

ČASOPIS  
STUDIA OECOLOGICA  
Ročník VII  
Číslo 2/2013

**Redakční rada:**

doc. Ing. Pavel Janoš, CSc. – šéfredaktor  
Ing. Martin Neruda, Ph.D. – výkonný redaktor  
prof. RNDr. Olga Kontrišová, CSc.  
doc. RNDr. Juraj Lesný, Ph.D.  
doc. MVDr. Pavel Novák, CSc.  
Ing. Jan Popelka, Ph.D.  
prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.

**Technický redaktor:**

Mgr. et Ing. Petr Novák

**Recenzenti:**

Vydává: FŽP UJEP v Ústí nad Labem  
Tisk:

Toto číslo bylo dáno do tisku v prosinci 2013  
ISSN 1802-212X  
MK ČR E 17061

# RÝCHLOSŤ ODBÚRAVANIA HYDRAULICKÝCH OLEJOV V PÔDE

## DEGRADATION RATE OF THE HYDRAULIC OIL IN THE SOIL

Helena HYBSKÁ, Vladimír VACEK, Natália TOMANICOVÁ

Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta ekológie a environmentalistiky, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, Slovenská republika, hybska@tuzvo.sk

### Abstrakt

Článok je zameraný na biologickú odbúrateľnosť ropných produktov, ktoré sa do pôdneho systému dostávajú vplyvom ťažbovo-dopravného procesu. Výskum sa uskutočnil v pôde nezaťaženej lesnou ťažbou, ani inou činnosťou, pri ktorej by mohlo dôjsť k jej kontaminácii. Odoberaná pôda bola kontaminovaná ropnými produktmi – hydraulickým olejom OT HP3 a biohydraulickým olejom HLP SYNTH 46, používanými v dopravnno- mechanizačných zariadeniach používaných pri ťažbe dreva. Experiment trval 50 dní, počas ktorých sa sledovali teplota, vlhkosť pôdy, teplota ovzdušia a úhrn zrážok a ich vplyv na biologickú odbúrateľnosť použitých kontaminantov na základe stanovenia nepolárnych extrahovateľných látok (NEL). Z výsledkov je možné konštatovať, že so zvyšujúcou sa vlhkosťou a znižujúcou teplotou mala biologická odbúrateľnosť klesajúci charakter. Z experimentu vyplýva, že biohydraulický olej HLP SYNTH 46 sa odbúral rýchlejšie ako hydraulický olej OT HP3 a tým je nepodstatne menšou záťažou – je vhodnejší pre životné prostredie. Výsledky experimentu boli porovnané s priebehom biodegradácie týchto olejov ako kontaminantov v pôde za konštantných podmienok v laboratóriu.

### Abstract

This paper presents biological decomposition of oil products, which have got into soil system during harvest- transporting process. Research was realised in the soil uncontaminated forest harvesting neither other activity causing its contamination. The soil was polluted by oil products as hydraulic oil OT HP3 and biohydraulic oil HLP SYNTH 46 that have been used in transport-mechanical machinery during tree harvesting. In the experiment which had lasted for 50 days, we observed the temperature and moisture of soil, the air temperature, amount of precipitation and their influence on biological decomposition of used contaminants on the basis of determination of non-polar extracted substances (NES).

The results show that the biological decomposition has diminished character by the increasing moisture and the decreasing temperature. Biohydraulic oil HLP SYNTH 46 was decomposed faster than hydraulic oil OT HP3 whereby is more suitable for the environment. The results are comparable with the process of bio-decomposition of these oils as contaminants in soil under the constant conditions in laboratory.

**Kľúčové slová:** *biologická odbúrateľnosť, ropné znečistenie, hydraulický olej, lesná pôda, nepolárne extrahovateľné látky*

**Key words:** *biodegradability, oil pollution, hydraulic oil, forest soil, non-polar extractable substances*

## ÚVOD

Ropa a výrobky z nej výrazne ovplyvnili život človeka, a to tak v pozitívnom ako aj v negatívnom význame, čo predstavuje práve škody na životnom prostredí a tak patria ropné látky už niekoľko desaťročí medzi najsledovanejšie organické polutanty v rôznych zložkách životného prostredia.

Od všetkých spomenutých faktorov na jednej strane a množstva ropných látok na druhej strane závisí, či tieto zostanú zachytené v pôde alebo preniknú až k hladine podzemnej vody, po ktorej sa ďalej rozširujú (OLLEROVÁ, 2004).

Z ekologického hľadiska možno ropné látky kvalifikovať ako odbúrateľné znečisteniny, to znamená, že v prírodných podmienkach dochádza k ich chemickému, ale najmä k biologickému rozkladu a tým k ich likvidácii v životnom prostredí. Z uvedeného vyplýva, že zložky prírodného prostredia majú prirodzené mechanizmy k eliminácii týchto látok, ktoré môžu prebiehať s rôznou intenzitou. Všeobecne platí, že alifatické uhľovodíky sú ľahšie odbúrateľné ako aromatické zlúčeniny, nasýtené uhľovodíky sú degradabilnejšie ako nenasýtené, dlhšie reťazce sú ľahšie degradované ako krátke reťazce. Toxicita ropy a ropných produktov v životnom prostredí nie je spôsobená ich neobvyklou chemickou skladbou, ale ich ekologicky nadlimitným množstvom. Poškodzujú živú, ale aj neživú prírodu, a to buď priamo, alebo transportom havarijných množstiev z jednej zložky životného prostredia do inej. Transport týchto látok je možný vzhľadom na ich rozpustnosť vo vode, ale aj pohybom vyvolaným inými prírodnými silami (zmyv, erózia, vietor) (BIELEK, ILLKA, 1997).

Jednou z hlavných zložiek lesného ekosystému je lesná pôda. Medzi pôdou a okolitým prostredím prebieha vzájomná interakcia, neustála výmena látok a energie. V lesnej pôde žijú rozmanité druhy mikroorganizmov, rastlín a živočíchov a od jej kvality a kvantity závisí schopnosť poskytovať rastlinám vhodné podmienky pre ich rast a vývin, a tým aj kvalitnú potravu pre živočíchy. Produkčná funkcia lesného ekosystému úzko súvisí s ťažbovo – dopravnou činnosťou, ktorá má veľakrát nepriaznivý vplyv na jednotlivé zložky lesného prostredia. Škody, ktoré vznikajú pri antropogénnej činnosti v lese, spôsobené hlavne únikom ropných produktov používaných v hydraulickom systéme ťažbových mechanizmov, sa týkajú samotnej bioty, vodného prostredia a predovšetkým pôdy. Kontamináciou lesnej pôdy pri sústreďovaní dreva dochádza k zmenám jej fyzikálnych, chemických a tiež biologických vlastností. Tieto faktory do veľkej miery následne ovplyvňujú aj aktivitu pôdných enzýmov a tým aj proces biologickú odbúrateľnosť kontaminantov prítomných v pôde, z ktorých najväčšie nebezpečenstvo predstavujú látky ropného pôvodu. Klimatické zmeny, predovšetkým teplota a vlhkosť sú faktory, ktoré tieto biochemické procesy môžu ovplyvňovať, preto je potrebné venovať v experimentoch aj týmto vplyvom dostatok priestoru.

## METÓDY A MATERIÁL

Na stanovenie a zhodnotenie vplyvu teploty a vlhkosti na biodegradačný proces vo vzorkách kontaminovanej lesnej pôdy produktmi používanými v dopravno-ťažbovom procese bola odobratá pôda v lokalite Lesnej správy Budča (súčasť Vysokoškolského lesníckeho podniku vo Zvolene) z lesného typu s dominanciou buka. Pre účely práce bola na odber vzoriek vybratá oblasť s nezaťažanou ťažbovou činnosťou. Pôda, ktorá sa použila na prípravu experimentálnych vzoriek patrila do pôdneho subtypu „kambizem“ a bol v nej uskutočnený pedologický rozbor (v akreditovanom laboratóriu Pracoviska laboratórnych činností VÚPOP v Bratislave), z ktorého vyplývalo, že obsah NEL bol vyhovujúci v zmysle platnej legislatívy (Zákon č. 220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy).

Vo vzorkách kontaminovanej pôdy boli stanovené ukazovatele: sušina, nepolárne extrahovateľné látky (NEL), teplota a vlhkosť.

### **PRÍPRAVA VZORIEK**

Pôda bola rozdelená do plastových nádob s rozmermi 15,5 × 60 cm. V každej nádobe bolo po 5 kg pôdy z odstránenou viditeľnou organickou hmotou, v ktorej ukazovateľ NEL bol negatívny. Vzorky boli pripravené kontamináciou pôdy príslušným kontaminantom, s koncentráciou 5 g na 5 kg pôdy. Ako kontaminanty boli použité hydraulické oleje: PARAMO OT HP3 a HLP SYNTH 46. Experiment sa uskutočnil v troch opakovaniach.

PARAMO OT HP 3 je rafinovaný ropný olej, ktorý obsahuje prísady na zlepšenie antioxidačných a protioderových vlastností, zlepšenie nízkoteplotných vlastností, zvýšenie viskózneho indexu a únosnosti mazacieho filmu a prísady proti peneniu a hrdzaveniu. PARAMO OT HP 3 je určený ako pracovná kvapalina hydrodynamických mechanizmov stacionárnych i mobilných strojov. Ide

o žltohnedú kvapalinu, bez zápachu s kinetickou viskozitou 35,0 mm<sup>2</sup>/s (pri 40 °C). V priemyselných aplikáciách sa občas používa ako hydraulická kvapalina výkonnostnej triedy HM príslušnej viskozity, v dopravných strojoch (napr. lesné koľajové traktory).

HLP SYNTH 46 je plne syntetický, hydraulický olej s prímiesami proti starnutiu, korózii a opotrebeniu s kinetickou viskozitou 48,7 mm<sup>2</sup>/s (pri 40 °C). Používa sa hlavne ako hydraulický olej v stavebných a cestných strojoch, v priemysle, hutníctve a v hydraulických inštaláciách rozličného druhu (stroje používané pri lesnej ťažbe). Vzhľadom na netoxicitu a bleskovú biologickú rozložiteľnosť je ideálny na prácu v chránených územiach – mestské územia, národné parky, rezervácie.

Nádoby s kontaminovanou pôdou boli umiestnené vonku na terase, kde sa zaznamenávali hodnoty teploty a vlhkosti pôdy v skúšobných nádobách. Rovnako prebehol pokus v laboratórnych podmienkach s konštantnou teplotou (zabezpečenou klimatizačnou jednotkou umiestnenou v laboratóriu) a vlhkosťou pôdy v skúšobných nádobách, ktorá sa zabezpečovala zavlažovaním po povrchu vzoriek v nádobách dažďovou vodou. Vlhkosť sa merala pomocou prenosného vlhkomera na stanovenie objemovej vlhkosti typ TDR FOM/m a na meranie teploty sa používal vpichový teplomer. Teplota pôdy bola meraná v každej nádobe na dvoch miestach, pravidelne v priebehu trvania experimentu pomocou digitálneho vpichového teplomera. Paralelne s teplotou pôdy bola na meraná vlhkosť pôdy pomocou prenosného vlhkomera na stanovenie objemovej vlhkosti typ TDR FOM/m.

#### *Stanovenie sušiny*

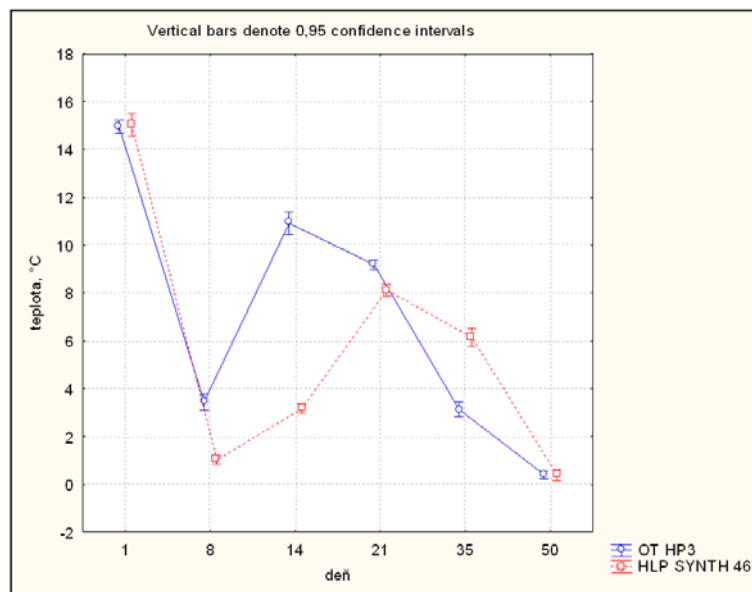
Sušina sa vo vzorkách stanovovala paralelne so stanovením nepolárnych extrahovateľných látok gravimetricky vysušením vzorky do konštantnej hmotnosti pri 105 °C.

#### *Stanovenie nepolárnych extrahovateľných látok (NEL)*

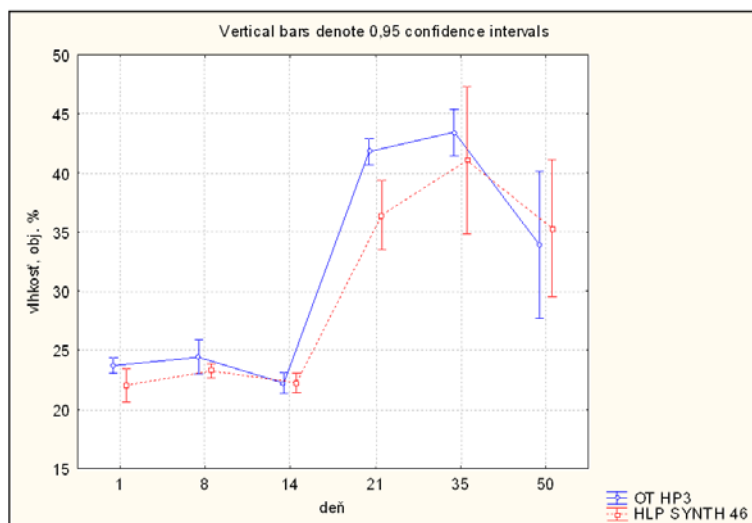
Základom stanovenia je izolácia a skoncentrovanie ropných látok extrakciou vo vhodnom rozpúšťadle. Extrakciou boli zo vzorky vyextrahované uhl'ovodíky a iné nepolárne a polárne látky použitím extrakčného činidla S 316 (1,2,4,4-tetrachlor-1,1,2,3,3,4-hexafluorbutan). Neuhl'ovodíkové a polárne látky sa odstránili silikagélom a vyhodnotenie bolo uskutočnené spektrofotometricky v infračervenej oblasti použitím prístroja FTIR ATI AMATSON GENRSIS.

Priebeh biologickej odbúrateľnosti jednotlivých kontaminantov vo vzorkách pôdy v závislosti od času sledovaný počas trvania experimentu bol zhodnotený na základe stanovenia NEL. Na štatistické zhodnotenie výsledkov stanovenia nepolárnych extrahovateľných látok bol použitý program STATISTICA, exponenciálna regresná funkcia  $y = A \cdot \exp(-k \cdot t^n)$ .

Teplota a vlhkosť pôdy, ktorá bola nameraná a zaznamenaná v sledovanom období počas trvania experimentu v skúšobných nádobách je na Obr. 1. a 2. Experiment sa uskutočnil na jeseň.



Obr. 1 Grafické znázornenie zmeny teploty vo vzorkách kontaminovanej pôdy



Obr. 2 Grafické znázornenie zmeny vlhkosti vo vzorkách kontaminovanej pôdy

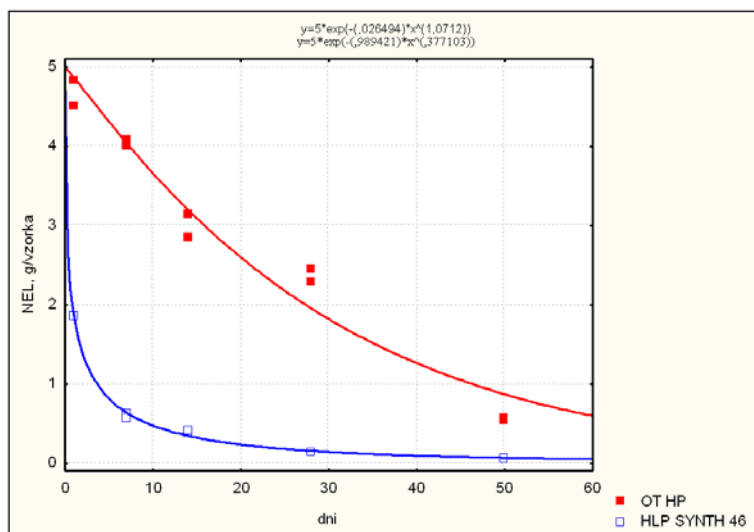
## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Spontánna degradácia v experimente použitých kontaminantov je veľmi pomalý proces, ktorý v prirodzených podmienkach prebieha 5–10 rokov. Podstata biodegradácie spočíva v tom, že pomocou pôdných mikroorganizmov dochádza za presne definovaných podmienok (teplota, živiny, kyslík, pH) k rozkladu ropných látok na  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  a medziprodukty (FARGAŠOVÁ, 2009).

Z obr.3 vyplýva, ako uvádza i niekoľko autorov (MARKO, 2004; KUČERA, 2004), že hydraulické kvapaliny používané v ťažbovo – dopravných mechanizmoch majú zásadnú nevýhodu. Nie sú ľahko biologicky rozložiteľné. Koncentrácia hydraulického oleja OT HP 3 vo vzorkách pôdy počas výskumu klesala veľmi pomaly. Do 10. dňa experimentu sa odbúrало z 5 g oleja OT HP 3 na vzorku približne len 1,5 g, t.j. 30 %. Avšak najväčší pokles koncentrácie biohydraulického oleja HLP SYNTH 46 bol zaznamenaný hneď v prvých dňoch po kontaminácii, o 90 %, t.j. 4,5 g na vzorku, k čomu mohli prispieť okrem iného aj optimálne hodnoty teploty a vlhkosti pre biodegradáciu. Biologická odbúrateľnosť oleja HLP SYNTH 46 mala ďalej už len mierny charakter, v 50. deň výskumu sa zaznamenala takmer nulová koncentrácia. Naopak pri hydraulickom oleji OT HP 3 bola ešte v 50. deň od začiatku pokusu zaznamenaná koncentrácia asi 20 % z pôvodného množstva.

Priebeh biodegradácie kontaminantov bol potvrdený tiež prostredníctvom štatistických parametrov (Tab.1–2)  $k$  – strmosť poklesu a parametrom začiatočného zakrivenia –  $n$ . Indexom determinácie  $R^2$  je vyjadrená závislosť biodegradácie od času.

Z uvedeného je možné konštatovať, že hydraulický olej OT HP 3 je pre svoju pomalú biodegradabilitu väčšou záťažou, ako pre pôdu tak, aj pre celé lesné prostredie ako biohydraulický olej HLP SYNTH 46, ktorého biodegradabilita bola výrazne rýchlejšia a charakteristická aj vysokou strmosťou poklesu, t.j. rozkladu kontaminantu ( $k = 0,9894$ , Tab. 2) na rozdiel od hydraulického oleja OT HP3 ( $k = 0,0264$ , Tab. 1). Preto jedným z riešení problému kontaminácie pôdy hydraulickými olejmi pri ťažbovom procese môže byť náhrada minerálnych olejov biologicky ľahko rozložiteľnými olejmi. Tie sa v posledných rokoch vyznačujú vyššou kvalitou oproti hydraulickým kvapalinám na báze ropných látok, čo umožňuje aj zdvojnásobiť interval výmeny oleja (KUČERA, 2004).



**Obr. 3** Štatistický model závislosti biodegradácie kontaminantov v závislosti od času s vplyvom vonkajších podmienok

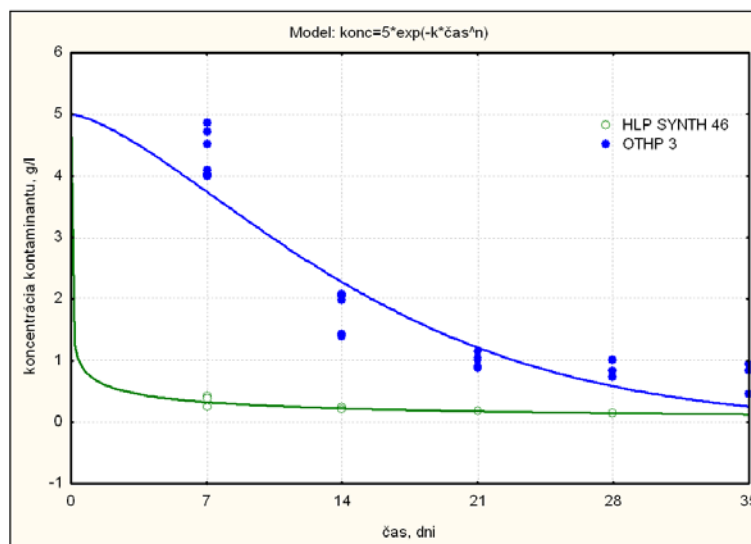
**Tab. 1** Štatistické parametre nelineárnej regresie biodegradability oleja OT HP 3 na základe zvoleného parametra NEL (g/vzorku) v závislosti od času (IS – interval spoľahlivosti, 95%)

	Odhad parametra regresnej rovnice	Smerodajná chyba parametra	Studentovt-test stupne voľnosti = 22	Hladina významnosti p	Ľavá hranica pre IS regresnej rovnice	Pravá hranica pre IS regresnej rovnice
$k$	0,0264	0,0108	2,4399	<b>0,0405</b>	0,0014	0,0515
$n$	1,0712	0,1259	8,5042	<b>0,0000</b>	0,7807	1,3617
Index korelácie R	0,9799					
Index determinácie $R^2$	0,9603					

**Tab. 2** Štatistické parametre nelineárnej regresie biodegradability oleja HLP SYNTH 46 na základe zvoleného parametra NEL (g/vzorku) v závislosti od času (IS – interval spoľahlivosti, 95%)

	Odhad parametra regresnej rovnice	Smerodajná chyba parametra	Studentovt-test stupne voľnosti = 22	Hladina významnosti p	Ľavá hranica pre IS regresnej rovnice	Pravá hranica pre IS regresnej rovnice
$k$	0,9894	0,0151	65,3482	<b>0,000</b>	0,9545	1,0243
$n$	0,3771	0,0094	40,2669	<b>0,000</b>	0,3555	0,3987
Index korelácie R	0,9984					
Index determinácie $R^2$	0,9969					

V porovnaní so sledovaním kontaminantov využívaných pri ťažbe dreva za kontrolovaných podmienok (teplota pôdy bola 22 °C, vlhkosť v intervale 28–30 objemových %), bola rýchlosť biodegradácie oleja OT HP 3 a HLP SYNTH 46 mierne rýchlejšia (HYBSKÁ, 2011). Hlavnou príčinou mohol byť vplyv teploty a vlhkosti, ktoré zodpovedali vhodným podmienkam pre biodegradáciu. ESZÉNYIOVÁ (1995) uvádza, že pre efektívnu biologickú odbúrateľnosť ropných látok je vhodná teplota v intervale 15–40 °C a vlhkosť v rozmedzí 20–30 objemových %. Preto je možné konštatovať, že biologická rozložiteľnosť ropných produktov za nekontrolovaných podmienok závisí do určitej miery od parametrov okolitého prostredia, predovšetkým od teploty a vlhkosti. Na Obr.4 je zaznamenaný priebeh biodegradácie kontaminantov v závislosti od času za konštantných podmienok.



**Obr. 4** Štatistický model závislosti biodegradácie kontaminantov v závislosti od času

**Tab. 3** Štatistické parametre nelineárnej regresie biodegradability oleja HLP SYNTH 46 a OTHP3 na základe zvoleného parametra NEL (g/vzorku) v závislosti od času (IS – interval spoľahlivosti, 95%) za konštantných podmienok.

Kontaminant	k	N	r	r <sup>2</sup>	s <sup>2</sup>
HLP SYNTH 46	1,898	0,185	0,870	0,757	0,036
OTHP 3	0,017	1,447	0,936	0,877	8,236

Na priebeh odbúrateľnosti teda vplývajú abiotické faktory, ale aj skutočnosť, že biohydraulický olej má vysokú rýchlosť odbúravanja v prvých dňoch pôsobenia mikroorganizmov na kontaminant, pričom sa dosahuje až 90% a viac %-ná účinnosť odbúravanja, ako uvádzajú aj viacerí autori (Nevyjel, 1991, Hybská 2011). Zo získaných výsledkov tejto práce môžeme zaradiť biohydraulický olej HLP SYNTH 46 do kategórie – veľmi dobre biologicky rozložiteľných materiálov (Burghardtová, 1995). Pri porovnávaní výsledkov z práce Samešová, Hybská (2011) bol proces biodegradácie biohydraulického oleja HLP SYNTH 46 charakteristický vysokou strmou poklesu, čo znamená, že už od prvého dňa kontaminácie, prebiehal proces odbúravanja veľmi dynamicky, ako je to aj v našom experimente uskutočnenom s vplyvom teploty a ovzdušia. Nameraná najvyššia celková aktivita v pôdach je podľa Tobiášovej a Zaujeca (2004) koncom jari, začiatkom a koncom leta a až začiatkom jesene, kedy býva pôda teplá a vlhká. Uskutočnený výskum preukazuje vyššiu aktivitu mikroorganizmov na začiatku výskumu ako na jeho konci, čo do určitej miery ovplyvnili aj sezónne zmeny teplôt a vlhkosti. V chladnom alebo zimnom období nastáva pokles aktivity pôdných mikroorganizmov, čo má za následok zníženie biologickej odbúrateľnosti ropných produktov v pôde. Z predchádzajúcich poznatkov je zrejmé, že rozložiteľnosť biohydraulického oleja HLP SYNTH 46 v pôdnom substráte pomocou prirodzenej mikroflóry obsiahnutej v pôde je oveľa rýchlejšia a efektívnejšia, ako pri hydraulickom oleji OT HP3.

Biohydraulický olej sa vyrába zo syntetických materiálov a pre mikroorganizmy predstavuje jednoduchší proces rozkladu. Radocha (1994) vo svojom článku uvádza, že hlavným dôvodom



používania biohydraulických olejov je ich vysoká biologická rozložiteľnosť pôdnymi mikroorganizmami. Dôkazom účinnosti odbúrania biohydraulických olejov je aj Markova práca (2004), kde sa uvádza odbúrateľnosť biohydraulických olejov v intervale od 75–100 % celkového odbúrania. Pre porovnanie odbúrateľnosti biohydraulického a hydraulického oleja v pôdných zložkách, je dôležitý poznatok, ako uviedla Hybská (2009), že hydraulický olej patrí do skupiny pomaly rozložiteľných látok. Grunda a Ulrich (1990) uvádzajú, že samovoľná biodegradácia hydraulických olejov v prírodnom prostredí môže trvať 10 až 15 rokov a z toho vyplýva, že používanie hydraulického oleja OT HP3 je nepodstatne väčšou záťažou pre prírodné a tým aj lesné prostredie, ako je používanie biodegradabilných výrobkov.

Porovnaním biodegradačného procesu kontaminovanej pôdy za konštantných podmienok s priebehom biodegradácie ropnej kontaminácie v experimentálnych vzorkách s vplyvom vonkajších podmienok sa zistilo, ako aj vyplýva z Tab. 4, že zmeny v teplote vonkajšieho prostredia, ako aj vlhkosť prostredia negatívne ovplyvňovali priebeh biodegradácie, čo sa prejavilo vo vzorkách kontaminovaných hydraulickým olejom OT HP3 spomalením biodegradačného procesu a tým aj poklesu množstva degradovaných ropných látok.

**Tab. 4** Porovnanie % biodegradácie v kontaminovaných vzorkách za zvolených podmienok experimentu.

Druh oleja	Konštantné podmienky	S vplyvom vonkajších podmienok
	% Biodegradácie	
HLP SYNTH 46	90,0 %	97,4 %
OT HP 3	83,8 %	54,0 %

## ZÁVER

Jednou z hlavných zložiek lesného ekosystému je lesná pôda. Medzi pôdou a okolitým prostredím prebieha vzájomná interakcia, neustála výmena látok a energie. V lesnej pôde žijú rozmanité druhy mikroorganizmov, rastlín a živočíchov a od jej kvality a kvantity závisí schopnosť poskytovať rastlinám vhodné podmienky pre ich rast a vývin, a tým aj kvalitnú potravu pre živočíchy.

Produkčná funkcia lesného ekosystému však ponúka možnosť realizovať v ňom ťažbovo – dopravnú činnosť, ktorá svojím pôsobením vyvoláva nemalé negatívne následky na jednotlivé zložky lesného prostredia. Škody, ktoré vznikajú pri antropogénnej činnosti v lese, siahajú od poškodzovania lesného porastu až po škody spôsobené únikom ropných produktov používaných v hydraulickom systéme ťažbových mechanizmov. Kontamináciou lesnej pôdy hydraulickými kvapalinami, pri sústreďovaní dreva, dochádza k celej rade zmien fyzikálnych, chemických a tiež biologických vlastností. Rastliny reagujú spomaleným rastom a odumieraním, a tým sa následne znižuje i biologická aktivita v pôde.

Na základe výsledkov tohto experimentu, je možné potvrdiť, že priebeh biologickej degradácie aktivity v pôde úzko koreluje s teplotou a vlhkosťou pôdy. Z výsledkov je možné konštatovať a zároveň potvrdiť, že biohydraulický olej HLP SYNTH 46 sa vyznačoval rýchlou a dynamickou biodegradabilitou. Najväčšie množstvo tohto oleja vo vzorkách pôdy sa odbúrало hneď v prvých dňoch výskumu. Avšak druhý z použitých kontaminantov, hydraulický olej OT HP 3, mal značne pomalší a postupnejší priebeh biodegradácie.

Na základe uvedeného môžeme konštatovať, že hydraulické oleje na báze ropy pre svoju nižšiu schopnosť biologickej rozložiteľnosti znamenajú viditeľne väčšiu záťaž pre lesnú pôdu a tým aj pre celý lesný ekosystém, ako biologicky rozložiteľné hydraulické kvapaliny. Jednou z možností ochrany lesnej pôdy je aspoň čiastočne znížiť nepriaznivé následky škôd spôsobených pri sústreďovaní dreva, náhradou klasických minerálnych olejov olejmi, ktoré sú menej ekologicky závadné a vyznačujú sa rýchlou biologickou rozložiteľnosťou. Tým by sa do istej miery skrátli



interval negatívneho pôsobenia olejov uniknutých z mechanizmov využívaných pri ťažbovom procese a tým aj nepriaznivý vplyv na biologickú aktivitu v pôde. Pozornosť v článku predkladanej problematike je venovaná aj z dôvodu veľmi častej absencie informácií o biologickej odbúrateľnosti, ako aj o ekotoxikologických vlastnostiach celej škály obdobných produktov, o čom svedčia karty bezpečnostných údajov týchto výrobkov.

## Zoznam literatúry

- BIELEK, P., ILKA, P.: Metodika k podmienkam nakladania s pôdami a zeminami upravenými očistením od ropných látok metódami biodegradácie, Bratislava. 1997. Ministerstvo pôdohospodárstva SR, 28s. ISBN:80-85361-20-5.
- BURGHARDTOVÁ, K.: Biologická rozložiteľnosť organických látok. In: Ropa a uhlie : tribológia – ekológia – toxikológia, 1995, roč. 37, č. 1, s. 69–71, ISSN 1335-1141.
- ESZÉNYIOVÁ, A.: Asanácia pôdy znečistenej ropnými látkami biologickou cestou. In Ropa a uhlie, 1995, roč.37, č.1, s. 62–66.
- FARGAŠOVÁ, A. Ekotoxikologické biotesty. Bratislava: Perfekt, 2009. ISBN: 978-80-8046-422-6.
- GRUNDA, B., ULRICH, R.: Oil infiltration into the soil and its effect on ecologically important soil properties. In: Lesníctví. 1990, roč. 36, s. 947–948.
- HYBSKÁ, H., SAMEŠOVÁ, D.: Ropné látky – kontaminanty lesného prostredia. In: Monitorovanie a hodnotenie stavu životného prostredia VIII. Zborník referátov, Technická univerzita, Zvolen, 2009, s.71–78, ISBN 978-80-228-2072-1.
- HYBSKÁ, H.: Výskum environmentálneho zaťaženia ropnými látkami z malých zdrojov znečistenia. Dizertačná práca, FEE TU, Zvolen, 2011. 137 s.
- KUČERA, M.: Možnosti použitia biologicky rozložiteľných hydraulických kvapalín v lesných strojoch. In Kolokvium ku grantovej úlohe č. 1/9260/02 : zborník. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2004. ISBN 80-228-1303-6, s. 63–73.
- MARKO, J.: Biologicky odbúrateľné oleje – ich vlastnosti a parametre. In Kolokvium ku grantovej úlohe č.1/9260/02. Zborník. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2004. ISBN 80-228-1303-6, s. 6–18.
- NEVYJEL, J.: Využití biodegradovatelných hydraulických kapalin a maziv. In: Drevo. 1991, roč. 46, č. 2, s. 41–42.
- OLLEROVÁ, H.: Flóra a vegetácia stanovišť ovplyvnených ropnými látkami v oblasti Petrochema Dubová, VŠ 7/2004/A. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2004. 123 s. ISBN 80-228-1428-8.
- RADOCHA, M.: Les a ropné látky. In Životné prostredie. ISSN 0044-4863, 1994, roč. 28, č. 4, s.181–182.
- SAMEŠOVÁ, D., HYBSKÁ, H.: Výskum environmentálnych impaktov ropných látok v prírodnom prostredí. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2011. ISBN 978-80-228-1832-2, s. 98.
- TOBIAŠOVÁ, E., ZAUJEC, A.: Biológia pôdy. Slovenská poľnohospodárska univerzita, Nitra, 2004, 104 s., ISBN 80-8069-350-1.