

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



Medzinárodný seminár

**NOVÉ TRENDY V TECHNIKE OCHRANY
OVZDUŠIA
2009**



16. jún 2009

Zvolen, Slovenská republika

ISBN 978-80-228-2003-5



Vedecký garant seminára / Scientific guarantor

doc. Ing. Jozef Černecký, CSc.

Katedra environmentálnej techniky, Zvolen, Slovenská republika

Technický garant seminára / Technical guarantor:

Ing. Petra Kvasnová, 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

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

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

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

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

Odborné zameranie seminára

Seminár NOVÉ TRENDY V TECHNIKE OCHRANY OVZDUŠIA 2009 je zameraný na technológie a zariadenia slúžiace na meranie, vyhodnocovanie a znižovanie emisií tuhých a plyných znečisťujúcich látok, ako aj na fyzikálne a fyzikálno-chemické princípy detekcie znečisťujúcich látok vo vonkajšom a pracovnom prostredí, v technologických zariadeniach a vybraných prevádzkach.

Main Topics of the Seminar

The NEW TRENDS IN THE AIR PROTECTION TECHNOLOGY 2009 seminar is aimed at the technologies and equipment for measurement, evaluation and emission minimizing of solid and gaseous pollutants as well as at the physical and physical-chemical principles of pollutant detection in the external environment and working environments, in technological equipments and selected plants.

Organizačný výbor seminára / Management Comitee of the Seminar

Adriana Katriňáková

Mgr. Kristína Králová

Ing. Petra Kvasnová, PhD.

Ing. Viliam Mračna, CSc.

Ing. Andrea Neupauerová, PhD.

Ing. Katarína Plandorová

Recenzenti článkov:

doc. Ing. Jozef Černecký, CSc.

Ing. Petra Kvasnová, PhD.

Ing. Andrea Neupauerová, PhD.

Ing. Viliam Mračna, CSc.

Ing. Eva Ružinská, PhD.



OBSAH

Lenka BLINOVÁ – Slávka FILICKÁ – Tomáš BOLEMAN – Jozef FIALA

ÚČINOK OZÓNU NA PRCHAVÉ ORGANICKÉ LÁTKY V TUHOM ZVÝŠKU PO KYSLEJ HYDROLÝZE LIGNOCELULÓZOVEJ BIOMASY 5

Jozef ČERNECKÝ – Zuzana BRODNIANSKÁ – Ján KONIAR

VÝSKUM TLAKOVÝCH POMEROV VO FILTRAČNEJ HADICI 12

Marián ČERY - Ivan JANOŠKO

ZNEŠKODŇOVANIE NEBEZPEČNÝCH ODPADOV ŽIVOČÍŠNEHO PÔVODU 18

Daniela ĎURČANSKÁ

HODNOTENIE ZNEČIŠŤOVANIA OVZDUŠIA V MESTE TUHÝMI ČASTICAMI 25

Stanislav HOSTIN – Maroš LÁTAL – Anna MICHALÍKOVÁ – Maroš SOLDÁN

REDUKCIA EMISIÍ SPALŔOVANIA KALOV Z ČISTIARNE ODPADOVÝCH VÔD V PETROCHEMICKOM PRIEMYSE 32

Peter KOŠÍK – Iveta MARKOVÁ

PRINCÍP VYUŽITIA LASEROVEJ SPEKTROSKOPIE V DETEKCII NEBEZPEČNÝCH LÁTKO 41

Ondrej KRUŽLIAK - Katarína PLANDOROVÁ

URČENIE RÝCHLOSTNÝCH PROFILOV PRÚDIACEHO VZDUCHU VSTUPUJÚCEHO DO FILTRAČNÉHO ZARIADENIA V POTRUBÍ KRUHOVÉHO PRIEREZU 46

Petra KVASNOVÁ

ANALÝZA ZRNITOSTI DREVNÉHO PRACHU 53

Ivana MORÁVKOVÁ – Stanislav HOSTIN – Veronika KUPKOVÁ

MOŽNOSTI STANOVENIA VYBRANÝCH ORGANICKÝCH LÁTKO INFRAČERVENOU SPEKTROSKOPIOU 57

Viliam MRAČNA

VPLYV EMISIÍ CO₂ NA GLOBÁLNU KLÍMU 64



Andrea NEUPAUEROVÁ

**ENVIRONMENTÁLNE TECHNOLOGIE PRE ZNIŽOVANIE EMISÍ V EURÓPSKEJ
ÚNII** **68**

Eva RUŽINSKÁ

**HODNOTENIE EMISÍ VYBRANÝCH PRCHAVÝCH ORGANICKÝCH ZLÚČENÍN
(VOCs) Z DREVÁRSKYCH VÝROBKOV** **75**

Maroš SOLDÁN - Stanislav HOSTIN - Zuzana SOLDÁNOVÁ - Anna
MICHALÍKOVÁ

EMISIE ZO SPALOVNE NEBEZPEČNÉHO ODPADU **82**



ÚČINOK OZÓNU NA PRCHAVÉ ORGANICKÉ LÁTKY V TUHOM ZVÝŠKU PO KYSLEJ HYDROLÝZE LIGNOCELULÓZOVEJ BIOMASY

EFFECT OF OZONE ON VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS IN SOLID RESIDUE AFTER ACID HYDROLYSIS OF LIGNOCELLULOSIC BIOMASS

Lenka BLINOVÁ – Slávka FILICKÁ – Tomáš BOLEMAN – Jozef FIALA

ABSTRACT: The aim of the contribution is reviewing ozone's effect on volatile organic compounds in solid residue after acid hydrolysis of lignocellulosic biomass. The first step of bioethanol production from lignocellulosic biomass is cellulose decomposition (hydrolysis), after which fermentation of glucose to bioethanol is followed. Ozone effect in different conditions of acid hydrolysis was studied.

Key words: ozone, volatile organic compounds, acid hydrolysis, lignocellulosic biomass

ABSTRAKT: Cieľom príspevku je zhodnotenie účinku ozónu na prchavé organické látky nachádzajúce sa v tuhom zvyšku po kyslej hydrolýze lignocelulózovej fytohmoty. Prvým krokom pri výrobe bioetanolu z lignocelulózovej fytohmoty je rozklad celulózy (hydrolýza) po ktorej nasleduje fermentácia glukózy na bioetanol. Študoval sa účinok ozónu pri rôznych podmienkach kyslej hydrolýzy.

Kľúčové slová: ozón, prchavé organické látky, kyslá hydrolýza, lignocelulózová fytohmota

ÚVOD

Súčasný svet čelí energetickej kríze, znižujú sa svetové zásoby ropy, zhoršuje sa životné prostredie, v krajinách, ktoré patria k svetovým lídrom v ťažbe ropy je politická nestabilita. To je len zopár dôvodov, pre ktoré spoločnosť uvažuje nad využitím alternatívnych palív v doprave. Tieto skutočnosti, spoločne so strategicko-politickým pozadím problematiky energetickej nezávislosti štátov, spôsobili intenzívny záujem o alternatívne zdroje energie, medzi ktoré nepochybne patrí aj bioetanol.

Výroba bioetanolu

Pri výrobe palivového bioetanolu je potrebné nájsť technologické postupy s nízkou výrobnou cenou a lacnou surovinou. Všeobecne sa suroviny na výrobu bioetanolu rozdeľujú na cukornaté, škrobnaté a lignocelulózové (SREE, 2000, ŠULÁK, 2008, KOSARIC, 2001, KABAYASHI, 1998). Voľba surovín použitých na výrobu bioetanolu závisí od toho, čo rastie v rámci prevládajúcich klimatických podmienok, od zloženia pôdy a krajiny. Do budúcnosti sa predpokladá, že najdôležitejšou surovinou pre výrobu bioetanolu budú lignocelulózové suroviny, ktoré sú tvorené celulórou a hemicelulórou, ktoré môžu byť prevedené na jednoduché cukry (KOH, 2008).

Celý proces premeny lignocelulózového materiálu až na etanol je komplikovaný a náročný na energiu. Predbežné spracovanie lignocelulózových materiálov odstránením lignínu a hydrolýzou hemicelulózy môže významne zvýšiť výťažok hydrolýzy (SÁNCHEZ, 2007). V tejto súvislosti ide najmä o zväčšenie reaktívneho povrchu a veľkosti pórov, štiepenie reťazca celulózy v kryštalických oblastiach a oddelenie lignínu od polysacharidov fytohmoty (HAMELINCK, 2005, HAHN-HÄGERDAL, 2006). Predhydrolyzačné metódy úpravy celulóзовých materiálov je možné rozdeliť do štyroch skupín: fyzikálne, fyzikálno –



chemické, biologické a chemické (využívajú rôzne chemické činidlá - ozón, kyseliny, zásady, organické rozpúšťadlá). Rozklad celulózy, prípadne jej hydrolýza sa môže uskutočňovať rozkladom koncentrovanými kyselinami, rozkladom zriedenými kyselinami a enzymatickým rozkladom (PASTOREK, 2004). Pri hydrolýze dochádza k rozštiepeniu lignocelulózového komplexu, k premene celulózy na glukózové sacharidy a k premene hemicelulóz na skvasiteľné hemicelulózové cukry (KOH, 2008). Ďalším krokom výroby je etanolová fermentácia, pri ktorej dochádza v anaeróbných podmienkach účinkom mikrobiálnych producentov k premene cukrov na etanol. Fermentačná schopnosť je známa u širokej palety mikroorganizmov, predovšetkým kvasiniek a baktérií (RATMAN, 2003, REBROŠ, 2005). Po fermentácii nasleduje separácia paliva, pri ktorej sa oddelí využiteľný produkt od odpadu (STRAKA, 2006, OLSON, 2007).

Prchavé organické látky

Prchavé organické zlúčeniny (VOC) sú zlúčeniny, ktoré majú pri teplote 293,15 K tlak pár 0,01 kPa a viac, alebo ktoré majú zodpovedajúcu prchavosť za konkrétnych podmienok použitia (HACKMACK, 2005). Podľa definície OSN patria medzi prchavé organické látky všetky organické zlúčeniny antropogénneho pôvodu (okrem metánu), ktoré sú schopné za prítomnosti oxidov dusíka a slnečného žiarenia produkovať fotochemické oxidanty. Patria medzi významnú skupinu znečisťujúcich látok, ktoré negatívne ovplyvňujú čistotu ovzdušia. Hlavnými zdrojmi emisií VOC sú doprava, spaľovacie procesy a používanie rozpúšťadiel (NEUPAUEROVÁ, 2002, ŠKÁRKA, 2003, HACKMACK, 2005).

Ozón

Ozón je najsilnejším oxidačným činidlom, ktorý možno využívať v bežnej praxi. Aplikácia ozónu k oxidácii, dezinfekcii a bieleniu patrí medzi ekologicky čisté technológie (RYBÁR, 2002). Ozón zmenšuje zafarbenie vody rozkladom farebných koloidov, najmä látok humínového charakteru, oxiduje amoniak a dusitany až na dusičnany, oxiduje sírovodík, čím podstatne zlepšuje senzorické vlastnosti vody. Niektoré pachute a príchuť kvantitatívne odstraňuje, iné prekrýva a mení ich na znesiteľnejšie. Použitie ozónu samotného alebo v kombinácii s inými metódami nadobúda význam pri úprave povrchových i podzemných vôd, obsahujúcich ropné látky, pri úprave priemyselných a bazénových vôd (MARTON, 1984).

MATERIÁL A METÓDY

Ako lignocelulózový substrát bola použitá vzorka pšeničnej slamy jarnej – odroda Brea. Vzorka bola nasekaná na kúsky rôznych veľkostí od 2 do 10 mm a po tejto mechanickej úprave nasledovala kyslá hydrolýza. Boli pripravené vodné suspenzie s koncentráciou slamy 10 hm.% o celkovej hmotnosti 250 g. Na kyslú hydrolýzu bol použitý roztok H_2SO_4 , ktorého koncentrácia a použité množstvo sú uvedené v nasledujúcej tabuľke 1.

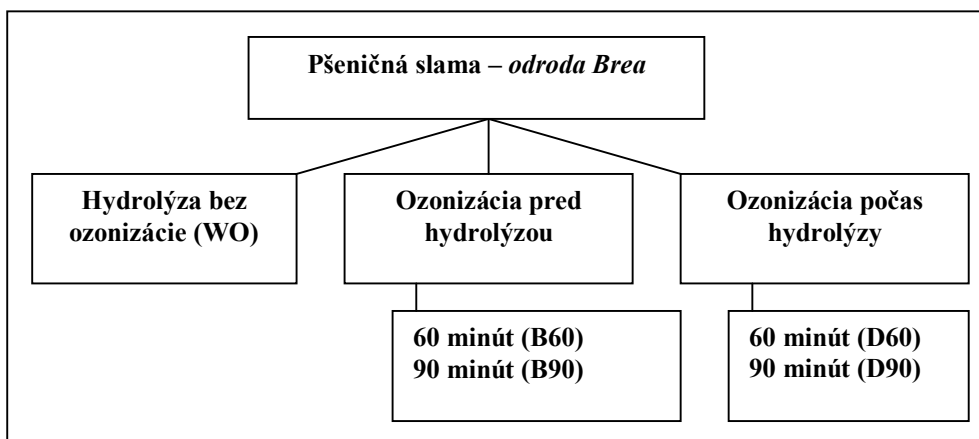
Tabuľka 1 Charakteristika vzorky lignocelulózového substrátu

Návažok biomasy (% w/w)	Koncentrácia H_2SO_4 (% hm.)	Prídavok H_2SO_4 (% na návažok slamy)	Čas hydrolýzy (min)
10	20	30	100



Kyslá hydrolýza sa uskutočnila so vzorkami, ktoré boli ozonizované pred hydrolýzou po dobu 60, 90 min. a so vzorkami, ktoré boli ozonizované počas hydrolýzy taktiež po dobu 60, 90 min. Uskutočnila sa taktiež kyslá hydrolýza so vzorkou bez ozonizácie. Celý experiment sa uskutočnil podľa schémy uvedenej na obrázku 1.

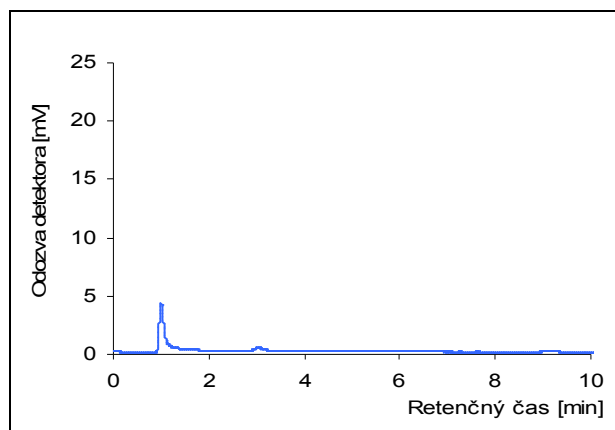
Po kyslej hydrolýze vzniká filtrát, ktorý sa ďalej spracováva fermentáciou na bioetanol a tuhý zvyšok (sekundárny produkt). V tomto zvyšku (v sušine) sa sledoval účinok ozónu na VOC. Všetky namerané výsledky sú priemerom 2 meraní.



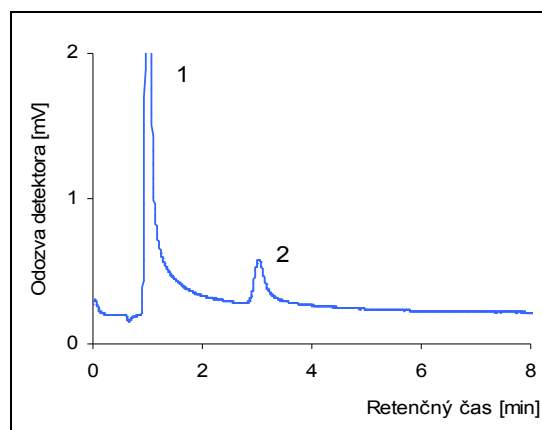
Obrázok 1 Schéma experimentu

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Študoval sa vplyv ozónu na VOC v tuhom zvyšku po kyslej hydrolýze lignocelulózovej fytohmasy použitím metódy HSGC. Na nasledovných dokumentovaných chromatografických záznamoch je možné vidieť samostatné vrcholy pík. Každý pík reprezentuje zastúpenie látky (VOC) v danej vzorke.



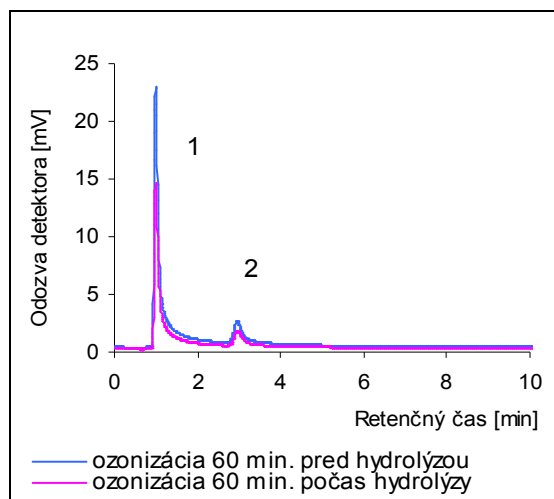
Obrázok 2
Chromatogram: VOC
v neozonizovanej vzorke



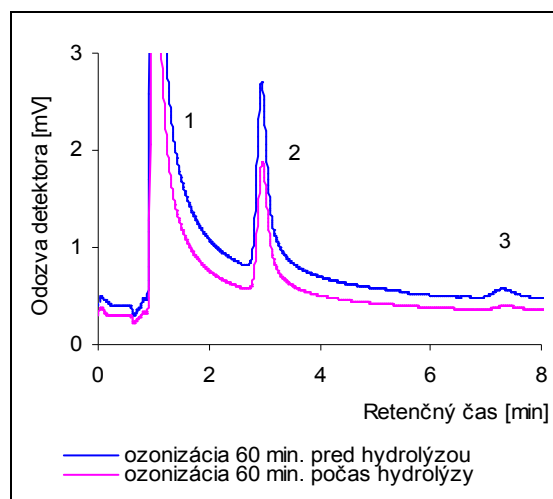
Obrázok 3
Detail chromatogramu: VOC
v neozonizovanej vzorke



Na chromatografickom zázname obrázkov 2 a 3 možno vidieť zastúpenie VOC v hydrolyzovanej vzorke bez ozonizácie. Celkovo sa zaznamenali 2 píky. Najväčšie zastúpenie má pík č. 1 s retenčným časom 1 minúta. Retenčný čas píku č. 2 je 3,03 minúty.

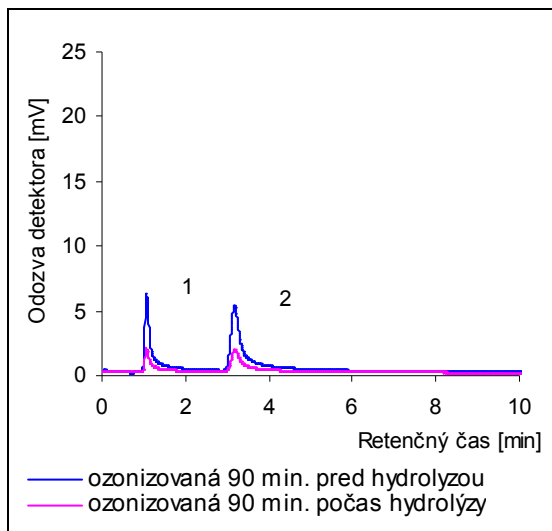


Obrázok 4
Chromatogram: VOC
vo vzorke ozonizovanej 60 min.
pred a počas hydrolýzy

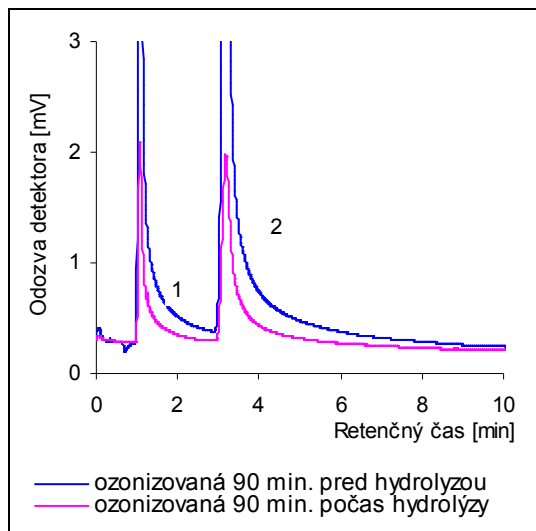


Obrázok 5
Detail chromatogramu: VOC
vo vzorke ozonizovanej 60 min.
pred a počas hydrolýzy

Z chromatografického záznamu uvedeného na obrázku 5 je možné vidieť, že u vzoriek ozonizovaných 60 minút pred aj počas hydrolýzy vznikli 3 píky. Najväčšie zastúpenie (obrázok 4) má pík č. 1 u vzorky, ktorá bola ozonizovaná 60 minút pred hydrolýzou. Retenčný čas je 0,99 minúty. V porovnaní s hydrolyzovanou vzorkou bez ozonizácie (obrázok 3) pri týchto vzorkách (obrázok 5) vznikol ďalší pík s retenčným časom 7,28 minúty (vzorka ozonizovaná 60 minút počas hydrolýzy). U vzoriek ozonizovaných pred hydrolýzou majú jednotlivé prítomné látky väčšie zastúpenie ako vzorky ozonizované počas hydrolýzy.



Obrázok 6
Chromatogram: VOC
vo vzorke ozonizovanej 90 min.
pred a počas hydrolyzy



Obrázok 7
Detail chromatogramu: VOC
vo vzorke ozonizovanej 90 min.
pred a počas hydrolyzy

Z chromatografického záznamu na obrázku 7 je vidieť vznik 2 pík. Najväčšie zastúpenie (obrázok 6) má pík č. 1 u vzorky, ktorá bola ozonizovaná 90 minút pred hydrolyzou. Retenčný čas tohto píku je 1,06 minúty a píku č. 2 je 3,17 minúty. Tieto retenčné časy sa u vzoriek ozonizovaných 90 minút pred a počas hydrolyzy líšia nepatrne. Ozonizácia vzoriek počas hydrolyzy spôsobila, že prítomné látky sa nachádzajú vo vzorke v menšom množstve ako v prípade ozonizácie pred hydrolyzou.

ZÁVER

Pri výrobe bioetanolu vznikajú okrem bioetanolu aj sekundárne produkty (tuhý zvyšok získaný po kyslej hydrolyze), ktorých využitie závisí hlavne na vstupnej surovine, ktorá sa využíva na ich výrobu. V tuhom zvyšku po kyslej hydrolyze bol sledovaný účinok ozónu na VOC. Z chromatografických záznamov VOC možno konštatovať, že 60 minútová ozonizácia pred a počas hydrolyzy spôsobila vznik novej látky vo vzorke. Taktiež spôsobila aj zvýšenie množstva jednotlivých prítomných látok v porovnaní s hydrolyzovanou vzorkou bez ozonizácie. Vo vzorke ozonizovanej 90 minút pred hydrolyzou ozón taktiež spôsobil zvýšenie množstva prítomných látok. Oproti hydrolyzovanej vzorke bez ozonizácie, vzorka ozonizovaná 90 minút počas hydrolyzy znížila množstvo látky s retenčným časom 1,07 minúty, ale zvýšila množstvo látky s retenčným časom 3,2 minúty.

Z dosiahnutých výsledkov možno konštatovať, že je vhodné využívať ozón na úpravu lignocelulózovej fytohmoty pre výrobu bioetanolu, avšak treba dodať, že účinok ozónu na stanovované ukazovatele závisí jednak od doby ozonizácie a taktiež od toho, či vzorka bola ozonizovaná pred alebo počas hydrolyzy.



LITERATÚRA

- SREE, N. K. SRIDHAR, M. SURESH, K. BANAT, I. M., RAO, L. V.: 2000. *High alcohol production by repeated batch fermentation using an immobilized osmotolerant Saccharomyces cerevisiae*. Journal of Microbiology, 24, 2000, s. 222-226.
- ŠULÁK, M., ŠMOGROVIČOVÁ, D.: 2008. *Bioetanol: súčasné trendy vo výskume a v praxi*. Chemické Listy, 102, 2008, s. 108-115.
- KOSARIC, N., VARDAR-SUKAN, F., DIEPER, H.J.: 2001. *The Biotechnology of Ethanol*. Institut für Biochemische Technologie und Mikrobiologie. Wien, 2001, 232 s.
- KABAYASHI, F., SAWADA, T., NAKAMURA, Y.: 1998. *Saccharification and alcohol fermentation in starch solution of steam-exploded potato*. Applied Biochemistry and Biotechnology, 69, 1998, s. 177-189.
- KOH, L.P., GHAZOUL, J.: Biofuels, biodiversity, and people: 2008. *Understanding the conflicts and finding opportunities*. Biological Conservation, 141, 2008, s. 2450-2460.
- SÁNCHEZ, Ó.J., CARDONA C.A.: 2007. *Trends in biotechnological production of fuel ethanol from different feedstocks*. Bioresource Technology, 2007, article in press.
- NEUPAUEROVÁ, A., BÁLINTOVÁ, M.: 2002. *Prchavé organické látky vo vnútornom prostredí budov*. In Životné prostredie [online] Vydavateľ: Ústav krajinnej ekológie SAV Bratislava. 2002, č. 3 [cit. 2009-05-23]. Dostupné na internete: <<http://www.seps.sk/zp/casopisy/zp/2002/zp3/neupauer.htm>>
- ŠKÁRKA, B. a kol.: 2003. *Environmentálna chémia*. Bratislava: STU, 2003, 162 s. ISBN 80-256-2003
- HAMELINCK, C.N., HOOIJDONK, G., FAIJ A.P.C.: 2005. *Ethanol from lignocellulosic biomass: techno-economic performance in short-, middle- and long-term*. Biomass and Bioenergy, 28, 2005, s. 384-410.
- HAHN-HÄGERDAL, B., GALBE, M., GORWA-GRAUSLUND, M.F., LIDÉM, G., ZACCHI, G.: 2006. *Bio-ethanol – the fuel of tomorrow from the residues of today*. TRENDS in Biotechnology, 24, 2006, s. 549-556.
- PASTOREK, Z., KÁRA, J., JEVIČ, P.: 2004. *Biomasa – Obnoviteľný zdroj energie*. Praha : FCC PUBLIC, 2004, 288 s. ISBN 80-86534-06-5
- STRAKA, F. a kol.: 2006. *Bioplyn*. Praha: GAS s.r.o., 2006, 706 s.
- RATMAN, B.V.V., NARASIMHA RAO, M., DAMODAR RAO, M., SUBBA RAO, S., AYYANNA, C.: 2003. *Optimalization of fermentation conditions for the production of ethanol from sago starch using response surface methodology*. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 19, 2003, s. 523-526.
- REBROŠ M., ROSENBERG M., KRIŠTOFÍKOVÁ Ľ., STLOUKAL R.: 2005. *Mikrobiálna produkcia palivového etanolu: Baktérie alebo kvasinky?*. Chemické listy, 99, 2005, s. 402-409.
- OLSON, L. a kol.: 2007. *Biofuels*. Německo, Heidelberg: Springer-Verlag, 2007, 372 s.



HACKMACK, U. A KOL.: 2005. *Implementácia smernice EÚ o emisiách prchavých organických rozpúšťadiel na Slovensku*. [online] 12/2005 [cit. 2009-05-01]. Dostupné na internete: <<http://www.rec.sk/DOCUMENTS/VOC%20Manual.pdf>>

MARTOŇ, J. a kol.: 1984. *Získavanie, úprava, čistenie a ochrana vôd*. Bratislava: ALFA, 1984. 547 s.

RYBÁR, K.: 2002. Prístup k zavádzaniu nových spôsobov dezinfekcie vody z pohľadu orgánov na ochranu zdravia. In *Zborník prednášok z konferencie: UV žiarenie a chlórdioxid vo vodohopodárskych prevádzkach*: Národný komitét IWA. Trenčianske Teplice: jún 2002. 89 s.

Tento príspevok je prezentovaný v rámci riešenia grantovej úlohy KEGA č. 3/6431/08: Stanovenie charakteristík kvantifikácie emisií a indikátorov kvality ovzdušia v podmienkach európskej legislatívy.

Lektoroval: Ing. Andrea Neupauerová, PhD.

Kontaktná adresa:

Ing. Blinová Lenka, Katedra environmentálneho inžinierstva, Ústav bezpečnostného a environmentálneho inžinierstva, Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave, Slovenská technická univerzita Bratislava, Botanická 49, 917 24 Trnava



VÝSKUM TLAKOVÝCH POMEROV VO FILTRAČNEJ HADICI

THE RESEARCH OF PRESSURE RATIOS IN THE FILTER HOSE

Jozef ČERNECKÝ – Zuzana BRODNIANSKÁ – Ján KONIAR

ABSTRACT: Many factors influence for reliable and safe function of the separating device and one of them is the evenness of loading of filter hose. The contribution is aimed at assessing the pressure ratios in the filter hose at different air flow speeds. In addition to the implementation of measurements in conventional flows used in practice, experiments were also carried out for higher flow velocities.

Key words: filter hose, pressure ratios, separating device.

ABSTRAKT: Na spoľahlivú a bezpečnú funkciu odlučovacích zariadení vplýva veľa faktorov, jedným z nich je aj rovnomernosť zaťažovania filtračnej textílie. Príspevok je zameraný na hodnotenie tlakových pomerov vo filtračnej hadici pri rôznych rýchlostiach prúdenia vzduchu. Okrem realizácie meraní pri bežných prietokoch, ktoré sa využívajú v praxi, boli experimenty realizované aj pre väčšie rýchlosti prúdenia.

Kľúčové slová: filtračná hadica, tlakové pomery, odlučovacie zariadenie.

1 ÚVOD

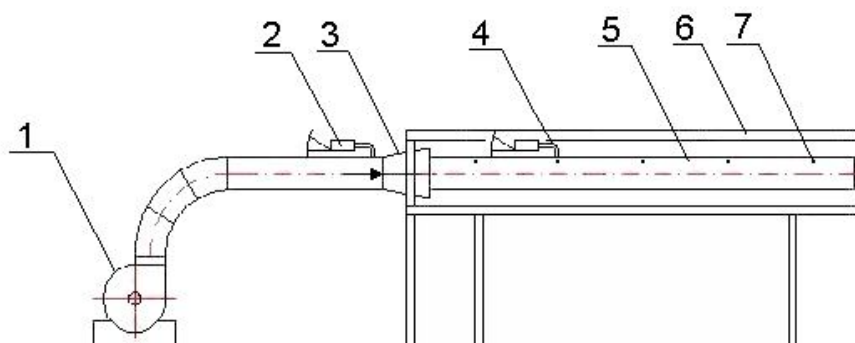
Požiadavky na filtračné zariadenia (odlučivosť, investičné a prevádzkové náklady, náročnosť na obsluhu) sa v posledných rokoch veľmi zvýšili. S rastúcimi požiadavkami na tieto zariadenia stúpa aj dôležitosť teoretického a experimentálneho výskumu.

Na filtráciu sa využívajú pórovité a vláknité vrstvy cez ktoré preteká malými rýchlosťami čistený plyn (Horák, 1996). Tieto vrstvy zachytávajú častice v póroch a na povrchu textílie. Proces filtrácie prebieha prerušovane, po vyčerpaní odlučovacej schopnosti je filtračná vrstva regenerovaná. Mechanizmus odlučovania má tri hlavné faktory: zotrvačné sily, priame zachytávanie a difúziu, ktoré sa v procese odlučovania vyskytujú súčasne.

Medzi základné parametre filtrov patrí odlučivosť filtra a odpor filtra (Hejma, 1981). Charakteristickým znakom filtračných vrstiev je ich závislosť tlakovej straty od prietokovej rýchlosti a odlučivosti. Na optimálnu prevádzku filtračného zariadenia a životnosť filtračnej textílie má vplyv aj rovnomernosť zaťažovania filtračnej hadice.

2 EXPERIMENT

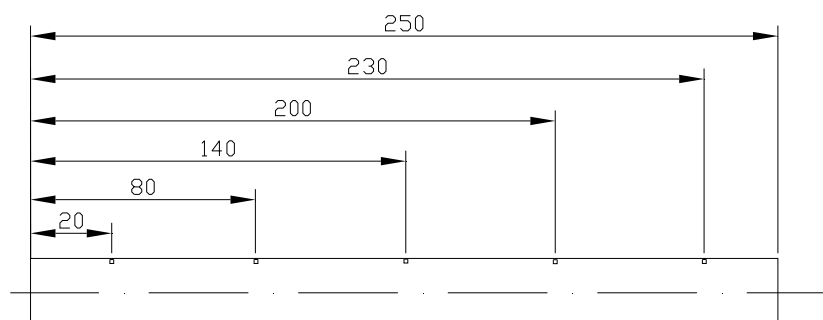
Pred samotnou realizáciou experimentov bolo potrebné pripraviť experimentálne zariadenie (*Obrázok 1*) a zvoliť požadované režimy jeho prevádzky. Hlavnou časťou zariadenia bola filtračná hadica (5) nainštalovaná v nosnej konštrukcii (6), ktorú sme dôkladne napli a naznačili meracie miesta (7) po celej jej dĺžke. Následne sme spustili ventilátor (1) a regulačnou klapkou v sacom potrubí nastavili prietok, ktorý sa postupne menil zmenou polohy klapky.



Obrázok 1 Schéma experimentálneho zariadenia

1 – ventilátor, 2 – mikromanometer, 3 – vstupný nástavec pre prúdiaci vzduch, 4 – prandtlova trubica, 5 – filtračná hadica, 6 – nosná konštrukcia filtračnej hadice, 7 – meracie otvory

Meraním sme zisťovali statické tlaky v rôznych vzdialenostiach od spodnej časti filtračnej hadice (Obrázok 2), pričom sme postupne menili prietok vzduchu potrubím.



Obrázok 2 Vzdialenosti meracích otvorov od spodnej časti filtračnej hadice

Dynamický tlak v potrubí sme zisťovali prandtlovou trubicou napojenou na mikromanometer a vypočítali pomocou vzťahu (Longauer, 1991):

$$P_d = \Delta h \cdot \rho \cdot g \cdot \sin \alpha \quad (1)$$

Δh - nameraná hodnota mikromanometrom [m],

ρ - hustota liehu [kg.m⁻³],

g - gravitačné zrýchlenie [m.s⁻¹],

$\sin \alpha$ - sklon ramena mikromanometra.

Vypočítaný dynamický tlak v potrubí sme dosadili do vzťahu pre rýchlosť prúdenia vzduchu v potrubí:



$$v = \sqrt{\frac{2P_d}{\rho_{vz}}} \quad (2)$$

ρ_{vz} - hustota vzduchu.

Plocha prierezu potrubia:

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (3)$$

d - priemer potrubia [m].

Na základe vypočítanej rýchlosti prúdenia vzduchu v potrubí a prierezu potrubia sme určili objemový prietok potrubia:

$$Q = S \cdot v \quad (4)$$

Aby sme mohli určiť rýchlosť prúdenia vzduchu v textílii, vypočítali sme najskôr filtračnú plochu hadice pomocou vzťahu:

$$S_{tex} = \pi \cdot d_{tex} \cdot L_{tex} \quad (5)$$

d_{tex} - priemer textílie [m],

L_{tex} - dĺžka textílie [m].

Rýchlosť prúdenia vzduchu v textílii:

$$S \cdot v = S_{tex} \cdot v_{tex} \Rightarrow v_{tex} = \frac{S \cdot v}{S_{tex}} \quad (6)$$

Podobne ako dynamický tlak v potrubí, aj statický tlak v textílii sme vypočítali pomocou vzťahu:

$$P_s = \Delta h \cdot \rho \cdot g \cdot \sin \alpha \quad (7)$$

3 VÝSLEDKY A DISKUSIA

Merania boli realizované pri troch prietokoch vzduchu potrubím. Pri prietoku $Q_0 = 0,079 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ bola rýchlosť prúdenia vzduchu pred vstupnou časťou do filtračnej hadice $v_1 = 10,03 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Potom nasledovali merania pri prietoku $Q_{2,5} = 0,155 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (rýchlosť prúdenia vzduchu $v_2 = 19,69 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) a $Q_6 = 0,277 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ($v_3 = 35,29 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$). Rýchlosť prúdenia vzduchu v potrubí a v textílii, objemový prietok potrubia a textílie, ako aj statické tlaky pre jednotlivé vzdialenosti meracích otvorov od spodnej časti filtračnej hadice, sú uvedené v *Tabuľke 1*. Pre ich výpočet sme použili vzťahy (1) až (7).

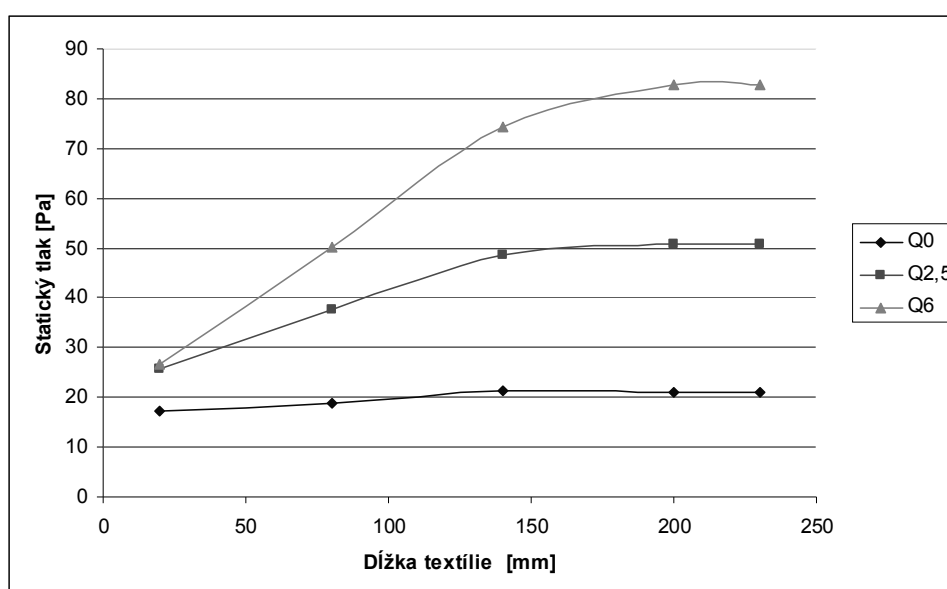


Tabuľka 1 Tlakové pomery vo filtračnej hadici

Q [m ³ .s ⁻¹]	Q_{tex} [m ³ .m ⁻² .s ⁻¹]	v_{tex} [m.s ⁻¹]	v [m.s ⁻¹]	p_{s20} [Pa]	p_{s50} [Pa]	p_{s110} [Pa]	p_{s170} [Pa]	p_{s230} [Pa]
$Q_0 = 0,079$	0,047	0,046	10,03	17,2	18,8	21,2	21,1	21,1
$Q_{2,5} = 0,155$	331,9	0,092	19,69	25,8	37,6	48,5	50,9	50,9
$Q_6 = 0,277$	593,2	0,165	35,29	26,6	50,1	74,4	82,9	82,9

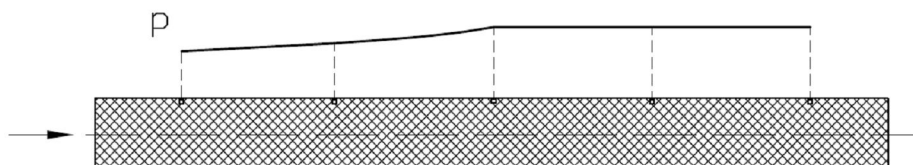
Q_{tex} – prietok filtračnou hadicou, v_{tex} – rýchlosť prúdenia vzduchu v textílii, v – rýchlosť prúdenia vzduchu v potrubí, Q – objemový prietok potrubia, $p_{s20} \div p_{s230}$ – statický tlak v textílii.

Grafický priebeh tlakových pomerov vo filtračnej hadici, pre rôzne prietoky vzduchu, je znázornený na Obrázku 3.



Obrázok 3 Grafický priebeh tlakových pomerov vo filtračnej hadici

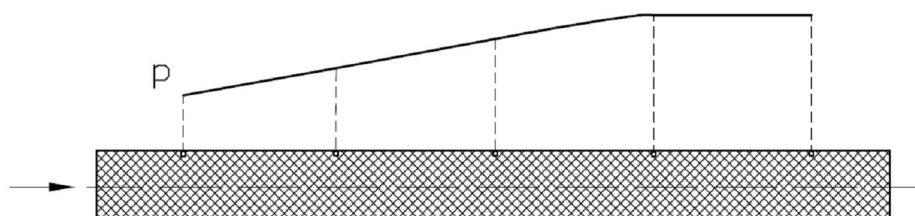
Pri malom prietoku (malých rýchlostiach) prúdiaceho vzduchu sú tlakové pomery – statické tlaky vo filtračnej hadici rovnomerne rozložené (Obrázok 4). Priemerná vypočítaná hodnota rýchlosti prúdenia vzduchu z filtračnej textílie bola $v_{\text{textl}} = 0,046 \text{ m.s}^{-1}$. V praxi sa využívajú rýchlosti $0,02 \div 0,05 \text{ m.s}^{-1}$.



Obrázok 4 Tlakové pomery vo filtračnej hadici pri prietoku $Q_0 = 0,079 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$

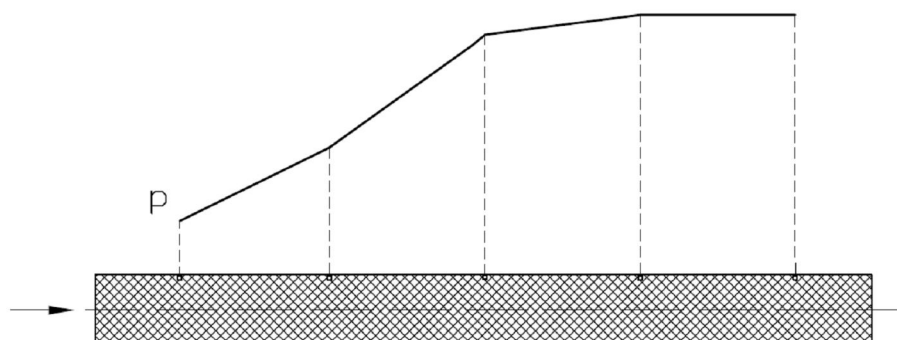


Experimenty boli realizované aj pri vyšších prietokoch. So zvyšovaním prietoku vzduchu sa menia tlakové pomery. V prvej časti filtračnej hadice, na vstupnej strane, je menší statický tlak, ktorý postupne pri zmene vzdialenosti narastá (Obrázok 5). Priemerná vypočítaná hodnota rýchlosti prúdenia vzduchu z filtračnej textílie bola $v_{\text{text}2} = 0,092 \text{ m.s}^{-1}$.



Obrázok 5 Tlakové pomery vo filtračnej hadici pri prietoku $Q_{2,5} = 0,155 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$

Pri veľkých prietokoch vzduchu je hadica nerovnomerne zaťažovaná, čo sa prejavilo aj nerovnomerným rozložením statického tlaku. Zadná časť je výrazne zaťažená (Obrázok 6). Pri tomto prietoku bola rýchlosť prúdenia vzduchu z filtračnej textílie $v_{\text{text}3} = 0,165 \text{ m.s}^{-1}$. Nerovnomerné zaťaženie filtračnej textílie má nepriaznivý vplyv na proces filtrácie, preťažená časť sa viac zanáša a opotrebuje, a môže dôjsť aj k poškodeniu textílie.



Obrázok 6 Tlakové pomery vo filtračnej hadici pri prietoku $Q_6 = 0,277 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$

4 ZÁVER

Vzduch vyčistený pomocou filtra je čistejší, ako je bežná čistota vonkajšieho vzduchu, pričom môže byť z väčšej časti vrátený späť do klimatizovaných objektov. Týmto spôsobom sa môžu ušetriť značné prostriedky za teplo, zlepši sa čistota ovzdušia v pracovných aj mimopracovných priestoroch a najmä sa chráni životné prostredie.

Naším meraním sme zisťovali rozmiestnenie tlakov vo filtračnej hadici. Optimálny stav nastáva, keď je prestupová rýchlosť rovnaká, tzn., keď sú tlaky rovnomerne rozmiestnené na celej ploche filtračnej textílie nezávisle od polohy a umiestnenia vo filtri.

V našom prípade bol výsledok taký, že pri veľkých prietokoch vzduchu dochádzalo k nerovnomernému zaťažovaniu hadice, pričom výrazne bola zaťažovaná zadná časť hadice. Tento stav spôsobí, že sa filtračná hadica rýchlejšie opotrebuje a tým sa zníži životnosť



textílie rukáva. Uvedený nedostatok by bolo možné odstrániť napr. zabezpečením optimálneho prietoku vzduchu filtračnou hadicou alebo voľbou primeranej veľkosti filtračnej plochy, tzn. zámena jednej dlhej filtračnej hadice za niekoľko kratších filtračných hadíc.

LITERATÚRA

HEJMA, J.: 1981. *Vzduchotechnika v drevospracovávajícím průmyslu*. Praha: SNTL, 1981.

HORÁK, M.: 1996. *Technika ochrany ovzdušia I*. Bratislava: STU, 1996.

LONGAUER, J.: 1991. *Hydraulika a vzduchotechnika v drevospracujúcom priemysle*. Bratislava: Alfa, 1991.

Príspevok je riešený v rámci grantového projektu KEGA MŠ SR č. 3/6431/08 „Stanovenie charakteristík kvantifikácie emisií a indikátorov kvality ovzdušia v podmienkach európskej legislatívy“.

Lektoroval: Ing. Petra Kvasnová, PhD.

Kontaktná adresa:

doc. Ing. Jozef Černecký, CSc., Katedra environmentálnej techniky, Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky, Technická univerzita vo Zvolene, Študentská 26, 960 53 Zvolen, jcern@vsld.tuzvo.sk,

Ing. Zuzana Brodnianská, Katedra environmentálnej techniky, Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky, Technická univerzita vo Zvolene, Študentská 26, 960 53 Zvolen, brodnianska@vsld.tuzvo.sk,

Ing. Ján Koniar, PhD., Katedra environmentálnej techniky, Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky, Technická univerzita vo Zvolene, Študentská 26, 960 53 Zvolen, koniar@vsld.tuzvo.sk.



ZNEŠKODŇOVANIE ŽIVOČÍŠNEHO PÔVODU

NEBEZPEČNÝCH

ODPADOV

THE DISPOSAL OF DANGER WASTE OF ANIMAL PROVENANCE

Marián ČERY - Ivan JANOŠKO

ABSTRACT: The contribution is oriented on the methods and technologies for disposal of troubleshooting animal substance. The technologies of bio dangerous substance outgoing from Regulation (EC) No 1774/2002 of the European Parliament and of the Council of 3 October 2002 laying down health rules concerning animal by-products not intended for human consumption. The waste disposal of troubleshooting toxic waste to perished animal constructed on base renderers' buildings which generally charging environment unasked emission and another waste.

Key words : dangerous substance, biowaste, renderers' buildings, emission

ABSTRAKT: Príspevok je zameraný na metódy a technológie zneškodňovania problémových látok živočíšneho pôvodu. Technológie zneškodňovania biologických nebezpečných látok vychádzajú zo smernice ES 1774/2002, ktorým sa stanovujú pokyny týkajúce sa živočíšnych vedľajších produktov určených pre ľudskú spotrebu. Zariadenia na zneškodňovanie problémového toxického odpadu uhynutých zvierat sa budujú na báze kafilérnych zariadení, ktoré spravidla zaťažujú životné prostredie nežiaducimi emisiami a ďalšími odpadmi.

Kľúčové slová: nebezpečný odpad, bioodpad, kafileria, emisie

1 ÚVOD

Koncentrácia poľnohospodárskej živočíšnej výroby vo forme veľkochovov, ktorá zodpovedá moderným požiadavkam ekonomiky práce, techniky a technológie, prináša so sebou svojimi účinkami na okolie značné problémy. Tematika účelného odstraňovania a využívania odpadov živočíšneho pôvodu je už natoľko rozšírená že vyžaduje odborné stanoviská z najrozličnejších vedných disciplín. Odpady živočíšneho pôvodu zasahujú do životného prostredia vo všetkých jeho zložkách. Pôda je znehodnocovaná zakopávaním tzv. mrchoviskami a vytváraním nepovolených skládok. Následne dochádza ku znehodnocovaniu podzemných vôd priesakom, alebo priamym vypúšťaním do vôd.

V neposlednom rade sa jedná o znečisťovanie ovzdušia emisiami vznikajúcimi pri uskladnení a následnom spracovaní nebezpečného živočíšneho odpadu. V minulosti boli pachové látky voľne vypúšťané do ovzdušia, kde migrovali a zamorili okolie v závislosti od intenzity vypúšťanej latky. Dnešnej dobe sa čoraz intenzívnejšie diskutuje o znižovaní a obmedzení nežiadúcich pachových látok, ktoré znižujú kvalitu života modernej spoločnosti. Pretože pach nie je chemicky a fyzikálne definovateľnou veličinou, nedá sa merať chemickými alebo fyzikálnymi metódami merania.

Pri odstraňovaní odpadov a pachových látok sa musia rešpektovať záujmy celej spoločnosti.

2 MATERIÁL A METÓDY

Cieľom projektu bolo sledovať vybrané exploatačné parametre vybraného podniku určeného na zneškodňovanie nebezpečného odpadu živočíšneho pôvodu. Metódy zneškodňovania tohoto druhu odpadu vychádzajú z európskej smernice 1774/2002 a jej



nasledujúcich aktualizáciách. Metódy spracovania nebezpečného odpadu živočíšneho pôvodu sa diverzifikujú podľa spôsobu a technológie zneškodňovania na:

Metóda 1

Drvenie

Ak veľkosť častíc živočíšnych vedľajších produktov, ktoré majú byť spracované, sú väčšie ako 50 milimetrov, živočíšne vedľajšie produkty sa musia drviť pomocou vhodného zariadenia nastaveného tak, aby častice po drvení neboli väčšie ako 50 milimetrov. Je potrebné kontrolovať účinnosť zariadenia a zaznamenať jeho stav. Ak kontroly odhalia existenciu častíc väčších ako 50 milimetrov, je potrebné zastaviť proces a pred jeho obnovením vykonať opravy.

Čas, teplota a tlak

Po drvení sa živočíšne vedľajšie produkty musia zohrievať na teplotu v strede hmoty vyššiu než 133 °C aspoň počas 20 minút bez prerušenia pri minimálnom (absolútnom) tlaku 3 bar, vyvinutom nasýtenou parou (znamená, že všetok vzduch sa odsaje a nahradí parou v celej sterilizačnej komore) tepelné spracovanie môže byť aplikované ako jediný proces alebo ako proces predchádzajúci alebo nasledujúci po sterilizačnej fáze.

Spracovanie môže byť vykonané v dávkovom alebo kontinuálnom systéme.

Metóda 2

Drvenie

Ak veľkosť častíc živočíšnych vedľajších produktov, ktoré majú byť spracované, sú väčšie ako 150 milimetrov, živočíšne vedľajšie produkty sa musia drviť pomocou vhodného zariadenia nastaveného tak, aby častice po drvení neboli väčšie ako 150 milimetrov. Každý deň je potrebné kontrolovať účinnosť zariadenia a zaznamenať jeho stav. Ak kontroly odhalia existenciu častíc väčších ako 150 milimetrov, je potrebné zastaviť proces a pred jeho obnovením vykonať opravy.

Čas, teplota a tlak

Po drvení sa živočíšne vedľajšie produkty musia zohrievať na teplotu vyššiu než 100 °C v strede hmoty aspoň počas 125 minút, teplotu v strede hmoty vyššiu než 110 °C aspoň počas 120 minút a teplotu v strede hmoty vyššiu než 120 °C aspoň počas 50 minút.

Spracovanie musí byť vykonané v dávkovom systéme.

Živočíšne vedľajšie produkty sa musia variť tak, aby časovo-teplotné požiadavky boli dosiahnuté súčasne.

Metóda 3

Drvenie

Ak veľkosť častíc živočíšnych vedľajších produktov, ktoré majú byť spracované, je väčšia ako 30 milimetrov, živočíšne vedľajšie produkty sa musia drviť pomocou vhodného zariadenia nastaveného tak, aby častice po drvení neboli väčšie ako 30 milimetrov. Každý deň je potrebné kontrolovať účinnosť zariadenia a zaznamenať jeho stav. Ak kontroly odhalia existenciu častíc väčších ako 30 milimetrov, je potrebné zastaviť proces a pred jeho obnovením vykonať opravy.



Čas, teplota a tlak

Po drvení sa živočíšne vedľajšie produkty musia zohrievať na teplotu v strede hmoty vyššiu než 100 °C aspoň počas 95 minút, teplotu v strede hmoty vyššiu než 110 °C aspoň počas 55 minút a teplotu v strede hmoty vyššiu než 120 °C aspoň počas 13 minút.

Spracovanie môže byť vykonané v dávkovom alebo kontinuálnom systéme.

Živočíšne vedľajšie produkty sa môžu variť tak, aby časovo-teplotné požiadavky boli dosiahnuté súčasne.

Metóda 4

Drvenie

Ak veľkosť častíc živočíšnych vedľajších produktov, ktoré majú byť spracované, je väčšie ako 30 milimetrov, živočíšne vedľajšie produkty sa musia drviť pomocou vhodného zariadenia nastaveného tak, aby častice po drvení neboli väčšie ako 30 milimetrov. Každý deň je potrebné kontrolovať účinnosť zariadenia a zaznamenať jeho stav. Ak kontroly odhalia existenciu častíc väčších ako 30 milimetrov, je potrebné zastaviť proces a pred jeho obnovením vykonať opravy.

Čas, teplota a tlak

Po drvení živočíšne vedľajšie produkty musia byť umiestnené do nádoby s pridaným tukom a zahrievané na teplotu v strede hmoty vyššiu než 100 °C aspoň počas 16 minút, teplotu v strede hmoty vyššiu než 110 °C aspoň počas 13 minút, teplotu v strede hmoty vyššiu než 120 °C aspoň počas ôsmich minút a teplotu v strede hmoty vyššiu než 130 °C aspoň počas troch minút.

Spracovanie môže byť vykonané v dávkovom alebo kontinuálnom systéme.

Živočíšne vedľajšie produkty sa môžu variť tak, aby časovo-teplotné požiadavky boli dosiahnuté súčasne.

Metóda 5

Drvenie

Ak veľkosť častíc živočíšnych vedľajších produktov, ktoré majú byť spracované, je väčšia ako 20 milimetrov, živočíšne vedľajšie produkty sa musia drviť pomocou vhodného zariadenia nastaveného tak, aby častice po drvení neboli väčšie ako 20 milimetrov. Každý deň je potrebné kontrolovať účinnosť zariadenia a zaznamenať jeho stav. Ak kontroly odhalia existenciu častíc väčších ako 20 milimetrov, je potrebné zastaviť proces a pred jeho obnovením vykonať opravy.

Čas, teplota a tlak

Po drvení sa živočíšne vedľajšie produkty musia zohrievať až do koagulácie a potom stlačiť, aby sa z bielkovinového materiálu odstránil tuk a voda. Bielkovinový materiál sa musí potom zohrievať na teplotu v strede hmoty vyššiu než 80 °C aspoň počas 120 minút a na teplotu v strede hmoty vyššiu než 100 °C aspoň počas 60 minút.

Spracovanie môže byť vykonané v dávkovom alebo kontinuálnom systéme.

Živočíšne vedľajšie produkty sa môžu variť tak, aby časovo-teplotné požiadavky boli dosiahnuté súčasne.



Metóda 6

(iba pre živočíšne vedľajšie produkty rybieho pôvodu)

Drvenie

Živočíšne vedľajšie produkty musia byť rozdrvené na frakcie 50, resp. 30 milimetrov. Potom musia byť zmiešané s kyselinou mravenčou, aby sa pH znížilo na 4,0 a tejto hodnote sa udržalo. Zmes musí byť skladovaná počas 24 hodín až do ďalšieho spracovania.

Potom sa zmes musí vložiť do tepelného konvertora a zohrievať na teplotu v strede hmoty 90 °C aspoň počas 60 minút pre frakcie 50 mm a teplotu 70 °C aspoň počas 60 minút pre frakcie 30 mm. Pohyb produktu cez tepelný konvertor musí byť kontrolovaný pomocou mechanických príkazov, ktoré obmedzia jeho presun tak, aby na konci tepelného spracovania produkt prešiel dostatočným cyklom, pokiaľ ide o čas aj teplotu.

Produkt musí byť po tepelnom spracovaní rozdelený na kvapalinu, tuk a oškvarky pomocou mechanických prostriedkov. Aby sa získal spracovaný koncentrát živočíšnej bielkoviny, kvapalná fáza musí byť prečerpaná do dvoch tepelných výmenníkov, ktoré sú zahrievané parou a vybavené vákuovými komorami, aby sa v nich jeho vlhkosť odstránila vo forme vodnej pary. Oškvarky musia byť pred skladovaním znovu vložené do koncentráту bielkoviny.

Metóda 7

Každá metóda spracovania, schválená kompetentným orgánom, ak bol tomuto orgánu predložený dôkaz, že z konečného produktu bola odobratá vzorka každý deň počas obdobia jedného mesiaca v súlade s nasledujúcimi mikrobiologickými normami:

(a) Vzorky materiálu odobraté bezprostredne po tepelnom spracovaní:

Clostridium perfringens neprítomný v 1 g produktov

(b) Vzorky materiálu odobraté počas skladovania alebo pri vyskladnení v spracovateľskom závode:

Salmonela: neprítomnosť v 25 g: $n = 5$, $c = 0$, $m = 0$, $M = 0$

Enterobacteriaceae: $n = 5$, $c = 2$, $m = 10$, $M = 300$ v 1 g

kde:

n = počet vzoriek, ktoré majú byť testované;

m = prahová hodnota pre počet baktérií; výsledok sa považuje za uspokojivý, ak počet baktérií vo všetkých vzorkách nepresiahne m ;

M = maximálna hodnota pre počet baktérií; výsledok sa považuje za neuspokojivý, ak počet baktérií v jednej alebo niekoľkých vzorkách je M alebo viac;

c = počet vzoriek, v ktorých sa počet baktérií môže pohybovať od m do M , pričom vzorka sa ešte považuje za prijateľnú, ak počet baktérií ostatných vzoriek je m alebo menej.

Podrobnosti o kritických kontrolných bodoch, v rámci ktorých každý spracovateľský závod uspokojivo spĺňa mikrobiologické normy, musia byť zaznamenané a uchovávané, aby majiteľ, prevádzkovateľ alebo ich zástupca a kompetentný orgán mohli monitorovať prevádzku spracovateľského závodu. Informácie, ktoré majú byť zaznamenané a monitorované, musia zahŕňať veľkosť častíc, kritickú teplotu a v prípade potreby absolútny čas, tlakový profil, rýchlosť podávania (prísunu) suroviny a rýchlosť recyklovania tuku.



Pri spracovaní nebezpečného odpadu živočíšneho pôvodu kafilérne zariadenia sa stávajú producentmi zvyškových nebezpečných a problémových látok, ktoré si vyžadujú osobitné nakladanie a ich konečné zneškodňovanie. Okrem kostnej múčky a živočíšneho tuku spaľovaných v cementárenských peciach vnika aj nepríjemný zápach, ktorý môže nežiaduco zaťažovať okolité životné prostredie. Pre zachytávanie a zneškodňovanie problémových látok sa v praxi využívajú početné metódy a technológie filtrácie, suchých a mokrých práčok s aktívnymi činidlami, ako aj spaľovanie zápachajúcich látok v tzv. oxidizeroch.

Zloženie pachových látok nie je obtiažne podrobnejšie špecifikovať a zahrňuje pestrú zmes organických a anorganických látok (amoniak, amíny, aminokyseliny, sulfán /sirovodík/ merkaptány, organické kyseliny, aldehydy, ketóny, atď.). V prípade pachových látok, ktoré nemajú určený emisný limit je potrebné rešpektovať všeobecné podmienky prevádzkovania zdrojov znečisťovania pachovými látkami.

Spaľovaním zemného plynu vznikajú tuhé látky, oxidy síry, oxidy dusíka, oxid uhoľnatý a určité množstvo nespálených organických látok. Tie isté znečisťujúce látky vznikajú aj v koncovom oxidačnom zariadení zo spaľovania zemného plynu, v tomto prípade bude zloženie spalín pestrejšie prívodom odsávaných plynov z technologického procesu a ich spaľovaním (termickou oxidáciou). Tieto plyny s obsahom pestrej palety hore uvedených znečisťujúcich látok najmä dusíkatých a sírnych (organických aj anorganických) vplývajú na zloženie spalín.

Tabuľka 1 Pridelené emisné limity

Znečisťujúca látka	Parameter	Meranie		Emisný limit	Dodržanie EL	
		č.1	č.2		č.1	č.2
TZL	[mg.m ⁻³]	5 ⁽¹⁾	83 ⁽¹⁾	50 ⁽¹⁾⁽²⁾	Áno	Nie
	[kg.h ⁻¹]	0,03	0,555			
SO ₂	[mg.m ⁻³]	145 ⁽¹⁾	109 ⁽¹⁾	50 ⁽¹⁾⁽²⁾	Nie	Nie
	[kg.h ⁻¹]	0,73	0,760			
NO _x ako NO ₂	[mg.m ⁻³]	663 ⁽¹⁾	302 ⁽¹⁾	200 ⁽¹⁾⁽²⁾	Nie	Nie
	[kg.h ⁻¹]	4,17	2,539			
CO	[mg.m ⁻³]	18 ⁽¹⁾	< 2 ⁽¹⁾	250 ⁽¹⁾⁽²⁾	Áno	Áno
	[kg.h ⁻¹]	0,07	0,02			
TOC	[mg.m ⁻³]	29 ⁽¹⁾	17 ⁽¹⁾	100 ⁽¹⁾⁽²⁾	Áno	Áno
	[kg.h ⁻¹]	0,05	0,026			
HCl	[mg.m ⁻³]	0,5 ⁽¹⁾		10 ⁽¹⁾⁽²⁾	Áno	-
	[kg.h ⁻¹]	0,0				
HF	[mg.m ⁻³]	0,1 ⁽¹⁾		2 ⁽¹⁾⁽²⁾	Áno	-
	[kg.h ⁻¹]	0,0				
NH ₃	[mg.m ⁻³]	3,7 ⁽¹⁾	2,9 ⁽¹⁾	30 ⁽¹⁾⁽²⁾	Áno	Áno
	[kg.h ⁻¹]	0,02	0,011			

⁽¹⁾ hmot. koncentrácia v mg.m⁻³ pri štandardných stavových podmienkach (tlak 101,325 kPa, teplota 0 °C), suchý plyn a referenčný obsah kyslíka 11 % obj. určené rozhodnutím ObÚŽP

⁽²⁾ hodnoty emisných limitov určené rozhodnutím ObÚŽP

Pre veterinárne asanačné zariadenia nie sú určené špecifické emisné limity a v danom prípade nemôžu platiť ani emisné limity pre spaľovne odpadov, pretože takáto činnosť sa vecne nevykonáva (nie je to spaľovacie zariadenie). Na inštalovaný termický oxidizér ako koncové resp. dopaľovacie zariadenie na čistenie odpadových plynov sa podľa prílohy č. 4 časť I. bod 1.1 prílohy č. 4 k vyhláske č.706/2002 Z.z. v znení neskorších predpisov neplatia ani emisné limity a podmienky prevádzkovania zariadenia na spaľovanie palív aj keď sa



vyrobené teplo využíva v energetickom systéme spoločnosti, pretože prítomné znečisťujúce látky výrazným spôsobom ovplyvňujú zloženie spalín. Z týchto dôvodov sa v prípadoch koncových dopaľovacích zariadení určujú emisné limity a prípadne aj osobitné podmienky prevádzkovania osobitne pre každý konkrétny prípad s prihliadnutím na povahu technologického procesu a množstvo a zloženie spaľovaných odpadových plynov. Pre kafilernú spoločnosť boli určené emisné limity rozhodnutiami ObÚŽP :

Celková úroveň emisií z procesu spracovania kafilerických surovín závisí na množstve spracovávaných surovín, dodržiavaní technologických parametrov spracovania, spôsobe manipulácie so vstupnými a vznikajúcimi odpadmi, dokonalosti hermetizácie výrobných priestorov a ich odsávania a účinnosti spaľovania v dezodorizačnom zariadení

Poznámka : Podľa § 3 ods. 4 vyhlášky č. 706/2002 Z.z. v znení neskorších predpisov sa emisný limit vyjadrený ako hmotnostná koncentrácia pri meraní považuje za dodržaný, ak žiadna jednotlivá hodnota po pripočítaní odôvodnenej hodnoty neistoty výsledku merania neprekročí hodnotu emisného limitu – z toho dôvodu sú v tabuľke emisných hodnôt uvádzané maximálne namerané koncentrácie znečisťujúcich látok po pripočítaní neistoty.

Porovnávanie dosiahnutých výsledkov s určenými emisnými limitmi preukázalo prekročenie v parametroch SO_2 a NO_x v oboch meraniach, napriek skutočnosti, že merania prebiehali počas obvyklej prevádzky zariadenia (pri emisne najnepriaznivejšom režime) a normálnej činnosti oxidizéra.

Pri opakovanom druhom meraní bol prekročený aj emisný limit tuhých látok, čo je možné odôvodniť mimoriadnou udalosťou, čo sa preukázalo až po ukončení činnosti, vychladení zariadenia a otvorení.

Za tejto situácie a po získaní ďalších informácií a údajov o prevádzke a nameraných výsledkoch na oxidizéroch v kafilerických zariadeniach je vhodné zrušiť pôvodné emisné limity v parametroch NO_x a SO_2 a určiť ich nasledovne :

Tabuľka 2 Návrh úpravy emisných limitov

Znečisťujúca látka	Emisný limit [mg.m^{-3}]	
	pôvodný	nový
SO_2	50	150
NO_x ako NO_2	200	700

Zmena emisných limitov je potrebná vzhľadom na potrebu ich zrealizovania a praktickej dosažiteľnosti s prihliadnutím na premenlivosť vstupnej živočíšnej suroviny, v ktorej kolíše obsah zvieracích tiel – hovädzí alebo bravčový dobytok, hydina prípadne iné druhy zvierat – a tým aj zloženie po stránke materiálnej (kosti, tuky, svalovina, krv, rohovina, kože, perie, voda) elementárneho zloženia – obsah dusíka, síry a ďalších prvkov, ktoré bezprostredne vplyvajú na zloženie spalín.



3 VÝSLEDKY A DISKUSIA

Experimentálne merania boli vykonávané počas niekoľkých mesiacov, pri použití prvej spracovateľskej metódy.

Sledované exploatačné parametre boli tvorba emisii a pachových látok, spotreba energie a vzťažnosť tuku zo spracovávanej suroviny pri použití nových technologických celkov. Na zníženie nežiaducich pachových látok bol v minulosti používaný komplex biopráčky, ktorý bol nahradený novým moderným zariadením Oxidizérom, ktorého účinnosť je cca 90 %. Implementáciou tohoto zariadenia sa následne dosiahlo zníženie spotreby elektrickej energie, spaľovanie zemného plynu bolo zredukované spaľovaním živočíšneho tuku z vlastnej produkcie spracovateľského závodu. Z toho dôvodu bolo potrebné zvýšiť účinnosť lisovacích zariadení, aby sa dosiahla čo najväčšia výťažnosť tuku. Ďalšie rezervy použitej technológie sú vo využívaní nespotrebovanej prehriatej pary v technologickom celku.

LITERATÚRA

JANOŠKO,I.-PIATRIK,M.-GIBA, M.:1998. Ekologické aspekty komunálnej techniky I. Lokálne stredisko pre dištančné vzdelávanie pri SPU v Nitre, 1998, Nitra, 113 s.

STRAUCH,D.-BAADER,W.-TIETJEN,C.:1980. Odpady zo živočíšnej výroby. Bratislava 1980, s. 352 .

JANOŠKO,I. -SEMETKO,J. - PETROVIČ, A.: 2004: Posúdenie technicko-exploatačných vlastností. komunálneho vozidla. 35. Medzinárodná vedecká konferencia KOKA, Brno 2004, Česká republika, s. 319-324. ISBN 80-71577-76-6.

MONTs: Firemná literatúra

PROKOP Invest: Firemná literatúra

CNIM Babcock: Firemná literatúra

POĎAKOVANIE

Príspevok bol vypracovaný v rámci riešenia projektu MŠ SR KEGA 3/64331/08 Stanovenie charakteristík kvantifikácie emisií a indikátorov kvality ovzdušia v podmienkach európskej legislatívy.

Lektoroval: Ing. Eva Ružinská, PhD.

Kontaktná adresa:

Ing. Marián ČERY, Ovocinárska 23, 949 01 Nitra, e-mail : marian.cery@gmail.com
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



HODNOTENIE ZNEČISŤOVANIA OVZDUŠIA V MESTE TUHÝMI ČASTICAMI

EVALUATION OF THE AIR POLLUTION BY PARTICULATE MATTERS IN CITIES

Daniela ĎURČANSKÁ

ABSTRACT: Particulate matters (PM) are an actual part of research not only due to increasing concentrations in the ambient air but primarily because of their negative effects on human health (respiratory and cardiovascular diseases). 347,900 European died in accordance with the EU study (Watkiss et al., 2005) due to air pollution. Especially in the large cities PM can be a problem due to the road transport that is an important source of these particles. Three localities were chosen for active PM sampling (LECKEL MVS3) to determine the differences in the PM concentrations near roads with different pavements. The first locality represents highway near town Zilina with stone mastic asphalt pavement (SMA) and approximately 20,000 vehicles per day. Second and third are the part of Zilina with asphalt concrete pavement (AC) and approximately 15,000 when 25,000 vehicles per day.

Key words: traffic, urban monitoring station, traffic emission, particulate mater, particulate characterization;

ABSTRAKT: Tuhé častice (PM) majú podľa súčasných výskumov negatívny dopad v prvom rade na obyvateľstvo (respiračné a kardiovaskulárne choroby). Podľa štúdií EÚ úmrtie 347 900 európanov je spôsobené znečisteným ovzduším (Watkiss et al., 2005). Obzvlášť pre veľké mestá je problémom tvorba tuhých častíc od cestnej dopravy. Príspevok popisuje sledovanie tvorby tuhých častíc pozdĺž mestských a prímestských komunikácií rôznych typov. Boli vybraté tri lokality pre aktívny odber vzoriek pre určenie množstva koncentrácie PM s rozdielnym povrchom vozovky. Prvá lokalita prezentuje diaľnicu neďaleko Žiliny s povrchom s asfaltovým kobercom mastixovým (AKM) a približne 20 000 vozidlami za deň. Druhá a tretia lokalita je v Žiline, mestská komunikácia s povrchom z asfaltového betónu (AB) a s intenzitou dopravy približne 15 000 až 25 000 vozidiel za deň.

Kľúčové slová: doprava, monitorovacie stanovišťa v meste, emisie z cestnej dopravy, tuhé častice, charakteristika tuhých častíc;

1. CHARAKTERISTIKA TUHÝCH ČASTÍC

Znečisťovanie ovzdušia patrí k najvýznamnejším environmentálnym problémom, ktoré sa dotýkajú všetkých veľkých miest. Rastúce množstvo plyných a pevných škodlivín uvoľňovaných do atmosféry sa preukázateľne premieta v poškodzovaní ľudského zdravia i životného prostredia (WHO 2000). Na základe súčasných poznatkov o súvislostiach medzi znečistením ovzdušia a jeho dôsledkami, narastá záujem verejnosti o túto problematiku s dôrazom na hľadanie riešení tohto nepriaznivého stavu, ktorý je v rozpore s trvalo udržateľným rozvojom. Preto je potrebné vytvoriť predpoklady pre také riešenia, ktoré podporujú dostupné informácie o danej problematike.

V skupine škodlivín vyskytujúcich sa v ovzduší sa rozlišujú suspendované častice (dym, hmla, peľ, baktérie), plyny (NO_x , NH_3 , SO_2 , CO , CO_2 , H_2O , VOCs, SVOCs, pary) a pachy (H_2S , CS_2 , merkaptany a iné) (WHO, 2000). Tieto škodliviny sú emitované zo širokého spektra zdrojov, ktoré môžeme rozdeliť do troch kategórií: a) stacionárne zdroje (lokálne vykurovanie, spaľovne, poľnohospodárska činnosť, ťažba surovín, chemická výroba), b) mobilné zdroje (automobilová, železničná, lodná a letecká doprava), c) zdroje znečistenia vnútorného ovzdušia (kúrenie, spaľovanie, varenie, čistenie, odparovanie z vnútorných materiálov a ďalšie). Popri spomenutých kategóriách, ktoré zahrňujú antropogénne zdroje sa



na znečisťovaní ovzdušia podieľajú i prirodzené zdroje (erózia pôdy, sopečná činnosť, peľ, spóry, baktérie,...).

Pri porovnaní jednotlivých zdrojov sú odhadované podiely na emitovanom množstve látok nasledujúce: 42 % doprava, 22 % priemysel, 11 % rafinérie a elektrárne a 9 % domácnosti (Berdowski et al., 1997). Emisie z jednotlivých zdrojov v ovzduší vytvárajú veľmi zložitú zmes z hľadiska kvalitatívneho i kvantitatívneho. Zloženie je výsledkom časovej a priestorovej distribúcie vstupov a zdrojov, ich veľkosti a vlastností daných polutantov na jednej strane a meteorologických a klimatických podmienkach v danej oblasti na strane druhej. Významným faktorom, ktorý je potrebné zohľadňovať pri posudzovaní znečistenia ovzdušia je i diaľkový prenos polutantov, kedy látky emitované z určitého zdroja môžu ovplyvňovať ovzdušie vo veľkých vzdialenostiach od tohto zdroja (Huskes et Levensen, 1997). Obyvateľstvo i príroda sú týmito látkami vystavované a môžu pre nich predstavovať pri prekročení imisných hladín významné zdravotné a prípadne ekologické riziko. Najviac znečistené je v tomto smeru ovzdušie v mestských aglomeráciách.

Pokiaľ biologické účinky a zdravotné riziká plyných polutantov ako je SO_2 , NO_x alebo CO sú na základe ich nebezpečnosti a v podstate jednoduchom zistení expozičných koncentrácií dobre definovateľné, úplne iná situácia nastáva pri problematike tuhých častíc v ovzduší. Pôvodný prístup využívania limitov, ktorý je vhodný pre plyné polutanty nie je pre tuhé častice najvhodnejší, nakoľko rovnaká koncentrácia častíc na dvoch rôznych lokalitách nemusí predstavovať rovnaké riziko. Popri celkovej koncentrácii častíc narastá záujem o informácie o zastúpení jednotlivých veľkostných frakcií častíc a ich zložení (Harrison et Yin, 2000), ktoré tak nahrádza pôvodný záujem len o koncentrácie celkového množstva tuhých častíc (PM), častíc menších ako $10\text{ }\mu\text{m}$ (PM_{10}). Taktiež poznatky z posledných rokov ukazujú, že i nižšie koncentrácie než sú stanovené limity môžu vyvolávať poškodenie zdravia človeka a to najmä pri dlhodobej expozícii (Hauck, 1998; Černá et al., 1998).

Aktuálnosť záujmu o túto problematiku a hľadanie riešení na Slovensku dokazuje skutočnosť, že na základe hodnotenia kvality ovzdušia v Slovenskej republike v posledných rokoch (SAŽP 2005-2007, Chabanová, 2005) bolo zistené, že práve znečistenie tuhými časticami predstavuje najzávažnejší problém z hľadiska novej legislatívy a nových smerníc Európskej únie (Fiala et al., 2001). Aj na Slovensku je situácia závažná, nakoľko takmer na 40 % automatických monitorovacích staníc (AMS) dochádza k prekročovaniu priemerných ročných koncentrácií. V Žiline bolo napr. v roku 2005 namerané prekročenie limitných hodnôt PM_{10} na AMS Veľká Okružná, ktorá bola zameraná na dopravu 55 krát a na Vlčincoch 40 krát už v prvom polroku. Aj to je jedným z dôvodov, prečo sa zvolili úseky pre dlhodobé sledovanie tuhých častíc priamo v meste.

2. PODIEL DOPRAVY NA TVORBE TUHÝCH ČASTÍC A JEJ DÔSLEDKY

Doprava je označovaná ako jeden z najvýznamnejších zdrojov znečistenia ovzdušia (Venkataraman et al., 1994; Harrison et al., 1997). Problematika emisií z dopravy je znásobená skutočnosťou, že počty vozidiel a počet najazdených kilometrov každý rok narastá a s nimi i emisie. Vzhľadom k dominantnému používaniu spaľovacích motorov sú vo výfukových plynách obsiahnuté veľké množstvá plyných (CO , CO_2 , NO_x , SO_2 , HCs, benzén a ďalšie) i pevných škodlivín. Tie zahŕňajú najmä veľké množstvo častíc najjemnejších frakcií, ktoré môžu dlhú dobu zotrvať v ovzduší, ľahko vstupovať do respiračného traktu a poškodzovať ľudské zdravie.



Poznatky o horizontálnom a vertikálnom chovaní častíc sú veľmi významné pri hodnotení expozície populácie, ktorá žije v blízkosti tak významného zdroja častíc, akým je doprava. Pre zmeny v koncentráciách vzhľadom k vertikálnej polohe je charakteristický pokles koncentrácie častíc. Vo výške cca 80 m nad vozovkou boli zistené koncentrácie PM₁₀, PM_{2,5} a PM₁ na úrovni 60 %, 62 % a 80 % maximálnych koncentrácií nameraných vo výške 2 m. V prípade horizontálnej distribúcie bol vo vzdialenosti cca 230 m od vozovky zistený pokles pre častice PM₁₀, PM_{2,5} a PM₁ len o 7 %, 9 % a 10 % v porovnaní s maximom vo vzdialenosti 2 m od vozovky (Wu et al., 2002). Podobné výsledky boli publikované i iným autormi (Morawska et al., 1999; Hitchnins et al., 2000). Denné a sezónne zmeny koncentrácií jemných častíc sú predpokladané od zmeny v intenzite dopravy.

Cieľom tejto práce je preukázanie resp. porovnanie tvorby tuhých častíc a ich zloženia pozdĺž cestných komunikácií v meste a mimo neho v korelácii na už publikované štúdie.

Uvedené tabuľky dokumentujú najazdený celkový počet kilometrov, ale aj zvyšujúci sa objem dopravy v mestskom prostredí. S tým súvisí aj celková produkcia emisií z cestnej dopravy.

Tabuľka 1 Ročná produkcia emisií v cestnej doprave v rokoch 2000 – 2006

Zdroj emisií		Emisie [t]					
	Rok	CO ₂	CO	NO _x	VOC	SO ₂	PM
cestná doprava	2006	5298,161	86,904	29,334	16,122	0,177	1,762
	2005	6094,996	107,122	37,106	19,578	0,189	2,462
	2004	5154,790	111,602	36,443	25,480	0,827	2,473
	2003	4868,800	116,050	34,810	26,710	0,750	2,260
	2002	4738,180	119,757	36,064	24,464	0,733	2,329
	2001	4586,900	118,500	35,550	27,260	0,750	2,150
	2000	4017,300	110,430	32,980	25,320	0,670	1,970

Tabuľka 2 Ročné kilometrické prejazdy automobilov v rokoch 2000 - 2006

Kategoríe vozidiel	Ročné kilometrické prejazdy [mil. km]						
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
osobné	11906,00	14047,83	13227,68	13605,69	13068,67	14117,69	12554,32
ľahké nákladné	1408,05	1713,19	1745,66	1678,05	1887,43	1977,39	1868,11
ťažké nákladné	2185,95	2368,09	2737,66	2847,35	3230,49	4442,08	4235,28
autobusy	448,06	475,44	512,54	498,53	562,24	536,34	202,32
motocykle	160,58	206,98	167,69	170,05	162,81	200,95	470,23
spolu	16108,64	18811,53	18391,23	18799,67	19911,64	21274,45	19330,26

Tabuľka 3 Priebeh ročných kilometrických prejazdov automobilov v meste a mimo mesta

Kategoríe vozidiel	Ročné prejazdy v rámci jazdných módov [mil. km]					
	2004		2005		2006	
	mesto	cesta	mesto	cesta	mesto	cesta
osobné	5532,740	5914,830	5711,879	6154,259	5083,518	5435,674
ľahké nákladné	650,110	730,210	752,569	882,585	731,242	807,868
ťažké nákladné	1127,750	1730,890	1505,812	2632,363	1380,66	2512,703
motocykle	73,480	81,500	85,582	96,237	71,262	114,072



Tabuľka 4 Ročné kilometrické prejazdy automobilov podľa dopravných módov v roku 2006

Kategórie vozidiel	Ročné prejazdy v rámci jazdných módov a celkom [mil. km]			
	mesto	cesta	diaľnica	celkom
osobné	5083,518	5435,674	2035,13	12554,323
ľahké nákladné	731,242	807,868	329,002	1868,112
ťažké nákladné	1380,66	2512,703	812,154	4705,516
motocykle	71,262	114,072	16,983	202,317

3. ZLOŽENIE TUHÝCH ČASTÍ V OVZDUŠÍ NA VYBRANÝCH LOKALITÁCH

Pre sledovanie koncentrácií jednotlivých frakcií tuhých častíc PM na lokalitách s rôznou intenzitou dopravy boli vybraté miesta reprezentujúce komunikáciu mimo mesta aj mestské komunikácie s rôznou intenzitou dopravy.

Odbery vzoriek ovzdušia boli vykonané s využitím nízko objemových vzorkovacích čerpadiel typu LECKEL MVS3. Prístroj je vybavený pre vonkajšie použitie pri vysokých aj pri nízkych teplotách. Prietok odoberaného ovzdušia je riadený za dodržovania základných fyzikálnych zákonov pomocou teplotne kompenzovanej štrbiny. Filtre pre zachytávanie PM sú vkladané medzi teflonové držiaky do odberovej hlavice, ktorá je súčasťou zariadenia. K zachytávaniu PM boli používané filtre z kremenných vlákien. Koncentrácie častíc sa stanovovali gravimetricky z každého exponovaného filtra. Intenzita dopravy bola zaznamenávaná kontinuálne automatickým detektorom pre snímanie dopravy SIERZEGA SR4.



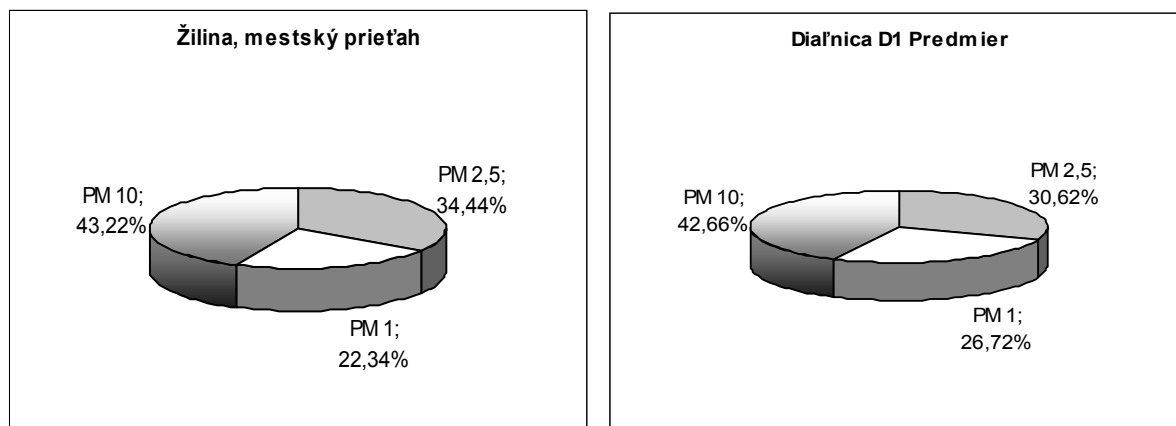
Obrázok 1 Meracie stanovište na diaľnici D1 a gravimetrické vyhodnocovanie filtrov v laboratóriu

V priebehu apríla 2008 až mája 2009 bolo vykonaných viacero meraní na troch lokalitách:

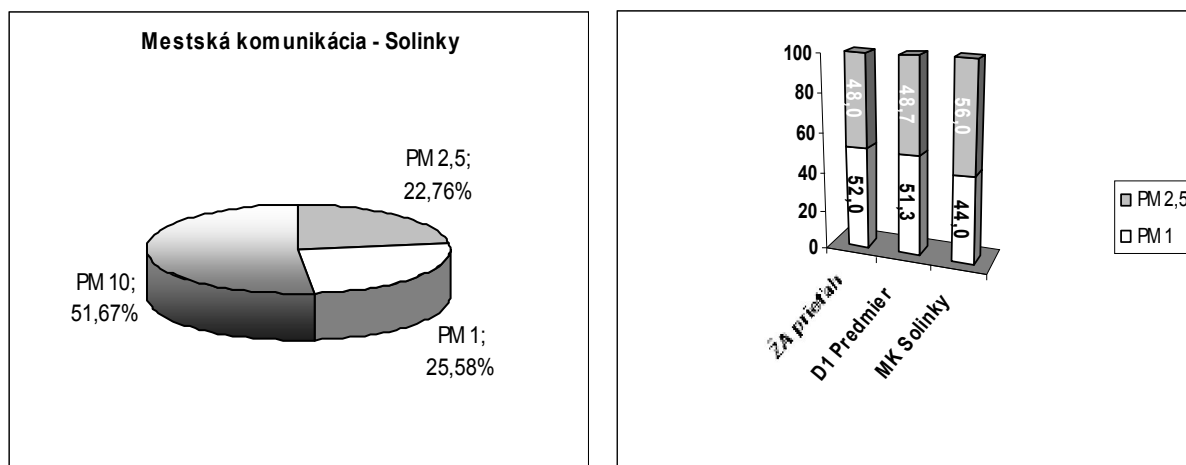
- diaľnici D1 v Predmiery (neďaleko Žiliny), intenzita dopravy 20 000 voz./24 h
- mestskom prietahu cesty I/18 v Žiline - Mostnej ulici, intenzita dopravy 25 000 voz./24 h
- mestskej komunikácii na sídlisku Solinky, Obvodovej ulici, intenzita dopravy 15 000 voz./24 h



Väčšia časť meraní bola zameraná na sledovanie PM_{10} . V júli a októbri 2008 sa na prvých dvoch stanovištiach sledovalo aj zastúpenie jednotlivých frakcií. V máji 2009 sa meranie vykonalo aj na sídlisku Solinky. V nasledujúcich grafoch sú prezentované priemerné výsledky z oboch meraní.



Obrázok 2 Zastúpenie jednotlivých veľkostných frakcií (mestský priesťah a diaľnica)



Obrázok 3 Zastúpenie jednotlivých veľkostných frakcií na MK Solinky a porovnanie percentuálneho podielu jemných frakcií vo frakcii PM_{10}

4. DISKUSIA VÝSLEDKOV

Veľmi zaujímavé sa javia výsledky zahraničných štúdií, ktoré preukázali, že tuhé častice z dopravy jemnej frakcie sú využívané ako nosiče plyných látok. Dochádza ku korelácii častíc jemnej frakcie s koncentráciou NO_x resp. NO_2 , ktorý je najvýznamnejším plyným markerom znečistenia ovzdušia dopravou (Harrison et al., 1997; Fuller et al., 2002). U tohto markeru bola preukázaná silná korelácia s $PM_{2,5}$ aj PM_{10} . Obdobné poznatky priniesli aj ďalšie štúdie.



Sledované úseky mestských komunikácií vykazujú taktiež v zmysle zahraničných štúdií vysoké percentá práve jemnej frakcie tuhých častíc menších ako PM_{10} . Všetky merania PM_{10} , pri ktorých boli sledované aj jemné frakcie prekročovali stanovené imisné limity. Namerané hodnoty sa pohybovali v rozmedzí 44 až $67 \mu g.m^{-3}$.

Projekt však ešte nie je ukončený, merania naďalej pokračujú. Ďalej chceme zaznamenať priebeh najmä horizontálnej distribúcie častíc a previesť porovnanie so softvérovými modelmi, ktoré sa využívajú v rámci rozptylových štúdií.

LITERATÚRA

ADAMEC, V. a kol., 2006, *Prašnost z dopravy a její vlivy na imisní zatížení ovzduší suspendovanými částicemi, výroční zpráva projektu 1F54H/098/520*, CDV Brno, 93 s.

BERDOWSKI, J.J.M., J.G.H. BROUWER, G.J.P. DRAAIJERS, C.W.A. EVERS, 1997, *Emission data in The Netherlands - 1995 and estimates for 1996. Publication Series Emission Inventory nr. 42*. Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment. VROM, The Hague

DECKÝ, M., ĎURČANSKÁ, D., 2008, *Vplyv prevádzkovej spôsobilosti vozoviek na imisie od cestnej dopravy*, priebežná správa GÚ VEGA 1/0673/08, SvF ŽU Žilina, 10 s.

ĎURIŠOVÁ, I. a kol., 2007, *Stanovenie limitov a emisií produkovaných mobilnými zdrojmi*, VÚD Žilina, 17 s.

FULLER, G.W., D.C. CARSLAW, H.W. LODGE, 2002, *An empirical approach for the prediction of daily mean PM_{10} concentrations*. Atmos. Environ., 36, 1431 – 1441.

HITCHNINS, J., L. MORAWSKA, R. WOLFF, D. GILBERT, 2000, Concentrations of submicrometre particles from vehicle near a major road. Atmos. Environ., 34, 51 – 59.

HUSKES, R., K. LEVSEN, 1997, *Pesticides in rain*. Chemosphere, 35, 3013 – 3024.

IARC, 1983, *Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risks of Chemicals to Humans*. Vol. 32, IARC, Lyon

CHABANOVÁ, V., 2005, *Kvalita ovzdušia v zóne Žilinský kraj*. Zborník konferencie Ochrana ovzdušia, Vysoké Tatry – Štrbské Pleso, 23. – 25.11.2005

KLINDA, J. A KOL., 2008, *Správa o stave životného prostredia v Slovenskej republike v roku 2007*, MŽP Bratislava, SAŽP Banská Bystrica, 312 s.

KOMAČKA, J., ČELKO, J., DECKÝ, M., ĎURČANSKÁ, D., 2009, *Sustainable Pavements for European New Member States, Impact assessment of roads on the environment*, Activity report, SPENS-01-AR_02_Y2, Vienna, 8 p.

FIALA, J., H. LIVOROVÁ, P. KURFÜRST, R. SRNĚNSKÝ, J. HORÁLEK, V. NOVÁK, J.

HARRISON, R.M., D.J.T. SMITH, C.A. PIO, L.M. CASTRO, 1997, *Comparative receptor modelling study of airborne particulate pollutants in Birmingham (United Kingdom), Coimbra (Portugal) and Lahore (Pakistan)*. Atmos. Environ., 31, p. 3309 – 3321.

MORAWSKA, L., S. THOMAS, D. GILBERT, C. GREENAWAY, E. RIJNDERS, 1999, *A study of the horizontal and vertical profile of submicrometer particles in relation to a busy road*. Atmos. Environ., 33, p. 1261 – 1274.



VENTAKARAMAN, C., J.M. LYONS, S.K. FRIEDLANDER ,1994, *Size distributions of polycyclic aromatic hydrocarbons and elemental carbon. 1. Sampling, measurement methods, and some sources characterization. Environ.Sci.Technol.*, 28, p. 555 – 562.

WATKISS, P., PYE, S., & HOLLAND, M., 2005, *CAFE CBA: Baseline analysis 2000 to 2020*, CAFE Programme, EAE Technology Environment, Didcot, Oxon, United Kingdom, 112 p. WHO , 2000, *Guidelines for air quality*. World Health Organization, Geneve

WU, Y., J. HAO, L. FU, Z. WANG, U. TANG ,2002, *Vertical and horizontal profiles of airborne particulate matter near major roads in Macao, China. Atmos. Environ.*, 36, p. 4907 – 4918.

Príspevok vznikol v rámci vedeckovýskumnej úlohy VEGA 1/0673/08 Vplyv prevádzkovej spôsobilosti vozoviek na imisie od cestnej dopravy a medzinárodného projektu 6. RP EÚ SPENS Sustainable Pavements for European New Member States.

Lektoroval: doc. Ing. Jozef Černecký, CSc.

Kontaktná adresa:

doc. Ing. Daniela Ďurčanská, CSc., Stavebná fakulta Žilinskej univerzity v Žiline; e-mail: daniela.durcanska@fstav.uniza.sk



REDUKCIA EMISIÍ SPAĽOVANIA KALOV Z ČISTIARNE ODPADOVÝCH VÔD V PETROCHEMICKOM PRIEMYSELE

EMISSION REDUCTION OF SLUDGE INCINERATION OF SEWERAGE PLANT

Stanislav HOSTIN – Maroš LÁTAL – Anna MICHALÍKOVÁ – Maroš SOLDÁN

ABSTRACT: The contribution is focused on the emission reduction in sludge incineration plant generated by cleaning petrochemical industrial sewage applied in Mechanical-Chemical-Biological Sewerage Plant.

Key words: waste water treatment plant, sludge incineration, emission of air pollutants

ABSTRAKT: Príspevok sa venuje redukcii emisií spaľovania kalov na mechanicko-chemicko-biologickej čistiarni odpadových vôd vzniknutých pri čistení odpadových vôd petrochemického priemyslu.

Kľúčové slová: čistiareň odpadových vôd, spaľovanie kalov, emisie polutantov v ovzduší

1. ÚVOD

Rafinérie v petrochemickom priemysle sa považujú za významných znečisťovateľov jednotlivých zložiek životného prostredia. Ropa a jej produkty sú častými kontaminantmi vodného prostredia a pôdy, a preto sa im venuje veľká pozornosť. Z toho dôvodu je veľmi dôležité v závodoch petrochemického priemyslu eliminovať možnosť rozširovania ropných látok do prostredia. V príspevku je popísaný spôsob spaľovania kalov z čistiarne odpadových vôd, ktoré vznikajú pri čistení vôd vznikajúcich pri rafinácii ropy, ako aj možnosti znižovania emisií unikajúcich do ovzdušia pri ich spaľovaní.

2. CHARAKTERISTIKA SPAĽOVANÝCH KALOV Z ČOV PETROCHEMICKÉHO PRIEMYSLU

2.1 Odpadové vody petrochemického priemyslu

Toxicite a ekotoxicite ropných látok sa venuje veľká pozornosť. Všeobecne platí, že čím viac sú ropné látky emulgované vo vode, tým väčšiu toxicitu vykazujú, pričom rozdiely v toxicite emulgovaných a neemulgovaných ropných látok sú až niekoľko násobné. Výsledky testov mikrototoxicity ukázali, že polyaromatické frakcie ropy sú slabo mutagénne. Ropa a jej produkty sú častými kontaminantmi vodného prostredia. Je to zmes uhlíkovodíkov, derivátov síry, dusíka, a kyslíka stopového množstva chemických prvkov. Toxickými zložkami sú z organickej frakcie napr. benzén, toluén, naftalén a z anorganickej napr. nikel a vanád.

Množstvo produkovaných odpadových vôd v rafinériách ropy sa pohybuje v širokom rozmedzí v závislosti od úrovne použitej technológie. Najväčší podiel tvoria chladiace vody. V menšom množstve vznikajú technologické odpadové vody, odpadové vody z úpravy vody a z energetiky, splaškové odpadové vody, kontaminované dažďové vody a vody z hydraulického ochrany. Z hydrogenácie pochádzajú sulfidové odpadové vody s obsahom sulfidov, tiolov, sulfonátov a ďalších sírnych zlúčenín. Najdôležitejšími znečisťujúcimi látkami v odpadových vodách z rafinérií ropy sú ropné látky. Nachádzajú sa buď ako voľné, rozpustené, alebo ako



emulgované, pričom prevládajúcou formou, vzhľadom na ich malú rozpustnosť sú ropné látky voľné alebo emulgované (BELA, 1999, PETTS, 1994).

Pri petrochemickom spracovaní ropy hlavným zdrojom odpadových vôd sú chladiace vody. V zložitom chladiacom systéme sa znečisťujú ropnými látkami, ďalej obsahujú rôzne prímеси z úpravy chladiacej vody. Produkciu odpadových vôd možno obmedziť recirkuláciou chladiacich vôd a využívaním vzdušného chladenia. Pri čistení a preplachovaní zariadení vznikajú zaolejované vody obsahujúce olejové nečistoty, nerozpustené a rozpustené látky anorganického i organického pôvodu. Technologické vody sú chemicky znečistené sírnymi zlúčeninami, fenolmi, organickými kyselinami, organickými rozpúšťadlami, olejmi atď. Ostatné odpadové vody pochádzajú z pomocných prevádzok a hygienických zariadení závodu (MARGETÍNY, 1994).

2.2 Charakteristika čistiarne odpadových vôd v petrochemickom priemysle

Mnohotvárnosť procesov používaných pri petrochemickom spracovaní ropy sa odráža vo veľkom množstve rôznych škodlivých látok v odpadových vodách, ktorých čistenie je pomerne obťažné. Prvým stupňom čistenia odpadových vôd z rafinérií ropy, najmä ak prevládajúcou formou sú voľné ropné látky, je ich gravitačné odlučovanie. Z konštrukčnej stránky ide o použitie norných stien, pozdĺžnych odlučovačov s mechanickým stieraním dna aj hladiny a lamelových odlučovačov.

Ak sa v odpadových vodách nachádzajú aj rozpustené a emulgované ropné látky, treba do technologickej linky ich čistenia zaradiť ďalšie jednotky. Najčastejšie ide o použitie koagulácie, koagulácie kombinovanej s flotáciou, adsorpcie, biologického dočisťovania atď.

Po mechanickom a chemickom čistení nasleduje biologické čistenie, najčastejšie aktivačným procesom, prípadne s predradením biologických kolón (biofiltrov). Podľa potreby treba dávkovať niektoré živiny, najmä fosfor. Nevýhodou aktivácie je produkcia veľkého množstva nadbytočného aktivovaného kalu. Na jeho likvidáciu sa používa spaľovanie, skládkovanie, prípadne kompostovanie.

2.3 Likvidácia kalov

Na kalovom hospodárstve sa odvodňujú kaly prečerpávané z jednotlivých stupňov čistenia. Zaolejované kaly a prebytočný biologický kal sa zahusťujú osobitne v zahusťovacích nádržiach. Zmiešaný kal sa privádza na odstredivku, kde sa odvodňuje. Oddelená voda sa z kalového hospodárstva recirkuluje na mechanický stupeň. Príklad zloženia kalu petrochemického podniku je uvedený v (LÁTAL, 2008).

Spaľovňa kalov zabezpečuje jeho hygienickú likvidáciu. Odvodnené kaly sa privádzajú do etážovej pece, vybavenej centrálnym rotačným zhrabovákam. Proces spaľovania sa udržiava horákmi. Exhaláty sa dezodorizujú spaľovaním v prídavnej (dopaľovacej) komore, prečisťujú a odvádzajú do komína. Popol sa dopravuje na skládku.

3. SPAĽOVŇA KALOV ČOV Z PETROCHEMICKÉHO PRIEMYSLU

Spaľovanie kalov predstavuje úplnú termickú oxidáciu všetkých organických látok. Na zabezpečenie úplného spaľovania je nevyhnutný približne 30 % prebytok vzduchu. Nespáliteľnými zložkami likvidovaných kalov sú voda a takmer všetky anorganické látky. Plynné produkty spaľovania, inertné plyny a odpadová voda odchádzajú ako dymové plyny,



nespáliteľné tuhé látky ostávajú vo forme popola. Emisia plyných produktov spaľovania kalu sa rieši ich termickou oxidáciou v dopaľovacej komore, ktorá nadväzuje na etážovú spaľovaciu pec (GÉCI, 2007).

Počas normálnej prevádzky spaľovne sú emitované hlavne primárne škodliviny, ktoré vznikajú pri dokonalom spaľovaní (CO₂, vodná para a kyslé plyny), ďalej častice prachu a kovov, ktoré neboli zachytené pri čistení spalín, ako aj škodliviny vznikajúce pri nedokonalom spaľovaní. K posledne uvedeným patria PAH, PCDD a PCDF a iné halogénované i nehalogénované organické látky v množstvách, ktoré sú tisíc až miliónkrát menšie ako emisie prachu a kovov. Množstvo a druh emitovaných škodlivín závisí od druhu odpadu, účinnosti spaľovacieho procesu a účinnosti technologického čistenia spalín.

Pre jednotlivé organické látky nie sú stanovené emisné limity. Namiesto limitu sa uvádza celková koncentrácia organickej hmoty v emisiách ako celkový organický uhlík (TOC). Prevládajúcou zložkou v TOC v spalínach sú alifatické uhľovodíky, ktoré neznamenia vysoké riziko pre zdravie človeka. Rizikovejšie sú aromatické uhľovodíky (niekoľko sto druhov). Prchavé organické látky (VOC), ktoré produkujú spaľovne vo veľmi malom množstve, prispievajú k tvorbe prízemnej vrstvy ozónu. Spaľovne uvoľňujú do ovzdušia kovy prítomné v odpade.

3.1 Popis spaľovne kalov

Príklad riešenia spaľovne kalov je na Obrázku 1, kde je uvedená technologická schéma spaľovne kalov ČOV a.s. Slovnaft, Bratislava. Najdôležitejšie operácie spaľovania predstavujú operácie: spaľovanie kalov v etážovej peci, dopaľovanie spalín, systém čistenia spalín, sledovanie emisií v spalínach Automatizovaným monitorovacím systémom (AMS).

3.2 Čistenie spalín

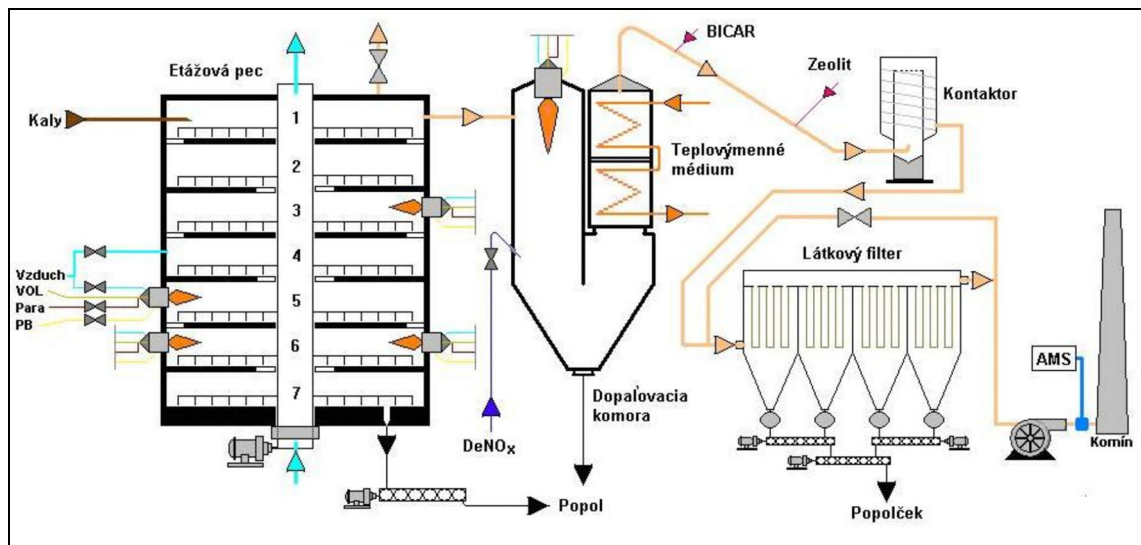
Z hľadiska redukcie emisií v spalínach je významný najmä systém čistenia spalín, ktorý prebieha v štyroch stupňoch: selektívna nekatalytická redukcia NO_x, suché čistenie spalín (suchá sorpcia), membránová filtrácia, katalytický rozklad dioxínov (LÁTAL, 2008, SOLVAY, 2002).

3.2.1 Selektívna nekatalytická redukcia NO_x

Pre zníženie koncentrácie NO_x v spalínach sa používa SNCR technológia založená na vstrekaní redukčného činidla do spalín v priestore dopaľovacej komory, kde je optimálna teplota potrebná pre priebeh denitrifikačných reakcií. Účinkom redukčného činidla sú NO_x vzniknuté pri spaľovacom procese rozložené na N₂ a O₂. Vlastný redukčný roztok je tvorený 40 % roztokom technickej močoviny so surovou, filtrovanou vodou, obohatenou špeciálnym koncentrátom CARBAMIN 5700. Ten pri pásmach teplôt okolo 850 °C zabezpečí vyšší stupeň redukcie NO_x podľa nasledujúcej zjednodušenej reakcie:



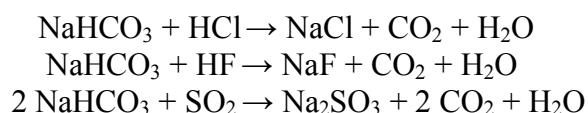
Množstvo, resp. prietok redukčného činidla sa upravuje pomocou regulačných ventilov. Potrubná vetva vedie do vstrekovacej tyče, t.j. do rozprašovacej trysky, ktorá rozprašuje redukčné činidlo do spaľovacieho priestoru. Rozprašovanie redukčného činidla do spaľovacieho priestoru pomocou rozprašovacej trysky na vstrekovacej tyči je podporované parou.



Obrázok 1 Technologický náčrt spaľovne kalov ČOV a.s. Slovnaft, Bratislava
(LÁTAL, 2008)

3.2.2 Suché čistenie spalín

Bikarbonát sodný (NaHCO_3), ktorý predstavuje hlavné neutralizačné činidlo pre odstránenie kyslých zložiek zo spalín, je riadené v závislosti na koncentrácii kyslých zložiek spalín na vstupe do komína. Druhý sorbent je zmes zeolitu (hydratovaný alumosilikát alkalických kovov a kovov alkalických zemín) a aktívneho uhlia. Tento sorbent je dávkovaný do spalín z dvoch dôvodov: ako ochrana nasledujúceho aparátu tkaninového filtra pred nadmernou vlhkosťou spalín a možnej kondenzácie v dobe nábehu technológie, kedy celá linka nie je dostatočne prehriata, a ďalej za prevádzky ako iniciátor vzniku filtračného koláča na povrchu filtračnej tkaniny. Uhlíková zložka tohto zmiešaného sorbentu zaisťuje aj adsorpciu látok typu PCDD/F, ťažkých kovov a predovšetkým ortuti. Pri procese suchého čistenia prebiehajú nasledovné reakcie:



Vlastné chemické reakcie (neutralizácia a adsorpcia) prebiehajú v spalínovodoch a v kontaktore, ktorý zaisťuje, aby doba styku sorbentov so spalínami zodpovedala technologickým požiadavkám.

3.2.3 Membránová filtrácia

Membránová katalytická filtrácia nasleduje za suchým čistením spalín a prebieha vo filtri. Spaliny z kontaktoru obsahujú značný podiel prachových častíc, najmä popolčekov zo spaľovacieho procesu, ale tiež produkty predchádzajúceho stupňa čistenia suchej sorpcie a ešte nezreagované sorbenty. Jedná sa o soli vzniknuté pri neutralizácii kyslých zložiek spalín, čiastočne zreagovaný sorbent bikarbonát sodný a tiež druhý zmesový sorbent aktívne uhlie so



zeolitom. Tkaninový filter zabezpečuje, aby požadované reakcie medzi sorbentami a znečisťujúcimi zložkami spalín neprebiehali iba v kontaktore, ale tiež na povrchu filtračnej tkaniny vo filtračnom koláči pre maximálne využitie kapacity jednotlivých sorbentov.

Tieto spaliny sú potrubnou vetvou zavedené do filtra. Tu sú tieto prachové častice separované na povrchu filtračného materiálu. Pre veľmi účinné zachytenie týchto častíc je filtračný materiál na strane, kde je kontakt so zaprášenými spalínami, osadený veľmi tenkou teflónovou membránou. Membrána je porézna, plynné molekuly spalín cez ňu môžu prechádzať, ale väčšie prachové častice sa separujú na jej povrchu (rádovo od 0,1 μm).

Látkový filter sa skladá zo štyroch identických komôr, v ktorých sú inštalované filtračné elementy na nosných košoch. Každá z komôr sa dá separátne odstaviť z prevádzky pomocou uzatváracích tanierových ventilov. Ďalej je filter vybavený integrovaným obtokom spalín, ktorý sa využíva v havarijných prevádzkových stavoch pre ochranu filtra.

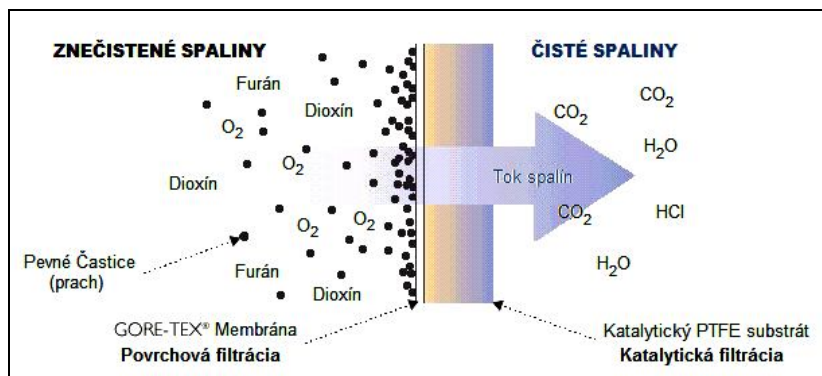
Vlastná regenerácia filtra sa vykonáva pulzmi stlačeného technologického vzduchu, kedy sa pulzom naruší vrstva zachyteného prachu na povrchu filtračného elementu, ktorý sa následne usadí vo výsypke filtra. Pneumatická regenerácia filtra má autonómny riadiaci systém, početnosť regenerácie filtra je odvodená od nárastu tlakovej diferencie spalín na filtri. Popolček odlúčený na filtračnom systéme je zhromažďovaný vo výsypkách tkaninového filtra. Z jednotlivých výsypiek je popolček najprv vynášaný pomocou dvojice závitkových dopravníkov do zásobného sila popolčeka.

3.2.4 Katalytický rozklad dioxínov

Látkový filter je posledný aparát v technológii, ktorý zaisťuje čistenie spalín. Jeho hlavnou funkciou je odstrániť zo vstupných spalín častice prachu a takisto za spolu pôsobenia katalyzátora obsiahnutého v materiálu filtračných elementov zaistiť katalytický rozklad dioxínov a furánov v spalinách.

Katalytický rozklad dioxínov bezprostredne nadväzuje na membránovú filtráciu (Obrázok 2). Riešenie spočíva v použití špeciálneho filtračného materiálu (tkaniny). Táto tkanina je tvorená mikroporéznu membránou na povrchu a nosnou plst'ou. Membrána i vlákna plsti sú zhotovené z expandovaného polytetrafluoroetylénu (ePTFE), ktoré sú chemicky stále a odolné. Do vlákien, z ktorých je tvorená plst', boli pri ich výrobe implementované čiastočky katalyzátora založené na báze V_2O_5 a TiO_2 . Tento katalyzátor zaisťuje, že v spalinách prechádzajúcich cez nosnú plst' filtračného materiálu a zároveň cez katalyzátor, budú rozložené látky typu dioxínov a furánov (skrátene PCDD/F) na elementárne zlúčeniny. Táto technológia zneškodňuje dioxíny v plynnej fáze (rozklad v katalytickej vrstve), ale aj zo spalín odstraňuje dioxíny viazané na povrchu prachových častíc (membránová filtrácia – zachytenie popolčeka).

Pri prechode spalín cez tento filter najprv membrána zachytí jemné častice (teda aj popolček s naviazanými dioxínmi) na svojom povrchu. Tento popolček sa periodicky odstraňuje (pri regenerácii filtra) a zhromažďuje sa vo výsypke pod filtrom. Odprášené spaliny (tj. spaliny zbavené PCDD/F v tuhej fáze) ďalej prúdia cez katalytický substrát, ktorý reaguje s molekulami PCDD/F v plynnej fáze a transformuje ich na nepatrné množstvá CO_2 , H_2O a HCl . Pracovné podmienky tohto katalytického filtra sú nasledujúce: teplota v rozmedzí od 180 °C do 250 °C, filtračná rýchlosť je od 0,8 do 1,2 m/min. Za týchto podmienok sa pri vstupnej koncentrácii dioxínov cca. 10 ngTEQ/ m^3 sa dosahujú na výstupe z filtra pod požadovaným limitom 0,1 ngTEQ/ m^3 (bežne 0,01 až 0,05 ngTEQ/ m^3). Tlaková strata na filtračnej tkanine je 1 až 2 kPa.



Obrázok 2 – Schéma filtračnej membránovej tkaniny (SOLVAY, 2002).

Odvod spalín vznikajúcich pri procese termického spracovania kalov je zaisťovaný pomocou spalínového ventilátora, ktorý udržiava podtlak v celej technológii a je zaradený až na konci celej technológie, pred komínom. Vystupujúce potrubie z ventilátora je zaústené do komína. Na tejto potrubnej vetve je osadená inštrumentácia pre AMS a ďalej sú tu zhotovené odberové miesta pre emisné meranie.

3.3 Automatizovaný Monitorovací Systém

Účelom monitorovacieho systému je kontinuálne meranie znečisťujúcich látok a nepretržité monitorovanie emisných hodnôt vypúšťaných znečisťujúcich látok, pre ktoré sú určené emisné limity a na základe tohto monitorovania systém riadi proces čistenia spalín (CELLER, 2007).

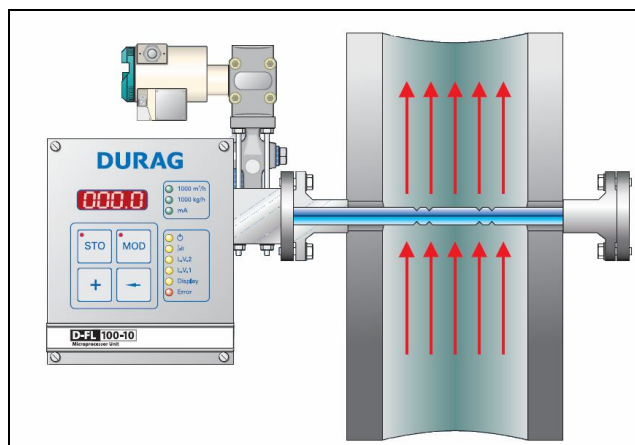
Merané plynné znečisťujúce látky (PZL): oxidy síry vyjadrené ako SO_2 , oxidy dusíka vyjadrené ako NO_2 , CO , TOC , plynné zlúčeniny fluóru vyjadrené ako HF , plynné zlúčeniny chlóru vyjadrené ako HCl , NH_3 , vlhkosť vyjadrená ako H_2O .

Merané tuhé znečisťujúce látky (TZL): TZL – prachové častice

S emisnými hodnotami sú zisťované aj stavové aj referenčné veličiny. Emisné hodnoty sú vyjadrené ako hmotnostné koncentrácie znečisťujúcich látok v odpadových plynách (v mg/Nm^3) pre suchý plyn pri normálnych stavových podmienkach (tlak 101,325 kPa, teplota 0°C) a referenčnom obsahu kyslíka. Základ meracieho systému tvorí spektrometer ACF-NT, súčasťou ktorého je integrovaný analyzátor TOC a O_2 .

Meranie objemového prietoku. Schéma merania objemového prietoku snímačom prietoku DURAG D-FL100 je na Obrázku 3. Meranie je založené na meraní diferenčného tlaku. Nerezová meracia sonda prechádza celým prierezom spalínovodu, meracie otvory sú rozmiestnené tak, aby pokryli celý profil prúdenia. Výstup zo snímača je privedený do vyhodnocovacieho softvéru, v ktorom je definovaný vzorec pre výpočet objemového prietoku a korekcia na štandardné stavové podmienky. Z meraných emisných hodnôt a meraného emisného prietoku je vypočítavaný hmotnostný tok znečisťujúcich látok vypúšťaných zo zdroja.

Odber a úprava vzorky. Merací systém je odberový (extraktívny) s bodovým odberom vzorky. Vzorka je odoberaná cez nerezovú sondu, ktorá je umiestnená v spalínovode na mieste s ustáleným profilom prúdenia. Vzorka ďalej prechádza filtračnou jednotkou vyhrievanou na 180°C s účinnosťou filtrácie 99,9 % pre časti väčšie ako $5\mu\text{m}$. Vyhrievanie vzorky zabraňuje kondenzácii a umožňuje merať vlhkosť spolu s nízkymi koncentraciami znečisťujúcich látok ako HCl a HF .



Obrázok 3 Schéma meracieho prístroja objemového prietoku firmy DURAG D-FL 100 (LÁTAL,2008)

Prístrojový vzduch a vodík. Pre činnosť AMS je potrebný prístrojový vzduch, ktorý je použitý ako hnacie médium pre injektor ZrO_2 senzor, po úprave ako spaľovací vzduch pre MultiFID analyzátor, pre prefuk spektrometra a ako referenčný a kalibračný plyn pre ZrO_2 senzor a spektrometer. Vzduch prechádza viacnásobnou filtráciou na zbavenie sa nečistôt, kondenzátu a olejových pár s účinnosťou 99,9% pre častice $0,01\mu\text{m}$. Vodík pre Multi-FID je privedený z tlakových fliaš cez nerezovú rúrku.

Spektrometer ACF-NT. Analyzátor pracuje na princípe FTIR. Analyzátor pracuje v celom rozsahu IR žiariča, jednotlivé vlnové dĺžky sa získavajú pomocou interferometra. Výsledkom je interferogram, ktorý je pomocou Fourierovej transformácie prevedený na spektrum, z ktorého je možné určiť koncentráciu meranej látky.

Analyzátor TOC MultiFID. Meranie je založené na ionizácii organicky viazaného uhlíka pri spaľovaní vo vodíkovom plameni.

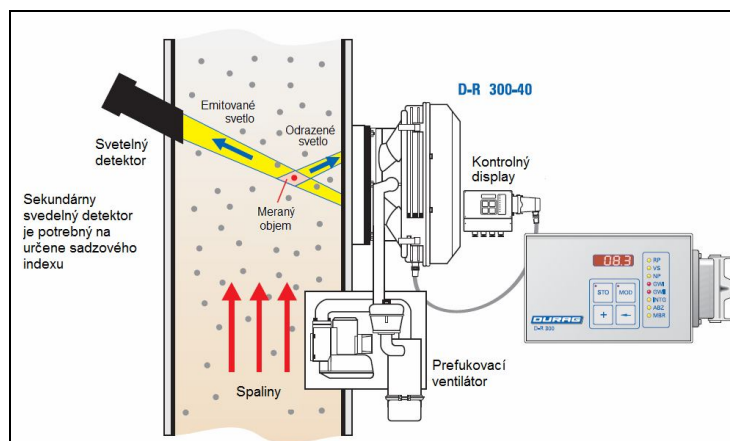
Analyzátor O_2 . Meranie je založené na paramagnetizme O_2 . Meranie je založené na vlastnosti ZrO_2 , ktorý sa stáva vodivým pre molekuly O_2 , ak je zahriaty na určitú teplotu. Senzor je zložený z plátka ZrO_2 , na ktorom sú dve platínové elektródy. Na jednu stranu je privádzaný referenčný plyn so známou stálou koncentráciou O_2 , na druhú stranu meraná vzorka. Ak je koncentrácia O_2 na oboch stranách senzora rovnaká, molekuly O_2 prestanú migrovať cez materiál senzora a utvorí sa rovnováha. Zmena rovnováhy spôsobuje zmenu napätia na elektródach, ktorý je napäťový signál v mV, ktorý je vyjadrený ako koncentrácia O_2 v percentách.

Analyzátor TZL. Na meranie TZL možno použiť in-situ prachomer DURAG D-R 300-40 (Obrázok 4). Prístroj pracuje na základe rozptylu svetla na prachových časticiach v spalinách. Odrazené svetlo je zachytené optickým snímačom a prevedené na prúdový signál, ktorý je úmerný jeho intenzite.

Vyhodnocovanie údajov AMS. Údaje sú vyhodnocované v emisnom počítači s nainštalovaným komunikačným a spracovateľským softvérom DURAG D-EMS2000. S emisnými hodnotami sú súčasne zisťované aj stavové a referenčné hodnoty. V emisnom počítači sa zistené emisné hodnoty vyjadrené ako hmotnostné koncentrácie znečisťujúcich látok v odpadových plynách (mg/m^3) prepočítavajú na referenčný obsah kyslíka podľa prevádzkových režimov. Na základe údajov o koncentrácii znečisťujúcich látok NO_x , CO ,



SO₂ a o obsahu O₂, teploty, vlhkosti, prietoku paliva a spaľovacieho vzduchu vypočítava objemový prietok spalín a množstvo vypustených znečisťujúcich látok do ovzdušia.



Obrázok 4 Schéma meracieho prístroja TZL firmy DURAG D-R 300-40
(LÁTAL,2008)

4. ZÁVER

Z hore uvedeného možno konštatovať, že pri vhodne zvolených technológiách a metódach monitorovania možno výrazne eliminovať negatívne dopady na životné prostredie aj v priemysle, ktorý je charakteristický vznikom mnohých znečisťujúcich látok.

LITERATÚRA

BELA G. LIPTAK, DAVID H. F. LIU : 1999. *Environmental engineers' handbook*. [CD ROM] CRC press LLC, N.W., Boca Raton, FL 33431, 1999. ISBN 0-8493-2157-3, ISSN 1523-3197

CELLER, M.: 2007. *Príručka k automatizovanému monitorovaciemu systému (AMS) – pre výrobnú jednotku spaľovňa kalov*, SLOVNAFT A.S., BRATISLAVA, 2007

GÉCI, M.: 2007. *Spaľovňa kalov MCHBČOV – dočasný prevádzkový predpis*, SLOVNAFT A.S., BRATISLAVA

LÁTAL, M.: 2008. *Redukcia emisií spaľovania kalov z ČOV Slovnaft a.s.* Diplomová práca, 2008, 79 s.

MARGETÍNY, T.: 1994. *Trvalý technologický reglement*, SLOVNAFT A.S., BRATISLAVA

PETTS, J.: 1994. *Waste incineration and the environment*. Cambridge: Royal Soc. of Chemistry, 1994., 158 s., ISBN 0-85404-205-9, ISSN 1350-7583

SOLVAY, S.A.: 2002. *Flue gas cleaning and recycling of residues*. 2002 [online]. [cit. 2007-11-18]. Dostupné na internete:

<http://www.neutrec.com/docroot/neutrec/static_files/attachments/neutrec_brochure_uk.pdf



Tento príspevok je prezentovaný v rámci riešenia grantovej úlohy KEGA č. 3/6431/08: Stanovenie charakteristík kvantifikácie emisií a indikátorov kvality ovzdušia v podmienkach európskej legislatívy.

Lektoroval: Ing. Andrea Neupauerová, PhD.

Kontaktná adresa:

doc. Ing. Stanislav Hostin, PhD., MTF STU, Ústav Environmentálneho a Bezpečnostného inžinierstva, Katedra Environmentálneho inžinierstva, Botanická 49, 917 24 Trnava



PRINCÍP VYUŽITIA LASEROVEJ SPEKTROSKOPIE V DETEKCII NEBEZPEČNÝCH LÁTKOK

PRINCIPLE OF LASER SPECTROSCOPY APPLICATION IN DANGEROUS AGENTS DETECTION

Peter KOŠÍK – Iveta MARKOVÁ

Abstract: The article deals with facility of laser spectral analysis application in dangerous agents detection process. History of the spectral analysis discovery and its main ground is one of the methods of analytical chemistry. Article offers for participants new information about its velocity and exactitude for utilization. Practical application of laser beam in process of spectral analysis furthermore highlights the laser wide-ranging application in scientific disciplines.

Keywords: spectrum, laser, radiation absorption, excitation, absorption spectroscopy

Abstrakt: Článok sa zaoberá možnosťou využitia laserovej spektrálnej analýzy v procese detekcie nebezpečných látok. Opis histórie objavu spektrálnej analýzy a jej základných princípov, ako jednej z metód analytickej chémie, umožňuje čitateľovi dozvedieť sa najmä o možnom využití jej rýchlosti a presnosti. Praktická aplikácia lasera v spektrálnej analýze ďalej poukazuje na široké možnosti jeho uplatnenia vo vedných disciplínach.

Kľúčové slová: spektrum, laser, absorpcia žiarenia, excitácia, absorpčná spektroskopia

ÚVOD

Úlohou analytickej chémie je získavanie čo najdokonalejších informácií o povahe materiálneho sveta a jeho zákonitostiach. Skúma a zároveň dokazuje získané výsledky z interakcie vzorky s vhodným skúmadlom. Laserová spektrálna analýza niekedy označovaná ako laserová spektroskopia je jednou z optických metód využívaných v analytickej chémii.

V súčasnosti pod pojmom optické metódy rozumieme využitie celej stupnice elektromagnetického žiarenia od rádiových mikrovln až po gama-žiarenie. Spektroskopické metódy sú typické tým, že sa pri interakcii s elektromagnetickým žiarením excitujú alebo deaktivujú atómy, molekuly, ióny alebo radikály a hmota so žiarením si navzájom vymieňajú energiu. Tieto objavy sú spojené s absorpciou alebo emisiou elektromagnetického žiarenia [2].

Úlohou laserovej spektrálnej analýzy je zisťovanie interakcie chemických látok a prípravkov s elektromagnetickým žiarením vo forme laserového impulzu s presnými parametrami. Výsledkom interakcie za určitých podmienok bude zmena niektorého z parametrov impulzu. Presné zmeranie tejto zmeny umožní zistiť prítomnosť, teda identifikáciu chemickej látky. Pri súčasných nárokoch spoločnosti na životný štýl sú chemické látky s rôznym stupňom nebezpečenstva prítomné takmer vo všetkých činnostiach. V prípade ich nekontrolovaného úniku alebo prítomnosti v mieste požiaru môže nastať nehoda s vážnymi a niekedy až s tragickými následkami. V takýchto prípadoch je potrebné zabezpečiť čo najrýchlejšiu elimináciu nehody.

Ak je však z dôvodu neznámej chemickej látky v mieste nehody potrebné vykonať zasahujúcou jednotkou jej detekciu, identifikáciu a zistenie pomeru koncentrácie, tak je nutné aj tieto predbežné úkony vykonať v čo najkratšom čase bez ujmy na ich kvalitu. Laserová spektrálna analýza ponúka v správnom technickom prevedení možnosti rýchlej a presnej identifikácie a merania koncentračných profilov nebezpečných chemických látok a prípravkov.



1. HISTÓRIA SPEKTROSKOPIE A LASERA

Ku koncu druhej svetovej vojny spojenci prešli v rádiolokácii z pásma 3 cm na 1,3 cm v očakávaní, že dosah nového radaru bude väčší. Ukázalo sa však, že dosah bol niekoľkonásobne menší a menil sa s počasím. Tiež sa ukázalo, že tento efekt bol spôsobený absorpciou vysokofrekvenčných elektromagnetických vln molekulami vodnej pary v ovzduší, pretože jedna čiara absorpčného spektra vodnej pary odpovedá práve vlnovej dĺžke 1,3 cm. To bolo impulzom na široký výskum absorpcie vysokofrekvenčných vln v rôznych plynch a tak došlo vlastne k rozvoju rádi-spektroskopie plynov [3]. Objav laserov – zdrojov intenzívneho koherentného žiarenia nemohol zostať bez vplyvu na spektroskopiu. V dobe, keď sa lasery začali presadzovať vo fyzikálnych laboratóriách, bola spektroskopia rozvinutým a stabilizovaným oborom so širokým prístrojovým vybavením. Nástup laserov ako zdrojov žiarenia však mnohé spektroskopické metódy posunul na úplne novú úroveň. Okrem toho došlo ku vzniku nových spektroskopických metód, realizovateľných iba za pomoci laserov, čo spôsobilo prevrat v spektroskopii [1].

2. ELEKTROMAGNETICKÉ ŽIARENIE A SPEKTROSKOPIA

Elektromagnetická vlna je charakterizovaná elektrickým a magnetickým vektorom, ktoré spolu so smerom šírenia žiarenia tvoria systém na seba kolmých os a ich amplitúda sa periodicky mení. Ak je lúč tvorený vlnami, ich elektrické vektory ležia v jednej rovine, nazýva sa takéto žiarenie *rovinné* alebo *lineárne polarizované* a smer elektrického vektora sa nazýva *smer polarizácie žiarenia*. Žiarenie obsahujúce vlny, ktorých elektrické vektory ležia vo všetkých smeroch, kolmých na smer jeho šírenia, sa nazýva *žiarenie prirodzené*.

Spektroskopia skúma interakciu medzi elektromagnetickým žiarením a látkou. Pri absorpcii žiarenia o určitej energii prechádza molekula zo základného do excitovaného stavu. Energia absorbovaného žiarenia je daná Planckovým-Einsteinovým vzťahom :

$$E = h \cdot f$$

kde f je frekvencia absorbovaného žiarenia a h je Planckova konštanta $6,62606 \cdot 10^{-34}$ J . s. Z hľadiska štúdie elektrónových spektier je predmetom záujmu absorpcia v blízkej a ultrafialovej oblasti. Pri interakcii žiarenia z tejto oblasti energií prechádza molekula zo svojho základného elektrónového stavu do excitovaného elektrónového stavu. Každý elektrónový prechod je sprevádzaný obrovským počtom zmien vibračných a rotačných stavov [5].

V prípade jednoduchého atómu sa excitácia prejaví ako preskok elektrónu v atóme na vyššiu energetickú hladinu. Pri excitácii musí elektrón získať určitú energiu vo forme žiarenia alebo zrážkou s inou časticou. Excitácia žiarením nastáva pri absorpcii fotónu elektrónom, ak energia fotónu zodpovedá energii potrebnej na preskok z nižšej energetickej hladiny na vyššiu. Excitácia nárazom vzniká zrážkou atómu s voľným elektrónom, pričom atóm odoberie voľnému elektrónu energiu potrebnú na preskok viazaného elektrónu v atómovom obale z nižšej energetickej hladiny na vyššiu. Ak je energia narážajúceho elektrónu vyššia, môže nastať ionizácia, teda úplné uvoľnenie sa pôvodne viazaného elektrónu od atómu. Atóm zotrúva v stave excitácie len veľmi krátko (obyčajne do 10^{-8} s), jeho vzbudený elektrón sa vráti samovoľne do pôvodného stavu energetického stavu a vyžiari pritom získanú energiu E vo



forme fotónu vlnovej dĺžky λ , kde c je rýchlosť svetla (podľa Planck-Einsteinového vzťahu) [7]:

$$\lambda = h \cdot c / E$$

3. PRINCÍP ABSORPCIE ŽIARENIA NEBEZPEČNOU LÁTKOU

Matematickú závislosť absorpcie elektromagnetického žiarenia a materiálu cez ktorý prechádza vyjadruje Lambertov—Beerov zákon, ktorý je daný vzťahom :

$$A = a \cdot c \cdot l$$

kde a je molový absorpčný koeficient pri vlnovej dĺžke λ ,
 c je koncentrácia absorbujúcej (nebezpečnej) látky,
 l je hrúbka absorbujúcej vrstvy.

Absorbancia A je priamoúmerná koncentrácii a hrúbke vrstvy. Lineárna závislosť absorbancie od koncentrácie pri rovnakej hrúbke vrstvy umožňuje jej použitie v kvantitatívnej analýze. Spektrálna analýza je založená na meraní absorbancie stanovenej vzorky a jej porovnávaní s absorbanciou štandardných vzoriek so známou koncentráciou. Pri meraní je dôležitá voľba vhodnej vlnovej dĺžky monochromatického žiarenia. Možno ju určiť z absorpčnej krivky stanovovanej látky. Absorpčná krivka vyjadruje závislosť absorbancie danej látky od vlnovej dĺžky. Zostrojí sa z hodnôt absorbancií danej látky nameraných pri rozličných vlnových dĺžkach. Absorpčná krivka každej NL má svoje maximum, keď je absorpcia žiarenia najväčšia a minimum, keď je najmenšia. Na meranie je najvhodnejšia vlnová dĺžka maxima. Pri tejto hodnote je najväčšia absorpcia danej látky a aj nepatrná zmena koncentrácie spôsobuje zmerateľnú zmenu absorbancie [2]. Závislosť žiarivého toku od vlnovej dĺžky sa nazýva spektrum. Ak sa vyjadruje energia absorbovaná na vlnovej dĺžke, označuje sa ako *absorpčné spektrum* [4].

4. LASEROVÁ ABSORPČNÁ SPEKTROSKOPIA

4.1 LASER

Lasery poskytujú koherentné monochromatické žiarenie vo veľmi krátkych impulzoch s vysokým výkonom (10^9 až 10^{12} W). Laserové žiarenie má nízku rozbíhavosť lúča a malú priestorovú i spektrálnu šírku. Zdroje laserového žiarenia poskytujú monochromatické žiarenie v širokej oblasti spektra od mikrovlnného po UV žiarenie. V spektrálnych analytických metódach zvyčajne treba použiť žiarenie, ktorého vlnovú dĺžku možno plynule meniť. Využitie laserového lúča, ktorý je vysokomonochromatický pri takýchto postupoch vyžaduje tzv. „laditeľný“ laser [4].

4.2 LASEROVÁ SPEKTROSKOPIA

Na selektívnom pohlcovaní elektromagnetického vlnenia určitými atómami je založená absorpčná spektroskopia a možno ju tiež stručne charakterizovať ako meranie frekvenčnej závislosti množstva žiarenia pohlteneho pri prechode látkou.



Úbytok charakteristických vlnových dĺžok v spektre žiarenia prechádzajúceho vzorkou svedčí o prítomnosti istej látky vo vzorke. Spektroskopia má s lasermi mnoho spoločného a použitie laserov ako zdrojov koherentného žiarenia zaznamenalo vytvorenie novej kvality v spektroskopii a umožnilo rozvoj absorpčnej spektroskopie vysokého rozlíšenia. Spektrálna čiara laseru je extrémne úzka. Meranie množstva laserového žiarenia pohltenom vo vzorke v jednom spektrálnom bode umožňuje rozlíšiť spektrálne čiary vzdialené od seba v malej vzdialenosti a s veľkou rozlišovacou schopnosťou až do 10^8 [1].

5. PRINCÍP LASEROVÉHO DETEKTORA NL

Diaľkový detektor – Chemical warfare agent (DD-CWA) možno stručne charakterizovať ako laserový, v poli použiteľný senzor, schopný diaľkovo detekovať a merať koncentrácie plyných toxických látok (napr. Yperit, sarin, soman, tabun, IVA či VX) a poskytnúť včasné varovanie pri chemickom útoku. Použitý systém CO₂ DIAL (Differential Absorption LIDAR) identifikuje toxické látky na základe ich optických spektroskopických vlastností, pričom vychádza z faktu, že pre detekovateľnú látku možno nájsť dvojicu vlnových dĺžok, z ktorých jedna je pohlcovaná silno (ON) a druhá slabo (OFF) a slúži na odlišenie útlmu molekulami detekovanej látky od iných zdrojov útlmu. Vysielacia časť sa skladá z dvoch preladiateľných TEA CO₂ laserov – jedného naladeného na ON a druhého na OFF [6]. TEA CO₂ – laser (z anglického názvu „Transversal Excitation at Atmospheric Pressure“, v preklade „Priečna Excitácia pri Atmosferickom Tlaku“). TEA CO₂ – laser má veľmi dobrú homogenitu excitácie, čo sa prejavuje aj dobrou kvalitou výstupného zväzku. U výkonnejších systémov to môže byť energia desiatok joulov v impulze [1]. Prednosťou DD-CWA je, že jeho obsluha neprichádza do fyzického kontaktu s detekovanou látkou, zisťuje priemernú koncentráciu záujmovej látky na meranej trase so značným dosahom až 3 km, pričom univerzálnosť systému umožňuje katalóg detekovaných látok dopĺňať. Ak je prijímač vybavený vysokocitlivým detektorom, dokáže na obmedzené vzdialenosti 300 – 500 m zisťovať aj koncentračné profily meraných látok s využitím spätného rozptylu laserového žiarenia na aerosóloch. V porovnaní s podobnými zahraničnými zariadeniami, ktoré však neboli zavedené do praxe je DD-CWA bezkonkurenčný malou hmotnosťou do 40 kg, malými rozmermi, ako aj výrobnými nákladmi [6].

ZÁVER

Používanie laserovej absorpčnej spektrálnej analýzy pootvára dvere do novej oblasti takzvanej rýchlej a bezpečnej detekcie a identifikácie NL. Táto metóda môže byť využívaná pred vykonaním zásahu v mieste požiaru alebo pri úniku NL do ovzdušia. Jej veľkou výhodou môže byť využitie najmä v nočnej dobe, keď nie je možné spozorovať smer šírenia alebo veľkosť zamoreného priestoru nebezpečnými látkami alebo splodinami horenia. Ďalej táto metóda umožňuje okrem zisťovania prítomnosti aj meranie koncentračných profilov prítomných NL alebo SH.

V histórii ľudstva boli vždy najnovšie technológie využívané predovšetkým pre potreby armád za účelom ich použitia v ozbrojených konfliktoch. To svedčí aj o skutočnosti, že pre prvotnú, kvalitnú, presnú a rýchlu identifikáciu bojových chemických látok, ktoré môžu byť protivníkom nasadené, je v súčasnosti používaný práve laserový detektor chemických látok. Trendom ďalšieho zdokonaľovania je dopĺňať jeho databázu o prípadné nové bojové chemické látky.



Zisťovaním a meraním absorpčných spektier chemických látok a prípravkov používaných v priemysle a najčastejšie sa vyskytujúcich splodín horenia počas požiarov v požiarovištiach, možno vytvoriť pre laserové detektory úplne novú databázu látok. Rozšírená databáza v laserovom detektore by mohla poskytovať dôležité informácie pre zasahujúce hasičské a záchranné jednotky na miestach nehôd. Takto získaná včasná a presná identifikácia im napomôže nielen ku vhodnému výberu metódy eliminácie a odstraňovania následkov nehody ale k rýchlejšiemu rozhodnutiu sa vykonania evakuácie civilného obyvateľstva z okolia nehody.

LITERATÚRA

- [1] ENGST, P., HORÁK, M.: Aplikace laserů, Praha, 1989, 208 s.
- [2] SALAŠ, J. A KOL.: Analytická chemia, Martin, 1988, 392 s.
- [3] RÁKOŠ, M.: Rádiospektroskopické metódy, Bratislava, 1988, 256 s.
- [4] GARAJ, J., BUSTIN, D., HLADKÝ Z.: Analytická chemia, Bratislava, 1987, 744 s.
- [5] NEPRAŠ, M., TITZ, M.: Základy teorie elektronových spekter, Praha, 1983, 376 s.
- [6] DOLINAY, J.: Diaľkový detektor DD-CWA, ATM, Praha 3/2003, str. 4-5
- [7] [http://sk.wikipedia.org/wiki/Excitácia_\(zvýšenie_energie\)](http://sk.wikipedia.org/wiki/Excitácia_(zvýšenie_energie))

Lektoroval: Ing. Eva Ružinská, PhD.

Kontaktná adresa:

Ing. Peter KOŠÍK, 11. marca č.15, 960 01 Zvolen, 0905 693 884, peterkosik@inMail.sk



URČENIE RÝCHLOSTNÝCH PROFILOV PRÚDIACEHO VZDUCHU VSTUPUJÚCEHO DO FILTRAČNÉHO ZARIADENIA V POTRUBÍ KRUHOVÉHO PRIEREZU

DETERMINATION OF AIR EMANATIVE SPEED PROFILE ENTERING TO THE FILTERING DEVICES IN PIPES OF CIRCULAR CROSS SECTION

Ondrej KRUŽLIAK - Katarína PLANDOROVÁ

ABSTRACT: The contribution deals about the course of the speed profiles of air flowing in a circular pipe between the fan and filter unit. For comparison are used in two variants, which determine the development of speed profiles in the pipe and this profiles are subsequently compared.

Key words: speed profile, turbulent flow, speed sensor, filter unit

ABSTRAKT: Príspevok sa venuje skúmaniu priebehu rýchlostných profilov prúdiaceho vzduchu v kruhovom potrubí medzi ventilátorom a filtračnou jednotkou. Pre porovnanie sú použité dva varianty, ktoré určujú vývoj rýchlostných profilov v potrubí a následne sú porovnávané.

Kľúčové slová: rýchlostný profil, turbulentné prúdenie, rýchlostná sonda, filtračná jednotka

1. ÚVOD

Meranie rýchlosti prúdenia tekutín patrí v mnohých priemyselných odvetviach k najdôležitejším typom meraní. Prúdenie tekutín je všeobecne priestorový jav, ktorý je funkciou viacerých premenných. Jeho priebeh má charakter laminárneho alebo turbulentného prúdenia, ktorého vyjadrenie je veľmi náročné (Longauer, 1991).

V praxi sa stretáme častejšie s turbulentným ako laminárnym prúdením. Laminárne prúdenie vzduchu sa tvorí pri nižších rýchlostiach prúdenia vzduchu v potrubí alebo v potrubí väčšieho priemeru. Rýchlostný profil v priamom rovnom úseku potrubia má tvar kvadratickej paraboly v osi prúdu. Pri turbulentnom prúdení vzduchu konajú molekuly základný pohyb v smere prúdenia a navyše fluktuálny pohyb spôsobujúci vzájomné miešanie molekúl prúdiaceho plynu v jednotlivých vrstvách. Rýchlostný profil turbulentného prúdu v kruhovom potrubí má tvar sploštenej parabolickej krivky. Či je prúdenie laminárne alebo turbulentné sa pre daný tvar potrubia dá posúdiť podľa hodnoty Reynoldsovo čísla.

1.1 Použitá metóda

Hlavnou úlohou merania je získanie informácií o rozložení rýchlostného poľa v kruhovom potrubí v dvoch rôznych vzdialenostiach od vyústenia vzduchu z ventilátora. Prúd vzduchu je rovnomerne rozložený vtedy, ak nie je ovplyvnený žiadnymi prekážkami a rýchlostné profile sú navzájom podobné. Výsledkom merania je zistenie konkrétnej hodnoty rýchlosti vzduchu v jednotlivých bodoch analyzovanej roviny merania a následné zobrazenie rozloženia rýchlosti.

Postup merania a rozmiestnenie meracích bodov v potrubí určuje norma o stacionárnych zdrojoch znečisťovania STN ISO 9096. Teda reprezentatívny odber vzoriek je možný vtedy, ak je k dispozícii vhodné odberné miesto s dostatočne homogénnou rýchlosťou plynu v odbernej rovine. Odber sa musí vykonať v dostatočnom počte odberných bodov, ktoré sú zvyčajne umiestnené na niekoľkých odberných rovinách. Pri uplatnení



všeobecného pravidla pre kruhové potrubie sa rovina rozdelí na tri medzikružia (STN ISO 9096, 2003). Odberné body sú umiestnené v strede každej plochy a v našom prípade ležia na dvoch na seba kolmých odberných priamkach, vid' obr. 1. Polomery r_i , na ktorých ležia body umiestnenia rýchlostnej sondy vypočítame z rovnice:

$$r_i = R \sqrt{\frac{2n - (2i - 1)}{2n}} \quad (1)$$

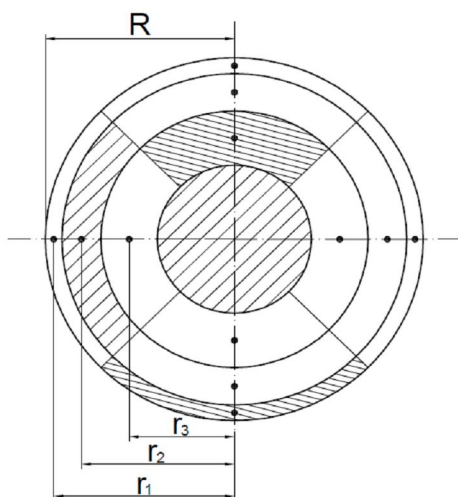
kde n - je počet medzikruží,
 i - poradové číslo kružnice.

Pre prípad troch medzikruží boli vypočítané nasledujúce polomery kružnice:

$$r_1 = 0,913 \cdot R = 0,913 \cdot 50 = 45,65 \text{ mm},$$

$$r_2 = 0,707 \cdot R = 0,707 \cdot 50 = 35,35 \text{ mm},$$

$$r_3 = 0,408 \cdot R = 0,408 \cdot 50 = 20,40 \text{ mm}.$$



Obr. 1 Polomery umiestnenia meracej sondy v kruhovom potrubí

2. POSTUP MERANIA

Meranie prebiehalo v dvoch hlavných variantoch. V prvom, medzi ventilátor a filtračné zariadenie bol vložený spojovací kus približne o dĺžke 1 m z dôvodu ustálenia a vyrovnania prúdu vzduchu vychádzajúceho z ventilátora (vid' obr. 2). V druhom variante, meranie prebiehalo bez použitia rúry a to z toho dôvodu, aby sa porovnali rýchlostné profily prúdiaceho vzduchu s predchádzajúcim meraním. Výsledné hodnoty rýchlostného profilu v potrubí závisia od prietokového množstva vzduchu ventilátora, ktoré bolo určované regulačnou klapkou na nasávacom otvore ventilátora. Otváranie klapky bolo realizované ručne a to v troch stupňoch jej otvorenia, teda 10° , 45° a 90° čo odpovedá prietokom Q_1 , Q_2 a Q_3 . V jednotlivých meracích bodov potrubia bola použitá rýchlostná sonda (Prandtlova trubica) pripojená na mikromanometer, z ktorého bolo možné priamo odčítať rozdiel výšok hladín. Dosadením do rovnice (2) sa vypočítal dynamický tlak v potrubí:



$$P_d = \Delta h \cdot \rho \cdot g \cdot \sin \alpha \quad (2)$$

kde Δh - rozdiel výšok hladín,
 ρ - hustota liehu,
 g - gravitačné zrýchlenie,
 $\sin \alpha$ - uhol sklonu ramena.

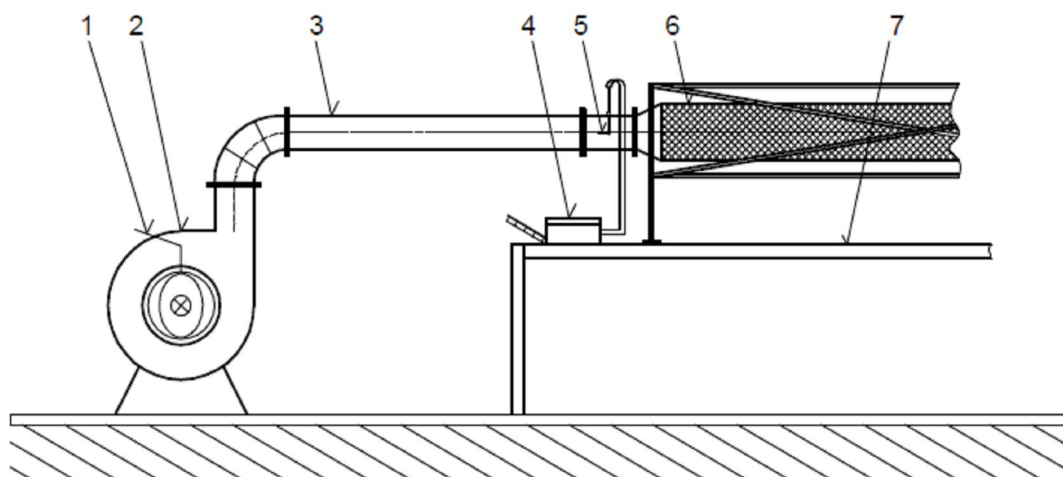
Teda výpočet dynamického tlaku P_d pre prvú variantu s pootvorením škrtiacej klapky ventilátora na 10° a v prvom meracom bode je:

$$P_d = \Delta h \cdot \rho \cdot g \cdot \sin \alpha = 0,017 \cdot 798 \cdot 9,81 \cdot 0,02 = 2,661 \text{ Pa} \quad (3)$$

Z nameraného tlaku bolo možné prepočtom vypočítať rýchlosť prúdenia vzduchu v meracom bode.

$$v = \sqrt{\frac{2P_d}{\rho_{vz}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2,66 \text{ Pa}}{1,205 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}}} = \sqrt{4,4417} = 2,101 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (4)$$

Podobným postupom sa postupuje pri výpočte zvyšných výsledných rýchlostí prúdenia vzduchu v potrubí so spojovacím kusom na vertikálnej a horizontálnej odbernej rovine. Hodnoty sú následne zapísané v tab. 1 a v tab. 2.



Obr. 2 Schéma experimentálneho zariadenia

1 – klapka ventilátora, 2 – ventilátor, 3 – spojovací kus potrubia, 4 – mikromanometer,
5 – Prandtlova trubica, 6 – filtračná jednotka, 7 – pracovný stôl

Výsledné hodnoty rýchlostného profilu pre obidva varianty sú zobrazené na obr. 3 až obr. 6.



Tab. 1 Vypočítané výsledné hodnoty prúdenia vzduchu v potrubí so spojovacím kusom pri rôznych stupňoch otvorenia škrtiacej klapky ventilátora pri vertikálnej odbernej rovine

Prietok vzduchu		Vzdialenosti rýchlostnej sondy od vnútornej strany potrubia [mm]					
		95	85	70	30	15	5
Q ₁	Dynamický tlak [Pa]	2,661	2,974	3,131	3,283	3,444	3,601
	Výsledná rýchlosť [m.s ⁻¹]	2,101	2,222	2,279	2,336	2,391	2,444
Q ₂	Dynamický tlak [Pa]	207,452	211,366	215,280	230,937	266,164	270,079
	Výsledná rýchlosť [m.s ⁻¹]	18,555	18,730	18,902	19,578	21,018	21,172
Q ₃	Dynamický tlak [Pa]	704,554	708,468	712,382	731,953	802,408	841,550
	Výsledná rýchlosť [m.s ⁻¹]	34,196	34,291	34,385	34,854	36,493	37,373

Tab. 2 Vypočítané výsledné hodnoty prúdenia vzduchu v potrubí so spojovacím kusom pri rôznych stupňoch otvorenia škrtiacej klapky ventilátora pri horizontálnej odbernej rovine

Prietok vzduchu		Vzdialenosti rýchlostnej sondy od vnútornej strany potrubia [mm]					
		95	85	70	30	15	5
Q ₁	Dynamický tlak [Pa]	3,914	4,070	3,283	2,97	3,131	0,939
	Výsledná rýchlosť [m.s ⁻¹]	2,548	2,599	2,336	2,222	2,279	1,248
Q ₂	Dynamický tlak [Pa]	348,362	352,277	301,392	273,993	293,564	277,907
	Výsledná rýchlosť [m.s ⁻¹]	24,045	24,180	22,365	21,325	22,073	21,476
Q ₃	Dynamický tlak [Pa]	841,550	821,979	775,009	720,210	735,867	747,610
	Výsledná rýchlosť [m.s ⁻¹]	37,373	36,936	35,865	34,574	34,947	35,225

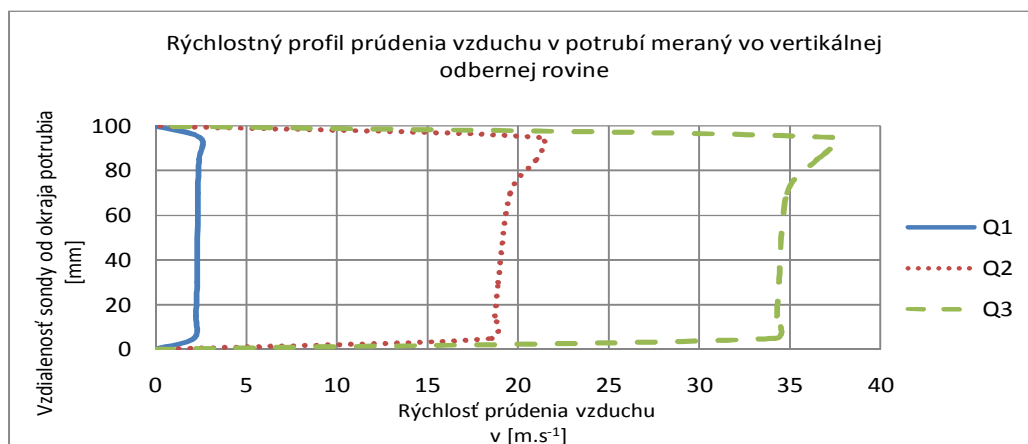
Tab. 3 Vypočítané výsledné hodnoty prúdenia vzduchu v potrubí bez použitia spojovacieho kusu pri rôznych stupňoch otvorenia škrtiacej klapky ventilátora pri vertikálnej odbernej rovine

Prietok vzduchu		Vzdialenosti rýchlostnej sondy od vnútornej strany potrubia [mm]					
		95	85	70	30	15	5
Q ₁	Dynamický tlak [Pa]	6,419	12,682	15,970	25,834	29,435	33,662
	Výsledná rýchlosť [m.s ⁻¹]	3,264	4,588	5,148	6,548	6,997	7,475
Q ₂	Dynamický tlak [Pa]	90,026	176,139	246,594	348,360	371,848	383,590
	Výsledná rýchlosť [m.s ⁻¹]	12,224	17,098	20,235	24,045	24,843	25,232
Q ₃	Dynamický tlak [Pa]	289,651	540,158	767,181	1064,659	1174,261	1315,172
	Výsledná rýchlosť [m.s ⁻¹]	21,924	29,942	35,684	42,036	44,147	46,721

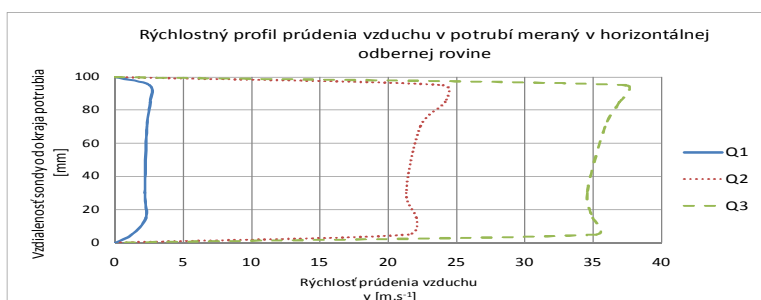


Tab. 4 Vypočítané výsledné hodnoty prúdenia vzduchu v potrubí bez použitia spojovacieho kusu pri rôznych stupňoch otvorenia škrtiacej klapky ventilátora pri horizontálnej odbernej rovine

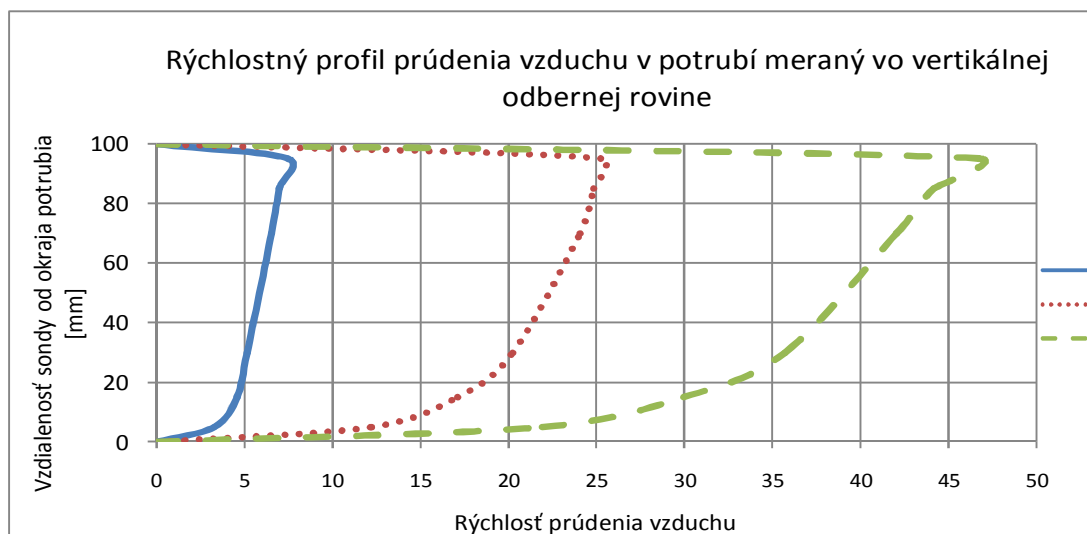
Prietok vzduchu		Vzdialenosti rýchlostnej sondy od vnútornej strany potrubia [mm]					
		95	85	70	30	15	5
Q ₁	Dynamický tlak [Pa]	11,746	19,571	20,354	20,3	20,354	23,485
	Výsledná rýchlosť [m.s ⁻¹]	4,415	5,699	5,812	5,812	5,812	6,243
Q ₂	Dynamický tlak [Pa]	242,679	410,989	360,106	336,625	387,505	442,304
	Výsledná rýchlosť [m.s ⁻¹]	20,069	26,118	24,448	23,636	25,364	27,094
Q ₃	Dynamický tlak [Pa]	360,105	1330,824	1135,115	1103,801	1260,374	767,184
	Výsledná rýchlosť [m.s ⁻¹]	24,448	46,998	43,405	42,802	45,737	35,684



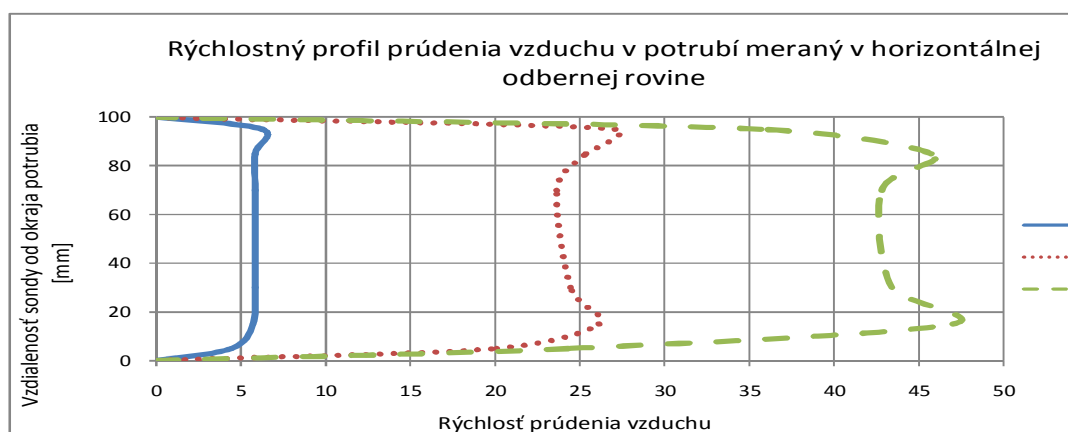
Obr. 3 Výsledný rýchlostný profil prúdenia vzduchu v potrubí meraný vo vertikálnej odbernej rovine



Obr. 4 Výsledný rýchlostný profil prúdenia vzduchu v potrubí meraný v horizontálnej odbernej rovine



Obr. 5 Výsledný rýchlostný profil prúdenia vzduchu v potrubí bez použitia spojovacieho kusu meraný vo vertikálnej odbernej rovine



Obr. 6 Výsledný rýchlostný profil prúdenia vzduchu v potrubí bez použitia spojovacieho kusu meraný v horizontálnej odbernej rovine

3. ZÁVER

Rozloženie rýchlosti v priereze prúdu závisí od režimu prúdenia. V určitej vzdialenosti za vtokom do potrubia alebo kanálu sa rýchlosti ustália, teda z tohoto dôvodu bolo meranie realizované až v úseku, kde sa už predpokladalo, že je vytvorený ustálený vyvinutý rýchlostný profil. Tento predpoklad je potvrdený výsledkom meraní. Pri vyšších rýchlostiach je možné vidieť určitú odchýlku v hornej časti potrubia, pretože rýchlosť prúdu vzduchu od ventilátora bola ešte natoľko veľká, že sa vytvárali turbulentné prúdy. Pre porovnanie bolo uskutočnené aj meranie, kde nebol použitý spojovací kus rúry. V tomto prípade sú viditeľnejšie rozdiely medzi rýchlostnými profilmi. Pre dosiahnutie ustálenejšieho prúdenia sa používajú lamelové usmerňovače zabudované priamo do potrubia. Preto je veľmi dôležité poznať strednú rýchlosť prúdenia vzduchu v potrubí. Je to jeden z dôležitých faktorov, ktorý v mnohých prípadoch ovplyvňuje návrh celého vzduchotechnického systému.



LITERATÚRA

LONGAUER, J.: 1991. *Hydraulika a vzduchotechnika v drevospracujúcom priemysle*.

Bratislava: Vydavateľstvo ALFA, Hurbanovo nám. 3, 1991. 384 s. ISBN 80-05-00835-X.

STN ISO 9096: 2003. *Stacionárne zdroje znečisťovania. Stanovenie koncentrácie a hmotnostného toku tuhých znečisťujúcich látok v prúdiacom plyne. Manuálna gravimetrická metóda*.

Príspevok bol vypracovaný v rámci riešenia projektu MŠ SR KEGA 3/64331/08 Stanovenie charakteristík kvantifikácie emisií a indikátorov kvality ovzdušia v podmienkach európskej legislatívy.

Lektoroval: Ing. Petra Kvasnová, PhD.

Kontaktná adresa:

Ing. Ondrej Kružliak, Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky, Katedra environmentálnej techniky, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, e-mail: ondrej.kruzliak@gmail.com, tel.: 045/5206 809.

Ing. Katarína Plandorová, Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky, Katedra environmentálnej techniky, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, e-mail: plandorova@vsld.tuzvo.sk, tel.: 045/5206 809.



ANALÝZA ZRNITOSTI DREVNÉHO PRACHU

ANALYSIS OF GRAIN WOOD DUST

Petra KVASNOVÁ

ABSTRACT: This paper presents the problematic of analysis grain wood dust. It deals the influence of wood species to granularity characteristic for two models of sanding, longitudinal and perpendicular for beech and oak. Results of labor can be applied for increasing of work environment ecology and their fire safety.

Key words: Wood dust, beech, oak, grain

ABSTRAKT: Príspevok prezentuje problematiku merania zrnitosti drevného prachu. Pojednáva o dvoch modeloch brúsenia: pozdĺž vlákien (0°) a kolmo na vlákna (90°) pre dve drevinu dub a buk. Výsledky môžu byť využité na zlepšenie pracovného prostredia, ekológie a požiarnej bezpečnosti.

Kľúčové slová: Drevný prach, buk, dub, zrnitosť

1. ÚVOD

Realizácia technologických procesov a výrob je v súčasnosti neoddeliteľne viazaná so vznikom drevného prachu, ktorý je emitovaný do ovzdušia a je zaradený medzi tuhé znečisťujúce látky (TZL).

Najrozšírenejšou metódou separácie sypkej drevnej hmoty je mechanická filtrácia tuhých látok. Technologické operácie za účelom odstránenia rôznych znečisťujúcich látok z ovzdušia alebo odpadového plynu si vyžadujú poznanie vlastností odlučovanej sypkej hmoty. Medzi najdôležitejšie vlastnosti, ktoré charakterizujú častice a rozhodujú o ich odlučovaní z plynného prostredia, patria veľkosť a tvar častíc. Tieto vlastnosti pri odlučovačoch rozhodujú o odlučovacích rýchlostiach a teda aj o ich konečnom stupni odlúčenia.

Z tohto dôvodu som sa venovala analýze zrnitosti rôznych materiálov, resp. drevného prachu v interakcii s druhom drevinu ako faktorom, ktorý ovplyvňuje tieto vlastnosti.

2. VÝBER, CHARAKTERISTIKA A PRÍPRAVA VZORIEK

Prach je podľa normy STN 83 4501 definovaný, ako malé častice disperznej látky tuhého skupenstva, ktorých priemer neprevyšuje $75\ \mu\text{m}$ a určitý čas ostávajú v ovzduší, kým vlastnou hmotnosťou neklesnú k zemi.

Sypká hmota má väčšinou nehomogénne zloženie čo do veľkosti a počtu jednotlivých častíc. Frakčné zloženie partikulárnej látky možno stanoviť pomocou sitovej analýzy, čím sa nezisťuje priamo rozmer častíc, ale súbor častíc sa triedi do jednotlivých veľkostných intervalov, odkiaľ sa potom príslušným postupom odvodí kumulatívna krivka zrnitosti (krivka zvyškov, alebo prepádov).

Pre prípravu kompaktných vzoriek sa vybrali dve drevinu: dub a buk s modelom brúsenia pozdĺž vlákien (0°) a modelom brúsenia kolmo na vlákna (90°).

Sitová analýza sa vykonávala na vibračnom sitovacom zariadení so sadou sít s priermi oka $0,032$; $0,063$; $0,08$; $0,125$; $0,250$; $0,5$; 1 ; 2 (mm). Podiely zvyškov na jednotlivých sítach sa merali na digitálnych laboratórnych váhach Sartorius. Po nameraní sa početné zastúpenie častíc v prachu vybraných drevín znázornilo pomocou kriviek zvyškov, v ktorých je percentuálne zastúpenie znázornené výškou stĺpca nad zvoleným intervalom. Častice sú teda zaradené do frakcie s veľkostným intervalom daných veľkosťami ôk sít.



3. VYHODNOTENIE MERANÍ

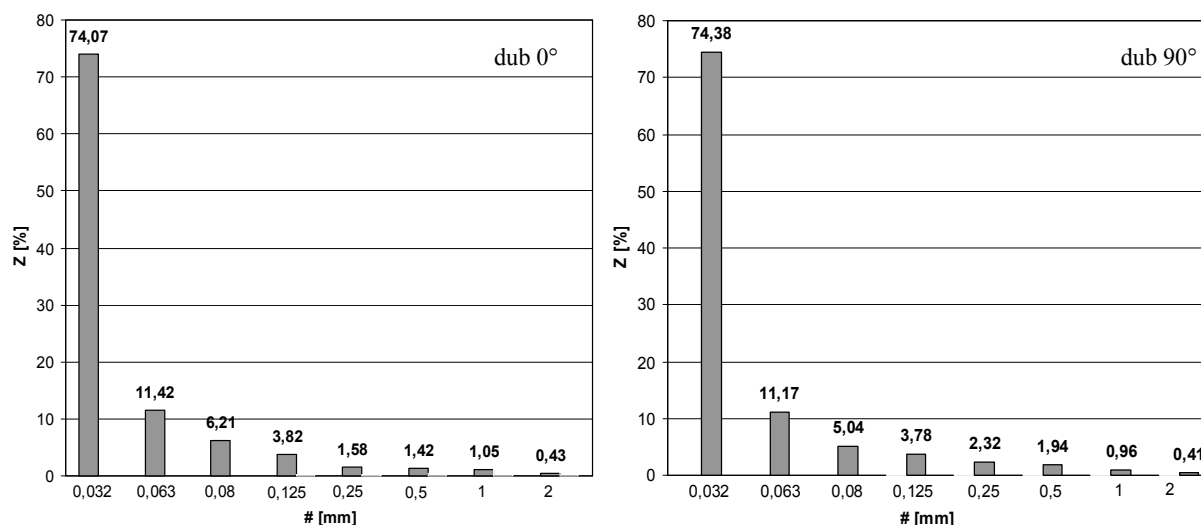
Postup merania spočíval v uložení jednotlivých sít určujúcich veľkosť frakcie nad sebou. Horné sito bolo prikryté vekom a malo najväčšie otvory, postupne smerom dole boli umiestnené sítá s menším rozmerom oka, na spodku zberné dno. Presne odvážené množstvo vzorky prachu sa umiestnilo na horné sito, súbor sít sa uzavrel vekom a sitovací prístroj zapol. Vzorka sa nechala istý čas sitovať (5 min). Menšie častice ako oko sita prepadávali sitom a väčšie na ňom zostávali.

V tab. 1 sú uvedené výsledky z merania zrnitosti dubového prachu pri brúsení pozdĺž vlákien a kolmo na vlákna. Uvedené výsledky sú znázornené aj graficky (graf 1 a 2).

Tab. 1 Granulometrické zloženie dubového prachu

Veľkosť oka sita # [mm]	Percentuálny podiel zvyškov dubového prachu na sítach Z [%]	
	pozdĺž vlákien 0°	kolmo na vlákna 90°
0,032	74,07	74,38
0,063	11,42	11,17
0,08	6,21	5,04
0,125	3,82	3,78
0,250	1,58	2,32
0,5	1,42	1,94
1	1,05	0,96
2	0,43	0,41

Z granulometrickej analýzy dubového prachu vyplýva, že najväčšie zastúpenie častíc je s rozmermi pod 63 μm . Ich podiel tvorí až 74,07 %-ný podiel z celkového objemu skúmaného prachu pri pozdĺžnom modeli brúsenia a 74,38 %-ný podiel pri kolmom modeli brúsenia. V ďalších veľkostných intervaloch má podiel častíc výrazne klesajúcu tendenciu (graf 1 a 2).



Graf 1 a 2 Krivky zvyškov z granulometrickej analýzy dubového prachu z pozdĺžneho a kolmého modelu brúsenia

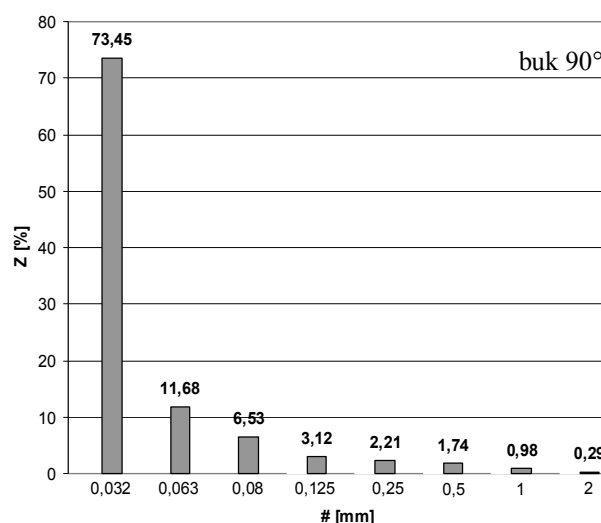
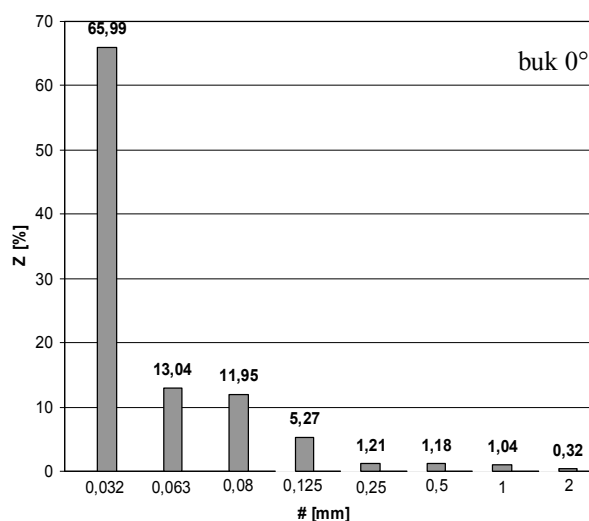


Na základe sitovej analýzy boli ďalej zostrojené krivky zvyšku priemerného zastúpenia frakcií pri pozdĺžnom a kolmom modeli brúsenia buka (tab. 2, graf 3 a 4).

Tab. 2 Granulometrické zloženie bukového prachu

Veľkosť oka sita # [mm]	Percentuálny podiel zvyškov bukového prachu na sitách Z [%]	
	pozdlž vlákien 0°	kolmo na vlákna 90°
0,032	65,99	73,45
0,063	13,04	11,68
0,08	11,95	6,53
0,125	5,27	3,12
0,250	1,21	2,21
0,5	1,18	1,74
1	1,04	0,98
2	0,32	0,29

Z frakčného zastúpenia bukového prachu z pozdĺžneho modelu brúsenia je zrejmé, že najväčší podiel častíc je zastúpený, tak ako aj pri dubovom prachu, pri rozmere pod 63 µm. Pri pozdĺžnom modeli brúsenia je to až 65,99 %-ný podiel, pri kolmom modeli brúsenia je to 73,45 %-ný podiel.



Graf 3 a 4 Krivka zvyšku z granulometrickej analýzy bukového prachu z pozdĺžneho a kolmého modelu brúsenia

4. ZÁVER

Z hľadiska bezpečnosti a hygieny práce sú pre pracovné prostredie najnebezpečnejšie častice s rozmermi pod 100 µm, pretože sú charakterizované ako vzduchom sa vznášajúce prachové častice (roztvorené). Z výsledkov meraní sme zistili, že pri daných vzorkách dubového a bukového prachu z pozdĺžneho a kolmého modelu brúsenia je až 91 % z celkového objemu drevného prachu veľkosti pod 125 µm.



Z granulometrickej analýzy dubového a bukového prachu ďalej vyplýva, že najväčšie zastúpenie častíc je s rozmermi pod 63 µm. Keďže tento podiel je pre dubový prach až 74 %-ný a pre bukový prach až 73 %-ný odporúčam, aby boli v budúcnosti podrobne zanalyzované práve veľkosti pod 63 µm.

Väčšina drevných prachov pôsobí na ľudský organizmus v zásade iba mechanicky, vyvoláva nepriechodnosť horných dýchacích ciest. Účinok prachu môže byť teda biologicky neúčinný, ale aj veľmi škodlivý. Nariadenie vlády SR 356/2006 Z. z. o ochrane zdravia zamestnancov pred rizikami súvisiacimi s expozíciou karcinogénnym a mutagénnym faktorom pri práci zaraďuje prach z tvrdého dreva (dub, buk) podľa kategórie karcinogénov do kategórie 1, tzn. dokázaný karcinogén pre ľudí.

Závažné je pôsobenie toxického a alergizujúceho prachu – alergické choroby, priedušková astma, vznik rakoviny horných dýchacích ciest alebo prínosových dutín. Každý organizmus je iný a inak reaguje na prítomnosť prachu v pracovnom prostredí, a aj možnosti vysporiadania sa s takýmito vplyvmi sú rôzne.

LITERATÚRA

DOLNY, S.: Transport pneumatyczny i odpylanie w przemyśle drzewnym, Poznań, Wydawnictwo akademii rolniczej w Poznaniu, 1993, s. 141-143.

HEJMA, J. a kol.: Vzduchotechnika v dřezovpracovávajícím průmyslu, Praha, SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1981, s. 34, 36, ISBN 04-829-81.

HORÁK, M.: Technika ochrany ovzdušia, Bratislava, ES STU, 1996, s. 26, 29, 60-62.

STN 83 4501: Ochrana ovzdušia.

Zákon 326/2002 Z. z. - Vyhláška Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky, ktorou sa ustanovujú najvyššie prípustné hodnoty zdraviu škodlivých faktorov vo vnútornom ovzduší budov.

Zákon 356/2006 Z. z. - Nariadenie vlády Slovenskej republiky o ochrane zdravia zamestnancov pred rizikami súvisiacimi s expozíciou karcinogénnym a mutagénnym faktorom pri práci.

Zákon 478/2002 Z. z. - Zákon o ochrane ovzdušia a ktorým sa dopĺňa zákon č. 401/1998 Z. z. o poplatkoch za znečisťovanie ovzdušia v znení neskorších predpisov (zákon o ovzduší).

Príspevok je riešený v rámci grantového projektu KEGA MŠ SR č. 3/6431/08 „Stanovenie charakteristík kvantifikácie emisií a indikátorov kvality ovzdušia v podmienkach európskej legislatívy“.

Lektoroval: doc. Ing. Jozef Černecký, CSc.

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



MOŽNOSTI STANOVENIA VYBRANÝCH ORGANICKÝCH LÁTKOVI INFRAČERVENOU SPEKTROSKOPIOU

POSSIBILITY OF DETERMINATION SOME ORGANIC COMPOUNDS BY INFRARED SPECTROSCOPY

Ivana MORÁVKOVÁ – Stanislav HOSTIN – Veronika KUPKOVÁ

ABSTRACT: In contribution is described the method of determination of some organic compounds by infrared spectroscopy. In work, base principles of infrared spectroscopy and its practical utilization are shown.

Key words: Infrared spectroscopy, organic compounds, organic pollutants

ABSTRAKT: V príspevku je popísaná metóda infračervenej spektroskopie pre stanovenie vybraných organických látok. V práci sú popísané základné princípy IČ spektroskopie a jej praktické využitie.

Kľúčové slová: infračervená spektroskopia, organické látky, organické polutanty

1. ÚVOD

Rozmanitosť analytických úloh vyžaduje využívanie veľkého počtu rôznych analytických metód, ktoré sa neustále zdokonaľujú, vyvíjajú a študujú sa nové princípy, ktoré by umožnili získanie dokonalejších analytických informácií.

Infračervená spektrometria je vhodná na štúdium chemickej štruktúry látky, na identifikáciu najmä organických zlúčenín, prípadne aj na kvantitatívne stanovenie organických látok. Infračervená spektroskopia má nezastupiteľnú úlohu v rôznych oblastiach praktickej činnosti, napr. pri kontrole a riadení technologických procesov, pri kontrole životného prostredia (napr. stanovenie ropných látok vo vzduchu a v zeminách, detekcia alergénnych peľov), v poľnohospodárstve a potravinárstve (napr. stanovenie cukru v nápojoch, etanolu v alkoholických nápojoch, analýza vín), v medicíne, v astronómii, vo vedeckovýskumnej činnosti v rôznych odboroch a pod.

1.1 Princípy infračervenej spektroskopie

Infračervenou spektroskopiou sa sleduje absorpcia infračerveného žiarenia molekulami. Molekuly sú schopné absorbovať elektromagnetické žiarenie. Je to zapríčinené zmenou stavu elektrónového obalu, vibračnými pohybmi atómov a rotáciou celej molekuly. Všetky tri druhy pohybov, t.j. elektrónový, vibračný a rotačný spolu súvisia. Zmenou elektrónového obalu sa menia vibračné a rotačné stavy molekuly. Zmenou vibračného stavu sa mení i rotačný stav.

Aj napriek tomu možno považovať tieto pohyby za nezávislé, pretože pohyb ťažkých jadier je rádovo pomalší ako pohyb elektrónov (GARAJ, 1977).

Frekvencie vibračných pohybov molekúl patria do oblasti od 4000 do 100 cm⁻¹, t.j. 2,5 až 100 μm. Frekvencie rotačných pohybov molekúl patria do vzdialenej infračervenej oblasti a do oblasti rádiových vln. Infračervenou spektroskopiou sa sledujú vibračné a vibračno-rotačné spektrá (JEFFERY, 1989).

1.1.1 Oblasti infračervenej spektroskopie

- blízka oblasť – s vlnovkami $\tilde{\nu}$ od 12 500 do 4000 cm⁻¹ (vlnová dĺžka 0,8 až 2,5 μm) – NIR



- stredná oblasť – v rozsahu $4000 \text{ až } 400 \text{ cm}^{-1}$ ($2,5 \text{ až } 25 \text{ }\mu\text{m}$) - MIR
- vzdialená oblasť – $400 \text{ až } 10 \text{ cm}^{-1}$ ($25 \text{ až } 1000 \text{ }\mu\text{m}$) - FIR (ČAKRT, 1987; GARAJ, 1987; KARDOŠ, 1979; LINDON, 2000)

Blízka infračervená oblasť je vhodná na skúmanie vyšších harmonických vibrácií skupín C-H, O-H, N-H a pod. Ďaleká infračervená oblasť je vhodná na meranie rotačných pohybov molekúl. Najviac sa používa stredná infračervená oblasť (SILVERSTEIN, 2005).

1.1.2 Fyzikálna podstata infračervenej spektroskopie

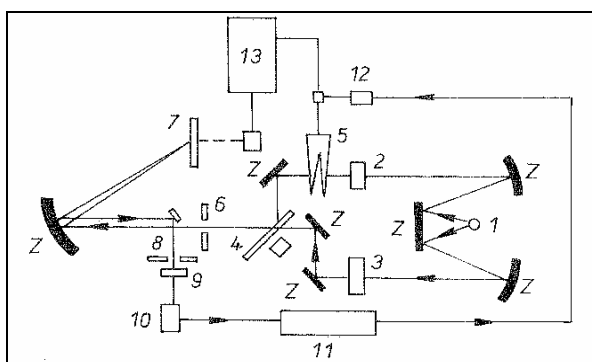
Pri interakcii infračerveného žiarenia s molekulami zlúčenín nastáva zmena vibračného a rotačného stavu molekúl, ktorá sa prejaví v spektre (KOVÁČ, 1987).

1.2 Experimentálna technika pre infračervenú spektroskopiú

Používajú sa dva druhy infračervených spektrometrov (KOVÁČ, 1987):

- spektrometre s monochromátormi,
- spektrometre s interferometrami.

1.2.1 Infračervené spektrometre s monochromátormi



Obrázok 1 Bloková schéma infračerveného dvojlúčového mriežkového spektrofotometra
1 – zdroj IČ žiarenia, 2 – referenčná kyveta, 3 – vzorková kyveta, 4 – sektorové zrkadlo, 5 – vyrovnávací clona, 6 – vstupná štrbina, 7 – mriežka, 8 – výstupná štrbina, 9 – filter, 10 – detektor, 11 – zosilňovač, 12 – servomotor, 13 – zapisovacie zariadenie, Z – zrkadlá

Popis: Žiarenie vychádzajúce zo zdroja (1) sa po odraze na zrkadlách rozdelí na dva lúče, ktoré prechádzajú kyvetami (kyveta so vzorkou 3 a referenčná kyveta 2). Po odrazení na ďalších zrkadlách obidva lúče (lúč I a II) dopadajú z opačných strán na rotujúce sektorové zrkadlo, ktorého iba polovica prepúšťa žiarenie. Podľa polohy rotujúceho zrkadla (4) sa lúče alebo odrazia, alebo prechádzajú ďalej do ďalších častí prístroja ako jeden lúč. Rotujúce zrkadlo je nastavené tak, že keď sa lúč I odrazí, lúč II prechádza ďalej, takže sa po odraze na ďalších zrkadlách dostáva cez vstupnú štrbinu monochromátora (8). Po odraze na paraboloidickom zrkadle sa lúč odrazí na mriežke (7), cez výstupnú štrbinu (8) a filter (9) dopadá na detektor (10). Získaný signál po zosilnení v zosilňovači (11) ovláda servomotor (12), ktorý poháňa zariadenie znižujúce intenzitu referenčného lúča. Na servomotor je zapojené registračné zariadenie (13), ktoré umožňuje zaznamenať na registračný papier

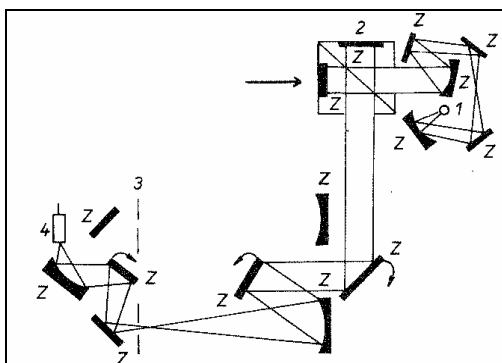


závislosť intenzity pásov od vlnočtu. Pred rotujúcim zrkadlom sa automaticky pohybuje vyrovnávacia clona spojená so zapisovacím zariadením (13), ktorá je ovládaná detektorom žiarenia cez zosilňovač. Otáčaním mriežky nastáva zmena vlnočtu. Pri hranolových monochromátoroch je namiesto mriežky hranol a Littrovo zrkadlo (KOVÁČ, 1987).

Väčšina dvojlúčových IČ spektrofotometrov sa skladá z piatich základných častí:

- zdroj žiarenia,
- priestor pre kyvety,
- kolimačné zariadenie,
- monochromátory,
- detektory IČ žiarenia.

1.2.2 Infračervené spektrometre s interferometrami (FTIR)



Obrázok 2 Optický diagram FTIR spektrometra

1 – zdroj žiarenia, 2 – interferometer, 3 – kyvetový priestor, 4 – detektor, Z – zrkadlá

Tieto prístroje (Obrázok 2) majú namiesto monochromátora interferometer, ktorý sa skladá z dvoch navzájom kolmých zrkadiel. Jedno z nich je stabilné a druhé sa otáča konštantnou rýchlosťou. Medzi týmito zrkadlami je semireflexné zariadenie, na ktorom časť dopadajúceho lúča sa odrazí na otáčavé zrkadlo, a z neho naspäť na sektorové zrkadlo, z ktorého sa odrazí na detektor (STUART, 2004).

Funkcia interferometra je v tom, že najprv sa dopadajúci lúč rozdelí na dva lúče a znovu ich spojí, pričom vzniká medzi nimi rozdiel v ich dráhach. Takto dva spojené lúče môžu interferovať, čo závisí od vzťahu medzi ich rozdielom dráh a vlnovou dĺžkou. Takýmto spôsobom sa získa interferogram, ktorý obsahuje informácie o intenzite každého pásu v spektre; možno ju vypočítať pri každom páse s matematickou operáciou, známou ako Fourierova transformácia, na počítači, ktorý tieto prístroje majú. Rýchlosť záznamu spektra na týchto prístrojoch je veľmi veľká, napr. oblasť 200 až 5000 cm^{-1} možno zmerať za 1 s , čo umožňuje merať spektrá zlúčenín aj pri veľmi malých koncentráciách, možno ich priamo spojiť s chromatografmi (KOVÁČ, 1987).



1.3 Využitie infračervenej spektroskopie

- Infračervená spektroskopia sa používa najmä na kvalitatívne určenie čistých látok, prípadne určitej látky v zmesi. Používa sa v obmedzenej miere i na kvantitatívne stanovenie látok.
- Infračervená spektroskopia sa najviac uplatňuje v organickej chémii. V ostatnom čase sa rozširuje jej uplatnenie v anorganickej chémii, ale aj vo fyzikálnej chémii. Dajú sa ňou riešiť mnohé štruktúrne otázky organickej chémie inter- a intramolekulové vodíkové väzby, izoméry, konforméry organických látok.
- Pomocou IČ spektroskopie možno sledovať kinetiku reakcie, vplyvy substituentov. Možno ňou vypočítať niektoré fyzikálne veličiny, napr. entropiu, entalpiu, merné teplo látok (GARAJ, 1977).
- Infračervená spektroskopia sa využíva pri monitorovaní ŽP ovzdušia (NO_x , CO, CO_2 , SO_2 ,...), vody (NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} , fenoly, NEL, zákal, Celkový fosfor), pôd (SHMU, 2009).
- Infračervená spektrometria je vhodná na štúdium chemickej štruktúry látky, na identifikáciu najmä organických zlúčenín, prípadne aj na kvantitatívne stanovenie organických látok. Problémom je analýza zmesi organických látok. Preto sa infračervená spektrometria kombinuje s deliacimi metódami, prednostne s HPLC. Chromatografická metóda rozdelí zmes na jednotlivé čisté látky a tie sa následne identifikujú a stanovujú infračervenou spektrometriou (HPLC – FT-IR) (KOLLER, 2002).

2. MATERIÁL A METÓDY

Pre analýzu pripravených vzoriek sa použil infračervený spektrofotometer PERKIN ELMER 599. Na overenie funkčnosti IČ spektrofotometra sa použila štandardná polystyrénová fólia Hitachi, Ltd. s presne definovanými vlnovkami absorpčných pásov (Tabuľka 1).

IČ spektroskopia sa využila pre hodnotenie lignocelulózového substrátu jačmeňa jarného – odroda *Malz* a repky ozimnej – odroda *Catalina*, ktoré sa skúmali z hľadiska ich využitia pre fermentačnú výrobu bioetanolu.

2.1 Príprava vzoriek

- vzorka pôvodnej a hydrolyzovanej lignocelulózovej biomasy sa vysušila pri 45°C počas 2 hodín a následne sa ochladila v exikátore,
- KBr sa vysušil pri 120-130°C a následne sa ochladil v exikátore,
- vysušený KBr (0,7 g) sa rozotrel v trecej miske spolu so vzorkou (0,007 g),
- tento výsledný homogénny prášok sa zlisoval lisom,
- analyzovala sa zlisovaná tableta o priemere 13 mm a hrúbky 1 mm,
- ako porovnávacía vzorka sa použil čistý vylišaný KBr.

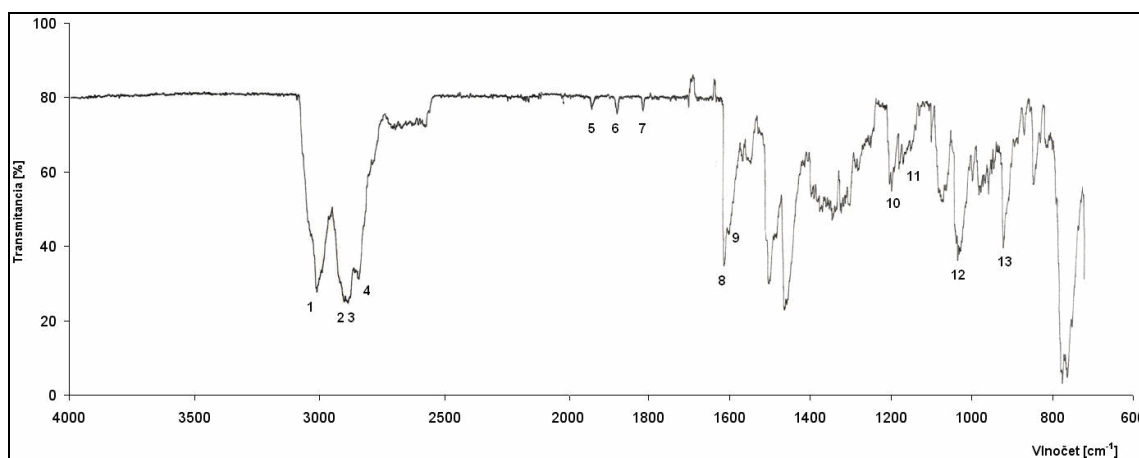
3. VÝSLEDKY A DISKUSIA

3.1 Overenie funkčnosti IČ spektrofotometra

Stanovené IČ spektrum štandardnej polystyrénovej fólie na prístroji PERKIN ELMER 599 je zobrazené na Obrázku 3. Porovnaním výsledného spektra s hodnotami absorpčných pásov z Tabuľky 1 sa zistilo zhodných všetkých 13 absorpčných pásov. Uvedené výsledky potvrdzujú, že spektrofotometer je možné využiť v rozsahu vlnových dĺžok 4000-600 cm^{-1} ,



kedy z hodnôt vlnočtov absorpčných pásov možno uskutočňovať kvalitatívnu aj kvantitatívnu analýzu.



Obrázok 3 IČ spektrum polystyrénu stanovené na prístroji PERKIN ELMER 599

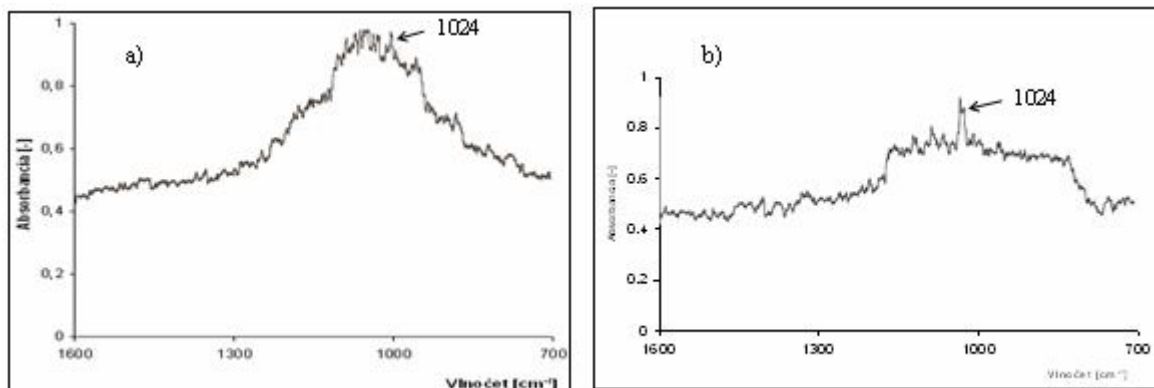
Tabuľka 1 Hodnoty absorpčných pásov štandardnej polystyrénovej fólie

Kalibračný pík	$\tilde{\nu}$ [cm ⁻¹]	Kalibračný pík	$\tilde{\nu}$ [cm ⁻¹]
1	3027,1	8	1583,1
2	2924,0	9	1181,4
3	2850,7	10	1154,3
4	1944,0	11	1069,1
5	1871,0	12	1028,0
6	1801,6	13	906,7
7	1601,4		

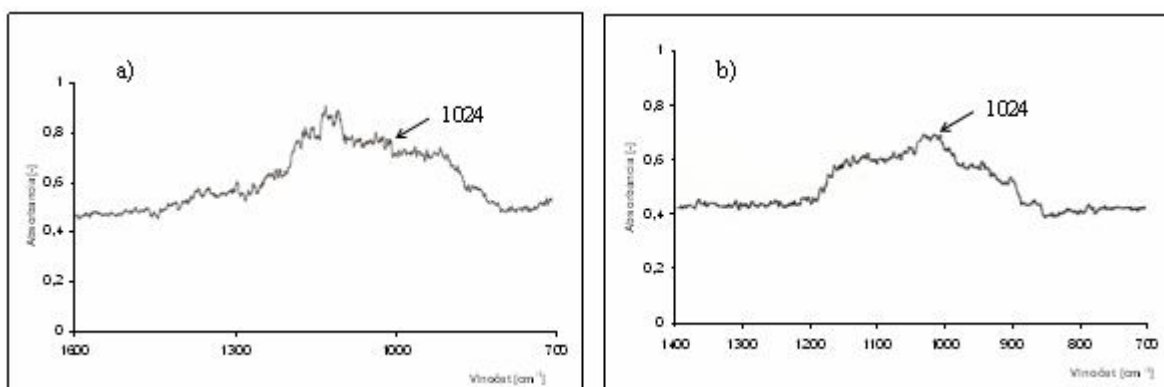
3.2 Využitie IČ spektroskopie pre štúdium hodnotenia lignocelulózovej biomasy

Na pracovisku Katedry environmentálneho inžinierstva ÚBEI sa realizuje výskum možnosti využitia lignocelulózovej biomasy na výrobu bioetanolu. Lignín je významnou zložkou biomasy ovplyvňujúcou proces hydrolýzy na substrát pre fermentáciu. Overila sa možnosť využitia IČ spektrofotometrie pre kvalitatívne i kvantitatívne stanovenie lignínu vo vybraných vzorkách.

Na Obrázku 4 sú znázornené výsledné spektrá pôvodných vzoriek repky ozimnej (Obrázok 4a) a jačmeňa jarného (Obrázok 4b). Na Obrázku 5 sú uvedené výsledné spektrá hydrolyzovaných vzoriek repky ozimnej (Obrázok 5a) a jačmeňa jarného (Obrázok 5b).



Obrázok 4 IČ spektrum pôvodných vzoriek
a) repka ozimná – odroda *Catalina* b) jačmeň jarný – odroda *Malz*



Obrázok 5 IČ spektrum hydrolyzovaných vzoriek
a) repka ozimná – odroda *Catalina* b) jačmeň jarný – odroda *Malz*

Z obrázkov analýzy pôvodných vzoriek vidieť, že v rozsahu vlnočtov od 1200 - 850 cm^{-1} je výrazne viditeľný absorpčný pás pri 1024 cm^{-1} , ktorý je zhodný s literatúrou (RAISKILA, 2007; MOHEBBY, 2005).

Tento absorpčný pás sa identifikoval aj u hydrolyzovaných vzoriek avšak oproti pôvodným vzorkám sa zaznamenal významný pokles absorbancie. Z poklesu absorbancie možno usudzovať degradáciu lignínu počas hydrolyzy biomasy.

4. ZÁVER

Zistilo sa vhodné využitie IČ spektrofotometra pre hodnotenie vlastností lignocelulózovej biomasy používanej pre prípravu substrátu na fermentačný spôsob výroby bioetanolu. Analýzou pôvodných vzoriek slamy jačmeňa jarného – odroda *Malz* a repky ozimnej – odroda *Catalina* ako aj ich zvyškov po hydrolyze sa dokázala zhodnosť absorpčných pásov pre lignín s literatúrou a uvedenú metódu možno použiť pre ďalší výskum možnosti výroby bioetanolu z lignocelulózových materiálov.



LITERATÚRA

- GARAJ, J. a kol.: 1977. *Fyzikálne a fyzikálno-chemické analytické metódy*. Bratislava: ALFA, 1977, 502 s
- ČAKRT, M. a kol.: 1989. *Praktikum z analytickej chémie*. Bratislava: ALFA, 1989, 648 s, ISBN 80-05-00112-6
- GARAJ, J. a kol.: 1987. *Analytická chémia*. Bratislava: SNTL/ALFA, 1987. 744 s.
- KOVÁČ, Š., ILAVSKÝ, D., LEŠKO, J.: 1987. *Metódy kontroly technologických procesov. Spektrálne metódy v organickej chémii a technológii*. Bratislava: ALFA, 1987. 464 s.
- HOSTIN, S. a kol.: 2007. *Inštrumentálne metódy monitorovania životného prostredia*. Trnava: AlumniPress, 2007, 200 s, ISBN 978-80-8096-004-9
- KOLLER, L.: 2002. *Analytická chémia*. Princípy analytických metód pre anorganickú prvkovú analýzu. študijný materiál pre študentov HF a FBERG TU, Košice, 2002, 126 s.
- RAISKILA, S. a kol.: 2007. FTIR spectroscopic prediction of Klason and acid soluble lignin variation in Norway spruce cutting clones. *Silva Fennica*, 2007, 41(2): 351–371. ISSN 0037-5330 [online]. [cit. 2009-05-25; 12:15 SEČ]. Dostupné na internete: <www.metla.fi/silvafennica/full/sf41/sf412351.pdf>
- MOHEBBY, B.: 2005. Attenuated total reflection infrared spectroscopy of white- rot decayed beech wood. *International biodeterioration & biodegradation*, 2005, 55: 247–251. ISSN 0964-8305 [online]. [cit. 2009-05-20; 21:15 SEČ]. Dostupné na internete: <www.tmu.ir/wood/Publications/Mohebbby-05-%20IBB.pdf>
- SHMU, Čiastkový monitorovací systém ovzdušie, voda. [online]. [cit. 2009-05-25; 20:05 SEČ]. Dostupné na internete: <<http://www.shmu.sk/sk/?page=225>>
- LINDON, J., TRANTER, G., HOLMES, J.: 2000. *Encyclopedia of Spectroscopy and Spectrometry*. Academic Press, 2000, 2581 p, ISBN 0-12-226680-3
- STUART, B.: 2004. *Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications*. John Wiley & Sons Inc, 2004, 242 p. ISBN 978-0-470-85428-0
- JEFFERY, G. a kol.: 1989. *Textbook of quantitative chemical analysis. Fifth edition*. United States: John Wiley & Sons Inc, 1989, 980 p. ISBN 0-582-44693-7
- SILVERSTEIN, R. a kol.: 2005. *Spectrometric identification of organic compounds*. United States: John Wiley & Sons Inc, 2005, 512 p, ISBN 0-471-39362-2

Tento príspevok je prezentovaný v rámci riešenia grantovej úlohy KEGA č. 3/6431/08: Stanovenie charakteristík kvantifikácie emisií a indikátorov kvality ovzdušia v podmienkach európskej legislatívy.

Lektoroval: Ing. Andrea Neupauerová, PhD.

Kontaktná adresa:

Ing. Ivana Morávková, MTF STU, Ústav Environmentálneho a Bezpečnostného inžinierstva, Katedra Environmentálneho inžinierstva, Botanická 49, 917 24 Trnava



VPLYV EMISÍ CO₂ NA GLOBÁLNU KLÍMU

CO₂ EMISSION INFLUENCE ON GLOBAL CLIMATE

Viliam MRAČNA

ABSTRACT: The Earth is going through the stage of climatic changes. In the past, these changes were a continuous natural phenomenon. They are not only resulting from the changes of CO₂ and other greenhouse gases concentrations. They are mainly caused by the change of solar radiation, circulation of sea water, the content of dispersive particules in the atmosphere, biological activities of the fauna and flora and other numerous other factors.

Key words: carbon dioxide, global climate

ABSTRAKT: Zem prekonáva štádium klimatických zmien. Tieto zmeny boli v minulosti neustálym prirodzeným fenoménom. Nie sú spôsobené len zmenami koncentrácie CO₂ a ostatných skleníkových plynov. Sú spôsobované hlavne zmenou slnečného žiarenia, cirkuláciou morskej vody, obsahom disperzných častíc v atmosfére, biologickými aktivitami fauny a flóry a početnými ďalšími faktormi.

Kľúčové slová: oxid uhličitý, globálna klíma

ÚVOD

Iba nedávno skončili dve veľmi dôležité politické konferencie a to konferencia EÚ a konferencia skupiny G8 a obe sa okrem iného zaoberali i v posledných rokoch mimoriadne populárnou problematikou globálneho otepľovania planéty Zem. Z uverejnených záverov oboch konferencií sme zistili, že obvyklý trend v tejto oblasti t.j. obvinenie " nadmernej energetickej spotreby ľudstva!" a kyslíčnika uhličitého zo zavinenia tohto javu pokojne pokračuje a dokonca sa pripravujú k realizácii projekty na priemyselné odstraňovanie kyslíčnika uhličitého z atmosféry Zeme [2]. Pri bližšom preskúmaní tejto problematiky je však nevyhnutne nutné konštatovať, že vec je oveľa a oveľa zložitejšia ako veľmi jednoducho všetky problémy riešiaca redukcia energetickej spotreby ľudstva a zníženie emisií CO₂.

Oregonská petícia z roku 1998, ktorú podpísalo viac ako 17 000 vedcov vo svojom závere deklaruje: „neexistuje žiadny vedecký dôkaz, že ľudmi spôsobené uvoľňovanie CO₂, metánu či iných skleníkových plynov, spôsobí katastrofálne oteplenie a narušenie zemskej klímy [3].

Význam oxidu uhličitého ako skleníkového plynu

Významný vplyv na skleníkový efekt a ním spôsobené otepľovanie majú aj koncentrácie ďalších plynov, predovšetkým metánu, halogénových uhlíkovodíkov, oxidu dusného, ozónu a freónov. Najvýznamnejšia ale je koncentrácia vodnej pary (až 96%), ktorá je priamo závislá od konkrétnych klimatických podmienok. Žiadny model ktorý vyhodnocuje vplyv CO₂ na klímu nezohľadňuje práve úlohu tohto hlavného skleníkového plynu.

Dnešný znepokojujúci stav podnebia na Zemi je len zlomkom miliardy trvajúceho vývoja. Pre poznanie je trendov vývoja je potrebné študovať dlhodobý rytmus klimatických zmien a ich zložité príčinné súvislosti. Rad autorov upozorňuje, že klimatické anomálie v histórii vývoja zemskeho klimatu sú javmi opakujúcimi sa v cykloch

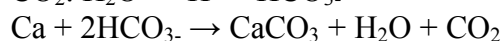
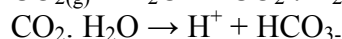
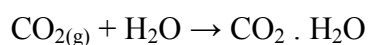
Dlhé horúce obdobie v 4. až 1. tisícročí pr. Kr. bez výrazných klimatických výkyvov možno považovať za vyvrcholenie súčasnej medziľadovej doby. V polovici prvého tisícročia po Kr. nastalo markantné ochladenie. v 11. až 13. storočí bola v Európe mimoriadne teplá



klíma. Vyznačovala sa dlhými a horúcimi letami, kým zimy boli mierne, teplé a krátke. Grónsko a Island boli zelené a dnes tak drsné, veterné a chladné pobrežie Newfoundlandu nazvali Vikingovia Vinlandom (krajinou vína). V roku 1306 po 300 rokoch prišla prvá krutá zima. Nastalo obdobie chladu a dažďov. Sneh bol na poliach do konca mája a koncom septembra opäť pokryl celú krajinu. Otepľovať sa začalo po „malej dobe ľadovej“ až koncom 17. storočia na nastúpilo nové otepľovanie, ktoré trvá až do dnes.

Oxid uhličitý a globálne otepľovanie

Kolobeh CO₂ v prírode je proces pri ktorom sa CO₂ uvoľnený z vulkanických plynov do ovzdušia, rozpúšťa v dažďovej a morskej vode a následne je využívaný k tvorbe organických tiel, hlavne uhličitanových schránok, ktoré klesajú k morskému dnu, kde sa hromadia v podobe vápenca.



V hĺbke dochádza k roztaveniu platne a z jej hornín sa uvoľňuje CO₂, ktorý si hľadá cestu na zemský povrch. Skleníkový efekt je riadený predovšetkým CO₂ a to predovšetkým reakciou medzi morom a atmosférou, v ktorej významnou mierou napomáhajú fotosyntetizujúce mikroorganizmy. Teplota mora je vo vrstve niekoľkých desiatín milimetra výrazne ochladená o jednu až dve desatiny stupňa. Táto vrstva je mimoriadne dôležitá pri rozpúšťaní CO₂ pre reguláciu jeho obsahu v morskej vode i v ovzduší. Vieme, že CO₂ sa lepšie rozpúšťa vo chladnej vode.

Do zemskej atmosféry unikajú 3 miliardy ton uhlíka vo forme CO₂ ročne. Pochádza hlavne zo spaľovania fosílnych palív a čiastočne porušuje rovnováhu uhlíkového cyklu. Existujú obavy, že môžu spôsobiť výrazné otepľovanie Zeme a mať negatívny dopad na zmeny v zložení atmosféry, na jej cirkuláciu, lesy, rastlinný kryt planéty a následne na zásoby pitnej vody, poľnohospodársku produkciu, zdravie ľudí, biodiverzitu flóry a fauny ako aj na výšku svetových oceánov. V súčasnosti obsahuje atmosféra 385 ppm CO₂ a ročný prírastok je približne 1 – 5 ppm, z čoho asi 80 % pochádza zo spaľovania fosílnych palív. Polovicu produkcie oxidu uhličitého absorbuje svetový oceán.

Odhadnúť všetky prejavy skleníkového efektu nie je možné jednoznačne definovať. Všeobecne sa predpokladá, že zvyšujúci sa obsah oxidu uhličitého by mohol viesť k výraznému globálnemu otepľovaniu. Štúdium paleoklimatických pomerov Zeme za posledného pol milióna rokov potvrdilo, že zvyšujúci obsah CO₂ koreluje so zvýšenou teplotou.

Detailnejší výskum v rokoch 2000 až 2004 (Veiner, Patterson) poukázal na skutočnosť, že najskôr dochádzalo k zvyšovaniu globálnej teploty a až následne s odstupom 800 – 1000 rokov začal stúpať obsah CO₂. V geologickej minulosti mohlo teda byť zvyšovanie obsahu CO₂ dôsledkom zvyšovania teploty a nie naopak.

Ak si uvedomíme, že napríklad pred približne pred 12 000 rokmi bol zistený nárast globálnej teploty o 8° C za jedno desaťročie, súčasné stúpanie teploty o 0,7° C sa nezdá byť nejako výnimočným. Ani topenie polárnych ľadovcov a tým spôsobené kolísanie hladiny svetového oceánu nie je ničím neobyčajným. Výška hladiny morí sa mení neustále. V histórii Zeme boli obdobia, kedy bola o 200 metrov nižšia ale aj o 60 metrov vyššia ako dnes. Od poslednej doby ľadovej hladina svetových morí plynule stúpa a celkovo sa zdvihla o 120 metrov, približne o 18 cm za storočie.



Pri hodnotení vplyvu CO₂ na klimatické zmeny, je potrebné pripomenúť aj úlohu fauny a flóry, pretože práve flóra významným spôsobom zasahuje do jeho cyklu. Rastliny viažu CO₂ z ovzdušia aby získali uhlík, potrebný na stavbu organických pletív. Na viazanie jednej molekuly CO₂ je potrebných tisíc molekúl vody. Rastlina je schopná viazať len toľko molekúl CO₂ aké má dostupné množstvo vody na vyparovanie. Pri poklese obsahu CO₂ v atmosfére spôsobené nadmerným rozvojom flóry môže dôjsť k poklesu globálnej teploty zemského povrchu.

Skutočnosť, že súčasné ľudstvo sa nachádza v období mimoriadnych klimatických zmien z pohľadu histórie Zeme nezodpovedá úplnej skutočnosti. Zem a aj ľudstvo bolo vo svojej histórii viackrát vystavené výraznejším klimatickým zmenám, ktoré svojou rýchlosťou a výraznosťou ďaleko prevyšujú hrozby vyplývajúce z niektorých modelov, ktoré predpokladajú možné dopady globálneho otepľovania. Aj keď význam CO₂ ako skleníkového plynu nie je možné spochybniť, je potrebné čiastočne prehodnotiť závislosť medzi jeho obsahom v atmosfére a globálnym otepľovaním. Je možné predpokladať, že koncentrácia CO₂ poukazuje skôr na príznaky ako na príčiny zmeny klímy.

Vývoj klimatických pomerov ovplyvňuje globálnu cirkuláciu morskej vody. Roztápaním polárnych ľadovcov sa morská voda stále viac nasycuje sladkou vodou, a tým spôsobená zmena hustoty má výrazný vplyv na dynamiku a zmenu oceánskych prúdov. Je potrebné brať na vedomie aj fenomén periodicky sa opakujúcich chladných a teplých klimatických období vo vývoji Zeme.

Napriek všetkému význam CO₂ ako skleníkového plynu nemožno spochybniť, najnovšie paleoklimatické výskumy čiastočne prehodnotili závislosť medzi jeho obsahom v atmosfére a globálnym otepľovaním. Začína prevládať názor, že koncentrácia CO₂ poukazuje skôr na príznaky ako príčiny zmeny klímy.

ZÁVER

Problémom chápania globálnych zmien je skutočnosť, ľudia nevnímajú Zem ako živú planétu, podliehajúcu neustálym zmenám. Je veľmi pravdepodobné, že Zem prekonáva štádium klimatických zmien. Tieto zmeny boli v minulosti neustálym prirodzeným fenoménom. Nie sú spôsobené len zmenami koncentrácie CO₂ a ostatných skleníkových plynov. Sú spôsobované hlavne zmenou slnečného žiarenia, cirkuláciou morskej vody, obsahom disperzných častíc v atmosfére, biologickými aktivitami fauny a flóry a početnými ďalšími faktormi [1]. Tieto faktory sa ukazujú závažnejšími ako samotné antropické znečistenie. Najzávažnejším zistením je skutočnosť, že ku klimatickým zmenám dochádza spravidla náhle.

Podmienenosť súčasných klimatických zmien antropickou činnosťou je otázna. Samotné zníženie emisií CO₂ nemusí viesť k želanému výsledku aspoň stabilizácie súčasných klimatických pomerov.

LITERATÚRA

- [1] ANDRÁŠ, P. doc., RNDr, CSc.: Od Samitu Zeme po Oregonskú petíciu. Enviromagazín 12/2007s. 8 - 11
- [2] Kjótsky protokol, 1997
- [3] Oregonska petícia, 1998

Riešená problematika je súčasťou projektu KEGA č. 3/6431/08.



Lektoroval: doc. Ing. Jozef Černecký, CSc.

Kontaktná adresa:

Ing. Viliam Mračna, CSc., Katedra environmentálnej techniky, Fakulta environmentálnej a
výrobnej techniky, Technická univerzita vo Zvolene, Študentská 26, 960 53 Zvolen,
mracna@vsld.tuzvo.sk



ENVIRONMENTÁLNE TECHNOLOGIE PRE ZNIŽOVANIE EMISIÍ V EURÓPSKEJ ÚNII

ENVIRONMENTAL TECHNOLOGIES FOR DECREASING OF EMISSION IN EUROPEAN UNION

Andrea NEUPAUEROVÁ

ABSTRACT: Environmental technology is the application of the environmental science to conserve the natural environment and resources, and to curb the negative impacts of human involvement. Sustainable development is the core of environmental technologies. When applying sustainable development as a solution for environmental issues, the solutions need to be socially equitable, economically viable and environmentally sound. The article shows the present state of applications environmental technologies for decreasing of emission in EU.

Key words: emission, environmental technologies, EU

ABSTRAKT: Environmentálne technológie (ETAP) sú všetky technológie, ktorých použitie je menej škodlivé pre životné prostredie ako využívanie relevantných alternatívnych technológií. Príspevok je zameraný na zhodnotenie súčasného stavu v oblasti aplikácie environmentálnych technológií pre znižovanie emisií v EÚ.

Kľúčové slová: emisie, environmentálne technológie, EÚ.

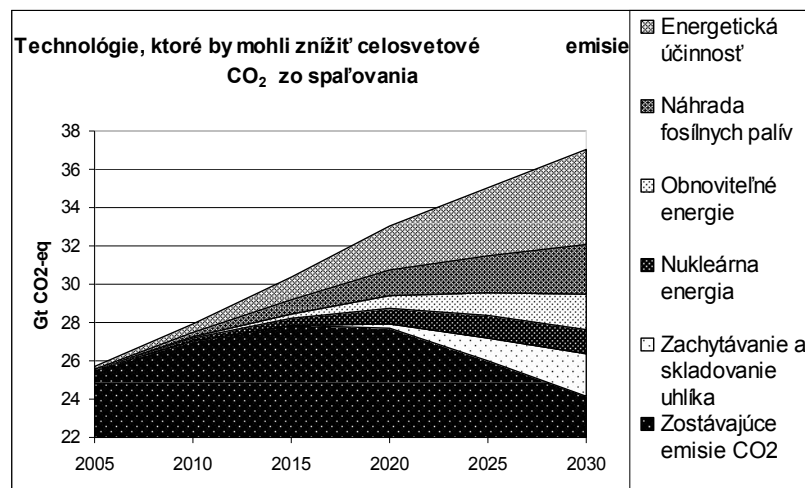
1. ÚVOD

V súlade so strategickým prehľadom energií v EÚ konkurencieschopný, trvalejšie udržateľný a bezpečný energetický systém a významné zníženie emisií skleníkových plynov v EÚ do roku 2020 zabezpečí zvýšenie energetickej účinnosti EÚ o 20 % do roku 2020, zvýšenie podielu obnoviteľnej energie na 20 % do roku 2020 a prijatie environmentálne bezpečnej politiky zachytávania a geologického skladovania uhlíka vrátane postavenia dvanástich rozsiahlych ukázkových prevádzok v Európe do roku 2015. S cieľom riešiť otázku emisií skleníkových plynov iných ako CO₂, ktoré sú zodpovedné za 17 % emisií EÚ by sa mal predložiť rad opatrení, ktoré zahŕňajú posilnenie implementácie opatrení v rámci spoločnej poľnohospodárskej politiky a akčného plánu EÚ o lesoch na zníženie emisií z poľnohospodárstva EÚ a podporu biologickej sekvestrácie, určenie limitov pre emisie metánu z plynových motorov a z výroby uhlia, ropy a plynu alebo ich zaradenie do schémy obchodovania s emisnými kvótami EÚ (SOEK), ďalšie obmedzenie alebo zákaz používania fluórovaných plynov a zníženie emisií oxidov dusíka zo spaľovania a zaradenie oxidov dusíka z veľkých zariadení do SOEK EÚ.

V rámci 7. rámcového programu Spoločenstva sa rozpočet na výskum životného prostredia, energetiky a dopravy v období rokov 2007 – 2013 zvýšil na 8,4 miliárd EUR. Mal by sa využiť na začiatku, aby sa ním podporil rozvoj technológií čistej energie a dopravy a ich čo najskoršie nasadenie a ďalej sa ním posilňovali poznatky o klimatickej zmene a jej vplyvoch. Okrem toho by sa po roku 2013 mal rozpočet na výskum opäť zvýšiť, čo by malo byť nasledované podobným vnútroštátnym úsilím. Strategický akčný plán pre energetickú technológiu a akčný plán pre environmentálnu technológiu by sa mali implementovať v plnom rozsahu a ďalej by sa mali podporovať verejno-súkromné partnerstvá. Strategickými usmerneniami o súdržnosti prijatými v roku 2006 sa podporujú trvalo udržateľné technológie dopravy, energetiky a životného prostredia, ako aj ekoinovácie prostredníctvom finančnej pomoci v rámci štrukturálnych fondov a kohézneho fondu. Tieto opatrenia by sa mali zahrnúť do operačných programov. Väčšina technológií, ktorými sa znižujú emisie skleníkových



plynov, už existuje alebo je v pokročilom prípravnom štádiu a môžu sa nimi znížovať emisie (obrázok 1). Pre dlhodobú dohodu je však potrebná podpora od hlavných producentov emisií, aby sa zabezpečilo ich nasadenie a ďalší rozvoj.



Obrázok 1 Technológie pre zníženie celosvetových emisií CO₂ zo spaľovania

2. ENVIRONMENTÁLNE TECHNOLOGIE

Environmentálne technológie poskytujú riešenia na zníženie materiálnych vstupov, zníženie spotreby energie a emisií, obnovenie cenných vedľajších produktov a minimalizáciu problémov s likvidáciou odpadu. Umožňujú zvýšenie ekologickej účinnosti, inými slovami, „dostať viac za menej“, podporujú používanie systémov environmentálneho riadenia a umožňujú čistejšie výrobné postupy. V Európe existujú obrovské príležitosti na lepšie využívanie najnovších technológií v oblasti energetiky, dopravy a použitia materiálov. Európske spoločnosti majú silný potenciál najmä v oblasti výroby obnoviteľnej energie, odpadového hospodárstva a recyklácie, s podielom na celosvetovom trhu 40 % v prvom prípade a 50 % v druhom prípade.

Environmentálne technológie sa používajú aj na zbieranie informácií o životnom prostredí – monitorovanie a zhromažďovanie údajov na určenie prítomnosti znečisťujúcich látok, zmien aktuálneho využívania pôdy alebo na určenie vplyvov na ľudské zdravie pomocou biologického monitorovania. Environmentálne technológie majú potenciál v najbližšom desaťročí prispieť k zníženiu emisií skleníkových plynov o 25 až 80 %, úbytku ozónu o 50 % a acidifikácie a eutropizácie až o 50 %. V oblasti vodohospodárstva je úlohou vytvoriť nové a nákladovo efektívne technológie, ktoré budú zohľadňovať environmentálne externality a energetické hľadiská. Významné technologické zlepšenia sa očakávajú aj v oblasti malých riešení na premenu odpadu na energiu a vývoja malých energetických systémov založených na biomase.

Na pochopenie potenciálu environmentálnych technológií je potrebné širšie prijatie na trhu. Nedostatočná informovanosť o skutočných nákladoch na obstaranie, používanie a nakladanie s materiálmi a energiou je stále významnou prekážkou širšej realizácie mnohých ekologických inovácií. Zákazníci a investori musia presnejšie poznať výkon a environmentálne výhody rôznych technológií, aby mohli zakúpiť a financovať produkty s istotou, ktorá je na trhu stále ešte novinkou. Na podporu týchto opatrení politici v Európe v súčasnosti diskutujú o spôsoboch vykonávania overení týchto technológií.



3. AKČNÝ PLÁN PRE ENVIRONMENTÁLNE TECHNOLOGIE

Európska únia si vytýčila v roku 2000 plán pod názvom Lisabonská stratégia. Na jej podporu sa prijímajú rôzne programy, akčné plány a politiky v oblasti hospodárskej, finančnej, sociálnej a tiež v oblasti ochrany životného prostredia.

Jedným z podporných prostriedkov pre Lisabonskú stratégiu je **Akčný plán pre environmentálne technológie** (Environmental Technologies Action Plan – **ETAP**), ktorý bol prijatý Európskou komisiou (EK) v roku 2004. Hlavným cieľom ETAP-u je rozvoj ekonomiky zavádzaním najmodernejších technológií a eko-inovácií, ktoré budú ohľaduplné k životnému prostrediu. Na dosiahnutie tohto cieľa navrhla EK 28 opatrení (tabuľka 1), ktoré sú rozdelené do 4 skupín:

- cesta od výskumu k trhu,
- zlepšenie trhových podmienok,
- konať globálne,
- napredovanie.

ETAP definuje environmentálne technológie ako „*všetky technológie, ktorých použitie je menej škodlivé pre životné prostredie ako využívanie relevantných alternatívnych technológií*“. Zahŕňajú:

- koncové technológie na znižovanie znečisťovania (napr. znižovanie znečisťovania ovzdušia, odpadové hospodárstvo),
- výrobky a služby, ktoré menej zaťažujú životné prostredie a menej intenzívne využívajú prírodné zdroje (napr. palivové články),
- spôsoby efektívnejšieho využívania zdrojov (napr. zásobovanie vodou, technológie, ktoré šetria energiu).

Takto definované prestupujú všetkými hospodárskymi aktivitami a sektormi, kde často znižujú náklady a zlepšujú konkurencieschopnosť znižovaním spotreby energie a surovín, čím spôsobujú menej emisií a odpadov. Tieto technológie predstavujú riešenia pre trvalo udržateľný rast verejného a súkromného trhu.

V súčasnosti sa rozpracúvajú mnohé opatrenia do praktickej podoby. Boli vytvorené technologické platformy, ktoré určujú oblasti pre výskum a vývoj v prioritných oblastiach. Technologické platformy, ktoré bezprostredne súvisia s ETAP sú: vodíkové a palivové články, fotovoltaika, oceliarstvo a vodné hospodárstvo (http://www.cordis.lu/technology-platforms/home_en.html). Ďalšie platformy, ktoré nepriamo súvisia s problematikou ETAP, sú: rastlinná genetika a biotechnológie, trvalo udržateľná chémia, vložené (embedded) inteligentné systémy, výrobné technológie budúcnosti – Manufuture, lesný sektor a európske stavebníctvo.

Do činností podporujúcich environmentálne technológie sa zapája Európska environmentálna agentúra EEA (<http://www.eea.europa.eu/sk/themes/technology/eea-activities>) nasledovne:

- Na podporu akčného plánu ETAP zbiera agentúra EEA informácie o prekážkach, ktoré brzdia širšie využívanie informačných technológií, akými sú dotácie poškodzujúce životné prostredie. Toto úsilie vyústilo do vypracovania komentovaného



zoznamu dotácií a pravidiel, ktorý bol pripravený čiastočne na základe zistení organizácie OECD.

- Agentúra EEA poskytuje podporu vytvárania znalostí o mäkkých technológiách, ktorá pozostáva najmä z informácií o metódach, systémoch a osvedčených postupoch, s cieľom systematickejšie riešiť environmentálnu problematiku v organizáciách, napr. systém ochrany životného prostredia a ekologických auditov (EMAS).
- Portál environmentálnych technológií poskytuje informácie o „tvrdých“ technológiách, akými sú fyzické zariadenia a prístroje, ktoré ponúkajú rôzne výrobné alebo transformačné funkcie.
- Atlas environmentálnych technológií je zameraný na poskytovanie pomoci súkromným spoločnostiam, ako aj organizáciám a verejným orgánom, ktoré potrebujú nájsť zdroje nových environmentálnych technológií v Európe, a to tak, že poskytuje údaje o sídle spoločností a informácie o spoločnostiach, znalostných strediskách a najdôležitejších technologických prostriedkoch. Atlas prispieva aj k aktivite 4. akčného plánu ETAP týkajúcej sa rozvoja existujúcich adresárov a databáz environmentálnych technológií.
- Vypracúvajú sa aj ukazovatele na analýzu rastu ekologických inovácií a vývoja reakcií na environmentálne technológie.

Podľa Správy EK pre Radu a Európsky parlament o akčnom pláne v oblasti environmentálnych technológií (2005 – 2006) z roku 2007 sú ekologické inovácie a environmentálne technológie riešením na veľkú časť problémov životného prostredia, ktoré nás v súčasnosti trápia.

Z analýz národných plánov realizácie ETAP vyplýva, že je potrebné realizovať systematické a koordinované opatrenia na strane dopytu, ktorými sú:

- podpora zeleného verejného obstarávania,
- mobilizácia väčších finančných investícií,
- vytvorenie systémov overovania technológií a cieľov v oblasti účinnosti,
- nadväzovanie na sľubné postupy členských štátov,
- sústredenie sa na sektory s vysokým ziskom.

Zvýšenie dopytu na európskej úrovni, ako aj na úrovni členských krajín môže napomôcť tomu, aby sa environmentálne technológie, výroby a služby začali bežne využívať (<http://www.sazp.sk/public/index/go.php?id=1711>).

Súčasne s opatreniami na zvyšovanie dopytu je potrebné realizovať podporné opatrenia:

- zabezpečenie strategického zdroja poznatkov v eko-inováciách,
- podpora informovanosti a aktívnej účasti,
- využívanie výsledkov výskumu.



Tabuľka 1 Zoznam opatrení na implementáciu programu ETAP

Označenie	Opatrenie
1	zlepšenie a rozšírenie výskumu, vývoja a zavádzania do praxe, zlepšenie koordinácie medzi relevantnými programami
2	ustanovenie technologických platforiem
3	ustanovenie Európskej siete pre technologické skúšobníctvo, verifikáciu výkonu a normalizácie
4	vývoj európskeho katalógu existujúcich smerov a databáz o environmentálnych technológiách
5	zabezpečiť, aby nové a revidované normy boli zamerané na výkonnosť
6	pre kľúčové výrobky, procesy a služby vypracovať a odsúhlasiť ciele zamerané na výkonnosť
7	mobilizácia finančných nástrojov na zníženie rizika investícií do environmentálnych technológií
8	spolupráca verejného a súkromného sektora
9	podpora nových business niches
10	finančné nástroje pre obnoviteľné zdroje energie a energeticky účinné technológie
11	opatrenia na podporu enviro-projektov v priemysle
12	podpora sociálne a environmentálne vhodných investícií
13	rozšírenie dobrých praktík (good practices) medzi finančnými inštitúciami
14	identifikácia možností na integráciu environmentálnych technológií, keď sa nahrádza účastinný kapitál (capital stock is replaced)
15	revízia operačných kritérií štrukturálnych fondov
16	prehľad poskytovania štátnej pomoci
17	posilnenie systematickej internacionalizácie cien pomocou trhových nástrojov
18	prehľad environmentálne škodlivých dotácií (štátnej podpory)
19	zvýšenie verejného obstarávania pre environmentálne technológie
20	zavádzanie LCC (life cycle costing)
21	zistenie obstarávania technológií (investigation of technology procurement)
22	zvýšenie povedomia obchodnej a spotrebiteľskej sféry
23	zabezpečenie cielených školení
24	zavádzanie environmentálnych technológií v rozvojových krajinách
25	podpora významných investícií a použitie environmentálnych technológií v rozvojových krajinách a krajinách s transformujúcou sa ekonomikou
26	pravidelné správy o Akčnom pláne
27	Európsky panel o environmentálnych technológiách
28	otvorená metóda spolupráce

Vláda SR vo väzbe na požiadavku EK schválila uznesením č. 1046/2005 dokument **Postupnosť (Roadmap) implementácie** Akčného plánu pre environmentálne technológie (ETAP) v SR. V súlade s uvedeným uznesením vlády SR a požiadavkou Pracovnej skupiny EK na vysokej úrovni pre ETAP, bol uvedený materiál v stanovenom termíne odstúpený Európskej komisii. V schválenom materiáli, ktorý bol kompromisom medzi záujmami zainteresovaných rezortov sa stanovili možnosti podpory environmentálnych technológií v Slovenskej republike. Celkove bolo na podporu environmentálnych technológií vymedzených 12 úloh. Pri jednotlivých úlohách sa stručne charakterizuje existujúci stav v danej oblasti, návrh opatrenia, merateľný ukazovateľ pokroku a kontakt na zodpovedný rezort, prípadne inštitúciu. Návrhy opatrení sú zásadne limitované nedostatkom rozpočtových prostriedkov, ohraničenosť na vlastné rozpočtové prostriedky dotknutých rezortov bola jednou z podmienok priechodnosti materiálu. Aktualizáciu Postupnosti (Roadmap) implementácie Akčného plánu



pre environmentálne technológie (ETAP) v SR vypracovalo Ministerstvo životného prostredia SR vo väzbe na požiadavky EK súvisiace s pravidelným dvojročným preskúvaním a vyhodnotením implementácie ETAP na národných úrovniach. Sekcia venovaná problematike environmentálnych technológií bola vytvorená na web stránke Slovenskej agentúry životného prostredia (<http://www.sazp.sk/public/index/go.php?id=1709>). Ďalšie informácie o environmentálnych technológiách sa nachádzajú vo viacerých databázach a informačných systémoch rezortov (MŠ SR, MH SR, MŽP SR).

4. ZÁVER

Energetika sa z globálneho hľadiska podieľa výrazným spôsobom na znečisťovaní životného prostredia. Emisie skleníkových plynov z energetiky predstavujú väčšinový podiel týchto emisií. Spaľovanie fosílnych palív a iných palív s obsahom síry spôsobuje emisie acidifikačných látok, pričom acidifikácia, ako globálny problém, sa týka nielen ovzdušia, ale druhotne aj vody a pôdy a tým pôsobí nepriaznivo aj na prírodné ekosystémy, ale aj napr. na kvalitu stavebných materiálov budov. Prekursori ozónu, napr. NMVOC, CO a oxidy dusíka sú emisie z energetiky, ktoré prispievajú k tvorbe prízemného ozónu, ktorý má nepriaznivé účinky na zdravie obyvateľstva a kvalitu najmä terestrických ekosystémov.

V súvislosti s využívaním energie možno konštatovať, že energetika produkuje emisie skleníkových plynov, emisie znečisťujúcich látok, odpadové vody, odpad rôzneho druhu, rádioaktívny odpad. Pre Slovenskú republiku je hlavným globálnym cieľom stabilizácia koncentrácie skleníkových plynov v atmosfére na úrovni, ktorá nemá nebezpečné vplyvy na klimatický systém. Nepriaznivý vývoj tvorby a bilancii emisií skleníkových plynov prinútil medzinárodné spoločenstvo v roku 1997 prijať k Rámcovému dohovoru OSN o zmene klímy ďalší nástroj na riešenie problému zmeny klímy – Kjótsky protokol. Rozvinuté krajiny Prílohy B Kjótskeho protokolu majú jednotlivo alebo spoločne znížiť emisie šiestich skleníkových plynov v priebehu prvého záväzného obdobia (2008 - 2012) v priemere o 5,2 % v porovnaní so stavom v roku 1990.

Slovensko, podobne ako ostatné krajiny Európskej únie, prijalo redukčný cieľ neprekročiť v rokoch 2008 – 2012 priemernú úroveň skleníkových plynov z roku 1990 zníženú o 8 %. Podľa emisnej inventúry (*Štvrtá národná správa o zmene klímy a Správa o dosiahnutom pokroku pri plnení Kjótskeho protokolu, MŽP SR 2005*) dosiahlo Slovensko pokles celkových antropogénnych emisií skleníkových plynov, vyjadrených ako CO₂ ekvivalent, zhruba o 30 % v porovnaní s rokom 1990, ktorý je základný rok ([http://www.rokovania.sk/appl/material.nsf/0/A80647E729956818C12573220034F6C6/\\$FILE/priloha_1.doc](http://www.rokovania.sk/appl/material.nsf/0/A80647E729956818C12573220034F6C6/$FILE/priloha_1.doc)).

LITERATÚRA

http://www.cordis.lu/technology-platforms/home_en.html

<http://www.eea.europa.eu/sk/themes/technology/eea-activities>

<http://www.sazp.sk/public/index/go.php?id=1711>

<http://www.sazp.sk/public/index/go.php?id=1709>

[http://www.rokovania.sk/appl/material.nsf/0/A80647E729956818C12573220034F6C6/\\$FILE/priloha_1.doc](http://www.rokovania.sk/appl/material.nsf/0/A80647E729956818C12573220034F6C6/$FILE/priloha_1.doc)



Príspevok je riešený v rámci grantového projektu KEGA MŠ SR č. 3/6431/08 „Stanovenie charakteristík kvantifikácie emisií a indikátorov kvality ovzdušia v podmienkach európskej legislatívy“.

Lektoroval: Ing. Viliam Mračna, CSc.

Kontaktná adresa:

Ing. Andrea Neupauerová, PhD., Katedra environmentálnej techniky, Fakulta environmentálnej a výrobnnej techniky, Technická univerzita vo Zvolene, Študentská 26, 960 53 Zvolen, neupauerova@vsld.tuzvo.sk



HODNOTENIE EMISÍ VYBRANÝCH PRCHAVÝCH ORGANICKÝCH ZLÚČENÍN (VOCs) Z DREVÁRSKÝCH VÝROBKOV

THE EVALUATION OF EMISSION OF SELECTED VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS FROM WOODEN PRODUCTS

Eva RUŽINSKÁ

ABSTRACT: The aim of article is completed knowledge about the problem of VOCs therethrough to provide of VOCs emission source according to its formation and evaluation of dangerous pollutant – formaldehyde from selected wooden products. At the same time are suggested the possibility of decreasing VOCs emission (especially formaldehyde) from wooden products.

Key words: emission, volatile organic compounds, formaldehyde

ABSTRAKT: Cieľom príspevku je doplniť poznatky o problematike VOCs tým, že sa kvantifikujú zdroje emisií VOCs podľa sektorov ich vzniku a hodnotením emisií závažného polutanta zo skupiny VOCs – formaldehydu z vybraných drevárskych výrobkov. V príspevku sú navrhované možnosti zníženia, resp. obmedzenia emisií VOCs (najmä formaldehydu) z vybraných drevárskych výrobkov.

Kľúčové slová: emisie, prchavé organické zlúčeniny, formaldehyd

1. ÚVOD

Prchavé organické látky (VOCs) patria medzi významnú skupinu plyných znečisťujúcich chemických látok, ktoré negatívne ovplyvňujú čistotu a kvalitu ovzdušia. Popri samotnom negatívnom vplyve na kvalitu ovzdušia sa podieľajú tieto látky aj na tvorbe fotochemického smogu, ktorého najškodlivejšou zložkou je ozón (Ďurišová, Ružinská; 2007).

VOCs sú emitormi znečistenia ovzdušia, rovnakou mierou zaťažujú aj vnútorné prostredie budov, čím výrazne zhoršujú pracovné prostredie. Zaťažené sú najmä interiéry emisiami prchavých organických látok, predovšetkým formaldehydom, benzénom, toluénom, xylénmi a ďalšími chemickými látkami, ktoré sa viažu na oblasť povrchových úprav rôznych materiálov (drevo, kovy, plasty, textilie, papier). VOCs sú súčasťou rozpúšťadiel, riedidiel, tvrdív, ktoré sú používané pri príprave mnohých stavebných a kompozitných materiálov, ale aj dreveného nábytku (Smernica VOCs, 1999; Vyhláška č. 133/20006).

Zvýšené znečistenie vnútorného prostredia VOCs významne zaťažuje organizmus. Napriek tomu, že uvoľňované prchavé organické látky nemusia byť vždy toxické, predsa škodia ľudskému organizmu, pretože svojou prítomnosťou vo vzduchu spolu s prachom likvidujú biogénne voľné ióny v interiéri (Ružinská, Neupauerová; 2008). Je zrejmé, že súčasné rýchle premeny kvality obývaného prostredia dnes predbiehajú schopnosť adaptability ľudského organizmu, čo sa prejavuje nárastom tzv. civilizačných ochorení. Medzi civilizačné ochorenia patria SBS "Sick Buildings Syndroms" a BRI "Building Related Illness" (US EPA). Ich diagnostikovanie priamo súvisí s kvalitou vnútorného životného prostredia obytných a pracovných priestorov, čiže uvedené choroby súvisia so stavom budov, vnútorným prostredím budov, a tým aj s kvalitou ovzdušia v interiéri podmieneného výberom materiálov.

Príprava environmentálne akceptovateľných materiálov je v súčasnosti podmienená kvalitatívnymi kritériami, rovnako sa vyžadujú aj hygienické charakteristiky, v súlade s aktuálnymi legislatívnymi požiadavkami (Ružinská, 2009). Monitorovanie obsahu



nebezpečných plynných znečisťujúcich látok je jedným z opatrení ako sledovať kvalitu pracovného i obytného prostredia v interakcii s materiálmi, použitými na vnútorné vybavenie sledovaných priestorov. Ďalšou alternatívou je nový prístup k príprave materiálov, využívajúcich rizikové chemické látky, kde by sa mali recipročne nahrádzať problémové chemické látky vhodnejšími látkami, nevykazujúcimi nepriaznivé toxikologické pôsobenie na človeka.

Cieľom príspevku je doplniť poznatky o problematike VOCs tým, že sa kvantifikujú zdroje emisií VOCs podľa sektorov ich vzniku a hodnotením emisií závažného polutanta zo skupiny VOCs – formaldehydu z niektorých drevárskych výrobkov. V príspevku sú navrhované aj možnosti zníženia, resp. obmedzenia emisií VOCs (najmä formaldehydu) z vybraných drevárskych výrobkov.

2. ZDROJE EMISIÍ VOCs

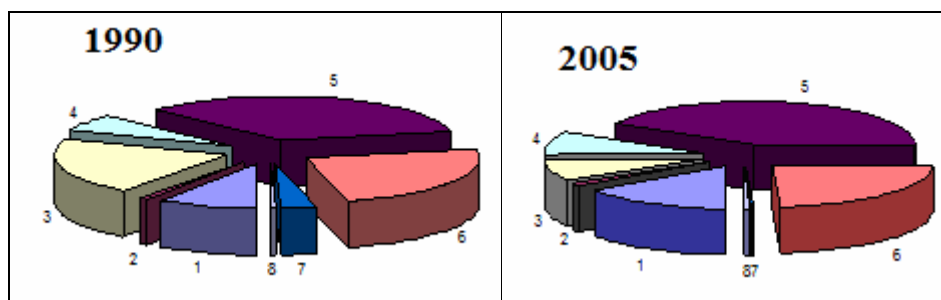
Medzi najvýznamnejších producentov emisií prchavých organických zlúčenín patria rôzne odvetvia priemyslu, ale najväčší podiel na vzniku emisií VOCs patrí činnosti, kde sa vyrábajú a používajú rozpúšťadlá, náterové látky, lepidlá uvedené v Tab. 2 a na Obr.1.

Tab. 1 Zoznam emisií VOCs doporučených na monitorovanie (Vyhláška č. 133/2006)

Emisie VOCs						
benzén	toluén	acetylén	xylén	m-,p-xylén	etán	etén
propán	propén	i-butén	n-butén	pentén	i-pentén	n-hexán
o-xylén	etylbenzén	hexán	heptán	n-heptán	n-butyl	acetát
2-pentén	formaldehyd	styren	etylén	n-hexán	izoprén	trichlóretylén
tetrachlóretylén	1,2,4-trimetylbenzén	1,2,3-trimetylbenzén		1,3,5-trimetylbenzén		

Tab. 2 Podiel emisií VOCs podľa činnosti ich vzniku

1990	Sektory	2005
9,4 %	1 Spaľovacie procesy	15,3 %
0,8 %	2 Spaľovacie procesy v priemysle	1,0 %
20,5 %	3 Priemyselné technológie	8,2 %
6,4 %	4 Ťažba a distribúcia nerastných surovín	9,0 %
34,8 %	5 Používanie rozpúšťadiel, náterových látok	42,0 %
24,3 %	6 Doprava	23,7 %
3,3 %	7 Nakladanie s odpadom	0,3 %
0,5 %	8 Poľnohospodárstvo	0,6 %



Obr. 1 Podiel emisií VOCs podľa sektorov ich vzniku

V dôsledku narastajúcej spotreby rozpúšťadiel – ako najnebezpečnejších polutantov VOCs boli prijaté legislatívne opatrenia - Smernica č. 2004/ES (prvý návrh v r. 1999) EP o obmedzovaní emisií prchavých organických zlúčenín, ktorá stanovuje limity na emisie VOCs z jednotlivých činností. V následne prijatej Vyhláške č. 133/2006 je uvedený zoznam jednotlivých polutantov VOCs, ktoré je doporučné monitorovať a porovnávať s navrhnutými limitnými koncentráciami (NPK) – Tab. 1.

2.1. Návrh zníženia emisií VOCs z drevárskych výrobkov

Vzhľadom na najväčší podiel VOCs zo sektora výroby a použitia náterových látok a organických rozpúšťadiel boli vypracované návrhy a opatrenia na zníženie emisií VOCs, kde zásadným riešením sa javí využívanie inej spojivovej bázy a náhrada rozpúšťadlových typov náterových látok, napr. vodouriediteľnými, resp. UV lakmi (Ružinská, Černecký; 2006).

Správnou voľbou náterového systému a nanášacej techniky je možné technologicky redukovať množstvo VOCs (Ružinská 2006; 2007). Prehľad emisií VOCs z náterových látok nanášaných polievaním a následne vytvrdzovaných UV žiarením a rozpúšťadlových PUR, nanášaných pneumatickým striekaním, z ktorých sme vychádzali pri výpočte, je uvedený v Tab. 3.

Tab.3 Prehľad emisií VOCs vypočítaný z technológií nanášania PUR lakov striekaním a UV lakov polievaním

Náterové látky vytvrdzované UV žiarením		
Obsah prchavých organických látok	plnič	0%
	lak	2%
Spotreba na 1 m ²	plnič	15
	lak	18
Spotreba na 100 000 m ²	plnič	1500
	lak	1800
Emisie VOCs	plnič	0 kg
	lak	36 kg
Polyuretánové náterové látky (rozpúšťadlové)		
Obsah prchavých organických látok	lak	58%
Spotreba na 1 m ²	lak	240
Spotreba na 100 000 m ²	lak	2400
Emisie VOCs	lak	13920



Boli porovnávané štandardne používané rozpúšťadlové typy náterových látok – PUR a hygienicky akceptovateľné náterové látky vytvrdzované UV žiarením. Za základ výpočtu sme použili experimentálne zistené hodnoty sumárnych emisií VOCs, ktoré boli hodnotené metódou plynovej chromatografie s následným stanovením hmotnostnou spektroskopiou - GC MS (podľa ISO 11890-2) v súvislosti so spoluprácou pracovísk TU Zvolen a MZLU LDF v Brne (Ružinská, Černecký; 2006).

3. ZDROJE UVOĽŇOVANIA EMISIÍ FORMALDEHYDU

Formaldehyd patrí medzi plynné znečisťujúce látky, ktoré sa zaraďujú medzi nebezpečné polutanty vyskytujúce sa v ovzduší, ale aj v pracovnom a obytnom prostredí. Formaldehydom sú najsilnejšie exponované osoby, ktoré s ním prichádzajú do styku v pracovnom procese. Ide o pestrú škálu pracujúcich vo výskume, zdravotníctve (dezinfekcia, balzamovanie, fixácia preparátov), pracovníkov v poľnohospodárstve (dezinfekcia osiva a pôdy) a samozrejme pracujúcich v chemickom a textilnom priemysle. Najviac sú pri práci exponovaní pracujúci s formaldehydovými lepidlami v drevárskom a textilnom priemysle.

Druhým veľmi významným zdrojom expozície formaldehydu je únik tejto škodliviny už z hotových výrobkov počas ich používania. Najintenzívnejším zdrojom expozície formaldehydu sú drevotrieskové dosky (DTD) alebo kompozitné drevné materiály lepené močovinoformaldehydovými (UF) alebo fenolformaldehydovými živiciami (PF).

Únik formaldehydu zo syntetických lepidiel je spôsobený uvoľňovaním zostatkového nespolymerizovaného formaldehydu z lepidiel, ako aj uvoľňovaním formaldehydu raz už viazaného, postupnou degradáciou lepidla alebo jeho jednotlivých zložiek. Zatiaľ čo uvoľňovanie zostatkového formaldehydu z PF sa časom zníži, pri UF živiciach je intenzívny po celú dobu životnosti výrobku (Ružinská, 1999).

3.1 Toxické pôsobenie formaldehydu

Formaldehyd (alddehyd – metanál) patrí k toxikologicky významným látkam, je rýchlo absorbovaný cez respiračný a gastrointestinálny trakt. Neexistujú presvedčivé údaje, ktoré by jednoznačne poukázali na fakt, že formaldehyd je toxický pre imunitný a reprodukčný systém alebo negatívne ovplyvňoval vývoj plodu. Už nízka úroveň formaldehydu môže u ľudí zapríčiniť podráždenie očí, nosa, hrdla a kože. Pri veľmi vysokých koncentráciách formaldehydu vo vzduchu a dlhšej dobe expozície nastáva pľúcny edém a krvácanie v pľúcach. Pri chronickom pôsobení vznikajú chronické toxické kontaktné dermatitídy, degenerácia a zafarbenie nechtov, kožná i pľúcna alergia. Dlhotrvalá inhalácia formaldehydu v nízkych koncentráciách vyvoláva chronickú bronchitídu, poruchy činnosti obličiek, pečene, centrálného nervového systému (Ďurišová, Ružinská; 2007).

Medzinárodná agentúra pre výskyt rakoviny IARC (International Agency for Research on Cancer) zaradila formaldehyd medzi látky s limitovanými dôkazmi karcinogénnych účinkov na človeka (Kategória 2A) a Americká agentúra pre ochranu životného prostredia US EPA (US Environmental Protection Agency) ho klasifikuje medzi látky podozrivé z karcinogenity. Najvyššie riziko pre klasifikované pri vzniku nádorov pri nosohltane.

3.2 Požiadavky na obsah formaldehydu v drevných materiáloch

Polykondenzačné živice (UF, PF), ktoré sa používajú pri príprave kompozitných drevných materiálov obsahujú nebezpečné chemické látky - prchavé organické zlúčeniny, ktoré sú zastúpené homológom aldehydom- formaldehydom. Limity na stanovenie obsahu formaldehydu pre rôzne výrobky sa líšia. Drevárske výrobky majú v súčasnosti stanovené



hodnoty pre obsah voľného formaldehydu max. $0,025 \text{ mg.m}^{-3}$, ak majú byť takéto výrobky považované na environmentálne akceptovateľné a vyhovieť zároveň hygienickým požiadavkám kladeným aj pre pracovné prostredie zaťažené rôznymi materiálmi (stavebnými, kompozitnými).

3.3 Hodnotenie obsahu uvoľneného formaldehydu z drevných kompozitov

Obsah nezreagovaného a do polymérnej matrice adhezív nezabudovaného formaldehydu, ktorý sa nachádza polykondenzačných živiciach sa hodnotí rôznymi metódami. Pre posúdenie hygienickej a teda aj environmentálnej akceptovateľnosti kompozitných drevných materiálov, ktoré sú pripravené s využitím PF (UF) živíc, je rozhodujúcim kritériom stanovenie obsahu voľného formaldehydu uvoľneného z hotových výrobkov pomocou komorovej metódy (STN EN 717-1). Vyžaduje sa, aby voľný formaldehyd v kategórii drevárskych výrobkov (nábytok) dosahoval max. $0,025 \text{ mg.m}^{-3}$, ak má byť výrobok posúdený ako environmentálne akceptovateľný (Ružinská, 2009).

Komorovou metódou sa určuje ustálená koncentrácia formaldehydu v ovzduší skúšobnej komory. Výsledkom merania je rozdiel koncentrácií formaldehydu v ovzduší skúšobného priestoru a vzduchu vstupujúceho do priestoru za účelom nútenej výmeny vzduchu. Skúšobné telesá musia byť pred skúškou klimatizované pri teplote ($23 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$) a relatívnej vlhkosti ($45 \pm 5 \text{ \%}$) minimálne 7 dní. Plošné zaťaženie skúšobnej komory je $1 \text{ m}^2/1 \text{ m}^3$ objemu komory, pričom prúdenie vzduchu vo vnútri komory má byť $0,3 \pm 0,1 \text{ m.s}^{-1}$. Je potrebné, aby došlo k jednej výmene vzduchu za 1 hodinu.

Pre experimentálne stanovenie obsahu uvoľneného formaldehydu (emisie polutanta VOCs) boli použité skúšobné telesá: A- preglejovaná doska lepená s použitím čistej PF živice, B – preglejovaná doska pripravená s použitím lepidlovej zmesi (adhezíva, kde bolo 20 % hm. proporcionálne nahradených odpadovými produktami po priemyselnom spracovaní biomasy- sulfátovými výluhmi neupravenými), C – preglejovaná doska pripravená s použitím lepidlovej zmesi (adhezíva, kde bolo 20 % hm. proporcionálne nahradených odpadovými produktami po priemyselnom spracovaní biomasy- výluhmi upravenými metylolačnými a acidifikačnými úpravami), D - preglejovaná doska lepená s použitím čistej UF živice, E- preglejovaná doska lepená adhezívom, kde bolo 20 % hm. recipročne nahradených prírodnými polyfenolmi (z priemyselného spracovania biomasy).

Po experimentálnej príprave kompozitných drevných materiálov sa skúšobné telesá rozdelili na tri skupiny: variant I - nasledovalo okamžité stanovenie obsahu voľného formaldehydu z hotových výrobkov, variant II – stanovenie vykonané po 30 dňovej klimatizácii, variant III – stanovenie hodnotené po 60 dňovej klimatizácii skúšobných telies. Vyhodnotené výsledky obsahu voľného formaldehydu z pripravených kompozitných drevných materiálov (preglejovaných dosiek) sú uvedené v Tab. 4.

Z vyhodnotených výsledkov je zrejmé, že všetky varianty experimentálne hodnotených preglejovaných materiálov splnili požiadavky na max. prípustný limit obsahu emisií voľného formaldehydu z drevárskych výrobkov, čiže neprekročili limit $0,025 \text{ mg.m}^{-3}$.

Zníženie obsahu voľného formaldehydu sa potvrdilo pri variantoch B, C, E, kde prítomnosť odpadových produktov polyfenolickej povahy (z priemyselného spracovania biomasy pri výrobe buničiny) nahradila recipročne časť polykondenzačných adhezív (UF, PF) a dosiahlo sa zlepšenie hygienických charakteristík pri zachovaní kvalitatívnych kritérií (šmykových pevností) drevných kompozitov (Ružinská, 2009).



Tab. 4 Vyhodnotenie obsahu voľného formaldehydu z pripravených drevných kompozitov

Vzorka č.	Posudzovaná vzorka drevného kompozitu obsahujúca adhezívum zloženia:	Voľný formaldehyd (mg.m ⁻³)		
		I	II	III
A	PF živica (čistá)	0,021	0,018	0,018
B	PF živica + nemodifikovaný výluh	0,017	0,014	0,014
C	PF živica + acidifikovaný sulfátový výluh	0,013	0,010	0,010
D	UF živica (čistá)	0,023	0,022	0,022
E	UF živica + nemodifikované polyfenoly (odpadové)	0,020	0,019	0,019

I – meranie vykonané ihneď po príprave kompozitných materiálov, II – meranie vykonané po 30 dňovej klimatizácii, III -meranie vykonané po 60 dňovej klimatizácii

Po vzájomnej komparácii hodnotených drevných kompozitných materiálov, pripravených s použitím čistej UF živice a PF živice sa potvrdilo, že uvoľňovanie emisií formaldehydu z drevárskych výrobkov (pripravených s použitím týchto polykondenzačných živíc) je rozdielne. Emisie formaldehydu sa uvoľňujú z drevných materiálov lepených UF živícami počas celej doby životnosti výrobku a pokles je pozvoľnejší v porovnaní s drevnými materiálmi lepenými PF živícami, kde najväčší pokles nastáva do 30 dní od ich výroby.

4. ZÁVER

Príspevok sa zaoberal aktuálnou problematikou hodnotenia plynných znečisťujúcich látok - polutantov klasifikovaných do skupiny VOCs podľa zdrojov ich vzniku. Pozornosť bola venovaná experimentálnemu hodnoteniu jedného z najnebezpečnejších polutantov zo skupiny VOCs - formaldehydu z drevárskych výrobkov. V príspevku sú navrhované aj možnosti zníženia, resp. obmedzenia emisií VOCs (najmä formaldehydu) z vybraných drevárskych výrobkov – úpravou adhezív alebo výberom vhodnej povrchovej úpravy.

LITERATÚRA

ĎURIŠOVÁ, B. - RUŽINSKÁ, E. (2007): Chemické látky – rizikové faktory v životnom prostredí. In: *Zborník referátov „Monitorovanie a hodnotenie stavu životného prostredia VI.“* FEE TU Zvolen, SAV ÚEL, s. 231-236. ISBN 80-228-1685-X.

RUŽINSKÁ, E. (1999): Možnosti zníženia emisie formaldehydu z kompozitných drevných materiálov. In: *Zborník príspevkov z medzin. konferencie „Atmosféra 21. storočia“*. TU Zvolen, 1999, s.284-287. ISBN 80-2228-0840-7.

RUŽINSKÁ, E. (2006): Problem of VOC for Surface Finishing of Wood. In: *Earth in a Trap? Analysis of Environmental Components*. Proceedings from 1st international conference. Hotel Polianka, Krpáčovo, SR, 2006, p.91. ISBN 80-228-1552-7

RUŽINSKÁ, E. - ČERNECKÝ, J. (2006): Ekologické metódy likvidácie VOCs z operácií povrchových úprav. *Zborník z 1. medzinárodnej konferencie "Zem v pasci? Analýza zložiek životného prostredia*. Krpáčovo, Hotel Polianka, CD, s. 620-628. ISBN 80-228-1553-5

RUŽINSKÁ, E.(2007): Efektívne spôsoby znižovania emisií VOCs v procesoch povrchových úprav. In: *Zborník príspevkov z medzinárodnej vedeckej konferencie „Mobilné energetické prostriedky - Hydraulika – Životné prostredie – Ergonómia mobilných strojov“*. FEVT TU Zvolen, s. 175- 182. ISBN 978-80-228-1750-9.



RUŽINSKÁ, E. – NEUPAUEROVÁ, A. (2008): Aktuálna chemická legislatíva EÚ REACH v oblasti technického vzdelávania. Monografia z medzin. konferencie „*Trendy ve vzdelávání – Informační technologie a technické vzdelávání 2008*“. UP PdF, KTIV Olomouc, 2008. 6s. CD. ISBN 978-80-7220-311-6.

RUŽINSKÁ, E. (2009): Možnosti zníženia plynných znečisťujúcich látok z kompozitných materiálov s využitím odpadov. Monografia z medzinárodnej konferencie „*Trendy ve vzdelávání – Informační technologie a technické vzdelávání 2009*“. UP PdF, KTIV Olomouc, 2009. 6s. CD.

SMERNICA VOCs: Council Directive 1999/13/EC, 2004/16/EC on the limitation of emissions of VOCs due to the use of organic solvents in certain activities and installations.

VYHLÁŠKA Č. 133/2006 Z. z. MŽP SR o požiadavkách na obmedzovanie emisií prchavých organických zlúčenín unikajúcich pri používaní rozpúšťadiel v regulovaných výrobkoch

[http://www.U.S.EPA: Indoor Air Quality \(IAQ\)/Organic Compounds \(VOCs\)-Organic Gases.htm](http://www.U.S.EPA:IndoorAirQuality(IAQ)/OrganicCompounds(VOCs)-OrganicGases.htm)

Problematika príspevku je riešená v rámci grantového projektu KEGA MŠ SR, č. projektu 3/6431/08.

Lektoroval: Ing. Andrea Neupauerová, PhD.

Kontaktná adresa:

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



EMISIE ZO SPAĽOVNE NEBEZPEČNÉHO ODPADU

EMISSION FROM DANGEROUS WASTE INCINERATION

Maroš SOLDÁN - Stanislav HOSTIN - Zuzana SOLDÁNOVÁ - Anna MICHALÍKOVÁ

Abstract: The paper deals with quantification of emission from dangerous waste incineration. This method is useful for reducing the dangerous properties of waste and for its usage as fuel. In spite of produced emissions could be potentially dangerous, by elimination of these pollutants has this method more advantages as dumping.

Key words: waste, incineration, emission

Abstrakt: Príspevok sa zaoberá kvantifikáciou emisií zo spaľovne nebezpečného odpadu a návrhom opatrení na ich elimináciu. Tento spôsob zabezpečuje zníženie nebezpečných vlastností odpadu a jeho využitie ako paliva. Napriek tomu, že vzniknuté emisie do ovzdušia môžu byť potenciálne nebezpečné, pri dodržaní všetkých opatrení na ich elimináciu je tento spôsob zneškodňovania nebezpečných odpadov výhodnejší ako skládkovanie.

Kľúčové slová: odpad, spaľovanie, emisie

ÚVOD

Termické (či tepelné) metódy zneškodňovania odpadov možno sumárne označiť ako technológie, pri ktorých dochádza k pôsobeniu na odpadovú látku teplotou presahujúcou medze jej chemickej stability, prípadne k spolupôsobeniu teploty a kyslíka v prostredí s regulovaným obsahom kyslíka, pod tento pojem možno zahrnúť spaľovanie, splyňovanie, pyrolýzu, plazmové metódy atď.

Týmito postupmi sú pôvodne nebezpečné látky v horľavých odpadoch premenené na pomerne neškodné produkty. Pritom je však nutné mať na pamäti, že uvedené termické metódy nie sú konečným spôsobom odstraňovania odpadov, pretože vznikajú vedľajšie produkty, ktorými je popol (struska) a plynné látky, ktoré obsahujú škodlivé plynné i pevné častice.

Teploty používané v jednotlivých technológiách bývajú udávané vo veľmi širokom rozmedzí, najčastejšie medzi 300 °C až 1 500 °C, výnimočne i vyššie teploty, pri plazmových metódach sú aplikované teploty niekoľko tisíc stupňov (6 000 °C až 12 000 °C).

Vzhľadom na technologické určenie termických zariadení na zneškodňovanie odpadov je významným kritériom pre hodnotenie jednotlivých procesov predovšetkým dosiahnuteľný stupeň rozkladu odpadovej látky, ktorý je vo väčšine prípadov ovplyvnený nielen teplotou, ale najmä chemickými vlastnosťami prostredia, v ktorom daný proces prebieha. Často možno takto dosiahnuť za redukčných podmienok rovnakú deštrukciu odpadových látok pri podstatne nižších teplotách ako v oxidačnom prostredí.

Pozitívne prínosy spaľovania odpadov

Najdôležitejšia úroveň, ktorú je potrebné prezentovať vo verejnosti vytvárajú pozitívne prínosy spaľovania odpadov. Spaľovanie odpadov nie je len nevyhnutné zlo, ale technológia, ktorá vedľa prvoradej hygienizácie odpadov je zdrojom energie a zdrojom surovín. Pochopiteľne teplo vyrábané v spaľovni odpadov je oveľa nákladnejšie ako teplo z fosílnych surovín, ale na druhej strane šetrí fosílna palivá. Okrem toho spaľovňa odpadov splňajúca napr. naše emisné limity alebo ešte prísnejšie emisné limity EÚ produkuje teplo s



oveľa nižším zaťažením, ako ich produkujú spaľovacie zariadenia na fosílna palivá.

Odpad predstavuje vnášanie škodlivých prvkov do nášho životného prostredia, pretože ich koncentrácie v odpadoch sú podstatne vyššie ako v prírodnom prostredí. Najlepšie vybavené veľké spaľovne odpadov však predstavujú nevýznamný príspevok ku pozadovým koncentráciám škodlivín v životnom prostredí, vrátane tých najzávažnejších (Hg, Cd a dioxínov). Hoci spaľovne odpadov na Slovensku zďaleka neodpovedajú súčasnému stavu techniky spaľovania odpadov vo svete, napriek tomu napr. ich príspevok k celkovým emisiám kovov je relatívne malý.

Negatívne dôsledky spaľovania odpadov

Najviac sa ekologické hodnotenie spaľovania odpadov sústreďuje na jeho negatívne dôsledky. Diskusie v tomto smere sa orientujú v prvom rade na dioxíny v spalínach, tuhých a kvapalných odpadoch po spaľovaní a tiež čiastočne na emisie Hg, príp. ďalších ťažkých kovov, možnosti inertizácie tuhých produktov zo spaľovania samotným spaľovacím procesom, vyluhovateľnosť kovov a dioxínov a pod.

Pre spaľovne odpadov sú zvlášť dôležité všeobecné podmienky pre konštrukciu a prevádzkovanie spaľovní, ktoré boli vypracované na základe poznatkov o najlepšie dostupných technológiách (BATEV). Sú zhrnuté vo viacerých normách vyspelých štátov (VDI, EPA, a pod.) a transformované do národných zákonov a nariadení o ovzduší a odpadoch, ako napr. nariadenia vlády SR č. 92/1996 Z.z. v našich podmienkach. Značnú pozornosť je potrebné venovať správnym spôsobom nakladania s tuhými a kvapalnými zvyškami, t.j. odpadmi zo spaľovania odpadov alebo čistenia odpadových plynov. Ide o odstraňovanie trosky, prachu z filtra, zo spalínových ťahov a z čistenia kotla. Tieto zvyšky je potrebné uskladňovať oddelene od ostatných odpadov. Zároveň je potrebné usilovať sa o zníženie podielu organických a rozpustných látok v nich. Samozrejmosťou podmienkou je zabráňovať sekundárnej prašnosti, uskladňovať ich a prepravovať v uzatvorených nádržiach.

Štandardným riešením špičkových spaľovní odpadov je prevádzka bez odpadových vôd. Voda z mokrých spôsobov čistenia spalín sa obyčajne po neutralizácii a čistení vracia späť do absorbérov. Väčšinou je potom potrebné riešiť otázku zneškodňovania kalu (solidifikáciou, skládkovaním), ktorý vznikne pri čistení odpadovej vody z kalolisu.

Technologický popis spaľovne

Vlastné zariadenie spaľovne v Dusle Šala, a.s. je súborom niekoľkých technologických stupňov, ktoré komplexne zabezpečia manipuláciu a bezpečné zhodnotenie škodlivín obsiahnutých v odpadoch s využitím tepla na výrobu pary.

Jednotlivé technologické stupne:

1. **Príjem odpadov** – Tuhé a kvapalné odpady možno prijímať v cisternách, kontajneroch a sudoch. Súčasťou zariadenia na úpravu pevných odpadov je drvič.
2. **Spaľovacia časť** - je riešená ako systém dvoch samostatných spaľovacích liniek – linky rotačnej pece s dohorievacou komorou a linky fluidnej pece. Kým fluidná pec slúži na spaľovanie čistiarenských kalov a kvapalných odpadov s obsahom chlóru pod 1%, v rotačnej peci je možné spaľovať pevné, pastovité, aj kvapalné odpady s obsahom chlóru nad 1% . V dohorievacej komore sa odpady zhodnocujú pri teplote 1100 °C a zdržnej dobe 2 s., čím sa zabezpečí úplná deštrukcia nebezpečných vysokostabilných látok. Požadovaná teplota sa dosahuje pomocou nového kombinovaného horáka, ktorý je



riadený samostatným riadiacim systémom. Nespáliteľný zvyšok vypadáva z rotačnej pece vo forme strusky.

3. **Spalinový kotol** - Za účelom využitia tepla spalín je v každej linke zaradený spalinový kotol vyrábajúci nasýtenú vodnú paru, ktorá sa zo spoločného parného bubna napája na podnikovú parnú sieť a využíva sa na vyhrievanie iných prevádzok.
4. **Čistenie spalín** - Súbor niekoľkých technológií, ktoré zabezpečujú odstraňovanie škodlivín zo spalín.
 - a. **Tkanivový filter** – častice dioxínov a ťažkých kovov sú adsorbované na aktívnom kokse, ktorý sa dávkuje do spalín na vstupe do ekonomizéra. Takto adsorbované škodliviny sa spoločne s popolčekom zachytávajú na rukávoch tkaninového filtra.
 - b. **Dvojstupňové mokré pranie** – v prárčke prvého stupňa sú spaliny skrúpané vodou a dochádza tu k absorpcii ťažkých kovov, HCl, HF. V druhej prárčke sa v kvapaline absorbuje SO₂. Do tejto pračky sa pridáva hydroxid vápenatý a po absorpcii SO₂ a jeho oxidácii sa tvorí síran vápenatý. Odpadové vody z mokrého prania sú upravované v systéme čistenia odpadových vôd. Upravuje sa odpadová voda z prvej pračky, ktorá je kontaminovaná ťažkými kovmi a anorganickými zlúčeninami chlóru. Nerozpustné hydroxidy kovov sa oddeľujú vo forme kalov a následne sa odvodňujú v kalolise. Vyčistená voda sa po úprave pH odvádza do podnikovej biologickej ČOV.
 - c. **DENOX** - na zníženie koncentrácie oxidov dusíka sa používa systém nekatalytickej redukcie. Do výstupnej časti spaľovacích komôr sa nastrekuje vodný roztok amoniaku.

Po odstránení škodlivých látok zo spalín, sú plynné produkty vypúšťané cez komín do ovzdušia. Ešte pred týmto výstupom je odoberaná vzorka do kontinuálneho monitorovacieho systému na zisťovanie obsahu polutantov (HCl, HF, CO, SO₂, NO_x, TOC, TZL) v spalínach.

Tabuľka č.1: Porovnanie dosahovaných polhodinových priemerov s emisnými limitmi

Ukazovateľ	Emis. limit pre polhodinový priemer	Dosahovaný priemer polhodinové priemery	Minimum polhodinového priemeru za normálnej prevádzky	Maximum polhodinového priemeru za normálnej prevádzky
TZL spolu	10 mg.m ⁻³	1,4 mg.m ⁻³	0,8	3
TOC	10 mg.m ⁻³	0,7 mg.m ⁻³	0,2	3
HCl	10 mg.m ⁻³	0,8 mg.m ⁻³	0,2	2
HF	2 mg.m ⁻³	0,4 mg.m ⁻³	0	0,8
SO ₂	50 mg.m ⁻³	14 mg.m ⁻³	8	22
NO _x ako NO ₂	200 mg.m ⁻³	128 mg.m ⁻³	80	180
CO	100 mg.m ⁻³	1,1 mg.m ⁻³	0,8	25



Tabuľka č.2: Emisné limity a namerané hodnoty pre ťažké kovy

Znečisťujúce látky	Emisný limit [mg.m ⁻³]	Nameraná hodnota [mg.m ⁻³]
Tl, Cd	spolu 0,05	< 0,006
Hg	0,05	< 0,001
Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V	spolu 0,5	< 0,13

Tabuľka č.3: Emisné limity a namerané hodnoty pre dioxíny a furány

Znečisťujúce látky	Emisný limit [ng.m ⁻³]	Nameraná hodnota [ng.m ⁻³]
dioxíny a furány	0,1	0,017

ZÁVER

Spaľovanie nebezpečných odpadov pri dodržaní všetkých podmienok dokonalého procesu vytvára predpoklady pre ich úspešnú elimináciu a je adekvátnou alternatívou ku skládkovaniu, ktoré je z hľadiska ochrany životného prostredia neekologické.

LITERATÚRA

SOLDÁN, M. - SOLDÁNOVÁ, Z. - MICHALÍKOVÁ, A. *Ekologické nakladanie s materiálmi a odpadmi*. 1. vyd. Bratislava: STU v Bratislave, 2005. 102 s. ISBN 80-227-2223-5.

VOŠTOVÁ, V. – FRIES *Zpracování tuhých odpadů*, ČVUT Praha, 2005, 257 str. ISBN 80-01-02672-8.

ORAVEC P. – VOJTEKOVÁ D. *Technológie spracovania odpadov*, FVT TU Košice, 2006, 101 s, ISBN 80-7009-783-4.

Spaľovňa nebezpečných odpadov dostupné z <http://www.duslo.sk/ekol.php?lm=8&lang=sk>

Lektoroval: Ing. Eva Ružinská, PhD.

Kontaktná adresa:

doc. Ing. Maroš Soldán, PhD., Ing. Zuzana Soldánová, vysokoškolský učiteľ, Ústav bezpečnostného a environmentálneho inžinierstva, Materiálovotechnologická fakulta STU



Názov	NOVÉ TRENDY V TECHNIKE OCHRANY OVZDUŠIA 2009 Medzinárodný seminár
Náklad	30 CD
Rozsah	86 strán Rukopis neprešiel jazykovou úpravou.
Vydanie	I. – 2009
Editori	doc. Ing. J. Černecký, CSc., Ing. A. Neupauerová, PhD.
Grafická úprava	Ing. A. Neupauerová, PhD.
ISBN	978-80-228-2003-5

