

TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE
FAKULTA ENVIRONMENTÁLNEJ A VÝROBNEJ TECHNIKY
Katedra environmentálnej techniky



Medzinárodný seminár

**TECHNIKA ODPADOVÉHO
HOSPODÁRSTVA
2008**



10. september 2008

Zvolen, Slovenská republika

ISBN 978-80-228-1914-5



Odborný garant seminára / Scientific guarantor

doc. Ing. Jozef Černecký, CSc.

Ing. Eva Ružinská, PhD.

Katedra environmentálnej techniky, Zvolen, Slovenská republika

Vedecký výbor seminára / International Scientific Committee of the Section

Beľchinskaya Larissa, prof. Dr. Tech. Sci – Russian Federation

Soukup Josef, doc. Ing. CSc. – Česká republika

Hostin Stanislav, doc. Ing. PhD. – Slovenská republika

Janoško Ivan, doc. Ing. CSc. – Slovenská republika

Peciar Marian, prof. Ing. CSc. – Slovenská republika

Pehlivan Ergün, Assoc. Prof. (Ph.D.) – Turecko

Odborné zameranie seminára

Seminár TECHNIKA ODPADOVÉHO HOSPODÁRSTVA 2008 nadväzuje na úvodný seminár TECHNIKA ODPADOVÉHO HOSPODÁRSTVA z roku 2007. Seminár bude zameraný na konštrukciu a klasifikáciu vozidiel na odvoz odpadu, na návrh a realizáciu technologických liniek a systémov na spracovanie komunálneho odpadu, charakteristiku mechanizmov pri skládkovaní, technológiu recyklovania a regenerácie odpadov, minimalizáciu a nakladanie s odpadmi, triedenie, úpravu, legislatívu, recykláciu a zneškodňovanie odpadov a na metódy a postupy analýzy odpadov, nové trendy pri spracovaní obnoviteľných zdrojov energie – biomasy, riešení problémov pri vývoji a aplikácií biodegradovateľných plastov a alternatívnych zdrojov energie pre lepšie zhodnocovanie.

Main Topics of the Seminar

The TECHNOLOGY OF WASTE RECYCLING 2008 seminar follows with the opening seminar of the year 2007. It is oriented to construction and classification of garbage trucks, design and realization of technological assorting lines and communal waste processing systems, characteristics of machines during waste storage, technology of its recycling and reclaiming, minimization, handling, sorting, treatment and disposal as well as methods and processes of waste analysis.

Organizačný výbor seminára / Management Comitee of the Seminar

Ing. Eva Ružinská, PhD.

Ing. Viliam Mračna, CSc.

Ing. Zuzana Brodnianská

Ing. Petra Kvasnová, PhD.

Ing. Ján Koniar

Adriana Katriňáková

Články rezenzovali

Černecký Jozef, doc. Ing. CSc.

Brodnianská Zuzana, Ing.

Koniar Ján, Ing.

Kvasnová Petra, Ing. PhD.

Mračna Viliam, Ing. CSc.

Plášek Ján, doc. Ing. CSc.

Neupauerová Andrea, Ing. PhD.

Ružinská Eva, Ing. PhD.

Štollmann Vladimír, doc. Ing. CSc.



OBSAH

Jozef ČERNECKÝ – Zuzana BRODNIANSKÁ	
MINIMALIZÁCIA KOMUNÁLNEHO ODPADU V ZBERNOM VOZIDLE S ROTAČNÝM BUBNOM	5
Jozef ČERNECKÝ – Ján KONIAR – Zuzana BRODNIANSKÁ	
URČOVANIE NAPÄŤOVO - DEFORMAČNÝCH STAVOV PLASTOV PRI ICH DELENÍ REZNÝM KLINOM NÁSTROJA	11
Roman FEKETE – Štefan GUŽELA – Martin JURIGA	
ODPADOVÉ SKLO AKO ZDROJ SUROVINY	16
Kristína GERULOVÁ – STANISLAV HOSTIN – Anna MICHALÍKOVÁ – Jozef FIALA	
MOŽNOSTI BIOLOGICKÉHO ODSTRAŇOVANIA VYBRANÝCH ZLOŽIEK ODPADOVÝCH PROCESNÝCH KVAPALÍN	24
Leopold HRABOVSKÝ	
PŘEPRVNÍ JEDNOTKY PRO SVOZ ODPADU	31
Mária HRČKOVÁ – Jozef ŠURIANSKY	
ROZPOZNÁVANIE OBRAZOV V TECHNOLOGIÁCH TRIEDENIA PLASTOVÉHO ODPADU	38
Ivan JANOŠKO – Róbert ŠIMOR – Marián ČERI	
TECHNICKO-EXPLOATAČNÉ VLASTNOSTI VOZIDLA S LINEÁRNÝM STLAČOVACÍM ÚSTROJENSTVOM	45
Jiří KADLEC – Leona ŠIMKOVÁ	
OMEZENÍ PŘI VYUŽITÍ POPELA Z DŘEVNÍ BIOMASY	52
N. A. KHODOSOVA – L. I. BEL'CHINSKAYA	
COMPARATIVE ANALYSIS OF PHENOL ADSORPTION USING PHYTOGENIC AND MINERAL FILLERS OF PHENOL-FORMALDEHYDE RESINS	58
Petra KVASNOVÁ	
NÁVRH DOPRAVNÍKA NA DOPRAVU MATERIÁLU DO PAKETOVACIEHO LISU	63
Petra KVASNOVÁ	
UNIVERZÁLNY NAKLADAČ A MOŽNOSTI JEHO VYUŽITIA	70
Iveta MARKOVÁ	
HROZBA ORTUTI V NAŠOM ŽIVOTNOM A PRACOVNOM PROSTREDÍ, ČASŤ 1: ÚČINKY ORTUTI NA ČLOVEKA	77
Anna MICHALÍKOVÁ – Stanislav HOSTIN – Lenka BLINOVÁ	
HODNOTENIE VÝROBY BIOETANOLU Z LIGNOCELULÓZOVEJ BIOMASY Z HĽADISKA VYUŽITIA SEKUNDÁRNYCH MATERIÁLOV	83



Eva MRAČKOVÁ	
BRIKETOVANIE DREVNÝCH PILÍN A PRACHU – FORMA ZNEŠKODŇOVANIA ODPADU	90
Andrea NEUPAUEROVÁ	
MOŽNOSTI ZHODNOTENIA ODPADOV ZO STAVEBNÝCH PROCESOV Z HĽADISKA RIADENIA KVALITY A JEJ ENVIRONMENTÁLNYCH DOPADOV	97
Andrea NEUPAUEROVÁ – Jozef ČERNECKÝ	
SPÔSOBY NAKLADANIA SO STAVEBNÝMI ODPADMI OBSAHUJÚCIMI AZBEST	104
Sláva PARNIČANOVÁ	
EXPERIMENTÁLNY MODEL LAMELOVÉHO ODLUČOVAČA PRE ZVÝŠENIE SEPARAČNEJ ÚČINNOSTI	111
Ján PLÁŠEK	
STANOVENIE VÝHREVNOSTI ODPADU AKO PALIVA	116
Eva RUŽINSKÁ	
ZHODNOCOVANIE PRIEMYSELNÝCH ODPADOV PRE PRÍPRAVU EKOPROGRESÍVNYCH MATERIÁLOV	122
Eva RUŽINSKÁ	
MATERIÁLOVÁ RECYKLÁCIA ODPADOVEJ PE FÓLIE	131
Eva RUŽINSKÁ	
MODIFIKÁCIA VLASTNOSTÍ PRIEMYSELNÝCH ODPADOV PRE ICH BEZPEČNÉ APLIKÁCIE	139
Maroš SIROTIK – Veronika KUPKOVÁ	
ZHODNOTENIE VLASTNOSTÍ VYBRANÝCH ODPADOV VZNIKAJÚCICH PRI ČINNOSTI VODOHOSPODÁRSKYCH DIEL	147
Maroš SOLDÁN	
ZHODNOTENIE UZATVORENIA MESTSKEJ SKLÁDKY ODPADOV	154



MINIMALIZÁCIA KOMUNÁLNEHO ODPADU V ZBERNOM VOZIDLE S ROTAČNÝM BUBNOM

MINIMIZATION OF COMMUNAL WASTE IN A ROTATING-DRUM COLLECTOR VEHICLE

Jozef ČERNECKÝ – Zuzana BRODNIANSKÁ

ABSTRACT: The present contribution deals with operation description of a rotating-drum collector vehicle for collection and hauling of communal waste from its generator up to its subsequent further processing. The collecting drums can be installed on chassis of vehicles by different manufacturers. In the contribution also the force conditions originating during communal waste minimization are described including calculation of rotational speed of the rotating drum.

Key words: collector vehicle, communal waste, waste container

ABSTRAKT: Príspevok sa zaoberá popisom činnosti zberného vozidla s rotačným bubnom, ktorý slúži na zber a zvoz komunálneho odpadu od jeho pôvodcov až k následnému ďalšiemu spracovaniu. Zberné bubny môžu byť umiestnené na podvozkoch automobilov od rôznych výrobcov. V príspevku sú tiež popísané silové pomery vznikajúce pri minimalizácii komunálneho odpadu, vrátane výpočtu otáčok rotačného bubna.

Kľúčové slová: zberné vozidlo, komunálny odpad, kontajner

1 ÚVOD

Odvoz komunálneho odpadu z miest výskytu je dopravná činnosť, pri ktorej sú odpady odvážané na miesto spracovania, resp. jeho zneškodnenia. Aby bolo možné túto dopravnú činnosť plánovať a efektívne realizovať, treba poznať súčasný stav a zloženie komunálneho odpadu, rozsah zbernej oblasti, hustotu osídlenia, typ oblasti, prepravné podmienky a prostriedky zaisťujúce odvoz komunálnych odpadov.

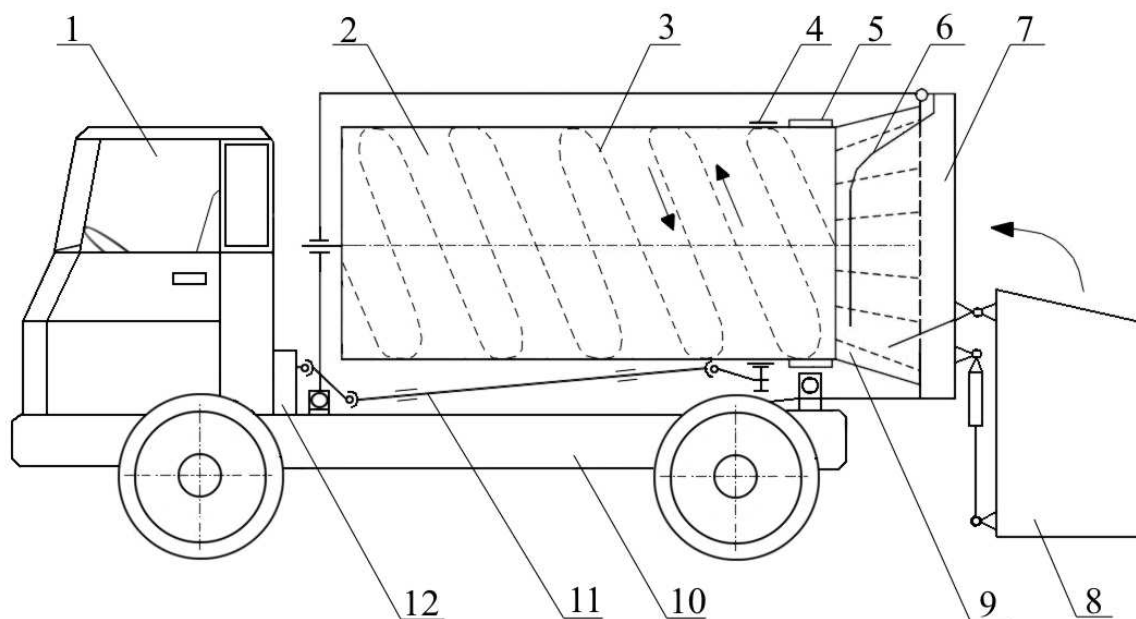
Zberné vozidlo je mechanizmus, ktorým sú odpady odvážané zo stanovíšť na miesto zneškodnenia (spracovania). Na ráme podvozku je umiestnená nadstavba zabezpečujúca manipuláciu zo zbernou nádobou, jej hygienické a účinné vyprázdnenie do zberného priestoru nadstavby, následné stlačenie (zlisovanie) obsahu nádoby (aby sa účelne využil priestor, pretože objemová hmotnosť nezlisovaného odpadu je výrazne nižšia a zberný priestor nie je využitý na plnú hmotnostnú kapacitu), bezpečnú prepravu na miesto zneškodnenia (spracovania) a následné vyprázdnenie zberného priestoru na mieste zneškodnenia (spracovania) (Ružinská, 2007).

2 SILOVÉ POMERY V ROTAČNOM BUBNE ZBERNÉHO VOZIDLA

Zberné vozidlo s rotačným bubnom (Obrázok 1) patrí medzi zberné vozidlá založené na rotačnom princípe, kde je komunálny odpad stláčaný otáčaním závitovky upevnenej na vnútornej strane bubna, za účelom zmenšenia jeho objemu.

Zberný bubon valcovitého tvaru (2) je na zadnom konci kužeľovito rozšírený a vo vnútri je vybavený dvojchodou závitovkou (3). Na kužeľovitej časti sa nachádzajú usmerňovacie lopatky (9), ktoré dopravujú komunálny odpad dovnútra bubna. Bubon sa otáča okolo svojej horizontálnej osi pomocou prevodovej skrine (12) cez kardanovú hriadeľ (11) a čelné prevodové súkolesie (4) obidvoma smermi, tzn. jedným smerom na naplnenie a opačným pre vyprázdenie.

Stálym pozvoľným rotačným pohybom sa komunálny odpad striasa a stláča, aby bolo možné naplniť vozidlo väčším množstvom odpadu (Neupauerová - Številová, 2003).

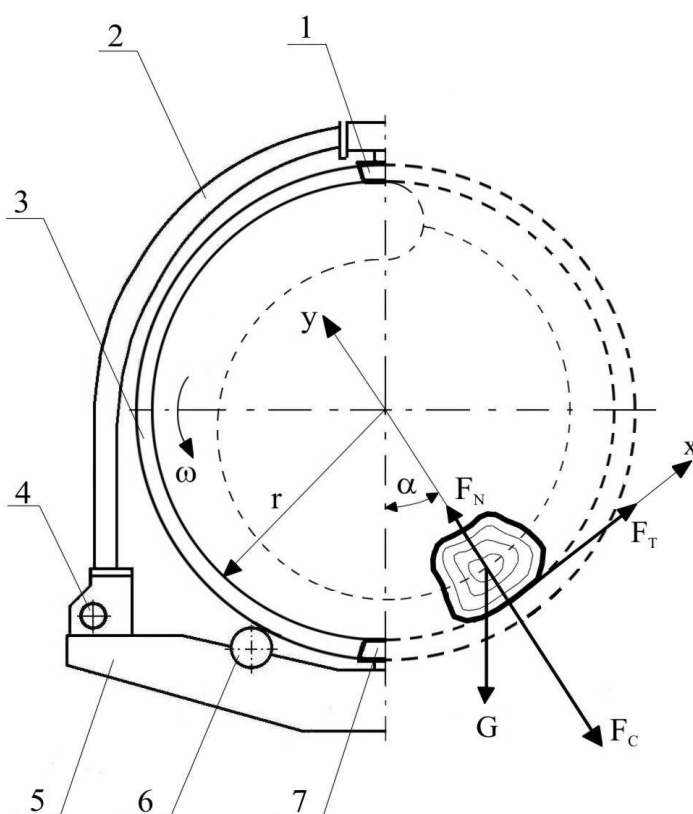


Obrázok 1 Schéma zberného vozidla s rotačným bubnom

- 1 – kabína, 2 – zberný rotačný bubon na komunálny odpad, 3 – dvojchodá skrutkovica,
4 – čelné prevodové súkolesie, 5 – obruč rotačného bubna, 6 – kryt poklopu v tvare kužeľa,
7 – poklop zberného vozidla, 8 – kontajner, 9 – kužeľová plocha s usmerňovacími lopatkami,
10 – rám podvozku, 11 – kardanová hriadeľ, 12 – prevodová skriňa

Na vnútornej strane poklopu je pripevnený kryt poklopu v tvare kužeľa (6), na ktorého povrchu je stlačovacia plocha, ktorá umožňuje stláčanie odpadu a zasahuje až do bubna. Poklop sa otvára a zatvára hydraulicky a zaist'uje sa pneumaticky. Pneumaticky sa tiež vyklápa obsah kontajnera (8) dovnútra pomocou podávača a vyklápača. Bubon sa plní pri voľnobehu motora.

K vyprázdnovaniu dochádza zmenou zmyslu otáčania bubna a otvorením zadného poklopu (7). Uloženie a otáčanie zberného bubna je znázornené na obrázku 2, pričom oporné kladky (6) vedú zberný bubon radiálne a dolné vodiace kladky (7) vedú zberný bubon axiálne. Horné vodiace kladky (1) nastavujú stojan zadného veka.



Obrázok 2 Sily pôsobiace na komunálny odpad vo vnútri rotačného zberného bubna

1 – horné vodiace kladky, 2 – stojan zadného veka, 3 - rotačný bubon, 4 – pružné uloženie stojana, 5 – pomocný rám, 6 – oporné kladky, 7 – dolné vodiace kladky, r – polomer rotačného bubna, ω – uhlová rýchlosť rotačného bubna, α – valivý uhol komunálneho odpadu, F_N – normálová sila, F_T – trecia sila, F_C – odstredivá sila, $G = m \cdot g$ – tiažová sila

Pre správnu funkciu plnenia a vyprázdňovania zberného rotačného bubna je dôležité poznať sily pôsobiace na komunálny odpad, trecie sily medzi materiálom a rotačným bubnom a veľkosť otáčok rotačného bubna. Tieto údaje sú potrebné pre optimálny návrh prevodovej skrine (Janoško, 2007).

Odstredivá sila, ktorá pôsobí na komunálny odpad pri rotácii bubna sa vypočíta pomocou vzťahu:

$$F_C = m \cdot r \cdot \omega^2, \quad (1)$$

m – hmotnosť komunálneho odpadu,
 r – polomer rotačného bubna,
 ω – uhlová rýchlosť rotačného bubna.

Výpočet trecej sily:

$$F_T = \mu \cdot F_N, \quad (2)$$

$\mu = \tan \varphi$ – súčiniteľ trenia medzi komunálnym odpadom a rotačným bubnom,
 F_N – normálová sila.

Suma výsledných síl v smere osi x a y:

$$\sum X_i = 0: F_T - m \cdot g \cdot \sin \alpha = 0, \quad (3)$$

$$\sum Y_i = 0: F_N - F_C - m \cdot g \cdot \cos \alpha = 0. \quad (4)$$

Normálová sila:

$$F_N = m \cdot r \cdot \omega^2 + m \cdot g \cdot \cos \alpha, \quad (5)$$

α - valivý uhol materiálu,
 g - gravitačné zrýchlenie.

Postup výpočtu **valivého uhla materiálu α :**

$$\mu \cdot m \cdot (r \cdot \omega^2 + g \cdot \cos \alpha) - m \cdot g \cdot \sin \alpha \leq 0, \quad (6)$$

$$g \cdot (\sin \alpha - \mu \cdot \cos \alpha) \geq \mu \cdot r \cdot \omega^2, \quad (7)$$

$$\frac{r \cdot \omega^2}{g} \leq \frac{\sin \alpha - \mu \cdot \cos \alpha}{\mu}, \quad (8)$$

pretože: $\mu = \tan \varphi$ a $k = \frac{r \cdot \omega^2}{g}$, (9)

$$k \leq \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\sin \varphi}, \quad (10)$$

φ - uhol trenia komunálneho odpadu voči skrutkovici

$$\sin(\alpha - \varphi) \geq k \cdot \sin \varphi, \quad (11)$$

$$\alpha = \varphi + \arcsin(k \cdot \sin \varphi). \quad (12)$$

3 VÝPOČET OTÁČOK ROTAČNÉHO BUBNA ZBERNÉHO VOZIDLA

Rotačný bubon sa otáča okolo svojej horizontálnej osi a **uhlová rýchlosť rotačného bubna** sa vypočíta pomocou vzťahu:

$$\omega = \sqrt{\frac{g \cdot \sin(\alpha - \varphi)}{r \cdot \sin \varphi}}, \quad (13)$$

následne **otáčky rotačného bubna:**

$$n = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g \cdot \sin(\alpha - \varphi)}{r \cdot \sin \varphi}}. \quad (14)$$

Max. uhol valenia komunálneho odpadu:

$$\alpha_{\max} = \frac{\pi}{2} + \varphi . \quad (15)$$

Max. otáčky rotačného bubna:

$$n_{\max} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g}{r \cdot \sin \varphi}} , \quad (16)$$

$$n_{\max} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g}{r} \cdot \frac{\sqrt{1+\mu^2}}{\mu}} , \quad (17)$$

μ - súčiniteľ trenia medzi odpadom a rotačným bubnom (Černecký – Kvasnová, 2007).

4 ZÁVER

V procese odstraňovania komunálnych odpadov je jednou z podstatných podmienok zaistenie rýchleho odvozu odpadu z miesta výskytu na miesto jeho konečného spracovania. Základným prostriedkom pri zaisťovaní odvozu komunálnych odpadov sú zberné vozidlá. Okrem zberu a zvozu komunálneho odpadu, zberné vozidlá súčasne aj znižujú objem tohto odpadu za účelom efektívnejšieho využitia vnútorného objemu rotačného bubna.

Minimalizácia vzniku odpadov vôbec nespotrebuje prírodné zdroje, energiu, vodu (alebo v menšej miere oproti ostatným stratégiám), nevyprodukuje žiadne, (alebo v zníženej miere) odpady, znečistenie. Minimalizácia odpadov prináša zväčša v dlhodobom kontexte finančný prínos. Šetrí peniaze občanov, priemyslu, v niektorých prípadoch štátnej ekonomiky, vedie k znižovaniu nákladov spojených s manipuláciou odpadu. Realizovanie opatrení pre minimalizáciu vzniku odpadov môže zlepšiť vzťahy ako výrobcu a predajcu k zákazníkovi, tak aj samosprávnych orgánov mesta/obce a občanov.

Pre minimalizáciu objemu komunálneho odpadu v zbernom vozidle s rotačným bubnom sa využíva dvojchodová závitovka. Táto závitovka, okrem zmenšenia objemu komunálneho odpadu, plní aj funkciu dopravy odpadu do prednej časti rotačného bubna, až po jeho úplné naplnenie. Pre splnenie optimálnej funkcie rotačného bubna musia platiť niektoré technické výpočty, ktoré sú spomenuté v príspevku.

LITERATÚRA

- [1] ČERNECKÝ, J., KVASNOVÁ, P.: 2007. *Technika odpadového hospodárstva*. Zvolen: Vydavateľstvo TU vo Zvolene, 2007, 160. ISBN 978-80-228-1855-1.
- [2] JANOŠKO, I.: 2007. Technicko-ekonomické posúdenie mobilnej zvozovej techniky. In: *Zborník príspevkov z medzinárodného seminára „Technika odpadového hospodárstva“*, Zvolen, 18 – 19. 9. 2007. Zvolen: Vydavateľstvo TU, 2007, s. 54 – 61. ISBN 978-80-228-1782-0.
- [3] NEUPAUEROVÁ, A., ŠTEVULOVÁ, N.: 2003. Odpady zo stavebných procesov a ich recyklácia. In: *POMORSKÝ, F., STAŠÍK, L. (eds.): Zborník medzinárodnej konferencie "Odpady 2003"*, Spišská Nová Ves: Slovzeolit, 2003, s. 68-73. ISBN 80-968214-3-1.

- [4] RUŽINSKÁ, E.: 2007. Ekoprogresívne spôsoby zhodnocovania plastových odpadov. In: *Zborník príspevkov z medzinárodného seminára „Technika odpadového hospodárstva“*. Zvolen, 18 – 19. 9. 2007. Zvolen: Vydavateľstvo TU, 2007, s. 87-94. ISBN 978-80-228-1782-0.

Časť riešenej problematiky príspevku je súčasťou grantovej úlohy KEGA 3/6431/08 Stanovenie charakteristík kvantifikácie emisií a indikátorov kvality ovzdušia v podmienkach európskej legislatívy.

Lektoroval: Ing. Ján Koniar

Kontaktná adresa:

doc. Ing. Jozef Černecký, CSc., Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky, Katedra environmentálnej techniky, Študentská 26, 960 53 Zvolen, Slovenská republika.

Ing. Zuzana Brodnianská, Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky, Katedra environmentálnej techniky, Študentská 26, 960 53 Zvolen, Slovenská republika.



URČOVANIE NAPÄŤOVO-DEFORMAČNÝCH STAVOV PLASTOV PRI ICH DELENÍ REZNÝM KLINOM NÁSTROJA

DETERMINATION OF STRESS AND DEFORMATION STATES OF PLASTICS DURING THEIR SEPARATION WITH THE TOOL CUTTING WEDGE

Jozef ČERNECKÝ – Ján KONIAR – Zuzana BRODNIANSKÁ

ABSTRACT: In the contribution new theoretical and experimental knowledge concerning application of holographic interferometry at interaction of a disintegrator tooth with a plastic is presented. The stress and deformation fields in the surrounding of a crack root during the entering of the cutting wedge of the instrument were visualized.

Key words: stress and deformation state, holographic interferometry, disintegrator tool

ABSTRAKT: V príspevku sú uvedené nové teoreticko-experimentálne poznatky v oblasti aplikácie holografickej interferometrie pri interakcii zuba dezintegrátora s plastom. Boli zviditeľnené napäťovo-deformačné polia v okolí koreňa trhliny pri vníkaní rezného klina nástroja.

Kľúčové slová: napäťovo-deformačný stav, holografická interferometria, nástroj dezintegrátora

1 ÚVOD

V súčasnej dobe sa do pozornosti dostáva dezintegrácia plastov, medzi ktoré patrí aj drvenie opotrebovaných pneumatík. Doposiaľ sa veľká pozornosť venovala obrábaniu materiálov a problematika dezintegrácie odpadov bola v pozadí. Predmetom výskumu je objasniť proces delenia plastu pri jeho recyklácii. V zásade nás zaujíma optimálna geometria rezného klina nástroja z hľadiska vynakladania čo najmenej energie pri dezintegrácii. Jedným z indikátorov je aj napäťovo-deformačný stav pri vníkaní rezného klina nástroja do plastu (Ružinská, 2005).

2 EXPERIMENT

Pre zisťovanie napäťovo-deformačných stavov sme použili holografickú interferometriu. Táto metóda umožňuje vizualizovať mikroposunutia pri interakcii rezného klina nástroja s plastom. Mikroposunutia sa prejavujú vytvorením interferenčných prúžkov, ktoré možno následne kvalitatívne a kvantitatívne interpretovať. Už samotný pohľad (kvalitatívna analýza) nám poskytne predstavu o napäťovo-deformačných stavoch, ktoré vznikajú pri otváraní mikrotrhliny.

Vzhľadom k tomu, že sú v interakcii dva objekty, na každom z nich sa nachádzajú iné obrazy interferenčných prúžkov. Použitá metóda nám zobrazí nielen šírenie sa trhliny v plaste, ale aj smery a veľkosti zaťaženia v nástroji. Čím je zaťaženie väčšie, tým sú interferenčné prúžky hustejšie. Pri prekročení určitej hodnoty zaťaženia, interferenčné prúžky sú nerozoznateľné a nemajú takmer žiadnu výpovednú hodnotu. Z tohto dôvodu musíme

použiť postupnosť zaťaženií a záznamov (viac dvojexpozičných holografických metód za sebou). Pre výskum poľa napätí a deformácií v okolí trhlín sa môže použiť už vyššie spomenutá holografická interferometria. Pri experimentálnych meraniach koeficientov intenzity napätia K sme použili Singulárne riešenie v tvare:

$$\sigma_x = \frac{K_I}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot r}} \left(1 - \sin \frac{\theta}{2} \sin \frac{3 \cdot \theta}{2} \right) \cos \frac{\theta}{2} \quad (1)$$

$$\sigma_y = \frac{K_I}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot r}} \left(1 + \sin \frac{\theta}{2} \sin \frac{3 \cdot \theta}{2} \right) \cos \frac{\theta}{2} \quad (2)$$

$$\sigma_{xy} = \frac{K_I}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot r}} \sin \frac{\theta}{2} \cos \frac{\theta}{2} \cos \frac{3 \cdot \theta}{2} \quad (3)$$

Koeficient intenzity napätia pre dané zaťaženie sa určí zo vzťahu:

$$K_I = \sigma \sqrt{a \cdot \pi} \quad (4)$$

r - vzdialenosť bodu izopachy od špičky trhliny [m]

a - rozmer trhliny [m]

θ - uhol izopachy v závislosti od r [°]

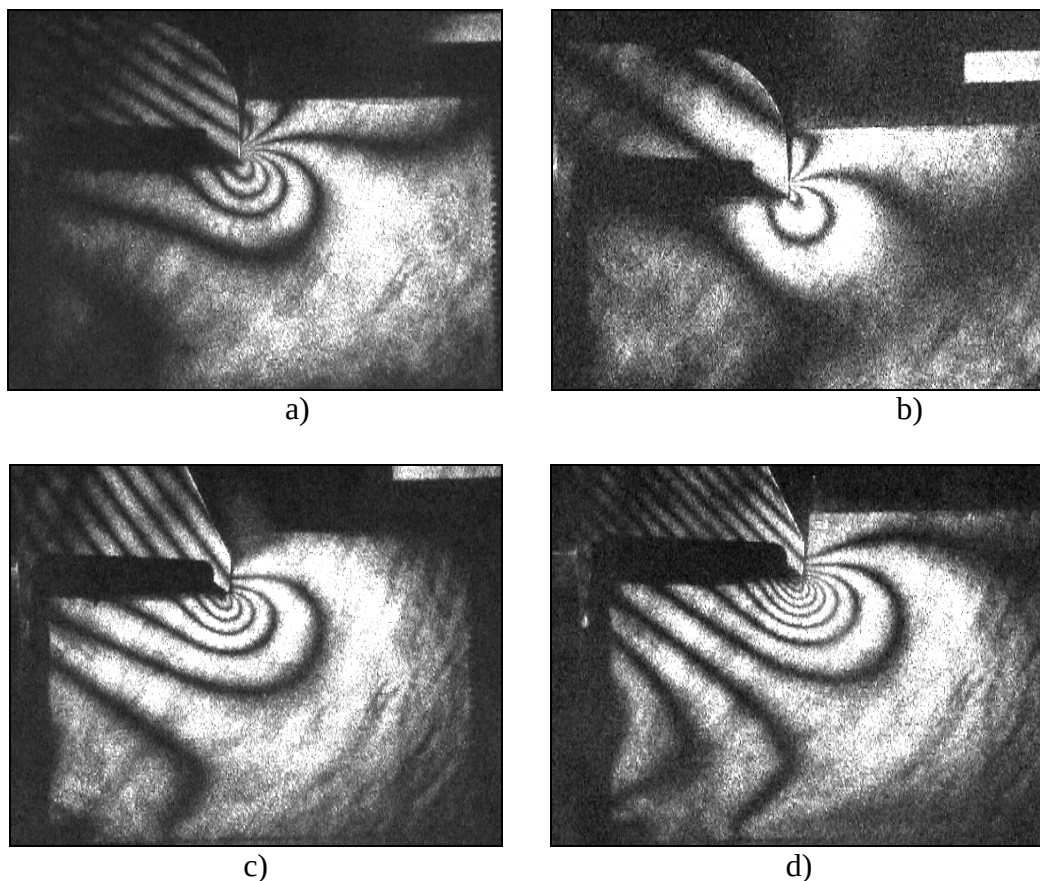
σ - F/S - celkové napätie (zaťaženie) [MPa]

$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_{xy}$ - hlavné napätia v smere osi x, y, xy [MPa]

Vzhľadom k tomu, že singulárne riešenia prihliadajú len na prvý člen radu, ich platnosť sa ohraničuje na veľmi malé okolie koreňa trhliny (Balaš - Szabó, 1986).

Na obrázku 1 je znázornené vzájomné pôsobenie rezného klina nástroja s plastom. Pri realizácii experimentu závažie o hmotnosti 100 g vytváralo predpätie a pridávala sa hmotnosť závažia 50 g. V prvom prípade pôsobilo zaťaženie na ramene vo vzdialenosti 0,13 m od osi nástroja s rôznou geometriou (Obrázok 1 a, c). V druhom prípade bolo zaťaženie na ramene vo vzdialenosti 0,09 m od osi nástroja pri rôznej geometrii (Obrázok 1 b, d). Koreň trhliny sa šírila od miesta pôsobenia nástroja. Na tvar interferenčných prúžkov ďalej vplývala veľkosť zaťaženia a geometria rezného klina nástroja.

Z obrázku 1 možno usúdiť, že pri zmene zaťaženia sa menil počet (hustota) interferenčných prúžkov. Podľa tvaru a hustoty interferenčných prúžkov možno nepriamo určiť, ktorá geometria rezného nástroja je optimálnejšia. V príspevku sme pre porovnanie uviedli dve geometrie rezných nástrojov, pričom vhodnejšia sa javila geometria rezného nástroja podľa obrázku 1 c, d. Pri tejto geometrii sa intenzita napätia v materiáli šíri viac v smere pôsobenia rezného klina nástroja. Napätovo-deformačný stav sa nachádza prevažne v zóne delenia materiálu v porovnaní s geometriou na obrázku 1 a, b.

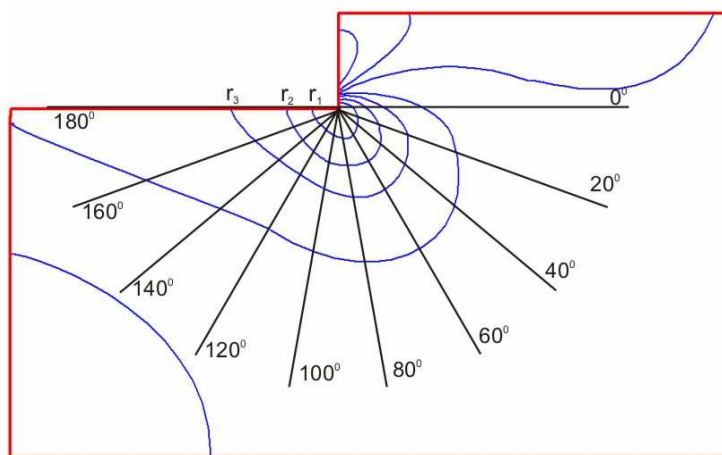


Obrázok 1 Obrazy holografických interferogramov interakcie rezného nástroja s plastom
a, c) predpätie 100 g, závažie 50 g, rameno 0,13 m, b, d) predpätie 100 g, závažie 50 g,
rameno 0,09 m

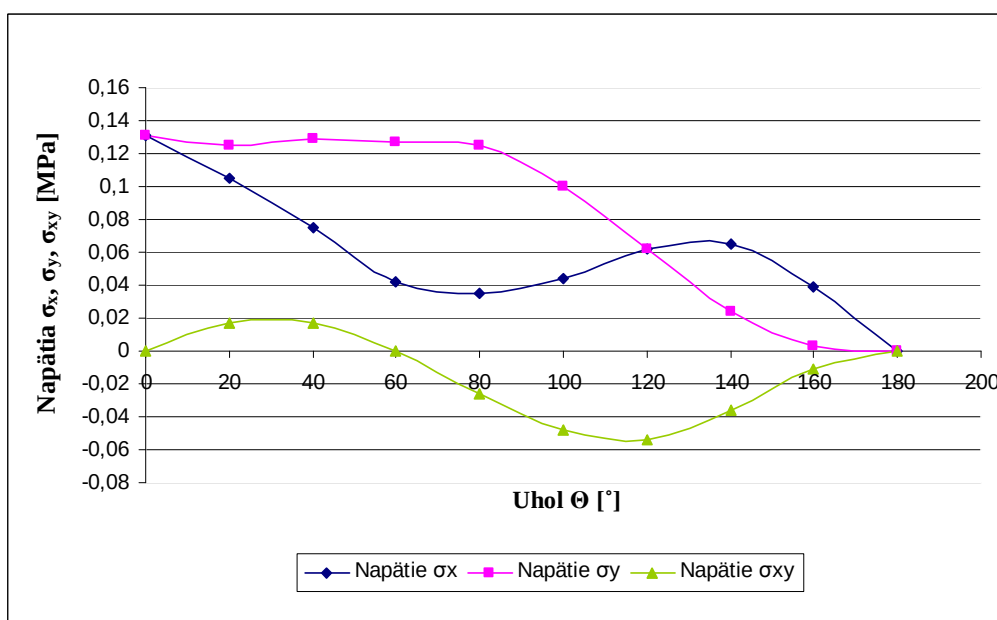
Veľkosti napätí σ_x , σ_y , σ_{xy} sme vypočítali podľa vzťahov (1.1), (1.2), (1.3), pričom hodnoty uhlov boli určované podľa súradnicového systému na obrázku 2. Vypočítané hodnoty napätí v závislosti od vzdialenosti r_1 od špičky trhliny sú uvedené v tabuľke 1 a grafický priebeh napätí σ_x , σ_y , σ_{xy} je zrejmý z obrázku 3.

Tabuľka 1 Vypočítané hodnoty napätí σ_x , σ_y , σ_{xy} pre vzdialenosť $r_1 = 0,0035$ m od špičky trhliny

Uhol Θ [°]	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180
σ_x [MPa]	0,131	0,105	0,075	0,042	0,035	0,044	0,062	0,065	0,039	0
σ_y [MPa]	0,131	0,125	0,129	0,127	0,125	0,100	0,062	0,024	0,003	0
σ_{xy} [MPa]	0	0,0174	0,0171	0	-0,026	-0,048	-0,054	-0,036	-0,011	0



Obrázok 2 Charakter poľa izopách v okolí koreňa trhliny podľa obrázku 1a



Obrázok 3 Grafický priebeh napätí σ_x , σ_y , σ_{xy} so singulárnym riešením pre vzdialenosť $r_1 = 0,0035$ m od špičky trhliny

3 VÝSLEDKY A DISKUSIA

Hodnoty rozloženia napät'ovo-deformačných stavov možno získať experimentálne, prípadne pomocou simulácie. Pre riešenie problému sme využili aj mriežkovú metódu (makroskopická metóda). Na skúšobnom telese z plastu bola naznačená pomocná mriežka s veľkosťou každého oka 2×2 mm. Rezné nástroje boli zaťažované rôznymi silami. Deformáciou mriežky sme získali vektory posunutia v jednotlivých bodoch mriežky a vyhodnotili sme najväčšie posunutia, priemer posunutí, smerodajné odchýlky a súčet posunutí v smere osi X, Y a XY. Naším výsledkom bolo určenie najoptimálnejšej geometrie rezného klina nástroja (Černecký - Brodnianská, 2007).

V našom príspevku sme pre určovanie napät'ovo-deformačných stavov využili metódu holografickej interferometrie (mikroskopická metóda). Veľkosť napätí sme určovali pomocou

singulárnych riešení. Pri analýze bol zanedbaný trojrozmerný efekt, predpokladala sa rovinná teória. Bol zanedbaný tiež vplyv nepresnosti polohy koreňa trhliny vzhľadom na bod, v ktorom sa zisťujú experimentálne hodnoty.

4 ZÁVER

Mechanizmus rezania (delenia) plastu predstavuje závažný bádateľský problém, ktorý sa v súčasnosti rieši prevažne teoretickými, ale aj rôznymi experimentálnymi metódami. Tieto experimentálne metódy vedú k zovšeobecňovaniu poznatkov a vyúsťujú do formulácie vedeckých riešení.

Pri teoretickom objasňovaní mechanizmu delenia materiálu v prevažnej miere dominujú empirické metódy, ktoré však využívajú väčšinou teórie jednoduchých namáhání a nezahŕňajú komplex vplyvov, ktoré pri interakcii pôsobia. Pre minimalizáciu týchto nedostatkov je potrebné aplikovať vhodnú experimentálnu metódu, akou je napr. holografická interferometria.

O povahe rozloženia napätí v zóne delenia možno usudzovať z interferometrických meraní, ktoré sa vykonávajú na skúšobných telesách. Napätové pole v oblasti interakcie rezného klina nástroja s plastom sa rozkladá na napätové pole v plaste a v nástroji, o čom nasvedčujú tvary interferometrických prúžkov na obidvoch telesách.

LITERATÚRA

- [1] BALAŠ, J., SZABÓ, V.: 1986. *Holografická interferometria v experimentálnej mechanike*. Bratislava: VEDA vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied, 1986, 300 s.
- [2] ČERNECKÝ, J., BRODNIANSKÁ, Z.: 2007. Štúdium prebiehajúcich zmien pri interakcii nástroja s plastovou látkou. In.: *Medzinárodný seminár „Technika odpadového hospodárstva“*, Zvolen, 2007, s. 16 – 20, CD. ISBN 978-80-228-1782-0.
- [3] RUŽINSKÁ, E.: 2005. *Plasty a náterové látky*. Monografia. Zvolen: ES TU, 2005, 166 s. ISBN 80-228-1518-7

Časť riešenej problematiky príspevku je súčasťou grantovej úlohy KEGA 3/6431/08 „Stanovenie charakteristík kvantifikácie emisií a indikátorov kvality ovzdušia v podmienkach európskej legislatívy“.

Lektoroval: doc. Ing. Vladimír Štollmann, CSc.

Kontaktná adresa:

doc. Ing. Jozef Černecký, CSc., Katedra environmentálnej techniky, Fakulta environmentálnej a výrobnnej techniky, Technická univerzita vo Zvolene, Študentská 26, 960 53 Zvolen

Ing. Ján Koniar, Katedra environmentálnej techniky, Fakulta environmentálnej a výrobnnej techniky, Technická univerzita vo Zvolene, Študentská 26, 960 53 Zvolen

Ing. Zuzana Brodnianská, Katedra environmentálnej techniky, Fakulta environmentálnej a výrobnnej techniky, Technická univerzita vo Zvolene, Študentská 26, 960 53 Zvolen



ODPADOVÉ SKLO AKO ZDROJ SUROVINY

WASTE GLASS AS A RAW MATERIAL SOURCE

Roman FEKETE - Štefan GUŽELA - Martin JURIGA

ABSTRACT: The waste glass is the big group of materials that can be used as a raw material for its another application by the suitable processing. The paper deals with the brief summary of waste glass sources and its application in others industrial areas.

Key words: waste glass, recycling, granulation

ABSTRAKT: Odpadové sklo tvorí veľkú skupinu materiálov, ktorú je možné využiť ako surovinu pre ďalšie aplikácie jeho vhodným spracovaním. V príspevku je stručný prehľad zdrojov odpadového skla a jeho využitia v iných oblastiach.

Kľúčové slová: odpadové sklo, recyklácia, granulácia

1 ÚVOD

V posledných rokoch sa kladie veľká pozornosť recyklačným technológiám, ktoré využívajú odpad ako recyklovateľné suroviny. V tejto súvislosti narastá objem odpadového skla v rôznych jeho podobách. Jednu skupinu tvorí tzv. obalové sklo z fliaš ale tiež aj tabuľové sklo z okien. Ďalšou, z hľadiska rozvoja automobilového priemyslu, veľkou skupinou je sklo určené pre automobily, ktoré je vyrábané špeciálnymi technológiami za účelom dosiahnutia zvýšenej bezpečnosti. V súvislosti s prudkým rozvojom výpočtovej techniky vznikla ďalšia veľká skupina odpadového skla a to sklo z monitorov, ku ktorým je možné priradiť aj televízne obrazovky. Samostatnou kategóriou je potom sklo, ktoré sa vyskytuje v menších objemoch a to sklo optické, sklo zo žiaroviek a pod.

Technológie demontáže monitorov a televízorov, odstraňovanie fólií z auto skiel, systém zberu obalového skla sú dobre zvládnuté. Problémom však potom ostáva využitie tohto skla. Časť z neho sa dá použiť ako prísada do sklárskeho kmeňa pri tavbe nového skla. Veľké množstvo sa však musí uložiť na skládkach tuhého odpadu. Práve tu je skrytý veľký potenciál skla ako recyklovanej suroviny.

2 VLASTNOSTI SKLA

Sklo je pevná amorfná homogénna, obvykle priehľadná látka. Má malú tepelnú vodivosť, je relatívne odolné proti vode, plynom a ďalším látkam. Fyzikálne a chemické vlastnosti skla závisia od jeho chemického zloženia. Odoláva pôsobeniu kyselín (okrem HF).

Podľa počtu zložiek, ktoré sklo tvoria možno sklá orientačne rozdeliť do troch skupín na:

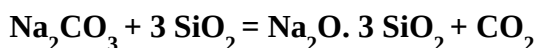
a/ jednozložkové (kremenné sklo),

Obsahuje prakticky len jednu zložku - oxid kremičitý SiO_2 . Surovinou na výrobu je čistý žilný kremeň (na výrobu vysoko čistého kremenného skla sa používajú syntetické zlúčeniny kremíka). Číre kremenné sklo sa taví a spracováva pri teplote až 1800-2000 °C (teplota tavenia SiO_2 je asi 1710 °C). Ostatné (viaczložkové) sklá sa tavia pri podstatne nižších teplotách.

Kremenné sklo má veľmi malú teplotnú rozťažnosť, je preto odolné proti náhlym zmenám teploty (vydrží prudké ochladenie z teploty 800 °C vo vode, alebo z teploty 1300 °C na vzduchu). Má veľmi dobrú chemickú odolnosť. Prepúšťa ultrafialové žiarenie. Používa sa na špeciálne účely. Napr. na výrobu žiaroviek pre špeciálne osvetľovacie telesá (horské slnko), optické zariadenia (svetlovody), lasery, ďalej na rôzne chemicky odolné nádoby a zariadenia pre chemický priemysel, pre raketovú techniku (okná, tepelné štíty). Jeho výroba je náročná a drahá [1].

b/ dvojjložkové (sodnokremičité a draselnokremičité sklo) a

Sodnokremičité sklo sa taví z dvoch zložiek - kremičitého piesku a sódy (Na_2CO_3) vo vaňovej peci pri teplote asi 1400 °C. Obsahuje 66 - 76 % SiO_2 . Pomer $\text{Na}_2\text{O} : \text{SiO}_2$ je obvykle 1 : 3,0-3,3. Reakciu pri tomto pomere možno vyjadriť približne rovnicou:



Surovinou na výrobu draselnokremičitého skla je potaš (K_2CO_3). Tavením vzniká $\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{SiO}_2$. Sodnokremičité a draselnokremičité sklo vznikne po ochladení taveniny (skloviny) s vyššie uvedeným zložením. Takéto sklá sú dobre rozpustné vo vode.

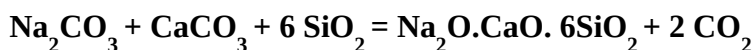
Vodné sklo je názov pre tavené sklo, ale najmä sa tak označuje kvapalina, ktorá vzniká jeho rozpúšťaním vo vode. Rýchlosť rozpúšťania uvedených skiel je nízka. Pri priemyselnej výrobe sa drvina z uvedených skiel rozpúšťa vo vode v uzavretých tlakových nádobách (autoklávach) za horúca a pri zvýšenom tlaku. Vzniká viskózný koloidný „roztok“ alkalických kremičitanov (vodné sklo). V dôsledku hydrolýzy je tento koloidný roztok silno alkalický (pH >12).

c/ trojjložkové a viaczložkové sklá (napr. sodnovápenaté sklá)

Sú to technické a úžitkové sklá, vznikajú tavením SiO_2 s uhličitanmi alkalických kovov a vápencom (trojjložkové sklo).

Tavením kremičitého (kremenného, sklárskeho) piesku, sódy a vápenca sa vyrába obyčajné sodnovápenaté sklo. Suroviny sa miesia v požadovanom pomere na tzv. sklársky kmeň, ktorý sa taví v sklárskych peciach pri teplotách 1000-1500 °C.

Základné zloženie jednoduchého trojjložkového sodnovápenatého skla je približne $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2$. (Sklá obvykle obsahujú ešte ďalšie zložky). Reakciu možno vystihnúť rovnicou:



Má široký interval mäknutia, možno ho spracovávať už pri teplotách nad 600 °C.

Sklo, ako potenciálny zdroj surovín z recyklovaných výrobkov, je možné rozdeliť do troch skupín, tvoriacich najväčší objem:

A) SKUPINA OBALOVÝCH SKIEL (fľaše, tabuľové sklo)

Sklo pre tieto produkty patrí medzi trojzložkové sklá. Teplota tavenia je 1000 – 1500 °C, mäknutie nastáva už pri 600 °C.

B) SKUPINA SKIEL PRE OBRAZOVKY

Sklo pre tieto produkty patrí medzi dvojzložkové sklá. Teplota tavenia je 1400 °C.

C) SKUPINA SKIEL PRE AUTOSKLÁ

Autosklá sa vyrábajú spájaním dvoch alebo viacerých vrstiev bežne tepelne upravovaných skiel za účelom odstránenia vnútorného pnutia, ktoré sú potom spojené prostredníctvom fólie. Bežne sa spája 3 mm skla, 0,38 mm fólie a opäť 3 mm skla.

3 PRIESKUM ZDROJOV SKLENNEJ SUROVINY Z RECYKLÁCIE ODPADOV

3.1 Dostupnosť surovín

V doterajšom výskume aj návrhu pôvodnej výrobnéj linky sa ako surovina používala bežná zmes črepov fľaškového a tabuľového skla, ktorá mala z hľadiska spracovania technológiou expandovania primerané teplotné charakteristiky. V poslednom čase sa však po prijatí zákona o odpadoch objavili na trhu aj recyklované sklené suroviny. Jedná sa hlavne o autosklá zo spracovania autovrakov a sklené podiely z recyklácie elektrotechnických zariadení – obrazovky, žiarovky a žiarivky. Recyklačné technológie sa začali uplatňovať už aj v priemyselnom merítku a pritom sa objavil problém použitia recyklovaného skleného materiálu. V súčasnej dobe sa vyrobený recyklát využíva iba v malom rozsahu a väčšina produkcie sa skladuje.

Pre lepšiu identifikáciu možností použitia recyklovaného skla boli vybrané dve firmy, ktoré reprezentujú rozvíjajúci sa priemysel spracovania odpadov s výstupom sklenéj suroviny. V súčasnosti ešte produkcia nedosahuje veľké objemy, ale dá sa predpokladať, že bude mať stále stúpajúcu tendenciu. Aby bolo možné posúdiť kvalitu spracovania a výstupného produktu – sklenéj suroviny, boli vybrané firmy navštívené a zároveň boli odobraté vzorky štandardnej produkcie.

Z oblasti spracovania autovrakov sa spracúvajú najmä čelné a bočné kalené autosklá. Odstraňujú sa bezpečnostné fólie lepených čelných skiel, pretože ostatné diely (plastové a kovové úchytky a držiaky) sa odstraňujú manuálne pri demontáži. Pri spracovaní čelných autoskiel sa používa zariadenie, tzv. „otrepávačka“, ktoré prechodom skla medzi profilovanými valcami sklo namáha silne na ohyb, čím sa kalené vrstvy skla popraskajú a následným otrepom sa oddelí sklenená hmota od plastovej fólie, ktorá zostáva neporušená a vcelku. Niekedy sa však spracúvajú autosklá z havarovaných vozidiel, kde fólia skla môže byť potrhaná. Prípadné kúsky fólie sa vždy zachytia následným prechodom cez triedič s inštalovaným sitom a je takmer vylúčená možnosť obsahu fólie v skle. Získaná sklená hmota sa po otrepaní melie nahrubo v úderovom mlyne a následne sa na triediči delí na tri frakcie

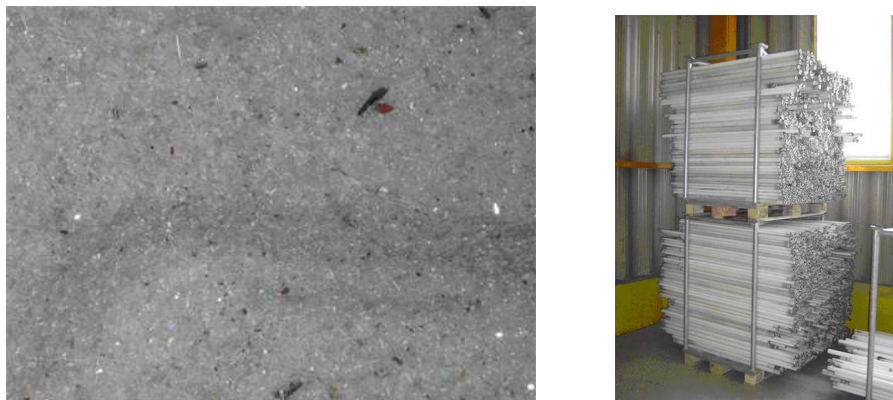
Z oblasti spracovania elektroodpadu sa spracúvajú žiarovky, žiarovky a všetky druhy televízorov. Používajú sa moderné plnoautomatizované a komplexné spracovateľské linky podľa zahraničnej technológie s veľkým výkonom.

Zo žiaroviek a žiariviek sú modernými spôsobmi odsaté halogénové plyny a fluorescenčné povlaky. Získaná sklená drť obsahuje veľký podiel tmelov a zvyško v kovových vláknach, ktorých separácia by bola náročná a nákladná a tak v súčasnosti nie je perspektívne spracovanie tohto skleného odpadu.

Ďalším produktom sú sklené črepy z čiernobielych a farebných obrazoviek. Spracovateľské linky dokážu obrazovky dokonale vyčistiť od vnútorného obsahu (plyny a povlaky) a oddeliť tienidlové sklo (báriové, olovené podľa typu obrazovky) od zadnej časti z obyčajného skla. Produktom sú sklené črepy značných rozmerov (viac ako 50 mm) a veľkou hrúbkou kusov (do 15 mm).



Obr. 1 HID- lampy (sklené črepy, pôvodné lampy)



Obr. 2 Lineárne žiarivky (drť, pôvodné lampy)



Obr. 3 Obrazovky televízorov a PC (separované Pb a Ba sklo, celé obrazovky)

3.2 Stanovenie frakčného zloženia vzoriek autoskla a obrazoviek

Z drviaceho stroja autoskiel vypadáva drť označovaná ako „Autosklo po drvení“, ktorá sa potom na triediči separuje na frakcie I., II., a III. Účelom bolo zistiť, aké rozmery majú častice v jednotlivých šaržách. Preto boli zo šarží odobraté vzorky a bola stanovené ich frakčné zloženie.

Frakčná analýza vzoriek sa realizovala na analyzačnom sitovom prístroji RHEWUM typ A2 na sitách s priemerom 200 mm.

Sitovanie vzoriek prebiehalo po dobu 5 minút pri nastavení maximálnych pracovných parametrov (impulz 10, intenzita 10). Z nameraných údajov boli zostavené krivky hustoty zrnitosti a distribučné charakteristiky, zobrazujúce rozdelenie veľkosti častíc v jednotlivých vzorkách.

Tabuľka 1. Výsledky a vyhodnotenie distribučných charakteristík vzoriek

	x_{min} [mm]	x_{max} [mm]	x_{50} [mm]	x_m [mm]
VZORKA 0 – Autosklo po drvení	0,26	6,00	2,90	2,80
VZORKA 3 – Autosklo frakcia III	0,90	4,10	2,70	2,60
VZORKA 2 – Autosklo frakcia II	0,10	2,10	1,28	1,05
VZORKA 1 – Autosklo frakcia I	0,02	0,83	0,34	0,02/0,10
VZORKA 4 – Sklo z obrazoviek s obsahom oxidu olova	0,05	1,26	0,43	0,08
VZORKA 5 – Sklo z obrazoviek s obsahom oxidu bária	0,05	1,26	0,27	0,08

Legenda k tabuľke 1: x_i – frakčný priemer [mm], R_i – úhrnný zvyšok [%], D_i – úhrnný podiel [%], x_{min} – minimálny rozmer častice [mm], x_{max} – maximálny rozmer častice [mm], x_{50} – medián [mm], x_m – modus [mm], y_i – hustota zrnitosti [mm^{-1}]



Obr. 4 Vzorka 1 – autosklo I

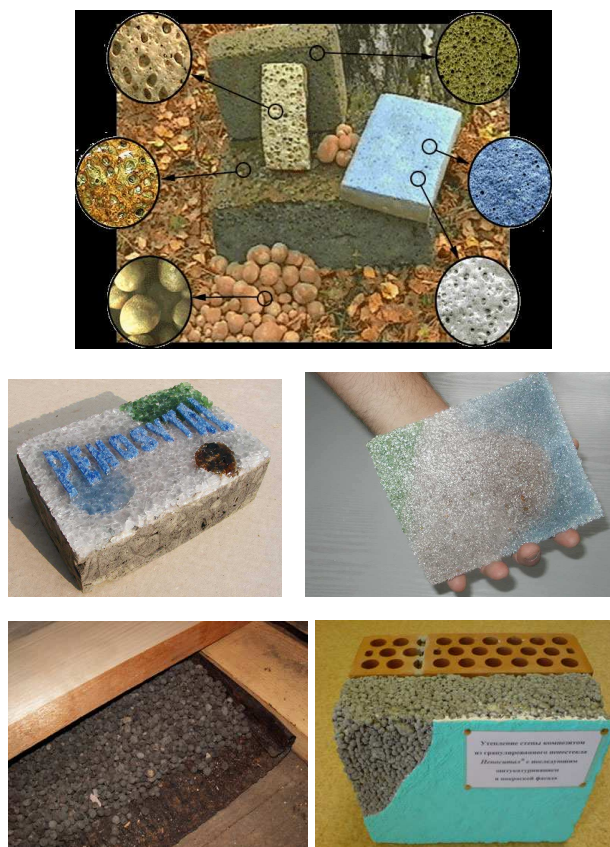


Obr. 5 Črepy z báryového skla tienidla obrazovky a črepy tienidla ČB TV

4 NÁMETY NA ALTERNATÍVNE VYUŽITIE SKLA

4.1 Expandované sklo

Prieskum dostupných informácií cez internetové stránky poukázal, že výroba expandovaného skla (foam glass, expanded glass) je známou technológiou, pričom jednotlivé patenty a technologické postupy sa odlišujú v detailoch.



Obr. 6 Výrobky z recyklovaného skla vo forme expandovaného skla. Bloky, dekoračné sklo, zásypový izolačný materiál, izolačný obkladový materiál na sten

Recyklované odpadové sklo transformované do podoby penového skla s vynikajúcimi mechanickými a izolačnými vlastnosťami.

Fyzikálne údaje:

Recyklované sklo 98 %

Anorganické aditíva 2 %

Objemová hmotnosť 244 – 300 kg.m⁻³

Tepelná vodivosť 0,072 – 0,092 W.m⁻¹.K⁻¹

Typické aplikácie:

Ľahký podkladový materiál pre konštrukciu ciest s vynikajúcou drenážnou schopnosťou.

Základové piliere.

Izolácie na budovy.

Stabilizácia svahov proti kĺzaniu.

Oblasti využitia:

Tepelná izolácia budov a potrubí.

Dobrá kombinovateľnosť s cementom a výroba betónu.

Materiál, ktorý môže prepúšťať pary alebo naopak zabráňovať ich prieniku.

Produkt má tvar:

Dosiek 500x500x100 mm s hustotou 200 kg.m⁻³.

Drvený materiál s hustotou 150 kg.m⁻³.

Granulát s hustotou 200 kg.m⁻³, veľkosť častíc do 10 mm, 10 – 20 mm, nad 20 mm.

4.2 Dekoračné sklo

Z recyklovaného skla z fliaš a okenných skiel sa vyrába terazzo. Využíva sa pri tom tavenie a farbenie skla.



Obr. 7 Dekoračné kamene z recyklovaného skla

4.3 Hnojivo

V odbornej literatúre [2] je publikovaná zmienka o skle ako hnojive dodávajúcim rastlinám stopové prvky. Prvá zmienka je z roku 1927, kedy boli aplikované hnojivá odvodené zo zeleného fľaškového skla, farbeného kombináciou oxidov FeO / MnO.

4.4 Reflexné vrstvy na obrubníkoch

Alternatívnou možnosťou využitia skla je jeho aplikácia do lepidiel, prostredníctvom ktorých sa naniesie na obrubníky pri cestách. Reflexný vlastnosti skla potom zvýrazňujú obrysy vozovky pri jazde v tme alebo za zníženej viditeľnosti.

4.5 Posypový materiál

Sklo, ako ekologicky nezávadný materiál, je vhodnou náhradou sa rôzne posypové látky na cesty.

5 ZÁVER

Prieskumu využitia a spracovania odpadového skla je možné zhrnúť do nasledujúcich záverov.

Na Slovenskom trhu s recyklovateľnými materiálmi je niekoľko firiem zaoberajúcich sa zberom a separáciou obalového skla, autoskiel a skiel z obrazoviek. Ich produktom je sklený polotovár vo forme zrna s rôznou veľkosťou. Tieto firmy sú ochotné spolupracovať a je možnosť dohodnúť s nimi úpravu zrna na požadované veľkosti.

Obalové sklá, autosklá a sklá z obrazoviek sú sklá s rozdielným chemickým zložením a z toho vyplývajúcich odlišných fyzikálnych vlastností, pričom sa odlišujú práve v najdôležitejšom parametre a to je teplota topenia.

LITERATÚRA

- [1] FANDERLIK, I.: Vlastnosti skel. Informatorium Praha, 1996.
- [2] VOLF, M. B.: Technická skla a jejich vlastnosti. SNTL, Praha, 1987.

Lektoroval: Ing. Andrea Neupauerová, PhD.

Kontaktná adresa:

Ing. Roman Fekete, PhD., Ústav procesného a fluidného inžinierstva, Strojnícka fakulta, STU v Bratislave, Nám. Slobody 17, 812 31 Bratislava, Slovenská republika

Ing. Štefan Gužela, PhD., Ústav procesného a fluidného inžinierstva, Strojnícka fakulta, STU v Bratislave, Námestie slobody 17, 812 31 Bratislava, Slovenská republika

Ing. Martin Juriga, PhD., Ústav procesného a fluidného inžinierstva, Strojnícka fakulta, STU v Bratislave, Námestie slobody 17, 812 31 Bratislava, Slovenská republika



MOŽNOSTI BIOLOGICKÉHO ODSTRAŇOVANIA VYBRANÝCH ZLOŽIEK ODPADOVÝCH PROCESNÝCH KVAPALÍN

POSSIBILITY OF BIOLOGICAL ELIMINATION OF SELECTED COMPONENTS OF WASTE CUTTING LUBRICANTS

Kristína GERULOVÁ – Stanislav HOSTIN – Anna MICHALÍKOVÁ – Jozef FIALA

ABSTRACT: The main aims of this study were to evaluate the level of biodegradation of selected metalworking fluids standards and samples from the plant by Zahn-Wellens test (OECD 302B) for inherent biodegradability, evaluate potential adsorption after 3 hours of cultivating and assessment applicability of the test for measuring the biodegradability, evaluate potential of activated sludge from sewage treatment plant to degrade the selected MWFs. Evaluated level of tested MWFs (Emulzin H, Ecocool, BC 25) standards biodegradation by Zahn-Wellens test achieved 80% in 10 days, so they have potential to ultimate degradation. Other aim was to develop a testing apparatus to measure biodegradability of poor soluble or insoluble organic material, biodegradability level measuring was based on oxygen consumption and carbon dioxide production measuring in closed system.

Key words: metalworking fluids, biodegradability

ABSTRAKT: Hlavným cieľom bolo určenie rozložiteľnosti vybraných procesných kvapalín (zriedených koncentrátov a vzoriek z prevádzky) pomocou Zahn-Wellens testu (OECD 302 B) na inherentnú biodegradabilitu, určiť mieru potenciálnej adsorpcie po 3 hodinách testu, a vhodnosť metódy pre meranie rozložiteľnosti rezných kvapalín týmto testom, určenie schopnosti aktivovaného kalu z ČOV rozkladať testované rezné kvapaliny. Emulzín H, Ekocool a BC 25 dosahovali až 80 % mieru rozložiteľnosti pri teste po 10 dňoch. Ďalším cieľom bolo vytvorenie testovacieho zariadenia umožňujúceho meranie biodegradability ťažko rozpustných prípadne nerozpustných organických látok, meranie rozložiteľnosti bolo založené na meraní spotreby kyslíka a produkcie oxidu uhličitého v uzatvorenom systéme.

Kľúčové slová: procesné kvapaliny, biodegradabilita

1 ÚVOD

Rezné (procesné) kvapaliny (RK) sa používajú pri mnohých obrábacích operáciách za účelom chladenia, mazania, či ochrany voči korózii, alebo napomáhaniu odvodu triesky z miesta rezu. Každá procesná kvapalina však musí spĺňať aj ďalšie kritériá, najmä z pohľadu zvyšujúcich sa požiadaviek na ochranu pracovného a životného prostredia. Vysoký dôraz sa kladie nielen na ich netoxickosť, ale aj vysokú biodegradovateľnosť. V poslednom období vzrastá záujem aj o také spôsoby obrábania, pri ktorých sa používa minimálne množstvo rezných kvapalín (Minimal Quantity Lubrication - MQL), pokiaľ možno biodegradabilných (Green Machining), alebo obrábanie bez použitia procesných kvapalín vôbec – suché obrábanie (Dry Machining). Zavádzaniu týchto technológií však stále môžu brániť vysoké vstupné investície. Biodegradabilita a ekotoxikita sú jednými z dôležitých ukazovateľov potenciálneho vplyvu látok na životné prostredie, ale aj možností ich likvidácie.

Procesné kvapaliny môžu obsahovať až 15-20 rôznych látok (inhibítory korózie, emulzifikátory, surfaktanty, EP prísady, biocídy a.i.), pričom ich zloženie sa počas používania mení najmä vplyvom pôsobenia vysokých teplôt, či kontaminácie mikroorganizmami. Ako

náhrada voči rezným kvapalinám na báze minerálnych olejov sa javia rastlinné oleje (repkový, sójový) alebo syntetické kvapaliny (polyglykoly, polyalfa olefíny, syntetické estery a pod.) [2,3,4].

Procesné kvapaliny sú podľa katalógu odpadov charakterizované ako nebezpečný odpad a skládkovanie či spaľovanie nie je považované za dostatočné riešenie. V minulosti sa najčastejšie pri likvidácii rezných kvapalín používali také technológie (využívajúc fyzikálne a chemické procesy), ktorými sa predovšetkým redukoval objem a zvyšok sa spaľoval, prípadne skládkoval. V súčasnosti sa do popredia dostávajú najmä membránová destilácia, reverzná osmóza či membránové bioreaktory. Výhodným sa javí predovšetkým kombinácia viacerých postupov [5,6,7].

Vysoký podiel organických zložiek v rezných kvapalinách, z nich robí dobrých kandidátov, na využitie bakteriálnej činnosti pri ich likvidácii. Výhodným sa ukazuje najmä využitie biologického čistenia ako sekundárneho či terciálneho stupňa čistenia [8]. Bioreaktory sú jedna z možností bioremediačných techník. Základom bioremediácií je to, že každý organizmus odstraňuje zo svojho životného prostredia látky (živiny či polutanty) a to rastom (akumuláciou) aj metabolizmom (degradáciou) [6,9]. Kontaminácia mikroorganizmami, ktorá sa v procese používania RK, javí ako problematická nielen znížením životnosti, ale aj zhoršovaním zdravotnej nezávadnosti (patogénne a fekálne mikroorganizmy) môže byť využitá (biokatalytický potenciál týchto mikroorganizmov) pri degradácii rezných kvapalín v bioreaktoroch. Vytvorenie špeciálneho konzorcia mikroorganizmov (z časti takých, ktoré najčastejšie kontaminujú RK) môže zvýšiť účinnosť degradácie týchto látok [10,11].

2 MATERIÁL A METÓDY

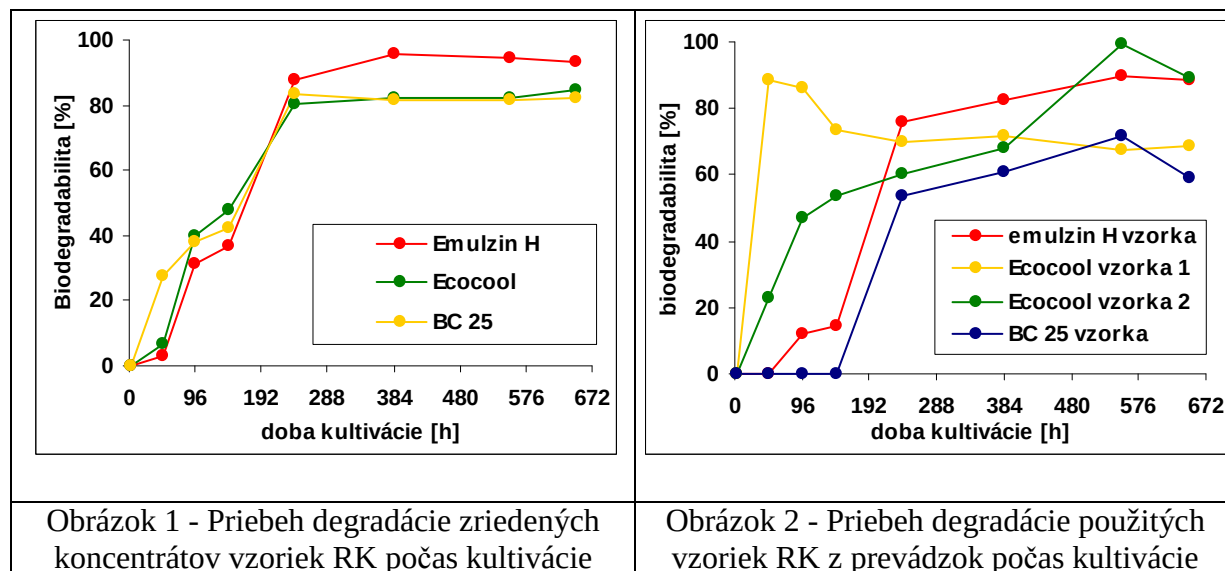
Použité vzorky rezných kvapalín, tak ako aj ich koncentráty boli získané z prevádzok ZVS Dubnica nad Váhom, Matec Metalurg a Matec steel. Pri experimentoch sa použili: Emulzín H – zmes minerálnych olejov a syntetických emulzifikátorov [12], Ecocool – nízkominerálny olej so zmesou dietanolamínov, etoxylátov a derivátov glykolu [13], Blascocut BC 25 – zmes minerálneho oleja, fenylglykolov, alkanolamínov, emulzifikátorov a inhibítorov [14], Dasnobor – zmes minerálneho oleja a EP-prísad, obsahuje etanolamín a trietanolamín [15]. Ako inokulum pri testovaní rozložiteľnosti sa použil aktivovaný kal získavaný z čistiarne odpadových vôd Volkswagen Bratislava. Použité vzorky procesných kvapalín z prevádzok boli kontaminované zmesou mikroorganizmov v rozsahu 10^4 – 10^5 CPM na 1 ml kvapaliny merané CULT DIP testom fi. Merck. Ako ukazovateľ merania rozkladu procesných kvapalín aktivovaným kalom podľa OECD 302 B – Zahn-Wellens testu sa zvolilo CHSK (meraný počas 28 dní).

3 VÝSLEDKY A DISKUSIA

Hlavným cieľom bolo zistenie potenciálnej možnosti rozložiteľnosti vybraných procesných kvapalín aktivovaným kalom a vzhľadom na niektoré nevýhody OECD 302 B testu pre hodnotenie inherentnej rozložiteľnosti overenie funkčnosti zhotovenej aparatury pre hodnotenie biodegradability ťažko rozpustných príp. nerozpustných látok.

3.1 Hodnotenie rozložiteľnosti vybraných procesných kvapalín

Tak ako je to znázornené na obr. 1 najvyššiu úroveň degradability dosiahla vzorka zriedeného štandardu Emulzínu H (95%). Úroveň degradability vzoriek Ecocoolu a Blascocutu je približne rovnaká (cca 80 %).



Tak ako v prípade zriedených koncentrátov (nepoužitých rezných kvapalín) tak aj v prípade vzoriek z prevádzky (ktoré však boli kontaminované MO) bola počiatočná koncentrácia CHSK vyššia ako 1000 mg/l, napriek tomu úroveň degradácie dosahovala hodnoty od 72 % (vzorka Ecocool 1 a Blascocut BC 25) po Emulzín H – 89 % a Ecocool 99 % - Obr. 2.

Pokles CHSK rezných kvapalín po prvých 3 hodinách testu dáva informáciu o potenciálnej adsorpcii látky na napr. vložky kalu alebo steny nádoby. Úroveň adsorpcie pri teste by nemala prekročiť 20 %, pričom po prekročení tejto hodnoty, nie je možné odlíšiť biotický rozklad od abiotickej eliminácie testovanej látky zo vzorky odoberanej počas testu na analýzu. V takýchto prípadoch sa odporúča použiť pre hodnotenie degradability inú metódu založenú napr. na meraní spotreby kyslíka alebo uvoľneného oxidu uhličitého, či metódy založené na analýze IČ spektra po extrahovaní vo vhodnom extrahovadle. Úroveň 20 % adsorpcie bola prekročená len v prípade reznej kvapaliny Blascocut BC 25 a to v troch prípadoch zo štyroch opakovaní testu.

3.2 Modifikácia testovacej aparatury pre meranie rozložiteľnosti

Pri klasickom Zahn-Wellens teste sa ako kultivačná nádoba používa otvorená Erlenmayerova banka, ktorá sa prevzdušňuje počas celej doby testu, pre vyhodnotenie rozložiteľnosti sa v jednotlivých vzorkách stanovuje CHSK alebo DOC. Jednotlivé parametre však neumožňujú merať vzorky, ktoré sú málo alebo nerozpustné, prípadne prchavé alebo majú vysokú mieru adsorpcie. Vzhľadom na niektoré tieto nevýhody Zahn-Wellens testu (vplyv adsorpcie, a nevýhody meraného parametra CHSK) bola zostrojená modifikovaná aparatura na paralelné meranie uvoľňovaného CO₂ a spotrebúvaného O₂, parametrov pomocou ktorých možno vyhodnotiť rozložiteľnosť látok. Aparatura znázornená na Obr. 3 pozostáva z niekoľkých komponentov.



Obrázok 3 – Modifikácia testovacej aparatury pre meranie rozložiteľnosti prostredníctvom kontinuálneho a paralelného merania spotreby O₂ a produkcie CO₂

Modifikovaná testovacia aparatura je skonštruovaná ako uzavretý systém. Podobný systém je popísaný aj v [1]. V ňom je vzduch prečerpávaný cez testovací roztok, kde sa činnosťou mikroorganizmov pri rozklade organického substrátu spotrebovávajú prítomný kyslík následkom čoho sa vytvorí podtlak (ten sa prejaví rozdielom hladín v U-trubici – manometri). Rozdiel hladín (Δh) sa môže zaznamenávať dvomi spôsobmi (ručne a automaticky). Zo zaznamenaných hodnôt je možné vypočítať množstvo spotrebovaného kyslíka. Namerané zmeny tlaku je potrebné korigovať vzhľadom na teplotu ak sa táto počas testu mení a nie je upravovaná. Teplota sa zaznamenáva súbežne počas priebehu testu. Produkovaný oxid uhličitý reaguje s absorpčným roztokom za vzniku nerozpustného precipitátu, čo vedie k poklesu vodivosti. Po kalibrácii zmeny vodivosti voči známemu množstvu CO₂ je možné spätne prepočítať množstvo vyprodukovaného oxidu uhličitého na základe záznamu priebehu vodivosti. Obsah nádob premiešava pomocou magnetického miešadla.

Pre otestovanie aparatury sa uskutočnilo meranie rozložiteľnosti nerozpustnej vzorky – slamy (*Hordeum vulgare*).

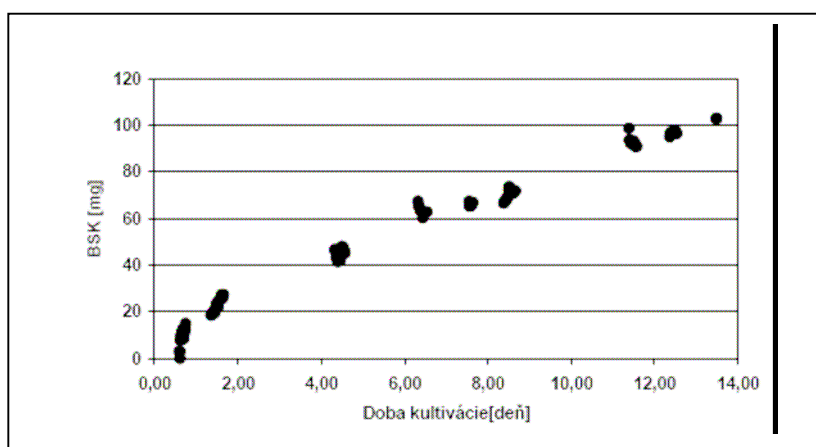
Výpočet degradability na základe spotreby kyslíka

Hodnota tlaku závisí na teplote, preto musí byť hodnota tlaku (z Δh odčítané z U-trubice) výpočtami skorigovaná vzhľadom na teplotu, zmeny parciálneho tlaku pár a obsah plynnej fázy vo vnútri testovacieho systému. Vzhľadom na relatívne vysoký pomer množstva vzduchu k množstvu kvapaliny (1:1), vplyv teploty na zmenu objemu a tiež rozpustnosť kyslíka vo vode môže byť zanedbaný.

Stupeň degradácie je následne možné vypočítať nasledovným spôsobom:

$$D = \frac{(BSK_{test} - BSK_{blank})}{TSK(CHSK)} [\%] \quad (1)$$

Na obr. 4 je znázornený priebeh BSK u testovanej nerozpustnej vzorky - slamy skorigovaný v závislosti od teploty. Podľa priebehu je zrejmé že prítomné inokulum, ktoré utilizovalo substrát, spotrebúvalo z uzavretého systému kyslík. Po získaní hodnôt BSK pri blanku (merané paralelne s testom) možno vypočítať priebeh degradácie vzorky v závislosti od času podľa vzorca (1).



Obrázok 4 - Závislosť BSK od času pri vzorke biomasy

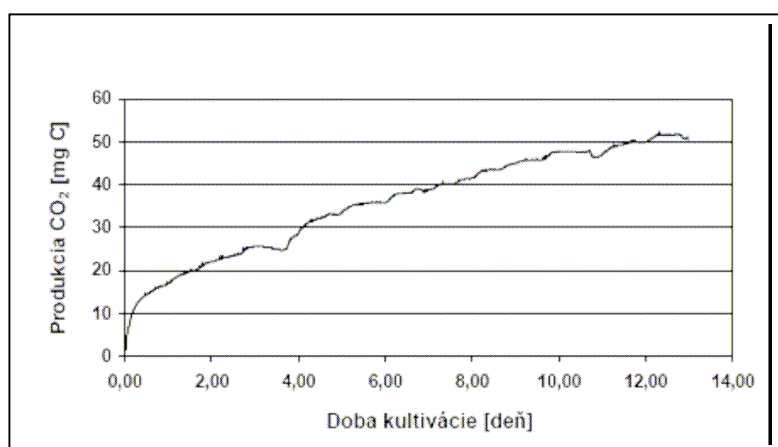
Výpočet produkcie oxidu uhličitého

Množstvo oxidu uhličitého, ktorý sa vyprodukuje v systéme je možné zachytávať v absorpčnej fľaši s obsahom hydroxidu bárnateho, ktorý po reakcii vytvára nerozpustný precipitát a tým sa znižuje vodivosť celého média. Zmena vodivosti v roztoku hydroxidu bárnateho sa používa ako miera produkcie oxidu uhličitého.

Stupeň degradácie je následne možné vypočítať nasledovným spôsobom:

$$D = \frac{(m_{CO_2(test)} - m_{CO_2(blank)})}{TSK(CHSK)} [\%] . \quad (2)$$

Na obr. 5 je znázornený priebeh produkcie oxidu uhličitého u testovanej nerozpustnej vzorky – slamy prepočítaný ako množstvo uhlíka. Na základe klesajúcej vodivosti v absorpčnej fľaši (z dôvodu reakcie oxidu uhličitého s hydroxidom bárnatým) sa vypočítalo množstvo uvoľneného CO_2 inokulom pri rozklade substrátu. Po získaní hodnôt produkovaného CO_2 pri blanku (merané paralelne s každým testom) možno vypočítať priebeh degradácie vzorky v závislosti od času podľa vzorca (2).

Obrázok 5 – Produkcia CO_2 v závislosti od času pri vzorke biomasy

4 ZÁVER

Na základe uskutočnených experimentov možno konštatovať, že použitý aktivovaný kal je schopný za určitých podmienok degradovať rezné kvapaliny – Emulzín H, Ecocool, Blascocut BC 25 a Dasnobor. Napriek tomuto zisteniu sa však odporúča testovať degradabilitu týchto RK aj prostredníctvom iných ukazovateľov, prípadne zvoliť také analytické metódy, ktorými by bolo možné vyhodnotiť aj produkty degradácie pri rozklade. Predstavená modifikovaná aparátúra, predstavuje možnosť, ako možno merať rozložiteľnosť RK mikroorganizmami kontinuálnym a paralelným meraním spotreby kyslíka a produkcie oxidu uhličitého. Je však potrebné zabezpečiť paralelné meranie blanku (neobsahuje substrát). Výhodným sa ukazuje automatizované meranie zmeny tlaku vhodným čidlom. Účelným sa ukazuje tiež možnosť zavedenia výpustného ventilu pre kvalitatívno kvantitatívnu analýzu, pre zisťovanie produktov degradácie, v tomto prípade je však nutné opäť uvažovať zmeny tlaku v systéme. Týmto experimentom môže nasledovať selekcia vybraných druhov mikroorganizmov kontaminujúcich rezné kvapaliny v procese používania, ich kultivácia a hľadanie správnych konzorcií pre ich využitie pri degradácii napr. v bioreaktoroch ako jednej z možností bioremediačných metód.

LITERATÚRA

- [1] NORR, C., MEINECKE, S., BRACKEMANN, H., Modification of the Zahn-Wellens test: determination of the biodegradability of poorly soluble, adsorbing and volatile substances by measurement of oxygen consumption and carbon dioxide production. In: *Chemosphere*, No. 44, 2001, p. 553 – 559.
- [2] Emission Scenario Document on Lubricants and Lubricant Additives, OECD Environmental Health And Safety Publications, Series On Emission Scenario Documents No. 10, December 2004.
- [3] EKENGREN, Ö., NIEMINEN, I., BERGSTRÖM, R. Environmentally acceptable metalworking processes. Ivl Swedish Environmental Vtt Research Institute, 2002-01-18, A96291.
- [4] PETTERSSON, A., High-performance base fluids for environmentally adapted lubricants. In: *Tribology International* 40, p. 638 – 645, 2007.
- [5] CHENG, CH., PHIPPS, D., ALKHADDAR, R., M., Review - Treatment of spent metalworking fluids. In: *Water Research*, No. 39, 2005, p. 4051 – 4063.
- [6] BENITO, J., M., RIOS, G., ORTEA, E., FERNHDEZ, E. Design and construction of a modular pilot plant for the treatment of oil-containing wastewaters, In: *Desalination*, No. 147, 2002, p. 5 – 10.
- [7] SCHOEMAN, J., NOVHE, O. Evaluation of microfiltration for the treatment of spent cutting-oil, In: *Water SA*, Vol. 33, No. 2, 2007, ISSN 0378 – 4738.
- [8] Treatment and disposal of used metalworking fluids. CIMCOOL – technical report J/N 00/52, Milacron Marketing Co., Consumable Products Division, Cincinnati, ohio 45209
- [9] Environmental Technology Best practice Programme, GG199, Guide Optimising the use of Metalworking Fluids, Prepared by Pera technology.

- [10] TOMPSHON, I., Integrated water management, A case study or moving towards more sustainable industrial solutions (coolants, lubricants), CEH oxford, University of Oxford and microbial solutions, Ltd.
- [11] GAST, C., J., KNOWLES, C., J., WRIGHT, M., A. Identiffication and characterisation of bacterial populations of an in-use metal-working fluid by phenotypic and genotypic methodology. In *International Biodeterioration & Biodegradation*. 2001, No. 47, pp.113 – 123.
- [12] Emulzin H - Material Safety Data Sheet, by the RL91/155/EU lex SR 163/2001 a public notice 515/2001, 30.1.2006, elaborate FUCHS OIL CORP. (SK) spol. s r. o.
- [13] Ecocool – Material safety data sheet, by the lex 91/155/ES § 14 GefStoffV. TRGS 220 and by the public notice No. 27/1999, 24.8.2004, FUCHS OIL CORPORATION (CZ).
- [14] Blascocut BC 25 – Material safety data sheet, by the public notice No. 231/2004 (CZ), 1.8.2004, Blaser Swissslube CZ, s. r. o.
- [15] CHARVÁT, PRIEMYSELNÉ OLEJE. Ilustračné príklady použitia niektorých produktov D. A. STUART.[cit.2007-14-04]. Dostupné na: <http://www.charvat-hs.cz/katalogy/prumyslove_oleje.pdf>

Lektoroval: doc. Ing. Jozef Černecký, CSc.

Kontaktná adresa:

Ing. Kristína Gerulová, PhD., Katedra environmentálneho inžinierstva, Materiálovo-technologická fakulta v Trnave, Slovenská technická univerzita, Paulínska 16, 917 24 Trnava



PŘEPRAVNÍ JEDNOTKY PRO SVOZ ODPADU

TRAFIC UNITS FOR HAULAGE OF WASTE

Leopold HRABOVSKÝ

ABSTRACT: The paper describes model series by compactors. Compactors are used for pressing of waste materials like paper, plastic and others, they are intended for pressing, collection and transport of municipal, technological and household waste, cardboard, plastic and organic waste. Their technology enables to reduce the volume of waste to 1/4 of it's original volume, which significantly reduces the costs of transport. Advantages of compactors are reduction of transport costs and of frequency of discharge, maximum utilization of container's space, their waterproof, it is possible to press organic material.

Key words: compactors, pressing of waste, municipal of waste, technological of waste

ABSTRAKT: Příspěvek popisuje konstrukční principy lisovacích kontejnerů. Lisovací kontejnery jsou používány pro zpracování odpadu jako je papír, plasty apod., jsou určeny pro lisování, shromažďování a převoz komunálních, technologických a domovních odpadů, papírových kartónu, plastů a organických odpadů. Jejich technologie umožňuje snížit objem odpadu až na 1/4 původního objemu, což snižuje náklady na odvoz. Mezi přednostmi lisovacích kontejnerů je možno uvést snížení přepravních nákladů, čím se podstatně sníží četnost vyvážení, maximální využití prostoru kontejneru, vodotěsnost, což umožňuje lisovat i organický materiál.

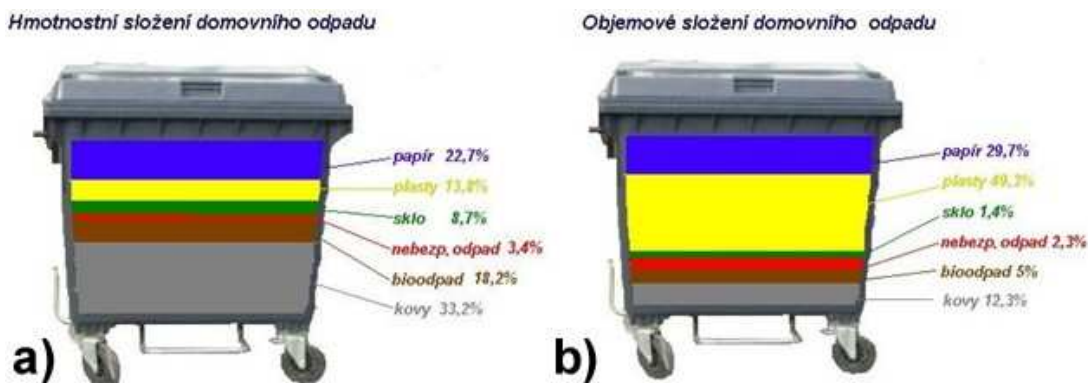
Klíčové slová: lisovací kontejner, zpracování odpadu, komunální odpad, technologický odpad

1 ÚVOD

Negativní dopad působících vlivů komunálních, technologických a domovních odpadů na životní prostředí, stále narůstá se zvyšováním životní úrovně a zvyšující se prosperitou společnosti.

Zcela specifické vlastnosti má domovní odpad. Znalost skladby domovního odpadu je prvořadým hlediskem a parametrem při rozhodování obcí a měst o způsobech třídění především využitelných složek odpadů a o způsobech nakládání se směsným (zbytkovým) komunálním odpadem. V praxi nelze stanovit jednoznačné ukazatele o skladbě domovních odpadů, jejich složení se liší podle typů zástavby a závisí i např. na životním stylu a věkovém složení obyvatel, způsobu vytápění, vlastnictví zahrady apod.. Při odhadu skladby odpadu v obci je vhodnější, s ohledem na jednotlivé ukazatele, na základě dostupných znalostí určit podíly v jednotlivých typech zástaveb a následně provést výpočet skladby, viz obr.1 a.

Důležitou charakteristikou je objemová hmotnost odpadů, tzv. „hustota odpadů“. Je to objem odpadů měřený za určitých podmínek. Objemová hmotnost se liší v jednotlivých fázích nakládání s odpady. Největší objem mají odpady při sběru, viz obr.1 b. Následným *lisováním ve svozovém autě* se objem zmenšuje. Znalost objemu odpadů napomáhá při vytváření sběrné sítě, lze stanovit předpokládané množství sběrných nádob potřebných pro systém třídění odpadů, kapacitu třídící linky nebo dalšího zařízení pro využití nebo odstranění odpadů.



Obrázek 1 Hmotnostní a objemové složení domovního odpadu [1]

2 KONTEJNERY PRO SVOZ ODPADŮ

V současné době při razantním nárůstu cen pohonných hmot, které se zvláště dotýkají motorových vozidel opatřených vznětovými motory (kterými jsou vybaveny všechny typy nákladních vozidel), je kladen zvýšený důraz na využití maximální nosnosti přepravních prostředků, z důvodu snížení přepravních nákladů a tím úspory pohonných hmot.

Při manipulaci, dopravě a svozu směsných odpadů (SKO je složka odpadu vzniklá po vytrídění papíru, plastu, skla, tetrapaků, kovů, nebezpečného odpadu, objemného odpadu aj.), stavebních materiálů, zemin a sypkých hmot z místa určení do místa zpracování (případně uložení) jsou tyto zpravidla přepravovány v otevřených nebo uzavřených kontejnerech, různých tvarů a objemů.



Obrázek 2 Kontejnery pro svoz komunálních odpadů

Pro dopravu sypkých materiálů, kde není možno vlivem působícího tlaku snížit jejich objem, jsou používány rozličné typy kontejnerů, viz obr.2. Pro dopravu komunálních, technologických a domovních odpadů je možno s výhodou využít lisovací kontejnery (viz kapitola 4) nebo stabilní lisovací jednotky (viz kapitola 3), které slisují odpadový materiál do polovičního objemu, což snižuje náklady na jejich dopravu.

3 LISOVACÍ JEDNOTKY – PAKETOVACÍ LISY

Lisovací jednotky vhodné pro menší až středně velké objemy lisovaného materiálu, jsou na trh dodávány pod názvem „malé lisy“, viz obr.3. Tyto lisy umožňují zpracovat maximálně 1,5 t materiálu denně. Rozměr slisovaného balíku je přibližně na 1/2 EUR palety.

Lisy dodávané výrobcem [2] na spotřební trh pod obchodním názvem jsou:

- jednokomorový hydraulický balíkovací lis (lisovací síla 3 t, lisovací tlak 1,25 kg/cm²) s výměnnými komorami L3-VK, viz obr.3 a,

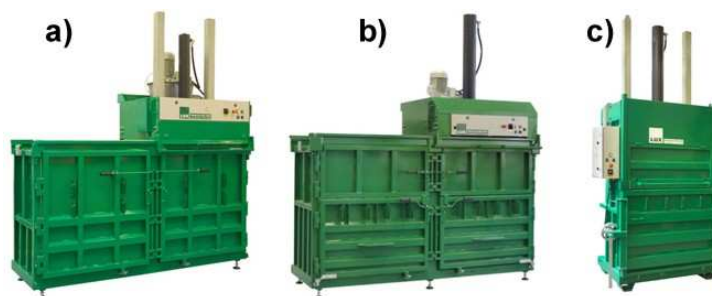
- jednokomorový hydraulický balíkovací lis (lisovací síla 5 t, lisovací tlak 1,43 kg/cm²) s výklopnou komorou L5-V, viz obr.3 b,



Obrázek 3 Lisovací jednotky, tzv. „malé lisy“

- jednokomorový hydraulický balíkovací lis (lisovací síla 5 t, lisovací tlak 1,21 kg/cm²) s parkovací dráhou L5-1, viz obr.3 c,
- dvoukomorový hydraulický balíkovací lis (lisovací síla 5 t, lisovací tlak 1,21 kg/cm²) L5-2, viz obr.3 d.

Lisovací jednotky vhodné pro střední až velké objemy lisovaného materiálu, jsou na trh dodávány pod názvem „velké lisy“, viz obr.4. Tyto lisy umožňují zpracovat 1,5 tuny a více materiálu denně. Rozměr slisovaného balíku je přibližně na 1 europaletu. Vzhledem k velké nalisované hmotnosti balíků jsou lisy vybaveny automatickým hydraulickým systémem vyklápění balíků.



Obrázek 4 Lisovací jednotky, tzv. „velké lisy“

- Lisy dodávané výrobcem [2] na spotřební trh pod obchodním názvem jsou:
- dvoukomorový hydraulický balíkovací lis (lisovací síla 20 t, lisovací tlak 2,59 kg/cm²), L20-2, viz obr.4 a,
 - dvoukomorový hydraulický balíkovací lis (lisovací síla 30 t, lisovací tlak 3,13 kg/cm²), L30-2, viz obr.4 b,
 - jednokomorový hydraulický balíkovací lis (lisovací síla 30 t, lisovací tlak 3,13 kg/cm²), L30-1, viz obr.4 c.

4 STACIONÁRNÍ LISY

Stacionární lisy jsou určeny pro lisování kartónu, papíru, plastů a komunálního odpadu.



Obrázek 5 Stacionární lisy

Lisy stacionární dodávané firmou [3] na spotřební trh jsou:

- SP380LH, viz obr.5 a. Objem násypky s nástavbou může dosahovat až 7 m^3 . Při jednom pracovním cyklu lisování je možno do kontejneru umístit až $2,1 \text{ m}^3$ hmoty, může lisovat silou až 32 tun, při této tlakové síle se do přídatného kontejneru o objemu 30 m^3 nalisuje 5 až 6 t tvrdého kartónu. Lis je připojován automaticky ke kontejneru pomocí hydraulických háků a po připojení dojde k otevření posuvného uzávěru. Po naplnění kontejneru dojde k jeho automatickému uzavření pomocí gilotinového šoupátkového uzávěru a odpojení od lisu. Hydraulická jednotka bývá umístěna mimo uzavřený prostor (lze ji umístit také samostatně na rampu) stacionárních lisů, což umožňuje výhodnější přístup při údržbě stroje. Funkce lisu jsou ovládány pomocí tlačítek umístěných na ovládacím panelu, nebo volitelně pomocí externího dálkového ovládání či SMS. Na přání zákazníka může být instalována zvuková i optická signalizace chodu lisu nebo naplnění kontejneru.
- SP380LR, viz obr.5 b. Parametry objemu násypky s nástavbou, lisovací síly a hmotnosti nalisovaného kartónu odpovídá předchozímu konstrukčnímu provedení lisu SP380LH. Ke kontejneru je lis připojován obsluhou manuálně využitím račny a před odpojením od naplněného kontejneru lis uzavře kontejner prostřednictvím dvou trubek, které pak obsluha ručně v kontejneru zajistí.
- SP45LH, viz obr.5 c. Lis je konstruován pro maximální výkon lisování průmyslového odpadu, velkoobjemového kartónu a papíru. Násypka může pojmout až 7 m^3 materiálu, při jednom cyklu lisování je lis schopen, silou až 45 t, nalisovat do přípojného kontejneru $1,75 \text{ m}^3$ hmoty. Do kontejneru s objemem 30 m^3 se vyvozením tlakové síly nalisuje 6 až 7 t tvrdého kartónu. Tento lis je vybaven výkonnějším hydraulickým agregátem (ve srovnání s SP380) umístěným v zadní části lisu, viz obr.6 a, ostatní funkce a ovládání lisu jsou shodné jako u SP380, šířka lisovacího beranidla 1500 mm. Lis se připojuje automaticky ke kontejneru hydraulickými háky a po připojení dojde k otevření posuvného uzávěru. Po naplnění kontejneru dojde k jeho automatickému uzavření pomocí gilotinového šoupátka a odpojení od lisu. Tento systém umožňuje plně automatizovaný provoz, který lze sledovat a ovládat i na dálku. Stacionární lis SP45LH se upevňuje na rovný betonový podklad pomocí kotevních šroubů. Funkce lisu jsou ovládány pomocí tlačítek umístěných na ovládacím panelu, nebo volitelně pomocí externího dálkového ovládání či SMS.



Obrázek 6 a) stacionární lis SP45LH, b) stacionární lis SP45LR

- SP45LR, viz obr.5 d, se upevňuje na rovný betonový podklad pomocí kotevních šroubů. Funkce a parametry lisu jsou obdobné variantě SP45LH, rozdílnost je v připojení lisu ke kontejneru, který připojuje obsluha manuálně pomocí račny a před odpojením od naplněného kontejneru lis uzavře kontejner pomocí dvou trubek, které pak obsluha ručně v kontejneru zajistí.
- SRP800 viz obr.5 e, je rotační lis osazený jedním šnekem, vhodný zejména pro lisování odpadových materiálů jako papír, kartony, směsný komunální odpad, propagační tiskoviny, fólie atd. Tento lis je stacionární obdobně jako lisy SP380 nebo SP45 a je montován a kotven na rovný betonový podklad. Nad pracovní částí šneku je umístěno přítlačné zařízení sloužící k podávání zpracovávané suroviny do závitů šneku. Veškeré funkce lisu jsou ovládány pomocí tlačítek umístěných na ovládacím panelu, nebo volitelně pomocí externího dálkového ovládání.

5 LISOVACÍ KONTEJNERY

Kontejnery lisovací musí odpovídat požadavkům EU, směrnice pro stroje č. 98/37/EC, příloha II.A. Lisovací kontejnery jsou využívány při zpracování odpadu (papír, plasty apod.), jejich technologie umožňuje snížit objem odpadu až na čtvrtinu původního objemu, což výrazně snižuje náklady na odvoz. Kontejnery jsou ocelové konstrukce s mechanickým nebo hydraulickým otvíráním zadních dveří. Na základě požadavků zákazníka je možno provést změnu rozměrů, natahovacího systému a dalších parametrů [4].

Samolisovací kontejnery typu ASK, viz obr. 7, jsou určeny pro lisování a převoz komunálních odpadů, kartónu a plastů. Mobilní samolisovací kontejnery jsou standardně vyráběny ve verzích o objemu 10, 15, 20 a 24 m³.



Obrázek 7 Samolisovací kontejnery typu ASK

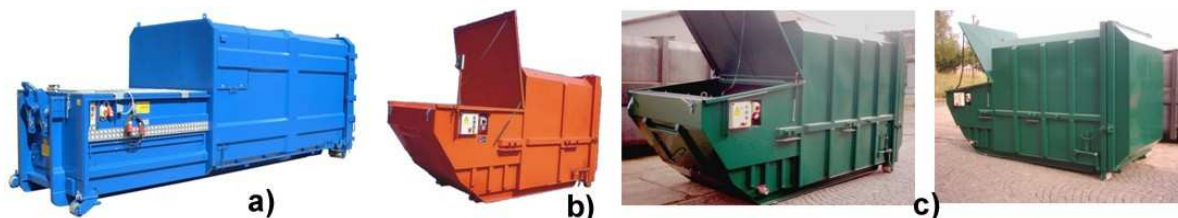
Stabilní spojení lisu s kontejnerem umožňuje operativní umístění stroje bez ohledu na kvalitu podkladu. Kontejnery typu ASK jsou vybaveny pro lehkou manipulaci čtyřmi

rolnami. Na přední straně lisu je umístěn polohovatelný hák určený pro natahování kontejneru na převozní vozidlo, vrata jsou vybavena manipulačním hákem. Lis je ovládán pomocí tlačítek na ovládacím panelu. Dle přání zákazníka je možno instalovat externí dálkové ovládání či ovládání přes SMS. Cyklus lisování trvá cca 55 s a dobu lisování je možno nastavit dle přání zákazníka a druhu lisovaného materiálu. Standardně je nastaven 10-ti a 60-ti minutový cyklus lisování. Maximální lisovací síla je 31 t. Naplnění kontejneru na 80 % signalizuje žlutá kontrolka a při 100 % naplnění dojde k automatickému zastavení lisování.

Mobilní samolisovací kontejnery MPC20, viz obr.8 a, jsou kontejnery pevné a stabilní konstrukce. V horní boční části kontejneru je umístěn hydraulický agregát a elektrorozvaděč.

Kontejner má kónický tvar pro snadné vyprazdňování, je uzavírán masivními jednokřídlovými vraty, které jsou ve spodní části opatřeny gumovým těsněním proti vytékání tekutého odpadu, zajišťují se tříbodovým račnovým mechanismem. Vrata jsou vybavena usměrňovači, které umožňují dokonalé posouvání lisovaného odpadu a natahovacím hákem. Za účelem snadné manipulace je kontejner osazen čtyřmi odvalovacími rolnami, z toho dvě v přední části jsou sklopné.

Lisovací část je pevně spojená s kontejnerem a tvoří spolu kompaktní jednotku. Proti zamezení zpětného pohybu odpadu při lisování jsou v plnicím otvoru umístěny zpětné zábrany. Plata jsou uložena v ocelových vodících drážkách. A lisovací beran je vybaven polyamidovými kluzáky. Násypka lisu je uzavíratelná dvojdílným poklopem, který po otevření zvětšuje prostor násypky. Lehké otvírání a zavírání poklopu zabezpečují dva pomocné plynové písty, které jsou uloženy v ocelových pouzdrech. Na přední vnější straně lisu je polohovatelný hák pro natahování kontejneru na auto. Pod natahovacím hákem je servisní otvor pro údržbu.



Obrázek 8 a) Samolisovací kontejner MPC20; b,c) samolisovací kontejnery typu MSK

Samolisovací kontejnery MSK 7,5 m³ (obr.8 b) a 10 m³ (obr.8 c) jsou určeny pro lisování a převoz komunálních odpadů. Kontejner je osazen klapkou, která je po celém obvodu utěsněna gumou. Cyklus lisování trvá cca 55 s a lisovací dobu lze nastavit dle přání zákazníka (standardně je přednastavena na 10-ti a 60-ti minutový cyklus lisování). Maximální lisovací síla je 32 t. Lisovací prostor může být osazen víkem. Kontejnery typu MSK jsou vybaveny úchyty pro zachycení řetězů, neboť se nakládají na vozidlo ramenovým nakladačem pomocí řetězů, volitelně lze lis vybavit pojezdovými rolnami.

6 ZÁVĚR

Kontejnerové lisy jsou výhodným řešením při zpracování odpadů všude tam, kde je značné množství odpadu a kde je potřeba s odpady nakládat bez zbytečné manipulace. Velký objem kontejnerů (až 30 m³) a vysoké zhutnění pak šetří náklady na odvoz a likvidaci odpadů.

Kontejnerové lisy se používají k lisování jak komunálního odpadu, tak pro všechny druhy obalových materiálů, které se dají slisovat na čtvrtinu až šestinu původního objemu.

Konstrukce, v současné době dodávaných kontejnerových lisů, jsou variabilní, bývají opatřeny robustní a tuhou konstrukcí a ve většině případů kvalitní povrchovou úpravou.

Trh nabízí různé stupně vybavení kontejnerových lisů tak, aby byly maximálně splněny požadavky zákazníků. Příprava prostoru pro jejich umístění je nenáročná, jsou kladeny vysoké nároky na bezpečnost provozu, lisy odpovídají příslušným bezpečnostním a hygienickým požadavkům směrnic EU.

Kontejnerové lisy je možno přepravovat nákladními automobily všemi v současné době známými systémy natahování na korbu nákladního vozidla. Kontejnerové lisy se většinou umísťují v exteriéru a šetří tak skladový prostor.

LITERATÚRA

[1] http://storm.fsv.cvut.cz/on_line/os10_os20_ohos/02.pdf

[2] <http://www.lux-ptz.com/cs/produkty>

[3] Industry Vision Progress, a.s., <http://www..ivp.cz>

[4] <http://www.podhoran.cz/page/67943.kontejnery-lisovaci>

Lektoroval: *Ing. Petra Kvasnová, PhD.*

Kontaktní adresa:

Doc. Ing. Leopold Hrabovský, Ph.D., VŠB – Technická univerzita Ostrava, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava – Poruba, tel.: +420 597 323 185, +420 596 991 719, fax: +420 59 691 6490, e-mail: leopold.hrabovsky@vsb.cz



ROZPOZNÁVANIE OBRAZOV V TECHNOLOGIÁCH TRIEDENIA PLASTOVÉHO ODPADU

IMAGE RECOGNITION IN PLASTIC WASTE SORTING TECHNOLOGIES

Mária HRČKOVÁ - Jozef ŠURIANSKY

Abstract: Geometrical model and its application in recognition of PET bottles in scenes with various types of defects included are described in the article. Theoretical description of model design and its programme realization followed by the recognition process are introduced. The results reached and subsequent conclusions are introduced in the conclusion.

Key words: waste, plastic material, image, model, edge operator

Abstrakt: V článku je popísaný geometrický model a jeho aplikácia pri rozpoznávaní PET fliaš zo scén, ktoré obsahujú rôzne typy poškodení. Uvedený je teoretický popis návrhu modelu, jeho programová realizácia a následne proces rozpoznávania. V závere sú uvedené dosiahnuté výsledky a z nich vyplývajúce závery.

Kľúčové slová: odpad, plast, obraz, model, hranový operátor

1 ÚVOD

K hlavným výzvam v oblasti životného prostredia patrí v súčasnosti produkovanie nadmerného množstva odpadu. Väčšina z neho sa uskladňuje na skládkach odpadu alebo spaľuje v spaľovniach. Obidva tieto spôsoby poškodzujú životné prostredie. Preto sa hľadajú iné alternatívy. Jednou z nich je recyklovanie odpadu. Nezanedbateľnú časť odpadu tvoria plasty. Na rozdiel od odpadov z prírodného materiálu, ktorý je biologicky rozložiteľný, dlhodobo znečisťujú životné prostredie, pretože vďaka svojim fyzikálno-chemickým vlastnostiam sú odolné voči pôsobeniu prírodných rozkladných procesov. Z tohto dôvodu sa na plasty sústreďuje veľká pozornosť a hľadajú sa možnosti, ako plastový odpad roztriediť a určiť či je vhodný na ďalšie použitie, alebo je výhodnejšie ho recyklovať spôsobmi čo najšetrnejšími k životnému prostrediu. U plastového odpadu je dôležité, aby nedochádzalo k miešaniu rôznych druhov a preto je nevyhnutné klásť veľký dôraz na jeho triedenie. Pri triedení možno využiť rozdielne fyzikálne vlastnosti odpadov (veľkosť, tvar, hustota, štruktúra, textúra, húževnatosť, krehkosť, drobivosť, farba, elektrická vodivosť, rádioaktivita a iné). V dnešnej dobe preto nie je prekvapením, že aj cestou počítačového spracovania sa hľadajú nové postupy. Jedným z nich je aj spracovanie obrazovej informácie. Je to činnosť pomerne zložitá, lebo prostredníctvom počítača musíme nájsť vzťah medzi vstupným obrázkom (2D informácia) a modelmi reálneho sveta (3D informácia).

2 MATERIÁL A METÓDY

Plastový odpad je rôzneho druhu. Pri aplikácii metód spracovania obrazu boli ako stupný materiál zvolené scény obsahujúce PET fľaše (Obrázok 1).

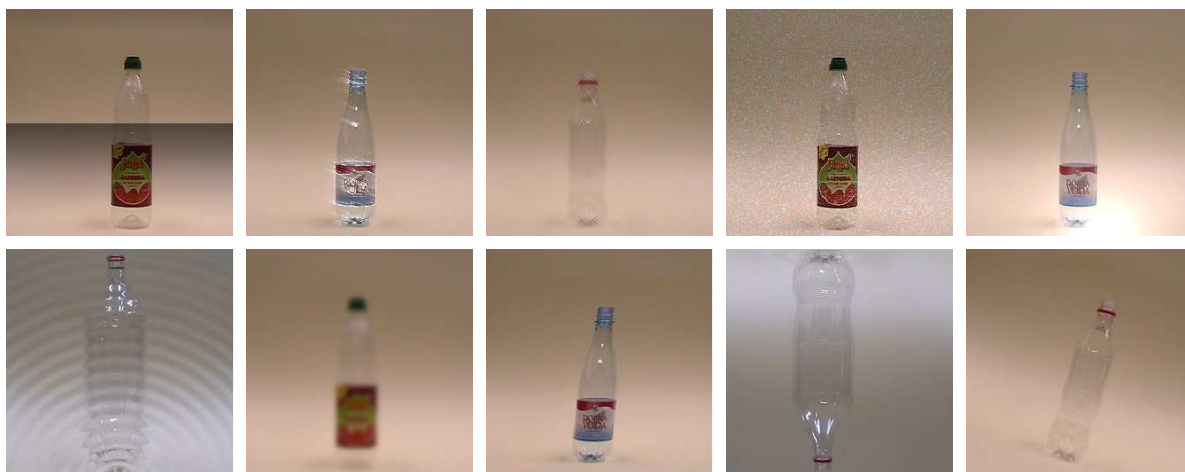


Obrázok 1 Obrazy plastových fliaš (fl1, fl2, fl3, fl4)

Jednou z etáp spracovania obrazu je jeho analýza. Na priebeh analýzy má vplyv veľký počet činiteľov. Napr.: osvetlenie, kvalita snímania obrazu, textúra materiálu atď. Každý z nich môže spôsobiť, že obraz, ktorý ideme ďalej spracovávať je už dopredu poškodený. Existuje celý rad operácií, ktoré môžeme zahrnúť pod pojem predspracovanie. Ich aplikáciou je možné viaceré chyby z obrazu odstrániť, prípadne ich minimalizovať. V mnohých prípadoch je však toto odstránenie nie úplné a sú prípady, keď sa chyby nedajú odstrániť vôbec. Pri použití spracovania obrazu v konkrétnych praktických aplikáciách môže nastať stav, keď predspracovanie nie je možné zrealizovať vôbec alebo len čiastočne, či už z časových dôvodov alebo výkonových parametrov výpočtových systémov. V týchto prípadoch sa musí spracovávať obraz v stave akom sa nachádza, to znamená aj s prípadnými chybami. Z tohto dôvodu boli na vstupné scény aplikované rôzne druhy simulácií poškodení plastových fliaš. O aké poškodenia sa jedná vidieť z Tabuľky 1.

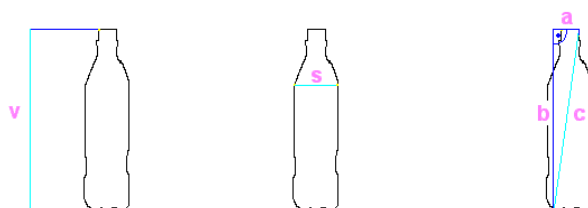
Tabuľka 1 Simulácie poškodení obrazu

fl5	zmena jasu v $\frac{1}{2}$ výšky obrazu
fl6	zvýšenie magnitúdy najjasnejších pixlov a vytvorenie ich stopy
fl7	mierne rozostrenie obrazu
fl8	zmena hodnôt R-B-G o parametre: 5, 5, 5
fl9	biely šum (parameter zašumenia 18)
fl10	lokálne zvýšenie jasu (simulácia odrazu svetla)
fl11	poškodenie tvaru objektu
fl12	zvlnenie obrazu
fl13	Gaussov šum (hodnota zašumenia 15)
fl14	rozostrenie obrazu
fl15	natočenie objektu o 8° a následné rozostrenie obrazu
fl16	zmena hodnôt farba-saturácia-jas o parametre: 5, -5, 5
fl17 - 19	sklon objektu o rôzny uhol
fl20 - 28	natočenie objektu o rôzny uhol



Obrázok 2 Príklady poškodených obrazov (fl5, fl6, fl7, fl9, fl10, fl12, fl13, fl18, fl20, fl27)

Pre účely triedenia prostredníctvom spracovania obrazov obsahujúcich objekty plastových fliaš bolo pristúpené k vyhľadaniu vhodného modelu, ktorý by takéto obrázky reprezentoval. Jedným z modelov, ktorý bol vyskúšaný bol geometrický model. Východiskom na jeho zhotovenie boli charakteristiky tvaru, tzv. príznaky pomocou ktorých klasifikátor v procese rozhodovania bude schopný obrázky obsahujúce objekty zaradiť do triedy. Na základe vybraných vhodných príznakov sa určí príznakový vektor vzoru tzv. etalón. V procese identifikácie sa obdobne určí príznakový vektor vyhľadaného objektu v obraze, ktorý je v danom okamihu spracovávaný. Veľkosť príznakového vektora nie je striktné daná. Príznakový vektor môže obsahovať ľubovoľný počet príznakov. Druh zvoleného príznaku závisí aj od typu objektu nachádzajúceho sa v obraze. Pre plastovú PET fľašu škála geometrických príznakov môže byť široká. Ako geometrický príznak môže byť: výška telesa, šírka telesa, šírka telesa v $\frac{1}{4}$, šírka telesa v $\frac{1}{2}$, uhlopriečka, obsah telesa, obvod telesa atď. Pri overovaní geometrického modelu sme zvolili štyri základné geometrické príznaky: výška, šírka, uhlopriečka a počet obrysových bodov objektu (Obrázok 3).



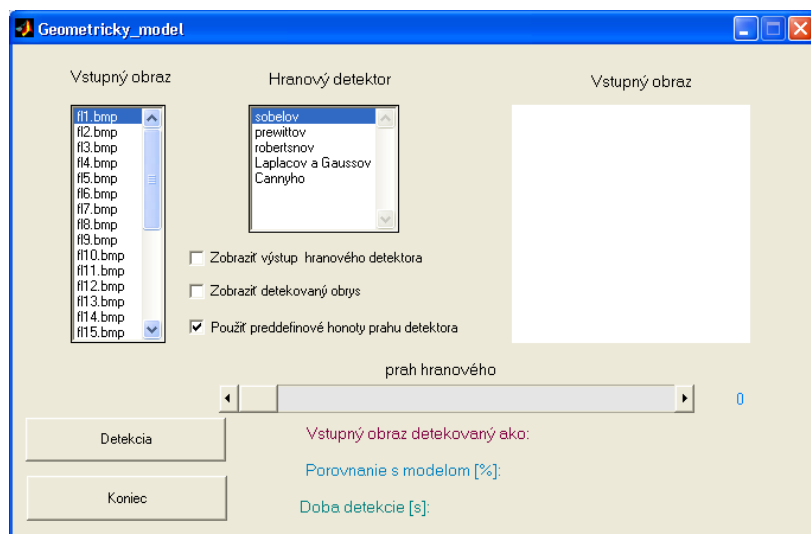
Obrázok 3 Určenie výšky, šírky, uhlopriečky

Určenie *príznaku* výšky vychádza zo stanovenia výskytu pozície prvého bodu obrysu a posledného bodu obrysu vzhľadom na jednotlivé riadky obrazu. Ich rozdielom bola získaná samotná výška. *Príznak* šírky bol stanovený určením horizontálnej vzdialenosti tých bodov obrysu, ktoré sú z pohľadu stĺpcov v obraze umiestnené na prvej pozícii zľava a na prvej pozícii sprava. Po vyhodnotení týchto vzdialeností pre jednotlivé riadky v obraze sa za šírku zobrala najväčšia zistená vzdialenosť. *Príznak* uhlopriečky vyjadruje vzdialenosť od pravého horného vrcholu po ľavý dolný vrchol. Pozície uvedených vrcholov boli zistené z obrysu objektu. Samotný výpočet bol zrealizovaný pomocou Pytagorovej vety. *Príznak* obrys vyjadruje súčet všetkých bodov u ktorých sa predpokladá, že tvoria obrys obrazu. Bod

je zaradený ako obrysový po vykonaní kontroly jeho pozície v riadku. Obdobným spôsobom by bolo možné zistiť aj ďalšie príznaky objektu. Aplikácii tohto modelu na obraz plastovej fľaše predchádzalo niekoľko krokov. V prvom rade bol na obraz aplikovaný hranový operátor, ktorý stanovil význačné body v obraze a z nich boli určené hrany objektu nachádzajúceho sa v obraze. Na základe takto určených hrán mohli byť stanovené základné geometrické charakteristiky obrazu a ich vyhodnotením vzhľadom na geometrické charakteristiky obrazu, ktorý je vzorom prebehla identifikácia objektu nachádzajúceho sa v obraze.

Samotná realizácia bola uskutočnená v Matlabe. Pre prácu s obrazmi sa v Matlabe nachádza knižnica - Toolbox Image Processing. Na vyhľadanie hrán v obraze boli využité hranové operátory, ktoré sú jeho súčasťou. Cieľom bolo overenie kvality a vhodnosti geometrického modelu v procese rozpoznávania objektov – PET fliaš v obraze.

Experimenty boli uskutočnené programom s názvom „**Geometricky_model**“. Po spustení programu sa zobrazí základné okno (Obrázok 4). V ponuke „Vstupný obraz“ si vyberieme obraz, na ktorý chceme aplikovať geometrický model a po jeho výbere nastane automaticky jeho načítanie a zobrazenie vpravo hore v okne „Vstupný obraz“. Pre správnu činnosť geometrického modelu je nevyhnutné aplikovať na vybraný obraz hranový operátor, ktorý si môžeme vybrať z ďalšej ponuky. Po výbere hranového operátora sa musíme rozhodnúť, či použijeme preddefinovanú hodnotu prahu zistenú experimentálnym spôsobom ako ideálnu, alebo si hodnotu prahu nastavíme sami. Následne už stačí zatlačiť tlačidlo „Detekcia“ a dostaneme výsledky.



Obrázok 4 Základné okno programu „Geometricky_model“

Konkrétne konečné výsledky sú uvedené v pravej dolnej časti. Po zatlačení tlačidla „Detekcia“ prebehne vyhľadanie hrán, ich vyhladenie, výpočet jednotlivých príznakov geometrického modelu, ich porovnanie s príznakmi vzoru a nakoniec vyhodnotenie detekcie. Príznaky jednotlivých vzorov boli určené vopred. Program poskytuje možnosť zobrazenia medzivýsledkov (Obrázok 5, Obrázok 6). Tieto medzivýsledky sú určené na subjektívnu kontrolu priebehu simulácie po jednotlivých krokoch.



Obrázok 5 Obraz po aplikácii hranového



Obrázok 6 Obraz s obrysom objektu operátora

Aplikácie programu boli uskutočňované na originálnych obrazoch a obrazoch získaných simuláciou ich poškodenia po predspracovaní Wienerovým filtrom s maskou 5x5.

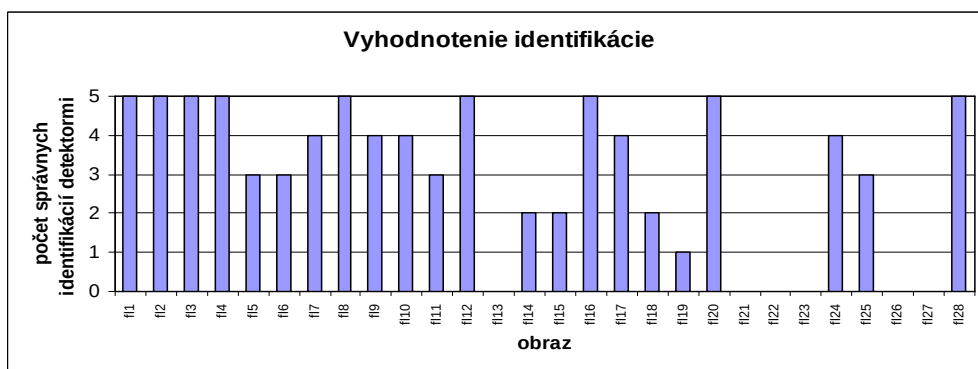
3 VÝSLEDKY

Experiment bol realizovaný s cieľom overiť vhodnosť využitia geometrického modelu obrazu pri rozpoznávaní objektov - plastových PET fliaš v poškodenom obraze. Konkrétne výsledky sú v Tabuľke 1 a na Obrázku 7 a 8.

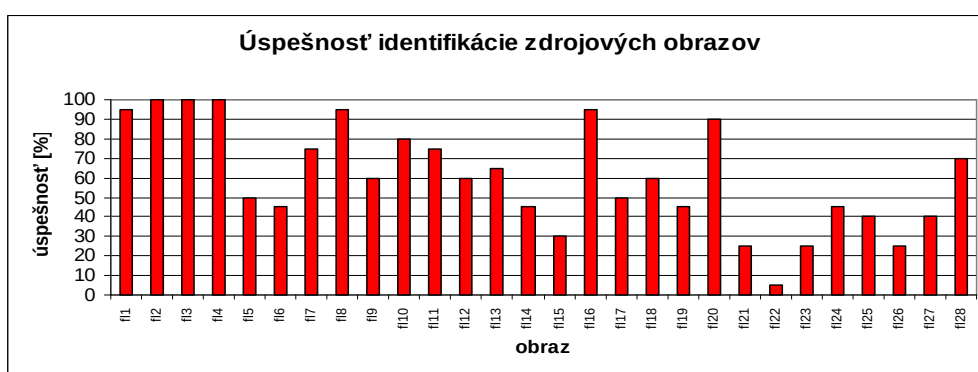
Tabuľka 1 Vyhodnotenie detekcie

Fľaša	Sobel		Prewitt		Roberts		LaG		Canny	
	Detekcia	%	Detekcia	%	Detekcia	%	Detekcia	%	Detekcia	%
fl1	1	100	1	100	1	100	1	100	1	75
fl2	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100
fl3	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100
fl4	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100
fl5	1	75	1	75	1	50	0	25	0	25
fl6	0	50	1	50	1	50	0	25	1	50
fl7	1	75	1	100	1	75	1	100	0	25
fl8	1	100	1	100	1	100	1	100	1	75
fl9	1	75	1	75	1	50	1	75	0	25
fl10	1	100	1	100	1	75	1	100	0	25
fl11	1	75	1	75	1	100	2	50	2	75
fl12	1	50	1	50	1	100	1	50	1	50
fl13	2	100	2	100	2	75	2	50	0	0
fl14	0	25	2	50	1	75	1	50	0	25
fl15	1	50	1	50	0	25	0	25	0	0
fl16	1	100	1	100	1	100	1	100	1	75
fl17	1	50	1	50	1	50	1	75	0	25
fl18	1	75	0	50	1	75	0	50	2	50
fl19	2	50	2	50	1	50	2	50	0	25
fl20	1	75	1	100	1	100	1	100	1	75
fl21	0	0	0	25	2	50	0	25	0	25
fl22	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0
fl23	0	25	0	25	0	25	0	25	0	25
fl24	1	50	1	50	1	50	0	25	1	50
fl25	1	50	1	50	0	25	1	50	0	25
fl26	0	25	0	25	0	25	0	25	0	25
fl27	2	50	2	50	2	50	0	25	0	25
fl28	1	75	1	75	1	75	1	75	1	50

0 - nedetekuje, 1 - detekuje, 2 - detekuje nesprávne



Obrázok 7 Početnosť správnych identifikácií



Obrázok 8 Percentuálna úspešnosť identifikácie

4 DISKUSIA

Ako vidieť z Obrázku 7 z 24 poškodených obrazov, ktoré boli použité v experimente (fl1 – fl4 sú nepoškodené zdrojové obrazy), pri aplikácii všetkých druhov hranových operátorov (HO), ktoré boli k dispozícii bolo správne identifikovaných 5 obrazov. Ďalších 5 bolo identifikovaných pri aplikácii štyroch HO. Na druhej strane poškodenia fliaš č.13, 21 - 23, 26 a 27 sú natoľko nevyhovujúce, že ani jeden HO nezabezpečil takú kvalitu obrysu, aby bolo rozpoznanie možné. Z Obrázku 8 je možné vidieť, že identifikácia s úspešnosťou vyššou ako 90 % bola len u zdrojových obrazov a u obrazov č. 8, 16, 20. Ak by sme hranicu percentuálnej zhody posunuli na 50 %, spĺňalo by podmienku ešte ďalších 10 obrazov. Prvé štyri fláše fl1 – fl4, ktoré nie sú poškodené sú identifikované na 100 % (s výnimkou fl1). Poškodenia, ktoré geometrický model rozpoznať bez problémov sú:

- fl8 – zmena hodnôt R-B-G o parametre -5, 5, 5,
- fl12 – zvlnenie obrazu,
- fl16 – zmena hodnôt farba-saturácia-jas o parametre 5, -5, 5,
- fl20 a fl28 – natočenie objektu o rôznyi uhol.

Na druhej strane vieme vyšpecifikovať obrazy, pre ktoré je tento model nevhodný a to:

- fl13 – Gaussov šum (hodnota zašumenia 15),
- fl21 - fl23, fl26 - fl27 – natočenie objektu o rôznyi uhol.

5 ZÁVER

Pri vyhodnocovaní scén s plastovými materiálmi, ktoré boli rôznymi spôsobmi poškodené, bola sledovaná početnosť správnych identifikácií a typ poškodení u ktorých identifikácia nebola úspešná pri použití ľubovoľného hranového operátora. Čo sa týka početnosti rozpoznania, pri 60 % typov poškodení viaceré hranové operátory boli schopné poskytnúť tak kvalitné hrany, že rozpoznanie bolo úspešné. Výsledky preukázali, že poškodenia typu: zmena jas, lokálne zvýšenie jas a zanechanie jeho stopy, zmena hodnôt R-G-B, zmena hodnôt farba-saturacia-jas, mierne rozostrenie, poškodenie tvaru objektu, zvlnenie obrazu, biely šum nemali vplyv na kvalitu rozpoznania obrazu reprezentovaného geometrickým modelom. Na druhej strane geometrický model sa ukázal ako úplne nevhodný v prípade zašumenia obrazu Gaussovým šumom, jeho výrazného rozostrenia, pri obrazoch so sklonom objektu a tiež aj v mnohých prípadoch natočenia objektu v obraze.

Záverom je možné skonštatovať, že geometrický model je vhodný na rozpoznávanie objektov len z obrazov s presne vyšpecifikovaným poškodením. U mnohých typov poškodení bola úspešnosť dosiahnutej identifikácie nízka a preto geometrický model nemôže byť doporučený na všeobecné využitie. Tento model bol porovnávaný aj s inými modelmi – modelom štatistickým a modelom transformačným. V rámci ďalšieho výskumu by bolo vhodné overiť tento model aj napriek zvýšenej výpočtovej náročnosti na farebných obrazoch, prípadne sa zamerať na nájdenie presnejších kritérií vyhodnocovania identifikácie.

LITERATÚRA

- [1] HLAVÁČ, V.; SEDLÁČEK, M.: *Zpracování signálů a obrazů*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2000.
- [2] HRČKOVÁ, M.; FRANK, T.: Identifikácia hrán v obrazoch získaných pri triedení plastov. Tatranské Zruby: Zborník z medzinárodnej vedeckej konferencie „Nové smery v spracovaní signálov VI.“, 2002, s. 239 – 243, ISBN 80-8040-180-2.
- [3] SOBOTKA, Z.; SOBOTKA, M.: *Počítačová analýza a rozpoznávanie obrazu*. Praha: ČS VTS, 1990.

Lektoroval: doc. Ing. Jozef Černecký, CSc.

Kontaktná adresa:

Ing. Mária Hrčková, prof. Ing. Jozef Šuriansky, CSc., Katedra informatiky a automatizačnej techniky, Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky, Technická univerzita Zvolen, T. G. Masaryka 24, 96053 Zvolen



TECHNICKO-EXPLOATAČNÉ VLASTNOSTI VOZIDLA S LINEÁRNYM STLAČOVACÍM ÚSTROJENSTVOM

THE TECHNICAL-EXPLOITATIVE FACILITIES OF COMMUNAL VEHICLE IN DURING OPERATION CYCLES

Ivan JANOŠKO - Róbert ŠIMOR - Marián ČERI

ABSTRACT: The aim of this paper was monitoring the technical and exploitation parameters of the communal vehicle LIAZ 110.830 Unimatic. The following parameters were chose to be tracked: the length of the absolved path, the fuel consumption, the total time needed to perform the work operation, the real time worked. From the obtained data we calculated average normatives- the average fuel consumption an transfer being 0,34 litre per one kilometre, the average fuel consumption at the work of the hydraulic pump being 7,83 litre per an hour worked, the average fuel consumption at the combined running being 17,1 litre per day. The average number of real hours the work of the hydraulic pump is 3hours 11 minutes per day. Total time of real work is 5 hours 43 minutes per day

Key words : communal vehicle, measurement, consumption of fuel, working time

ABSTRAKT: Cieľom príspevku bolo posúdiť technické a exploatačné parametre komunálneho vozidla LIAZ 110.830 Unimatic. Boli sledované vybrané technické parametre ako prejdená dráha, spotreba paliva, celkový čas pracovnej operácie a práce. Zo získaných údajov boli vypočítané priemerné normatívy spotreby paliva ako spotreba pri presune na jednotku dráhy $0,34 \text{ dm}^3 \cdot \text{km}^{-1}$, priemerná spotreba na pohon hydraulických okruhov za hodinu $7,83 \text{ dm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, priemerná denná spotreba $17,1 \text{ dm}^3 \cdot \text{deň}^{-1}$. Denne priemerne pracoval hydraulický okruh $3,18 \text{ h} \cdot \text{deň}^{-1}$ a celkový čas práce vozidla počas smeny bol $5,72 \text{ h} \cdot \text{deň}^{-1}$.

Kľúčové slová: komunálne vozidlo, meranie, spotreba paliva, pracovný čas

1 ÚVOD

Racionalizácia spotreby všetkých druhov palív a energií predstavuje v stratégii ekonomického rozvoja každého podnikateľského subjektu významnú úlohu. V oblasti cestnej dopravy, či už osobnej alebo nákladnej, sa veľká pozornosť venuje zavádzaniu nových technológií a inovatívnych konštrukčných riešení s praktickým využívaním vedy, techniky včítane vedeckých metód organizácie práce.

Predkladaný príspevok je zameraný na monitorovanie spotreby pohonných hmôt zvozového vozidla LIAZ 110.830 Unimatic v technologickom nasadení. Výsledkom experimentov sú zistené normatívy spotreby v závislosti na pracovnom cykle a ich porovnanie s bežne kalkulovanými nákladmi. Možno konštatovať značné disproporcie v kalkulovaných a nameraných výsledkoch.

Zberom a zvozom tuhého komunálneho odpadu sa v meste Nitra zaoberá firma Lobbe s.r.o., ktorá nás požiadala o spoluprácu pri stanovení normatívov spotreby paliva a časovej vyťažnosti vybraného komunálneho vozidla, z dôvodu preskúmania revízie používania starších normatívov. Firma vlastní niekoľko typov vozidiel s odlišnou konštrukciou nadstavby, podvozku a motorovej jednotky.

2 MATERIÁL A METÓDY

Cieľom projektu bolo sledovať vybrané technicko-exploatačné parametre komunálneho vozidla s lineárnym stlačovacím mechanizmom pri práci (obr. 1). Ako sledované parametre boli vybrané nasledovné:

- spotreba paliva,
- čas potrebný na vykonanie danej pracovnej operácie,
- dĺžka prejdenej dráhy,
- skutočný odpracovaný čas.



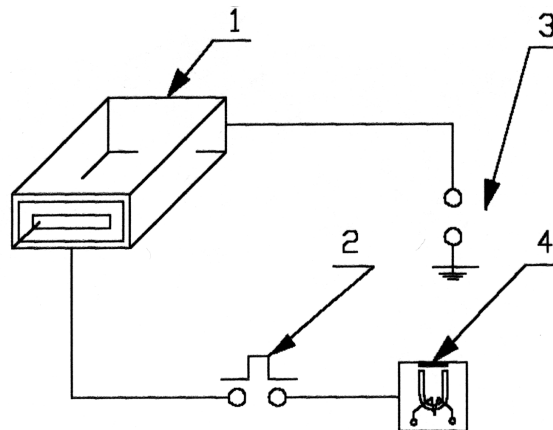
Obrázok 1 Testované komunálne vozidlo LIAZ 110 830 Unimatic

Na dosiahnutie sledovania stanovených parametrov bolo potrebné vyriešiť najmä problém výberu vhodnej meracej techniky, ako aj výber vhodného objektu merania. Meracia aparatúra mala zabezpečovať dlhodobé každodenné nasadenie bez zaťažovania obsluhy vozidla. Výber vhodných meracích prístrojov bol obmedzený technickými požiadavkami, ktoré boli na meranie kladené a technickou základňou, ktorú sme mali k dispozícii.

Na meranie spotreby paliva sme použili prietokomer ADAQ Js6 typ 8500.06 s digitálnym čítačom, ktorý vyhovoval stanoveným požiadavkám. Charakteristika zapojenia, technických a kalibračných závislostí je uvedená v lit.: Janoško et al. (2004).

Na meranie času práce sme použili stopky CASIO a pre meranie dĺžky ubehnutej dráhy bol využitý tachometer vozidla, overený na kalibračnom úseku a korigovaný pri výpočtoch. Záznam údajov bol uskutočnený kumulatívnym spôsobom, tj. pri každej zmene stanovišťa alebo pri zmene vykonávanej pracovnej operácie bola zaznamenaná hodnota času. Meranie detailnej časovej snímky práce vozidla zahŕňa celú pracovnú dobu automobilu od naštartovania motora až po jeho vypnutie a odstavenie v garáži.

Meranie skutočnej prevádzky hydrauliky vozidla sa realizovalo pomocou navrhnutého a vyrobeného zariadenia na meranie času pozostávajúceho z digitálneho počítača s elektronickým obvodom spúšťania meracieho procesu a automatickým vypínaním zariadenia v čase, keď hydraulika vozidla nebola v činnosti. Záznam skutočne odpracovaného času sa vykonával kumulatívnym spôsobom, t.j. pri každom zapísaní aktuálneho času práce bola odčítaná aj hodnota skutočne odpracovaného času hydraulickej sústavy z digitálneho počítača umiestneného v kabíne vozidla.



Obrázok 2 Bloková schéma registračného zariadenia na meranie skutočne odpracovaného času: 1-monitor , 2 - prerušovač, 3 - zdroj napätia , 4 - spínač zapínania hydrogenerátora

Metodika stanovenia skúmaných parametrov vychádza z nasledujúcej matematickej formulácie problému :

Spotrebu paliva vozidla pri rôznych pracovných činnostiach možno definovať nasledovne:

Celková spotreba Q_c v sledovanom období:

$$Q_c = \sum Q_p + Q_{kp} + Q_{oh} + Q_s \quad \text{dm}^3, \quad (1)$$

Spotreba paliva pri prejazdoch vozidla Q_p :

$$Q_p = \sum Q_{p1} + Q_{p2} + Q_{p3} + Q_{p4} + \dots + Q_{pn} \quad \text{dm}^3, \quad (2)$$

Spotreba paliva na pohon hydrauliky iba pri vyprázdňovaní zásobníka Q_{oh} :

$$Q_{oh} = \sum Q_{oh1} + Q_{oh2} + \dots + Q_{ohn} \quad \text{dm}^3, \quad (3)$$

Spotreba paliva v kombinovanej prevádzke vozidla (posúvanie + lisovanie) Q_{kp} :

$$Q_{kp} = Q_c - Q_p - Q_{oh} - Q_s \quad \text{dm}^3, \quad (4)$$

kde: Q_c – celková spotreba paliva, Q_{kp} – spotreba paliva v kombinovanej prevádzke, Q_p – spotreba paliva pri presunoch vozidla, Q_s – spotreba paliva pri prestojoch vozidla, Q_{oh} – spotreba paliva pri práci hydrauliky iba pri vyprázdňovaní zásobníka

Časovú snímku vozidla pri rôznych pracovných režimoch možno definovať nasledovne:

$$T_c = \Sigma T_{kp} + T_p + T_{oh} + T_s \quad \text{h:min:s ,} \quad (5)$$

$$T_p = \Sigma T_{p1} + T_{p2} + \dots + T_{pn} \quad \text{h:min:s ,} \quad (6)$$

$$T_{oh} = \Sigma T_{oh1} + T_{oh2} + \dots + T_{ohn} \quad \text{h:min:s ,} \quad (7)$$

$$T_s = \Sigma T_{s1} + T_{s2} + \dots + T_{sn} \quad \text{h:min:s ,} \quad (8)$$

$$T_{kp} = T_c - T_p - T_{oh} - T_s \quad \text{h:min:s ,} \quad (9)$$

$$T_{CHG} = \Sigma T_{oh} + T_{hkp} \quad \text{h:min:s ,} \quad (10)$$

kde: T_c – celkový čas práce, T_p – čas prejazdov vozidla, T_s – čas prestojov, T_{kp} – čas kombinovanej prevádzky, T_{CHG} – celkový čas práce hydrauliky vozidla, T_{oh} – čistý čas práce hydrauliky vozidla pri vyprázdňovaní zásobníka., T_{hkp} – čas práce hydrauliky pri kombinovanej prevádzke vozidla.

Prekonanú vzdialenosť vozidla pri rôznych pracovných režimoch možno definovať nasledovne:

$$S_p = \Sigma S_{p1} + S_{p2} + \dots + S_{pn} \quad \text{km ,} \quad (11)$$

$$S_{kp} = S_c - S_p \quad \text{km ,} \quad (12)$$

S_c – celková prejdená dráha (km), S_p – dráha prejdená pri presunoch vozidla (km), S_{kp} – dráha prejdená pri kombinovanej prevádzke vozidla (km),

Pre stanovenie jednotlivých základných normatívov spotreby paliva možno využiť nasledovné vzťahy:

Špecifická spotreba na 1km jazdy a nádobu Q_{sp} :

$$Q_{sp} = \frac{Q_c}{S_c \cdot n_n} \quad \text{dm}^3 \cdot \text{km}^{-1} \cdot \text{ks}^{-1}, \quad (13)$$

kde : n_n - počet vyprázdnených kontajnerov

Priemerná spotreba paliva na 1 hodinu práce hydrauliky pri vyprázdňovaní $\bar{Q}_{oh}$:

$$\bar{Q}_{oh} = \frac{Q_{oh1} + Q_{oh2} + \dots + Q_{ohn}}{T_{oh1} + T_{oh2} + \dots + T_{ohn}} \quad \text{dm}^3 \cdot \text{h}^{-1}, \quad (14)$$

Priemerná spotreba pri kombinovanej prevádzke vozidla $\bar{Q}_{kp}$:

$$\bar{Q}_{kp} = \frac{Q_{kp1} + Q_{kp2} + \dots + Q_{kpn}}{n_d} \quad \text{dm}^3 \cdot \text{deň}^{-1}, \quad (15)$$

kde : n_d - počet odpracovaných dní.

Priemerná spotreba paliva pri prejazdoch vozidla $\bar{Q}_{pp}$:

$$\bar{Q}_{pp} = \frac{Q_c - Q_{kp} - Q_{oh} - Q_s}{S_p} \quad \text{dm}^3 \cdot \text{km}^{-1}, \quad (16)$$

Spotreba paliva na 1 km prejazdov Q_{1p} :

$$Q_{1p} = \frac{Q_p}{S_p} \quad \text{dm}^3 \cdot \text{km}^{-1}, \quad (17)$$

Spotreba paliva na 1 h odpracovaného času Q_{1T} :

$$Q_{1T} = \frac{Q_c}{T_c} \quad \text{dm}^3 \cdot \text{h}^{-1}, \quad (18)$$

Spotreba paliva na 1 h čistej práce hydrauliky Q_{1oh} :

$$Q_{1oh} = \frac{Q_{oh}}{T_{oh}} \quad \text{dm}^3 \cdot \text{h}^{-1}, \quad (19)$$

Spotreba paliva na 1 h kombinovanej prevádzky Q_{1kp} :

$$Q_{1kp} = \frac{Q_{kp}}{T_{kp}} \quad \text{dm}^3 \cdot \text{h}^{-1}, \quad (20)$$

Spotreba paliva na 1 h prestojov Q_{1s} :

$$Q_{1s} = \frac{Q_s}{T_s} \quad \text{dm}^3 \cdot \text{h}^{-1}. \quad (21)$$

3 VÝSLEDKY A DISKUSIA

Experimentálne merania boli vykonávané počas piatich pracovných dní v rajónoch mesta Nitra. Jeden pracovný deň predstavoval pracovnú smenu s dĺžkou 8 hodín.

Experimentálne merania boli zamerané najmä na zmapovanie denného pracovného nasadenia komunálneho vozidla pri zbere a zvoze odpadu s dôrazom technicko- exploatačné charakteristiky vozidla. Prehľad nameraných a vypočítaných hodnôt je uvedený v tab.1. Výpočet sledovaných noratívov bol vykalkulovaný v zmysle matematického rozboru – tab. 2, kde priemerné ukazovatele majú nasledovnú hodnotu:

Tabuľka 1 Namerané a vypočítané hodnoty

PARAMETER		HODNOTA	ROZMER
Kontajnery	počet kontajnerov (1100 dm ³) n_n	110	ks
Čas	celkový čas práce T_c	5:42:41	h:min:s
	celkový čas práce hydrauliky T_{CHG}	3:10:42	h:min:s
	čistý čas práce hydrauliky T_{oh}	0:13:48	h:min:s
	čas práce hydrauliky pri komb.prevádzke T_{hkp}	2:56:54	h:min:s
	čas prejazdov T_p	0:55:00	h:min:s
	čas prestojov T_s	0:10:19	h:min:s
	čas kombinovanej prevádzky T_{kp}	4:23:34	h:min:s
Dráha	celková prejdená dráha S_c	36,1	km
	dráha prejazdov S_p	22,4	km
	dráha prejdená pri komb.prevádzke S_{kp}	13,7	km
Spotreba	celková spotreba paliva Q_c	27,2	dm ³
	čistá spotreba paliva pri práci hydrauliky Q_{oh}	1,8	dm ³
	spotreba paliva v kombinovanej prevádzke Q_{kp}	17,1	dm ³
	spotreba paliva pri prejazdoch Q_p	7,8	dm ³
	spotreba paliva pri prestojoch Q_s	0,5	dm ³

Tabuľka 2 Priemerná hodnota normatívov spotreby paliva vozidla

normatív spotreby na 1h práce hydrauliky pri nakladaní/vykladaní Q_{1oh}	7,826	dm ³ .h ⁻¹
normatív spotreby na 1 km prejazdov Q_{1p}	0,348	dm ³ .km ⁻¹
normatív spotreby na 1 h pracovného času Q_{1T}	4,763	dm ³ .h ⁻¹
normatív spotreby na 1 h kombinovanej prevádzky Q_{1kp}	3,893	dm ³ .h ⁻¹
normatív spotreby na 1 h prestojov Q_{1s}	2,907	dm ³ .h ⁻¹

Výsledky experimentu potvrdili, že pri uvažovaní reálne nameraných parametrov spotreby paliva v porovnaní s hodnotami udávanými firmou Lobbe s.r.o., sa dá značné množstvo spotreby pohonných látok potrebných na prevádzku komunálneho vozidla znížiť. Najväčší rozdiel v spotrebe vznikol pri spotrebe paliva spotrebovaného pri práci hydrauliky. Firma Lobbe s.r.o. kalkuluje (podľa materiálov od výrobcu) s priemernou spotrebou paliva pri práci hydraulického čerpadla $Q_{CHG} = 25 \text{ dm}^3.\text{deň}^{-1}$ a celková spotreba je v úrovni $Q_c = 36 \text{ dm}^3.\text{deň}^{-1}$. Experimentálne namerané a vypočítané hodnoty však dokazujú, že priemerná spotreba paliva pri práci hydraulického čerpadla je len $Q_{CHG} = 18,9 \text{ dm}^3.\text{deň}^{-1}$ a to z dôvodu podstatne kratšieho času používania činnosti nadstavby cca $T_{CHG} = 3,18 \text{ hod.}$ Pri 20 pracovných dňoch vzniká rozdiel v nárokoch na kalkulovanú a reálnu spotrebu cca 180,0 dm³ mesačne na jednom vozidle. Ďalšie rezervy sú v kalkulovaných normatívoch na prejdenú dráhu vozidla.

Časový snímok práce vozidla v prevádzke predstavuje nároky na jednotlivé operácie v nasledovnom podiele z celkového denného pracovného nasadenia $T_c = 5,72 \text{ h}$:

- kombinovaná prevádzka vozidla $T_{kp} = 77 \%$,
- čas prejazdov $T_p = 16 \%$,
- čas práce hydrauliky vozidla pri vyprázdňovaní zásobníka $T_{oh} = 4 \%$,
- čas prestojov vozidla $T_s = 3 \%$.

Priemerné využitie užitočnej nosnosti vozidla pri zvoze je 4,05 t, tzn., že užitočná nosnosť vozidla sa teda využíva len na 57 %.

LITERATÚRA

- [1] JANOŠKO, I. - PIATRIK, M. - GIBA, M.: *Ekologické aspekty komunálnej techniky I.* Lokálne stredisko pre dištančné vzdelávanie pri SPU v Nitre, 1998, Nitra, 113 s.
- [2] JANOŠKO, I.: *Snímanie a monitorovanie parametrov motorov a traktorov.* Habilitačná práca . SPU NITRA, 1996 , 160 s.
- [3] JANOŠKO, I. - SEMETKO, J. - PETROVIČ, A: Posúdenie technicko-exploatačných vlastností. komunálneho vozidla. 35. *Medzinárodná vedecká konferencia KOKA*, Brno 2004, Česká republika, s. 319 – 324, ISBN 80-71577-76-6.
- [4] BSS METACO: Firemná literatúra ku komunálnemu vozidlu Bobr Press.
- [5] ORBIT Control: Firemná literatúra.

Príspevok bol vypracovaný v rámci riešenia projektu MŠ SR VEGA 1/38483/06. Výskum zefektívnenia ekologických aspektov prevádzkovania mobilnej a stacionárnej techniky.

Lektoroval: doc. Ing. Jozef Černecký, CSc.

Kontaktní adresa:

doc. Ing. Ivan JANOŠKO, CSc., Katedra dopravy a manipulácie SPU v Nitre, Technická fakulta SPU v Nitre, Tr. A.Hlinku 2, 949 76 Nitra, e-mail : Ivan.Janosko@uniag.sk



OMEZENÍ PŘI VYUŽITÍ POPELA Z DŘEVNÍ BIOMASY

LIMITATION OF WOOD ASH UTILIZATION

Jiří KADLEC - Leona ŠIMKOVÁ

ABSTRACT: Wood ash is valuable material with content of many convenient nutrients and potential for wide spectrum utilization. The content of heavy metals in wood ash is the main limiting factor of subsequent wood ash utilization. It is important to know what material is wood ash for its utilization; either it will be used as waste or product. The missing experiences, wider knowledge about the possibilities of wood ash utilization and suitable legislative conditions are the main factors limiting higher utilization of wood ash as secondary waste product in the Czech Republic. It will be needed clearly define material utilization condition for wood ash with regards to legislation equivocality.

Key words: wood ash, possible utilisation, chemical properties, legislative limitation

ABSTRAKT: Dřevní popel je považován za hodnotný přírodní materiál s příznivým zastoupením živin a prvků a potenciálem širokého spektra upotřebení. Množství těžkých kovů v popelu je hlavním limitujícím faktorem pro jeho následné využití. Pro využití dřevního popele je důležité znát, o jaký materiál se jedná, bude-li s ním zacházeno jako s odpadem nebo jako s výrobkem. Chybějící zkušenosti, širší povědomí o možnostech využití dřevního popele a vhodné legislativní podmínky jsou hlavními faktory, jež omezují větší využívání dřevního popele jako druhotného odpadního produktu v České republice. Vzhledem k legislativním nejasnostem bude potřeba jasně definovat podmínky jeho materiálového využití.

Klíčová slova: dřevní popel, možnosti využití, chemické vlastnosti, legislativní omezení

1 ÚVOD

Produkce dřevního popele z topenišť na biomasu středních a vyšších výkonu je v ČR všeobecně nízká, nicméně dá se očekávat, že v souvislosti se zvyšujícím se energetickým využíváním biomasy dojde k nárůstu jeho produkce, a tedy i potřebě řešit otázku možných způsobů využití popele jako druhotné suroviny.

Problém využití dřevního popele je dnes zejména v zemích, jako je Švédsko a Finsko, ale i Dánsko a USA velmi aktuální otázkou. Roční produkce dřevního popele je ve Švédsku kolem 300 000 tun, ve Finsku asi 150 000 tun, z čehož je přibližně 10% využíváno (Andersson, Emilsson, 2005). V USA se ročně vyprodukuje kolem 3 mil. tun popele (Naik, 2003). Většina tohoto popele je ukládána na skládky.

Ačkoliv je dřevní popel považován za hodnotný přírodní materiál s příznivým zastoupením živin a prvků a potenciálem širokého spektra upotřebení, jeho významnější využívání v podmínkách existujících dnes na území ČR zatím téměř neexistuje nebo je velmi omezené. A i přes to, že materiálové využití odpadů je podporováno i současně platnou legislativou.

Dřevní popel obsahuje mnoho makro i mikroelementů, zejména pak vysoký podíl vápníku (Ca), draslíku (K), hořčíku (Mg) a fosforu (P). Obsah dusíku, který během spalování biomasy přechází téměř úplně do plynné fáze, je minimální. Dokonalým spálením dřevní hmoty vzniká 2 – 10 % popele.

Nedřevnatá příměs biomasy podíl popele zvyšuje: kůra obsahuje 6-7 krát více a asimilační aparát vytvoří až 6-11 krát více popelovin než odkorněný kmen (Richardson et al., 2002). Dřevní popel obsahuje také těžké kovy jako např. kadmium (Cd), chrom (Cr), nikl (Ni) aj. Těžké kovy jsou v přiměřeně malém množství přirozenou součástí přírody. Některé z nich jsou pro rostliny ve stopovém množství nezbytné (např. Fe, Zn, Cu, Mn), ale jiné jsou pro organismy škodlivé a toxické. Za potenciálně nejnebezpečnější bývají všeobecně považovány arsen (As), olovo (Pb), rtuť (Hg), chrom a zejména kadmium. Kadmium je považováno za nejvíce problematický z těchto kovů díky jeho vysoké toxicitě a pohyblivosti a progresivní akumulaci v životním prostředí (Laitinen, Lindh, 2005).

Cd a Zn jsou díky jejich relativně vysoké prchavosti vázány převážně v nejjemnějších frakcích úletového popílku, tzn. v popílku zachycovaném v elektrostatickém filtru, tkaninovém filtru, případně v kondenzačním kalu v zařízeních na kondenzaci spalin. Výsledky výzkumu ukázaly, že tento nejjemnější popílek tvoří kolem 2 až 10 % hmotnosti celkového odpadního popele, v němž je obsaženo 30 až 65 % celkového kadmia a 25 až 50 % zinku obsažených v biopalivu (Dahl et al., 2005).

Cílem tohoto příspěvku je upozornit na problematiku chemického složení popele z dřevní biomasy a omezení ve využití tohoto materiálu.

2 MATERIÁL A METODIKA

Pro sledování kvalitativního složení popele byl použit popel z výtopny střediska pily Školního lesního podniku Masarykův les Křtiny v Olomučanech.

V sušině vzorku dřevního popele bylo stanovováno celkem 5 nejvýznamnějších makroprvků z hlediska výživy rostlin (Ca, Mg, P, K, Na), 8 těžkých kovů (Cd, Pb, Hg, As, Cr, Cu, Ni, Zn) a hodnota pH. Chemické analýzy byly provedeny v laboratořích Ústavu chemie a biochemie Agronomické fakulty Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity.

Analýzy prvků byly provedeny podle postupu pro chemické rozborů stanovené v příloze č. 2 vyhlášky MZe č. 273/1998 Sb., o odběrech a chemických rozbořech vzorků hnojiv, v platném znění.

Vzorky byly odebrány z kotle VESKO-B 1,5 MW na pile v Olomučanech. Spalovanou biomasu tvořil dřevní odpad z pilařského provozu, jenž je směsí pilin, odřezků, kůry a štěpky ze smrkového a bukového dřeva. Materiál byl spálen při teplotě spalování 700°C. Způsob odpopelnění: podroštový popel a popílek z odlučovačů padají zvlášť do oddělených kontejnerů, které jsou speciálním mechanismem spojeny přímo s kotlem.

Na základě výsledků analýzy byl proveden průzkum právních norem, upravujících problematiku využití popele z dřevní biomasy v České republice. Syntézou získaných informací byly zjištěny současné limity ve využívání a navrženy možnosti využití popele z dřevní biomasy.

3 VÝSLEDKY A DISKUSE

3.1 Charakteristika popele

Koncentrace těžkých kovů v analyzovaných vzorcích (Tab. 1) nejsou příliš vysoké. Ve srovnání s hodnotami těžkých kovů analyzovaných u podroštového popele na Slovensku

byla zjištěna vyšší koncentrace zejména u Cd a Cr (Tóthová, 2005). V případě popele z cyklonu jsou vyšší koncentrace u Cd, Cr a Zn. V porovnání s výsledky rakouského výzkumu (Oberberger et al., 1997) jsou výsledné koncentrace těžkých kovů u všech vzorků až o polovinu nižší.

Tabulka 1 Obsah základních živin a těžkých kovů v analyzovaných vzorcích dřevního popele, v mg/kg.

Prvek	Olomučany (1,5 MW kotel)			
	popel - podroštový		popel - z cyklonu	
K	41,40	43,16	38,60	47,78
Ca	223,09	238,64	147,82	194,51
Mg	11,39	11,64	13,89	16,29
P	15,43	16,15	18,23	21,24
Na	6,29	5,64	5,22	5,12
Cd	3,55	3,46	8,50	10,72
Pb	2,57	3,03	12,53	13,27
Cr	33,85	48,43	24,41	23,14
Ni	64,16	54,42	55,61	56,59
Cu	32,20	35,90	40,77	42,70
Zn	70,30	52,60	144,10	167,50
Hg	0,00046	0,00051	0,00276	0,00213
As	2,20	2,79	1,88	2,23
pH	13,06	13,27	13,11	13,02
% sušiny	99,82	99,62	99,53	99,53

Z výsledků chemických analýz vyplývá, že nižší obsahy většiny těžkých kovů u vzorků podrošťového popele, jsou zřejmě způsobeny čistší vstupní surovinou, kterou je odpad vznikající při pořezu smrkové a bukové kulatiny. Tento rozdíl je znatelný zejména u Pb, As, Zn a Cr. Je zde i znatelný rozdíl mezi popelem podrošťovým a úletovým, z čehož se dá usuzovat na účinnější systém odlučování prachových částic.

Koncentrace Cd několikanásobně převyšuje limitní hodnoty u všech analyzovaných vzorků dřevního popele. Důvodem může být skutečnost, že se kadmium obecně ukládá ve zvýšené míře v kůře stromu. Kůra je přitom významnou součástí spalovaných směsí dendromasy v Olomučanech. Vzhledem k vyšší koncentraci kadmia nelze dřevní popel využít přímo jako hnojivo, bez dalších úprav.

Popel je složen z mnoha makro i mikroprvků, které rostliny potřebují k růstu. Převážnou část dřevního popelu tvoří Ca, který také dává popelu vlastnosti podobné vápenatým hnojivům.

3.2 Možnosti využití

Z právního hlediska je dřevní popel jako produkt výroby považován za odpad. V otázce možného využití dřevního popele je základní status tohoto materiálu, tzn., bude-li producent tohoto odpadu s ním dále nakládat jako s odpadem podle zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech, v platném znění, nebo tento materiál certifikuje a bude s ním nakládat jako s výrobkem podle zákona č. 22/1997 Sb. o technických požadavcích na výrobky, v platném znění, nebo zákona č. 156/1998 Sb., o hnojivech, v platném znění.

Certifikovaný výrobek (tedy např. registrované hnojivo, materiál do stavebních hmot aj.) musí deklarovat určitou kvalitu a stálost jakostních znaků. To je vzhledem k množství faktorů ovlivňující kvalitu dřevního popele problematické. Zvláště problematické je zajistit stabilní hodnoty obsahu jednotlivých prvků v popelu v průběhu roku.

Využívání dřevního popele jako odpadu je možné pouze v zařízeních určených k tomuto účelu (např. kompostárny) podle zákona o odpadech. Zařízení k využívání odpadů lze provozovat pouze na základě rozhodnutí příslušného krajského úřadu podle konkrétního místa využívání odpadů. Daný odpad pak musí splňovat limitní hodnoty obsahů těžkých kovů dané vyhláškou č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu. Pro využití odpadu na povrchu terénu musí být splněny požadavky uvedené ve vyhlášce č. 294/2005 Sb., v platném znění.

V případě aplikace na lesní půdu je tato možnost problematická, protože lesní zákon č. 289/1995 Sb. (podle § 20 odst. 1. písm. o) zakazuje znečišťovat les odpady, za nějž je v současnosti popel pokládán.

Využívání samotného dřevního popele na zemědělské a lesní půdě je možné při splnění podmínek registrace popele jako minerálního hnojiva. Reálnou možností pro používání popele by mohlo být hnojení na zemědělské půdě využívané k nepotravinářské produkci (např. plantáže rychle rostoucích dřevin). Na zemědělských půdách lze využít kompost, jenž obsahuje dřevní popel a byl vyprodukován v zařízeních na využívání odpadů. Ve výše uvedených případech je podmínkou využití dřevního popele požadavek na splnění limitních hodnot pro těžké kovy dané vyhláškou č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva.

Problematika kompostování rostlinných a dřevních popelů je v České republice často diskutována ve spojitosti s odstraňováním, resp. využíváním popelů z kotelen na spalování biomasy. Popele z biomasy obecně obsahují těžké kovy a to většinou v nadlimitní míře, což omezuje použití popele jako minerálního hnojiva. Z tohoto důvodu je tak kompostování vhodným způsobem jak využít dřevní popel ke hnojení. Limitní hodnoty pro obsah těžkých kovů v kompostech jako takových jsou podstatně vyšší než v případě minerálních hnojiv. Smícháním s jinými kompostovanými materiály se jejich koncentrace sníží.

Dřevní popel se osvědčilo míchat s kaly z čistíren odpadních vod a kaly z papírenského průmyslu pro hnojení zejména minerálních půd. Kaly obsahují dusík (zejména organicky vázaný), vysoké množství fosforu a velmi málo draslíku. Smícháním kalu a popele se získá organické hnojivo s vyváženějším obsahem rostlinných živin. Nebezpečné látky (zejména těžké kovy) a nadměra fosforu ve směsi je z půdy následně odnímána biomasou.

Z hlediska možného použití upravených kalů míchaných s dřevním popelem na zemědělské půdě v podmínkách České republiky musí být dodrženy požadavky dané vyhláškou č. 382/2001 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě. Je-li kal z čistírny odpadních vod smíchaný s dřevním popelem použit k uzavírání a rekultivaci

skládek nebo na povrch terénu, musí splňovat požadavky dané vyhláškou č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu.

Perspektivní využití dřevního popele v podmínkách České republiky je zejména jako příměs do jiných materiálů, především do průmyslových kompostů a jiných substrátů, upravených kalů z čistíren odpadních vod, papírenského průmyslu nebo do jiných rekultivačních materiálů. Jako zajímavé se jeví také použití popele jako sorbentu i materiálu k rekultivaci např. jalových či kontaminovaných půd.

4 ZÁVĚR

Současný trend podpory využívání biomasy k energetickým účelům nastoluje otázku, jakým způsobem zacházet s popelem, který při spalování biomasy vzniká.

Ačkoliv je dřevní popel zdrojem všech cenných makro a mikro prvků pro výživu rostlin, nelze dle platné legislativy tento materiál, bez dalších úprav, využít jako hnojivo.

V zahraničí je již zpracována problematika využití popele z dřevní biomasy do praktických postupů při jeho využití k hnojení, výroby substrátů, rekultivacím a dalším účelům. Zvláště ve Skandinávii je problematika využití popele upravena i legislativně.

V České republice je současná produkce popele rozptýlena a samotná legislativní úprava dané problematiky omezuje jeho další využívání. Tato situace brání lepšímu zužitkování popele a podporuje jeho deponování na skládky. Pro zlepšení situace je potřeba upravit legislativní vymezení zacházení s popelem a jeho dalšího zužitkování, zvláště s ohledem na obsah těžkých kovů.

Z praktického hlediska je vhodné sledovat původ dřevní biomasy, neboť obsah těžkých kovů je primárně závislý na spalované dendromase - podílu dřevní hmoty, kůry a asimilačních orgánů i různých příměsí (nátěrové hmoty apod.). Nemalý význam má i imisní zátěž regionu, což se následně projeví v obsahu těžkých kovů v popelu.

V dalších sledováních je třeba se zaměřit na analýzu obsahu těžkých kovů ve vstupní biomase podle dřevin a jejich částí, se zaměřením na kůru a větve.

Popel z dřevní biomasy jako příměs do kompostů, do kalů z čistíren odpadních vod nebo materiál pro rekultivace skládek jsou perspektivní způsoby jeho reálného využití v podmínkách České republiky. Využití v ostatních oblastech bude podmíněno úpravou legislativy s upřesněním podmínek a limitů pro materiálové využití popele z dřevní biomasy.

LITERATURA

- [1] ANDERSSON, L, EMILSSON, S.: 2005. Regular recycling of wood ash to prevent waste production. RecAsh - A Life-environment demonstration project. In: *Regular Recycling of Wood Ash to Prevent waste Production. RecAsh - International seminar.*, Praha, 8. - 9. 10.2005. Praha: Lesy České republiky, s. p., 2005, s. 7-10. ISBN 80-86945-10-3.
- [2] DAHL, J. et al.: 2005. Influencing heavy metal flows in grate-fired biomass combustion plants by means of a new fractionation technology (online) [citováno 10. prosince 2005]. Dostupné na World Wide Web: < <http://www.p2pays.org/ref/35/34190.pdf> >
- [3] LAITINEN, T., LINDH, T.: 2005. Ash Recycling In Finland. In: *Regular Recycling of Wood Ash to Prevent waste Production. RecAsh - International seminar.* Praha, 8. - 9. 10.2005. Praha: Lesy České republiky, s. p., 2005, s. 66-71. ISBN 80-86945-10-3.

- [4] NAIK, T. R., KRAUS, R. N., SIDDIQUE, R.: 2003. Use of Wood Ash in Cement-based Materials Web: *University of Wisconsin Center for By-Products Utilization* (online) [publikováno 2003]. Dostupné na www: <<http://www.uwm.edu/Dept/CBU/abstracts/03-513.pdf>>.
- [5] OBERNBERGER, I. et al.: 1997. Concentrations of Inorganic Elements in Biomass Fuels and Recovery in the Different Ash Fractions. *Biomass and Bioenergy*, 1997, Vol. 12, no. 3, p. 211-224. ISSN 0961-9534
- [6] RICHARDSON, J. et al.: 2002. Bioenergy from Sustainable Forestry, Guiding Principles and Practise. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, 2002. 344 p. ISBN 978-1-4020-0676-0
- [7] TÓTHOVÁ, S.: 2005. Effects of wood ash on soil solution and chemistry of leaves in a beech stand. In: Regular Recycling of Wood Ash to Prevent waste Production. RecAsh – International seminar. Praha, 8. - 9. 10.2005. Praha: Lesy České republiky, s. p., 2005, s. 35-41. ISBN 80-86945-10-3.
- [8] Zákon č. 289/1995 Sb., o lesích, v platném znění
- [9] Zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky, v platném znění
- [10] Zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd, v platném znění
- [11] Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech, v platném znění
- [12] Vyhláška MZe č. 273/1998 Sb., o odběrech a chemických rozbořech vzorků hnojiv, v platném znění
- [13] Vyhláška MZe č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva, v platném znění
- [14] Vyhláška MŽP č. 382/2001 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě, v platném znění
- [15] Vyhláška MŽP č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu, v platném znění

Příspěvek vznikl za podpory výzkumného záměru Fakulty lesnické a dřevařské, Mendelovy zemědělské a lesnické university, číslo MSM 6215648902 „Les a dřevo - podpora funkčně integrovaného lesního hospodářství a využívání dřeva jako obnovitelné suroviny“.

Lektoroval: Ing. Viliam Mračna, CSc.

Kontaktní adresa:

Ing. Jiří Kadlec, Ph.D., Ústav lesnické a dřevařské techniky, Fakulta lesnická a dřevařská, Mendlova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 3, 613 00 Brno, e-mail: jura@mendelu.cz

Ing. Leona Šimková, Ústav zemědělské, potravinářské a environmentální techniky, Agronomická fakulta, Mendlova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, e-mail: simkovaleona@email.cz



COMPARATIVE ANALYSIS OF PHENOL ADSORPTION USING PHYTOGENIC AND MINERAL FILLERS OF PHENOL-FORMALDEHYDE RESINS

N. A. KHODOSOVA - L. I. BEĽCHINSKAYA

ABSTRACT: As a cohesive for production of fiber boards and water-resistant plywood are used phenol-formaldehyde resins (PFR) of different brands, containing toxic free monomers phenol and formaldehyde. This determines sanitary and hygienic requirements to the products made of PFR. In works we had published before the decrease of concentration of formaldehyde was examined in the process of putting PFR of different adsorbents. In this work we have shown the efficiency of use of mineral and phytogetic fillers as an acceptors of phenol. Selective adsorption of phenol is fixed from the two-component gas system phenol-water. Absorption of toxicants occurs mainly on the stratified-band aluminosilicate palygorskite and fine-dyspersated veneer sheet of birch. The effective temperature of pretreatment of these materials is determined.

Key words: palygorskite, phenol-formaldehyde resins, selective adsorption, effective temperature

INTRODUCTION

Phenol-formaldehyde resins (PFR) are widely used in the process of production of cane fiber boards, waterproof veneer and figured veneer, laminwood.

Resins in the free state consist of toxic monomers phenol and formaldehyde. In the process of furniture production and during their exploitation there is an emission of phenol and formaldehyde – that are the atmospheric pollutant of industrial apartments and atmosphere. The processes of emission intensify thermal, mechanical and chemical destruction of PFR.

Products basing on phenol-formaldehyde resins are made great demands regarding to water resistance, mechanical durability, longevity as well as hygienical characteristics.

Parameters of toxicity of monomers are presented in the table 1.

Table 1 Maximum permissible concentrations of constituents of PFR

Name	MPCwa mg/m ³	MPNC, mg/m ³	MDMPC. mg/m ³	Danger
Phenol	0,3	0,01	0,003	II
Formaldehyde	0,5	0,035	0,003 (0,012 [1])	II
Comment: MPCwa – Maximum permissible concentration of working area; MPNC –Maximum permissible nonrecurrent concentration; MDMPC – middling daily maximum permissible concentration; Danger decrease from I up to IV.				

Quick-setting resins of hot hardening are used for veneer production in wood processing industry: SFHz-3011, SFHz-3013 and SFHz-3014.

Content of free monomers in the base and hard resins are presented in the table 2.

Table 2 Content of free monomers in the base and hard resins

Sort of resin	Content of free phenol, %, in resin		Content of free formaldehyde, %, in resin	
	initial	hardened	initial	hardened
SFHz-3011	2,4	0,3	1,0	0,3
SFHz-3013	0,15	0,3	0,15	0,6
SFHz-3014	0,1	0,26	0,12	0,75

In this article we suggest using adsorbent-fillers in order to improve the resins quality. These adsorbent-fillers don't worsen the physical and chemical characteristics of resins, but reduce the concentration of toxic monomers. The previous researches [2] has shown that the overall sorptive capacity concerning formaldehyde have mineral (palygorskite, montmorillonite) and vegetative (flour of veneer sheet of birch) sorbents. This was the reason of selection of the same sorbents for the research of their availability as phenol acceptors.

MATERIALS AND METHODS

The sorbents of different nature were tested in order to determine the effective phenol absorbent: mineral (palygorskite, montmorillonite, kaolin, clinoptilolite), artificial (silica aerosil) and scraps of wood processing industry (flour veneer sheet of birch tree). Desiccators method was used for sorption measurements. The temperature was 293 K during 350 and 1400 hours.

The tested materials were thermally processed beforehand in the temperature range of 373-453 K.

RESULTS AND DISCUSSION

After the testing research there was determined the sorptive activity of the materials concerning phenol vapor (table 3), temperature adsorption is 293 K.

Table 3. Phenol adsorption with natural, artificial and vegetation sorbents.

Sorbent type	Adsorption value, mg/g	
	350 hours	1400 hours
clinoptilolite	8	12
kaolin	10	15
montmorillonite	24	26
palygorskite	40	40
aerosil	28	65
flour veneer sheet of birch tree	52	160

Most effective among natural sorbents is palygorskite, which is related to the stratified-band minerals. Less active adsorption of phenol vapor occurs on montmorillonite, stratified silicate with a broadening structural cell. The size of absorbed phenol by montmorillonite is 65 % from adsorption on palygorskite.

Capacity of zeolite (clinoptilolite) and laminated mineral with a hard grate – kaolinite – is approximately identical. The temporal factor influences on the size of their sorptive capacity: in 1400 hours it rises on 33 % for clinoptilolite and on 50 % – for kaolinite. The maximal size of per sorption on aerosil is marked after 1400 hours and exceeds adsorption on palygorskite (on 62 %). Concerning the phenol the most capacity is marked (at 350 and 1400 hours of sorption) on the flour of veneer sheet of birch. It exceeds (at 1400 hours) the adsorption value of phenol on aerosil on 246 %, on palygorskite – on 400 %.

Some literary sources [3,4] and our first researches [5,6] testify that the thermal treatment increases adsorbability of materials. Therefore for further researches the tested objects are exposed to thermal treatment in the range of temperatures 373 – 453 K (table. 4).

Table 4. Influence of preliminary thermal treatment on the sorption capacity of materials.

Vapor sorption of phenol mg/g	T, K	Time, hour	palygorskite	clinoptilolite	kaolinit	aerosil	Flour of veneer sheet of birch
	378	350	90	-	-	-	50
		1400	52	-	-	-	90
	433	350	-	-	32	-	-
		1400	-	-	54	-	-
	453	350	-	28	-	5	-
		1400	-	35	-	8	-
Vapor sorption of water, mg/g	378	350	49	-	-	-	27
		1400	68	-	-	-	40
	433	350	-	-	22	-	-
		1400	-	-	33	-	-
	453	350	-	15	-	7	-
		1400	-	20	-	11	-

So, the preliminary thermal processing (at optimum temperatures) influences on the sorption capacity ambiguously. Heat treatment causes the increase of sorption on natural minerals, while it influences negatively on artificial and vegetable sorbents, considerably reducing sorption capacity. Time of ascertainment of the fact of sorptive balance after heating makes 1400 hours, except for palygorskite (350 hour).

Optimal temperature of treatment of flour of veneer sheet of birch and palygorskite is identical and is equal to 378 K, however much sorptive ability of flour of veneer sheet of birch decreases in 1,7 time, and the sorption of vapor of phenol on heat-treated palygorskite increases in 3,5 time. An analogical situation is observed on clinoptilolite and aerosil at temperature 453 K [6,7]: absorption of phenol vapor by clinoptilolite is increased in three times, on aerosil in similar terms absorption is reduced in 6 – 8 times.

Adsorption activity on the vapor of phenol after a preliminary thermal treatment is reduced in a row: palygorskite, flour of veneer sheet of birch, kaolinite, clinoptilolit, aerosil.

Adsorption of vapor of water by the heat-treated materials is increased (except palygorskite) with the increase of time of sorption: for mineral sorbents in 1,4 – 1,9 time, for a vegetable sorbent in 2,3 time.

The analysis of research results, presented in table 4, showed the presence of selective sorption of phenol from double-base system: vapor of phenol and water. Analogical dependence was got after research of adsorption of vapor of formaldehyde on natural (palygorskite, montmorillonite) and vegetable (flour of veneer sheet of birch) sorbents [2].

CONCLUSION

Thus, the most perspective sorbent of vapor of phenol is a flour of veneer sheet of birch. Among clay minerals as fillers it is possible to recommend palygorskite, preliminary treated at an optimum temperature 378 K. So the ineffectiveness of preliminary thermal treatment of flour of veneer sheet of birch and aerosol was proved, and it results in the considerable reduce of sorptive ability of the last.

Practically all tested sorbents, except aerosil, show selective adsorption of vapor of phenol from mixture of phenol with the vapor of water that is substantial to recommend them as adsorbents and fillers of PFR.

Palygorskite and flour of veneer sheet of birch are the effective sorbents of not only phenol vapor but also formaldehyde, that allows evaluating them from point of universality of their sorption properties for ecological purposes.

LITERATURE

- [1] BESPAMYATNOV, G. P.: Maximum permissible concentrations of chemical agents in an environment [Text] / G.P. Bespamyatnov, Y.A. Krotov. – L.: Chemistry, 1985, 528 p.
- [2] KHODOSOVA, N. A.: Adsorption refining of outbursts and sewages of wood processing enterprises // Ecology and rational nature management: materials of International scientific and practical conf., May, 30, 2008 -Voronezh : LTD. «Krivichi», 200

- [3] TARASEVICH, Y. I.: Adsorption on clay minerals / Y. I. Tarasevich, Ovcharenko F.D.– Kiev.: Naukova dumka, 1975, 350 p.
- [4] ARIPOV, E. Y.: Natural mineral sorbents, their activation and modification / E. A. Aripov.- Tashkent: FAN. 1970, 332 p.
- [5] BELCHINSKAYA, L. I.: Influence of heat treatment of clinoptilolite on the process of sorption of formaldehyde from gas phase / L.I. Belchinskaya, N. A. Khodosova // Sorbtion and chromatogr. processes. – 2007. T. 7. – Ed.4. – P. 564-570. .
- [6] BELCHINSKAYA, L. I.: Nature reserving technology of waste neutralization and utilization of furniture production waste [Text] / Voronezh: Voronezh State Academy of Forestry Engineering, 2002. – 210 p.
- [7] KOLCOV, S. I.: Silica gel, its structure and chemical properties /S.I. Kolcov, V .B. Aleskovsky. L :1963.

Lektoroval: *Ing. Eva Ružinská, PhD.*

Kontaktná adresa:

Khodosova, N. A. – Bel'chinskaya, L. I.: Voronezh State Academy of Forestry Engineering,
394613, Timiryasev str., 8, Voronezh, Russian Federation, chem@vglta.vrn.ru



NÁVRH DOPRAVNÍKA NA DOPRAVU MATERIÁLU DO PAKETOVACIEHO LISU

DER VORSCHLAG DEN FÖRDERER ZUM TRANSPORT DAS MATERIAL IN DIE PAKETPRESSE

Petra KVASNOVÁ

ABSTRACT: Der Artikel ist mit dem Vorschlag den Förderer zum Transport den Material nach die Paketpresse befasst. In die Gleichzeitigkeit ist nicht kontinuierlicher Transport zwischen die Sortierlinie und Paketlinie bestellt, und deshalb kommt es zu kumulieren separierter Müll. Aufgrund dessen ist in dem Artikel projektiert der Förderer zwischen die Sortierlinie und Paketlinie, welcher wird immerfort transportieren das Material in die Paketpresse.

Schlüsselwörter: die Sortierlinie, die Paketpresse, der Bandförderer, der separierte Abfallprodukt

ABSTRAKT: Príspevok sa zaoberá návrhom dopravníka na dopravu materiálu do paketovacieho lisu. V súčasnosti nie je zabezpečená kontinuálna doprava medzi triediacou a lisovacou linkou., čím dochádza ku kumulovaniu vyseparovaného odpadu pri triediacich linkách a k zbytočným miestnym stratám. Na základe uvedeného je v príspevku navrhovaný pásový dopravník medzi triediacu a lisovaciu linku, ktorý bude nepretržite dopravovať materiál do lisovacej linky.

Kľúčové slová: triediaca linka, paketovací lis, pásový dopravník, separovaný odpad

1 ÚVOD DO ODPADOVÉHO HOSPODÁRSTVA

Výrobky a produkty majú stále kratšiu dobu životnosti. Niektoré sa menia na odpad dokonca skôr než sú vyčerpané všetky možnosti ich samotného využitia. Realizáciou separovaného zberu jednotlivých zložiek komunálneho odpadu a následne ich recykláciou môžeme znížiť množstvo zvyškového odpadu na malý zlomok jeho pôvodného množstva. Súčasným trendom v oblasti odpadového hospodárstva je znižovanie množstva nevyužitelných odpadov a presadzovanie základného nakladania s odpadmi:

- *znižovanie vzniku a škodlivosti odpadov,*
- *opätovné používanie (výrobkov, obalov),*
- *recyklácia,*
- *energetické využívanie,*
- *skládovanie - až ako posledná možnosť.*

2 SÚČASNÝ STAV SPRACOVANIA ODPADOV

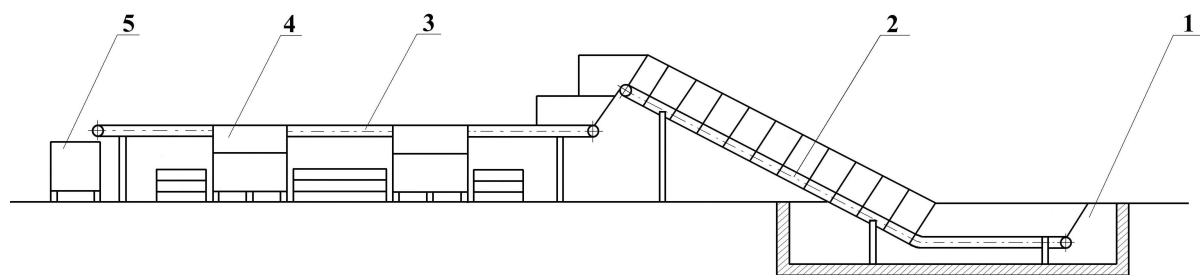
Spracovanie odpadov pozostáva z viacerých krokov. V prvom rade je to zhromažďovanie tuhých domových odpadov v bytoch, doprava a uloženie odpadov na miesto ich prechodného uskladnenia a následný odvoz odpadov zberovou technikou na miesto ich zneškodnenia alebo ich konečného spracovania.

Linka na triedenie odpadu zo separovaného zberu slúži na zhromaždenie a pretriedenie separovaného komunálneho odpadu. Je navrhnutá tak, aby spracovala celoročnú produkciu

triedeného odpadu. Pracovná doba linky je 7,5 hodín denne, 248 dní do roka. Aby bol zabezpečený správny chod triediacej linky je potrebných 6 kvalifikovaných pracovníkov. Prvý pracovník zapisuje množstvo privezeného a spracovaného odpadu a obsluhuje vysokozdvížný vozík, pomocou ktorého odváža hotové zlisované balíky. Druhý pracovník nahŕňa odpad (ručne, alebo pomocou univerzálneho nakladača) do šachty s pásovým dopravníkom a tiež obsluhuje lisovacie zariadenie, kontroluje jeho správnu činnosť a dáva pozor, aby sa lis neupchával. Pri triediacom páse pracujú ďalší štyria pracovníci, ktorí triedia papier na kartón, lepenku, zmesný papier a prímеси a plast na PET fľaše (podľa farby), PVC fólie, zmesný plast a prímеси.

Triediaca linka (Obr. 1) v súčasnosti pozostáva z nasledovných častí:

- a) **príjmová časť s príjmovým lomeným dopravníkom** - miesto na vyprázdňovanie zberných áut naložených odpadom určeným na dotried'ovanie. Musí byť dostatočne veľká pre dobrú manipuláciu s odpadom, s ľahkým prístupom pre zberné autá. Odpad je vysypaný a nahŕňaný na príjmový dopravník. Príjmová časť sa nachádza na dobre prístupnom mieste blízko vstupnej brány do haly, najlepšie hneď pri vstupnej bráne.
- b) **triediaca časť linky** - skladá sa z triediaceho pásu a vyprázdňovacích boxov na jednotlivé frakcie.



Obrázok 1 Triediaca linka

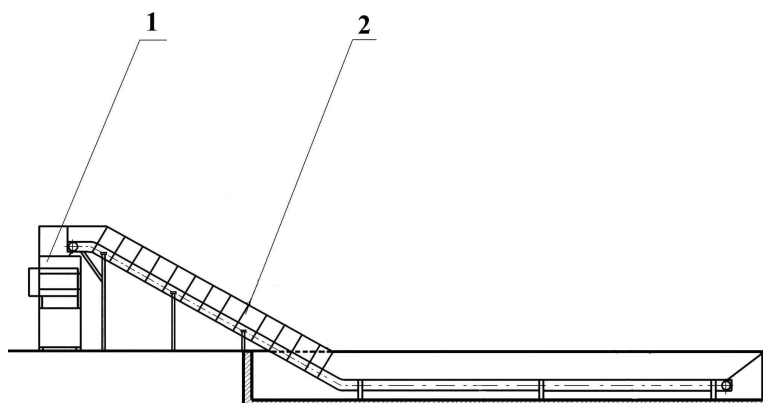
1 – šachta pre pásový dopravník, 2 – pásový dopravník s unášačmi, 3 – triediaci pásový dopravník, 4 – vrecia pre vytriedený odpad, 5 – koncový kontajner pre zvyškovú frakciu

Príjmová časť je tvorená príjmovým lomeným dopravníkom (2), ktorého rovná časť je zapustená pod úroveň podlahy (1) pre lepšiu manipuláciu s odpadom. Nahrňovanie odpadu na podúrovňový dopravník (2) sa uskutočňuje dopravným mechanizmom alebo manuálne a následne dopravuje materiál na triediaci dopravník. Po oboch stranách triediaceho dopravníka (3) sú umiestnené vrecia (4) kam sa vhadzujú vytriedené jednotlivé frakcie odpadu. Zvyšková frakcia sa ponecháva na páse triediaceho dopravníka, kde postupuje až na jeho koniec, kam prepadáva do kontajnera (5) a potom je následne odvážaná na skládku.

Po vytriedení sa materiál vo vreciach manuálne alebo pomocou dopravných mechanizmov presunie do druhej časti haly, kde dochádza k jeho lisovaniu do balíkov. Lisovacia linka sa skladá z nasledovných častí:

- c) **plniaci dopravník lisu** – manuálne alebo pomocou dopravných mechanizmov dopravený materiál sa vysype na plniaci dopravník, ktorý zabezpečuje dopravu materiálu do lisu. Je rovnakej konštrukcie ako príjmový dopravník - rovná časť je zapustená pod povrchom.
- d) **lis** - v triediacej linke je v súčasnosti použitý hydraulický baliaci lis LP 40 EH1, ktorý lisuje materiály ako napr. papier, veľké vlnité vlákňité lepenkové krabice, domáci odpad,

noviny, časopisy, plasty a ostatné stlačiteľné materiály. Konečným produktom sú balíky, ktoré sa dajú naskladať na seba, čo zabezpečuje jednoduchú manipuláciu.



Obrázok 2 Lisovacia linka
1 – hydraulický baliaci lis, 2 – plniaci dopravník lisu

Výhodami takéhoto systému sú nízke investičné náklady a malý halový priestor. Najväčšou nevýhodou súčasného stavu je manuálne premiestňovanie vyseparovaných frakcií z triediacej do lisovacej linky. Keďže toto premiestňovanie nie je nepretržité, dochádza ku kumulovaniu vyseparovaného odpadu pri triediacich linkách a zbytočným miestnym stratám. Zároveň je v súčasnosti potrebná pracovná sila, ktorá premiestni roztriedený odpad od triediaceho dopravníka k paketovaciemu lisu. Na základe uvedeného je navrhovaný medzi triediacu a lisovaciu linku pásový dopravník, ktorý bude nepretržite dopravovať materiál do lisovacej linky. Tým sa znížia mzdové náklady na jedného pracovníka a zároveň by bola zabezpečená plynulosť dopravy vyseparovaných komodít.

3 NÁVRH DOPRAVNÍKA MEDZI TRIEDIACU A LISOVACIU LINKU

Vzhľadom k tomu, že pri manipulácii roztriedeného odpadu medzi triediacou a lisovacou linkou dochádza ku kumulovaniu odpadu a zbytočným miestnym stratám navrhujem medzi tieto linky pásový dopravník, ktorý bude umiestnený pod boxami triediacej linky. Po naplnení boxu triediacej linky sa pomocou páky mechanicky spodnou klapkou box vyprázdni, čím sa spustí navrhovaný pásový dopravník, ktorý dopraví materiál k plniacemu dopravníku lisovacej linky.

Na základe navrhnutých parametrov pásového dopravníka medzi triediacou a lisovacou linkou sa vypočíta **efektívny časový fond F** podľa vzťahu:

$$F = [(d_p - d_{czd}) \cdot h] \cdot \left[1 - \frac{t_{opr}}{100} \right], \quad (1)$$

kde: d_p - počet pracovných dní v roku,
 d_{czd} - počet dní celozávodnej dovolenky,
 h - počet hodín za smenu,
 t_{opr} - plánovaný čas opráv strojov.

Počet pracovných dní v roku sa vypočíta podľa vzťahu:

$$d_p = (w \cdot 5) - s_v, \quad (2)$$

kde: s_v - počet sviatkov v roku,
 w - počet týždňov v roku.

Hodinová produkcia separovaných komodít sa určí podľa vzťahu:

$$Q_{hp} = \frac{Q_r}{F}, \quad (3)$$

kde: Q_h - hodinová produkcia separovanej komodity,
 Q_r - ročná produkcia separovanej komodity,
 F - efektívny časový fond.

Kapacita pásového dopravníka sa určí podľa rovnice kontinuity:

$$Q = 3,6 \cdot S \cdot v \cdot \rho, \quad (4)$$

kde: S - efektívny prierez odpadu,
 v - rýchlosť pásu,
 ρ - objemová hmotnosť.

Efektívny prierez odpadu je daný vzťahom:

$$S = \frac{1}{6} \cdot b^2 \cdot \operatorname{tg} \theta_d, \quad (5)$$

kde: b - šírka materiálu na dopravníku ($b = B \cdot \alpha_d$),
 B - šírka pásu,
 α_d - koeficient zaplnenia dopravníka,
 θ_d - dynamický sypný uhol.

Pri návrhu dopravníka sa ďalej postupuje podľa STN 26 0383, podľa ktorej sa volí dopravný pás (krycia vrstva, hrúbka pásu, hmotnosť kostry). Podľa STN ISO 4123 sa volia dopadové valčeky (priemer, dĺžka, hmotnosť, počet, vzdialenosť medzi valčkami), podľa STN ISO 2109 nosné valčeky, a podľa STN ISO 1537 spodné valčeky.

Pohybový odpor dopravného pásu je daný súčtom hlavných, vedľajších a prídavných odporov. Vypočíta sa zo vzťahu:

$$F_u = F_h + F_v + F_p, \quad (6)$$

kde: F_u - výsledný pohybový odpor,
 F_h - hlavný odpor,
 F_v - vedľajšie odpory,
 F_p - prídavné odpory.

Hlavné a vedľajšie odpory sa vypočítajú podľa vzťahu:

$$F_h + F_v = C \cdot f \cdot L \cdot g[(m_1 + 2 \cdot m_2) \cdot \cos \delta + m_{rh} + m_{rd}], \quad (7)$$

kde C - súčiniteľ vyjadrujúci vedľajšie odpory dopravníka,

- f - globálny súčiniteľ trenia,
 L - dĺžka dopravníka,
 g - gravitačné zrýchlenie,
 m_1 - hmotnosť dopravovaného materiálu pripadajúca na 1 m dĺžky pásu,
 m_2 - hmotnosť 1 m dopravného pásu,
 δ - uhol sklonu dopravníka,
 m_{rh} - hmotnosť rotujúcich častí valčiekov na 1 m dĺžky hornej vetvy dopravníka,
 m_{rd} - hmotnosť rotujúcich častí valčiekov na 1 m dĺžky dolnej vetvy dopravníka.

$$m_1 = \frac{Q_h}{3,6 \cdot v}, \quad (8)$$

$$m_2 = m'_2 \cdot B = [(1100 \div 1300) \cdot s_v + m_{kp}] \cdot B, \quad (9)$$

- kde: m'_2 - hmotnosť 1 m² dopravného pásu,
 s_v - celková hrúbka krycích vrstiev dopravného pásu,
 m_{kp} - hmotnosť 1 m² kostry dopravného pásu.

$$m_{rh} = \left(\frac{n_{dv} \cdot m_{dv} + n_{nv} \cdot m_{nv}}{L} \right), \quad (10)$$

- kde: n_{dv} - počet dopadových valčiekov,
 m_{dv} - hmotnosť dopadových valčiekov,
 n_{nv} - počet nosných valčiekov,
 m_{nv} - hmotnosť nosných valčiekov.

$$m_{rd} = \frac{n_{sv} \cdot m_{sv}}{L}, \quad (11)$$

- kde: n_{sv} - počet spodných valčiekov,
 m_{sv} - hmotnosť spodných valčiekov.

Prídavné odpory sa vypočítajú podľa vzťahu:

$$F_p = m_1 \cdot g \cdot h, \quad (12)$$

- kde: h - prevýšenie dopravníka.

Pri výpočte **priemeru hnacieho bubna** vychádzame z rovnice:

$$D_{hb} = \frac{360 \cdot F_u}{p \cdot \pi \cdot \alpha \cdot B}, \quad (13)$$

- kde: p - prípustný merný tlak medzi bubnom a pásom (16000 až 20000 Pa),
 α - uhol opásania dopravného pásu na hnacom bubne.

Priemer vratného bubna je rovný priemeru hnacieho bubna takže

$$D_{vb} = D_{hb}. \quad (14)$$

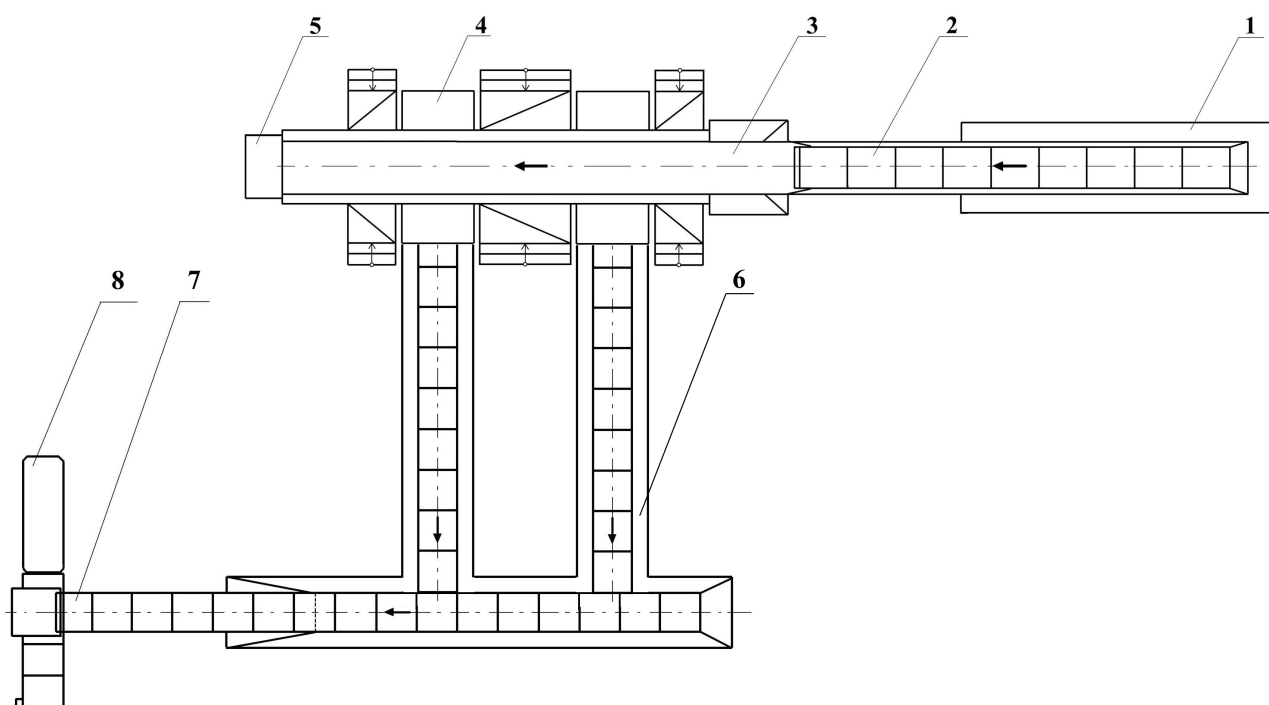
Pohon pásového dopravníka sa nakoniec vypočíta podľa vzťahu:

$$P = \frac{F_u \cdot v}{1000 \cdot \eta} , \quad (15)$$

kde: P - výkon elektromotora,
 η - účinnosť elektromotora.

Podľa vypočítaného výkonu elektromotora sa následne volí elektromotor a prevodovka na reguláciu rýchlosti.

Triediaca linka s prepojenou lisovacou linkou pomocou pásového dopravníka je znázornená na obr. 3.



Obrázok 3 Prepojenie triediacej a lisovacej linky navrhovaným pásovým dopravníkom
1 – šachta pre pásový dopravník, 2 – pásový dopravník s unášačmi, 3 – triediaci pásový dopravník, 4 – vrecia pre vytriedený odpad, 5 – koncový kontajner pre zvyškovú frakciu, 6 – navrhovaný pásový dopravník, 7 – hydraulický baliaci lis, 8 – plniaci dopravník lisu

Na prepojenie triediacej a lisovacej linky by sa použil pásový dopravník, z dôvodu jeho prispôsobivosti na dané pracovné podmienky, zvládnutie veľkého prepravovaného toku materiálu, vysokej prevádzkovej bezpečnosti a z dôvodu jeho jednoduchej obsluhy a údržby.

Výhodou tohto systému by bolo kontinuálne lisovanie, bez nutnosti zaneprázdnenia jedného pracovníka, ktorý manuálne, alebo pomocou mechanizmov prenášal separované komodity na vzdialenosť 8 m. Halový priestor by sa úpravou nezväčšoval, len by sa musel upraviť na zabudovanie pásových dopravníkov.

4 ZÁVER

Dôsledným dotriedením separovaných komodít odpadu na jednotlivé frakcie a následným lisovaním sa získava odpad, ktorý je určený na priame vykúpenie pre ďalších

spracovávateľov, ktorí sa zaoberajú spracovávaním takéhoto druhu materiálu. Je ho možné znovu materiálovo zhodnotiť a následne spracovať. Takto môžeme získať nové možnosti na výrobu predmetov každodennej potreby, čím šetríme zásoby primárnych prírodných surovín na výrobu týchto materiálov. Množstvo zvyškového odpadu je teda nesporne možné ovplyvňovať kombináciou regulačných i finančných mechanizmov.

Ďalším dôvodom prečo sme nútení zlepšovať kvalitu separovaného zberu je, že po vstupe do EÚ sme viazaný dodržiavať európsku legislatívu a tá nám prikazuje znižovať produkciu odpadov. Zlepšovaním separovaného zberu v meste sa teda zmenší množstvo odpadu, ktorý je potrebné odvážať na skládku, znížia sa poplatky za odpad pre obyvateľov a tiež poplatky za ukladanie odpadu na skládku, zvýši sa environmentálne cítenie obyvateľstva a ochrana životného prostredia.

LITERATÚRA

- [1] ČERNECKÝ, J. – KVASNOVÁ, P.: 2007. *Technika odpadového hospodárstva*. Zvolen : TU vo Zvolene, 2007.
- [2] Katalóg firmy Marius Pedersen: Systém komplexného nakladania s odpadmi. 2007.
- [3] MIKOLÁŠIK, Ľ. - OSWALD, J.: 1978. *Mechanizmy a systémy manipulácie s materiálom v drevárskom priemysle*. Alfa Bratislava, 1978.
- [4] Návod na použitie hydraulického baliaceho lisu Presona LP 40 EH1. 2005. CZ-EH0306TY.
- [5] SAMEŠOVÁ, D. - KAPUSTOVÁ, B. - LADOMERSKÝ, J.: 2000. *Analýza možností zhodnocovania komunálneho odpadu*. TU vo Zvolene, 2000.
- [6] ŠTROFFEK, E.: 1995. *Dopravné pásy v priemysle*. MATADOR, 1995.
- [7] Vyhláška MŽP SR č.283/2001 Z.z. o vykonaní niektorých ustanovení zákona o odpadoch.
- [8] Zákon č. 223/2001 o odpadoch.
- [9] www.recfond.sk (24.4.2008).

Lektoroval: Ing. Ján Koniar

Časť riešenej problematiky príspevku je súčasťou grantovej úlohy KEGA 3/6431/08 „Stanovenie charakteristík kvantifikácie emisií a indikátorov kvality ovzdušia v podmienkach európskej legislatívy“.

Kontaktná adresa: Ing. Petra Kvasnová, PhD., Katedra environmentálnej techniky, Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky, Technická univerzita vo Zvolene, Študentská 26, 960 53 Zvolen, tel.: 045/5206874, e-mail: kvasnova@vsld.tuzvo.sk



UNIVERZÁLNY NAKLADAČ A MOŽNOSTI JEHO VYUŽITIA

DER UNIVERSALLADER UND DIE MÖGLICHKEITEN SEINES VERWENDUNG

Petra KVASNOVÁ

ABSTRACT: Der Artikel befasst sich mit der Technik und Geräte, welche sind auf der Abfallplatz ausnützen. In der Artikel ist der Universallader beschreibt, welcher ist zum Abfallplatzgestaltung notwendig. Er formiert der Abfallplatz so, damit der Abfallplatz besser benutzt wird (so viel den Abfall auf der Abfallplatz hineingehen, als möglich ist), damit der Abfallplatzsetzung verhüten wird und damit der Rekultivierung den Abfallplatz möglich wird. In dem Artikel ist auch der Zubehör zu Universallader beschrieben. Dieser Universallader hat seine Gebrauch nicht nur bei der Abfallverarbeitung, aber auch bei der Agrar- und Forstbereichen.

Key words: der Abfallplatz, der Universallader, der Zubehör

ABSTRAKT: Príspevok sa zaoberá technikou a zariadeniami, ktoré sa využívajú na skládke odpadov. Podrobne popisuje univerzálny nakladač, ktorý slúži hlavne na úpravu skládky, aby sa na skládku zmestilo čo najviac odpadu, aby sa zabránilo neskoršiemu sadaniu skládky a aby bola umožnená následná rekultivácia skládky. Rovnako je v príspevku znázornené a popísané bohaté príslušenstvo k univerzálnemu nakladaču, ktorý má svoje využitie nie len pri spracovaní odpadov, ale aj v poľnohospodárskej a lesníckej oblasti.

Kľúčové slová: skládka odpadu, univerzálny nakladač, príslušenstvo

1 NAKLADANIE S ODPADMI

Množstvo odpadu sa každým rokom neúmerne zvyšuje pretože rýchlosť ich produkcie je oveľa väčšia ako ich spracovanie. Tvorbou veľkého množstva odpadu sa ničí nielen príroda, ovzdušie a ďalšie odvetvia životného prostredia, ale v konečnom dôsledku ničí aj naše zdravie. Pri analýze možností ako nakladať s komunálnym odpadom by triedenie odpadu malo byť prvým krokom v procese jeho zhodnotenia a vlastné zneškodnenie až posledným krokom. K vlastnému zneškodňovaniu odpadu by sa malo pristúpiť až vtedy, keď sa vyčerpali všetky možnosti jeho vzniku predísť, alebo odpad zhodnotiť. Šetril by sa tak priestor pre uloženie ďalšieho odpadu na skládke a predlžovala by sa životnosť skládky, čo by sa v konečnom dôsledku prejavilo nižšími finančnými nákladmi na uloženie odpadu, rovnako ako nižšími finančnými nákladmi na budovanie nových spaľovní.

2 SKLÁDKOVANIE ODPADOV

Uskladňovanie komunálneho odpadu na skládky odpadov patrí medzi najrozšírenejší spôsob zneškodňovania odpadov. V dnešnej dobe je však viditeľný pokles množstva komunálnych odpadov ukladaných na skládky, čo je spôsobené zavedením separovaného zberu niektorých zložiek komunálnych odpadov.

Rozoznávame dva typy skládok:

- povolené tzv. riadené, ktoré sú oficiálne určené na skládkovanie odpadu a sú čiastočne udržiavané, kontrolované a prípadne zriedka i rekultivované a na ich projektoch sa

podieľajú geológovia, hydrológovia, chemici atď. Skládky bývajú vybudované väčšinou na geologicky stabilnom a nepriepustnom podloží.

- čierne tzv. neriadené, ktoré vznikli pričinením neohľaduplných občanov, obcí, podnikov a to na územiach, ktoré neboli na to vyčlenené. Tieto skládky sú nebezpečné, pretože nie sú zospodu izolované a nie sú kontrolované. Ohrozujú životné prostredie, bývajú zdrojom chemickej a biologickej kontaminácie povrchových i podzemných vôd, zhoršujú hygienu prostredia (zápach, dym, vzhľad, šírenie infekčných chorôb) v širokom okolí a ohrozujú zdravie ľudí.

Skládka odpadov je vlastne zariadenie pre „likvidáciu“ (odstránenie) odpadov. Tvar telesa skládky by sa mal navrhovať tak, aby sa na skládku zmestilo čo najviac odpadu, aby bola zaručená jej stabilita a postupné plnenie skládky a aby bola umožnená následná rekultivácia skládky – zapojenie do krajiny.

Životnosť skládky ($8 \div 10$ rokov) je možné zvýšiť:

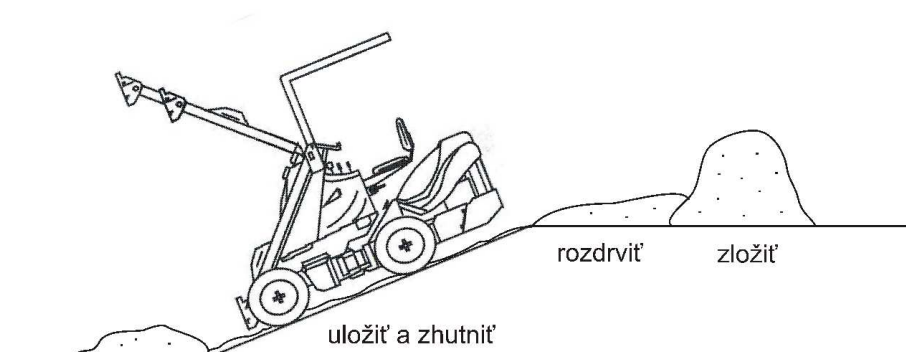
- hutnením odpadu,
- vršením do výšky,
- zväčšením zaberanej plochy.

3 ÚPRAVA SKLÁDOK ODPADU

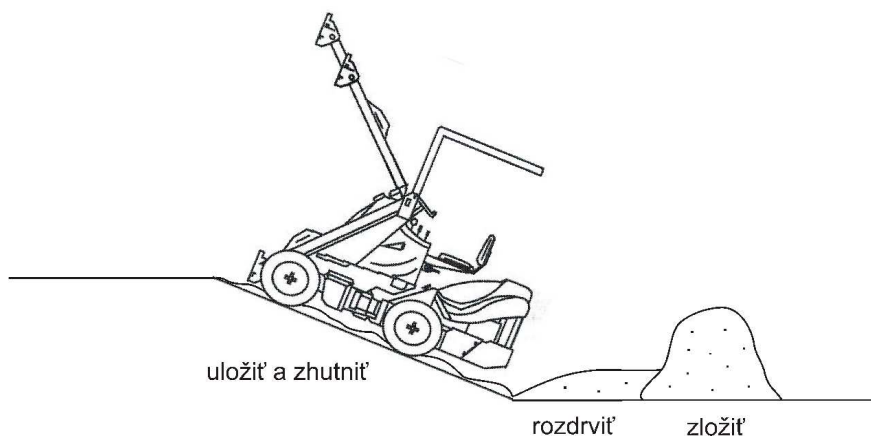
Aby sa zabránilo rapídneho zväčšovaniu zaberanej plochy je nutné po privezení a vysypaní odpadu zo zberných vozov odpad ukladať po ploche skládky a zhutniť ho. Tým sa zvýši množstvo odpadu, ktorý môže byť na skládke uložený, zabráni sa neskoršiemu sadaniu telesa skládky, dochádza ku zníženiu priepustnosti vrstvy odpadov, k intenzívnejšiemu procesu rozkladu rozložiteľného odpadu a rovnako sa zabráni úletu ľahkých zložiek odpadu.

Ukladanie odpadu na skládku môže byť nasledovné:

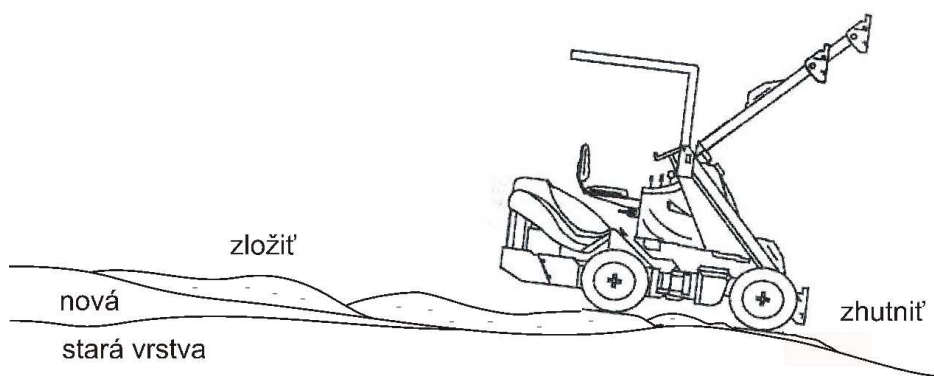
- plošné ukladanie dole (Obr. 1),
- plošné ukladanie hore (Obr. 2),
- plošné horizontálne ukladanie (Obr. 3),
- ukladanie cez hranu (Obr. 4).



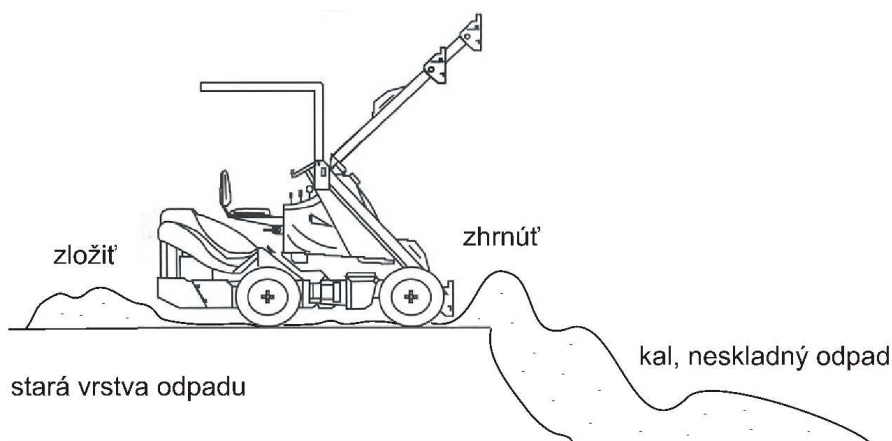
Obrázok 1 Plošné ukladanie dole



Obrázok 2 Plošné ukladanie hore



Obrázok 3 Plošné horizontálne ukladanie

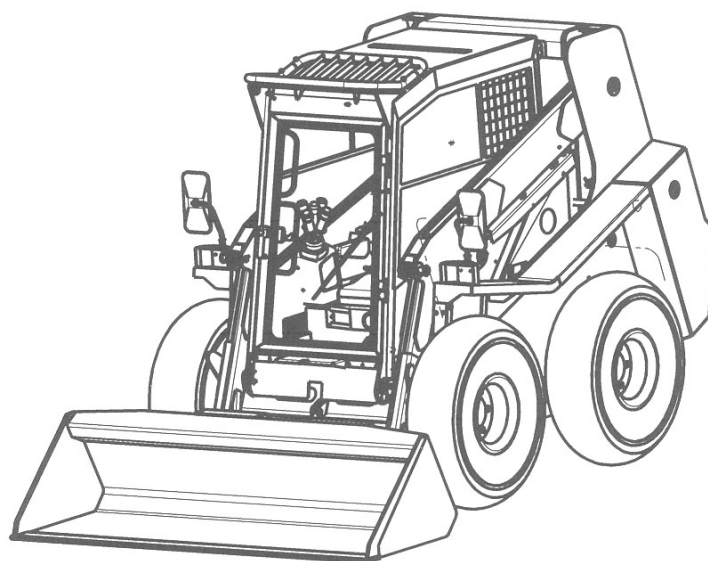


Obrázok 4 Ukladanie cez hranu

Na skládke odpadu sa využívajú hlavne univerzálne nakladače, ktoré sú vybavené bohatým príslušenstvom. Pohon nakladača je hydrostatický. Hnací agregát je spaľovací motor. Pojazdny mechanizmus sa skladá z regulačných hydrogenerátorov, pomalobežných hydromotorov, bočných pohonov pojazdu a zo štyroch samostatne uchytených kolies.

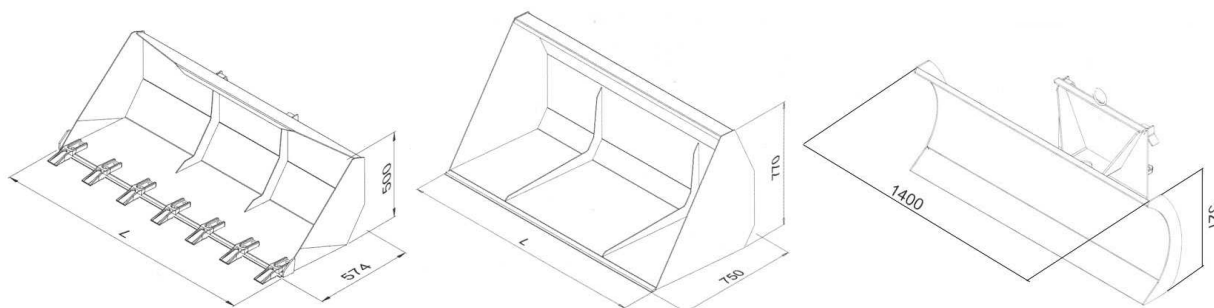
Riadenie nakladača a ovládanie pracovného zariadenia je sústredené do dvoch ovládacích pák, vyklonenie pák dopredu a dozadu slúži na ovládanie jazdy nakladača a vyklonenie pák do boku slúži na ovládanie pracovného zariadenia a pracovného nástroja. Prídavné zariadenie je ovládané pomocou dvojice pedálov. Zatáčanie nakladača sa vykonáva nezávislým ovládaním pohonu kolies jednej strany voči druhej strane, čo do veľkosti aj zmyslu.

Bezpečnostná odhlučnená kabína, jednoduché ovládanie nakladača, vykurovací a vetrací systém, rozmiestnenie ovládacích a kontrolných prvkov priaznivo pôsobí na obsluhu nakladača, čím nepriamo pomáhajú zvyšovať pracovný výkon.

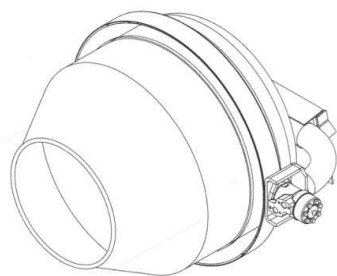


Obrázok 5 Univerzálny nakladač

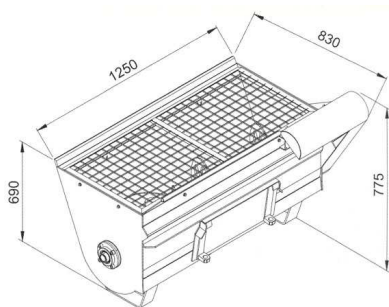
Základná lopata má menovitý objem $0,66 \text{ m}^3$. Okrem nej možno použiť ďalšie druhy prídavných zariadení, napr. mulčovač, rýhovač, frézu, štiepkovač, sekačku, radlicu, búracie kladivo, zametacie metly, zatĺkač kolov, vrták na stromy, vysokozdvížný adaptér, miešačku, kliešte na stromy, frézu na asfalt, postrekovač, pieskovač, kliešte na balíky, vidly na seno, paletačné vidly, výkyvnú radlicu, atď. Na obr. 6 ÷ 14 sú znázornené niektoré prídavné zariadenia, ktoré môžu tvoriť príslušenstvo k univerzálnemu nakladaču.



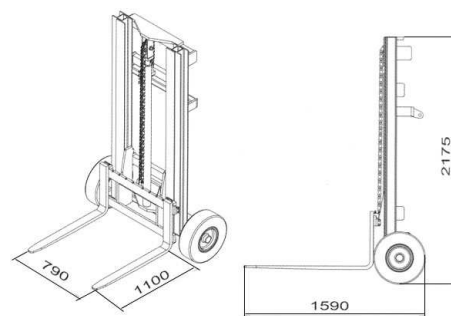
Obrázok 6 Jednotlivé druhy lopát (na piesok, na veľký objem, šikmá lopata)



Obrázok 7 Miešačka

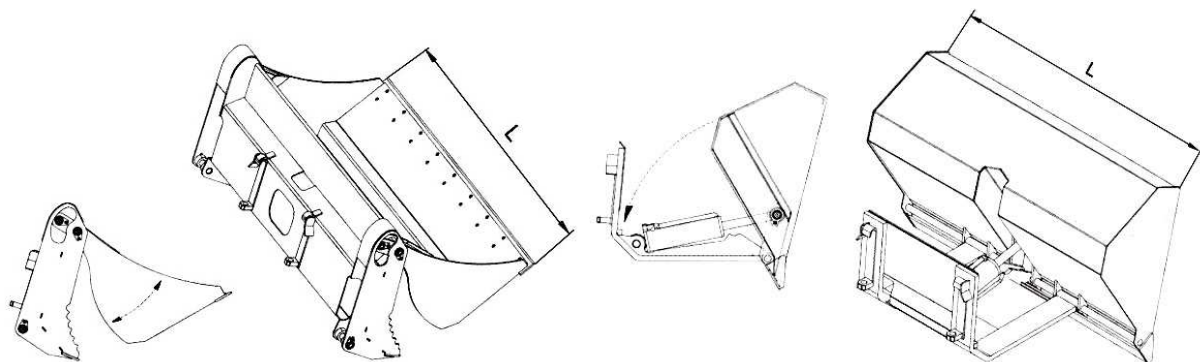


Obrázok 8 Separátor frakcií



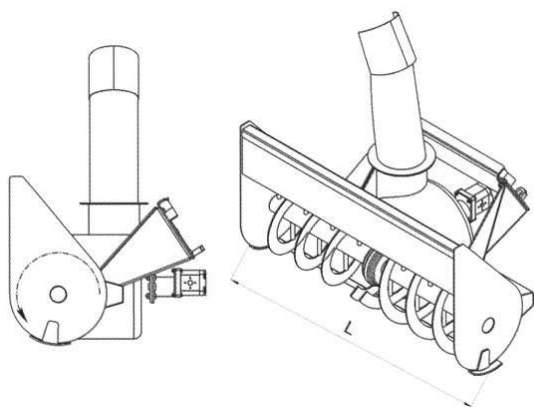
Obrázok 9 Vysokozdvíhňový vozík

Okrem možnosti pripojenia jednotlivých prídavných zariadení, existujú rôzne možnosti vyklápania či už lopát, alebo aj iných prídavných zariadení. Na obr. 10 sú znázornené základné mechanizmy a možnosti vyklápania lopát.

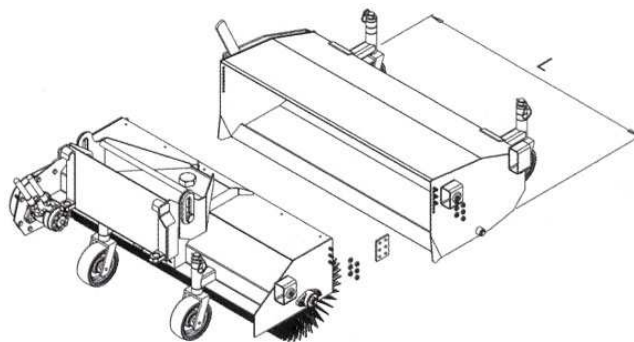


Obrázok 10 Možnosti vyklápania lopát

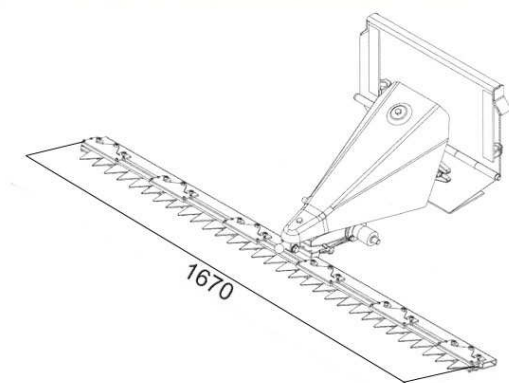
Okrem uvedených príkladov prídavných zariadení je možné na univerzálny nakladač pripojiť aj frézu na sneh (Obr. 11), zametací stroj (Obr. 12), sekačku na trávnu (Obr. 13) a vrták (Obr. 14).



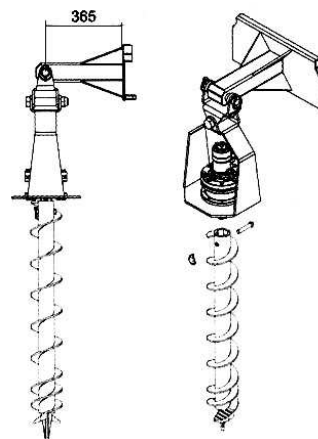
Obrázok 11 Fréza na sneh



Obrázok 12 Zametací stroj



Obrázok 13 Sekačka na trávnu



Obrázok 14 Vrták

Z uvedeného je zrejmé, že využitie univerzálneho nakladača je veľmi všestranné a okrem jeho využitia pri spracovaní odpadov na skládke odpadov, má svoje uplatnenie aj v poľnohospodárskej a lesníckej oblasti.

4 ZÁVER

Záverom treba konštatovať, že pri samotnom budovaní skládky odpadu je potrebné dodržiavať základné pravidlá, ako je možnosť budovania skládky iba na územiach, kde je maximálna hĺbka podzemnej vody najmenej 1 m pod najnižším bodom tesniacej vrstvy, vzdialenosť skládky od trvale obývatel'ných objektov, nemocníc a rekreačných objektov je minimálne 500 m (berie sa do úvahy aj smer vetra), umiestnenie skládky musí byť v súlade so schválenou územnou plánovacou dokumentáciou, pričom súčasťou dokumentácie stavby je aj návrh ochranného pásma skládky, pod telesom skládky nesmú byť umiestnené žiadne inžinierske siete atď. Počas skládkovania musí byť skládka pravidelne prekryvaná inertnými vrstvami, pravidelne hutnená, zvlhčovaná, priebežne svahovaná a zabezpečená proti úletu ľahkých zložiek ukladaného odpadu (ploty a siete min. 3 m). Po ukončení ukladania odpadu na skládku musí byť skládka prekrytá a rekultivovaná, v opačnom prípade dochádza k vylúhovaniu kontaminantov, erózii a porušeniu spodných funkčných vrstiev, rozfúkaniu ľahkých odpadov vetrom atď. Po ukončení celkovej rekultivácie skládky je potrebné sledovať vybrané javy v súlade s STN (tzv. monitoring skládok).

LITERATÚRA

- [1] DOČKAL, M.: 2007. Prednášky z predmetu „Odpady a recyklace“. ČVUT v Prahe.
- [2] Prospekty firmy GAMMA 4. Listino al Pubblico 2007.
- [3] Propagačné materiály firmy WAY INDUSTRY.
- [4] TÖLGYESSY, J. - PIATRIK, M. - ČÍK, G. - HARANGOZÓ, M.: 1998. *Technológia životného prostredia*. Bratislava: STU v Bratislave, 1998. ISBN 80-227-1048-2.

- [5] Vyhláška MŽP SR č.283/2001 Z.z. o vykonaní niektorých ustanovení zákona o odpadoch.
- [6] Zákon č. 223/2001 o odpadoch

Lektoroval: Ing. Zuzana Brodnianská

Časť riešenej problematiky príspevku je súčasťou grantovej úlohy KEGA 3/6431/08 „Stanovenie charakteristík kvantifikácie emisií a indikátorov kvality ovzdušia v podmienkach európskej legislatívy“.

Kontaktná adresa:

Ing. Petra Kvasnová, PhD., Katedra environmentálnej techniky, Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky, Technická univerzita vo Zvolene, Študentská 26, 960 53 Zvolen, tel.: 045/5206874, e-mail: kvasnova@vsld.tuzvo.sk



HROZBA ORTUTI V NAŠOM ŽIVOTNOM A PRACOVNOM PROSTREDÍ, ČASŤ 1: ÚČINKY ORTUTI NA ČLOVEKA

DANGEROUS OF MERCURY IN ENVIRONMENT AND WORKPLACE, PART 1

Iveta MARKOVÁ

ABSTRACT: During the year 2006 and in the beginning of 2007 specialists from HaZZ had to remove a mercury contamination of the environment. An overview on emergencies caused by mercury contamination in the year 2006 is given. Mercury is a liquid substance that represent a group of dangerous chemical substances, that negatively affect human health and environment. This paper presents basic information about mercury, its manufacture, sources, production and negative impact on human body.

Key words: mercury, dangerous substances, toxic

ABSTRAKT: V priebehu roku 2006 a 2007 museli odborníci z HaZZ zasahovať v prípade voľne sa nachádzajúcej ortuti v životnom prostredí. Podáva prehľad udalostí v roku 2006 a v úvode roku 2007 súvisiacich s nájdením ortuti. Ortuť ako kvapalina predstavuje skupinu nebezpečných chemických látok, ktoré negatívne vplývajú na zdravie ľudí a životné prostredie.

Keďže ortuť je súčasťou nášho prostredia je nutné to akceptovať a dodržiavať bezpečnostné predpisy za účelom minimalizácie účinnosti ortuti. Ortuť ako kvapalina predstavuje skupinu nebezpečných chemických látok, ktoré negatívne vplývajú na zdravie ľudí a životné prostredie.

Článok prezentuje základné informácie o ortuti, jej výrobe, zdrojoch, produkcii a jej negatívny vplyv na ľudský organizmus. Zároveň prezentuje základné informácie o legislatívnych predpisoch hodnotiacich bezpečnú manipuláciu s ortuťou a riziká súvisiace s prítomnosťou ortuti v pracovnom prostredí.

Kľúčové slová: ortuť, toxicita

1 ÚVOD

Agentúra sita oznámila dňa 27. júla 2008 nasledujúcu informáciu – Spišskonovoveskí hasiči dnes opäť zbierajú rozliatu ortuť v Spišskom Hrušove. „Dnes o 9:05 nám bolo ohlásené, že v obci Spišský Hrušov sa na úseku 150 metrov nachádza rozliata ortuť,“ uviedol pre SITA operačný dôstojník Hasičského a záchranného zboru v Spišskej Novej Vsi Martin Vozár. Hasiči zo Spišskej Novej Vsi požiadali o spoluprácu kolegov z Košíc, ktorí špeciálnym vysávačom pozbierajú nebezpečnú látku z cesty. Celý prípad už vyšetruje polícia.

Prvýkrát zbierali hasiči rozliatu ortuť v Spišskom Hrušove v pondelok. Vtedy pomocou priemyselného vysávača z približne 80 metrového úseku pozbierali 850 gramov tejto nebezpečnej látky. Aj naďalej, ako po minulé roky (Marková, 2007) sa v našom životnom prostredí vyskytuje ortuť. Privolaní hasiči sú kompetentní a odborne zdatní jej odstránenie zvládnuť. Ide o toxickú látku, ktorá má negatívny vplyv na človeka. Príspevok pojednáva o ortuti ako nebezpečnej chemickej látke a jej vplyve na človeka, jej výskyte v životnom a pracovnom prostredí.

2 CHARAKTERISTIKA ORTUTI

Ortuť je striebrolesklá prchavá kvapalina a je jediný kov, ktorý je pri obyčajnej teplote kvapalný. Názov má odvodený z gréckeho hydór - voda a argyros - striebro. Je to jediný kov, a okrem brómu jediný prvok, ktorý je za normálnych atmosférických podmienok v kvapalnom stave. Kvôli veľkému povrchovému napätiu nenasiakne do pokladu, ale kvôli silnej súdržnosti sa vytvoria trochu sploštené kvapky guľkovitého tvaru, vyparuje sa už pri izbovej teplote.

Tak ako iné kovy je elektricky vodivý, lesklý kov, strieborno-bielej farby bez výrazného zápachu, pri horení bezfarebná. Má katalytické vlastnosti a preto sa používa na výrobu rôznych chemických zlúčenín ako napríklad traskavá ortuť, acetaldehyd a pod (<http://people.ksp.sk/~yoyo/prvky/prvok080.htm>). Ortuť v kombinácii s inými chemickými látkami ako napr. chlór, síra alebo kyslík sa viaže a tvorí anorganickú formu alebo formu solí, ktoré sú vo väčšine prípadov v kryštalickej forme prípadne vo forme bieleho prášku čo sa do výraznej miery využíva pri jej zachytení. Ortuť sa vyskytuje ako kvapalina a para. Vyparuje sa už pri izbovej teplote. Z anorganických zlúčenín je významný (<http://epa.gov.iris>):

- chlorid ortuťný (Hg_2Cl_2), biely vo vode nerozpustný prášok,
- chlorid ortuťnatý (HgCl_2) tzv. sublimát,
- dusičnan ortuťnatý ($\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$),
- kyanid ortuťnatý ($\text{Hg}(\text{CN})_2$).

K významným organickým zlúčeninám patria:

- alkyly-metylortuť,
- etylortuť,
- fenykortuť alkoxyalkyl zlúčeniny.

V prírode je rozptýlená vo voľných kvapôčkach v horninách (obr.1a) ako je rumelka - sulfid ortuťnatý (krásny kameň, pokrytý krvavočervenými škvrnami), ktorá sa ťaží v Španielsku v Almadéne (ťažba sa realizovala už za čias starého Ríma), na ktorý ešte pred niekoľkými desaťročiami pripadalo 80% svetovej ťažby (SEC (2005)101) a i v súčasnosti dominuje vo svetovej ťažbe ortuti. a Mexiku.



Obr. 1a)



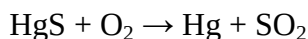
Obr. 1b)

Obr. 1a) Minerál rumelka je zaradený do trojuholníkovej sústavy, ale tvar klencových kryštálov prejavuje iba pri teplote pod $-39\text{ }^{\circ}\text{C}$ (náleziisko Rudňany) (<http://www.mindat.org/min-2647.html>). Obr.1b) Kvapky vyliatej ortuti (<http://www.aktuality.sk/spravy/domace/anonym-avizoval-ze-v-slovenskom-raji-vylial-ortut>).

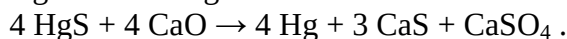
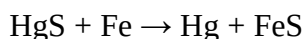
Na Slovensku sa ťaží pri Vranove nad Topľou a v Rudňanoch. Tu sa získava ako vedľajší produkt pri pražení ociel'ka. Jej vedecké uplatnenie sa rozmohlo 1922 pri polagrafickej metóde chemickej analýzy Jaroslava Heyrovského.

3 PRÍPRAVA ORTUTI

Ortuť sa pripravuje zahrievaním sulfidu ortuťnatého v prúde vzduchu



alebo aj pôsobením železa alebo oxidu vápenatého na sulfid ortuťnatý



Najbežnejšou aplikáciou ortuti v praxi sú ale merače, manometre, barometre, vákuové čerpadlá a samozrejme teplomery. Ortuť sa používa pri výrobe plynného chlóru a žieravej sódy, elektrických vypínačov a batérií, ako katalyzátor (napr. pri výrobe polyuretánovej peny), výrobu teplomerov, tlakomerov a iných meracích prístrojov, na výrobu elektród, farbív, amalgánu a bižutérie, v kožiarskom priemysle a na výrobu elektrotechnických zariadení. Soli ortuti sa používajú pri príprave rozjasňovacích prípravkoch (napr. pre mazacie prípravky pre ochranu lyží) [4]. Kovová ortuť sa používa ako elektróda pri elektrolytickej výrobe chlóru, v laboratórnych vákuových aparátúrach, teplomeroch a elektrických zariadeniach. Ortuť vo forme organických zlúčenín sa používa ako pesticíd a fungicíd.

4 ORTUŤ V ŽIVOTNOM PROSTREDÍ

Ortuť je súčasťou životného prostredia. Prirodzeným vyparovaním zo zemskej kôry sa uvoľňuje do ovzdušia. Pary ortuti sa konvertujú do vodorozpustnej formy a vracajú sa vo forme dažďa na zem. Hoci sa ortuť uvoľňuje z prírodných zdrojov ako sopky, ďalšie vypúšťanie ortuti z antropogénnych zdrojov, ako sú spaľovanie uhlia a použitie vo výrobkoch, viedli k výrazným nárastom vystavenia životného prostredia účinkom ortuti a jej ukladaniu.

Vypúšťanie v minulosti vytvorilo aj „globálnu zásobu“ ortuti v životnom prostredí, ktorej časť sa nepretržite mobilizuje, ukladá a znova mobilizuje. Ďalšie emisie zvyšujú túto globálnu zásobu, ktorá koluje vo vzduchu, vode, v usadeninách, pôde a flóre a faune [10, 11, 12].

Metylortuť sa vo vodnom ekosystéme dostáva do planktónu a rýb. Do ovzdušia sa môže dostať aj pri vulkanickej činnosti.

Prítomnosť ortuti v životnom prostredí je veľkým problémom, jednak z dôvodu jej vysokej toxicity a jednak z dôvodu jej mobility v organických zlúčeninách.

Ortuť je stopovou složkou v mnohých mineráloch a jej priemerná koncentrácia v kontinentálnych horninách dosahuje hodnotu 80 ppb. Priemyselne najvýznamnejšou rudou je rumelka (HgS). Veľká rozšírenosť ortuti súvisí s priemyselnou a banskou činnosťou a najmä spaľovaním fosílnych palív, ako napríklad uhlia, ktoré obsahuje asi 100 ppb Hg.

Ortuť sa do životného prostredia dostáva v podobe veľkého množstva predmetov a chemikálií, napríklad batérií, teplomerov, agrochemikálií, farmaceutických výrobkov, dentálnych kovov a iných.

Pary elementárnej ortute sa po inhalácii dostávajú krvným obehom do mozgu, kde ochromujú normálne metabolické deje. Kation Hg^{2+} poškodzuje obličky. Toxický účinok ortute tragicky ilustruje v Japonsku 111 prípadov otráv so 43 úmrtiami, počas rokov 1953 až 1960. Sekundárne následky zahrňovali 19 prípadov vrodených väd u detí intoxikovaných matiek. Zaznamenaná hodnota obsahu Hg v morských rybách vtedy dosahovala hodnoty 5 – 20 ppm.

Toxický účinok Hg spočíva v neurologických poškodeniach a chromozomálnych poruchách; miernejšie následky zahrňujú depresie a psychopatologické prejavy.

Toxické účinky zlúčenín ortuti môžu byť na jednej strane mierne, napríklad u niektorých farmaceutických preparátov, na druhej strane niektoré organické látky môžu byť veľmi toxické.

Napriek tomu, že existuje veľké spektrum možných zdrojov Hg, vzhľadom na nízku rozpustnosť väčšiny anorganických zlúčenín, nepatrí ortuť k bežným polutantom vo vodách. Ekologické riziko však predstavujú priemyselné havárie a tvorba rozpustných, organických zlúčenín ako CH_3Hg a $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$, ktoré sa tvoria v dôsledku činnosti anaeróbných baktérií v sedimentoch. Preto sa predpokladá, že vo vodách, v ktorých prebieha anaeróbný rozklad, vznikajú podmienky pre vznik týchto rozpustných organických foriem ortute. CH_3Hg , ako prchavá látka, sa takto stáva aj atmosferickým polutantom (<http://www.fns.uniba.sk/prifuk/vyuka/jesenak/envirochemia/doc/ENV.09.doc>).

5 ÚČINKY ORTUTI NA ZDRAVIE ČLOVEKA – TOXICKÉ ÚČINKY ORTUTI

Ortuť pôsobí dlhodobo a v prostredí sa môže zmeniť na metylortuť, čo je najtoxická forma. Metylortuť ľahko prekonáva placentálnu bariéru a bariéru krv/mozog, čím bráni v potenciálnom duševnom vývoji plodu už pred narodením. Preto je vystavenie žien v reprodukčnom veku a detí účinkom ortuti predmetom najväčšieho záujmu (SEC (2005)101).

Najväčším zdrojom vystavenia účinkom ortuti pre väčšinu ľudí v rozvinutých krajinách je vdychovanie výparov ortuti v zubnom amalgáme (SEC (2005)101). K vystaveniu účinkom metylortuti väčšinou dochádza prostredníctvom stravy. Metylortuť sa zhromažďuje a sústreďuje najmä vo vodnom potravinovom reťazci, osobitne zraniteľnými sa preto stávajú populácie s vysokou spotrebou rýb a morských živočíchov (Šuta M., 2005).

Ortuť sa pokladá za univerzálny jed. Metylortuť je primárne neurotoxická. Formy otravy ortuťou sú nasledovné (Štefanidesová V. - Lacný Z. - Otoupalíková H., 2005):

- Akútna otrava – otrava elementárnou ortuťou sa zaznamenala len pri nehodách. Kovová ortuť vytvára v tráviacom trakte zhlučky a zle sa absorbuje. Príznakmi sú: kovová chuť, bolesť brucha, malátnosť, vracanie, poškodenie obličiek. Príznakmi otravy organickou ortuťou je ospalosť, ataxia, výrazne zužované zorné pole, poškodenie pľúc, zvýšenie krvného tlaku, výskyt vyrážok na pokožke a podráždenie očí.
- Chronická otrava – sa prejavuje poškodením CNS (podráždenie, vznik nádorov, zmeny sluchu a videnia, problémy s pamäťou), výskytom psychických zmien, nespavosťou, poškodením funkcie štítnej žľazy, a reprodukčných orgánov. US EPA (US Environmental Protection Agency) klasifikuje anorganickú ortuť do skupiny D „*látky nemajú karcinogénne účinky na človeka*“. Ostatné formy ortuti môžu predstavovať potenciálne karcinogény pre zdravie človeka

Najzraniteľnejšou skupinou populácie sú novorodenci, malé deti a ženy v reprodukčnom veku. Ortuť, ktorá je najtoxickejšia pre vyvíjajúci sa mozog dieťaťa, sa postupne hromadí v organizme, pričom prechádza do tela plodu počas tehotenstva. Pretože mnoho matiek o tomto probléme nevie a nepozná ani zdroje expozície, môžu tehotné ženy a ženy po pôrode nič netušiac vystaviť svoje deti riziku vážneho poškodenia mozgu a neurologických porúch. Ortuť je vysoko toxická, hlavne keď je metabolizovaná na metylortuť, ktorá sa akumuluje v rybách. Cez potravinový reťazec sa potom dostáva do tela človeka, ktorý ryby konzumuje (<http://zpravodajstvi.ecn.cz/index.stm?apc=zzgx1--&x=1958719>).

Dané skutočnosti dokazujú aj najnovšie výskumy u skupiny tehotných žien (<http://zpravodajstvi.ecn.cz/index.stm?apc=zzgx1--&x=1958719>). U 15-tich percent všetkých testovaných žien prekročilo namerané množstvo referenčnú mieru stanovenú Národnou výskumnou radou USA - 1 µg/g (1 mikrogram na gram). Ženy v plodnom veku by túto dávku nemali v žiadnom prípade prekročiť. Riziko negatívnych zdravotných následkov je v tomto období najväčšie. Závěry viacerých vedeckých štúdií ukázali, že už pôsobenie malých dávok vysoko toxického ortuti môže viesť k poškodeniu mozgu dieťaťa. „Už dlho vieme, že ortuť u detí spôsobuje zhoršenie poznávacích schopností vrátane zníženia inteligencie. Až teraz však zisťujeme, že aj jej veľmi malé množstvo môže poškodiť vyvíjajúci sa mozog plodu a novorodenca,“ hovorí holandský pediater Gavin ten Tusscher [8].

ZÁVER

Ortuť a jej zlúčeniny sú vysoko toxické pre ľudí, ekosystémy a voľne žijúcu zver. Znečistenie ortuťou, na ktoré sa spočiatku hľadalo ako na naliehavý a miestny problém, sa v súčasnosti považuje aj za globálny, rozšírený a chronický problém (SEC (2005)101).

Vysoké dávky ortuti môžu byť pre ľudí smrteľné, ale aj pomerne nízke dávky môžu mať vážne škodlivé následky na nervový systém a vývoj a v poslednom čase sa dávajú do súvislosti s možnými škodlivými účinkami na kardiovaskulárny, imunitný a rozmnožovací systém. Ortuť spomaľuje aj mikrobiologické procesy v pôde a v zmysle rámcovej smernice o klasifikácii stavu vnútrozemskej povrchovej vody (Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2000/60/ES) patrí k najvýznamnejším nebezpečným látkam. Na základe danej skutočnosti Komisia predložila v decembri 2002 Rade správu týkajúcu sa ortuti z priemyslu alkalických kovov, kde navrhuje stratégiu zníženia hladiny ortuti v životnom prostredí a vystavenie ľudí jej účinkom, najmä účinkom metylortuti v rybách [10, 11].

LITERATÚRA

- [1] HEGYI, L. - VRÁBL'OVÁ, K. - ŠEBO, M.: PODROBNEJŠIE INFORMÁCIE O PROBLEMATIKE ORTUTI V ĽUDSKOM ORGANIZME. V telách testovaných žien sa našla jedovatá ortuť 11. 1. 2007 BRATISLAVA
<http://zpravodajstvi.ecn.cz/index.stm?apc=zzgx1--&x=1958719>, 10.5.2008
- [2] MARKOVÁ, I.: Hrozba ortuti v našom prostredí. IN: SPEKTRUM, r. 7 (1)/2007, S. 33-36. ISSN 1211-6920
- [3] OZNÁMENIE Komisie Rade a Európskemu parlamentu „Stratégia Spoločenstva týkajúca sa ortuti“ /SEC (2005)101/.

-
- [4] ŠUTA M.: 2005: Evropská strategie eliminace rtuti. Odpady : odborný časopis pro nakládání s odpady a životní prostředí. - Roč. 15, č. 7-8 (2005), s. 20.
 - [5] ŠUTA M.: Blíží se soumrak rtuti v Evropě - EU chystá strategii eliminace rtuti. EKO - ekologie a společnost. - Roč. 16, č. 3 (2005), s. 2-3.
 - [6] ŠTEFANIDESOVÁ V. - LACNÝ Z. - OTOUPALÍKOVÁ H., 2005: Ohrozí rtuť naše zdraví? Odpady : odborný časopis pro nakládání s odpady a životní prostředí. - Roč. 15, č. 7-8 (2005), s. 18-19.
 - [7] <http://people.ksp.sk/~yoyo/prvky/prvok080.htm>, 15. 6. 2007
 - [8] http://kkmo.gjar-po.sk/studenti/chemia/chem_zaujímavosti/ortut.htm, 17. 2. 2008
 - [9] <http://www.mindat.org/min-2647.html>, 31. 1. 2008
 - [10] <http://epa.gov.iris>, 22. 3 2008
 - [11] http://risk.lsd.ornl.gov/tox/profiles/mercury_c_V1.shtml
 - [12] http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/guidelines/en/
 - [13] http://www.sazp.sk/slovak/struktura/COH/pchb/projekt_2004_01/informacne_listy/21.pdf
 - [14] <http://www.fns.uniba.sk/prifuk/vyuka/jesenak/envirochemia/doc/ENV.09.doc>, 10. 5. 2008
 - [15] <http://www.aktuality.sk/spravy/domace/anonym-avizoval-ze-v-slovenskom-raji-vylial-ortut>, 15.5.2008

Lektoroval: Ing. Eva Ružinská, PhD.

Kontaktná adresa:

doc. RNDr. Iveta Marková, PhD., Katedra protipožiarnej ochrany, Drevárska fakulta, Technická univerzita vo Zvolene, T.G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, markova@vsl.d.tuzvo.sk



HODNOTENIE VÝROBY BIOETANOLU Z LIGNOCELULÓZOVEJ BIOMASY Z HĽADISKA VYUŽITIA SEKUNDÁRNYCH MATERIÁLOV

THE BIOETHANOL PRODUCTION FROM LIGNOCELLULOSE BIOMASS ASSESSMENT, SECONDARY MATERIALS UTILIZATION POINT OF VIEW

Anna MICHALÍKOVÁ – Stanislav HOSTIN – Lenka BLINOVÁ

ABSTRACT: The biomass is of renewable source of energy that is utilized to electric energy, heat and liquid fuels producing. The bioethanol producing from lignocelluloses biomass is realized in two steps. First is hydrolyze of biomass and the second step is fermentation. In the solid residue were measured total solids, ash, nitrogen material and the amount of acid soluble and insoluble lignin. From obtained results it is able to state, that these secondary products are able to utilize to producing electric energy or heat (17,99 - 22,48 % lignin), producing fodder (80 % - 93 % total solids) instead of that the nitrogen substances is low in the material (0,22 – 0,39 %).

Key words: biomass, biofuels, fermentation, secondary products

ABSTRAKT: Biomasa je obnoviteľný zdroj energie, využívaný na výrobu elektrickej energie, tepla a kvapalných palív. Výroba bioetanolu z lignocelulózovej biomasy sa realizuje v dvoch krokoch, pred fermentáciou sa zaraďuje hydrolýza biomasy na jednoduché fermentovateľné cukry. V tuhom zvyšku po hydrolýze sa stanovoval obsah sušiny, popola, dusíkatých látok a množstvo nerozpustného a rozpustného lignínu. Z dosiahnutých výsledkov je možné konštatovať, že tieto sekundárne produkty je vhodné využívať na výrobu elektrickej energie alebo tepla (17,99 - 22,48 % lignínu), na výrobu krmív (80 % - 93 % sušiny) aj napriek tomu, že obsah dusíkatých látok je nízky (0,22 – 0,39 %).

Kľúčové slová: biomasa, biopalivá, fermentácia, sekundárne produkty

1 ÚVOD

Takmer všetka energia, ktorá sa využíva v sektore dopravy, pochádza z ropy. Známe zásoby ropy sú obmedzené a nachádzajú sa v malom počte regiónov sveta. Nové rezervy existujú, ide o výrobu pohonných hmôt z biomasy rastlinného a živočíšneho pôvodu a odpadov. Biomasa sa považuje za obnoviteľný zdroj energie (OZE), pretože na regeneráciu využitých zásob je potrebná iba krátka doba. Len efektívne spracovanie biomasy z nej robí alternatívny zdroj energie - elektrickú energiu, teplo i kvapalné palivá pre motorové vozidlá. Pod pojmom biomasa sa rozumie každý nefosílny organický zdroj obsahujúci viazanú chemickú energiu. Okrem dreva sú zaujímavými zdrojmi olejnaté rastliny a rastliny s obsahom cukru a škrobu, slama a organický odpad [1].

Chemické zloženie biomasy sa medzi jednotlivými rastlinnými druhmi líši, v priemere rastliny obsahujú asi 25% lignínu a 75% uhlíkovodíkov. Dve významné zložky uhlíkovodíkov sú celulóza a hemicelulóza. Príroda využíva dlhé polyméry celulózy na stavbu vlákien, ktoré dávajú rastlinám potrebnú pevnosť. Lignínová zložka pôsobí ako lepidlo, ktoré drží spolu celulózové vlákna.

1.1 Využívanie obnoviteľných zdrojov energie na Slovensku

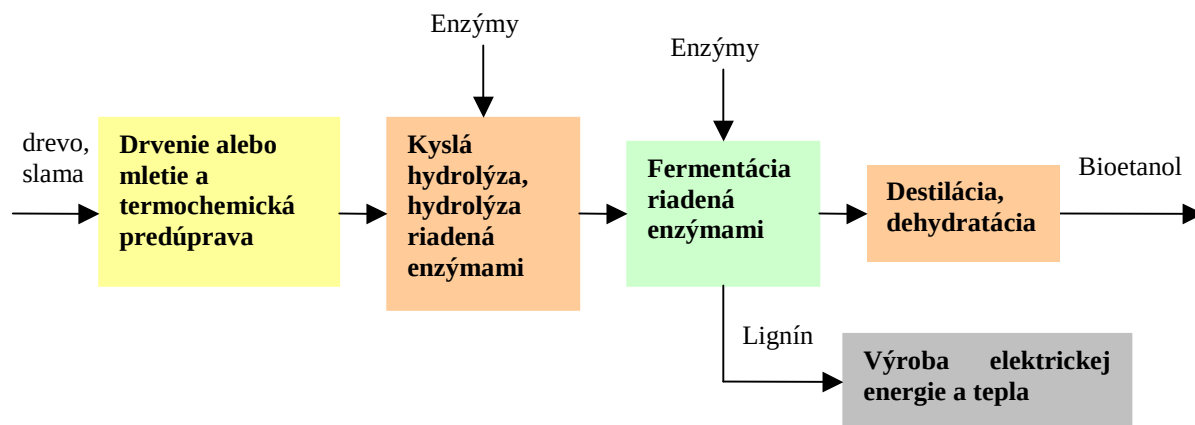
Slovenská republika takmer 90 % primárnych energetických zdrojov zabezpečuje nákupom mimo vnútorného trhu EÚ. Z tohto dôvodu neustále rastie význam OZE. K dosiahnutiu cieľa stanoveného EÚ, ktorým je zdvojnásobenie podielu OZE na celkovej spotrebe zo 6 % na 12 % do roku 2010, má prispieť najmä zvýšené využívanie biomasy. Predpokladá sa, že biomasa sa na dosiahnutí tohto cieľa bude podieľať vo výške 40% a podiel biomasy na primárnych energetických zdrojoch sa do roku 2010 zvýši z 3,2 % na 8,8 %. Odpadovú biomasu na výrobu tepla využíva v najvýznamnejšej miere drevársky priemysel, ale aj tu sa biomasa podieľa len na malej časti dodávok energie. Biomasa vznikajúca v poľnohospodárstve sa tiež využíva v malom množstve, navyše úplne chýba využitie slamy alebo rýchlorastúcich energetických rastlín [2].

1.2 Výrobné procesy spracovania biomasy na biopalivá

Fyzikálne a chemické vlastnosti biomasy do značnej miery predurčujú, akým spôsobom sa jednotlivé druhy biomasy môžu využiť k výrobe biopalív. Veľmi dôležitým parametrom je vlhkosť, resp. obsah sušiny v biomase. Z toho vyplýva, že nie všetky druhy biomasy sa hodia na všetky druhy energetického využitia.

1.2.1 Fermentácia

Je to anaeróbný biologický proces, pri ktorom sa cukry menia pôsobením mikroorganizmov na alkohol – etanol, resp. metanol. Etanol je veľmi kvalitné kvapalné palivo, ktoré, podobne ako metanol, je možné využiť ako náhradu za benzín v motorových vozidlách. Na obrázku 1 je zobrazená schéma výroby bioetanolu z dreva alebo slamy. Pri výrobe bioetanolu z lignocelulózovej biomasy je nutné realizovať pred fermentáciou hydrolýzu tejto biomasy na jednoduché fermentovateľné cukry.



Obrázok 1 Bloková schéma výroby bioetanolu z dreva alebo slamy

Bioetanol má vlastnosti veľmi blízke benzínu, jeho použitie je rozšírenejšie vo vozidlách so zážihovým motorom, avšak za posledné roky sa urobil veľký pokrok aj v jeho využití vo vznetrových motoroch.

2 MATERIÁL A METÓDY

Ako lignocelulóзовý substrát bola použitá vzorka slamy - jačmeň jarný (*Hordeum vulgare*) – odroda Malz. Boli pripravené vodné suspenzie s koncentráciou slamy 5, 10, 15 a 20 hm.% o celkovej hmotnosti 1000 g. Na kyslú hydrolyzu bol použitý roztok H₂SO₄, ktorého koncentrácie a použité množstvá pri jednotlivých vzorkách sú uvedené v tabuľke 1. Vodná suspenzia slamy s pridaným roztokom kyseliny bola zahrievaná v tlakovom zariadení, pričom v 20 minútových intervaloch bola odoberaná vzorka na stanovenie redukujúcich sacharidov. Po ukončení procesu bola zmes neutralizovaná prídavkom 30 % NaOH.

Pri tomto procese vzniká filtrát, ktorý sa ďalej spracováva fermentáciou na bioetanol a tuhý zvyšok, ktorý sa pred použitím k ďalším experimentom uchováva v mrazničke.

V tejto vzorke sa stanovovala sušina, popol, obsah dusíkatých látok a množstvo nerozpustného a rozpustného lignínu. Tieto charakteristiky sa taktiež stanovovali aj u pôvodného materiálu - lignocelulóзовý substrát - vzorka slamy - jačmeň jarný (*Hordeum vulgare*) – odroda Malz.

Tabuľka 1 Charakteristiky vzoriek lignocelulóзовého substrátu

Pokus číslo	Návažok biomasy (% w/w)	Koncentrácia H ₂ SO ₄ (%)	Prídavok H ₂ SO ₄ (% na návažok slamy)	Koncentrácia RL (mg/ml)	Čas hydrolyzy (min)
1	5	10	15	18	180
2	5	10	15 + 15*	19,52	180
3	5	10	30	17,13	120
4	10	20	30	66,5	100
5	20	20	30	**	**
6	10	10	Na dosiahnutie pH=3	8,7	140
7	10	10	10	18,3	160
8	15	20	30	46,24	100
9	15	20	30	71,29	80

* roztok H₂SO₄ bol pridaný v dvoch krokoch, na začiatku experimentu a potom ďalšia dávka po 80 min procesu

** hustota suspenzia bola taká, že sa nedala odobrať vzorka a stanoviť redukujúce látky (RL)

Stanovenie sušiny vzorky [3]

Množstvo sušiny [%] sa vypočíta podľa vzťahu:

$$\% \text{ sušiny} = \frac{W_3 - W_1}{W_2} \times 100,$$

kde: W₁ - hmotnosť žihacieho kelímka po žíhaní [g],

W₂ - hmotnosť vlhkej vzorky [g],

W₃ - hmotnosť žihacieho kelímka s vysušenou vzorkou pri 105 °C [g].

Z výsledkov stanovenia sušiny vzoriek po kyslej hydrolyze vyplýva, že najvyššiu hodnotu sušiny má vzorka číslo 2 (20,45 %), o niečo nižšiu hodnotu vzorka číslo 7 a 4 a najnižšie hodnoty mali vzorky číslo 6 a 3 (14,94 %). Výsledky sú priemerom 2 paralelných stanovení.

Stanovenie popola[4]

Množstvo popola [%] sa vypočíta podľa vzťahu:

$$\% \text{ popola} = \frac{W_1}{W_2} \times 100,$$

kde: W_1 - hmotnosť vzorky po žíhaní [g],
 W_2 - hmotnosť sušiny vzorky [g].

Z výsledkov stanovení je zrejmé, že najnižšiu hodnotu popola má pôvodná vzorka jačmeňa jarného – odroda Malz, ktorá bola ako jediná úplne zmineralizovaná (5,71 %). Vzorky po kyslej hydrolyze neboli úplne zmineralizované, z týchto vzoriek mala najnižšiu hodnotu popola vzorka číslo 4. Najvyššiu hodnotu mala vzorka číslo 7 (22,39 %). Výsledky sú priemerom 2 paralelných stanovení.

Stanovenie dusíkatých látok Kjeldahlovou metódou [5,6]

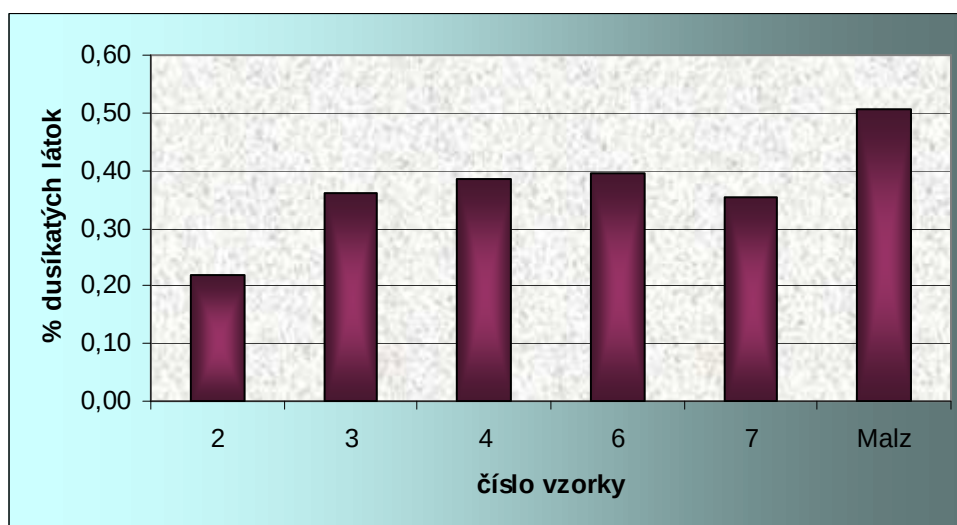
Kjeldahlova metóda na stanovenie dusíkatých látok (DL) sa uskutočňuje v troch krokoch: mineralizácia, destilácia a titrácia.

Obsah dusíkatých látok sa vypočíta podľa vzťahu:

$$\% DL = \frac{(V_0 - V_1) \times c \times 0,014 \times 100 \times 6,25}{m},$$

kde: % DL - obsah dusíkatých látok vo vzorke [%],
 V_0 - objem NaOH spotrebovaného pri slepom pokuse [ml],
 V_1 - objem NaOH spotrebovaného pri titracii vzorky [ml],
 c - koncentrácia NaOH [mol dm⁻³],
 m - hmotnosť vzorky (sušina vzorky) [g].

Z výsledkov vyplýva (obrázok 2), že najvyššiu hodnotu dusíkatých látok v sušine má pôvodná vzorka jačmeňa jarného – odroda Malz, ktorá neprešla kyslou hydrolyzou (0,51 %). Hodnoty dusíkatých látok v sušine jednotlivých vzoriek sa líšia iba nepatrne, okrem vzorky číslo 2, v ktorej je hodnota dusíkatých látok nižšia (0,22 %). Výsledky sú priemerom 2 paralelných stanovení.



Obrázok 2 Grafické znázornenie obsahu dusíkatých látok v sušine vzorky [%]

Stanovenie lignínu vo vzorke [7,8,9]

Stanovenie lignínu vo vzorke sa uskutočňuje v troch krokoch. Prvým krokom je stanovenie sušiny vzorky (LAP-001). Ďalším krokom je stanovenie nerozpustného lignínu (LAP-003), na ktorý nadväzuje stanovenie rozpustného lignínu (LAP-004). Rozpustný lignín je vhodné stanoviť do 6 hodín, inak začne precipitovať. Ak sa neanalyzuje hneď, filtrát na jeho stanovenie sa uchováva v chladničke pri 4 °C.

Tabuľka 2 Stanovenie nerozpustného a rozpustného lignínu v sušine vzorky [%]

Pokus číslo	Vzorka [g]	% Sušiny	Frita so vzorkou po sušení 105 °C [g]	Frita so vzorkou po spálení [g]	A [-]	% NL _g	% RL _g
2	0,3027	96,32	30,5411	30,4780	0,084	21,64	0,023
3	0,3019	96,22	40,4101	40,3448	0,086	22,48	0,023
4	0,3021	95,78	39,3544	39,2952	0,100	20,46	0,026
6	0,3030	94,75	40,9635	40,9118	0,100	17,99	0,027
7	0,3027	95,55	40,5753	40,5139	0,094	21,23	0,027
Malz	0,3004	96,63	37,7162	37,6649	0,131	17,67	0,036

Z výsledkov (tabuľka 2) je zrejmé, že obsah nerozpustného lignínu v pôvodnej vzorke jačmeňa jarného – odroda Malz je nižší (17,67 %) ako vo vzorkách po kyslej hydrolýze. Najvyššiu hodnotu lignínu mala vzorka číslo 3 (22,48%), pričom obsah nerozpustného lignínu ostatných vzoriek sa nepatrne líšia. Výsledky sú priemerom 2 paralelných stanovení.

Z výsledkov v tabuľke ďalej vyplýva, že obsah rozpustného lignínu je najvyšší v pôvodnej vzorke jačmeňa jarného – odroda Malz, ktorá neprešla kyslou hydrolýzou (0,036 %). Najnižšiu hodnotu rozpustného lignínu mali vzorky číslo 2 a 3 (0,023 %). Výsledky sú priemerom 2 paralelných stanovení.

3 ZÁVER

Pri výrobe bioetanolu z lignocelulóзовých surovín vzniká okrem bioetanolu aj zložitý aromatický polymér, lignín (10 – 15 hm.% v sušine), ktorý je odolný voči biologickej degradácii a nie je možné ho preto fermentovať. Využitie sekundárnych produktov, ktoré vznikajú pri výrobe biopalív, závisí hlavne na vstupnej surovine, ktorá sa využíva na ich výrobu.

V sušine sekundárnych produktov po kyslej hydrolýze jačmeňa jarného – odroda Malz boli stanovené ukazovatele: % popola, % dusíkatých látok, % nerozpustného a rozpustného lignínu. Z dosiahnutých výsledkov je možné konštatovať, že tieto sekundárne produkty je vhodné využívať na výrobu elektrickej energie alebo tepla, z dôvodu obsahu lignínu vo vzorkách (17,99 – 22,48 %). Z výsledkov stanovenia % popola sa dá určiť obsah organických látok vo vzorkách, ktoré sú významné pri posudzovaní hodnoty krmiva. Na základe pomerne vysokého obsahu týchto látok vo vzorkách sušiny (80 – 93 %) sa odporúča tieto produkty využívať aj na výrobu krmív, aj napriek tomu, že % dusíkatých látok je nízke (0,22 – 0,39 %).

Všeobecne sa môže konštatovať, že procesy na výrobu biopalív týmto spôsobom sú šetrné k životnému prostrediu, pretože takmer všetky vedľajšie produkty, ktoré pri výrobe vznikajú sa dajú využiť v iných oblastiach priemyslu a nezaťažujú životné prostredie.

LITERATÚRA

- [1] ŠÚRIOVÁ, N. Čo je biomasa [online]. [cit. 2005-11-23; 15:13 SEČ]. Dostupné nainternete: <<http://ozeport.sk/zdroje/biomasa.html>>
- [2] PEPICH, Š. Legislatíva v oblasti biomasy v Európskej únii a v Slovenskej republike [online]. [cit. 2007-11-10; 12:56 SEČ]. Dostupné na internete: <http://www.agroporadenstvo.sk/oze/legislative/Legislative_INTERREG.pdf>
- [3] EHRMAN, T. Chemical Analysis and Testing Task. Laboratory Analytical Procedure LAP-001. Standard Method for Determination of Total Solids in Biomass.
- [4] Metóda podľa 1971/250/EHS. In Výnos Ministerstva pôdohospodárstva Slovenskej republiky z 23. augusta 2004 č. 2145/2004-100, ktorým sa mení a dopĺňa výnos Ministerstva pôdohospodárstva Slovenskej republiky zo 7. októbra 1997 č. 1497/4/1997-100 o úradnom odbere vzoriek a o laboratórnom skúšaní a hodnotení krmív v znení výnosu Ministerstva pôdohospodárstva Slovenskej republiky z 12. februára 2003 č. 149/2/2003-100.
- [5] DAVÍDEK, J., a kol. Laboratorní příručka analýzy potravin. Praha: SNTL, 1981, L18-C3-II-84/88282, s. 182-183.
- [6] Metóda podľa 1993/28/EHS. In Výnos Ministerstva pôdohospodárstva Slovenskej republiky z 23. augusta 2004 č. 2145/2004-100, ktorým sa mení a dopĺňa výnos Ministerstva pôdohospodárstva Slovenskej republiky zo 7. októbra 1997 č. 1497/4/1997-100 o úradnom odbere vzoriek a o laboratórnom skúšaní a hodnotení krmív v znení výnosu Ministerstva pôdohospodárstva Slovenskej republiky z 12. februára 2003 č. 149/2/2003-100.
- [7] EHRMAN, T. Chemical Analysis and Testing Task. Laboratory Analytical Procedure LAP-001. Standard Method for Determination of Total Solids in Biomass.

- [8] TEMPELON, D., EHRMAN, T. Chemical Analysis and Testing Task. Laboratory Analytical Procedure LAP-003. Determination of Acid-Insoluble Lignin in Biomass.
- [9] EHRMAN, T. Chemical Analysis and Testing Task. Laboratory Analytical Procedure LAP-004. Determination of Acid-Soluble Lignin in Biomass.

Príspevok bol spracovaný v rámci projektu: „Výskum a vývoj technológií využitia fytohmoty pre produkciu kvapalných palív z obnoviteľných zdrojov“. Kategória Aplikovaný výskum OVaT VŠ MŠ SR, projekt AV4/0044

Lektoroval: doc. Ing. Ján Plášek, CSc.

Kontaktná adresa:

Ing. Anna Michalíková, CSc., Ústav bezpečnostného a environmentálneho inžinierstva, MtF STU, Botanická 49, 917 08 Trnava

Doc. Ing. Stanislav Hostin, PhD., Ústav bezpečnostného a environmentálneho inžinierstva, MtF STU, Botanická 49, 917 08 Trnava

Ing. Lenka Blinová, Ústav bezpečnostného a environmentálneho inžinierstva, MtF STU, Botanická 49, 917 08 Trnava



BRIKETOVANIE DREVNÝCH PILÍN A PRACHU – FORMA ZNEŠKODŇOVANIA ODPADU

BRIQUETTING OF WOODEN SAWDUST AND WOOD DUST FORM DISPOSAL OF WASTE

Eva MRAČKOVÁ

ABSTRACT: Submitted article deals with briquetting of wooden sawdust and wood dust, then with modification wooden waste compacting in molds solid fuel. This waste is further processed and utilized. With energetic valorisation of introduction material is for hypertensions with humidity in 17 %, material smash in briquette, those are then serve to burning. Contents wood dust must be lower than 20 %. Briquettes - patent fuel after smash have they high density how was she primal wood density.

Key words: briquetting of wood waste, machinery, wooden sawdust and wood dust

ABSTRAKT: Predložený článok sa zaoberá briketovaním drevných pilín a prachu, teda úpravou drevného odpadu zhutňovaním do formy paliva, čím sa tento odpad zneškodní a navyše sa využije. Energetickým zhodnotením uvedeného materiálu sa za vysokého tlaku a nepresiahnutím 17 % vlhkosti materiál zlisuje do brikiet, ktoré slúžia k spaľovaniu. Obsah dreveného prachu musí byť nižší ako 20 %. Brikety po zlisovaní majú vyššiu hustotu ako bola pôvodná hustota dreva.

Kľúčové slová: briketovanie drevného odpadu, strojový park, drevné piliny a drevný prach

ÚVOD

Poznáme dva základné spôsoby zhodnotenia odpadu a to materiálové a energetické. Materiálové zhodnotenie sa vykonáva recykláciou t.j. využitie odpadu buď v tom istom výrobnom procese, alebo pri výrobe odvodených výrobkov v tom istom, alebo príbuznom odvetví. Možností energetického zhodnotenia odpadu je niekoľko.

Výstupným produktom môže byť tepelná energia, prípadne tepelná a elektrická energia. Odpad sa pritom zhodnocuje neupravený, respektíve sa transformuje do formy paliva [1].

Z hľadiska energetického zhodnotenia prichádzajú do úvahy pre briketovanie hlavne drevené piliny ako druh odpadov. Z hľadiska požiarno-technických charakteristík, však drevené piliny a drevný prach patrí medzi horľavé materiály, dokonca vo vhodnej koncentrácii so vzduchom k výbušnej zmesi. Z tohto dôvodu, pri technologickom procese spracovávania – briketovania drevného odpadu, musia byť dodržané podmienky v zmysle NV SR č. 393/2006 Z.z.

MATERIÁL

Drevný odpad

Drevený odpad vzniká pri spracovaní dreva tak v primárnej fáze – pri jeho ťažbe, ako aj v sekundárnej fáze, pri jeho spracovaní. Ročne na Slovensku zostáva v lesoch pri ťažbe cca 950 000 m³ odpadového dreva. Medzi základné spôsoby zužitkovania a využitia

dreveného odpadu možno zaradiť výrobu drevotrieskových, alebo drevovláknitých aglomerovaných dosiek [2]. Postupom času vyvinuli rôzne možnosti spracovania odpadu. Jednou z technológií pri úprave odpadu do formy paliva je jeho zhutnenie. Známe sú napríklad technológie peletovania a briketovania. Spoločnou črtou týchto technológií je lisovanie materiálu (odpadu) vznikajúceho pri opracovaní dreveného materiálu. Lisovanie sa uskutočňuje pri vysokom tlaku väčšinou bez pridávania spojiva.

Charakteristika materiálu pre výrobu drevených brikiet

Základnou surovinou pre výrobu brikiet z dreva je sypká drevná hmota granulometrickej skladby obdobnej, ako je pilina. Pilina je sypká drevná hmota vznikajúca v procese trieskového delenia dreva pilovými listami rámovej pily, pilovým pásom pásovej pily, či pilovými kotúčmi omietacej, rozmietacej, či skracovacej pily. Jej tvar, rozmery a množstvo je závislé tak od fyzikálno-mechanických vlastností píleného dreva, ako i od tvaru, rozmerov, ostrosti rezného nástroja a technicko-technologických podmienok realizácie procesu pílenia [3].

STN 26 0070 charakterizuje suchú pilinu, ako sypkú hmotu jemnej zrnitosti (0,5 – 3,5 mm), hygroskopická, abrazívna s tendenciou zhukovania. Nevylučuje sa však ani podiel jemných frakcií, čo sú frakcie s rozmermi piliny 10 – 300 μm . Pod pojmom prachu sa rozumejú častice, ktorých dva rozmery sú menšie ako 0,5 mm. Podľa zrnitosti sa rozdeľuje prach na [4]:

- veľmi jemný prach 0,1 – 10 μm ,
- jemný prach s rozmermi 10 – 100 μm ,
- hrubý prach s rozmermi 100 – 1000 μm .

Frakcie sypkej drevnej hmoty (prachové častice) s rozmermi 1 – 100 μm sa od ostatných zŕn drevnej sypkej hmoty líšia tým, že veľmi pomaly sedimentujú a dlhú dobu zotrvávajú vo vzduchu v pracovnom priestore. Vlhký drevný prach má tendenciu ku koagulácii a po usadení k prilepeniu sa na povrchoch predmetov nachádzajúcich sa v pracovnom priestore. Suchý drevný prach má však vlastnosť, že je explozívny. Nebezpečenstvo výbuchu hrozí ak sú splnené základné predpoklady [5]:

- ak je k dispozícii priestor, v ktorom sa môže vytvárať nebezpečná koncentrácia prachov,
- ak je k dispozícii horľavá látka - prach,
- ak sa v posudzovanom priestore vyskytuje oxidačný prostriedok,
- ak sú množstvá horľavej látky a oxidačného prostriedku také, že sa môže vytvoriť nebezpečná koncentrácia,
- zdroj iniciačnej energie.

Explozívnosť dreveného prachu je označovaná ako schopnosť rýchleho horenia dreveného prachu pri súčasnom vývine tlaku. Rýchlosť vzrastu tlaku pri explózii dosahuje hodnotovo rádovo $10^6 \text{ Pa}\cdot\text{s}^{-1}$.

Pre vznik explózie dreveného prachu musia byť vytvorené konkrétne podmienky:

- prach musí byť vo vzduchu dobre rozptýlený a jeho koncentrácia musí byť vo vzduchu v rozsahu výbušnosti, t.j. medzi dolnou a hornou medzou výbušnosti. Dolná medza výbušnosti dreveného prachu je 56,5 g/m³ [6].
- granulometrické zloženie prachu musí byť dostatočne jemné. Z rastúcou veľkosťou častíc, tj. s klesajúcou veľkosťou merného povrchu, sa maximálne výbuchové

- parametre znižujú. Pri strednej veľkosti častíc väčšej než 0,4 mm nie je možné väčšinu prachov štandardnou energiou iniciovať. Stačí však prídavok 5 až 10 hmot. % podielu jemného prachu so strednou veľkosťou zrna cca 0,04 mm a zmes je opäť výbušná. Pritom si je nutné uvedomiť, že pri manipulácii s prachom vznikajú oterom z väčších častíc častice menšie.
- iniciačným zdrojom daného horľavého systému sa môže stať predmet alebo látka, ktoré majú určitú teplotu a sú schopné po určitý čas odovzdávať potrebné množstvo energie príslušného druhu [7].

Drevný prach s vlhkosťou nad $w = 40 \%$, podľa skúšok SZ 214 Ostrava – Radvanice, je nevýbušný.

K výbuchu môže prísť pri manipulácii s horľavými látkami resp. s oxidovateľnými látkami, ak sú jemne rozptýlené a ich koncentrácia v zmesi s oxidačným prostriedkom leží vo vnútri medzí výbušnosti.

Ak prekročí koncentrácia dostatočne dispergovanej látky vo zmesi s oxidačným prostriedkom dolnú medzu výbušnosti $c_{\min}$ je výbuch možný. Výskyt hybridnej zmesi výrazne znižuje dolnú medzu výbušnosti jednotlivých zložiek, takže výbuch môže nastať aj vtedy, ak nie je dosiahnutá dolná medza výbušnosti jednotlivých zložiek.

Vychádza sa z predpokladu, že iniciácia výbušnej zmesi je možná vždy [5].

METÓDA

Sekcie strojového parku technológie briketovania dreveného odpadu

Strojový park potrebný na výrobu briketovania dreveného odpadu je nasledovný:

- sekcia triedenia a drvenia drevenej hmoty s dostatočne veľkým zásobníkom pilín, triedičom, drvičom a prihrňovacím šnekom,
- sekcia sušenia s predohniskom, s ukládňovacou komorou a bubnovou sušiarňou,
- sekcia briketovania s veľkoobjemovým zásobníkom suchých pilín, briketovacím lisom a chladiacimi kanálmi,
- sekcia expedície s deliacimi stolmi, váhou, baliacim zariadením a primerane veľkým skladoom brikiet [8].

Lisy na brikety

Briketovanie je jednou z najrozšírenejších technológií zhutňovania materiálu. Výsledkom procesu briketovania sú brikety valcového alebo hranatého tvaru. Majú vysokú výhrevnosť cca 17,9 MJ/kg, čo takmer zodpovedá výhrevnosti hnedého uhlia. Vyznačujú sa dlhým časom horenia asi 90 minút. Horia jasným plameňom, takmer bez dymu. Vlhkosť brikiet je približne 8 až 12 % a obsahujú iba 0,62 % popolovín, a tým sú aj výborným hnojivom. Vďaka vysokotlakovému lisovaniu je z dreva uvoľňovaný lignín, ktorý tvorí súvislý obal na povrchu brikety a pelety. Drží ich tvar, a tým zamedzuje rozpadu a navlhnutiu.

Vhodnou technológiou pre úpravu odpadu do formy paliva je jeho zhutnenie. Známe sú technológie kompaktovania, peletovania a briketovania [9].

Peletovanie

Ide o veľmi progresívny spôsob zhutňovania podrvenej a vysušenej drevenej hmoty pretláčacím lisom pri veľmi vysokom tlaku. Výhodou tejto technológie je to, že umožňuje

zhutňovať aj silne znečistený a kontaminovaný drevný odpad s vysokým obsahom kôry. Základné technologické parametre peliet - paliva sú: priemer 8 – 14 mm, dĺžka 10 – 20 mm, merná hmotnosť cca 800 kgm⁻¹.

Briketovanie

Je najrozšírenejšou technológiou zhutňovania. Vyplýva to z relatívne najnižších investičných nákladov na jednotku produkcie. Sortiment predávaných strojov na briketovanie odpadu je široký. Lisy sú s princípom lisovania – v uzavretej komore alebo v otvorenej komore, s pohonom – mechanickým alebo hydraulickým, s lisovacím nástrojom – piestom alebo závitovkou [10].

VÝSLEDKY

Brikety

Brikety sú vyrobené z odpadovej biomasy drvením, sušením a lisovaním bez akýchkoľvek chemických prísad. Lisovaním sa dosahuje vysoká hustota (1200 kg/m³), čo je dôležité pre objemovú minimalizáciu paliva. Vysoká výhrevnosť (19 MJ/kg) je zárukou nízkych nákladov na vykurovanie. Nízka popolnatosť (0,5%), neobmedzená skladovateľnosť, bezprašnosť a jednoduchá manipulácia sú vlastnosti, ktoré tomuto palivu dávajú špičkové parametre [11].

Briketovanie sa využíva na zhutňovanie drevných pilín, hoblín, kôry, drevného prachu, slamy, bavlny, textilu, papiera a iných materiálov a tým a energeticky a ekonomicky zneškodňuje odpad.



Obr. 1 Brikety valcového tvaru

Pelety

Peletovanie je spôsob zhutňovania podrvenej a vysušenej hmoty pretláčaním lisom pri veľmi vysokom tlaku (až 120 MPa). Pelety sú vyrobené výhradne z odpadového materiálu, ako sú piliny alebo hoblina, bez akýchkoľvek chemických prísad. Lisovaním pod vysokým tlakom sa dosahuje ich vysoká hustota (1 200 kg/m³). Ich veľkou výhodou je, že majú nízky obsah vlhkosti (8 až 10 %). Relatívne vysoká hustota materiálu znamená aj vysokú energetickú hustotu (až 20 MJ/kg). Výhrevnosťou sa pelety vyrovnajú hnedému uhlíu. Ich hlavnou výhodou je automatizácia procesu spaľovania [12].

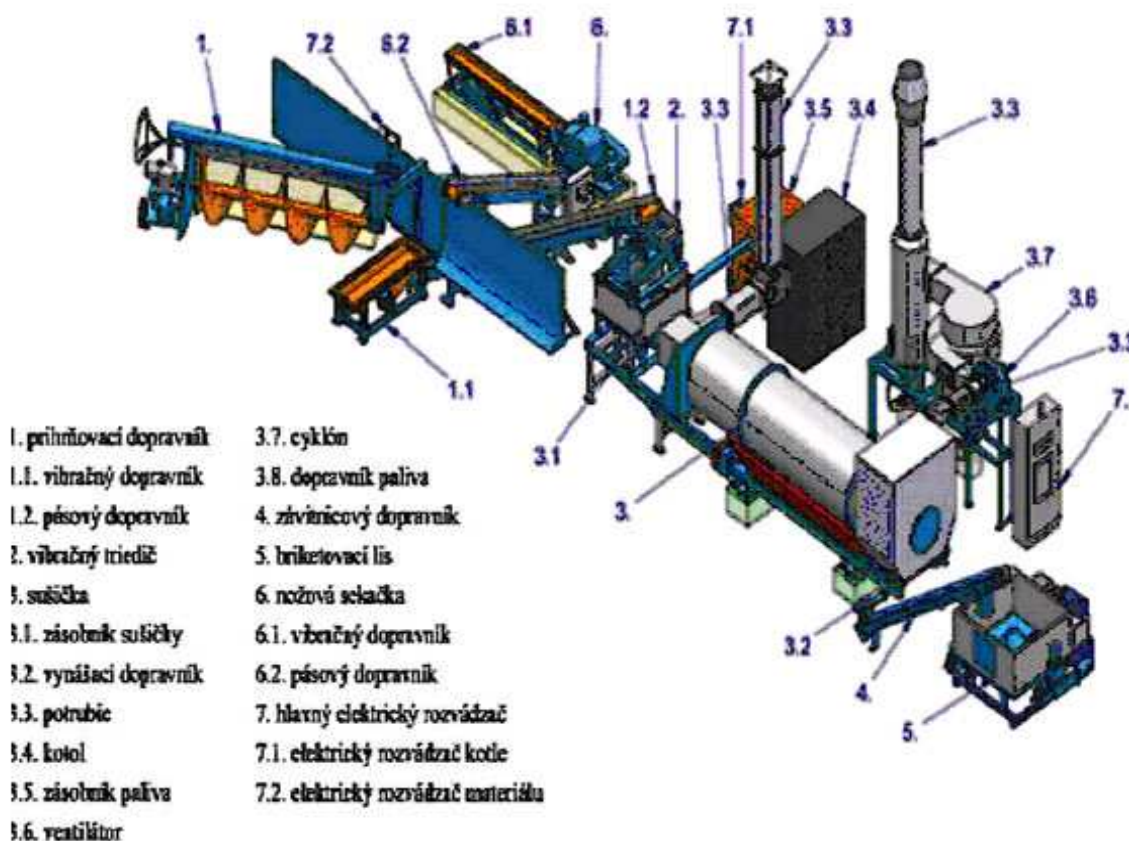


Obr. 2 Pelety



Obr. 3 Lis na výrobu peliet

Zmena objemu pri drvení je objem materiálu redukovaný v niektorých prípadoch až o 80 %. Veľkosť zmeny závisí od druhu a štruktúry vstupného materiálu. K výraznej zmene objemu dochádza aj pri zhutnení. Podľa našich analýz, [3] je pomer objemov rozdrveného sypaného a zlisovaného odpadu 1:6. Výhrevnosť drevných pilín a kôry ako organických odpadov je 16 -17 MJ.kg⁻¹ [13].



Obr. 4 Technológia briketovania drevného odpadu

ZÁVER

Protivýbuchová a protipožiarna ochrana je v technologických linkách a systémov na spracovanie drevného odpadu mimoriadne dôležitá. Ak nie je možné zabrániť vytváraniu nebezpečnej výbušnej atmosféry a vylúčiť nebezpečenstvo výbuchu opatreniami aktívnymi

pri protivýbuchovej prevencii, alebo nie sú také opatrenia vhodné, zariadenia, ochranné systémy a časti musia byť konštruované tak, aby boli obmedzené účinky výbuchu na bezpečnú mieru. Opatrenia konštrukčnej protivýbuchovej ochrany teda nezabránia výbuchu, ale zaistia, že nedôjde k poškodeniu zariadenia ani k ohrozeniu osôb a po krátkej dobe je zariadenie schopné prevádzky. Pre protivýbuchovú ochranu pri briketovaní drevného odpadu je možné využiť nasledovné typy opatrení [5]:

- 1) odľahčenie výbuchu,
- 2) potlačenie výbuchu,
- 3) zabránenie prenosu plameňa a výbuchu.

V zásade, hala, kde dochádza k manipulácii s materiálom – drevnými pilinami s množstvom drevného prachu a následným lisovaním. Zaraďujeme tento priestor podľa NV SR č. 393/2006 Z. z. do zóny 21. Zariadenia, ich časti a ich ochranné systémy, ktoré majú byť používané v priestoroch s nebezpečenstvom výbuchu, pre zónu 21, musia spĺňať úroveň „Kategórie 1“, zahŕňa zariadenia, ktoré sú konštruované tak, aby boli schopné prevádzky v zhode s prevádzkovými hodnotami stanovenými výrobcom a zaistovalo veľmi vysokú úroveň ochrany, poprípade „Kategorie 2“. Týmto spôsobom sme eliminovali vznik iniciácie výbušného prostredia. Odpadný materiál – drevné piliny a prach sme v rámci briketovania využili za dôsledného rešpektovania legislatívy SR.

LITERATÚRA

- [1] ŠOOŠ, L.: Ekonomika briketovania organických odpadov pre ich energetické využitie. In.: Časopis Odpady. Číslo 5-6/1995 s. 20 - 22.
- [2] ŠOOŠ, L., ŠRENKEL, P.: Ekokomplex- Projekt spracovania tuhých odpadov. In.: Komunálne odpady - ekonomika zneškodňovania a nakladania s odpadmi. Apríl 1994.s.18 – 24.
- [3] DZURENDA, L.: Vplyv konštrukcie pilového nástroja a technologických úopdmienok pálenka smrekového dreva na granulometrické zloženie piliny. In: Drevorezné nástroje 2001. Zvolen 2001, s. 26 – 39.
- [4] STN 26 0070 Klasifikácia a označovanie sypkých hmôt dopravovaných na dopravných zariadeniach. 1995.
- [5] DAMEC, J.: Protivýbuchová prevence, SPBI 8, Ostrava 1998 s. 38 – 221.
- [6] MRAČKOVÁ, E.: Výbušnosť jednotlivých druhov drevného prachu (SM, DB, BK, TO a DTD), Zvolen 2003.
- [7] LONGAUER, J. – SUJOVÁ, E.: Vybrané vlastnosti tuhých častíc. Vedecké štúdie 9/2000/A Zvolen, 66 s.
- [8] ŠOOŠ, L., ŠRENKEL, P.: Ekokomplex - Projekt spracovania tuhých odpadov. In.: Komunálne odpady- ekonomika zneškodňovania a nakladania s odpadmi. Apríl 1994.s.18 – 24.
- [9] ŠOOŠ, L.: Die Entwicklung von geräten für energetische Austnutzung von organischen Abfällen. In.: Computer Integrated Manufacturing. Marec 1992 s. 375 – 381.
- [10] ŠOOŠ, L.: Možnosti využitia drevného odpadu v Severoslovenských celulózkach a papierňach a.s. Ružomberok. Výskumná správa. Bratislava, December 1997, 36 s.

- [11] KOLLÁTH, Ľ., ŠOOŠ, Ľ.: Zmenšovanie objemu odpadu – úspora pri doprave a skládkovaní. In.: Sanácie a rekultivácie skládok. Bijo, v. z., Žilina 25. 2. 1999, s. 41 - 49.
- [12] http://www.atpjournal.sk/casopisy/atp_99/atp6/energeticke.htm, 20.04. 2008
- [13] <http://www.drevvari.sk/clanky1284-briketovacie-lisy---spracovanie-drevneho-odpadu>,
- [14] 20.04. 2008

Táto práca vznikla v rámci grantového projektu č. 1/0483/08 ako výsledok výskumu autora za výraznej pomoci agentúry VEGA – SR.

Lektoroval: Ing. Eva Ružinská, PhD.

Kontaktná adresa:

Ing. Eva Mračková, PhD., Katedra protipožiarnej ochrany, Drevárska fakulta, Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen



MOŽNOSTI ZHODNOTENIA ODPADOV ZO STAVEBNÝCH PROCESOV Z HĽADISKA RIADENIA KVALITY A JEJ ENVIRONMENTÁLNYCH DOPADOV

THE POSSIBILITIES OF VALORIZATION WASTES FROM BUILDING PROCESSES IN TERM OF QUALITY CONTROL AND ITS ENVIROMENTAL IMPACTS

Andrea NEUPAUEROVÁ

ABSTRACT: The paper deals with building waste recycling with accent on valuation its impacts like recycle usage. Work is focused on valid legislation in waste field and building waste classification, recycling technologies used in building waste recycling and environmental recycling valuation.

Key words: recycling, building wastes, technologies, quality

ABSTRAKT: V príspevku sú uvedené možnosti nakladania so stavebnými odpadmi, technologické procesy pri ich recyklácii, distribučná logistika recyklačných zariadení ako i posudzovanie kvality recyklátov zo stavebnej činnosti.

Kľúčové slová: recyklácia, stavebné odpady, technológie, kvalita

1 ÚVOD

Stavebný odpad vzniká napriek všetkým snahám, ktoré sú spojené s opatreniami na predchádzanie jeho vzniku a na jeho minimalizáciu. Podľa zákona č. 409/2006 Z.z. o odpadoch sú za stavebné odpady a odpady z demolácií (SDO) považované odpady, ktoré vznikajú v dôsledku uskutočňovania stavebných prác, zabezpečovacích prác, ako aj prác vykonávaných pri údržbe stavieb - udržiavacie práce, pri úprave – rekonštrukcii stavieb, alebo odstraňovaní – demolácii stavieb. Držiteľ stavebných odpadov a odpadov z demolácií je povinný ich triediť podľa druhov, ak ich celkové množstvo z uskutočňovania stavebných a demolačných prác na jednej stavbe alebo súbore stavieb, ktoré spolu bezprostredne súvisia, presiahne súhrnné množstvo 200 ton za rok a zabezpečiť ich materiálové zhodnotenie. Táto povinnosť neplatí, ak v dostupnosti 50 km po komunikáciách od miesta uskutočňovania stavebných a demolačných prác nie je prevádzkované zariadenie na materiálové zhodnocovanie stavebných odpadov, alebo odpadov z demolácií. Ten, kto vykonáva výstavbu, údržbu, rekonštrukciu alebo demoláciu komunikácie, je povinný stavebné odpady vznikajúce pri tejto činnosti a odpady z demolácií materiálovo zhodnotiť pri výstavbe, rekonštrukcii alebo údržbe komunikácií. U recyklovaných materiálov je potrebné rešpektovať základné požiadavky definované stavebným zákonom č. 50/1976 Zb. v znení zákona č. 237/2000. Smernica pre výrobky a objekty v stavebníctve č. 93/68/EHS ukladá krajinám EÚ prijať také opatrenia, aby výrobky pre stavby a stavebné konštrukcie vyhovovali predpisom a požiadavkám mechanickej pevnosti a stability, protipožiarnej bezpečnosti, bezpečnosti pri užívaní, hygienickým a zdravotným predpisom, ochrane proti hluku, zabezpečenia úspor energie a ochrane životného prostredia. Pre recyklované materiály platia uvedené požiadavky vo zvýšenej miere, nakoľko ich homogenita býva značne nižšia, ako je to

u prírodných zdrojov. Na Slovensku platí pre výrobky zákon č. 90/1998 Z. z. o stavebných výrobkoch a zákon č. 264/1999 Z. z. o technických požiadavkách na výrobky a o posudzovaní zhody a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov. V príspevku sú uvedené možnosti nakladania so stavebnými odpadmi, uplatňovanie distribučnej logistiky pri prevádzke recyklačných zariadení ako i posudzovanie kvality recyklátov zo stavebnej činnosti.

2 ZHODNOCOVANIE STAVEBNÝCH ODPADOV

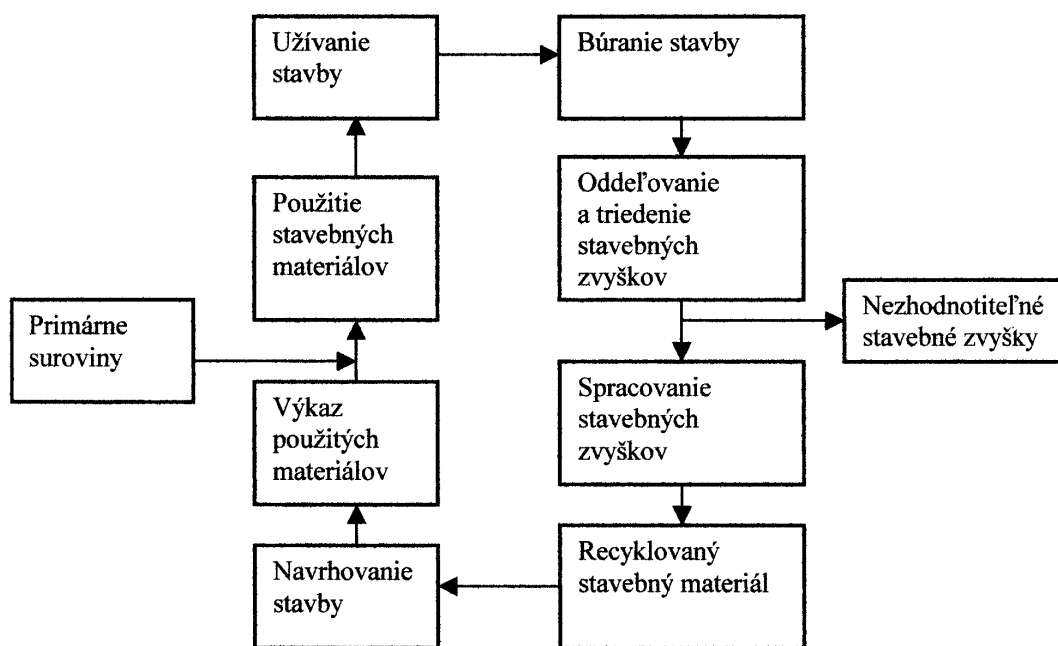
S využitím rôznych technológií a zariadení sa skoro všetky druhy produkovaných SDO dajú recyklovať, resp. zhodnocovať. Vyhláškou MŽP SR č. 284/2001 Z. z., ktorá ustanovuje Katalóg odpadov, sú stavebné odpady zaradené do skupiny 17 pod názvom: „Stavebný odpad a odpad z demolácií (vrátane výkopovej zeminy z kontaminovaných miest)“. V súčasných podmienkach sa v recyklačných zariadeniach najviac spracovávajú nasledovné druhy SDO, ktoré sú zaradené medzi ostatné odpady „O“: betóny - prosté a armované (17 01 01), bituménové zmesi (17 03 02), zmiešané stavebné materiály (17 01 07, 17 09 04) a zeminy (17 05 04, 17 05 06, 17 05 08). Pre úpravu stavebných odpadov sa v súčasnosti vo svete využívajú recyklačné linky, ktoré sú podľa mobility rozdelené na: mobilné, semimobilné a stacionárne. Každé z týchto zariadení má svoje opodstatnenie pre špecifické pracovné podmienky. Zhodnotenie stavebného odpadu je možné, pokiaľ je triedený do materiálových skupín podľa jednotlivých frakcií. V stavebnej sfére možno v súvislosti s možnou recykláciou odpadu hovoriť o dvoch základných oblastiach:

- **recyklácia in site** - recyklácia v mieste stavby, resp. demolačných prác s využitím mobilných technológií na zhodnocovanie odpadov; ide o vlastné spracovanie stavebnej sutiny, kde stavebná sutina, betón a asfalt sa podľa možností spracovávajú v mobilných zariadeniach priamo na mieste ich vzniku, hlavne na veľkých staveniskách; stavebný odpad z malých a stredne veľkých stavenísk sa zase dopravuje do stacionárnych zariadení,
- **recyklácia off site** - recyklácia materiálov, pri ktorej sa na staveniskách vytriedené a oddelene zhromaždené staré materiály (drevo, kovy, plasty, sklo, papier) prevážajú do recyklačných stredísk, kde dochádza k zhodnocovaniu odpadov podľa materiálových skupín.

Pred samotným zhodnotením sú odpady väčšinou podstúpené jemnému triedeniu v prevádzkach určených na zhodnocovanie, prípadne sa z nich demontujú pevné súčasti alebo odstraňujú cudzorodé prvky, aby sa minimalizoval ich prípadný rušivý dopad na proces zhodnocovania [1]. Stavebné zvyšky sa môžu opätovne použiť, alebo zhodnotiť priamym opätovným použitím stavebných zvyškov na stavenisku (napr. formou násypov alebo použitím jednotlivých stavebných prvkov), odovzdaním stavebných zvyškov v podobe druhotných surovín na spracovanie do výrobných prevádzok (napr. kovov do metalurgických podnikov), alebo spracovať stavebné zvyšky na výrobu nových stavebných surovín. Prostredníctvom uvedených postupov sa môžu rôzne materiálové skupiny opakovane zdržať v niekoľkých úžitkových materiálových kolobehoch dovtedy, pokiaľ nie je nutné ich definitívne uložiť na skládku. Na obrázku 1 je znázornená stratégia recyklácie stavebných zvyškov a spôsob ich opätovného použitia v niekoľkých materiálových kolobehoch [2].

3 TECHNOLOGICKÉ PROCESY PRI RECYKLÁCII STAVEBNÝCH ODPADOV

Prvú fázu procesov prebiehajúcich na začiatku recyklácie SDO v recyklačnom zariadení je váženie, prijímanie, zatriedovanie a uskladňovanie stavebných odpadov. Pri hodnotení vlastností a kvality prijímaných SDO sa kladie dôraz hlavne na chemické a mineralogické zloženie (prítomnosť nebezpečných látok a škodlivín), mechanické (zrornosť, pevnosť, tvrdosť) a na mieru znečistenia cudzorodými látkami. Producent odpadu proklamuje písomným vyjadrením kvalitu, množstvo a vlastnosti dovezeného odpadu podľa stanovených požiadaviek vymedzených legislatívou a prevádzkovým poriadkom zariadenia. Následne sa urobí obhliadka dovezeného odpadu a skontrolujú sa uvádzané vlastnosti. V prípade, ak jednotlivé kusy SDO sú väčšie, ako maximálne dovolené, zaplatí dovozca odpadu príplatok za dodatočné rozbiejanie materiálu. Eventuálne, ak dovezený odpad je znečistený veľkým množstvom cudzorodých látok dovozca odpadu zaplatí poplatky odpovedajúce navýšeniu nákladov na separáciu takéhoto odpadu a pod.



Obrázok 1 Stratégia recyklácie stavebných zvyškov a spôsob ich opätovného využitia v niekoľkých opakovaných úžitkových materiálových kolobehoch

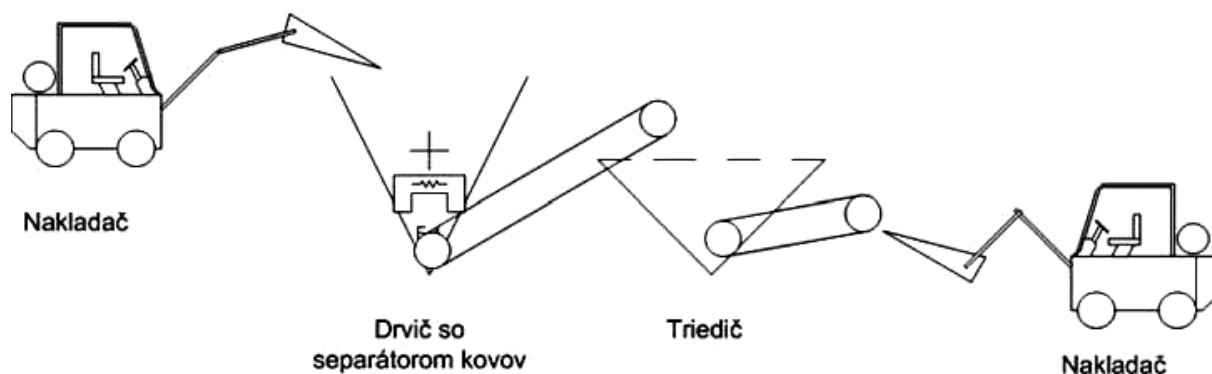
Po tomto procese nasleduje separácia a pretriedenie, ktoré v bežných podmienkach prebieha v dvoch fázach:

- **prvá fáza pretriedenia** nastáva po dočasnom uskladnení materiálu v zariadení, kde sa za pomoci strojov určených na separáciu, alebo manuálne, separujú cudzorodé látky (plasty, papier, kovové časti, drevo alebo celý kusový stavebný materiál vhodný na opätovné využitie - tehliarske výrobky) od SDO,
- **druhá fáza pretriedenia** nastáva počas drvenia, kedy strojník obsluhujúci drvič kontroluje podrvený materiál a manuálnym spôsobom môže cudzorodé materiály

odstrániť, z čoho vyplýva, že je treba zabezpečiť kapacity na uskladnenie cudzorodých látok a už s vytriedenými nakladať ako s odpadom.

Drvenie je ďalším krokom pri úprave stavebných odpadov, pri ktorom sa veľké kusy SDO rozdrví na tzv. prvotný recyklát. Jedná sa o základnú frakciu (napr. 0 - 64 mm), ktorá sa za pomoci triedičov triedi. Pri drvení sa magnetickým separátorom dodatočne oddeľujú kovové časti nachádzajúce sa v SDO, ktoré sa nedali odlúčiť pri pretriedení (železobetóny). Magnetický separátor sa nachádza nad výstupným dopravníkom vychádzajúcim z drviča a väčšinou je už priamo zabudovaný v stroji, prípadne je dodávaný ako prídavné zariadenie drviča.

Poslednými procesmi pri výrobe recyklátov je **triedenie a uskladňovanie recyklátov**. Rozdrvený materiál dopravovaný dopravníkom priamo do násypníka triediča sa roztriedi na frakčné skupiny recyklátov. Dôležitými krokmi sú uloženie a zabezpečenie recyklátov takým spôsobom, aby nedošlo k zmiešavaniu jednotlivých frakcií a jednotlivých druhov recyklátov. Na zabezpečenie dopravných procesov recyklácie SDO, napr. plnenie násypníka drviča, resp. triediča, uskladňovanie recyklátov na vymedzené plochy a pod. sa používajú nakladače. Počas výroby recyklátov sa sleduje ich kvalita tak, aby výsledný výrobok bol použiteľný a spĺňal požadované vlastnosti. Najväčšia pozornosť sa sústreďuje na hodnotenie kvality prijímaných odpadov a na fyzikálne a technologické parametre pri drvení SDO a triedení recyklátov. Hlavné strojové časti recyklačnej linky SDO (drvič, triedič, nakladač) sú znázornené na obrázku 2. Pre zabezpečenie vysokej kvality produkovaných recyklátov je nutné pružné prispôbenie sa parametrov jednotlivých mechanizmov recyklačnej linky (drviča i triediča) vlastnostiam spracovávaného materiálu. Napríklad recyklácia železobetónových betónov vyžaduje iné nastavenie parametrov drviča, ako recyklácia tehlového muriva [3].



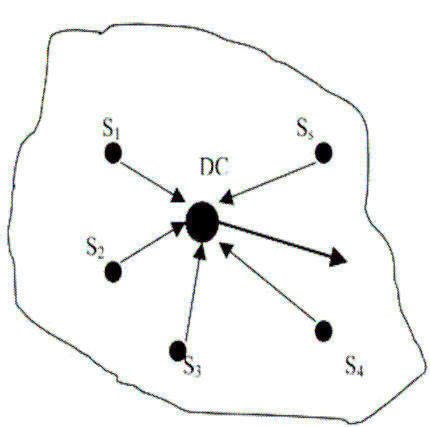
Obrázok 2 Schematické znázornenie hlavných strojových častí recyklačnej linky

Na dekontamináciu stavebného odpadu, napr. kameniva zo železničných zvrškov, sa používajú aj biologické metódy aplikované in site. Rozsah materiálového využitia stavebných odpadov zásadným spôsobom ovplyvňujú odpady z demolácií, preto je potrebné spoluprácou pôvodcov týchto odpadov s prevádzkovateľmi mobilných zariadení zabezpečiť čo najlepšie využitie existujúcich kapacít, aby podiel odpadov zaradených do podskupín 17 01, 17 02 a 17 04 bol čo najvyšší. Pre výkopovú zeminu z plôch kontaminovaných ropnými látkami je potrebné uprednostniť jej dekontamináciu v sieti existujúcich objektov pred uložením

na skládku odpadu - ako stabilizátu odpadu s obsahom NEL vyšším ako 1 000 mg/kg sušiny [4].

4 DISTRIBUČNÁ LOGISTIKA RECYKLAČNÝCH ZARIADENÍ

V súčasnosti ešte málo využívaným spôsobom je tvorba **medzidepónií**, tzv. skladov stavebných odpadov, kde by sa kumuloval stavebný odpad počas určitého časového obdobia. Po dosiahnutí minimálneho množstva odpadov, ktoré pokryje náklady na výrobu recyklátu, by bolo mobilné recyklačné zariadenie dovezené. Po spracovaní odpadov by došlo k preprave na ďalší sklad – **depóniu**, ktorý môže byť situovaný u jedného z producentov odpadu a ostatní producenti tam môžu odpad dovážať. Druhý variant počíta s možnosťou vybudovania **skladu v záujmovom území** vo vhodnej lokalite, ktorá by bola výhodná pre všetkých producentov v dovážajúcich odpad na spracovanie. Po zhromaždení dostatočného množstva odpadu, by bolo mobilné recyklačné zariadenie dovezené na depóniu a po jeho spracovaní premiestnené do ďalšieho skladu. Tu však vznikajú dva základné problémy, a to určenie veľkosti záujmového územia skladu a určenie umiestnenia skladu SDO. V priebehu prevádzky recyklačného zariadenia je potrebné zabezpečiť plynulosť zásobovania vstupnými materiálmi z danej oblasti, aby bola využitá kapacita recyklačnej linky a nevznikali prestoje z nedostatočného prísunu stavebného odpadu určeného na recykláciu ako i vhodne zvoliť usporiadanie strojových zostáv. Tieto podmienky môžu byť splnené len umiestnením skladu SDO do ekonomicky silného regiónu, kde je predpoklad dostatočne veľkého objemu stavebnej činnosti a odpadov, ktoré pri nej vznikajú. Ako možné riešenie sa ukazuje metodika distribučnej logistiky, s presne definovanou typológiou a zákonitostami využívajúce optimalizáciu lokalizácie recyklačného zariadenia za pomoci metód multikriteriálneho rozhodovania alebo abstraktných geometrických modelov, ktorých tvar a jednotlivé väzby budú závislé na spôsobe lokalizácie výroby. Napríklad pre **recykláciu off site** by sme mohli uvažovať tvar „hviezda“ – viacerí dodávatelia alebo prijímatelia stavebných odpadov, resp. recyklátov sú zásobovaný zo spoločného distribučného centra – recyklačného zariadenia (obrázok 3) s väzbou $m - 1 - n$, kde m predstavuje miesta na vstupe a n miesta na výstupe cez jednu spoločnú centrálu s priamym odbytom [5].



Obrázok 3 Distribučná sieť - hviezda zvozná

5 KVALITA RECYKLÁTOV ZO STAVEBNÝCH ODPADOV A ICH VYUŽITIE

Pre hodnotenie zdravotnej nezávadnosti recyklátu vyrobeného zo stavebných odpadov sa využívajú laboratórne testy, ktorých rozsah sa stanovuje podľa zloženia recyklátu a účelu použitia v súlade s platnou legislatívou v SR. Na posudzovanie ekotoxicity odpadov, stavebných materiálov a chemických látok sa už niekoľko rokov používajú výhradne tzv. aquatické testy na vodných výluhoch, ktoré posudzujú toxicitu len tých látok, ktoré sú rozpustné vo vode. Výhodou testov ekotoxicity je predovšetkým vyjadrenie skutočného vplyvu kontaminantov na ekologické receptory a životné prostredie, t.j. riziko nie je hodnotené iba sprostredkované podľa chemickej analýzy. Zároveň sú sledované chemické parametre z pohľadu vylúhovateľnosti, a to na vstupe do procesu ako odpad a na výstupe ako recyklát. Podľa rozhodnutia OÚ ŽP o prevádzkovaní zariadenia na zhodnocovanie odpadov je podmienkou prijatia odpadu na spracovanie splnenie kritérií pre inertný odpad. Normy STN nepoznajú pojem recyklát vyrobený recykláciou stavebných odpadov a tak kvalita vyrobeného recyklátu je hodnotená v štátnych alebo podnikových skúšobniach stavebných materiálov, kde sú vlastnosti posudzované na základe predpokladu využitia a porovnania s príbuznými materiálmi zapracovanými v normách: STN ISO 6783 (72 1171), STN ISO (72 1174), STN 72 1176, STN 72 1183. Následne na základe týchto posúdení sú doporučené možnosti ich využitia. V súčasnosti sa preberajú normy EU, v ktorých je riešená aj oblasť posudzovania recyklátov z pohľadu technických noriem a zároveň aj chemického posúdenia, čo je dôležité najmä z hľadiska zvoleného spôsobu budúceho využitia recyklátov. V tabuľke 1 sú uvedené sledované parametre jednotlivých druhov recyklátov z pohľadu ich vylúhovateľnosti a to na vstupe do procesu ako odpad a na výstupe ako recyklát [6].

Tabuľka 1 Roztriedenie recyklátov a ich vlastnosti

VLASTNOSTI	RECYKLÁT / frakcia					ZEMINA
	BETÓNOVÝ		ASFALTOVÝ		TEHLOVÝ	
Zrornosť	0-32	32-64	0-32	32-64	0-4	
Objemová hmotnosť	2 400 kg/m ³	2340 kg/m ³	2245 kg/m ³	2340 kg/m ³	2070 kg/m ³	
Sypná hmotnosť					1 230 kg/m ³	
Nasiakavosť	4,7 %	6,3 %		1,66 %	16,6 %	
Mrazuvzdornosť		60,1		3,61		
Otlkovosť						
Odplaviteľné častice	0,54 %		3,95 %	1,79 %	9,88 %	
Možnosti využitia	Podklad vrstvy	Podklad vrstvy	Podklad vrstvy	Podklad vrstvy	Obsypový materiál	Terénne úpravy

6 ZÁVER

Pri výbere veľkosti záujmového územia a lokalizácie skladov SDO zohráva významnú úlohu ekonomicky silné prostredie, dostatočné množstvo vstupných odpadov, dopravné vzdialenosti a náklady, optimálna strojová zostava a splnenie environmentálnych kritérií. V súvislosti s otvorením možnosti čerpania finančných prostriedkov na zavádzanie

recyklačných liniek zo štrukturálnych fondov EU v rokoch 2007 až 2013 možno očakávať intenzívnejší nárast záujmu o recykláciu stavebného odpadu v Slovenskej republike.

LITERATÚRA

- [1] ČERNECKÝ, J., KVASNOVÁ, P.: 2007. *Technika odpadového hospodárstva*. Zvolen: Vydavateľstvo TU vo Zvolene, 2007, 161 s. ISBN 978-80-228-1855-1.
- [2] NAGY, E.: 2002. Riešenie problematiky stavebného odpadu v Hornom Rakúsku. *Odpady*, 2002, roč. 2, č.4, s. 16-19.
- [3] MAŽERIK, R.: 2007. K problematike recyklačných zariadení na recykláciu stavebných odpadov. *Stavebné hmoty, stavebné stroje a zariadenia*, 2007, roč. 3, č. 1, s. 22-26. ISSN 1336-6041.
- [4] www.cvik.sk/poh_final.pdf.
- [5] MAŽERIK, R.: 2007. Použitie recyklačných zariadení z pohľadu distribučnej logistiky. *Stavebné hmoty, stavebné stroje a zariadenia*, 2007, roč. 3, č. 2, s. 60-63. ISSN 1336-6041.
- [6] ŠEFČÍK I.: Vývoj recyklácie stavebných odpadov na Slovensku. Možnosti využitia recyklátu stavebných odpadov. In: *Zborník z odbornej konferencie: Životné prostredie – problémy a možnosti riešenia*. Košice: Dom Techniky ZSVTS, 2005.

Lektoroval: Ing. Viliam Mračna, CSc.

Časť riešenej problematiky príspevku je súčasťou grantovej úlohy KEGA 3/6431/08 „Stanovenie charakteristík kvantifikácie emisií a indikátorov kvality ovzdušia v podmienkach európskej legislatívy“.

Kontaktná adresa:

Ing. Andrea Neupauerová, PhD., Katedra environmentálnej techniky, Fakulta environmentálnej a výrobnéj techniky, Technická univerzita vo Zvolene, Študentská 26, 960 53 Zvolen, Slovakia



SPÔSOBY NAKLADANIA SO STAVEBNÝMI ODPADMI OBSAHUJÚCIMI AZBEST

THE BEHAVIOURS OF TREATMENT WITH BUILDING WASTES CONTAINING ASBESTOS

Andrea NEUPAUEROVÁ – Jozef ČERNECKÝ

ABSTRACT: Building materials containing asbestos presented the risk at damage, maintainance and demolitions of building objects (for example illness of asbestos, cancer of lungs). The paper resolving to behaviours of collection, separation building wastes particularly treatment with asbestos waste.

Key words: building wastes, asbestos, liquidation

ABSTRAKT: Stavebným materiálom obsahujúcim azbest je venovaná zvýšená pozornosť, nakoľko predstavujú riziko pri poškodení, údržbe a demoláciách stavebných objektov (napr. vznik azbestózy, rakoviny pľúc). V príspevku sú prezentované postupy bezpečnej likvidácie odpadových azbestových materiálov z demolačných a rekonštrukčných prác.

Kľúčové slová: stavebné odpady, azbest, odstránenie

1 ÚVOD

Stavebné technológie, stavebné materiály a výrobky používané v súčasnosti sa svojou kvalitou, vplyvom na životné prostredie ako i zdravie ľudí výrazne odlišujú od tých, ktoré boli v minulom storočí považované za skoro ideálne, ale dnes sú niektoré z nich životu nebezpečné - napríklad stavebné materiály s obsahom azbestu zabudované v stavebných konštrukciách rôznych objektov. V období rokov 1945 až 1990 sa azbest v značnej miere používal v celej Európe. Smernicou Európskej únie 1999/77/ES je zakázané používať všetky druhy azbestu od 1.januára 2005. V smernici 2003/18/ES1 sa okrem toho zakazuje ťažba azbestu a výroba a spracovanie azbestových výrobkov. V súčasnosti veľký problém predstavujú azbestové vlákna uvoľňované do ovzdušia pri rozrušovaní materiálov obsahujúcich azbest, a to pri ich používaní, demolačných prácach, domovej údržbe, opravách a prestavbách. Najväčším nebezpečenstvom sú azbestové stavebné odpady vznikajúce pri likvidácii, ktoré priamo ohrozujú zdravie osôb zdržiavajúcich sa v bezprostrednej blízkosti realizovanej rekonštrukcie alebo demolácie. V súlade s klasifikáciou karcinogénnych účinkov podľa IARC (International Agency for Research on Cancer) sú všetky typy azbestu hodnotené ako „Kategória 1: karcinogénny“ a musia byť označené vetou „Môžu spôsobiť rakovinu“ (smernica Rady 97/548/EHS). Vdychovanie dýchatelných azbestových mikrovlákien môže spôsobiť azbestózu a malígne nádory: rakovinu pľúc a mezotelióm. Na tieto choroby nie sú známe žiadne liečebné prostriedky, často končia smrťou a v dôsledku latentného obdobia sa môžu objaviť až 40 rokov po vystavení účinku azbestu. OSHA (The Occupational Safety and Health Administration) stanovila limitnú hodnotu 100 000 vlákien dlhších alebo rovných $5 \mu\text{m}/\text{m}^3$ v ovzduší pre pracovné prostredie počas 8 hodinovej pracovnej zmeny a 40 hodinového pracovného týždňa. Pre vnútorné prostredie budov Vyhláška MZ SR

č. 259/2008 Z. z. stanovila limitnú hodnotu pre azbestové vlákna $1000 \text{ vlákien.m}^{-3}$, ktorá sa vzťahuje na priemer vlákna menší ako $3 \mu\text{m}$, dĺžku vlákna väčšiu ako $5 \mu\text{m}$ a pomer dĺžky a priemeru vlákna väčší ako 3:1. Vyhláškou MŽP č. 284/2001 Z. z., ktorou sa ustanovuje Katalóg odpadov, sú stavebné odpady uvedené v skupine 17 pod názvom: „Stavebný odpad a odpad z demolácií (vrátane výkopovej zeminy z kontaminovaných miest)“. Stavebné materiály obsahujúce azbest sú v Katalógu odpadov označené kódom 17 06 05 a zaradené do kategórie nebezpečných odpadov. V príspevku je riešená problematika zberu, separácie a spôsobu nakladania s azbestovými stavebnými odpadmi.

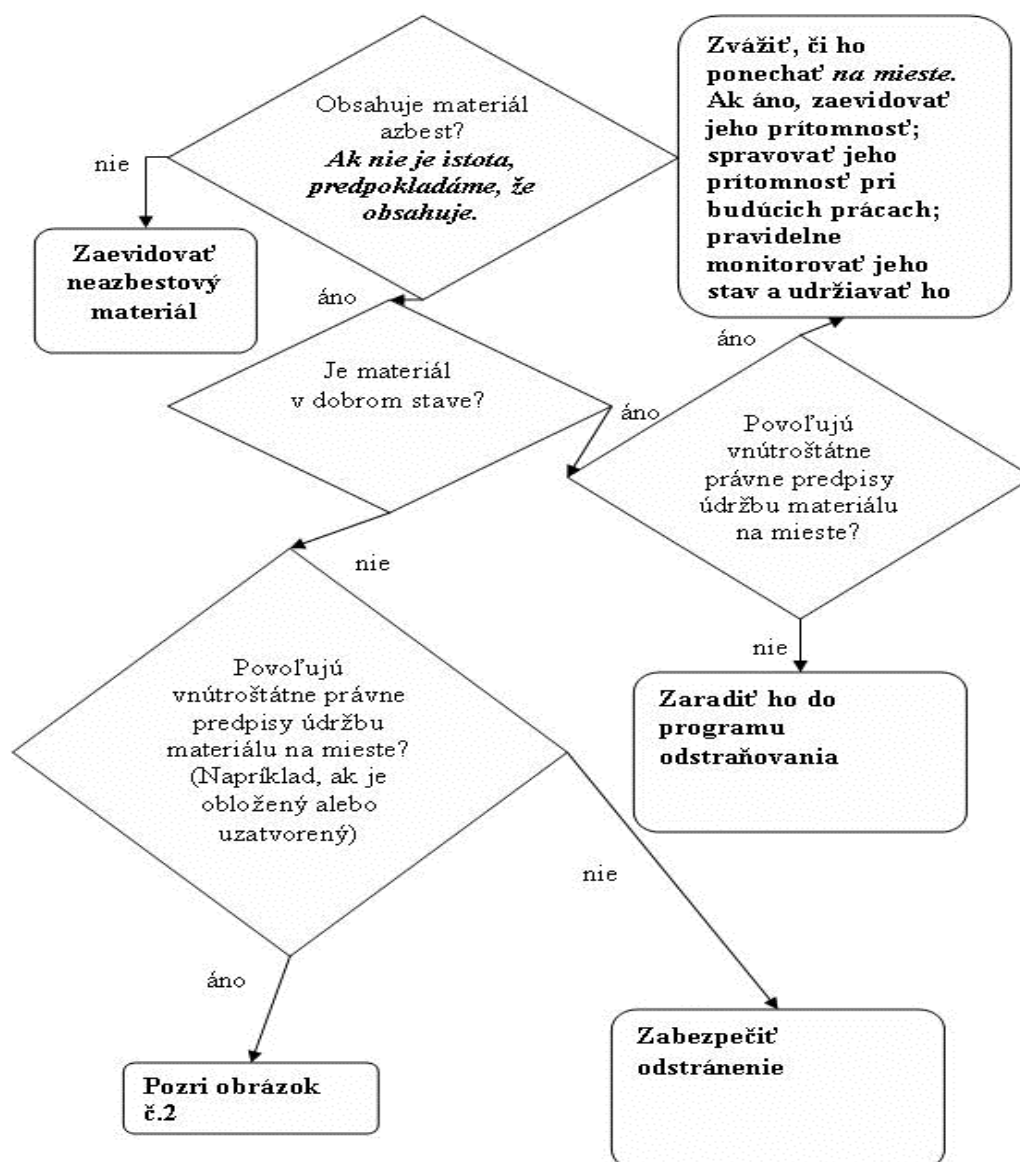
2 POSTUP PRI ROZHODOVANÍ O AZBESTOVÝCH MATERIÁLOCH V BUDOVÁCH

Prítomnosť azbestových materiálov je v niektorých budovách viditeľná už na pohľad, ale existujú aj stavebné objekty, kde je nutné posúdenie odborníkom. Vo väčšine krajín EU je bežné, že si majiteľ, prípadne správca budovy preventívne objedná azbestový prieskum, aby mal v prípade havarijnej situácie v objekte presné informácie o výskyte azbestových materiálov. Výsledkom azbestového výskumu by nemali byť len informácie o výskyte a množstve azbestu v objekte, ale aj stanovenie stupňa nebezpečnosti a naliehavosti odstránenia týchto materiálov. V Slovenskej republike vykonáva azbestové prieskumy a poskytuje informácie o spoločnostiach zaoberajúcich sa odstraňovaním azbestových materiálov zo stavieb Regionálny úrad verejného zdravotníctva v Nitre, ktorý taktiež zabezpečuje aj činnosť Národného referenčného centra pre zdravotnú problematiku vláknitých prachov.

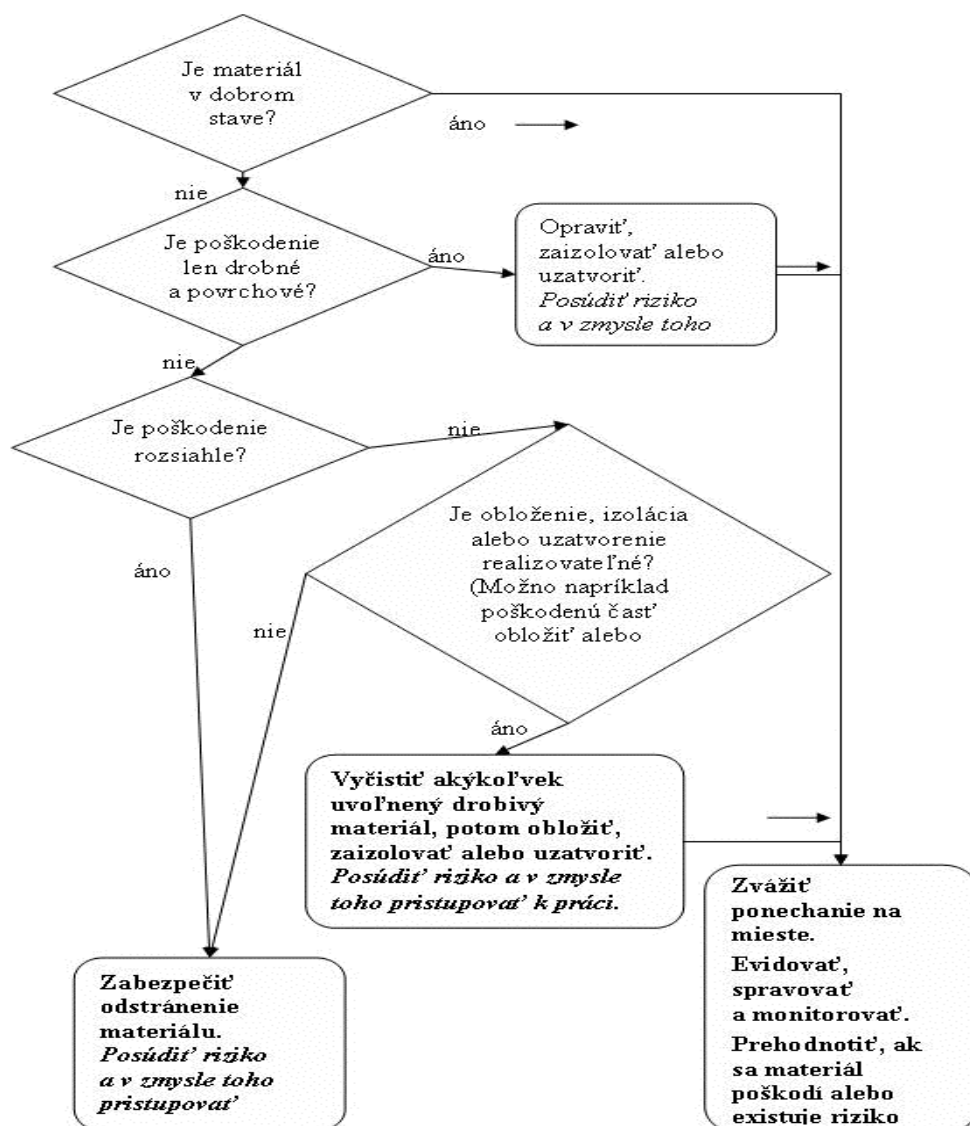
Pred vykonaním práce, pri ktorej možno byť vystavený materiálom obsahujúcim azbest, treba vykonať niekoľko kľúčových rozhodnutí, ktoré sú úzko spojené s procesom hodnotenia rizík a plánovania. Na obrázku 1 je znázornený diagram postupu týkajúceho sa materiálov, ktoré by mohli obsahovať azbest. Niektoré členské štáty majú vnútroštátne právne predpisy, ktoré vyžadujú, aby sa materiály obsahujúce azbest (najmä materiály so slabo viazanými vláknami) odstránili všade, kde je to možné uskutočniť. Iné členské štáty povoľujú, aby sa materiály obsahujúce azbest ponechali na mieste v závislosti od určitých kritérií týkajúcich sa stavu, umiestnenia, jednoduchosti prístupu, a teda celkovej pravdepodobnosti, že materiál môže predstavovať riziko uvoľnenia vlákien. Pri rozhodovaní, či možno zabezpečiť bezpečnosť materiálov (napr. uzatvorením (náterom) a/alebo obložením) a ponechať ich na mieste, sa musia zohľadniť aj vnútroštátne právne predpisy.

S prihliadnutím na vnútroštátne právne predpisy možno materiály obsahujúce azbest, ktoré sú v bezpečnom stave (t.j. nepoškodené, obložené alebo uzatvorené) ponechať na mieste, ak je zavedený systém monitorovania jeho stavu a správy jeho prítomnosti (napr. udržiavania materiálu v dobrom stave). Musí sa však tento materiál zachytiť v evidencii a plánoch budovy, aby sa jeho prítomnosť zohľadnila, ak sa v budúcnosti uskutočnia akékoľvek stavebné práce. Ak materiál nie je v dobrom stave, nemožno ho ľahko opraviť, je ľahko prístupný (a preto potenciálne prístupný ďalšiemu poškodeniu a porušeniu), rozsiahle poškodený a neexistuje žiadny v praxi použiteľný spôsob uzatvorenia alebo obloženia, tento materiál sa musí odstrániť. Toto rozhodnutie platí pre akýkoľvek druh materiálu obsahujúceho azbest. Alternatívnym riešením k odstráneniu je zabezpečiť bezpečnosť materiálov obsahujúcich azbest (udržiavaním v dobrom stave alebo obložením) a ich monitorovanie a správu na mieste. Aj keď je možné zabezpečiť bezpečnosť materiálu obsahujúceho azbest, monitorovať ho a spravovať na mieste, treba zohľadniť možné požiadavky na celkové renovačné práce v budove, pretože ak materiály budú brániť celkovej

renovácii budovy, správnym rozhodnutím môže byť odstránený materiál obsahujúci azbest. V prípade azbestocementových a iných materiálov s pevne viazanými vláknami možno predpokladať, že proces rozhodovania bude viesť k rozhodnutiu ponechať materiál na mieste a evidovať, monitorovať a spravovať ho. Na obrázku 2 je znázornený diagram rozhodovacieho postupu týkajúceho sa materiálov obsahujúcich azbest [1].



Obrázok 1 Diagram postupu týkajúceho sa materiálov, ktoré by mohli obsahovať azbest



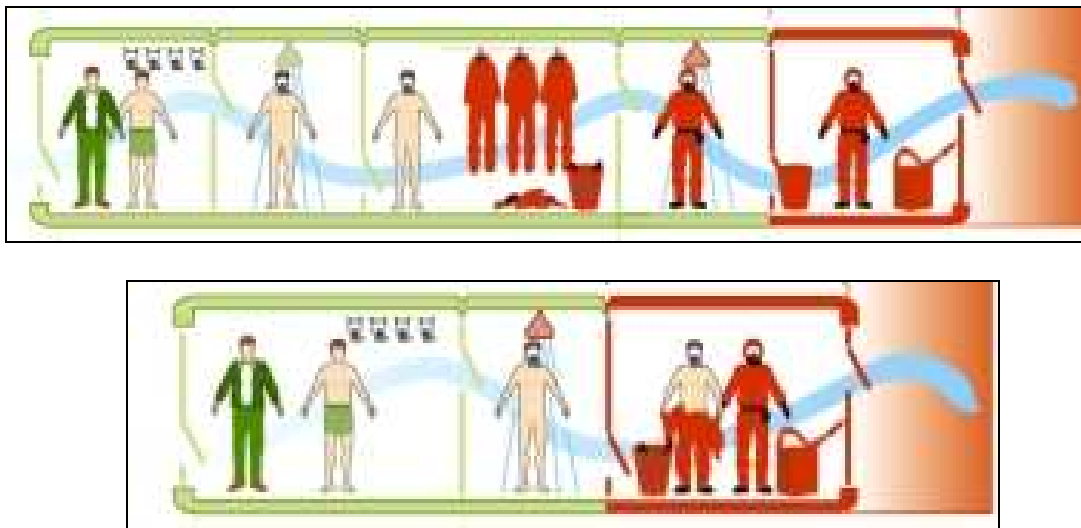
Obrázok 2 Diagram rozhodovacieho postupu týkajúceho sa materiálov obsahujúcich azbest

3 ODSTRAŇOVANIE AZBESTOVÝCH MATERIÁLOV ZO STAVIEB

Sanácia stavebných konštrukcií v interiéroch budov, kde boli použité azbestové materiály v nebezpečných formách (ide o slabo viazané azbestové materiály, tj. striekaný azbest – technológia Limpet, azbestové omietky, dosky typu Ezalit B a iné azbestové materiály bez vhodnej povrchovej úpravy) sa musí vykonať vhodnou technológiou, ktorá zabezpečí potrebné opudzrenie azbestových častíc, bez možnosti ich ďalšieho uvoľňovania do interiéru budovy. Pred sanáciou a po jej ukončení sa musí vykonať meranie počtu azbestových vlákien v ovzduší sanovaného objektu s cieľom vyhodnotenia účinnosti vykonanej sanácie. Tieto práce môžu vykonávať iba osoby odborne a zdravotne spôsobilé na túto činnosť. Termíny na postupné znižovanie rizika z prítomnosti azbestu v ovzduší budov stanoví orgán na ochranu zdravia na základe závažnosti nebezpečenstva zisťovaného pri výkone štátneho zdravotného dozoru, s prihliadnutím na miestne podmienky. Rekonštrukčné a búracie práce spojené s odstraňovaním azbestových materiálov z budov

sa musia vykonať iba v súlade s technologickými postupmi vopred schválenými orgánmi na ochranu zdravia s ohľadom na zabezpečenie ochrany zdravia pracovníkov vykonávajúcich túto činnosť, potrebou zabránenia úniku azbestových vlákien do ostatných priestorov budov a následným vyčistením priestorov od prachu obsahujúceho azbestové vlákna, čo je nevyhnutné objektivizovať meraním po ukončení rekonštrukčných prác. Zdravotná spôsobilosť pracovníkov musí byť overená preventívnou lekárskou prehliadkou. Priestory, v ktorých sa vykonávajú sanačné a rekonštrukčné práce, sa vyhlasujú za „kontrolované pásmo“, do ktorého je zakázaný vstup cudzím osobám. Priestory môžu byť prístupné až po ukončení sanačných a rekonštrukčných prác, po ich vyčistení, čo sa overí meraním.

Na zabránenie šírenia prachu obsahujúceho azbest je nevyhnutné kontrolované pásmo vhodným spôsobom izolovať od ostatných priestorov. Vstup do kontrolovaného pásma môže byť iba cez „hygienickú slučku“, v ktorej sa odkladá pracovný odev a vykoná sa osobná očista exponovaných osôb. Znáznornenie osobnej dekontaminácie v päťdielnej dekontaminačnej jednotke a v trojdielnej jednotke je na obrázku 3.



Obrázok 3 Osobná dekontaminácia v päťdielnej dekontaminačnej jednotke a v trojdielnej jednotke

Azbestový odpad sa v kontrolovanom pásme ukladá do polyetylénových vriec označených nápisom Azbestový odpad - prach s obsahom azbestu. Nepoškodené vrecia sa očistia od prachu a vyčleneným vozidlom sa odvezú na určenú skládku odpadu a zneškodňujú sa schváleným postupom. Odpad obsahujúci azbest musí byť stabilizovaný a následne musí byť zneškodnený na skládke na nebezpečný odpad. V prílohe č. 6 zákona č. 223/2001 Z.z. o odpadoch sú uvedené odpady obsahujúce prach alebo vlákna azbestu, ktoré sa musia pred uložením na skládku odpadov stabilizovať: 06 07 01 odpady z elektrolýzy obsahujúce azbest, 06 13 04 odpady zo spracovania azbestu, 10 13 09 odpady z výroby azbestocementu obsahujúce azbest, 16 02 12 vyradené zariadenia obsahujúce voľný azbest, 17 06 01 izolačné materiály obsahujúce azbest, 17 06 05 stavebné odpady obsahujúce azbest. Jednorazové pracovné pomôcky sa likvidujú spolu s odpadom. Kusový odpad sa zhromažďuje vo vyčlenených kontajneroch na bežných skládkach komunálneho odpadu [2]. Odstraňovanie azbestu alebo materiálov obsahujúcich azbest zo stavieb možno vykonávať len na základe oprávnenia vydaného Úradom verejného zdravotníctva SR Bratislava podľa

zákona NR SR č. 355/2007 Z.z. o ochrane, rozvoji a podpore verejného zdravia a o zmene a doplnení niektorých zákonov. Právnické osoby a fyzické osoby – podnikatelia, oprávnené na odstraňovanie azbestu zo stavieb sú podľa § 41 ods. 7 cit. zákona povinné pred začiatkom výkonu práce predložiť miestne príslušnému orgánu verejného zdravotníctva návrh na odstraňovanie azbestu zo stavieb na posúdenie a zdržať sa výkonu práce do času kladného posúdenia navrhovanej činnosti. Povinnosti pri ochrane zamestnancov pred rizikami súvisiacimi s expozíciou azbestu pri práci sú ustanovené v § 41 zákona č. 355/2007 Z.z. a v NV SR č. 253/2006 Z.z. o ochrane zamestnancov pred rizikami súvisiacimi s expozíciou azbestu pri práci. Na činnosti spojené s odstraňovaním azbestového materiálu vydá miestne príslušný regionálny úrad verejného zdravotníctva rozhodnutie, ktoré je spoplatnené kolkom v hodnote 500,0 Sk [3].

V 80. rokoch minulého storočia bol Eternit veľmi populárnym stavebným materiálom, ktorý ľudia používali nielen ako strešnú krytinu, ale ním obkladali aj rodinné domy. Pomerne veľa starších rodinných domov má u nás strešnú krytinu z azbestovo - cementových vlákien. Donedávna bol odpad zo striech (strešná krytina ETERNIT, vlnitá strešná krytina, obklady) bez problémov uložitelný na bežných skládkach, nakoľko vo vyhláske MŽP č. 284/2001 Z.z., ktorou sa ustanovuje Katalóg odpadov boli stavebné materiály obsahujúce azbest 17 06 05 zaradené do kategórie ostatný odpad „O“. Vyhláškou MŽP č. 409/2002 Z.z. bol spomínaný odpad 17 06 05 prekategORIZOVANÝ na nebezpečný odpad "N", z čoho vyplýva aj zmena postupu nakladania s ním. Pre každého, kto sa chce legálne zbaviť zdraviu škodlivej eternitovej strešnej krytiny, predstavuje toto odstránenie nemalé finančné prostriedky. Keďže eternit sa nedá odovzdať do zberných dvorov na rozdiel od niektorých iných nebezpečných odpadov, akými sú autobatérie či farby, majitelia domov si veľakrát krytinu svojpomocne odstraňujú a odvážajú na čierne skládky, čím tak nielenže ohrozujú vlastné zdravie, ale aj zdravie obyvateľov v danej lokalite a v neposlednom rade predstavujú vážne riziko pre životné prostredie.

Príkladom nakladania s azbestovým odpadom z rekonštrukcií je Česká republika, kde v súčasnosti stojí výkup eternitu 400 korún, ale v prípade, že azbestový odpad odváža špecializovaná firma pre súkromnú osobu, platí zaň ako za komunálny odpad. Na internetových stránkach však firmy zaoberajúce sa likvidáciou nebezpečných odpadov uvádzajú cenu za tonu eternitu od 4 do 8 tisíc korún s tým, že do toho veľakrát nie sú započítané nutné práce spojené s uzavretím celého priestoru, vysávaním špeciálnymi vysávačmi s filtrami, ktoré sú schopné zachytiť mikroskopické azbestové vlákna, ako aj kontrolné meranie realizované v celom priestore po sanácii.

4 ZÁVER

Na základe súčasných vedeckých dôkazov nie je možné definovať bezpečný limit pre vystavenie sa pôsobeniu azbestových vlákien. Rozvinutie malígnych ochorení spôsobených azbestom trvá 20 až 40 rokov. Keďže sa miera používania azbestu v Európe zvyšovala až do konca sedemdesiatych rokov, počet malígnych ochorení bude narastať, dokonca aj v tých krajinách, ktoré medzi prvými zakázali používať a dodávať azbest. V niektorých členských krajinách dosiahne ročný počet ochorení spôsobených vystavením účinku azbestových vlákien svoj vrchol približne až v roku 2030. Riziko rakoviny pľúc spojené s azbestom je medzi fajčiarmi vyššie ako medzi nefajčiarmi [4].

Pre nakladanie s odpadmi obsahujúcimi azbest je z hľadiska ochrany zdravia a životného prostredia nevyhnutné vždy vypracovať analýzu rizík, spracovať prevádzkový poriadok v súlade s platnými právnymi predpismi, prevádzať pravidelné zhodnotenie pracovného prostredia a v prípade potreby realizovať jeho monitoring. V súčasnom období ešte stále nie je dostatočne zabezpečený dohľad nad odstraňovaním stavebných odpadov s obsahom azbestu pred demoláciou a tiež nie je zaistená ani kontrola tohto odpadu pred jeho recykláciou [5]. Veľké riziko predstavuje nezákonné ukladanie azbestového stavebného odpadu vzniknutého pri rekonštrukciách bytov a domov na čierne skládky prevažne z ekonomických dôvodov, čo si následne vyžaduje úpravu súčasnej legislatívy pre jej lepšiu aplikáciu v praxi.

LITERATÚRA

- [1] www.safework.gov.sk
- [2] GÁLIKOVÁ, E.T., ŽIGOVÁ, A.: 2003. Súčasný pohľad na ochorenia z azbestu. *Bezpečná práca*, 2003, č. 2, s. 6 – 8.
- [3] www.slovanet.sk/ruvztt
- [4] www.ec.europa.eu
- [5] ZIMOVÁ, M., PODOLSKÁ, Z.: 2008. Zdravotné riziká odpadov obsahujúcich azbest. *Odpadové fórum*, 2008, č.3, s.12 – 15. ISSN 1212-7779.

Lektoroval: Ing. Zuzana Brodnianská

Časť riešenej problematiky príspevku je súčasťou grantovej úlohy KEGA 3/6431/08 „Stanovenie charakteristík kvantifikácie emisií a indikátorov kvality ovzdušia v podmienkach európskej legislatívy“.

Kontaktná adresa:

Ing. Andrea Neupauerová, PhD., Katedra environmentálnej techniky, Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky, Technická univerzita vo Zvolene, Študentská 26, 960 53 Zvolen, Slovakia

doc. Ing. Jozef Černecký, CSc., Katedra environmentálnej techniky, Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky, Technická univerzita vo Zvolene, Študentská 26, 960 53 Zvolen, Slovakia



EXPERIMENTÁLNY MODEL LAMELOVÉHO ODLUČOVAČA PRE ZVÝŠENIE SEPARAČNEJ ÚČINNOSTI

EXPERIMENTAL MODEL OF THE LAMELLA SEPARATOR FOR INCREASING THE SEPARATIVE EFFICIENCY

Sláva PARNIČANOVÁ

ABSTRACT: This article describes present information about the separative technology in the area of the lamella separators for waste waters. The article includes the basic summary and review of the lamella separator systems used for waste water purification. At the same time there is presented the model the of experimental device of the lamella separator as device for increasing the separative efficiency of similar systems with possibility in the water environment.

Key words: lamella separator, waste water , separating technology

ABSTRAKT: Článok prezentuje experimentálne výsledky na experimentálnom zariadení lamelového odlučovača a zároveň uvádza všeobecné poznatky z odlučovacej techniky v zameraní sa na oblasť lamelových odlučovačov pre odpadové vody. Zahŕňa stručný prehľad a popis systémov lamelových odlučovačov využívaných v separačných procesoch čistenia odpadových vôd. Zároveň predstavuje model experimentálneho zariadenia lamelového odlučovača ako zariadenia na zvýšenie separačnej účinnosti podobných zariadení s následným využitím v odpadovom hospodárstve.

Kľúčové slová: lamelový odlučovač, odpadová voda, odlučovacia technika

1 ÚVOD

Voda je základom života. Dnes je na svete len veľmi málo regiónov, ktoré zatiaľ nemajú problémy s úbytkom potenciálnych zásob vody, zhoršovaním jej kvality a so znečisťovaním povrchových aj podzemných zásob vôd. Preto k hlavným cieľom patrí zabezpečenie dostatočného množstva vody dobrej kvality pre všetkých obyvateľov tejto planéty, pri zachovaní hydrologických, biologických a chemických funkcií ekosystémov, pri prispôbení ľudských činností kapacitným možnostiam prírody a neustálom boji proti chorobám, ktorých výskyt sa viaže na vodu. Hlavné problémy, ktoré ovplyvňujú kvalitu vody v riekach a jazerách, vznikajú v dôsledku nedostatočného čistenia odpadových vôd z domácností, nedôslednou kontrolou vypúšťania priemyselných odpadových vôd, narušením niektorých areálov v povodiach, nevhodným vysádzaním priemyselných rastlín, odlesňovaním a využívaním nevhodných poľnohospodárskych postupov.

Na zabezpečenie ochrany pred znečisťovaním vodných zdrojov a na ich efektívne využívanie je potrebné zavedenie dostupných technológií, vrátane nových progresívnych technológií a zlepšenia tradičných technológií.

2 VŠEOBECNÉ POZNATKY

Na odlučovanie pevných látok z tekutín rozličnej hustoty sa používajú separačné systémy konvenčnej konštrukcie vytvorené z pozdĺžnej čistiacej nádrže alebo okrúhlejšej

čistiacej nádrže. V týchto zariadeniach sa selektujú látky pri menších prietokových rýchlostiach klesaním alebo flotáciou.

Procesné parametre pre odlučovací systém:

- koncentrácia pevných látok,
- veľkosť vločiek, pevných čiastočiek,
- povrchové napätie,
- teplota,
- hustota látky,
- pH – hodnota,
- typ a množstvo flokulačného prostriedku,
- typ a množstvo pomocného flokulačného prostriedku,

musia byť optimálne pre zvolené pevné látky a taktiež aj pre tekutinu. Na základe procesných parametrov sa volí optimálny odlučovací systém.

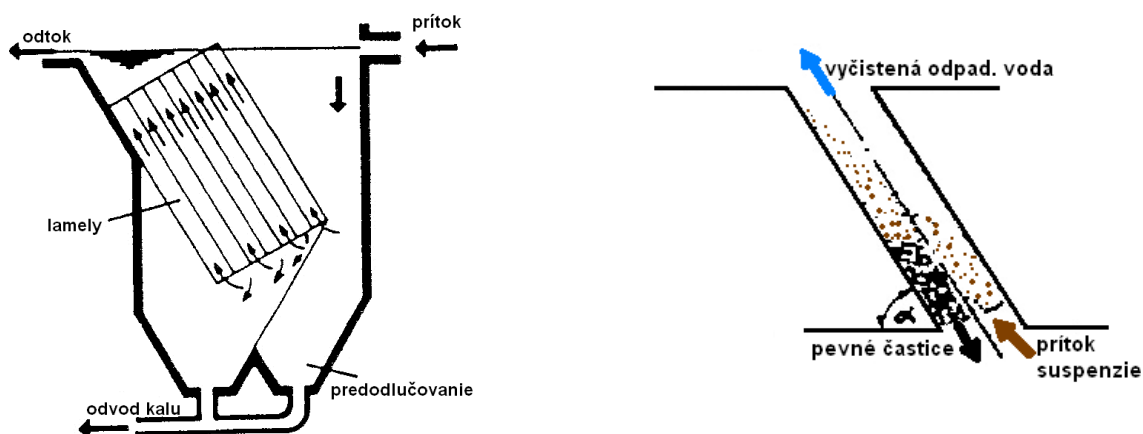
2.1 Systémy lamelových odlučovačov

Lamelový odlučovač sa skladá z paralelne usporiadaných zväzkov lamiel uložených v pozdĺžnych alebo v okrúhlych nádržiach. Hlavný smer pohybu suspenzie je paralelne na lamelu zdola smerom nahor. Od uhla sklonu platne podstatne závisí odlučivosť suspenzie (Schmidt-Bregas, 1958). V praxi sa využívajú štyri systémy lamelových odlučovačov pre čistenie odpadových vôd, a to na princípe:

- supružného pohybu kvapaliny,
- protiprúdneho pohybu kvapaliny,
- šikmého pohybu kvapaliny,
- krížového pohybu kvapaliny.

2.1.1 Spôsob činnosti protiprúdneho systému lamelového odlučovača

Pri protiprúdnom systéme (obr. 1) je suspenzia privádzaná na zväzok lamiel zdola. Odtok vyčistenej vody je orientovaný oproti vtoku suspenzie, na opačnej strane zariadenia. Procesy čistenia kalu sú obmedzované prietokovým otvorom. V tomto systéme sú možné väčšie kolísania záťaže bez toho, že by sa vyskytlo zanesenie.



Obr.1 Protiprúdny systém lamelového odlučovača

3 EXPERIMENTÁLNE ZARIADENIE A METODIKA MERANIA

Model experimentálneho zariadenia je vyrobený z plexiskla hrúbky $h = 5$ mm. Prívod vodnej suspenzie do nátokového priestoru modelu je zabezpečený prírodným potrubím $\phi = 40$ mm. Nátokový priestor a priestor na odlučovanie je oddelený posuvnou zarážkou hrúbky $h = 3$ mm a nastaviteľnej dĺžky. Lamelová konštrukcia je upevnená na otočnom kĺbe, je zhotovená z plexiskla hrúbky $h = 3$ mm. Efektívna plocha odlučovacích lamiel má obsah $47,94 \text{ cm}^2$. Rozostup medzi lamelami je $a = 39$ mm. Odlučovaný kal spadá do kalového priestoru, z ktorého je odvádzaný odpadovým potrubím. Vyčistená voda je odvádzaná odtokovým potrubím. Konštrukcia modelu (Parničanová, 2005).

Experiment bol vykonaný s použitím suspenzie namiešanej v pomere 120 g kriedového prášku na 1 l vody. Suspenzia pretekala lamelami nastavenými pod uhlami sklonu: 56° , 58° , 60° , 62° a 64° , pri konštantnej rýchlosti $v = 0,01376 \text{ m.s}^{-1}$, čo predstavuje objemový prietok $0,66 \text{ l/min}$. Pri jednotlivých sklonoch lamiel, pri stálej rýchlosti suspenzia prúdila cez systém lamiel a zachytávala sa do kalibrovaných odmerných nádob. V týchto nádobách došlo k usadeniu neodseparovanej suspenzie po dobu 24 hodín. Po uplynutí časového intervalu sa odčítala hladina usadenej suspenzie. Koncové namerané hodnoty sa porovnávali s koncovou hodnotou referenčnej vzorky, ktorá bola získaná z prvotnej suspenzie pred vstupom do odlučovacieho systému.

4 VÝSLEDKY A DISKUSIA

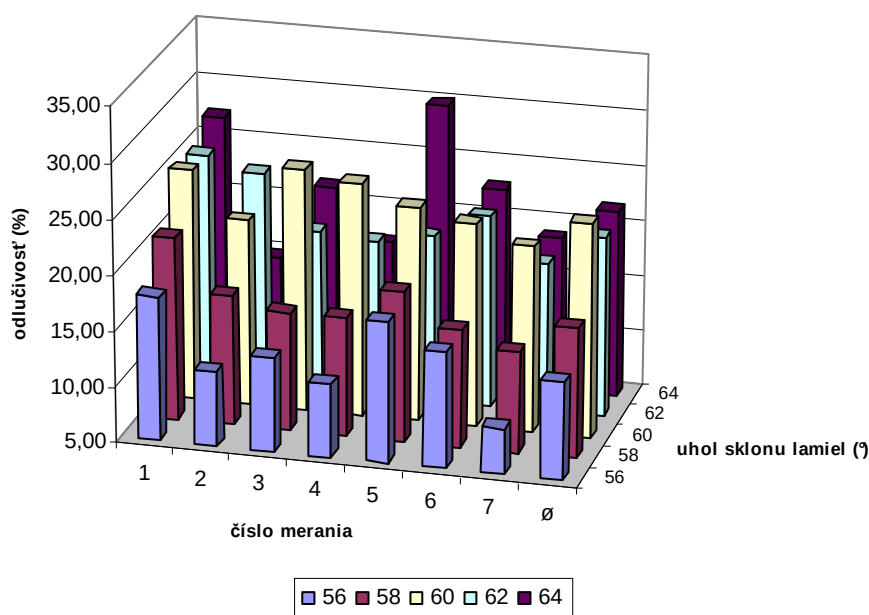
Referenčná vzorka predstavovala 100 % podiel neodlúčenej suspenzie.

Tabuľka 1 udáva koncové percentuálne hodnoty pri jednotlivých sklonoch lamiel.

Tabuľka 1 Namerané hodnoty v percentuálnom vyjadrení

	sklon	56°	58°	60°	62°	64°
	hodnota	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Číslo merania	1	17,93	15,66	25,76	25,51	27,27
	2	11,62	16,67	21,72	24,24	14,90
	3	13,38	15,66	26,77	19,44	21,72
	4	11,62	15,66	26,01	18,94	17,17
	5	17,68	18,43	24,24	19,95	30,05
	6	15,40	15,66	23,23	22,22	22,98
	7	9,09	14,14	21,72	18,43	18,94

Odlučivosť pri jednotlivých sklonoch lamiel



Obr. 2 Graf odlučivosti zariadenia pri jednotlivých sklonoch lamiel

Obrázok 2 prehľadne znázorňuje percentuálnu odlučivosť zariadenia pri jednotlivých sklonoch zväzku lamiel pri jednotlivých meraniach.

V tabuľke 2 je uvedená priemerná odlučivosť pri jednotlivých sklonoch lamiel zariadenia.

Tabuľka 2 Výsledná priemerná odlučivosť

Uhol sklonu lamiel (°)	Priemerná odlučivosť (%)
56	13,82
58	16,81
60	24,21
62	21,25
64	21,86

Výsledné hodnoty dokazujú, že najvyššia percentuálna odlučivosť zariadenia sa dosiahne pri nastavení uhla sklonu lamiel 60°. Pri zmene sklonu uhla lamiel do oboch smerov sa odlučivosť zariadenia znižuje.

5 ZÁVER

Vodné zdroje sú nevyhnutnou súčasťou ekonomického, sociálneho a kultúrneho rozvoja ľudskej spoločnosti. Nepriaznivé zásahy človeka do prírodných procesov sa prejavujú aj v hydrosfére. Prinášajú so sebou prudký rast spotreby vody a znečisťovanie vodstva.

Je nevyhnutné neustále zdokonaľovať čistenie odpadových vôd pred ich vypustením do recipientov. Tiež je potrebné neustále vyvíjať a modernizovať technológie, ktoré prispievajú k čisteniu odpadových vôd.

Na základe meraní bolo zistené, že najefektívnejšia odlučivosť pri daných okrajových podmienkach sa dosahuje pri uhle sklonu lamiel 60°.

LITERATÚRA

- [1] SCHMIDT-BREGAS, F. (1958): Über die Ausbildung von rechteckigen Absetzbecken für häusliche Abwasser. Veröffentlichungen des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft der TU Hannover, Heft 3.
- [2] PARNIČANOVÁ, S. (2005): Vizualizácia prúdenia heterogénnych zmesí pozdĺž zakrivenej steny. Písomná práca k dizertačnej skúške, TU Zvolen, 39 s.
- [3] PARNIČANOVÁ, S., ČERNECKÝ, J.: Model lamelového odlučovača ako prostriedok na zvýšenie efektívnosti odlučovania. Technika odpadového hospodárstva – medzinárodný seminár vo Zvolene 2007, s.76 – 81, ISBN 978-80-228-1782-0.

Lektoroval: Ing. Andrea Neupauerová, PhD.

Kontaktná adresa:

Ing. S. Parničanová, Katedra drevárskych strojov a zariadení, Fakulta environmentálnej a výrobnéj techniky, Technická univerzita vo Zvolene, Masarykova 24, 960 53 Zvolen



STANOVENIE VÝHREVNOSTI ODPADU AKO PALIVA

WASTE LIKE A FUEL – SETTING OF ITS HEATING VALUE

Ján PLÁŠEK

ABSTRAKT: Tuhý odpad ako hmota už nevyužiteľná vo výrobnej technológii je výhodným druhom tuhého paliva. Príspevok zhrňuje podklady pre stanovenie výhrevnosti k výberu konštrukcie kúreniska pre spaľovanie.

Kľúčové slová : zloženie paliva, spaľovanie, vlhkosť

ABSTRACT: Waste which is nonutilisable in manufacturing technology is useful kind of solid fuel. This report summarizes documentation for heating value settings to choice of fire place construction.

Key words: fuel composition, combustion, humidity

1 ÚVOD

Konštrukcie a tvary kúrenísk sú riešené podľa druhu a tvaru paliva. Takýmito konštrukciami i pre tekuté odpady a kaly všeobecne sú roštové, rotačné, práškové, cyklónové, fluidné, pyrolytické a splyňovacie.

2 ZÁKLADNÉ UKAZOVATELE

Hodnotenie spaľovania paliva je vykonateľné priamou, alebo nepriamou metódou. Priama metóda je najpresnejšia, vyžaduje meranie všetkých veličín ovplyvňujúcich proces. Vychádza z definície účinnosti generátora s využitím rovnice

$$\eta = \frac{Q_{ODV}}{Q_{PRIV}} \cdot 100 = \frac{m_p \cdot (h_1 - h_2)}{Q \cdot m_{SP}} \cdot 100 \quad [\%], \quad (1)$$

kde je Q_{ODV} [W] teplo odvedené z generátora,

Q_{PRIV} [W] teplo privedené do generátora palivom a vzduchom,

Q [kJ.kg⁻¹] výhrevnosť spaľovaného paliva,

m_p [kg.s⁻¹] hmotnostný tok ohriatej tekutiny z tepelného generátora,

m_{SP} [kg.s⁻¹] hmotnosť spáleného paliva,

h_2 [kJ.kg⁻¹] entalpia privádzanej tekutiny do generátora,

h_1 [kJ.kg⁻¹] entalpia ohriatej tekutiny na výstupe z generátora.

Nepriama metóda vychádza z definovania dielčích strát. Matematická formulácia týchto strát umožňuje sústrediť pozornosť na jednotlivé vplyvy, ktoré sú konštrukciami riešené.

Pri hodnotení využívame rovnice, ktorých nezávisle premennou je výhrevnosť Q . Dielčie straty sú :

- **Strata citelným teplom S_K**

$$S_K = K \frac{t_S - t_V}{CO_2 + CO} \quad [\%], \quad (2)$$

kde je K [1] konštanta závislá podľa obsahu CO_2 v suchých spalinách a vlhkosti paliva,

t_S [°C] teplota spalín,

t_V [°C] teplota spaľovacieho vzduchu,

CO_2 [%] obsah CO_2 v suchých spalinách,

CO [%] obsah CO v suchých palivách.

Tabuľky pre určenie konštanty K preukazujú jej rast pri rastúcej vlhkosti, teda aj rast straty.

- **Strata vedením do okolia S_{SV}'**

$$S_{SV}' = \frac{F \cdot (t_p - t_v) \alpha}{U \cdot Q} \cdot 100 \quad [\%], \quad (3)$$

kde je F [m²] plošný obsah povrchu plášťa generátora,

t_p [°C] teplota povrchu telesa generátora,

t_v [°C] teplota vzduchu v okolí generátora,

α [kJ.h⁻¹.m⁻².K⁻¹] súčiniteľ prestupu tepla prúdením,

U [kg.h⁻¹] hmotnosť spáleného paliva.

Samotné zloženie horľaviny tuhej zmesy dáva možnosť určenia výhrevnosti podľa [3].

$$Q = 34 \cdot 10^3 \cdot C + 126 \cdot 10^3 \cdot H + 11 \cdot 10^3 \cdot S - 11 \cdot 10^3 \cdot O - 2500W \quad [\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}] \quad (4)$$

Kde C , H , S , O a W sú hmotnostné podiely horľavých prvkov a vody v palive.

Pre výhrevnosť vlhkého paliva je možné využiť rovnicu

$$Q = \frac{Q_s - 212w}{1+w} \quad [\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}], \quad (5)$$

kde okrem už uvedeného je w [1] podiel hmotnosti vody v palive,

Q_s [kJ.kg⁻¹] výhrevnosť horľaviny v palive.

Z meraní podľa [1] s využitím postupu podľa [3] je podstatné poznanie výhrevnosti a hustoty nasledovných suchých drevín.

Tabuľka 1 Výhrevnosť niektorých drevín

Surovina bez vody	výhrevnosť	hustota
	Q_s	ρ
	[kJ.kg ⁻¹]	[kg.m ⁻³]
smrek	19 134	393
jedľa	18 911	358
buk	17 485	732
dub	17 495	655

Ak pre výpočet podľa rovnice (5) berieme odpad, musíme rešpektovať technológiu, z ktorej vystupuje. U dreva je po plastifikácii nižšia hodnota výhrevnosti Q_s a vyššia hodnota vody v zmesi.

Pre palivá uvedené v tabuľke 1 bol vykonaný výpočet podľa funkcie (5) pre praktické použitie z neho časť výsledkov uvádzam v tabuľke 2.

Tabuľka 2 Výhrevnosť niekoľkých drevín podľa podielu vody v palive

podiel vody	Jedľa	smrek	dub	buk
$\frac{m_w}{m_p}$	Q			
[1]				
	[kJ.kg ⁻¹]			
0	18911	19134	17495	17485
0,2	15341	15526	14161	14152
0,4	12790	12949	11779	11772
0,6	10877	11017	10237	9926
0,8	9390	9514	8603	8597
1	8200	9311	7491	7486
1,2	7340	7327	6582	6577

Poznámka: m_p [kg] hmotnosť suchého materiálu v palive,
 m_w [kg] hmotnosť vody v palive.

- **Strata nespálenou horľavinou v tuhých zbytkoch S_{ξ}**

$$S_{\xi} = \frac{H \cdot 32657 \cdot A \cdot x_{\xi}}{Q \cdot (100 - H)} \quad [\%], \quad (6)$$

kde je A [%] obsah popola v palive,
 H [%] obsah horľaviny v tuhých zbytkoch,
 x_{ξ} [1] podiel tuhých zbytkov.

V rovnici (9) je v čitateli číselne vyjadrená dolná výhrevnosť uhlíka

- **Strata teplom tuhých zbytkov $S_{t\check{s}}$**

$$S_{t\check{s}} = x_s \cdot c_{\check{s}} \frac{t_{\check{s}} - t_{PA}}{U \cdot Q} 100 \quad [\%], \quad (7)$$

kde je $c_{\check{s}}$ [kJ.kg⁻¹.K⁻¹] merné teplo tuhých zbytkov (doporučuje sa počítať 0,84),
 $t_{\check{s}}$ [°C] teplota tuhých zbytkov,
 t_{PA} [°C] teplota paliva.

Podstatným závažným znakom dreva je nízky obsah popolovín, otázka tuhých zbytkov v energetickej bilancii je nevýrazná, strata $S_{t\check{s}}$ je nízka. Nízka je aj hodnota straty S_s , avšak pri spaľovaní drevného odpadu na pevných a posuvných roštoch vykazuje popol vysoký obsah nespáleného uhlíka.

2.1 Zrinitosť

Odpad z výroby aglomerovaných produktov obsahuje aj časť vytvrdnutých prídavných prímiesí, ktoré najmä v prachovom stave majú vysokú výhrevnosť a neobsahujú vodu.

Zloženie paliva umožňuje použitie roštu, potom voľná plocha musí byť konštrukciou riešená k možnosti prívodu vzduchu. Nadbytok vzduchu α môžeme určiť podľa rovnice

$$\alpha = 1 + \left(\frac{CO_{2teor.}}{CO_2} - 1 \right) \frac{S_{St}}{V_{Zt}} \quad [1]. \quad (8)$$

Kde je CO_{2teor} [%] teoretický obsah CO₂ v suchých spalinách,
 CO_2 [%] skutočný obsah CO₂ v suchých spalinách,
 S_{St} [m³.kg⁻¹] teoretický objem suchých spalín na jednotku paliva,
 V_{Zt} [m³.kg⁻¹] teoretický objem vzduchu na jednotku paliva.

Hodnota prebytku vzduchu klesá, ak rozmer spaľovaných častíc má čo najmenší merný povrch a_s vyjadrený nasledovnou rovnicou

$$a_s = \frac{s}{v} = \frac{6(1-\varepsilon)}{d} \quad [m^{-1}]. \quad (9)$$

Kde je s [m²] povrch častice spaľovaného paliva,
 v [m³] objem častice spaľovaného paliva,
 ε [1] medzerovitosť vrstvy paliva,
 d [m] stredná ekvivalentná hodnota priemeru častice.

Rovnicami (8) a (9) je pre tuhé palivo daná podmienka pre voľnú plochu roštu na zabezpečenie prívodu vzduchu. Znižovanie rozmeru zrna paliva, teda spaľovanie jemnejších frakcií umožňuje znižovanie nadbytku vzduchu. Zrinitosť paliva teda podstatne ovplyvňuje voľbu roštu a kúreniska. Ak zrinitosť paliva neumožňuje použitie roštu, pretože

cez voľnú plochu roštovú dochádza k jeho prepadu pod rošt, výhodnejšie je kúrenisko práškové, alebo fluidné. Ak palivom je surovina z drevárskej výroby, hľadisko zrnitosti je podstatným ukazovateľom efektívnosti voľby kúreniska, pretože dezintegrácia je riešiteľná iba úpravou paliva pri rešpektovaní jej energetickej náročnosti.

2.2 Zloženie

Zloženie paliva má vplyv na výhrevnosť. V hodnotiacich rovniciach ktoré tu uvádzam je účinnosť generátora funkciou výhrevnosti. Výhrevnosť je závislá nielen na chemickom zložení horľaviny, ktorá je nižšia oproti spalnému teplu o kondenzačné teplo častí spalín H_2O , ale aj o vlhkosť obsiahnutú v palive, ktorá je pri spaľovaní odstraňovaná vyparovaním.

3 KÚRENISKÁ

Druhy konštrukcie kúrenísk uvedené v úvode tohto príspevku predstavujú niekoľko základných typov. Palivová základňa dáva jednoznačné určujúce podmienky pre riešenie. Konštrukčným prvkom spaľovacieho zariadenia tuhej hrubozrnej dendromasy je rošt. Pri zrnitosti paliva do 5 mm je vhodný cyklón v spojení s dohorievacím roštom, ktorá plní aj funkciu mostíka. Pri prevládání prachových a jemných štruktúr paliva je nutné poznať ich vybrané vlastnosti.

Pri skúmaní vlastností častíc bol vykonaný rozbor odobraných vzoriek z technológie mechanického obrábania dreva. Technológiou bolo delenie pozdĺžnym a priečnym pílením obrábacím nástrojom.

Ďalším konštrukčným typom je fluidné kúrenisko. Pri takomto spaľovaní je podmienkou udržiavania fluidnej vrstvy rýchlosť spaľovacieho vzduchu v hraniciach medzi stavom na prahu fluidizácie a bublinkovou fluidizáciou. Rovnovážna rovnica fluidnej vrstvy je

$$(1 - \varepsilon)(\rho_M - \rho_g)g \cdot h = \xi \frac{w_o^2}{2} \rho_g \frac{a_s \cdot h}{\varepsilon^2}. \quad (10)$$

Kde je ρ_M [kg.m⁻³] hustota častíc,
 ρ_g [kg.m⁻³] hustota fluidizačného plynu, v našom prípade spaľovacieho vzduchu,
 h [m] výška nehybnej vrstvy fluidizačného plynu,
 ξ [1] koeficient odporu,
 w_o [m.s⁻¹] mimovrstvová rýchlosť.

Táto rovnica pri spaľovaní dendromasy dáva obraz o stave zrnitého materiálu. Pri horení hustota ρ_M klesá, až po stav popola hustoty blízkej k hodnote ρ_g , teda vzduchu. Pri takomto spaľovaní bude veľký úlet paliva. Fluidné kúrenisko sa pre spaľovanie dendromasy nehodí, pretože sa hrozí stav bublinkovej fluidizácie s prechodom na úlet.

Zo známych konštrukcií je teda výber typu kúreniska nutné vykonať podľa komplexu výrobného technologického zariadenia a rozborou druhu a výskytu odpadu.

ZÁVER

Pri rešpektovaní vplyvu energetickej náročnosti na sušenie paliva, jeho dezintegráciu, zhutňovanie a briketovanie pri riešení zásobovania teplom samotnej technológie je možné z uvedených kúrenísk vybrať vhodný typ. Univerzálne riešenie je zložité. Vysušovanie paliva je realizovateľné v kúrenisku teplom žiarovej klemby, čo síce znižuje účinnosť spaľovania, ale vylučuje navyše spotrebu energie pre sušenie. Zaradenie dávkovania jemnej suchej frakcie dendromasy do technologického procesu výroby za horák sušiarne triesok umožňuje zníženie spotreby primárneho paliva. Zaradenie dávkovania paliva cez horák do dohorievacích komôr roštovej alebo kývavej pece jednak znižuje spotrebu primárneho paliva a formou úpravy sekundárneho a terciálneho prívodu spaľovacieho vzduchu zabezpečuje zníženie rýchlosti stúpania teploty plameňa a tým aj zníženie tvorby NO_x v spalínach. Spaľovanie v uvedenej forme umožňuje v dopravných pneumatických trasách jej separovanie na frakcie do 2 mm pre horák v spaľovacej komore a pre frakcie do 4 mm pre horák v dohorievacej komore a zároveň sú znižované nároky na odstraňovanie tuhých zbytkov po horení, pretože popolovín obsahuje drevo max. 5% a tieto je možné jednoducho separovať osvedčenými metódami zo spalín. Tým sa zaručuje aj dokonalé dohorenie tuhých zbytkov – viď rovnicu (6).

LITERATÚRA

- [1] Longauer, J., Lupták, O., Koska, P.: Spalné teplo a výhrevnosť drevného odpadu. In. *Vedecké a pedagogické aktuality 1987/5 VŠLD Zvolen*. str.61.
- [2] Plášek, J.: *Manažment v energetike*. TU Zvolen skriptá 2006 ISBN 80-228-1559-4
- [3] Setnička, F.: *Energetika a tepelná technika pre drevárskych inžinierov*. In. ALFA Bratislava, SNTL Praha 1981 str. 432
- [4] Strmiska F.: *Možnosti energetického využitia biomasy*. In. Zborník prednášok seminára ENERGETICKÉ VYUŽITÍ BIOMASY V ČR A SR Brno 21.3.2001 str. 05 až 11.

Lektoroval: doc. Ing. Jozef Černecký, CSc.

Časť riešenej problematiky príspevku je súčasťou grantovej úlohy KEGA 3/6431/08 „Stanovenie charakteristík kvantifikácie emisií a indikátorov kvality ovzdušia v podmienkach európskej legislatívy“.

Kontaktná adresa:

doc. Ing. Ján Plášek, CSc. Katedra environmentálnej techniky, Fakulta environmentálnej a výrobnéj techniky, Technická univerzita vo Zvolene, Študentská 26, Zvolen.
e-mail: plasek @ vsld.tuzvo.sk



ZHODNOCOVANIE PRIEMYSELNÝCH ODPADOV PRE PRÍPRAVU EKOPROGRESÍVNÝCH MATERIÁLOV

APPRECIATION OF INDUSTRIAL WASTES FOR PREPARATION OF ECOPROGRESSIVE MATERIALS

Eva RUŽINSKÁ

ABSTRACT: The article deals with the problem of effective utilization wastes of kraft black liquor from pulp and paper industry which are possible apply in various modification treatment as reciprocal replacement of polycondensative adhesives for preparation of wood based composite materials. Prepared adhesives were applied for preparation of ecoprogressive wood based composite materials with better hygienical properties and for lower cost for their production.

Key words: utilization of wastes, ecoprogressive wooden composites

ABSTRAKT: Príspevok sa zaoberá problematikou efektívneho využitia odpadových sulfátových výluhov z celulózo-papierenského priemyslu, ktoré je možné aplikovať po rôznych modifikačných úpravách ako recipročnú náhradu polykondenzačných adhezív pri príprave kompozitných drevných materiálov. Takto variované adhezíva boli aplikované pri príprave ekoprogresívnejších kompozitných drevných materiálov so zlepšenými hygienickými vlastnosťami a pri nižších nákladoch na ich prípravu.

Kľúčové slová: zhodnocovanie odpadov, ekoprogresívne drevné kompozity

ÚVOD

Problematika životného prostredia je úzko previazaná s činnosťou človeka, najmä však s priemyselnou výrobou. Odpady vznikajú prakticky pri každej ľudskej činnosti ako vo výrobnej, tak aj v spotrebiteľskej sfére. Po spotrebovaní úžitkových hodnôt sa stávajú odpadom aj samotné výrobky. Nárast odpadov má výrazne negatívny vplyv na životné prostredie, teda nakladanie a hospodárenie s odpadmi má prioritné postavenie pri riešení ekologických problémov.

V súčasnosti nadobúda čoraz väčší význam využívanie odpadov ako druhotných surovín a energie. Prehodnocujú sa postoje pre využívanie v minulosti „nezužiteľných“ zložiek odpadov ako vhodnej alternatívy pre získanie surovín, resp. ako doplnkový zdroj energie.

S uvedenou problematikou úzko súvisí aj zavádzanie efektívneho spôsobu nakladania s priemyselným i komunálnym odpadom, pričom sa uprednostňujú systematické opatrenia už pri jeho vzniku, s cieľom minimalizovať, recyklovať a zhodnocovať vznikajúce odpady.

Pri sulfátovom spôsobe prípravy buničiny, ako navýznamnejšieho vyrábaného produktu celulózo-papierenského priemyslu, dochádza v dôsledku prebiehajúcich delignifikačných procesov k tvorbe množstva odpadových produktov, napr. čiernych sulfátových výluhov. Organické zložky sulfátových výluhov sa zužujú v „regeneračnom“ procese, čiže sa spaľujú, poskytujú tak tepelnú energiu a uhlík, ktorý slúži na redukciu síranu sodného na sulfid, ako jednu zo zložiek varného roztoku. Takého zhodnocovanie

vzniknutých odpadov neprináša riešenie environmentálne akceptovateľných spôsobov zhodnocovania odpadových produktov.

Nové spôsoby spracovania sulfátových výluhov sa orientujú len na využitie niektorých zložiek výluhov alebo na výrobu produktov vysokej ceny, napr. ako deriváty sulfátových lignínov, ktoré môžu byť aplikované pri príprave drevných kompozitných materiálov ako adhezíva ekonomické, ale najmä „ekoprogresívne“.

V dôsledku snahy o zlepšenie životného prostredia, avšak pri zachovaní požadovaných kvalitatívnych charakteristík, smeruje globálny vývoj v oblasti drevných materiálov (ako suroviny 21. storočia) k vývoju nových, alebo účelnej úprave existujúcich technológií so zameraním na zníženie emisie formaldehydu a ďalších toxických komponentov, ktoré obsahujú polykondenzačné adhezíva, aplikované pri príprave kompozitných drevných materiálov (aglomerovaných, preglejovaných).

Naznačená problematika znamená recipročnú náhradu toxických zložiek v súčasnosti vyrábaných polykondenzačných adhezív (najmä fenolformaldehydových - PF), napr. sulfátovými výluhmi, ktoré je možné izolovať ako sekundárnu surovinu z celulózovo-papierenského priemyslu pri výrobe sulfátovej buničiny.

Základným princípom aplikácie sulfátových výluhov do fenolformaldehydových adhezív je ich schopnosť v alkalickom prostredí primárne vytvárať hydroxymetylované štruktúry účinkom formaldehydu v zmysle LEDERER-MANASSOVEJ reakcie.

Reaktivita lignínov k formaldehydu je jedným zo základných ukazovateľov ich vhodnosti pre použitie vo fenolformaldehydových lepidlách. V závislosti od chemického spracovania a východiskovej suroviny sa sulfátové ligníny, izolované zo sulfátových výluhov, líšia navzájom predovšetkým v zastúpení funkčných skupín a v rozpustnosti, pri súčasnej vysokej variabilite a heterogenite štruktúr.

Sulfátové výluhy sa však vyznačujú relatívne nízkou reaktivitou k formaldehydu, čím nedochádza k ich požadovanému zabudovaniu do polymérnej matrice zmesného lignín-fenolformaldehydového polykondenzátu. Z uvedeného dôvodu je potrebné upraviť reaktivitu pôvodných sulfátových výluhov modifikačnými reakciami:

- **metyloláciou a hydroxymetyláciou** – do štruktúry sulfátového výluhu, resp. lignínu sa zavádzajú metylolové skupiny reakciou s formaldehydom,
- **demetyláciou** – pôsobením demetylačných činidiel dochádza k odtrhnutiu metoxylových skupín a tvoria sa reaktívnejšie katecholové zoskupenia.

Príspevok sa zaoberá prípravou nových variantov adhezív s aplikáciou modifikovaných sulfátových výluhov a z nich izolovaných sulfátových lignínov, ktoré je možné po modifikačnej úprave aplikovať do polykondenzačných adhezív, s cieľom recipročne nahradiť časť pôvodného fenolformaldehydového lepidla. Takto variované adhezíva boli aplikované pri príprave ekoprogresívnejších kompozitných drevných materiálov so zlepšenými hygienickými vlastnosťami a pri nižších nákladoch na ich prípravu. Naznačený postup modifikácie odpadových sulfátových výluhov predstavuje jednu z nových environmentálne akceptovateľných postupov účelného využitia zložiek priemyselných odpadov.

EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Metylolácia sulfátového výluhu bola experimentálne vykonaná podľa DOLENKA a CLARKA. Druhý variant predstavoval modifikačnú úpravu spomenutých autorov, ale rozšírenú o **acidifikáciu** už pripraveného metylovaného sulfátového výluhu. Ďalšou alternatívou bola príprava adhezíva v kombinácii s proporcionálnou náhradou fenolformaldehydového lepidla (PF) **demetylovaným** lignínom, izolovaným zo sulfátového výluhu, následne modifikovaného podľa XINNANA a OLIVARESA. Poslednou modifikačnou úpravou sulfátového lignínu bola **hydroxymetylácia**, syntetizovaná podľa SHIMATANIHO. Pre komparáciu boli pripravené aj lepidlové zmesi s pôvodným nemodifikovaným sulfátovým výluhom.

Variované lepidlové zmesi predstavovali pri jednotlivých variantoch recipročnú náhradu PF živíc postupne 10, 20, 30, 40, 50 a 60 % hmotnostných (hm.). Pri všetkých pripravených variantoch boli sledované vybrané kvalitatívne charakteristiky – z mechanických vlastností: pevnosť preglejok v ohybe, pevnosť preglejok v šmyku za sucha a po teste EW-100, z hygienických vlastností bol sledovaný obsah voľného formaldehydu vo variovaných lepidlových zmesiach.

Následne z uvedených adhezív boli laboratórne pripravené trojvrstvové bukové preglejky. Vytvrdzovanie pripravených lepidlových zmesí, s uvedenými modifikačnými produktmi, bolo vykonané za rovnakých podmienok ako pri referenčnej vzorke – preglejovanej doske pojenej len so samotným fenolformaldehydovým lepidlom (pri teplote 150 °C, špecifický tlak 1,8 MPa, lisovací čas 4,5 min, vlhkosť dýh 6,58 %).

Po 14 dňovej klimatizácii boli pripravené preglejované dosky hodnotené vybranými kvalitatívnymi charakteristikami, ktoré sa požadujú pri štandarne produkovaných preglejkách.

Matematicko-štatistickým vyhodnotením (analýzou rozptylu a LSD testom) **pevností preglejok v ohybe** (podľa STN EN 322) sa preukázalo dosiahnutie porovnateľných mechanických vlastností pre varianty preglejok s aplikáciou modifikovaných sulfátových výluhov: *metylovaným a acidifikovaným*, v porovnaní s preglejkami pojenými len samotným fenolformaldehydovým lepidlom, a to po 60 % maximálnu proporcionálnu náhradu PF lepidla sulfátovými výluhmi i sulfátovými lignínmi. Preglejky pripravené s demetylovaným lignínom už pri 10 % proporcionálnej náhrade preukázali kvalitatívny pokles ohybových charakteristík. Takmer porovnateľné ohybové charakteristiky, v komparácii s referenčnou vzorkou boli indikované pri preglejkách pripravených s pôvodnými nemodifikovanými sulfátovými výluhmi, ale len pri recipročnej náhrade 50 a 60 % hm. Vyhodnotený výsledky ohybových pevností pripravených preglejok sú uvedené na Obr. 2 A, B.

Pri hodnotení **pevností v šmyku za sucha** (podľa STN EN 314-1) bolo pozorované, že s rastúcou proporcionálnou náhradou PF lepidla modifikovanými sulfátovými výluhmi dochádza ku miernemu kvalitatívnemu poklesu sledovanej vlastnosti. Pri porovnaní získaných a vyhodnotených výsledkov vyplynulo, že porovnateľné šmykové pevnosti za sucha preukázali varianty s aplikáciou pôvodného sulfátového výluhu (A), ďalej acidifikovaného metylovaného sulfátového výluhu (C), hydroxymetylovaného lignínu (D) a demetylovaného lignínu (E), kde je možná recipročná náhrada pôvodného PF lepidla do 20 % hm. V prípade metylovaného sulfátového výluhu (B) sa doporučuje len 10 % hm. proporcionálnej náhrady PF lepidla pri dosiahnutí porovnateľných vlastností ako referenčná vzorka.

Najdôležitejším kritériom hodnotenia akosti lepenia je analýza **pevností v šmyku po expozičnom teste EW-100** (podľa STN EN 314-2). Tento test je signifikantným indikátorom pre priamy a trvalý vplyv poveternostných podmienok. Najpriaznivejšie výsledky preukázal variant s aplikáciou *acidifikovaného metylolovaného sulfátového výluhu*, a to až po 20% hm. recipročnej náhrade fenolformaldehydového lepidla. V prípade hydroxymetylovaného lignínu sa dosiahli síce priaznivé výsledky a je možná až 20 % náhrada PF lepidla, ale s ohľadom na vyhodnotenie životnosti lepidlových zmesí a spôsobom nanášania tohto adhezíva na dyhy, tento variant je problematickým. Pri aplikácii metylolovaného sulfátového výluhu (B) a pôvodného neupraveného sulfátového výluhu (A) sa doporučuje len max. 10% substitúcia PF lepidla. Variant (E) – s demetylovaným lignínom nie je vhodným pre žiadnu recipročnú náhradu PF lepidla. Vyhodnotené výsledky šmykových pevností po expozičnom teste EW-100 pripravených preglejok sú uvedené na Obr. 1 A, B.

Jedným z rozhodujúcich kritérií vhodnosti aplikácie variovaných adhezív, s proporcionálnou substitúciou pôvodného PF lepidla navrhnutými komponentmi, bolo hodnotenie hygienických charakteristík.

Hodnotil sa obsah **voľného formaldehydu** (STN EN ISO 9397) v pripravených lepidlových zmesiach, aplikovaných pri laboratórnej príprave kompozitných drevných materiálov, ktorý bol stanovený oximačnou metódou s potenciometrickou titráciou odmerným roztokom hydroxylamín-chloridu. Vyhodnotený obsah voľného formaldehydu v pripravených lepidlových zmesiach s postupnou recipročnou náhradou PF adhezíva od 10 do 60 % hm je na Obr. 3.

Pri príprave lepidlových zmesí s aplikáciou pôvodného sulfátového výluhu, ako aj acidifikovaného metylolovaného sulfátového výluhu sa obsah voľného formaldehydu mierne znižoval s rastúcou proporcionálnou náhradou pôvodného fenolformaldehydového lepidla týmito komponentmi, čo dáva dobrý predpoklad pre prípravu perspektívnych kompozitných materiálov, s priaznivejšími hygienickými charakteristikami než pri komerčne produkovaných adhezívach.

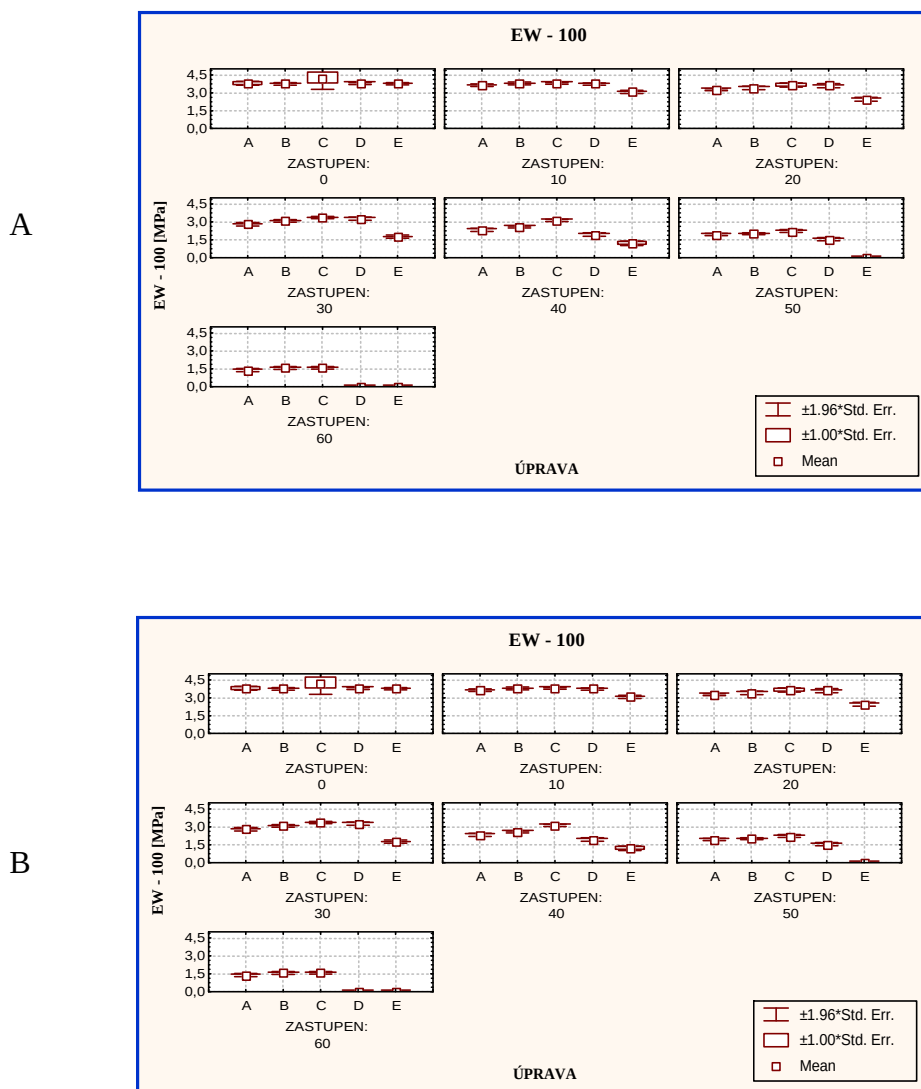
DISKUSIA

Z vyhodnotených výsledkov ohybových pevností laboratórne pripravených preglejok s aplikáciou 5 variantov modifikovaných sulfátových výluhov (pôvodný neupravený, metylolovaný, acidifikovaný metylolovaný, hydroxymetylovaný a demetylovaný) pri meniacej sa recipročnej náhrade pôvodného PF adhezíva od 10 do 60 % hm. vyplynulo, že najvhodnejším variantom sa javí acidifikovaný metylolovaný sulfátový výluh a to v celom stanovenom rozsahu náhrady PF adhezíva, pričom porovnateľné ohybové pevnosti ako preglejky pripravené len so samotným PF adhezívom boli zaznamenané pri recipročnej náhrade 30 a 40 %. Pri aplikácii pôvodného, neupravovaného sulfátového výluhu neboli dosiahnuté potrebné ohybové pevnosti ako pri komerčne produkovaných preglejkách, pojených iba PF živicami, čiže modifikačná úprava umožnila dosiahnuť potrebné kvalitatívne ohybové charakteristiky.

Analogicky pri vyhodnotení šmykových pevností za sucha a po expozičnom teste EW-100 laboratórne pripravených preglejok s aplikáciou modifikovaných sulfátových výluhov je zrejmé, že ako najvhodnejší variant sa preukázal acidifikovaný metylolovaný sulfátový výluh, kde až do 40 % hm. recipročnej náhrady PF adhezíva týmto odpadovým, modifikačne upraveným výluhom sa dosiahnu porovnateľné šmykové pevnosti ako pri komerčne produkovaných preglejkách, pojených len samotným PF adhezívom.

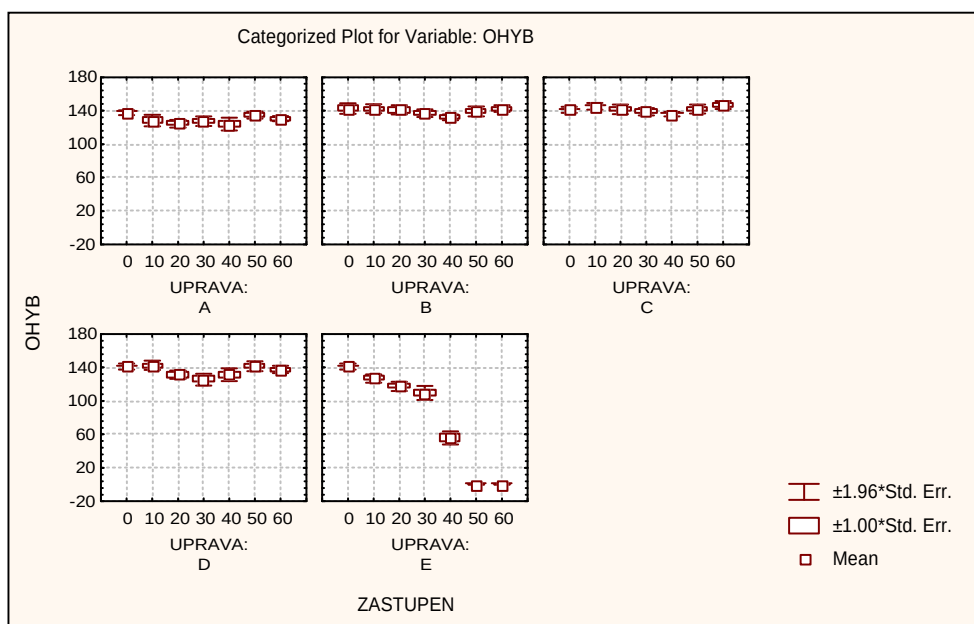
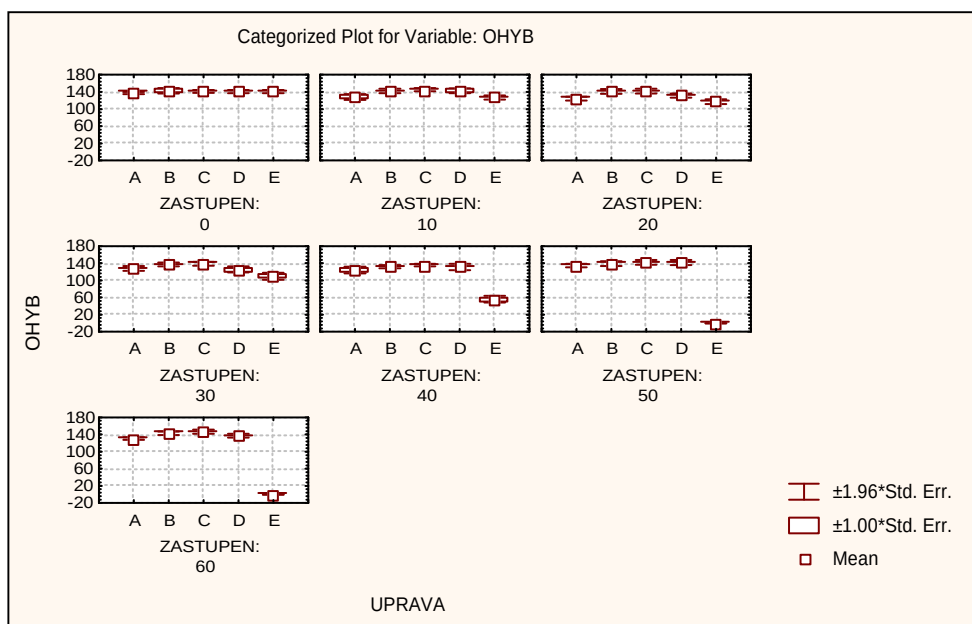
Vyhodnotené šmykové pevnosti laboratórne pripravených preglejok, či za sucha alebo aj po teste EW-100 niekoľkonásobne prevyšujú požadovanú pevnosť 1,5 MPa.

Recipročná náhrada PF adhezív acidikovaným sulfátovým výluhom potvrdila zníženie obsahu voľného formaldehydu z pripravených kvapalných lepidlových zmesí, ale iba v prípade acidifikovaného sulfátového výluhu, čím pri recipročnej náhrade dochádza ku 15 % zníženiu obsahu voľného formaldehydu v porovnaní s komerčne používanými PF adhezívami. Ostatné varianty modifikovaných výluhov nepreukázali také zníženie obsahu voľného formaldehydu než acidifikovaný sulfátový výluh.

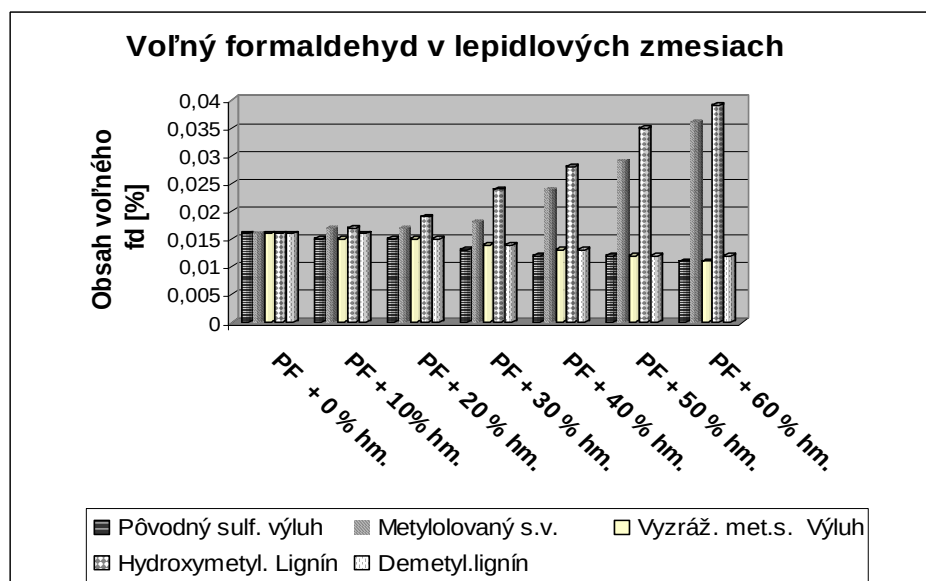


Obr. 1 A, B Matematicko-štatistické vyhodnotenie 95 % intervalov spoľahlivosti pre priemerné hodnoty šmykových pevností pripravených preglejok po expozičnom teste EW-100: A - pri meniacej sa recipročnej náhrade PF adhezív modifikovanými sulfátovými výluhmi, B- pri jednotlivých modifikačných úpravách sulfátových výluhov

(A – neupravený sulfátový výluh, B – metylolovaný sulfátový výluh, C – acidifikovaný sulfátový výluh, D – hydroxymetylovaný lignín, E – demetylovaný lignín)



Obr. 2 A, B Matematicko-štatistické vyhodnotenie 95 % intervalov spoľahlivosti pre priemerné hodnoty ohybových pevností pripravených preglejok:
 A – pri meniacej sa recipročnej náhrade PF adhezív modifikovanými sulfátovými výluhmi,
 B – pri jednotlivých modifikačných úpravách sulfátových výluhov



Obr. 3 Vyhodnotenie obsahu voľného formaldehydu v pripravených lepidlových zmesiach pri meniacej sa recipročnej náhrade PF adhezíva modifikovanými sulfátovými výluhmi

Pri porovnaní ekonomických ukazovateľov, spojených s modifikačnými úpravami vyplynulo, že cena samotného odpadového čierneho sulfátového výluhu je 50 násobne nižšia, než cena komerčne produkovaného PF lepidla. Započítaním nákladov, spojených s modifikačnými úpravami je cena najvhodnejšieho variantu: acidikovaného sulfátového výluhu o 64 % nižšia než cena samotného PF lepidla, ktoré sa používa na prípravu preglejok

ZÁVER

Modifikačné úpravy sulfátových výluhov (najmä metylolácia a metylolácia s následnou acidifikáciou) sa javia ako vhodná alternatívna možnosť náhrady časti PF lepidiel, sledujúc tak výraznú ekonomickú úsporu pôvodného fenolformaldehydového adhezíva pri zachovaní dôležitých pevnostných charakteristík.

Pri komparácii výsledkov, vyhodnotených v experimentálnej časti príspevku, s údajmi publikovanými v odborných periodikách, možno konštatovať, že pri aplikácii modifikovaných sulfátových výluhov, substituovaných metyloláciou s následnou acidifikáciou do fenolformaldehydových lepidiel, je možné pripraviť progresívne adhezíva, ktoré pri svojej aplikácii umožňujú pripraviť perspektívne kompozitné drevné materiály s porovnateľnými pevnostnými charakteristikami, vylepšenými hygienickými parametrami, s výraznou ekonomickou úsporou. Nezanedbateľným aspektom je aj efektívne využitie sekundárneho odpadového produktu – sulfátového výluhu pre prípravu materiálov s vysokým kvalitatívnym a ekologickým zhodnotením.

LITERATÚRA

- [1] ČERNECKÝ, J. - BRODNIANSKÁ, Z.: Štúdium prebiehajúcich zmien pri interakcii nástroja s plastovou látkou. In: Medzinárodný seminár „Technika odpadového hospodárstva“, Zvolen 2007, s. 16 – 20, CD, ISBN 978-80-228-1782-0.
- [2] DOLENKO, A.J., CLARKE, M.R.: Methylolated kraft lignin base resins. Can. Pat. Appl. 243,397.
- [3] OLIVARES, M. et al.: Lignin – modified phenoli adhesives for bonding radiata pine plywood. For. Prod. Journal, 45, 1995, p. 63-67.
- [4] RÉH, R., RUŽINSKÁ, E.: Bond Performance Functions of Adhesives for Wood Composites. Proceedings from conference 3.international conference „Selected processes for utilization of wood“. TU Zvolen, 2000. s. 211-214.
- [5] RUŽINSKÁ, E.: A Perspective Wood Base Composite Materials. Part I.: The Study of Preparation and Evaluation of Selected Properties of Adhesive Mixtures. Proceedings from 4. int. conference „Wood and Fire Safety“. Hotel Patria, Štrbské Pleso, 2000. s. 297-304.
- [6] RUŽINSKÁ, E.: Utilization of a new Adehsive Mixtures for the Preparation of Wood based Composites. Zborník prednášok z II. medzinárodnej vedeckej konferencie „Trieskové a beztrieskové obrábanie dreva 2000“. Starý Smokovec, 2000. p. 289-294.
- [7] RUŽINSKÁ, E. et al.: The Utilization of Lignins for Production of Particleboards. Zborník referátov z medzinárodnej vedeckej konferencie „Progress in the Adhesives Applied in Building Woodworking Industry“. Vyd. SGGW, Warszawa, 1998, p. 319-327.
- [8] RUŽINSKÁ, E.: The Utilization of Lignins from Kraft Black Liquors for Preparation of Perspective Wood Based Composites. Monography 5/2001/B. TU Zvolen, 2001. 56 pp. ISBN 80-228-1104-1.
- [9] RUŽINSKÁ, E.: Modified Kraft Black Liquors for Constitution of Wood Based Composites. Proceedings from Intern. Scientific Conference "Pulp and Paper". STU ChPTF Bratislava, 2001. p. 28-33.
- [10] RUŽINSKÁ, E.: The Study of Thermal Characteristics of Modified Products Isolated from Kraft Black Liquor for Formulation of New Type of Adhesive Mixtures. Wood Research, 48(1/2): 2003, 22-35. ISSN 0012-6136.
- [11] RUŽINSKÁ, E.: Využitie lignínov zo sulfátových výluhov pre lepenie dreva. Dizertačná práca. DF TU Zvolen, 2001, 163 s.
- [12] RUŽINSKÁ, E.: Effective Utilization of Kraft Black Liquors for Wood Based Composite Materials. Papír a celulóza, 5/2002, 2002, 138-142.
- [13] RUŽINSKÁ, E. – ČERNECKÝ, J. – JABŁOŃSKI, M.: Progressive ways of wood surface evaluation. In: Annals of Warsaw University of Life Sciences. Forestry and Wood Technology. No 62, 2007, Poland, p. 210-218. ISSN 0208-5704.
- [14] SADA, E. et al.: Effective Utilization of Lignin. Japan Tappi J., 43, 1989. p. 751-767.
- [15] XINNAN, A. et al.: Demethylated Kraft Lignin as a Substitute for Phenol in Wood Adhesive. Chemistry and Industry of Forest Products, 15, 3, 1995. p. 36-42.

Časť riešenej problematiky príspevku je súčasťou grantovej úlohy KEGA 3/6431/08 „Stanovenie charakteristík kvantifikácie emisií a indikátorov kvality ovzdušia v podmienkach európskej legislatívy“.

Lektoroval: Ing. Andrea Neupauerová, PhD.

Kontaktná adresa:

Ing. Eva Ružinská, PhD., Katedra environmentálnej techniky, Fakulta environmentálnej a výrobnéj techniky, Technická univerzita vo Zvolene, Štúrova 26, 960 53 Zvolen, Slovensko, evaruzin@vsld.tuzvo.sk



MATERIÁLOVÁ RECYKLÁCIA ODPADOVEJ PE FÓLIE

MATERIAL RECYCLING OF PE WASTE FOIL

Eva RUŽINSKÁ

ABSTRACT: The article deals with the problem of effective appreciation of plastic wastes – polyethylene foils generating considerable category of solid wastes, which are declining by material recycling only in delimited amount. The one of environmental acceptable solution of appreciation of polyethylene waste foils is efficiency material recycling which technological suggestion is solved in the article.

Key words: plastic wastes, polyethylene, material recycling

ABSTRAKT: Príspevok sa zaoberá problematikou efektívneho zhodnocovania odpadových plastov – polyetylénových fólií, tvoriacich významnú skupinu tuhých odpadov, ktoré sa v súčasnosti zhodnocujú materiálou recykláciou iba v obmedzenom množstve. Jedným z environmentálne akceptovateľných riešení zhodnocovania polyetylénových odpadových fólií je efektívna materiálová recyklácia, ktorej technologický návrh je riešený v príspevku.

Kľúčové slová: plastové odpady, polyetylén, materiálová recyklácia

ÚVOD

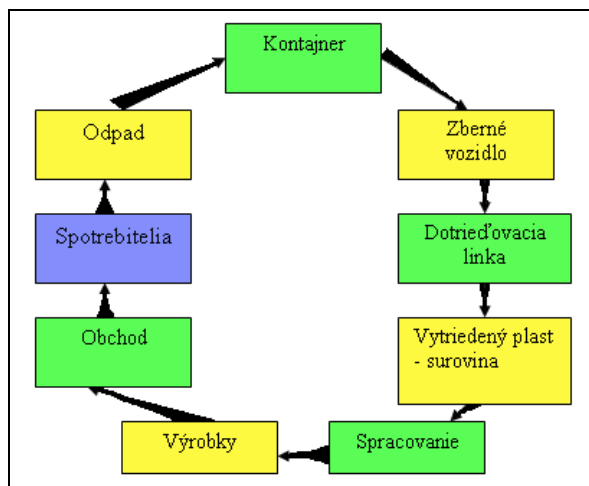
V súčasnosti je stále aktuálna otázka vplyvu technologických postupov akceptovateľných pre životné prostredie. Popri dodržiavaní direktív, záväzných predpisov a dohôd je potrebné vybudovať optimálny výrobný reťazec – produktívny, šetrný k okolitému životnému prostrediu, zároveň však ekonomicky efektívny, produkuje výrobky požadovanej kvality.

Plasty predstavujú významnú skupinu materiálov, uplatňujúc sa takmer vo všetkých sférach priemyslu, spotrebných odvetviach až po špecifické oblasti ich aplikácie (humánna medicína, biochémia, farmácia). Neobyčajne rýchle a všestranné rozšírenie výroby a spracovanie plastov je podmienené ich variabilnými vlastnosťami, možnosťou v plnom rozsahu nahradiť klasické materiály (kovy, drevo, keramiku, sklo, kožu, vlnu, vlákna z prírodných materiálov). Niektoré negatívne vlastnosti plastov, napr. obmedzená teplotná a tvarová deformácia, obtiažna oprava plastových výrobkov, sú síce vyvážené širokými aplikačnými možnosťami, avšak problematická regenerácia odpadov z plastov a najmä nelegálne skládky, prípadne skladovanie použitých plastov predstavujú v súčasnosti výsostne aktuálnu environmentálnu záťaž.

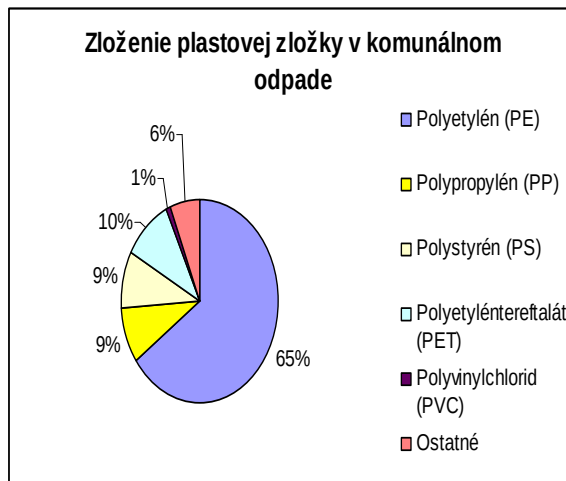
Príčinou relatívne veľkého a nežiaduceho zhromažďovania plastových odpadov v prírode, okrem nedisciplinovanosti človeka, je skutočnosť, že tieto polyméry nie sú degradovateľné bežnými mikroorganizmami, nakoľko väčšina technicky významných syntetických polymérov má hydrofóbny charakter a bez špeciálnych prímiesí, či účinnej modifikácie sú takmer biologicky nerozložiteľné v prírode.

Odpady z plastov zastúpené v komunálnom odpade predstavujú síce v hmotnostom vyjadrení iba 10 %, ale bez pakovania (či zlisovania) enormne zvyšujú svoj objem

v porovnaní s ostatnými zložkami komunálneho odpadu, kde sú najviac zastúpené druho-vo termoplasty: polyetylén (PELD, PEHD, PELLD) – cca 65 %, polypropylén (PP), polyetyléntereftalát (PET), polystyrén (PS), polyvinylchlorid (PVC) a v malej miere ostatné plasty, napr. reaktoplasty, elastoméry, či zmesové plasty – Obr. 2.



Obr. 1 Životný cyklus plastového odpadu



Obr. 2 Plasty v komunálnom odpade

V súčasnosti je pri vývoji nových materiálov, najmä zo syntetických polymérov, potrebné zohľadňovať ich vplyv na životné prostredie počas ich životného cyklu (Obr. 1).

Jedným z aktuálnych problémov je aj zavádzanie efektívneho odpadového hospodárstva, kde pred pasívnym ukladaním odpadu na skládku sú preferované systematické opatrenia znižujúce, resp. eliminujúce vznik odpadov, zavádzanie technológií recyklácie (materiálovej, surovinovej, energetickej), či iného účinného zhodnocovania odpadov. Tieto trendy sú rozvíjané na základe poznania, že odpad je často hodnotnou surovinou, resp. polotovarom pre výrobu nových produktov, ale je aj zdrojom energie.

Príspevok sa zaoberá problematikou efektívneho zhodnocovania odpadových plastov: polyetylénových (PE) fólií, tvoriacich významnú skupinu odpadov, ktoré sa v súčasnosti zhodnocujú materiálovou recykláciou iba v obmedzenom množstve. Jedným z environmentálne akceptovateľných riešení zhodnocovania polyetylénových odpadových fólií je efektívna materiálová recyklácia, ktorej technologický návrh je riešený v príspevku.

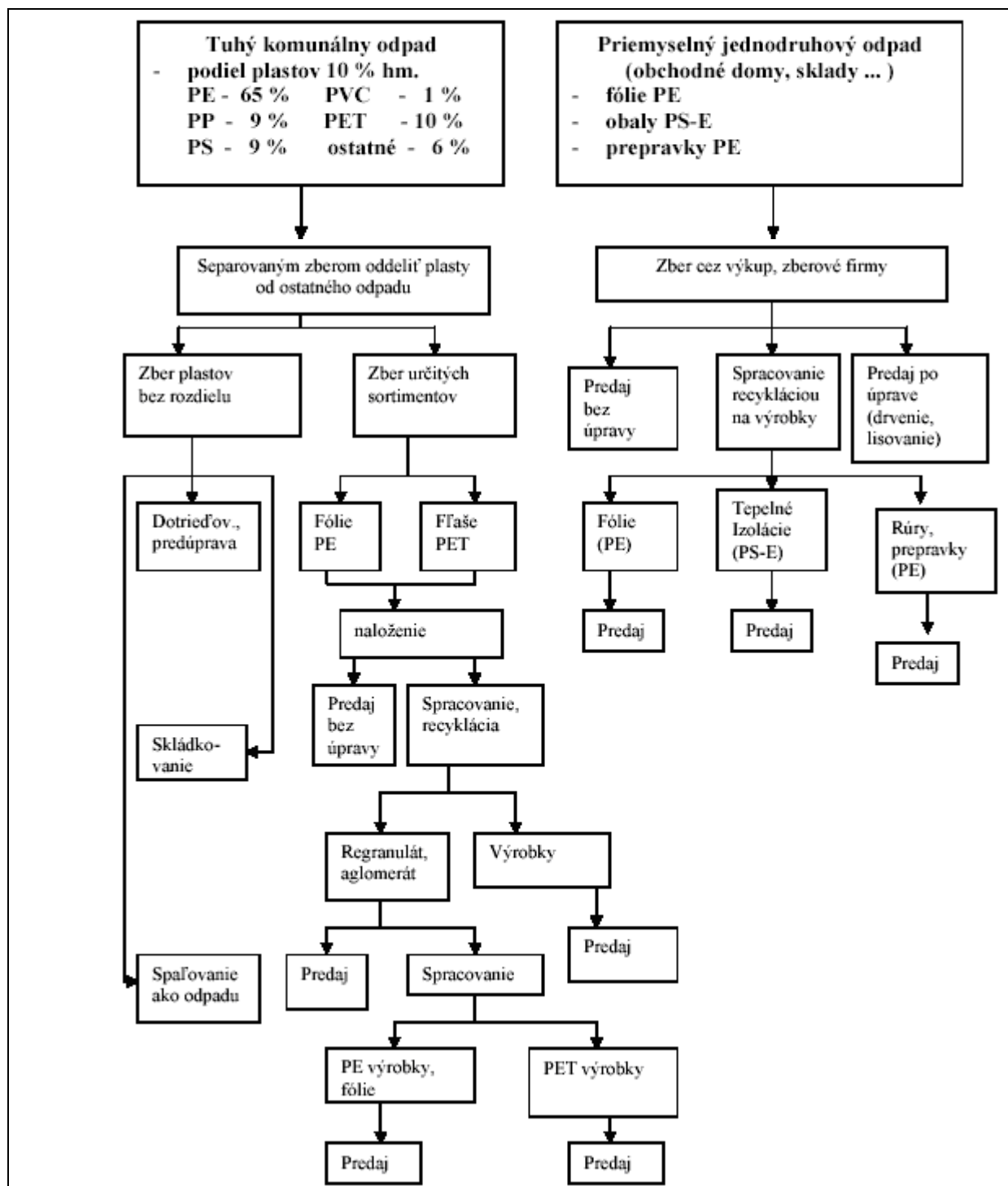
RECYKLÁCIA PLASTOV

Recyklácia je chápaná ako akékoľvek opätovné spracovanie materiálu vo výrobnom procese. Recyklácia predstavuje postupy, pri ktorých sa vracajú vzniknuté odpady znova do výroby, kde fungujú ako surovina pri získavaní nových výrobkov alebo ako zdroj energie. Proces triedenia a recyklácie plastových odpadov schematicky dokumentuje Obr. 3.

Hodnotenie ekologickej akceptovateľnosti výrobku zo syntetických polymérov sa v súčasnosti sústreďuje na dosiahnutie čo najväčšieho podielu recyklácie:

- **materiálová recyklácia** znamená premenu opotrebovaného výrobku z plastu na nový pri zachovaní podstaty materiálu;
- **surovinová recyklácia** využíva premenu plastového odpadu na chemickú surovinu;

- **energetická recyklácia** spočíva v spaľovaní plastových odpadov s využitím získanej energie.



Obr. 3 Zber, triedenie a recyklácie plastových odpadov

- V rámci **materiálovej recyklácie** je zhodnocovanie plastového odpadu možné ako:
- ✓ úprava a spracovanie opotrebovaných plastov na druhotný recyklát,
 - ✓ pretavenie zmesového odpadu na tvarové dielce alebo polotovary,

- ✓ využitie odpadov z plastov ako prídavné látky napr. do stavebných materiálov.

Hlavným problémom v materiálovom recykle je udržanie druhovej čistoty odpadu, ktorá je ľahko zachovateľná pri technologických odpadoch, nie však pri zmesovom odpade. Spôsob, ktorý vedie k získaniu jednotného recyklátu patrí medzi najnáročnejšie. Úprava použitých zmesových, prípadne znečistených plastov znamená ďalšie nákladné operácie: predbežné vytriedenie, drvenie, pranie, triedenie, sušenie, pretavenie a regranulácia. Výsledkom môže byť len nepotravinárska aplikácia, napr. agrofólie, vrecia na odpady, mulčovacie fólie.

Pred hlavnou technologickou operáciou spracovania plastov je potrebné plastový odpad predupraviť do formy drviny, aglomerátu, či regranulátu. Prvý technologický stupeň predúpravy plastového odpadu teda určuje operácia drvenia, resp. mletia na drvičoch rôzneho konštrukčného vyhotovenia v závislosti od druhu vytriedeného plastu, prípadne od následných požiadaviek spojených s prípravou recyklátu, regranulátu.

Plastový odpad sa v závislosti od zloženia môže spracúvať bežnými plastikárskymi technológiami (vstrekovanie, granulácia, vytlačanie, lisovanie a vyfukovanie), ktoré sú podmienené použitím čistého jednodruhového odpadu známeho zloženia v dostatočnej kvalite i kvantite. Pre dosiahnutie požadovaných charakteristík „plnohodnotná druhotná surovina“ sa musí plastový odpad upravovať do aglomerovanejšej formy, resp. regranulovať, čiže po dezintegrácii je potrebné odpad zhutniť.

Nový prístup k riešeniu pomerne zložitej technologickej úprave plastového odpadu je získavanie recyklátu v kvalite porovnateľnej s pôvodným, resp. novým materiálom s použitím technológií Norec alebo Krupp. Princíp týchto postupov spočíva v dokonalom odstraňovaní nečistôt z povrchu ako aj zo samotného polyméru pomocou mechanického čistenia a extrakcie rozpúšťadlami. Takto získaný recyklát je rovnocenný novému materiálu ako z hľadiska organických uhlíkatých látok, tak aj požadovaných mechanických vlastností.

Súčasný stav zhodnocovania plastových odpadov v Slovenskej republike je nedostatočný, keďže neexistuje celoplošný separovaný zber plastov a zhodnocuje sa len 15 % odpadu. Vo vyššej miere sa spracováva len menej problémový neznečistený plastový odpad. Nedostatky sú hlavne pri spracovaní plastov z komunálnej sféry, pretože tento odpad si vyžaduje zber, triedenie a v mnohých prípadoch čistenie. Chýbajú aj technologické kapacity umožňujúce recykláciu niektorých druhov plastov.

Problematike zhodnocovania polyetylénových odpadových fólií z PELD (nízko hustotný polyetylén) sa venuje na Slovensku veľmi malá pozornosť, napriek tomu, že je druhovo zastúpený v komunálnom odpade až 65 %. Firmy zhodnocujúce plastový odpad (fólie) z PE v SR spracúvajú vytriedený odpad, čiže už predtriedený a vyčistený, čím pre nich odpadá najproblematickejšia operácia v materiálovej recyklácii – dodržanie druhovej čistoty (záruka požadovaných kvalitatívnych vlastností pre vyrábaný regranulát), ale aj operácie spojené s odstránením nečistôt v plastovom odpade, čo je značný environmentálny problém.

NÁVRH RECYKLAČNEJ LINKY

Pri návrhu recyklačnej linky na spracovanie polyetylénu sme vychádzali z informácii získaných vo firmách v SR, kde materiálová recyklácia odpadovej polyetylénovej fólie je zabezpečovaná nákupom druhovo vytriedeného polyetylénu (PELD od PEHD) a zároveň

vyčisteného odpadu. Následne po príprave regranulátu pre výrobu nových fólií sa využíva metóda vyfukovania.

Po analýze technologických postupov v spoločnostiach, zaoberajúcich sa materiálovou recykláciou odpadových fólií (z PE) bol vypracovaný návrh recyklačnej linky, v ktorej je možné recyklovať znečistený, ale aj čistý polyetylén s možnosťou ušetrenia energie, dodržania požadovanej druhovej čistoty spracúvaných odpadových plastov, ale s významným environmentálnym prínosom pri dodržaní požadovaných hygienických požiadaviek, kde čistiacim médium bude iba voda.

Využitím technológie vytlačania bude možné pripravovať nové výrobky zo získaného regranulátu vo veľkej variabilite a najmä veľmi členitých tvarov, presných rozmerov na rozdiel od zatiaľ využívaných technológií spracovania regranulátu len technológiami vyfukovania, čím sa získajú výrobky tenkostenné, duté, ale nie veľmi členité, či tvarovo zložené.

Navrhnutá recyklačná linka (Obr. 4) je koncipovaná do dvoch častí, ktoré následne ústia do spoločnej odstredivky. Obidve časti recyklačnej linky začínajú dvoma pásovými dopravníkmi, ktoré vedú k dvom mlynom. V týchto mlynoch prebieha dezintegrácia a drvenie materiálu na požadovanú veľkosť. Použitie dvoch mlynov v tejto linke je potrebné z toho dôvodu, aby nedochádzalo k znečisteniu čistejšej suroviny nožmi a súčastami mlyna, ktorými sa predtým drvil znečistený plast. Časť, ktorá umožňuje zhodnocovať čistý materiál sa skladá z pásového dopravníka, dezintegrátora a jednostupňového prania.

Na pásovom dopravníku dochádza k vytriedeniu suroviny od nežiaducich materiálov. Následne je táto surovina dezintegrovaná v dezintegrátore. Po dezintegrácii, nasleduje proces prania, ktorý je kvôli čistote materiálu jednostupňový. Pranie sa uskutočňuje v bubnovej vani, kde sa materiál tryskami ostrekuje vodou. Vyčistený materiál sa dopravuje do odstredivky, kde dochádza k jeho vysušeniu.

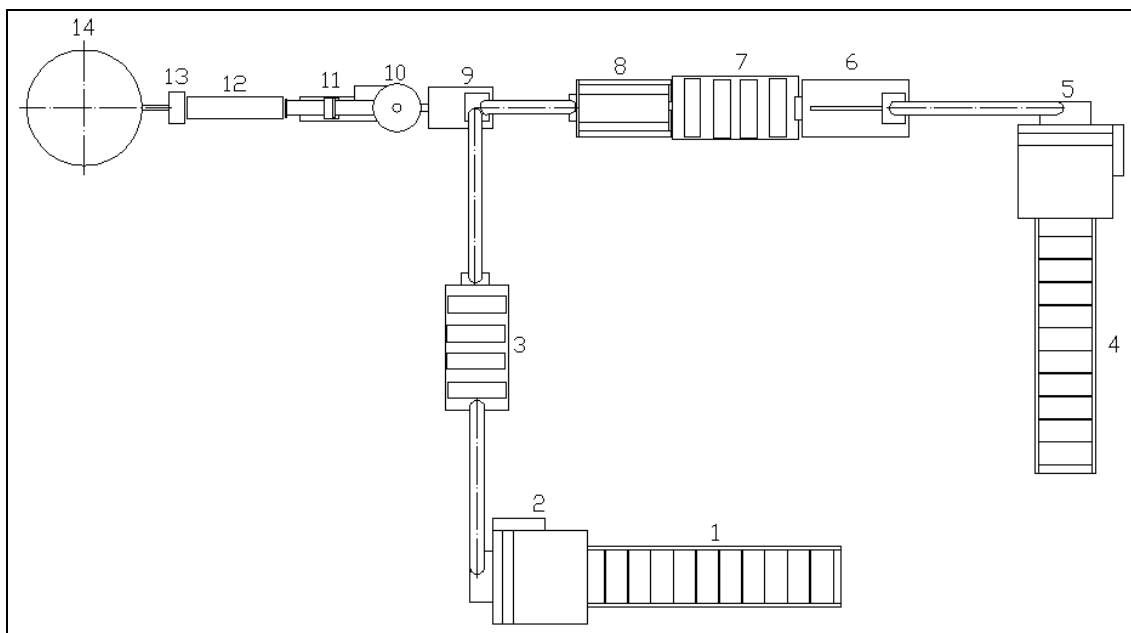
Druhá časť linky je určená na zhodnotenie veľmi znečisteného materiálu z polyetylénu. Táto časť začína pásovým dopravníkom, ktorý prepravuje materiál do dezintegrátora. Po dezintegrácii je materiál dopravovaný závitovkovým dopravníkom k prvému stupňu prania.

Celý proces prania je trojstupňový kvôli dôkladnému prečisteniu. Po vyčistení je surovina vysušená v odstredivke a pôsobením pretlaku je následne dopravená do odlučovača (cyklóna). Takto predupravený materiál sa dostáva do zásobníka extrúdera. V extrúderi dochádza k roztaveniu, premiešaniu a vytlačeniu materiálu cez sito.

Súčasťou linky je dvojstupňový vytlačací stroj (extrúder), ktorý by mal zaručiť požadovanú kvalitu výsledného produktu. Vytlačený materiál bude chladený vo vodnej vani a následne sekaný na vhodnú veľkosť. Výsledný recyklát sa plánuje ukladať v big – bagoch.

Výhodou využitia tejto linky je možnosť recyklácie čistých fólií bez veľkej spotreby vody, ktorá nastáva pri trojstupňovom praní. Nevýhodou sú vyššie investičné náklady a nutnosť triedenia fólií pred recykláciou.

Vizualizácia navrhutej recyklačnej linky pre spracovanie znečistenej polyetylénovej fólie je na Obr. 5.



Obr. 4 Navrhnutá linka na recykláciu polyetylénu

1-dopravník pre znečistenú surovinu, 2-mlyn pre znečistenú surovinu, 3-jednostupňové pranie, 4-dopravník pre čistú surovinu, 5-mlyn pre čistú surovinu, 6-prvý stupeň prania, pranie, 7-druhý stupeň prania, 8-tretí stupeň prania, 9-odstredivka, 10-cyklón, 11-extrúder, 12-chladenie, 13-sekanie, 14-zásobník



Obr. 5 Vizualizácia navrhnutej recyklačnej linky

ZÁVER

Napriek tomu, že polyetylény (PEHD, PELD, PELLD) predstavujú až 65 % z celkového objemu plastových odpadov, ich recyklácii a následnému spracovaniu sa venuje minimálna pozornosť. Aj keď v súčasnosti už existuje niekoľko firiem zaoberajúcich sa materiálovou recykláciou a spracovaním polyetylénu, analýzou danej problematiky bolo preukázané, že existujú mnohé nedostatky, ktoré bránia rozvoju materiálovej recyklácie práve uvedenej najväčšej skupine plastových odpadov.

Jedným z existujúcich problémov je, že neexistuje priemeraná spolupráca medzi organizáciami zaoberajúcimi sa triedením, recykláciou a spracovaním materiálu v rámci jednotlivých vyšších územných celkov v Slovenskej republike, čím dochádza k vzniku vyšších nákladov na prepravu a rovnako aj k znečisťovaniu životného prostredia. Vyriešením týchto problémov by rozvoj materiálovej recyklácie mohol napredovať rýchlejšie a množstvo zhodnocovanej odpadovej fólie by mohlo dynamickejšie narastať a priblížiť sa tak reálne k účinnejšiemu zhodnocovaniu zložiek plastového odpadu, tak ako to predpokladá Plán odpadového hospodárstva SR.

Príspevok dokumentoval jedno z možných riešení efektívneho zhodnocovania odpadových plastov: PE odpadových fólií, tvoriacich významnú skupinu odpadov, ktoré sa v súčasnosti zhodnocujú materiálovou recykláciou iba v obmedzenom množstve. Prezentovaný návrh recyklačnej linky pre materiálové zhodnotenie PE odpadových fólií a to prináša významný technologický, ekonomický, hygienický, ale najmä environmentálny aspekt do oblasti spracovania plastových odpadov.

LITERATÚRA

- [1] BEŇOVÁ, Z.: Materiálová recyklácia plastových odpadov. Diplomová práca. KET FEVT TU Zvolen, 2008. 81 s.
- [2] ČERNECKÝ, J., BRODNIANSKÁ, Z.: Štúdium prebiehajúcich zmien pri interakcii nástroja s plastovou látkou. In: Medzinárodný seminár „Technika odpadového hospodárstva“, Zvolen 2007, s. 16 – 20, CD, ISBN 978-80-228-1782-0.
- [3] ČERNECKÝ, J., RUŽINSKÁ, E., BRODNIANSKÁ, Z.: Nedeštruktívne metódy hodnotenia povrchov elastomérov v procese ich zaťažovania. In: Acta Mechanica Slovaca, Košice, 4-C/2007, Povrchové inžinierstvo 2007, ročník 11, s. 30-34. ISSN 1335-2393.
- [4] RUŽINSKÁ, E.: Ekologické aspekty likvidácie polymérnych odpadov. In: Zborník príspevkov z konferencie „Hodnotenie a riešenie kvality životného prostredia“. FEE TU Zvolen, 1995. s. 88-93. ISBN 80-220-0557-2.
- [5] RUŽINSKÁ, E.: Plasty a náterové látky. *Monografia*. ES TU Zvolen, 2005. 166 s. ISBN 80-228-1518-7.
- [6] RUŽINSKÁ, E.: Ekoprogresívne spôsoby zhodnocovania plastových odpadov. Zborník príspevkov z medzinárodného odborného seminára „Technika odpadového hospodárstva“. TU Zvolen, 2007, s. 87-94, CD. ISBN 978-80-228-1782-0.

- [7] RUŽINSKÁ, E.: Technologické spôsoby znižovania nebezpečných odpadov z procesov povrchových úprav. odborného seminára „Technika odpadového hospodárstva“. TU Zvolen, 2007, s. 95 – 103, CD. ISBN 978-80-228-1782-0.
- [8] SOLDÁN, M., SOLDÁN, M., SOLDÁNOVÁ, Z., MICHALÍKOVÁ, A.: *Ekologické nakladanie s materiálmi a odpadmi*. STU MTF Bratislava, 2005. s.79-83. ISBN 80-227-2223-5.

Časť riešenej problematiky príspevku je súčasťou grantovej úlohy KEGA 3/6431/08 „Stanovenie charakteristík kvantifikácie emisií a indikátorov kvality ovzdušia v podmienkach európskej legislatívy“.

Lektoroval: Ing. Zuzana Brodnianská

Kontaktná adresa:

Ing. Eva Ružinská, PhD., Katedra environmentálnej techniky, Fakulta environmentálnej a výrobnéj techniky, Technická univerzita vo Zvolene, Štúrova 26, 960 53 Zvolen, Slovensko
evaruzin@vsld.tuzvo.sk



MODIFIKÁCIA VLASTNOSTÍ PRIEMYSELNÝCH ODPADOV PRE ICH BEZPEČNÉ APLIKÁCIE

MODIFICATION OF PROPERTIES OF INDUSTRIAL WASTES FOR THEIR SAFETY APPLICATION

Eva RUŽINSKÁ

ABSTRACT: The aim of article presents more integrated knowledge about modified treatment of selected industrial wastes for safety application in aspect of their thermal stability at the same time as preventative and systemic solution of formation of dangerous wastes in woodworking industry.

Key words: industrial wastes, modified treatment, safety

ABSTRAKT: Cieľom príspevku je poskytnúť ucelenejšie poznatky o modifikačných úpravách vybraných priemyselných odpadov pre ich bezpečné aplikácie z pohľadu termickej stability a zároveň ako preventívne systémové riešenie vznikajúcich nebezpečných odpadov v drevospracujúcom priemysle.

Kľúčové slová: priemyselné odpady, modifikačné úpravy, bezpečnosť

ÚVOD

Riešenie problematiky vzniku odpadov a spôsobov ich bezpečného, environmentálne akceptovateľného a ekonomicky výhodného zneškodňovania patrí v súčasnosti k mimoriadne aktuálnym hospodárskym, ale aj politickým problémom v globálnom aspekte. Zároveň sa do popredia dostáva otázka vplyvu narastajúceho množstva komunálnych i priemyselných odpadov na životné prostredie i zdravie populácie.

Drevársky výskum hľadá v súčasnosti ďalšie spôsoby zvyšovania úžitkovej hodnoty drevnej suroviny a jej komplexnejšie spracovanie, napr. výrobou kompozitných materiálov, čo je v súlade s aktuálnou priemyselnou politikou vlády Slovenskej republiky, riešenej v programe „Drevo – surovina 21. storočia“. Zvyšovanie efektívnosti využitia drevnej suroviny musí prebiehať v reálnej ekologickej situácii v podmienkach znižovania kvality surovín, zvyšovaní kvalitatívnych potrieb spoločnosti a zvyšovania požiadaviek na hygienickú, najmä ekologickú kvalitu výrobkov a technológií.

Prepojenie efektívneho využitia odpadových produktov napr. z celulózovo-papierenského priemyslu pre prípravu ekoprogresívnych kompozitných drevných materiálov, s atribútmi prijateľnej požiarnej bezpečnosti, akceptujúc žiadané hygienické vlastnosti a zachovajúc si kvalitatívne charakteristiky, predstavuje komplexné zhodnotenie primárnych surovín i odpadových produktov.

Lepenie v drevospracujúcom priemysle nadobúda čoraz väčší význam ako jedna z metód ekonomického využitia drevnej hmoty. Výroba aglomerovaných a plegovaných materiálov predstavuje významnú súčasť drevospracujúceho priemyslu. Spotrebiteľovi ponúka poloprodukt a produkt vysokých úžitkových vlastností, bez ktorého by nebolo možné rozvinúť napr. nábytkársky priemysel do súčasnej podoby. Okrem toho významnou mierou

prispieva k vyššiemu zhodnocovaniu drevnej suroviny, najmä schopnosťou spracovať menej hodnotné lesné sortimenty dreva a hlavne priemyselný odpad.

V dôsledku snahy o zlepšenie životného prostredia smeruje celosvetový vývoj v oblasti lepidiel k vývoju nových, alebo účelnej úprave existujúcich technológií so zameraním na zníženie emisie formaldehydu, a to najmä u polykondenzačných adhezív.

Naznačená cesta znamená náhradu toxických zložiek v polykondenzačných lepidlách prírodnými polyfenolmi, predovšetkým technickými lignínmi, ktoré je možné izolovať vo významnom množstve ako sekundárnu surovinu z celulózo-papierenského priemyslu. Alternatívnou možnosťou náhrady časti fenolformaldehydových adhezív sa javí recipročná náhrada časti týchto lepidiel napr. sulfátovými výluhmi, sekundárnymi produktmi vznikajúcimi pri výrobe sulfátovej buničiny. Efektívnym i progresívnym sa javí ich zabudovanie do polykondenzačných adhezív, pripraviac tak produkty vysokého kvalitatívneho zhodnotenia.

Chemická štruktúra lignínov, predovšetkým aromatický charakter fenypropánových jednotiek, umožňuje uskutočniť celý rad modifikačných reakcií. Široká možnosť ich aplikácie sa ponúka aj v príprave modifikovaných fenolformaldehydových lepidiel (PF), kde existuje viacero základných princípov syntézy (DOLENKO A CLARKE, 1978; GAMO A KOL., 1984):

- čiastočná náhrada fenolu nemodifikovanými lignínmi,
- čiastočná náhrada fenolu modifikovanými lignínmi,
- konverzia lignínu na nízkomolekulové fenolové látky, s využitím na prípravu PF lepidiel.

Sulfátový lignín, vyznačujúci sa relatívne nízkou reaktivitou k formaldehydu a z toho vyplývajúceho nedostatočného zabudovania do polymérnej matrice zmesného lignínfenolformaldehydového polykondenzátu, sa modifikuje nasledovnými postupmi:

- ❑ *metyloláciou a hydroxymetyláciou* - do štruktúry lignínu sa zavádzajú hydroxymetylové skupiny reakciou s formaldehydom
- ❑ *demetyláciou* - pôsobením demetylačných činidiel sa odtrhnutím metoxylových skupín tvoria reaktívne katecholové zoskupenia.

Cieľom príspevku je poskytnúť ucelenejšie poznatky o modifikačných úpravách vybraných priemyselných odpadov pre ich bezpečné aplikácie z pohľadu termickej stability a zároveň ako preventívne systémové riešenie vznikajúcich nebezpečných odpadov v drevospracujúcom priemysle.

MODIFIKAČNÉ ÚPRAVY

Sulfátový výluh bol modifikovaný – *metyloláciou a metyloláciou s následným vyzrážaním - acidifikáciou* (DOLENKO A CLARKE, 1978). Izolovaný sulfátový lignín (z pôvodného čierneho výluhu) bol modifikovaný *demetyláciou* (XINNAN, 1995; OLIVARES, 1988) a *hydroxymetyláciou* (SHIMATANI, 1994).

Takto získané modifikované lignínové preparáty, (resp. sulfátové výluhy), boli aplikované pri príprave lepidlových zmesí s fenolformaldehydovým lepidlom pre laboratórne kompozitné drevné materiály (preglejšky a drevotrieskové dosky).

Metylolácia

Sulfátový výluh sa metyloval postupom DOLENKA A CLARKA (1978). Podstatou metylolačnej reakcie bola reakcia formaldehydu so sulfátovým výluhom pri laboratórnej teplote počas 72 hodín.

Metylolácia s následnou acidifikáciou

Modifikovaný postup DOLENKA A CLARKA (1978) je možné rozšíriť o vyzrážanie už pripraveného metylovaného sulfátového výluhu silnou minerálnou kyselinou (napr. H_2SO_4) za intenzívneho miešania na hodnotu $\text{pH} = 5 - 6$.

Pre charakterizáciu štruktúry pripraveného metylovaného sulfátového výluhu, ako aj metylovaného a následne acidifikovaného sulfátového výluhu boli upravené experimentálne vzorky – odfiltrovaním disperzie cez Büchnerov lievik a vákuovým sušením filtračného koláča počas 10 hodín pri teplote $45\text{ }^\circ\text{C}$. Následne boli vzorky vyzrážaného metylovaného výluhu uchované pri teplote $-18\text{ }^\circ\text{C}$ počas 2 h, aby sa zabránilo polymerizačným, kondenzačným a degradačným reakciám.

Fyzikálne zmeny pozorované pri acidifikácii metylovaného sulfátového výluhu:

- pri $\text{pH} > 12$ sa zmes javila ako homogénny čierny roztok,
- pri $\text{pH} = 10,5 - 11$ zmes nadobudla polorozpustnú konzistenciu čiernej farby,
- pri $\text{pH} = 10$ vzniká nízkoviskózna zmes čokoládovohnedej farby,
- pri $\text{pH} = 8 - 9$ dochádza k intenzívnemu uvoľňovaniu prchavých plyných produktov nepríjemného zápachu (H_2S , CH_3SCH_3),
- pri $\text{pH} = 6 - 7$ sa výrazne uvoľňuje CO_2 , čo zapríčinilo výrazné penenie,
- pri $\text{pH} = 5 - 6$ vzniká výsledná tixotropná disperzia žltohnedého zafarbenia.

Chemické zmeny prebiehajúce pri acidifikácii metylovaného sulfátového výluhu:

- Hodnota pH modifikovaných sulfátových výluhov má významný vplyv na kvalitu adhézneho spoja, čo je pravdepodobne podmienené lepším zosieťovaním, a to v kyslej oblasti, čo následne potvrdili vyhodnotenými výsledkami šmykových pevností laboratórne pripravených preglejok, variovaných s aplikáciou vyzrážaného metylovaného sulfátového výluhu pri proporcionálnej náhrade pôvodného PF lepidla.
- Kyslým vyzrážaním sa získa termicky stabilný produkt (potvrdili to výsledky termických analýz), dochádza k zmenám charakteristických funkčných skupín v kvalitatívnom i kvantitatívnom hodnotení (hodnotením IČ spektroskopiou).
- Acidifikáciou metylovaného sulfátového výluhu dochádza pravdepodobne k lepšiemu zabudovaniu formaldehydu do polymérnej matrice sulfátového lignínu, čím sa obsah uvoľneného formaldehydu z variovaných lepidlových zmesí (pri proporcionálnej náhrade pôvodného PF lepidla) mierne znižuje, ako to vyplynulo z hodnotenia obsahu voľného formaldehydu (STN EN ISO 9397) v pripravených adhezívach.

Demetylácia

Sulfátový lignín (izolovaný zo sulfátového čierneho výluhu) sa demetyloval postupom podľa OLIVARESA (1988, 1995) a XINNANA (1995).

Podstata demetylačnej reakcie spočíva v reakcii lignínového preparátu s demetylačnými činidlami. Demetylovaný lignín bol pripravený modifikáciou izolovaného sulfátového lignínu pôsobením $K_2Cr_2O_7$, ďalej CH_3COOH a koncentrovanou H_2SO_4 . V silne kyslom prostredí sa pravdepodobne uplatňuje mechanizmus substituenej nukleofilnej reakcie a vzniká prechodný karbóniový ión, ktorý je náchylný na kondenzačné reakcie (SARKANEN, 1971). V dôsledku prebiehajúcich kondenzačných reakcií dochádza aj k zvýšeniu obsahu uhlíka a vodíka, čo potvrdili výsledky elementárnej analýzy.

Vzorka demetylovaného lignínu sa homogenizovala v trecej miske do kompaktnej práškovej konzistencie. Pre stanovenie elementárneho zloženia demetylovaného lignínu je potrebné skúšobnú vzorku ponechať pri teplote $-18^{\circ}C$ počas 2 hodín, aby sa tak zabránilo nežiadúcim polymerizačným a kondenzačným a degradačným reakciám.

Hydroxymetylácia

Modifikácia sulfátového lignínu hydroxymetyláciou bola experimentálne uskutočnená modifikovaným postupom podľa (SHIMATANIHO, 1994). Podstatou hydroxymetylačnej modifikačnej úpravy je reakcia izolovaného sulfátového lignínu s fenolom, formaldehydom, metanolom a hydroxidom sodným počas 2 hodín pri teplote $80^{\circ}C$.

Hydroxymetylovaný lignín bol pripravený hydroxymetylačnou reakciou, ktorej chemizmus sa dá teoreticky odôvodniť LEDERER-MANASSOVOU REAKCIOU, na postrannom reťazci fenypropánovej jednotky lignínu prebieha Tollensova reakcia, ktorej rýchlosť a priebeh je nižší ako v prípade LEDERER-MANASSOVEJ REAKCIE pri porovnateľných podmienkach (MARTON, 1971). Karbonylové skupiny v polohe β na propánovom reťazci aktivujú vodíky na susedných uhlíkoch a umožňujú hydroxymetyláciu TOLLENSOVOU REAKCIU, ktorá ďalej môže pokračovať skríženou Cannizarovou reakciou redukciou karbonylovej skupiny (SARKANEN, 1971). Súbežne v alkalickom prostredí pri zvýšenej teplote vzniká CANNIZAROVOU REAKCIU formaldehydu – metanol a soľ kyseliny mravčej.

TERMOGRAVIMETRICKÁ ANALÝZA

Termogravimetrickou analýzou bola posudzovaná termická stabilita sulfátových výluhov a sulfátových lignínov po modifikačných reakciách – metylolácie, metylolácie s následnou acidifikáciou, hydroxymetylácie a demetylácie. Pre komparáciu boli analyzované aj vzorky pôvodných sulfátových výluhov, a zároveň aj polykondenzačné fenolformaldehydové lepidlo (PF) – pre prognózovanie spôsobu vytvrdzovania navrhnutých lepidlových zmesí, variovaných pri recipročnej náhrade pôvodného PF adhezíva pripravenými modifikačnými produktmi.

Termické charakteristiky u pripravených modifikačných produktov (sulfátových výluhov i z nich izolovaných sulfátových lignínov) majú svoje nezastupiteľné miesto pri komplexnej charakterizácii laboratórne pripravených kompozitných drevných materiálov,

(pri aplikácii pripravených lepidlových zmesí), ako aj pri posudzovaní ich požiaro-technických charakteristík.

Z termických analytických metód boli aplikované nasledovné:

- termogravimetria (TG),
- derivačná termogravimetria (DTG).

Vzorky sulfátových výluhov, modifikovaného lignínu a fenolformaldehydového lepidla Fenokol 43 boli analyzované na prístroji METTLER TOLEDO s použitím modulu TG 50 (pre TG a DTG analýzy), DSC 20 (pre DSC analýzy) s vyhodnocovacím softvérom Graph Ware TA 72.2/5 za podmienok : atmosféra: vzduch, prietok: 200 ml/min, teplotné rozmedzie: 35 – 550 °C, rýchlosť ohrevu: 10 °C/min, médium: Pt téglík.

Vyhodnotené údaje, ktoré boli zistené interpretáciou termických charakteristík z termogravimetrickej analýzy obsahuje Tab. 1 a 2. Pre komparáciu boli analyzované aj pôvodné sulfátové výluhy a fenolformaldehydové lepidlo Fenokol 43.

Tab. 1 Charakteristiky termickej degradácie - z DTG kriviek

Vzorka	T _{poč.} (°C)	T _{max.} (°C)	T _{kon.} (°C)	(dm/dt) _{max.} [mg.s ⁻¹]
PF lepidlo Fenokol 43	68,3	492,3	572,1	0,002
Sulfátový výluh pôvodný	59,6	126,0	366,1	0,005
Metylolovaný sulfát. výluh	45,0	123,7	386,3	0,005
Acidifikovaný sulfátový výluh	49,1	333,7	566,0	0,002
Sulfátový lignín	249,0	434,0	507,5	0,010
Demetylovaný lignín	216,8	417,7	512,7	0,010
Hydroxymetylovaný lignín	91,5	327,7	429,6	0,002

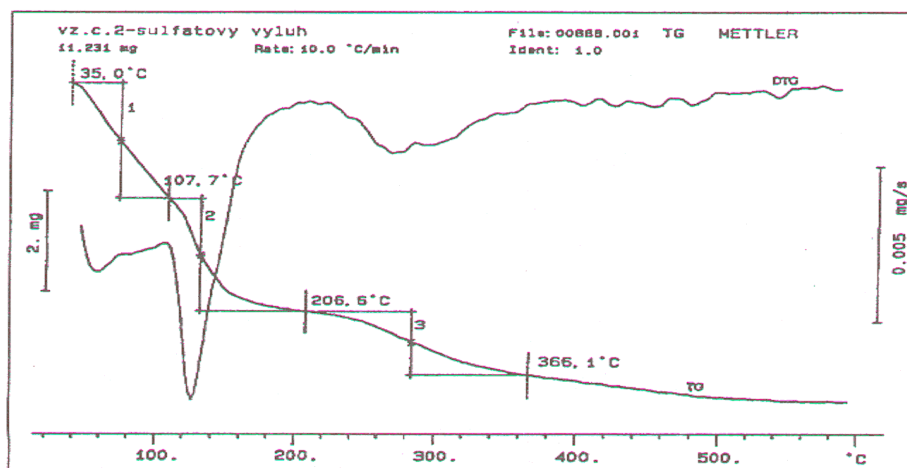
Tab. 2 Porovnanie hmotnostných úbytkov podľa stupňov termickej degradácie

Vzorka	I.stupeň rozkladu [%]	II.st. rozkladu [%]	III.st. rozkl. [%]	Δm Celkový [%]
Acidifikovaný metylol. sulf. výluh	5,71	15,37	14,80	35,88
Hydroxymetylovaný lignín	16,61	20,71	-	37,31
PF lepidlo	23,79	14,03	-	37,82
Metylolovaný sulfátový výluh	13,50	24,38	12,64	50,07
Sulfátový výluh pôvodný	19,74	20,07	11,07	50,88
Sulfátový lignín	19,74	62,80	-	82,54
Demetylovaný lignín	36,70	32,54	21,60	90,84

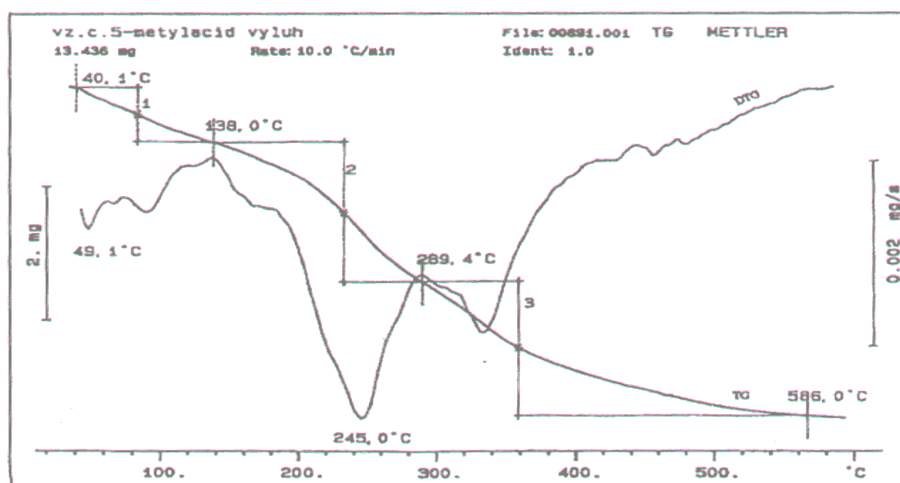
Z TG a DTG kriviek a vyhodnotených údajov termických analýz vyplynulo:

- Na základe posúdenia veľkosti **celkového hmotnostného úbytku** (Tab. 2), v sledovanom teplotnom intervale, najvýraznejší Δm bol indikovaný pri demetylovanom ligníne (90,84 %), čo prezentuje pomerne termicky nestabilný subjekt. Aj napriek pomerne vysokej teplote termickej stability (417,7 °C), najmenší Δm bol pozorovaný pri acidifikovanom výluhu (35,88 %) a PF lepidlo malo porovnateľný celkový hmotnostný úbytok ako vyzrážaný metylovaný sulfátový výluh (37,31 Termicky najstabilnejším,

z hľadiska hodnoteného kritéria, sa javil vyvráňaný metylovaný sulfátový výluh, nasledovali ďalej: hydroxymetylovaný lignín, metylovaný sulfátový výluh, izolovaný sulfátový lignín, demetylovaný lignín. TG a DTG krivky pôvodného neupraveného sulfátového výluhu a acidifikovaného modifikovaného výluhu sú na Obr. 4.4 a 4.6.



Obr. 4.4 TG a DTG krivky pôvodného sulfátového výluhu
Fig. 4.4 TG and DTG curves of kraft black liquor



Obr. 4.6 TG a DTG krivky vyvráňaného metylovaného sulfátového výluhu
Fig. 4.6 TG and DTG curves of acidified methyloated kraft black liquor

- Vyhodnotením teplôt T_{max} , kedy dochádza k maximálnemu tepelnému rozkladu analyzovanej vzorky bolo zistené, že termicky najstabilnejším zo všetkých posudzovaných vzoriek modifikovaných sulfátových výluhov a upravených lignínových preparátov je sulfátový lignín, ďalej nasledujú: demetylovaný lignín, vyvráňaný sulfátový výluh, hydroxymetylovaný lignín, pôvodný sulfátový výluh, metylovaný sulfátový výluh.
- **Obsah zvyškového uhlíka** v jednotlivých stupňoch termickej degradácie je dôležitým kritériom pre posúdenie termickej stability analyzovaných vzoriek. Z vyhodnotených termogravimetrických charakteristík vyplynulo, že najvyšší podiel (zvyškového uhlíka) $C_{rezid.}$ bol indikovaný pri vyvráňanom sulfátovom výluhu, čím potvrdil jeho pomerne

vysokú tepelnú stabilitu. Ďalej nasledovali: metylolovaný sulfátový výluh, hydroxymetylovaný lignín, pôvodný sulfátový výluh, sulfátový lignín, demetylovaný lignín.

ZÁVER

Z výsledkov dosiahnutých v rámci riešenia problematiky vedeckej štúdie vyplynuli nasledovné závery :

- ✓ Modifikačnými reakciami – metyloláciou s následnou acidifikáciou a hydroxymetyláciou je možné syntetizovať produkty, pri ktorých dôjde k zvýšeniu reaktivity k formaldehydu v porovnaní s pôvodným neupraveným čiernym sulfátovým výluhom.
- ✓ Potvrdilo sa, že neprítomnosť voľných fenolových skupín a nízky stupeň zosieťovania umožňujú využiť modifikované sulfátové výluhy ako prídavok do fenolformaldehydových polykondenzátov a nahradiť tak časť fenolovej zložky vhodne upravenými sulfátovými výluhmi, resp. lignínovými preparátmi, čím dochádza k efektívnemu zužitkovaniu uvedených odpadových produktov.
- ✓ Demetylačnou modifikačnou úpravou sa reaktivita k formaldehydu zvýšila len mierne, čo bolo spôsobené zvýšeným výskytom katecholových zoskupení v štruktúre takto upraveného sulfátového lignínu.
- ✓ Z experimentálne vyhodnotených údajov termických analýz vyplynula tendencia intenzívnej termickej degradácie pre skupinu modifikovaných sulfátových výluhov a z nich syntetizovaných lignínov, kde demetylovaný lignín pri rozklade (od 210 °C) uvoľňuje enormné množstvo tepla, čím vykazuje nepriaznivé termické charakteristiky z hľadiska požiarnej bezpečnosti.
- ✓ Výsledky termických analýz potvrdili teoretický predpoklad, že pri modifikovaných sulfátových výluhoch, resp. lignínových preparátoch dochádza v intervale 150-270 °C k odbúraniu alkyl-arylových a éterových väzieb, ktoré sú termicky najlabilnejšie.
- ✓ Pri teplotách nad 350 °C odolávajú čiastočne len modifikované sulfátové ligníny, avšak dochádza k deštrukcii éterových väzieb metoxylov.
- ✓ Termicky najstabilnejším z modifikovaných sulfátových výluhov a lignínov sa javí *vyzrážaný metylolovaný sulfátový výluh*, ktorý v kombinácii s fenolformaldehydovým lepidlom predstavuje najprogresívnejšie adhezívum pri príprave lepidlových zmesí, aplikovaných pre aglomerované a preglejované materiály.
- ✓ Efektívnym využitím odpadových produktov z celulózovo-papierenského priemyslu boli pripravené ekologicky i ekonomicky akceptovateľné progresívne kompozitné drevné materiály, so zachovaním požadovaných kvalitatívnych charakteristík.

LITERATÚRA

- [1] DOLENKO, A.J. – CLARKE, M.R.: Methylolated kraft lignin base resins. Can. Pat. Appl. 243,397.
- [2] GAMO, M.- SHIMIZU, K.: J. Adhes. Soc. Jap., 20, No. 2, 1984, 101-126.
- [3] MARTON, J.: Molecular weight of kraft lignin. TAPPI, 47, 1971, 471-476.
- [4] OLIVARES, M. ET AL.: Lignin - modified phenolic adhesives for bonding radiata pine plywood. Forest Prod. Journ., 45, 1, 1995, 63-67.

- [5] RUŽINSKÁ, E.: Modified Kraft Black Liquors for Constitution of Wood Based Composites. Proceedings from Intern. Scientific Conference "Pulp and Paper". STU ChPTF Bratislava, 2001. p. 28-33.
- [6] RUŽINSKÁ, E.: The Study of Thermal Characteristics of Modified Products Isolated from Kraft Black Liquor for Formulation of New Type of Adhesive Mixtures. Wood Research, 48(1/2): 2003, 22-35. ISSN 0012-6136.
- [7] RUŽINSKÁ, E.: Využitie lignínov zo sulfátových výluhov pre lepenie dreva pre prípravu perspektívnych drevných kompozitných materiálov. Vedecké štúdie 5/2001/B. TU Zvolen, 2005. 56 s. ISBN 80-228-1104-1.
- [8] RUŽINSKÁ, E.: Effective Utilization of Kraft Black Liquors for Wood Based Composite Materials. Papír a celulóza, 5/2002, 2002, 138-142.
- [9] RUŽINSKÁ, E.: Utilization of a new Adehsive Mixtures for the Preparation of Wood based Composites. Zborník prednášok z II. medzinárodnej vedeckej konferencie „Trieskové a beztrieskové obrábanie dreva 2000“. Starý Smokovec, 2000. p. 289-294.
- [10] RUŽINSKÁ, E.: Modifikované sulfátové výluhy pre konštituovanie drevných kompozitov. II. Časť: Termické charakteristiky. Zborník referátov z medzinárodnej vedeckej konferencie „Buničina a papier – technológie, vlastnosti, životné prostredie“. STU FCHaPT, KCHTDCaP Bratislava, 2001, 28-33.
- [11] RUŽINSKÁ, E. et al.: The Utilization of Lignins for Production of Particleboards. Zborník referátov z medzinárodnej vedeckej konferencie „Progress in the Adhesives Applied in Building Woodworking Industry“. Vyd. SGGW, Warszawa, 1998, p. 319-327.
- [12] SARKANEN, K.V.: In: Lignin - Occurence, Formation, Structure and Reactions. Sarkanen, K.V. - Ludvig, C.H., eds., Wiley - Interscience, N. York, 1971, 456 pp.
- [13] SHIMATANI, K.- SANO, Y.: Preparation of softwood kraft lignin-based cold-setting wood adhesives. Holzforschung, 49, 4, 1995, 351-357.
- [14] XINNAN, A. ET AL.: Demethylated kraft lignin as a substitute for phenol in wood adhesive. Chemistry and Industry of Forest Products, 15, 3, 1995, 36-42.

Časť riešenej problematiky príspevku je súčasťou grantovej úlohy KEGA 3/6431/08 „Stanovenie charakteristík kvantifikácie emisií a indikátorov kvality ovzdušia v podmienkach európskej legislatívy“.

Lektoroval: Ing. Petra Kvasnová, PhD.

Kontaktná adresa:

Ing. Eva Ružinská, PhD., Katedra environmentálnej techniky, Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky, Technická univerzita vo Zvolene, Štúrova 26, 960 53 Zvolen, Slovensko, evaruzin@vsld.tuzvo.sk



ZHODNOTENIE VLASTNOSTÍ VYBRANÝCH ODPADOV VZNIKAJÚCICH PRI ČINNOSTI VODOHOSPODÁRSKÝCH DIEL

PROPERTIES EVALUATION OF WASTES ORIGINATED AT ACTIVITIES OF WATER SYSTEM BUILDINGS

Maroš SIROTIK –Veronika KUPKOVÁ

ABSTRACT: The aim of this contribution is report the sediment quality guidelines, with emphasis to organic pollutants. Contaminated bottom sediments can constitute still increasive waste with dangerous properties. The sediment must be removal to guarantee the functionality of water reservoirs. By reason of this it is necessary to evaluate his potential inputs to surrounding environment. The impacts of bottom sediments to environment (in term of organic pollutants) are demonstrated by selected organic pollutants on three water reservoirs on the Slovakia - Ruzin, Zemplinska Sirava and Velke Kozmalovce water reservoirs.

Key words: bottom sediments, sediment quality guidelines, organic pollutants, Ruzin, Zemplinska Sirava and Velke Kozmalovce water reservoirs

ABSTRAKT: Príspevok sa zaoberá problematikou hodnotenia vlastností priehradných sedimentov, s dôrazom na ich kontamináciu organickými polutantmi. Kontaminované priehradné sedimenty môžu predstavovať neustále pribúdajúci odpad s nebezpečnými vlastnosťami, ktorý je z hľadiska funkčnosti vodného diela potrebné neustále odstraňovať. Z tohto dôvodu je potrebné zhodnotiť jeho potenciálne vplyvy na okolité prostredie. Hodnotenie vplyvu na životné prostredie z hľadiska ich kontaminácie organickými polutantmi je demonštrované na príklade vybraných organických polutantov z troch vodných diel na Slovensku – VD Zemplínska Šírava, VD Ružín a VD Veľké Kozmálovce.

Kľúčové slová: dnové sedimenty, metodiky hodnotenia kvality sedimentov, organické polutanty, VD Ružín, VD Zemplínska Šírava, VD Veľké Kozmálovce

1 ÚVOD

Dnové sedimenty sú médium, ktoré akumuluje polutanty z vodného prostredia (patogénny, nutrienty, kovy či organické chemikálie) a tak sa často samo stáva zdrojom kontaminácie okolitého životného prostredia. Jeho vplyv na okolitý ekosystém, najmä však vplyv na bentické organizmy bol popísaný viacerými autormi (Fletcher, Reynoldson a Taylor 2001, Roman et al. 2007). Ide pritom o obrovské množstvá špecifického odpadu, napr. Pavlík (1998) uvádza priemerný prírastok sedimentov vo VD Zemplínska Šírava 181 818 m³ za rok. S ťažbou a manipuláciou so sedimentom úzko súvisí narušenie „zakonzervovaného“ statického stavu, ktoré vzhľadom na nedostatočné definovanie naakumulovaných organických látok v sedimentoch môže predstavovať značné riziká.

2 METÓDY ZHODNOTENIA KVALITY DNOVÝCH SEDIMENTOV

V súčasnosti existuje niekoľko desiatok metodík hodnotenia kvality sedimentov (SQG) a metodík narábania s kontaminovaným sedimentom. Pôvodne bola kontaminácia sedimentu určená porovnaním koncentrácie jednotlivých chemických individuí znečisťujúcich látok v sedimente s pozadovými alebo referenčnými hodnotami. Príkladom takéhoto

hodnotenia je Nórsky klasifikačný systém hodnotenia. Tento prístup však neprináša možnosť širšej interpretácie predpokladaného vplyvu kontaminovaného sedimentu na ekosystém. Od zhruba osemdesiatych rokov sa SQG zameriava najmä na hodnotenie biologického vplyvu. Príkladom takéhoto hodnotenia sú Kanadské a Holandské kritériá. Limity boli stanovené na základe empirických pozorovaní miery kontaminácie sedimentu a jeho pozorovaného toxického vplyvu. SQG sú vhodné pre jednotlivé chemické individuá (dosiahla sa dobrá zhoda medzi laboratórnymi a poľnými experimentmi), nie však pre zmesi chemických látok.

Bioprístupnosť jednotlivých chemických látok v sedimente je závislá od sorpčných rovnováh (Conrad, Combera a Simkissb, 2002). Ide najmä o schopnosť sedimentu pútať organické látky (závisí najmä od obsahu a kvality sedimentárnej organickej hmoty) ako aj vlastností organickej látky (najmä miery lipofilnosti) (Hiller a Bartaľ, 2005). S rozvojom poznania v oblasti sorpčných procesov organických látok sa rozvíjala aj možnosť aplikácie sorpčných modelov pre hodnotenie kvality sedimentov a pre identifikáciu kontaminovaných lokalít. Príkladom hodnotenia je metodika „Equilibrium Partitioning Approach“, ktorá určuje limitné hodnoty znečistenia sedimentu pre konkrétny sediment. Limitnou hodnotou je taký obsah kontaminujúcej látky v sedimente, pri ktorom sa na základe ustálenia sorpčnej rovnováhy medzi sedimentom a vodnou fázou dosiahne zhoršenie kvality vody o jeden stupeň (Webster a Ridgway, 1994).

2.1 Nórsky systém hodnotenia

Hodnotenie kvality sedimentov v Nórsku je súčasťou Nórskeho akčného plánu pre kontaminované sedimenty - *Provincial Sediment Quality Guidelines* z roku 1995. Klasifikácia je založená na koncentrácii látok a nezahrňuje možné biologické škody. Systém obsahuje 5 klasifikačných tried – 1.trieda (good), 2.trieda (fair), 3.trieda (poor), 4.trieda (bad), 5.trieda (very bad). (Krijgsman, 1996).

2.2 Kanadský systém hodnotenia

V rámci hodnotenia kvality sedimentov „*Canadian Sediment Quality Guideline for the protection of Aquatic Life*“ používa namerané (absolútne) hodnoty jednotlivých ukazovateľov.

- *TEL* Threshold Effect Level je koncentrácia pri prekročení ktorej vznikne nepriaznivý biologický vplyv. Pri nižších hodnotách ($< TEL/ISQG$) vzniká nepriaznivý vplyv len zriedkavo.
- *PEL* Probable Effect Level je koncentrácia, pri ktorej prekročení ($> PEL$) sa očakáva, že nepriaznivý vplyv je možné očakávať často.

Príslušné koncentrácie látok pre TEL a PEL boli odvodené z toxikologických informácií podľa *National Status and Trends Program* a *Spiked Sediment Toxicity Test*.

2.3 Holandský systém hodnotenia

Holandské hodnotenie (General Environmental Quality Standard, prebrané do Metodického pokynu MZP SR z 27.8.1998 č.549/98-2 na hodnotenie rizík zo znečistených sedimentov vodných tokov a nádrží) uplatňuje trojzložkový systém – hodnotenie chemického zloženia sedimentu, testov toxicity a vyhodnotenie benthického oživenia. Hodnoty

pre špecifické organické látky sa musia konvertovať so zohľadnením obsahu TOC konkrétneho dnového sedimentu. Výsledkom je posúdenie environmentálneho rizika:

- *Zanedbateľné riziko* – koncentrácia znečisťujúcej látky nepresahuje cieľové hodnoty, ktoré sa blížila nenarušenému prírodnému prostrediu reprezentovanému nekontaminovaným sedimentom. Hodnota predstavuje 1/100 maximálne prípustnej koncentrácie a je odvodená z ekotoxikologických testov. Zabezpečuje 100 %-né prežitie vodných organizmov.
- *Maximálne prípustné riziko* – neprekročená hodnota maximálne prípustnej koncentrácie látky v sedimente, prekročenie ktorej vyvoláva v danom ekosystéme neprijateľné riziko. V kritériách bolo stanovené na hladine zabezpečujúcej prežitie 95 % všetkých organizmov. Predpokladá sa, že pri tejto úrovni sa ešte ekosystém môže nerušené rozvíjať a fungovať.
- *Závažné riziko* - koncentrácia znečisťujúcej látky presahuje intervenčné hodnoty. Tie vychádzajú z ekotoxikologických testov a zabezpečujú ochranu len 50 % všetkých živočíšnych druhov ekosystému.

V rámci hodnotenie rizika existuje aj oblasť kde environmentálne riziko nie je definované – oblasť v intervale MPC a IV, ktorá môže slúžiť pri rozhodovaní o nakladaní so sedimentom.

2.4 Slovenský systém hodnotenia

Zákon 188/2003 Z.z. o aplikácii čistiarenského kalu a dnových sedimentov do pôdy a o doplnení *Zákona č.223/2001 Z.z. o odpadoch* v znení neskorších predpisov je hodnotenie postavené na koncentračných limitoch. Sediment obsahujúci znečisťujúce organické látky pod stanovenou maximálne prípustnou koncentráciou môže byť aplikovateľný na pôdu.

2.5 Metodika Equilibrium Partitioning Approach

Metodika Equilibrium Partitioning Approach (EqPA) je postavená na výpočte maximálne prípustnej koncentrácie (MPK) polutantu v dnovom sedimente z MPK polutantu v povrchovej vode (tieto limity sú známe, časom overené a zohľadňujú regionálny charakter biocenóz a chemizmus povrchových vôd):

$$C_s = K_{oc} C_w TOC$$

Ak poznáme hodnotu rozdeľovacieho koeficientu (normalizovaného na 100 % obsah organickej hmoty) organického polutantu (K_{oc}), maximálnu prípustnú koncentráciu polutantu vo vode (C_w) a obsah organického uhlíka v hodnotenom sedimente (TOC), môžeme vypočítať najvyššiu prípustnú koncentráciu polutantu v hodnotenom sedimente (C_s), pri ktorej kontaminovaný sediment prostredníctvom sorpčno - desorpčných procesov môže ohroziť kvalitu povrchových vôd. (Webster a Ridgway, 1994)

3 MATERIÁL A METÓDY

Pre zhodnotenie možnosti využitia rôznych metódik hodnotenia kontaminácie dnových sedimentov organickými látkami na interpretáciu ich potenciálneho vplyvu

na okolité prostredie boli zvolené:

- Nórske hodnotenie (*Provincial Sediment Quality Guidelines* z roku 1995),
- Kanadské hodnotenie (*Canadian Sediment Quality Guideline for the protection of Aquatic Life*),
- Holandské hodnotenie (*General Environmental Quality Standard*, prebrané do Metodického pokynu MZP SR z 27.8.1998 č.549/98-2 na hodnotenie rizík zo znečistených sedimentov vodných tokov a nádrží),
- Slovenské hodnotenie (*Zákon 188/2003 Z.z. o aplikácii čistiarenskeho kalu a dnových sedimentov do pôdy* a o doplnení *Zákona č.223/2001 Z.z. o odpadoch v znení neskorších predpisov*),
- metodika „*Equilibrium Partitioning Assesment*“ - koncentračné limity vybraných organických polutantov boli vypočítané z odporúčanej hodnoty pre povrchové vody podľa Prílohy č. 1 k nariadeniu vlády č. 491/2002 Z.z. Výsledky hodnotenia boli spracované graficky ako $C_s = f(TOC)$.

Ako zdrojové údaje sa využili výsledky z prieskumu kontaminácie VD Zemplínska Šírava, VD Veľké Kozmálovce a VD Ružín v sedimentačných nádržiach na prítokoch Hornád a Hnilec. Výsledky prieskumu sú uvedené v Sirotiak (2005). V rámci prieskumu sa hodnotilo 51 ukazovateľov, z ktorých sme vybrali nasledovné organické polutanty: benzo(a)pyrén, fluorantén, naftalén, suma PCB, hexachlórbenzén a pesticíd lindan.

4 VÝSLEDKY A DISKUSIA

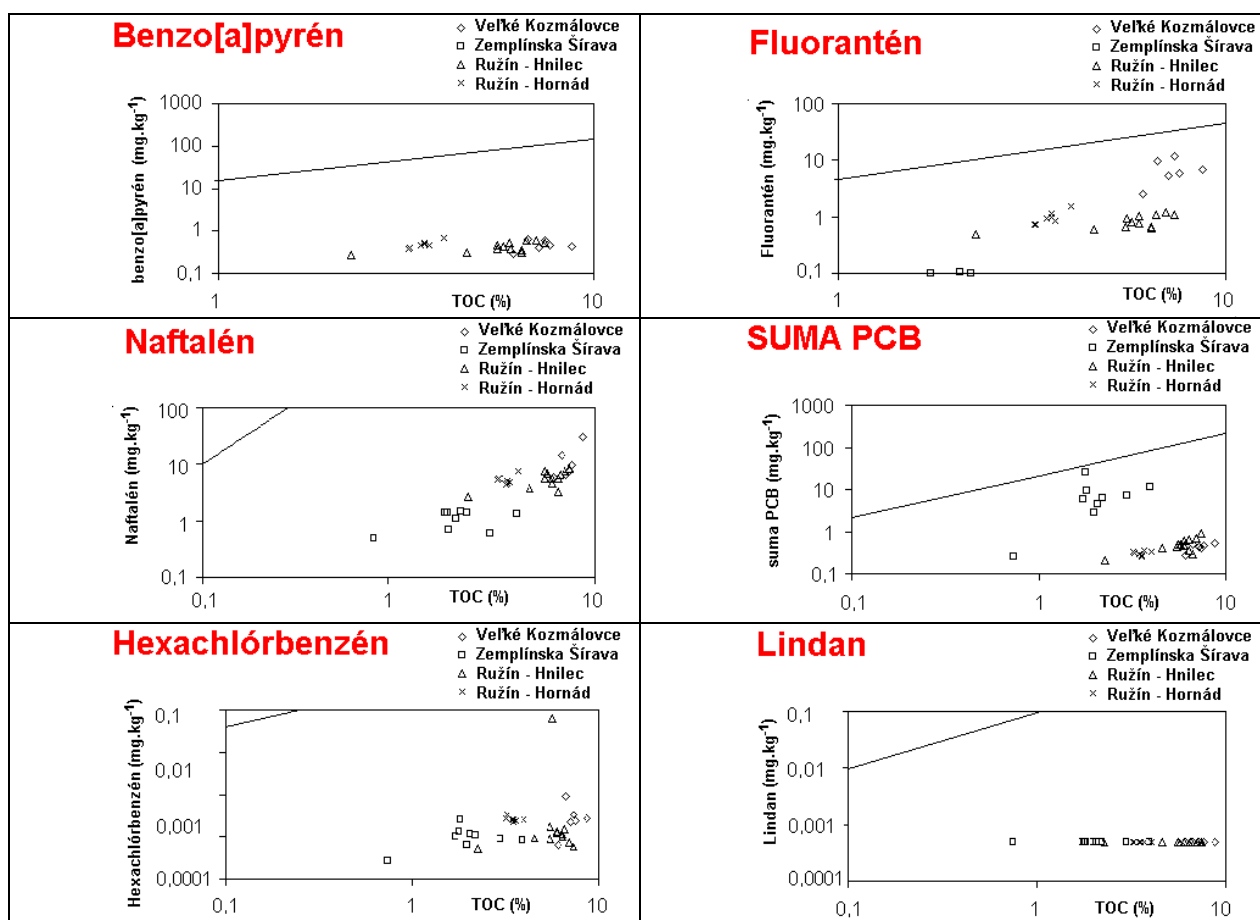
V tabuľke 1 je uvedené zatriedenie jednotlivých ukazovateľov do príslušných kategórií podľa rôznych metodík hodnotenia kvality sedimentov. Už na prvý pohľad je možné pozorovať rozporuplnosť v hodnotení rizika. Napríklad, sediment VD Ružín I: sedimentačná nádrž na rieke Hnilec v sledovaných ukazovateľoch dosahuje podľa nórskeho systému hodnotenia piaty (najhorší) stupeň, podľa kanadského systému hodnotenia možno nepriaznivý biologický vplyv možno očakávať často, podľa holandského systému hodnotenia v ukazovateľoch hexachlórbenzén a lindan dosahuje intervenčných hodnôt, pri ktorých je potrebné vypracovať návrh sanačných opatrení (sediment predstavuje závažné riziko). Naproti tomu je takýto sediment možné aplikovať na pôdu. Podobné zistenie možno pozorovať aj pri hodnotení ostatných vodných diel.

Východiskom môže byť posúdenie sorpčnej kapacity sedimentu vo vzťahu k organickému polutantu. Takéto hodnotenie bolo vykonané pre ukazovatele benzo[a]pyrén, fluorantén, naftalén, suma PCB, hexachlórbenzén a lindan. Ukazovatele neprekročili limitné hodnoty a teda nepredstavujú riziko z hľadiska ohrozenia povrchových vôd. Problematické však môžu byť obsahy kongenéro PCB v centrálnej časti VD Zemplínska Šírava, kde už sorpčná kapacita sedimentu neumožňuje prijať väčšie množstvá tohto polutantu.

Tabuľka 1 Štatistické spracovanie a zhodnotenie kvality dnových sedimentov vo vybraných ukazovateľoch rôznymi metodikami hodnotenia

Ukazovateľ		min.	max.	priemer	medián	Kanadské hodnotenie	Nórske hodnotenie	Holandské hodnotenie	Slovenské hodnotenie
VD Ružín I: sedimentačná nádrž na rieke Hnilec									
Benzo[a]pyrén	mg kg ⁻¹	0,272	0,606	0,419	0,405	TEL-PEL	4.trieda		
Fluorantén	mg kg ⁻¹	0,492	1,071	0,799	0,783	TEL-PEL			
Naftalén	mg kg ⁻¹	0,026	0,074	0,055	0,057				
SUMA PCB	mg kg ⁻¹			0,045		PEL	3.trieda		áno
SUMA 6 PCB	mg kg ⁻¹			0,016				TV	
SUMA 7 PCB	mg kg ⁻¹			0,019				MPC	
Hexachlórbenzén	mg kg ⁻¹	0,0005	0,6390	0,0649	0,0011		5.trieda	IV	
Lindan	mg kg ⁻¹	0,0005	0,6390	0,0649	0,0011	PEL		IV, TVd	
VD Ružín I: sedimentačná nádrž na rieke Hornád									
Benzo[a]pyrén	mg kg ⁻¹	0,387	0,680	0,487	0,472	TEL-PEL	4.trieda		
Fluorantén	mg kg ⁻¹	0,723	1,569	0,989	0,921	TEL-PEL			
Naftalén	mg kg ⁻¹	0,043	0,077	0,053	0,050				
SUMA PCB	mg kg ⁻¹			0,031		PEL	2.trieda		áno
SUMA 6 PCB	mg kg ⁻¹			0,023				MPC	
SUMA 7 PCB	mg kg ⁻¹			0,029				MPC	
Hexachlórbenzén	mg kg ⁻¹	0,0022	0,0033	0,0026	0,0026		3.trieda	MPC	
Lindan	mg kg ⁻¹	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	TEL/ISQG		MPC	
VD Zemplínska Šírava									
Benzo[a]pyrén	mg kg ⁻¹	0,005	0,055	0,036	0,029	TEL-PEL	2.trieda		
Fluorantén	mg kg ⁻¹	0,009	0,103	0,069	0,056	TEL/ISQG			
SUMA PCB	mg kg ⁻¹			0,081		PEL	5.trieda		áno
SUMA 6 PCB	mg kg ⁻¹			0,080				MPC	
SUMA 7 PCB	mg kg ⁻¹			0,091				MPC, TVd	
Hexachlórbenzén	mg kg ⁻¹	0,0003	0,0026	0,0011	0,0009		2. trieda	MPC	
Lindan	mg kg ⁻¹	0,0003	0,0026	0,0011	0,0009	TEL-PEL		IV	
VD Veľké Kozmálovce									
Benzo[a]pyrén	mg kg ⁻¹	0,294	0,636	0,473	0,444	TEL-PEL	4.trieda		
Fluorantén	mg kg ⁻¹	2,580	11,720	6,982	6,395	PEL			
SUMA PCB	mg kg ⁻¹			0,043		PEL	3.trieda		áno
SUMA 6 PCB	mg kg ⁻¹			0,015				TV	
SUMA 7 PCB	mg kg ⁻¹			0,018				MPC	
Hexachlórbenzén	mg kg ⁻¹	0,0007	0,0092	0,0034	0,0026		3.trieda	TV	
Lindan	mg kg ⁻¹	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	TEL/ISQG		MPC	

Pozn. Hodnotenie podľa hol. kritérií je po normalizácii na TOC. SUMA 6 PCB predstavuje súčet koncentrácií PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153. SUMA 7 PCB predstavuje súčet koncentrácií PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153, PCB 180.



Obrázok 1 Zhodnotenie kontaminácie dnových sedimentov vybranými polutantmi podľa metodiky EqPA. Hodnoty pod krivkou nepredstavujú riziko ohrozenia kvality vody prostredníctvom sorpčno – desorpčných procesov

5 ZÁVER

Pri činnosti vodohospodárskych diel vznikajú veľké množstvá špecifického odpadu – dnových sedimentov. Ich vlastnosti sa hodnotia viacerými uznávanými metodikami, ktoré však nie vždy umožňujú jednoznačnú interpretáciu rizika vyplývajúceho z kontaminovaného sedimentu, resp. rizika pri nakladaní s ním. Výhodiskom by mohlo byť posúdenie sorpčných vlastností sedimentu, určenie medznej hodnoty pri ktorej by zo sedimentu uvoľnený polutant mohol preniknúť do vodného prostredia a nepriaznivo ovplyvniť okolité životné prostredie.

LITERATÚRA

- [1] FLETCHER, R, REYNOLDSON, T. B. A. TAYLOR, W. D 2001: The use of benthic mesocosms for the assessment of sediment contamination. *Environmental Pollution*, 115, 2, 173 –182.
- [2] ROMAN, Y.E, DE SCHAMPHELAERE, K.A.C., NGUYEN, L.T.H. A JANSSEN, C.R. 2007: Chronic toxicity of copper to five benthic invertebrates in laboratory-

-
- formulated sediment: Sensitivity comparison and preliminary risk assessment. *Science of The Total Environment*, 87, Issues 1-3, 128 –140.
- [3] PAVLÍK, K. 1998: Nádrž Zemplínska Širava – Aktualizácia čiar objemov. Závěrečná správa. Geo-hydro, Bratislava, 30 s.
 - [4] CONRAD, A. U., COMBERA, S. D. A SIMKISSB, K. 2002: Pyrene bioavailability; effect of sediment–chemical contact time on routes of uptake in an oligochaete worm. *Chemosphere*, 49, 5, 447 – 454.
 - [5] HILLER, E. A BARTAL, M. 2005: Sorpčné správanie polycyklických aromatických uhľovodíkov (PAU) v pôdach. *J.Hydrol.Hydromech.*, 53,2,113 – 127.
 - [6] WEBSTER, J. A RIDGWAY, I. 1994: The Application of the Equilibrium Partitioning Approach for Establishing Sediment Quality Criteria at Two UK Sea Disposal and Outfall Sites. *Marine Pollution Bulletin*, 28, 11, 653 – 661.
 - [7] KRIJGSMAN, A., 1996: Classification System for Sediment Quality and Dredged Material Handling, Disposal and Beneficial Use in the Netherlands. Department of Port Maintenance, Port of Rotterdam, November 1996.
 - [8] Metodický pokyn MZP SR z 27.8.1998 č.549/98-2 na hodnotenie rizík zo znečistených sedimentov vodných tokov a nádrží.
 - [9] Zákon 188/2003 Z.z. o aplikácii čistiarenskeho kalu a dnových sedimentov do pôdy.
 - [10] Nariadenie vlády č. 491/2002 Z.z. ktorým sa ustanovujú kvalitatívne ciele povrchových vôd a limitné hodnoty ukazovateľov znečistenia odpadových vôd a osobitných vôd.
 - [11] SIROTIK, M. 2005: Zhodnotenie kontaminácie vodných diel Veľké Kozmálovce, Ružín a Zemplínska Širava organickými polutantmi. In: *Sedimenty vodných nádrží a tokov. Zborník prednášok z konferencie s medzinárodnou účasťou.* Slovenská vodohospodárska spoločnosť ZSVTS pri VUVH Bratislava, ISBN 80 – 89062 – 41 – 5, s. 97 – 105.

Lektoroval: Ing. Petra Kvasnová, PhD.

Kontaktná adresa:

RNDr. Maroš Sirotiak, Ústav bezpečnostného a environmentálneho inžinierstva, Materiálovo-technologická fakulta STU v Bratislave so sídlom v Trnave. Botanická 49, 917 24 Trnava



ZHODNOTENIE UZATVORENIA MESTSKEJ SKLÁDKY ODPADOV

VALUATION OF ABANDONMENT OF THE MUNICIPAL WASTE DUMP

Maroš SOLDÁN

ABSTACT: The goal of this work is evaluation of the situation of town waste dump, solution of the potencial closure and proposal for using not dangerous wastes at dump in the location Bobogdány in the town Šaštín – Stráže.

Technical states are not suitable for the conditions of the present legislation and it is necessary to propose such a solution that the dump of not dangerous wastes could be able to operate on. The dump should not unfavourably influence the environment and at the same time has to be in accordance with the valid legislation.

Keywords: waste, dump, abandonmnet

ABSTAKT: Cieľom príspevku je zhodnotenie stavu mestskej skládky odpadov, riešenie jej prípadného uzatvorenia a návrh využitia skládkovaných odpadov na skládke nie nebezpečných odpadov v lokalite Bobogdány, mesta Šaštín – Stráže.

Technický stav nevyhovuje podmienkam súčasnej legislatívy a bolje potrebné navrhnuť také riešenie, aby skládka nie nebezpečných odpadov bola schopná ďalšej prevádzky, nepriaznivo nevplývala na životné prostredie a zároveň bola v súlade s platnou legislatívou.

Kľúčové slová: odpad, skládka, uzatvorenie

ÚVOD

V súčasnosti je na Slovensku v prevádzke 161 skládok odpadov. Skládky, ktoré po roku 2008 nebudú spĺňať kritériá právnych predpisov odpadového hospodárstva, budú musieť ukončiť prevádzku, uzatvoria sa, zrekultivujú a budú sa ďalej monitorovať.

Odpady možno skládkovať iba po úprave, okrem inertného odpadu a odpadu, ktorého úprava nie je technický možná alebo nezabezpečí zníženie množstva odpadov, ani nezamedzí ohrozeniu zdravia ľudí alebo životného prostredia. Po prevzatí sa odpad ukladá po vrstvách, zhutňuje sa a prekrýva.

Aj keď sa skládkovanie odpadov v zmysle právnych predpisov a koncepčných materiálov odpadového hospodárstva považuje za posledný článok reťazca nakladania s odpadom - najlepšie by bolo, keby odpad vznikol v čo najmenšej miere, a keď už vznikne, aby sa prednostne materiálovo alebo energeticky zhodnocoval, na čo slúži aj separovaný zber - skládky odpadov stále zostávajú základným druhom zneškodňovacích zariadení pre väčšinu nevyužiteľného odpadu na našom území.

V blízkej budúcnosti by mal význam skládok odpadov klesať, čo je aj v súlade s koncepčnými zámermi Európskej únie. Zavádzaním najlepších dostupných techník (BAT) sa bude totiž znižovať produkcia priemyselného odpadu a veľké množstvo zneškodňovaného komunálneho odpadu, ako produktu konzumnej spoločnosti, sa bude znižovať separovaným zberom a následným využitím odpadu.

Popis skládky

Podložie skládky, ani v dobe výstavby nespĺňalo požiadavky prirodzenej geologickej bariéry, bolo nutné realizovať umelú bariérovú ochranu telesa skládky. Na tento účel bol použitý výrobok Texlen n. p. Trutnov s obchodným názvom Netex F 101. Podľa projektu bola fóliová bariéra pokrytá ílovou ochrannou vrstvou v hrúbke 40 cm, dovezenou z neďalekého zemníka Stará tehelná.

Z pohľadu súčasných predpisov je potrebné v prípade nevyhovujúceho podložia budovať umelú minerálnu bariéru v dvoch vrstvách po 25 cm, na ktorú geotextíliou chránenú uložíme fóliovú bariéru.

Ak porovnáme stavebné riešenie spred 18 rokov, musíme konštatovať pomerne vzácnu zhodu v nárokoch na izoláciu. Rozdiely sú dva, a to v hrúbke umelej ílovej bariéry (- 10 cm) a v poradí uloženia. Výsledný efekt ochrany preto nebude principiálne odlišný. Treba samozrejme brať do úvahy aj kvalitu použitej fólie.

Monitorovací systém telesa skládky

Pozorovania budú realizované v zmysle požiadavky nových právnych predpisov v kontinuálnom sledovaní 4 ukazovateľov, a to:

a.) Meteorologické údaje, z ktorých sa denne budú získavať informácie o aktuálnom stave zrážkovej činnosti, teplota, smer a sila prevládajúceho vetra, vyparovanie a vlhkosť vzduchu.

Tieto údaje bude potrebné získavať aj po uzatvorení skládky, avšak vo väčších časových intervaloch nasledovne:

- množstvo zrážok denne v mesačných súčtoch,
- teplota v mesačnom priemere,
- smer a sila prevládajúceho vetra sa nevyžaduje,
- vyparovanie denne v mesačných súčtoch,
- vlhkosť vzduchu v mesačných priemeroch.

b.) Emisné údaje sledovať v ukazovateľoch množstva priesakových kvapalín, v ich zložení, v množstve a zložení povrchových vôd a sledovať potenciálne emisie plynov. Náročnosť na frekvenciu v porovnaní s meteorologickými údajmi klesla na raz mesačne až raz za štvrťrok. Po uzatvorení skládky nám postačí polročný interval sledovania týchto parametrov.

c.) Ochrana podzemných vôd má presné zásady, ktoré definuje vyhláška MŽP SR č. 409/2006. Merania sa budú vykonávať najmenej v troch meracích miestach, pričom jedno meracie miesto bude v oblasti prítoku do skládky odpadov a dve v oblasti výtoku zo skládky odpadov. Pred začiatkom skládkovania budú odobrané vzorky podzemných vôd na analýzy, ako referenčné hodnoty na budúce vzorkovanie.

Parametre, ktoré sa majú analyzovať v odobratých vzorkách musia byť odvodené od očakávaného zloženia priesakových kvapalín a kvality podzemných vôd v okolí.

Môžu tiež zahŕňať indikačné parametre, z ktorých odporúčané sú: pH, celkový obsah organického uhlíka, fenoly, ťažké kovy, fluoridy, AS, aniónaktívne tenzidy, ropné látky – uhlíkovodíky. Úroveň hladiny podzemnej vody sa meria každých 6 mesiacov aj počas prevádzky aj po uzavretí skládky. Pozorovania sa budú vyhodnocovať pre každú monitorovaciu sondu.

Výsledky týchto meraní budú rozhodujúcim podkladom pre spätnú väzbu na ekologickú prevádzku skládky.

- d.) Topografia skládky odpadov je úplne novým prvkom pozorovania. Parametre prvých troch skupín sa vlastne v predošlom období tiež hodnotili, ale len v dlhodobom pozorovaní SHMÚ, prípadne ako štatisticky spracované údaje.

Údaje o skládkovaní v zmysle priestorového rozloženia navážania odpadov a sadanie úrovně telesa skládky, to sú parametre, ktorých pozorovanie má veľmi silnú spätnú väzbu na systém prevádzky skládky a jeho racionalizáciu.

Počas prevádzky skládky budú jeden krát ročne sledované údaje o štruktúre a zložení telesa skládky odpadov ako podklad pre situačný plán skládky – plocha pokrytá odpadom, objem a zloženie odpadu, miesto uloženia odpadu, metódy ukladania odpadu, čas a trvanie ukladania odpadu, výpočet voľnej kapacity skládky a pod.

Jedenkrát ročne počas prevádzky skládky odpadov a po jej uzatvorení budeme merať sadanie úrovně telesa skládky

V nasledujúcej tabuľke sú uvedené výsledky rozborov, jednotlivých požadovaných parametrov vykonávaných bezprostredne po vybudovaní pozorovacích objektov v roku 1995, z druhého odberu v minulom roku a terajšieho odberu v roku 2008. Na porovnanie udávam aj prípustné medzné hodnoty pre pitnú vodu v zmysle Vyhlášky MZ SR č. 151 o požiadavkách na pitnú vodu a kontrolu kvality pitnej vody, resp. v zmysle STN 75 7111 Kvalita vody – Pitná voda.

Ukazovatele	jednotka	rok 1995	II. odber 2007	I. odber 2008	Pitná voda
Farba	mg Pt.l 1–	5	<12	24,7	20
Zákal	ZF	41	164	0,95	5
Zápach	stupeň	2	0	bez pachu	bez pachu
pH	bez jednotky	7,3	7,13	7,02	6,5-8,5
merná vodivosť pri 25 °C	mS.m 1–	153	138,7	129,6	125,0
CHSKSKr	mg.l 1–	-	9,44	<10	nesledované
NEL-UV	mag.l 1–	-	0,32	<0,1	0,05
chróm/Cr/ VI	mg.l 1–	-	<0,006	<0,006	nesledované

Uzatvorenie skládky

Uzavretie skládky mesta Šaštín – Stráže by bolo veľmi nákladné. Vzniknutý komunálny odpad by nebolo kam umiestňovať a musel by sa zväzovať spoločnosťou ASA Zohor na skládku odpadov v Zohore. Toto riešenie by bolo príliš nákladné na dopravu, a tým by sa zvýšili aj poplatky na občana za odvoz odpadu, čo by mohlo mať negatívny vplyv na životné prostredie tvorbou nelegálnych skládok.

Na základe zistení považujeme za optimálne rozčleniť priestor telesa skládky na niekoľko funkčne samostatných priestorov. Prikláňame sa k názoru, že určujúcim aspektom tohto členenia bude situatívne umiestnenie vyústenia drenážneho systému skládky do akumuláčnych priestorov.

Takto je teda celé teleso skládky rozdelené na:

- priestor s prirodzeným gravitačným odvodnením do vybudovaných akumulčných priestorov a
- priestor s voľným gravitačným odtokom do okolia pod skládkou.

Takéto jednoduché riešenie je vlastne určujúcou hranicou prvotného členenia priestoru skládky na:

- priestor určený pre inertný odpad, kde legislatíva nepredpisuje budovať odvodnenie skládkového priestoru a
- priestor určený pre komunálny odpad, kde jednou z rozhodujúcich podmienok prevádzky je funkčný a účinný odvodňovací systém.

Situatívne umiestnenie inertného odpadu v najnižšej časti skládky je okrem ekologickej prijateľnosti výhodné aj ako stabilizačný prvok takejto skládky. V čase privalových zrážok vôd totiž pôsobí ako veľmi účinná protierozívna ochrana účinne eliminujúca prípadné zosuvy komunálneho odpadu.

Skládka nie nebezpečného odpadu, ktorá by bola oddelená od skládky inertného odpadu zemnou rozdeľovacou hrádzkou, však v súčasnosti nevyhovuje platným legislatívnym požiadavkám na ďalšiu prevádzku. Dôraz na separáciu odpadov, materiálové využitie odpadov a minimalizáciu odpadov zneškodňovaných na skládke, vyvolá potrebu riešiť organizáciu skládkovania tak, aby uvedené tri základné požiadavky boli splnené.

ZÁVER

Po posúdení považujeme možnosť plynulého pokračovania prevádzky skládky Bobogdány z hľadiska všetkých zložiek ochrany životného prostredia v podmienkach v súčasnosti platných právnych predpisov s dôrazom na kvalifikované porovnanie rozdielov zákona o odpadoch v čase výstavby tejto skládky a aktuálnej legislatívy za reálnu.

Umiestnenie skládky je vhodné, neohrozuje vodné zdroje, z estetického hľadiska skládka nepôsobí rušivo na svoje okolie. Výsledkom odberových vzoriek som potvrdil že skládka nie nebezpečných odpadov v lokalite Bobogdány, mesta Šastín – Stráže nepôsobí škodlivo na životné prostredie a neohrozuje zdravie ľudí.

LITERATÚRA

- [1] SOLDÁN, M., SOLDÁNOVÁ, Z., MICHALÍKOVÁ, A: *Ekologické nakladanie s materiálmi a odpadmi*. Bratislava: STU Bratislava 2005, s. 7.
- [2] HAVLÍK, T: *Spracovanie a detoxikácia odpadov*, ELFA, Košice 1997, s. 61 – 77.
- [3] ŠOPINEC, F.: *Skládkovanie stále najpoužívanejší spôsob zneškodňovania odpadov*. Enviromagazín MČ 2/2005, s.10 –11.
- [4] KUNIK, J.: *Nový projekt rekultivácie*. 21. storočie 1/2005, ročník VIII, s.16 – 17.

Lektoroval: Ing. Eva Ružinská, PhD.

Kontaktná adresa:

Doc. Ing. Maroš Soldán, PhD., Ústav bezpečnostného a environmentálneho inžinierstva MTF STU, Botanická 49, 917 24 Trnava

Názov	TECHNIKA ODPADOVÉHO HOSPODÁRSTVA 2008 Medzinárodný seminár
Náklad	30 CD
Rozsah	158 strán Rukopis neprešiel jazykovou úpravou.
Vydanie	I. – 2008
Editori	doc. Ing. J. Černecký, CSc., Ing. E. Ružinská, PhD.
Grafická úprava	A. Katriňáková, Ing. P. Kvasnová, PhD.
ISBN	978-80-228-1914-5