

EKSPLOATACIONO ISPITIVANJE MOTORNOG ULJA ZA TEŠKO OPTEREĆENE DIZEL MOTORE

Mr Omer Kovač, dipl.ing.tehn.; Jadranka Vujica, dipl.ing.maš.;
Alija Trumić, dipl.ing.maš.; Dr Pero Dugić, dipl.ing.tehn.

Rezime: *Dijagnostika stanja motornog ulja i motora u eksploataciji je od veoma velikog značaja za ocjenu stanja ulja, a takođe i za ocjenu stanja vitalnih dijelova motora, odnosno cijelog motora. Na osnovu rezultata dobijenih laboratorijskom provjerom ulja mogu se blagovremeno predvidjeti nastanci kvarova na vozilima i preventivno djelovati na njihovo blagovremeno otklanjanje. Dijagnostika je naročito značajna za vozila i mašine velike materijalne vrijednosti, a takođe i za one mašine kod kojih zbog zastoja nastaju veliki gubici. Takav slučaj je na damperima velike snage koji se koriste za izvoz uglja i jalovine na površinskim kopovima. Iz tih razloga obavljeno je eksploataciono ispitivanje motornog ulja za teške dizel motore. Ispitivanje je provedeno na pet dampera. U toku eksploatacije vršeno je ispitivanje relevantnih fizičko-hemijskih karakteristika i utvrđivanje količine metala habanja (aluminijum, bakar, željezo i olovo) atomsko-apsorpcionom spektrofotometrijom. Rezultati ispitivanja su pokazali izvanrednu zaštitu motora pri podmazivanju ovim motornim uljem.*

Ključne riječi: motorno ulje, dijagnostika, HD motori, eksploataciono ispitivanje

OPERATIONAL TESTING OF MOTOR OIL FOR HEAVY DUTY DIESEL ENGINES

Abstract: *Motor oil and engine diagnosis is very important for evaluation of oil and evaluation of the state of vital engine parts as well as whole engine.*

Oil laboratory tests provide us information about future breakdowns of the vehicles and preventive work on their timely removal. Diagnosis is especially important for vehicles and machinery of large material values, and also for those machines where delays occur due to large losses. This is the case in high power dampers which are used for coal and tailings export in the surface mines. Mentioned reasons have led to the need for operational testing of motor oil for heavy duty diesel engines. The study was conducted in five damper. During the exploitation the relevant physico-chemical characteristics are tested as well as quantitative analysis of wear metals (aluminum, copper, iron and lead) with Atomic-absorption spectrophotometry. The testing of motor oil have shown excellent results in the engine protection.

Keywords: motor oil, diagnosis, HD engines, operational testing

1. UVOD

Imajući u vidu značaj utvrđivanja optimalnog perioda zamjene ulja, zajedno sa inženjerima Rudnika mrkog uglja „Đurđevik“ realizovan je projekat eksploatacionog ispitivanja motornog ulja Maxima Turbo SAE 15W-40. Ispitivanje je obavljeno prema proceduri ispitivanja koja je projektovana od strana inženjera iz tehničkog sektora Rafinerije ulja Modriča. Testiranje je provedeno na damperima koji se koriste svakodnevno za izvoz uglja i jalovine, a rade pod veoma teškim uslovima eksploatacije. Osnovne karakteristike radnih mašina su predstavljene u tabeli 1:

Mr Omer Kovač, dipl.ing.tehn., kovac@modricaoil.com; Jadranka Vujica, dipl.ing.maš., Rafinerija ulja Modriča, jadranka@modricaoil.com; Alija Trumić, dipl.ing.maš., Rudnik „Đurđevik“; Dr Pero Dugić dipl.ing.tehn., Rafinerija ulja Modriča, pero@modricaoil.com

Mr Omer Kovač, dipl.ing.tehn. , kovac@modricaoil.com; Jadranka Vujica, dipl.ing.maš., Rafinerija ulja Modriča, jadranka@modricaoil.com; Alija Trumić, dipl.ing.maš., Rudnik „Đurđevik“, Dr Pero Dugić dipl.ing.tehn., Rafinerija ulja Modriča, pero@modricaoil.com

Tabela 1 : Osnovne karakteristike radnih mašina

Mašina	BELAZ 1	BELAZ 2	BELAZ 3	EUKLID 10
Garažni broj	438 75 131	439 75 131	440 75 131	73230
Tip motora	KTA 50C	KTA50C	KTA50C	KTA 50C
Broj motora	33160062	33160047	33160332	33116359
Proizvođač	CUMMINS	CUMMINS	CUMMINS	CUMMINS
Godina proizvodnje	19.12.2005.	2005	2005	07.05.2004
Snaga motora	1176 kW	1176	1176	1177 kW
Količina ulja	170 lit	170 lit.	170 lit	150 lit
Izrađeni moto časovi	4002	3939	3544	10800
Preporučeno ulje	API CI-4/CH-4, ACEA E5/A3/B3/B4			

Propisani period zamjene za ovu vrstu motora i ove uslove eksploatacije je 250mč. Ispitivanje je obavljeno sa motornim uljem Maxima Turbo SAE 15W-40. Osnovne tehničke karakteristike motornog ulja Maxima Turbo SAE 15W-40 prikazane su u tabeli 2:

Tabela 2:Osnovne tehničke karakteristike motornog ulja Maxima Turbo SAE 15W-40

Karakteristika	Jedinica	Metoda	Tipična vrijednost
Viskozitet na 100 ⁰ C	mm ² /s	BAS ISO 3104	14,5-15,5
Indeks viskoziteta	-	BAS ISO 2909	130
Tačka paljenja, min.	⁰ C	ISO 2592	230
Tačka tečenja, max.	⁰ C	BAS ISO 3016	- 22
TBN	mgKOH/g	BAS ISO 3771	9,7 – 10,0
Gubitak isparavanjem (Noack)max.	% mas.	DIN 51581	<10
Viskozitet na niskim temp.(CCS)-25 ⁰ C	mPas	ASTM D 2602	< 7000
Pjenjenje,max. 24 ⁰ C 94 ⁰ C 24 ⁰ C	ml	ASTM D 892	10/0 50/0 10/0
Pjenjenje na 150 ⁰ C	ml	ASTM D 6082	100/0
Specifikacije	API CI-4/CH-4/CG-4/CF/SL ACEA E3-96/4, E5-02, E7-04, A3-98, B3-98/2, B4-02 MB 228.3/229.1,GLOBAL DHD-1 SCANIA LDF, RENAULT RLD ,MACK EO-M PLUS VW 50500/50100		
Approved	MAN 3275, MB 228.3, VOLVO VDS-3 CUMMINS CES 20076/20077/20078		

Uzorci motornog ulja su dostavljani u laboratoriju gdje je vršeno ispitivanje fizičko-hemijskih karakteristika prema standardnim metodama navedenim u tabeli 3.

Tabela 3 : Metode ispitivanja motornog ulja

Red. br.	Karakteristika	Metoda
1.	Viskoznost na 40 ⁰ C	BAS ISO 3104
2.	Viskoznost na 100 ⁰ C	BAS ISO 3104
3.	Indeks viskoznosti	BAS ISO 2909
4.	Tačka paljenja	ISO 2592
5.	Ukupni bazni broj	BAS ISO 3771
6.	Kiselinski broj	ISO 6619
7.	Sadržaj metala	ASTM D-5863

REZULTATI ISPITIVANJA I DISKUSIJA

Uzorkovanje ulja je vršeno prema propisanoj proceduri i u toku istog dana uzorci su dostavljani u laboratoriju Rafinerije ulja Modriča u kojoj je vršeno ispitivanje određenih, već prethodno utvrđenih relevantnih karakteristika, kao i metala habanja. Rezultati ispitivanja prikazani su u tabeli 4 , kao i na dijagramima 1,2,3,4,5,6,7,8,9 i 10.

Tabela 4: Rezultati ispitivanja

Mašina	Belaz 1			Belaz 2				Belaz 3		Euklid 10		Euklid 6
	25.09	26.09	03.10	25.09.	28.09.	03.10.	19.10.	28.09.	03.10.	03.10.	10.11.	13.12.
Datum uzorkovanja	25.09	26.09	03.10	25.09.	28.09.	03.10.	19.10.	28.09.	03.10.	03.10.	10.11.	13.12.
Izrađeni moto sati	250 mč	173 mč	256 mč	250 mč	171 mč	238 mč	249 mč	262 mč	61 mč	238 mč	308mč	329 mč
Viskozitet na 40 ⁰ C	100,57	107,12	106,32	102,26	108,40	105,53	106,58	99,91	108,07	102,33	97.51	94.30
Viskozitet na 100 ⁰ C	13.67	14.35	14,22	13.78	14,19	14,16	14,27	13,37	14,41	14,24	13.87	13.41
Indeks viskoziteta	136	136	136	135	133	136	136	133	136	142	144	142
Tačka paljenja, ⁰ C	224	227	228	226	225	224	224	217	230	222	224	229
TBN, mgKOH/g	9,61	9,51	9,66	9,73	9,47	9,61	9,56	9,60	9,61	9,63	9,86	9,77
TAN, mgKOH/g		3,05	3,19	3,02	3,02	2,95	3,11	3,12	3,0	3,20	3,48	3,23
Sadržaj metala (ppm):												
Fe		13,56	11,81		14,02	12,95	6,77	11,93	10,93	28,39	25,24	9,12
Cu		1,23	1,55		1,25	1,31	0,92	1,92	3,21	1,97	1,65	0,84
Al		14,72	4,17		12,64	16,44	21,41	21,12	26,90	12,40	10,8	9,5
Pb		3,07	3,77		2,49	2,48	3,97	3,82	2,44	12,48	12,52	3,96

PROMJENA VISKOZNOSTI

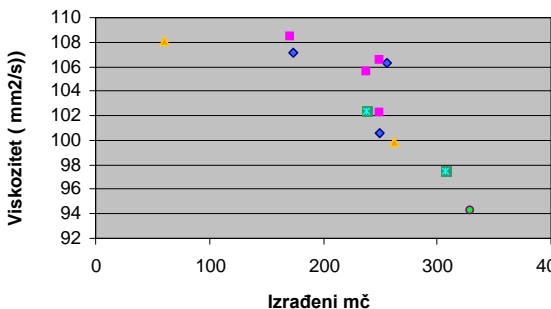
Prilikom primjene motornih ulja često dolazi do promjene viskoznosti koja može biti prouzrokovana različitim djelovanjima. Kod ulja iz eksploatacije može doći do pada, a isto tako i do porasta viskoznosti. Ukoliko dolazi do pada vrijednosti viskoznosti onda su moguća dva razloga. Prvi je razrjeđenje motornog ulja gorivom zbog nepodešenosti sistema za ubrizgavanje ili zbog povećanih zazora u području klipnih prstenova, kao i zbog mehaničke destrukcije improvera viskoznosti. Kod pojave povećanja viskoznosti najčešći razlog je prisutnost povećanih količina čađi u motornom ulju. Drugi razlog povećanja viskoznosti je oksidacija i polimerizacija pojedinih struktura prisutnih u baznom ulju. Na dijagramima 1 i 2 prikazane su vrijednosti viskoznosti na 40⁰ i na 100⁰C. Na dijagramu 2. prikazane su i granične vrijednosti viskoznosti za gradaciju SAE 40 i one se kreću između 12,5 i 16,3. Svi ispitani uzorci se još uvijek nalaze u okviru viskozitetne gradacije što ukazuje na to da nije došlo do značajnijih hemijskih

Mr Omer Kovač, dipl.ing.tehn. , kovac@modricaoil.com; Jadranka Vujica, dipl.ing.maš., Rafinerija ulja Modriča, jadranka@modricaoil.com; Alija Trumić, dipl.ing.maš., Rudnik „Đurđevik“, Dr Pero Dugić dipl.ing.tehn., Rafinerija ulja Modriča, pero@modricaoil.com

promjena ulja, a takođe ni do destrukcije polimera koji je odgovoran za pad viskoznosti.

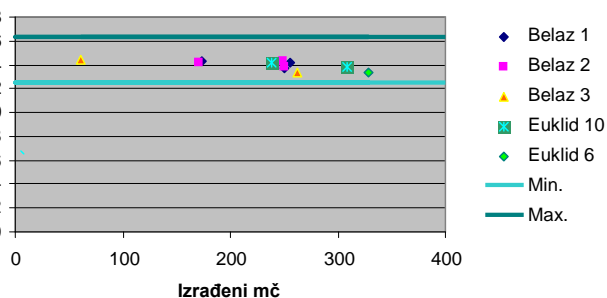
Dijagram 1:

Viskozitet na 40°C



Dijagram 2:

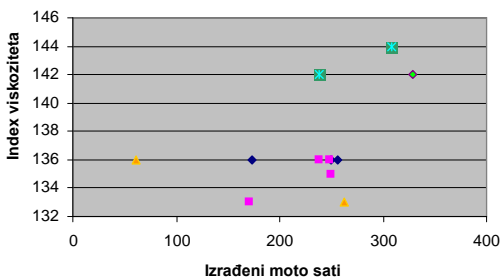
Viskozitet na 100°C



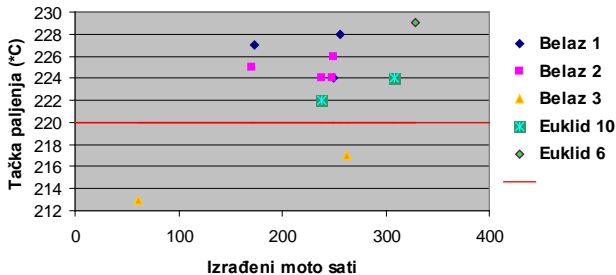
INDEX VISKOZNOSTI

Indeks viskoznosti je karakteristika preko koje se utvrđuje stepen promjene viskoznosti sa promjenom temperature. Index viskoznosti je prikazan na dijagramu 3. iz dijagrama se vidi da nije došlo do značajnijih promjena indeksa viskoznosti niti do pada vrijednosti, što ukazuje da je u ulju prisutan impruver kod koga nije došlo do destrukcije.

Dijagram 3: Index viskoziteta



Dijagram 4: Plamište



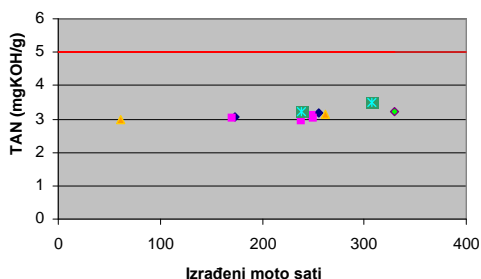
PLAMIŠTE

U toku procesa podmazivanja gorivo dospjeva u mazivo i jedna izvjesna količina ostaje u ulju što dovodi so smanjenja viskoznosti i smanjenja plamišta. Veliki pad vrijednosti plamišta ukazuje na loš rad sistema za ubrzigavanje goriva i zbog toga je odmah potrebno vršiti remont i kontrolu sistema za ubrizgavanje. Na dijagramu 4 su prikazani vrijednosti plamišta za ispitana ulja . Svi uzorci imaju plamište iznad 220°C. Na osnovu rezultata plamišta može se konstatovati da ne dolazi do značajnijeg prodiranja goriva u ulje i da se svi sistemi na ispitanim mašinama blagovremeno i dobro servisiraju.

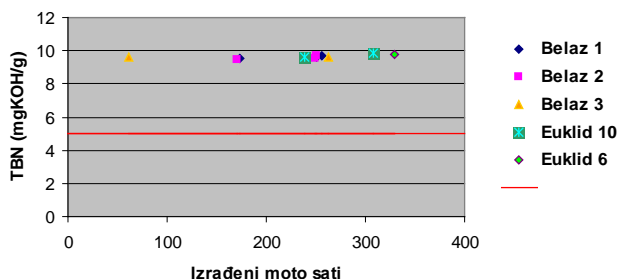
TAN

TAN je karakteristika koja ukazuje na hemijske promjene koje se dešavaju kod ulja. Povećane vrijednosti TAN-a ukazuju na značajne oksidacione promjene ulja kao i na prisustvo kiselih produkata nastalih u procesu sagorijevanja goriva. Vrijednosti TAN-a prikazane na dijagramu 5 pokazuju da rezultati dobiveni ispitivanjem kod svih uzoraka imaju vrijednost ispod 3,5 mgKOH/g što ukazuje na izuzetnu oksidacionu stabilnost motornog ulja Maxima Turbo SAE 15W-40.

Dijagram 5: Vrijednost TAN-a



Dijagram 6: Vrijednost TBN-a



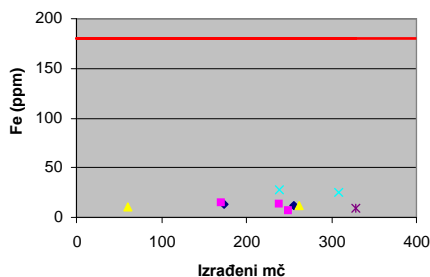
TBN

Kod motornih ulja jedna od veoma važnih osobina je rezervna alkalnost preko koje se obezbjeđuje zaštita motora od različitih korozivnih produkata nastalih u procesu izgaranja goriva. Vrijednosti prikazane na dijagramu 6 pokazuju da su vrijednosti daleko iznad kritične vrijednosti, koja se obično uzima kao 1/2 početne vrijednosti TBN-a preporučenog motornog ulja. Motorno ulje Maxima Turbo SAE 15W-40 i nakon 300mč ima veliku rezervu TBN-a.

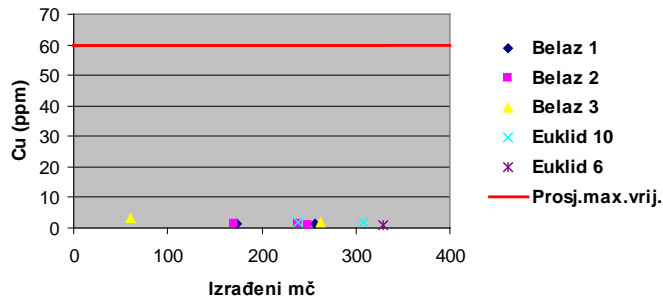
METALI HABANJA

U sklopu ispitivanja metala habanja izvršeno je utvrđivanje količina prisutnog željeza (Fe), bakra (Cu), aluminijuma (Al) i olova (Pb) u ulju. Na dijagramima 7, 8, 9 i 10 su prikazane vrijednosti habanja kao i iskustvene granice za pojedine metale. Sve vrijednosti metala su daleko ispod dozvoljenih granica, što ukazuje na izuzetnu antihabajuću zaštitu koju pruža ispitivano ulje.

Dijagram 7: Vrijednost Fe

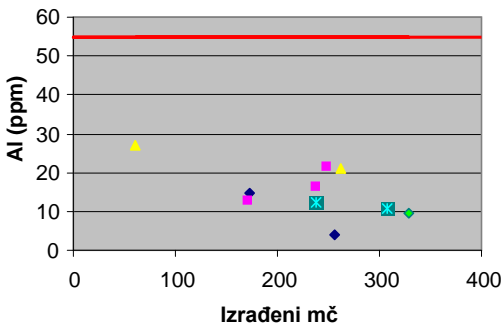


Dijagram 8: Vrijednost Cu

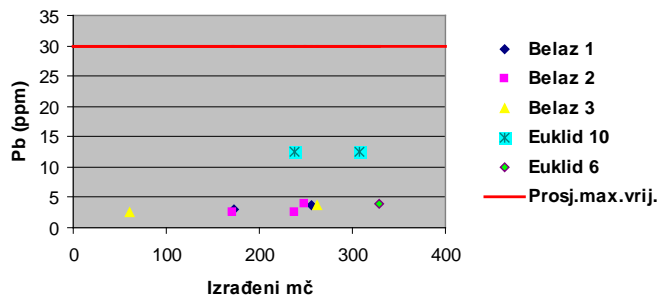


Mr Omer Kovač, dipl.ing.tehn. , kovac@modricaoil.com; Jadranka Vujica, dipl.ing.maš., Rafinerija ulja Modriča, jadranka@modricaoil.com; Alija Trumić, dipl.ing.maš., Rudnik „Đurđevik“, Dr Pero Dugić dipl.ing.tehn., Rafinerija ulja Modriča, pero@modricaoil.com

Dijagram 9: Vrijednost Al



Dijagram 10: Vrijednost Pb



ZAKLJUČCI :

- ✚ U toku eksploatacionog ispitivanja nije došlo do značajnih promjena motornog ulja Maxima Turbo SAE 15W-40. Sve fizičko-hemijske karakteristike se nalaze u okviru propisanih
- ✚ Kod ulja nije došlo do značajnih hemijskih i oksidacionih promjena
- ✚ Nakon 300mč ulje još uvijek posjeduje izuzetno visok TBN i pruža izvanrednu zaštitu motora od agresivnih produkata
- ✚ Korištenjem ulja Maxima Turbo SAE 15W-40 period zamjene se može sa 250mč produžiti na 300mč

LITERATURA :

1. ISO i ASTM metode za ispitivanje motornih ulja, Tehnički zahtjevi proizvođača motora
2. The Next Generation in Oil Analysis- Analysis plus
3. Measuring Reserve Alkalinity, V. Van Dam, Practicing oil-analysis, 2002.
4. Thermal Characteristics of new and used Diesel engine Oils, F.E. Lockwod
5. Get Ready for More Soot, D.D. Troyer, Practicingoilanalysis, I.N. 199907