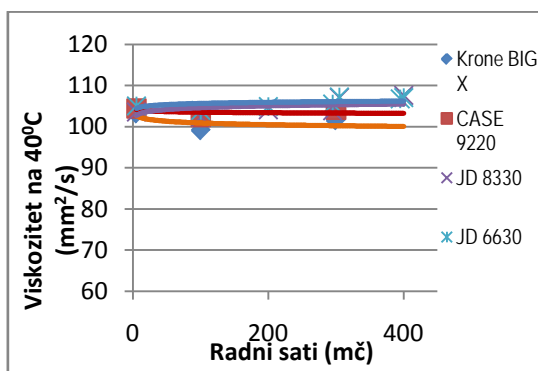
Prilikom primjene motornih ulja često dolazi do promjene viskoznosti koja može biti izazvana različitim djelovanjem. U toku eksploatacije dešavaju se promjene povećanja vrijednosti viskoznosti, a isto tako i do pada viskoznosti. Ukoliko dolazi do pada vrijednosti viskoznosti mogući razlozi su :

- razrjeđenje motornog ulja gorivom zbog nepodešenosti sistema za ubrzavanje ili zbog povećanih zazora u području klipnih prstenova
- drugi razlog je destrukcija upotrijebljenog improvera viskoznosti usljed djelovanja mehaničkih sila

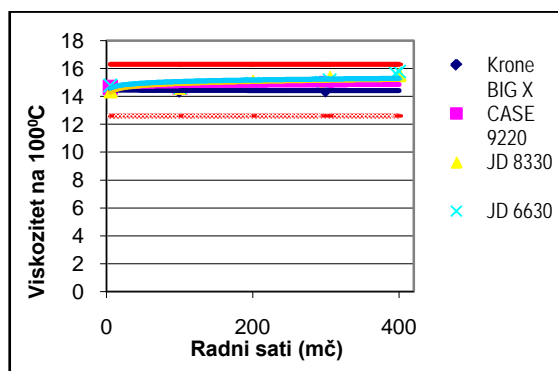
Ukoliko dolazi do povećanja viskoznosti njačešći razlozi su:

- prisustvo povećane količine čađi u motornom ulju
- oksidacija i polimerizacija pojedinih ugljikovodoničnih struktura prisutnih u ulju.
- Sve vrijednosti viskoziteta nalaze se u granicama predviđenim za ovu viskozitetnu gradaciju. Kod ulja je došlo do blagog povećanja viskoziteta. Do ovog povećanja viskoziteta je došlo zbog prisustva čađi u ulju.

Dijagram 2: Promjena viskoziteta na 40°C



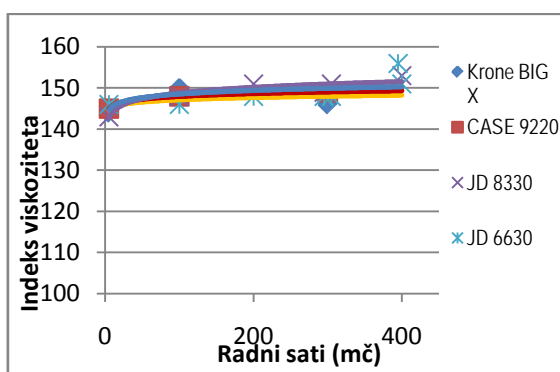
Dijagram 3: promjena viskoziteta na 100°C



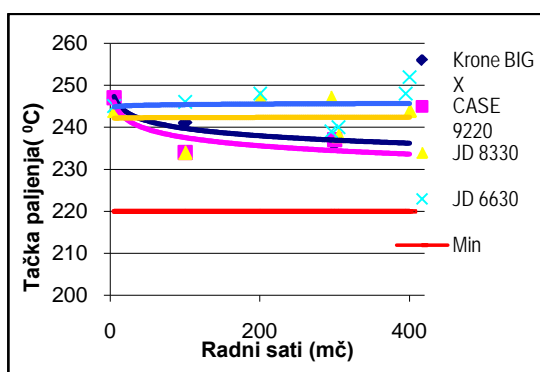
3.2. INDEKS VISKOZITETA

Indeks viskoziteta je karakteristika preko koje se utvrđuje promjena viskoznosti sa pomjenom temperature. Na dijagramu 4 prikazane su vrijednosti indeksa viskoziteta. Analizom rezultata je zaključeno da nije došlo do značajnih promjena indeksa viskoziteta niti do pada njegove vrijednosti, što ukazuje na postojanost improvera u ulju kod koga se prilikom eksploatacije nije desila značajna mehanička destrukcija.

Dijagram 4: Promjena indeksa viskoziteta



Dijagram 5: Promjena tačke paljenja



3.3. TAČKA PALJENJA

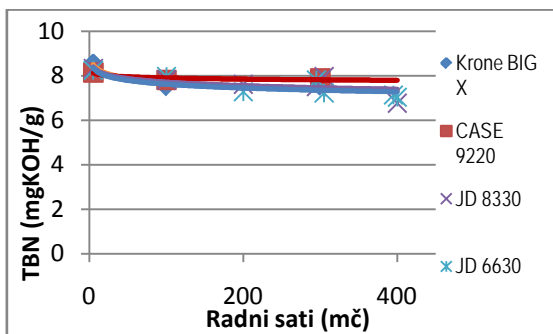
U toku procesa podmazivanja gorivo dopijeva u mazivo. Izvjesna količina ostaje u ulju, što dovodi do smanjenja viskoziteta i vrijednosti plamišta. Veliki pad vrijednosti plamišta ukazuje na loš rad sistema za ubrizgavanje goriva. Na dijagramu 5 je prikazana promjena plamišta u toku testa. Promjena su neznatne i kreću se u dozvoljenim granicama. Navedeni rezultati pokazuju da se sve mašine na kojim je izvršeno ispitivanje dobro održavaju i blagovremeno servisiraju.

3.4. TBN (Total base number) i TAN (Total acid number)

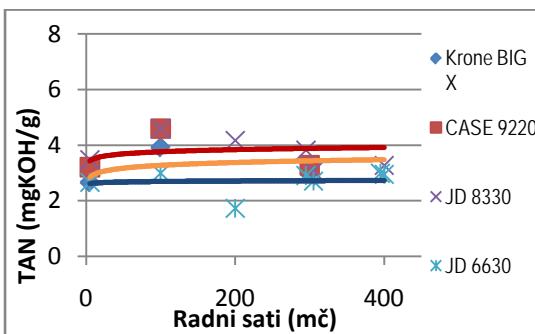
Kod motornih ulja jedna od bitnih osobina je rezervna alkalnost preko koje se obezbjeđuje zaštita motora od uticaja različitih korozivnih produkata nastalih u procesu sagorjevanja goriva, kao i od produkata nastalih procesom oksidacije i nitracije. Vrijednost TBN-a prikazane na dijagramu 6 pokazuju da se izmjerene vrijednosti nalaze daleko iznad dozvoljenih vrijednosti koja se kod većine velikih proizvođača motora uzima kao 1/2 početne vrijednosti TBN-a preporučenog motornog ulja.

U toku eksploatacije dolazi do oksidacije ulja koja se manifestuje porastom TAN-a. Ukoliko se vrijednost TAN-a u toku eksploatacije izjednači sa vrijednošću TBN-a, ulje se odmah mora zamjeniti. Na dijagramu 7 se može uočiti blagi porast TAN-a što ukazuje na dobru oksidacionu stabilnost ispitivanog ulja.

Dijagram 6 : Vrijednost TBN-a



Dijagram 7: Vrijednost TAN-a

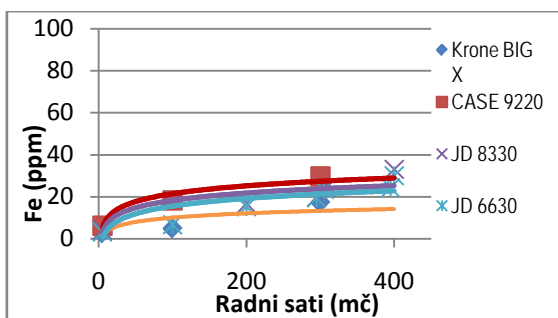


3.5. METALI HABANJA I SILICIJUM

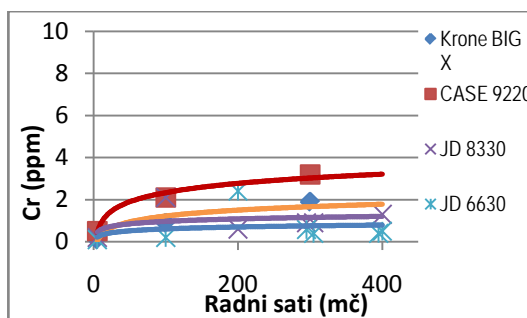
U sklopu ispitivanja metala habanja izvršeno je određivanje količine prisutnog željeza (Fe), hroma (Cr), bakra (Cu), aluminijuma (Al) i olova (Pb). Na dijagramima 8, 9, 10, 11 i 12 prikazane su vrijednosti metala habanja. Sve vrijednosti metala su daleko ispod dozvoljenih granica što ukazuje na dobru antihabajuću zaštitu koje pruža korišteno motorno ulje.

Vrijednosti silicijuma kod svih ispitanih uzoraka ulja su ispod 10ppm (dijagram 13). Ovi rezultati pokazuju da se mašine redovno servisiraju.

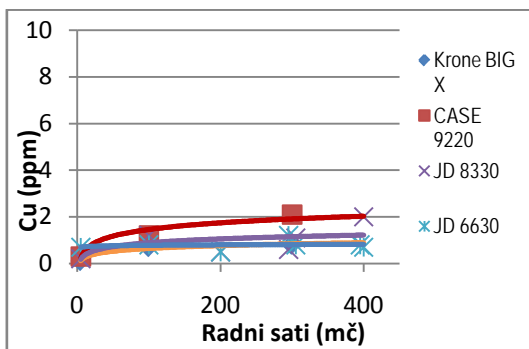
Dijagram 8: Vrijednost Fe



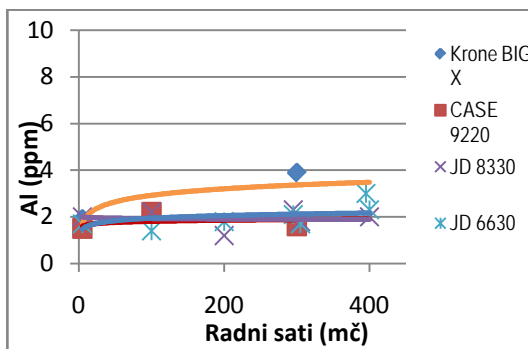
Dijagram 9: Vrijednost Cr



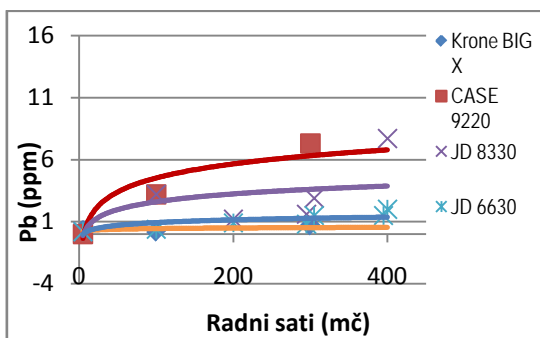
Dijagram 10: Vrijednost Cu



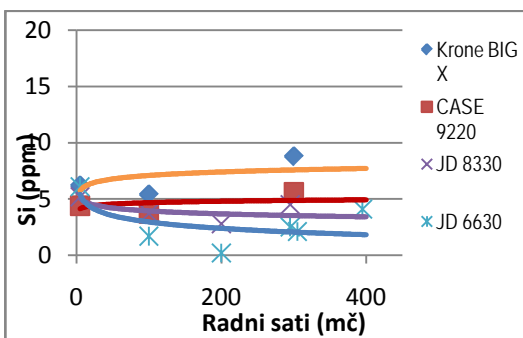
Dijagram 11: Vrijednost Al



Dijagram 12: Vrijednost Pb



Dijagram 13: Vrijednost Si



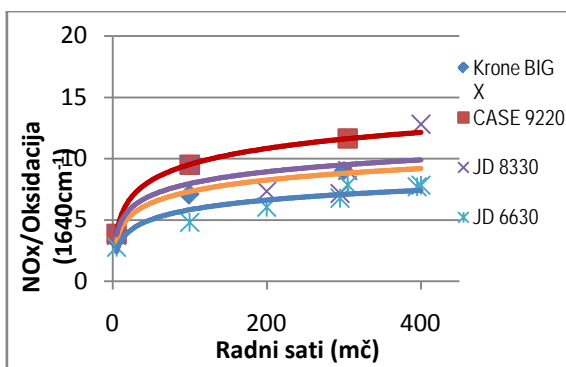
3.6. HEMIJSKE PROMJENE ULJA

Hemijske promjene ulja su praćene primjenom FT-IR spektro-fotometrije. Mjerene su količine produkata oksidacije, nitracije, sulfatacije, kao i čađi.

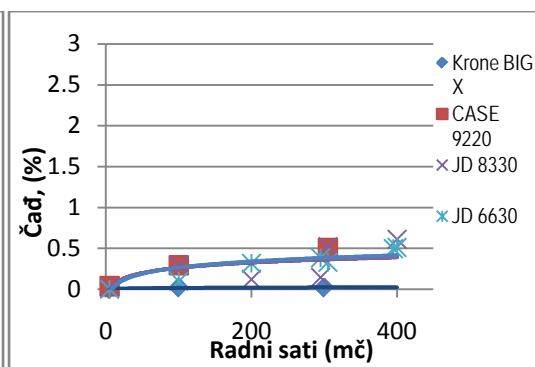
- 3.6.1. **ČAĐ** – U toku eksploatacije kod dizel motora nastaju značajne količine čađi. Kod EGR-motora te količine su i mnogo veće. Prisutna čađ doprinosi ugušćenju ulja. Ukoliko dođe do stvaranja krupnih čestica čađi one mogu doprinjeti povećanom habanju vitalnih dijelova motora. Iz tih razloga savremena motorna ulja moraju imati dobra disperziona svojstva i ne smiju dozvoliti aglomeraciju čestica čađi.

Promjena vrijednosti čađi prikazana je na dijagramu 15, a promjene stepena oksidacije –nitratacije na dijagramu 14. Prisutna čađ nije utjecala na promjene karakteristika kao ni na povećano habanje. S dijagrama takođe možemo vidjeti da nije došlo do značajnijih hemijskih promjena u ulju.

Dijagram 14: Hemijske promjene u ulju NOx



Dijagram 15: Promjena količine čađi



4. ZAKLJUČAK

1. Rezultati eksploatacionog ispitivanja pokazuju da se radi o kvalitetnom motornom ulju nove generacije koje obezbjeđuje izuzetno podmazivanje motora
2. Sve fizičko-hemijske karakteristike ulja kao i metali habanja se nalaze u predviđenim granicama za ovaj kvalitetni nivo ulja
3. Ulje nije pretrpjelo značajnu hemijsku degradaciju što ukazuje na izuzetan kvalitet upotrijebljenog baznog ulja i paketa aditiva
4. Ulje pokazuje izuzetno visok kvalitetni nivo i može se koristiti i za duže interval zamjene od 400mč.

5. LITERATURA :

- Tehnička uputstva : Engine Requirement- Lubricating Oil (VW)
- Tehnička uputstva: Oil Analysis, različitih proizvođača opreme
- Metode : ASTM, DIN, ISO- metode
- S.Perić i dr., Eksploataciono ispitivanje menjačkog ulja sa aspekta dijagnostike stanja i održavanja tribomehaničkog sistema
- A.Kekić, J Vujica, 2006. Određivanje optimalnog intervala zamjene ulja u motorima poljoprivrednih mašina pomoću dve metode, YUMTO
- N. Robinson, Monitoring oil degradation with infrared spectroscopy, Wear check
- A. Geach, Infrared Analysis as Tool for Assessing Degradation in Used Engine Lubricante, Wear check
- Kovač, Vujica, Kekić, 2008. Eksploataciono ispitivanje motornog ulja Maxima Turbo SAE 15W-40 na motorima poljoprivredne mehanizacije u poljoprivrednom kombinatu PIK Bečej, XXXIV simpozijum Poljoprivredna tehnika, Zlatibor
- Kovač, Vujica, 2008. Eksploataciono ispitivanje motornog ulja za teško opterećene dizel motore, Ugljevik
- Kovač, Vujica, Trumić, 2009. Eksploataciono ispitivanje motornog ulja Maxima Turbo SAE 15W-40 u Rudniku „Đurđevik“.DEMI
- Kovač, Vujica, I. Mišić,, 2011. Ispitivanja motornog ulja za putničke automobile – test 100.000km, GOMA