

## Eliminácia znečistenia ekologických kvapalín pre poľnohospodárske traktory



R. MAJDAN<sup>1</sup>, Z. TKÁČ<sup>1</sup>, B. STANČÍK<sup>1</sup>, R. ABRAHÁM<sup>1</sup>, I. ŠTULAJTER<sup>1</sup>,  
P. ŠEVČÍK<sup>2</sup>, M. RÁŠO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Slovak University of Agriculture in Nitra, Faculty of Engineering, Department of Transport and Handling, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovak Republic

<sup>2</sup>Slovnaft Plc., member of MOL Group, Vlčie hrdlo 1, 824 12 Bratislava, Slovak Republic

Supported by the Ministry of Education of the Slovak Republic, Project VEGA 1/0857/12 „Reduction of unfavourable impacts of agricultural and transport machinery on environment“.



**Abstract:** Príspevok je zameraný na elimináciu znečistenia ekologických kvapalín typu UTTO v poľnohospodárskych traktoroch. Olejová náplň spoločného prevodového a hydraulického systému je znečisťovaná zvyškami starých náplní nachádzajúcich sa v prípojných zariadeniach ako sú pluhy, vlečky atď. V traktore Zetor Forterra 114 41 bola aplikovaná novo vyvíjaná syntetická ekologická kvapalina typu HEPR (VDMA 24 568). Po odpracovaní 900 motor hodín, olej vykazoval limitné hodnoty znečistenia. Z uvedeného dôvodu bolo navrhnuté filtračné zariadenie, ktoré slúži na čistenie najmä ekologických kvapalín typu UTTO. Na základe vyhodnotenia aplikácie kvapaliny a realizovanej filtrácie ekologickej kvapaliny je možné konštatovať, že jednoduché a cenovo dostupné filtračné zariadenie znižuje koncentráciu najnebezpečnejších nečistôt (častice väčšie než 14 µm) až o 30 %.

**¶Keywords:** ekologické oleje, kód čistoty, filtrácia, viskozita, hydrogenerátor,

### Úvod

Minerálne oleje, ktoré sú určené pre hydraulické a prevodové systémy poľnohospodárskych traktorov spoľahlivo spĺňajú vo väčšine prípadov všetky požiadavky vyplývajúce z prevádzkových podmienok. Ich vlastnosti sú overené mnohými rokmi používania. Výrobcovia strojov majú s minerálnymi a syntetickými olejmi bohaté skúsenosti a preto ich vo veľkej miere využívajú aj v súčasnosti. Túto skutočnosť potvrdzujú vo svojich prácach aj Sloboda et al. (2002), Jobbágy et al. (2003), Ileninová et al. (2008) a Tóth et al. (2012).

V uplynulej dekáde sa pomaly ale isto uskutočňovalo zavádzanie ekologických prípadne ľahko biologicky odbúrateľných mazacích kvapalín. Biologická odbúrateľnosť sa stala jedným z najvýznamnejších parametrov pre vývoj jednak základových olejov a tiež finálnych mazív (Mendoza et al., 2011).

Kvôli častým nehodám na pracovisku je veľmi pravdepodobné znečistenie zeme tekutými mazivami. Kvôli tomuto sa pri konštrukcii otáčajúcich sa komponentov a systémov zvyšuje úsilie používať biomazivá (Rédli et al., 2012).

Univerzálne oleje typu UTTO (Universal tractor transmission oil) sú navrhnuté pre hydraulický a prevodový systém poľnohospodárskych traktorov. Tieto kvapaliny zabezpečujú mazacie funkcie v prevodovom systéme a prenos energie v hydraulickom systéme traktora. V súčasnosti sú hydraulické systémy traktorov pomerne komplikované. Tieto systémy využívajú najmä zubové alebo piestové hydrogenerátory, motory a tiež rôzne typy ventilov na zmenu tlakovej energie na mechanickú prácu. Okrem prenosu energie musia tieto univerzálne oleje mazať, odvádzať teplo a byť kompatibilné s materiálom tesnení a kovovými materiálmi komponentov systému.

It has been reported that over 60% of all lubricants end up in our soil and water. Hydraulic line breaks are extremely common. If not attended to, these releases can cause contamination of the soil, ground and surface water. Many equipment operators do not clean up spills, thereby introducing pollutants to the environment. Using a fluid that is biodegradable reduces the cost of clean-up as well as the potential for polluting the environment (Cauffman et al., 2006).

Kvapalina typu UTTO vyžaduje starostlivosť a sledovanie pracovných parametrov rovnako ako každá časť poľnohospodárskeho traktora. Oveľa viac to platí v prípade ekologických kvapalín, ktoré sú v porovnaní s minerálnymi olejmi citlivejšie na zmenu prevádzkových podmienok. Jednou z najdôležitejších vlastností je čistota kvapaliny. Čistota a technický stav kvapaliny typu UTTO je častou príčinou porúch prevodového a najmä hydraulického systému traktora. Znečistená kvapalina predstavuje pre stroj riziko z pohľadu opotrebenia a vzniku poruchy. Znečistenie je tiež nebezpečné z toho dôvodu, že urýchľuje degradačné a oxidačné procesy v kvapaline. Kvapalina musí byť vymenená ak je znečistená nečistotami nad povolenú úroveň aj v prípade, že má dobré fyzikálne a chemické vlastnosti vyjadrené viskozitou alebo číslom kyslosti. Takéto riešenie je neekonomické najmä v prípade drahých ekologických kvapalín. Preto je odstránenie znečistenie z kvapaliny použitím filtrácie ekologickým a zároveň aj ekonomickým riešením.

## **Materiál a metódy**

V poľnohospodárskom traktore Zetor Forterra 114 41 bola aplikovaná novo vyvíjaná ekologická syntetická kvapalina typu HEPR podľa VDMA 24 568. Kvapalina je vyvíjaná spoločnosťou Slovnaft a.s. člen skupiny MOL Maďarsko. Aplikovaná kvapalina bola podrobená skúškam v laboratórnych podmienkach. Zaťažovaná bola cyklicky pri menovitom tlaku 20 MPa. Podmienky a postupy skúšok uvedenej ekologickej kvapaliny v laboratórnych boli popísané autormi Drabant et al. (2010), Kosiba et al. (2012a), Kosiba et al. (2012b), Hujo et al. (2012a) a Hujo et al. (2012b). Kvapalina bola zaťažovaná cyklickým tlakom pri teplote 65 °C, ktorá bola nameraná počas prevádzky traktora ako uvádza Kosiba et al. (2010). Po úspešných laboratórnych skúškach bola kvapalina aplikovaná v poľnohospodárskom traktore. Počas prevádzkovej skúšky boli hodnotené fyzikálne a chemické vlastnosti kvapaliny a jej znečistenie. Z dôvodu prekročených limitov znečistenia kvapaliny bolo navrhnuté a odskúšané filtračné zariadenie určené na zabezpečenie spoľahlivej prevádzky traktora s ekologickými kvapalinami.

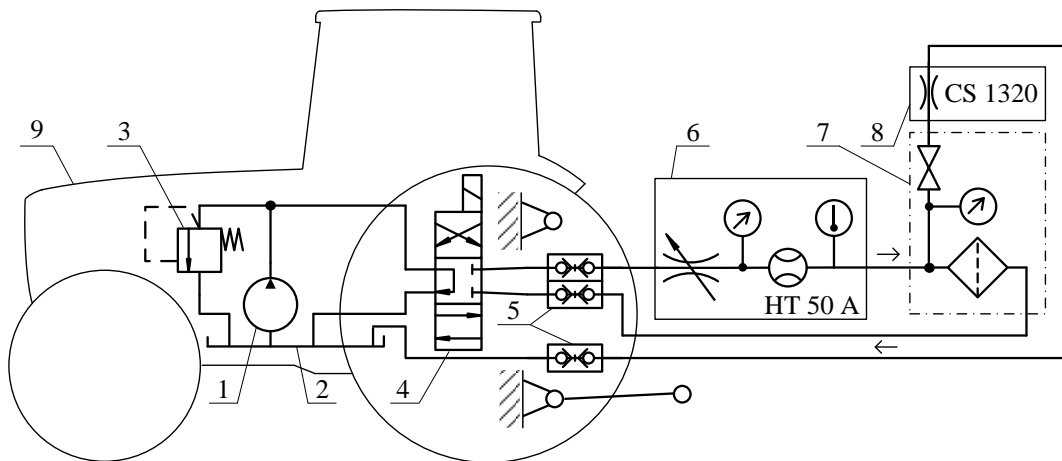
### **Filtračné zariadenie**

Základnou časťou filtračného zariadenia je filtračné teleso s filtračnou vložkou. Filtračné zariadenie je pripojené hadicami k vonkajšiemu hydraulickému okruhu traktora, obr. 1. Traktorový hydrogenerátor (1) prečerpáva univerzálny prevodový a hydraulický olej cez filtračné zariadenie (7). Teda filtračné zariadenie nemusí byť vybavené čerpadlom čím sa zjednodušuje jeho konštrukcia. V tomto prípade bolo použité nízkotlakové filtračné teleso (max. 0,2 MPa) typu FS 02 (Kovolis Hedvikov a.s., Česká republika), ktoré vyžaduje nastavenie prietoku na zabezpečenie nízkeho tlaku. Traktor Zetor Forterra 114 41 nedisponuje regulačným hydrogenerátorom takže nie je možné v jeho hydraulickom obvode nastaviť požadovaný prietok. Preto bol do série k filtračnému zariadeniu zapojený merací prístroj (6) HT 50 A (XPS Corporation, USA). Prietok bol nastavený škrtiacim ventilom tohto prístroja na hodnotu 12 dm<sup>3</sup>/min. Merací prístroj HT 50 A slúžil na hydraulický ohrev olejovej náplne traktora pred filtráciou a nastavenie požadovaného prietoku počas filtrácie. Uvedený merací prístroj je možné nahradiť jednoduchým škrtiacim ventilom a prietokomerom. Účinnosť filtrácie bola sledovaná meraním kódu čistoty oleja vstupujúceho do filtra. Časť oleja vstupujúceho do filtra pretekalo cez merací prístroj (8) CS 1320 (Hydac GmbH, Nemecko), ktorý meria kód čistoty podľa normy ISO 4406 (1999). Na meranie kódu čistoty bol odoberaný len malý prietok oleja, ktorý bol nastavený dýzou v tomto prístroji.

Filtračné zariadenie bolo navrhnuté tak aby sa dalo vyhotoviť s použitím rôznych typov filtračných telies, ktoré sú dostupné na konkrétnom poľnohospodárskom podniku, obr. 2.

Výhodou zariadenia je jeho pripojenie rýchlospojkami k vonkajšiemu hydraulickému okruhu traktora. Pripojenie nevyžaduje žiadnu dodatočnú montáž, vyznačuje sa jednoduchosťou a je univerzálne použiteľné na rôzne typy traktorov. Konštrukcia nízkotlakového filtračného telesa vyžadovala nastaviť pomerne nízky prietok cez filtračné zariadenie ( $12 \text{ dm}^3/\text{min}$ ). Jedno prefiltrovanie celej olejovej náplne (v našom prípade  $120 \text{ dm}^3$ ) tak trvalo približne 10 min. Pre zvýšenie kvality filtrácie sme celú olejovú náplň prefiltrovali dva krát. Ak by bolo použité tlakové filtračné teleso stavané na prietok hydrogenerátora daného typu traktora by bolo možné olejovú náplň filtrovať aj bez potreby škrtiaceho ventilu čím by sa filtračný systém ešte zjednodušil a skrátila by sa doba filtrácie.

Filtračná schopnosť papierovej vložky bola  $10 \mu\text{m}$ . Filtračná vložka bola umiestnená do hliníkového telesa filtračného zariadenia. Filtračné zariadenie bolo vyrobené na Katedre dopravy a manipulácie jednoduchým umiestnením filtračného telesa na stojan spolu s koncovkami na pripojenie hadíc. Tlakovými hadicami a rýchlospojkami bolo filtračné zariadenie pripojené k vonkajšiemu obvodu hydrauliky.



Obr. 1 Schéma zapojenia filtračného zariadenia: 1 – traktorový hydrogenerátor, 2 – zásoba prevodového a hydraulického oleja traktora, 3 – poistný tlakový ventil, 4 – hydraulický rozvádzač, 5 – rýchlospojky vonkajšieho hydraulického obvodu, 6 – merací prístroj, 7 – filtračné zariadenie, 8 – prístroj na určenie kódu čistoty, 9 – traktor



Obr. 2 Filtračné zariadenie pripojené k traktor

### Hodnotenie technického stavu ekologickej kvapaliny

Pred samotnou filtráciou bolo potrebné vyhodnotiť technický stav sledovanej kvapaliny. Boli hodnotené nasledovné parametre:

- Kinematická viskozita pri 40 °C.
- Koncentrácia aditív na základe obsahu chemických prvkov (Ca, P a Zn). Použitá metóda bola ICP spektrometria.
- Vyčerpanie antioxidantov na základe FTIR spektrometrie.

Tieto parametre boli analyzované zo vzoriek oleja v akreditovanom laboratóriu (Wearcheck, Maďarsko).

Kinematická viskozita sa vyhodnocuje na základe kladnej alebo zápornej odchýlky nameranej hodnoty v porovnaní s hodnotou nového oleja. Preto sa musí vyhodnotiť aj kinematická viskozita nového oleja. Odchýlka kinematickej viskozity sa vypočíta podľa vzťahu:

$$\Delta_V = \frac{v_N - v_U}{v_N} \cdot 100, \% \quad (1)$$

Kde:  $\Delta_V$  – odchýlka kinematickej viskozity, %

$v_N$  – kinematická viskozita nového oleja, mm<sup>2</sup>/s

$v_U$  – kinematická viskozita použitého oleja, mm<sup>2</sup>/s

Koncentrácia aditív bola sledovaná na základe obsahu príslušných chemických prvkov (Ca, P a Zn) v oleji. Pokles obsahu týchto prvkov vo vzorke oleja je vypočítaný podľa nasledovného vzťahu:

$$\Delta_A = \frac{A_N - A_U}{A_N} \cdot 100, \% \quad (2)$$

Kde:  $\Delta_A$  – pokles obsahu chemických prvkov reprezentujúcich aditíva, %

$A_N$  – obsah chemických prvkov reprezentujúcich aditíva, v novom oleji, mg/kg

$A_U$  – obsah chemických prvkov reprezentujúcich aditíva v použítom oleji, mg/kg

Filtrácia olejovej náplne prevodového a hydraulického systému traktora bola hodnotená podľa nasledovného postupu:

- On-line sledovanie poklesu znečistenia počas filtrácie na základe kódu čistoty filtrovaného oleja. Použitý bol prístroj CS 1320, ktorý vyhodnocuje znečistenie na základe normy ISO 4406 (1999).
- Off-line hodnotenie znečistenia na základe rozboru odobranej vzorky oleja po filtrácii v akreditovanom laboratóriu Wearcheck (Maďarsko). Znečistenie bolo vyhodnotené na základe koncentrácie chemických prvkov reprezentujúcich znečistenie ako je Fe, Cu, Si, Al, Pb, Ag, Ni a Mn. Obsah týchto chemických prvkov bol analyzovaný na pomocou ICP spektrometrie.

Pokles obsahu chemických prvkov reprezentujúcich znečistenie kvapaliny je vypočítaný na základe údajov znečisteného a prefiltrovaného oleja. Pokles obsahu chemických prvkov reprezentujúcich znečistenie je vypočítaný podľa vzťahu:

$$\Delta_Z = \frac{Z_U - Z_F}{Z_U} \cdot 100, \% \quad (3)$$

Kde:  $\Delta_Z$  – pokles obsahu chemických prvkov reprezentujúcich znečistenie, %

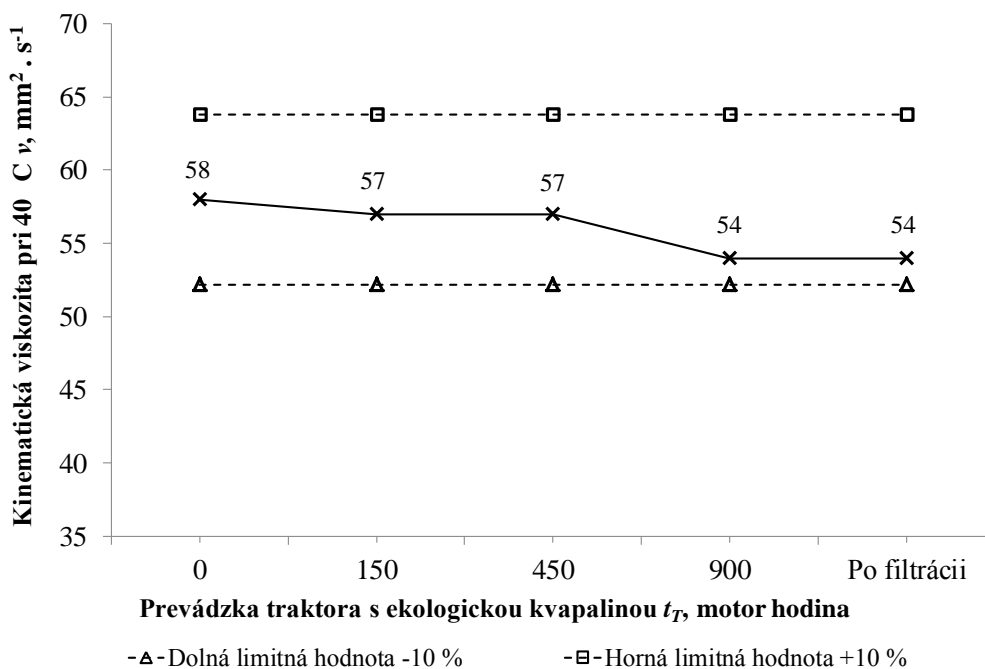
$Z_U$  – obsah chemických prvkov reprezentujúcich znečistenie v použítom oleji, mg/kg

$Z_F$  – obsah chemických prvkov reprezentujúcich znečistenie v oleji po filtrácii, mg/kg

Vzorky oleja boli odoberané počas prevádzky traktora po odpracovaní 150, 450, 900 motor hodín a po filtrácii. Pred naplnením prevodového a hydraulického systému traktora olejom bola odobratá reprezentatívna vzorka nového oleja, ktorá bola označená 0 motor hodín.

### Výsledky a diskusia

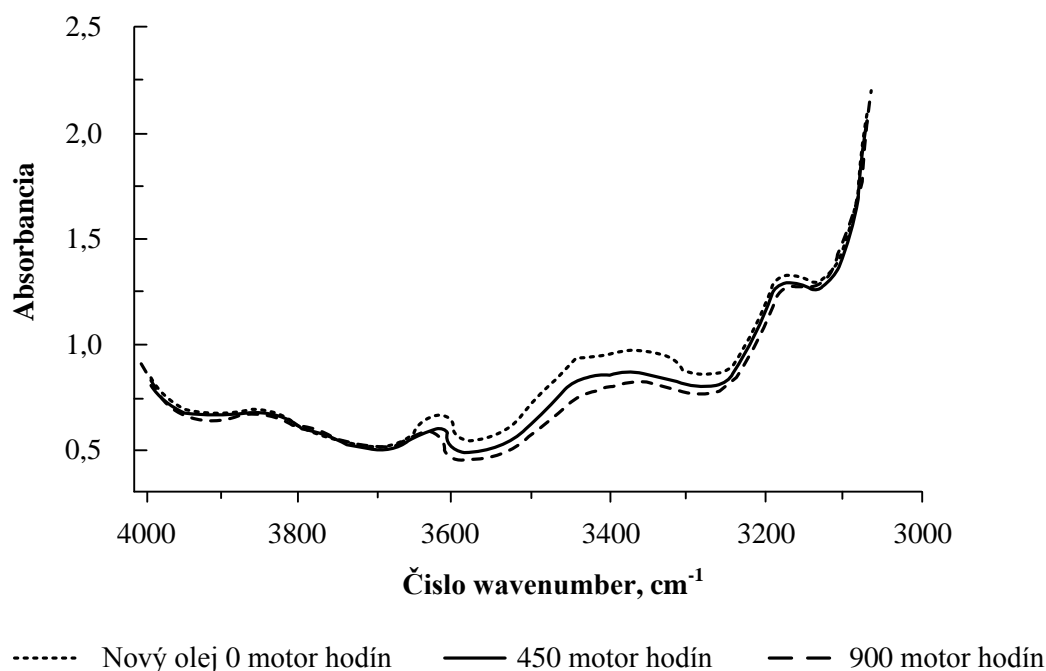
Čistenie olejovej náplne prevodového a hydraulického systému traktora má zmysel len vtedy pokiaľ parametre kvapaliny spĺňajú predpísané limity. Mazacie vlastnosti kvapaliny je možné najlepšie hodnotiť na základe kinematickej viskozity, ktorá má rozhodujúci vplyv na tvorbu olejového filmu. Na obr. 3 je znázornený priebeh kinematickej viskozity oleja počas prevádzky v traktore.



Obr. 3 Kinematická viskozita oleja počas prevádzky traktora

Kinematická viskozita je parameter, ktorý môže počas prevádzky klesať alebo narastať. V tomto prípade bol vypočítaný pokles kinematickej viskozity  $\Delta_V = 6,89\%$  podľa vzťahu (1) na základe hodnoty nového oleja  $v_N = 58 \text{ mm}^2/\text{s}$  a hodnoty použitého oleja po 900 motor hodinách  $v_U = 54 \text{ mm}^2/\text{s}$ . Pokles kinematickej viskozity nepresiahol limitnú hodnotu 10 %, ktorá je predpísaná pre kvapaliny typu UTTO. Teda kinematická viskozita bola pred plánovanou filtráciou v rámci predpísaných limitov.

Obr. 4 zobrazuje FTIR spektrum ekologického oleja aplikovaného v poľnohospodárskom traktore. FTIR analýza dokáže odhaliť vyčerpanie antioxidantov, ktoré chránia olej pred degradáciou. V prípade vyčerpania antioxidantov sa musí olej vymeniť prípadne vyčerpané antioxidanty doplniť. Z toho dôvodu bolo nutné realizovať meranie koncentrácie antioxidantov. Oblasť  $3650 \text{ cm}^{-1}$  a  $3620 \text{ cm}^{-1}$  je charakteristická pre fenolické antioxidanty (Phenolic Antioxidants) a oblasť  $1437 \text{ cm}^{-1}$  je charakteristická pre amínové antioxidanty (Amine Antioxidants). Obr. 4 ukazuje mierny pokles koncentrácie oboch typov antioxidantov. V oleji teda prebieha postupné vyčerpávanie antioxidantov. Zostávajúca koncentrácia antioxidantov môže ďalej chrániť olej pred degradáciou a preto bolo možné olej očistiť od mechanických nečistôt pomocou filtrácie.



Obr. 4 Stanovenie koncentrácie antioxidantov pomocou FTIR spektroskopie

Údaje o technickom stave olejovej náplne prevodového a hydraulického systému traktora po dopracovaní 900 motor hodín sú doplnené informáciou o množstva aditív zlepšujúcich vlastnosti aplikovanej kvapaliny.

Tabuľka 1 Koncentrácia chemických prvkov reprezentujúcich aditíva

Chemický prvok	Jednotka	Doba prevádzky traktora, motor hodina				$\Delta_A$ , %
		0	150	450	900	
Ca	mg/kg	3171	3245	2615	2488	21,54
P		1276	1119	1114	1105	13,41
Zn		1381	1364	1129	1264	8,48

V tabuľke 1 sú uvedené tri základné prvky, ktoré charakterizujú komplex aditív a to je vápnik, fosfor a zinok. Koncentrácia týchto chemických prvkov počas prevádzky traktora klesala z dôvodu postupného vyčerpania aditív v oleji. Pokles koncentrácie chemických prvkov, ktoré reprezentujú aditíva  $\Delta_A$  bol vypočítaný podľa vzťahu (2). Najväčší pokles bol zaznamenaný v prípade vápnika na úrovni 21,54 %. V sledovanom oleji bol zaznamenaný len mierny pokles koncentrácia aditív.

Fyzikálne a chemické vlastnosti ekologického oleja typu UTTO ako hodnotiace parametre jeho kvality boli sledované počas skúšok, ktoré realizoval Vižintin a Kržan (2003). Autori sa zamerali na kinematickú viskozitu, obsah aditív a oxidačnú stabilitu. Na základe uvedených parametrov hodnotili vlastnosti kvapaliny typu UTTO vyrobeného zo slnečnicového

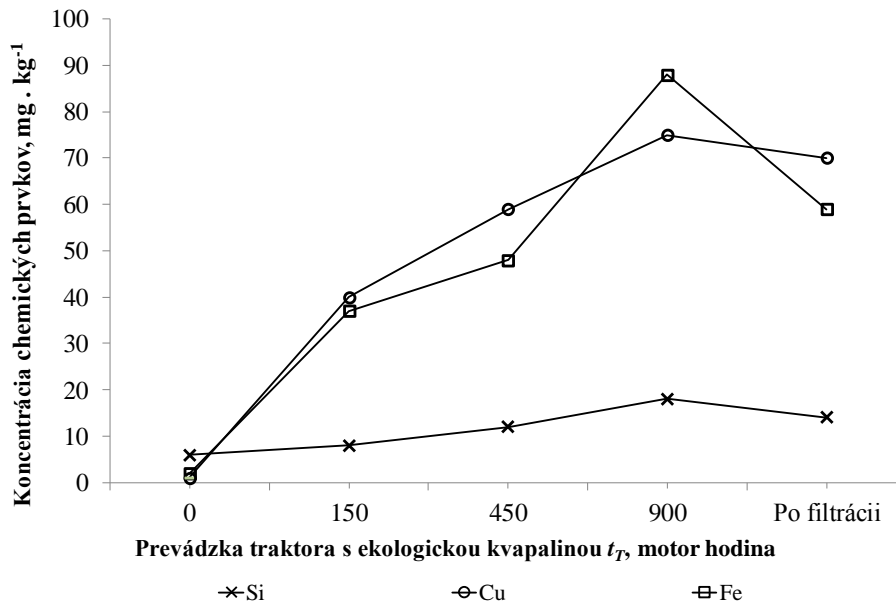


základového oleja s AW a EP aditívami. Mendoza et al. (2011) uvádza výsledky aplikácie ekologickej kvapaliny v poľnohospodárskom traktore typu Agria nodel 9100. V rámci prevádzkových skúšok nezaznamenal prekročenie limitov fyzikálnych a chemických parametrov aplikovaného oleja typu Biogir-06. Kučera et al. (2008) hodnotil kinematickú viskozitu ekologickeho oleja NAPRO-HO. Tento olej počas skúšok neprekročil limitnú hodnotu viskozity 10 %.

Tabuľka 2 Koncentrácia chemických prvkov charakterizujúcich mechanické nečistoty

Chemický prvok	Jednotka	Doba prevádzky traktora, motor hodina				Po filtrácii	$\Delta_z$ %
		0	150	450	900		
Fe	mg/kg	2	37	48	88	59	32,95
Cu		1	40	59	75	70	6,66
Si		6	8	12	18	14	22,23
Al		1	1	2	6	4	33,34
Pb		3	2	7	7	7	-
Ag		2	1	2	1	1	-
Ni		<1	<1	<1	1	1	-
Mn		<1	<1	<1	1	<1	-

Tabuľka 2 a obr. 5 znázorňuje nárast koncentrácie častíc znečistenia v oleji počas prevádzky traktora. Po odpracovaní 900 motor hodín bolo zaznamenané znečistenie, ktoré presiahlo povolené hodnoty koncentrácie železa a medi. Z toho dôvodu bola realizovaná filtrácia s navrhnutým filtračným zariadením. Obr. 5 ukazuje pokles koncentrácie najvýznamnejších chemických prvkov znečistenia železa, medi a kremíka po filtrácii.



Obr. 5 Koncentrácia železa, medi a kremíka vo vzorkách oleja počas prevádzky traktora

V tabuľke 3 sú uvedené výsledky meraní kódu čistoty pomocou prístroja CS 1320, ktorý bol počas filtrácie oleja pripojený k filtračnému zariadeniu. Počas filtrácie nastal pokles koncentrácie znečistenia v troch etapách, ktoré sú v tabuľke 3 označené ako meranie č. 1., 2. a 3. Výsledky merania kódu čistoty poukazujú na zníženie obsahu najväčších častíc znečistenia (> 14µm), ktoré sú pre prevodový a hydraulický systém traktora najviac nebezpečné.

Tabuľka 3 Výsledky meraní úrovne znečistenia počas filtrácie oleja

Meranie	Kód čistoty podľa ISO 4406 (1999)					
	> 4 µm		> 6µm		> 14µm	
	ISO trieda	Počet častíc na 0,1 dm <sup>3</sup>	ISO trieda	Počet častíc na 0,1 dm <sup>3</sup>	ISO trieda	Počet častíc na 0,1 dm <sup>3</sup>
1.	24	8 000 000	23	4 000 000	10	500 až 1000
2.	24	až	23	až	9	250 až 500
3.	24	16 000 000	23	8 000 000	8	130 až 250

## Záver

Príspevok sa zaoberá aplikáciou a znečistením ekologickej kvapaliny typu UTTO v prevodovom a hydraulickom systéme traktora. Prezentovaný je návrh a použitie filtračného zariadenia určeného pre zabezpečenie spoľahlivej prevádzky ekologických kvapalín v poľnohospodárskych traktoroch. Navrhnuté filtračné zariadenie zabezpečuje čistotu kvapaliny počas prevádzky v traktore. Filtračné zariadenie je možné jednoducho použiť pre

rôzne typy traktorov pretože sa pripája k vonkajšiemu hydraulickému okruhu. Je možné ho vyrobiť z filtračného telesa a vložky, ktoré sú dostupné vo väčšine poľnohospodárskych podnikov. Na základe uskutočnených meraní môžeme konštatovať, že navrhnuté filtračné zariadenie je vhodné na čistenie ekologických kvapalín aplikovaných v traktoroch pričom jeho výroba je jednoduchá a cenovo dostupná. V tabuľke 2 je vidieť priebeh znečistenia kvapaliny až po limitnú úroveň po odpracovaní 900 motor hodín prevádzky traktora. Ako je možné vidieť z tabuľky 3 po filtrácii klesol obsah železa až o 30 %. Pozitívne účinky filtrácie sa prejavili pri meraní kódu čistoty poklesom triedy čistoty pre častice väčšie ako 14  $\mu\text{m}$  o dve triedy.

## Literatura

Cauffman G., Holland L., Perez J., Lloyd W., Boehman A., Richard T., Buffington D., 2006. Penn state and green hydraulic fluids. Available at: <http://www.research.psu.edu/capabilities/documents/biohydraulic.pdf>

Drabant Š., Kosiba J., Jablonický J., Tulík J., 2010. The durability test of tractor hydrostatic pump type UD 25 under operating load. *Research in agricultural engineering*, 56: 116-121.

Hujo Ľ., Kosiba J., Jablonický J., Tulík J., 2012a. Load characteristics of three-point tractor linkage. In: *Naučni trudove - zemedelska technika i tehnologii, agrarni nauki i veterinarna medicina, remont i nadeždnošt'*. October 26-27, 2012. Rouse, University of Rouse: 172-176.

Hujo Ľ., Kosiba J., Jablonický J., Drabant Š., 2012b. Teoretický návrh laboratórneho skúšobného zariadenia na testovanie traktorovej hydrauliky (Theoretical design of a laboratory test device for the testing of tractor hydraulics). In *Technics in agrosector technologies 2012*, November 5, 2012. Nitra, Slovak university of agriculture in Nitra: 68-73.

Ileninová J., Mihalčová J., Košťáliková D., 2008. Hodnotenie vlastností hydraulických kvapalín v leteckých motoroch (Evaluation of hydraulic fluid properties in aero-engine). In *REOTRIB 2008*, May 28-30, 2008, Prague, Institute of Chemical Technology, Prague: 118-122.

ISO 4406, 1999. Hydraulic fluid power – Fluids – Method for coding the level of contamination by solid particles.

Jobbágy J., Petranský I., Simoník J., 2003. Tlakové režimy v hydraulike traktorov ZTS v súprave s poľnohospodárskym náradím (The pressure states in hydraulic of tractor ZTS in set agricultural implements). In: *International student's Scientifics Conference*, April 1–2, 2003. Nitra, Slovak Agricultural University in Nitra: 94-101.

- Kosiba J., Drabant Š., Jablonický J., Tulík J., 2010. Meranie teplotného režimu hydrauliky traktora (The measurement of temperature regimes of tractor hydraulics). In: XXIX. setkání kateder mechaniky tekutin a termomechaniky June 23-25, 2010. Ostrava, VŠB-Technical University of Ostrava: 141-144.
- Kosiba J., Hujo Ľ., Angelovič M., Šinský V., 2012a. Zisťovanie prevádzkových parametrov poľnohospodárskych traktorov (Detection of operating parameters of agricultural tractors). In Technics in agrosector technologies 2012, November 5, 2012. Nitra, Slovak university of agriculture in Nitra: 80-85
- Kosiba J., Varga F., Mojžiš M., Bureš Ľ., 2012b. Zátťažové charakteristiky traktora Fendt 926 Vario pre simuláciu na experimentálnom zariadení (The load characteristics of tractor type Fendt 926 Vario for simulation on experimental bench). Acta Facultatis Technicae. 17: 63-72.
- Kučera M., Rousek M., 2008. Evaluation of thermooxidation stability of biodegradable recycled rapeseed-based oil NAPRO-HO 2003. In: Research in agricultural engineering. 54: 163-169.
- Mendoza G., Igartua A., Fernandez-Diaz B., Urquiola F., Vivanco S., Arguizoniz R., 2011 Vegetable oils as hydraulic fluids for agricultural applications. Grasas y aceites, 62: 29-38.
- Rédl J., Váliková V., Kročko M. 2012. Mathematical Model of Sliding Couple Lubricated With Biolubricants. Acta technologica agriculturae 2/2012. p. 46-52
- Sloboda A. ml., Sloboda A., 2002. Využitie tribotechnickej diagnostiky z pohľadu bezpečnosti prevádzky pre núdzový hydraulický okruh lietadla (The use of tribotechnical diagnostic from view of safe operation for emergency hydraulic system of aeroplane). Acta Mechanica Slovaca, 3: 107-113.
- Tóth F., Rusnák J., Kadnár M., 2012. Monitoring of geometric cylindricity tolerance changes on a test sliding pair using the oils Madit PP 80 and Mobil Mobilube SHC. Acta technologica agriculturae. 15: 100-102.
- Vižintin J., Kržan B., 2003. Tribological properties of vegetable based universal tractor transmission oil. In: Rotrib '03, September 24-26, 2003. Galati, University „Dunarea de Jos“ of Galati: 221-227.

**Kontaktná adresa:**

Doc. Ing. Radoslav Majdan, PhD.,

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Technická Fakulta, Katedra dopravy a amnipulácie Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, e-mail.: [radoslav.majdan@gmail.com](mailto:radoslav.majdan@gmail.com)

**Citačný odkaz (ADM - Scopus):**

MAJDAN, Radoslav - TKÁČ, Zdenko - STANČÍK, Bohuslav - ABRAHÁM, Rudolf - ŠTULAJTER, Ivan - ŠEVČÍK, Peter - RÁŠO, M. Elimination of ecological fluids contamination in agricultural tractors. In *Research in agricultural engineering*. ISSN 1212-9151, 2014, vol. 60, special iss. 1, s. 9-15 (2014).