

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



Medzinárodný seminár

**NOVÉ TRENDY
V TECHNIKE OCHRANY OVZDUŠIA
2011**



13. september 2011

Zvolen, Slovenská republika

ISBN 978-80-228-2277-0



Odborný garant seminára / Scientific guarantor

doc. Ing. Jozef Černecký, CSc.

Katedra environmentálnej techniky, Zvolen, Slovenská republika

Organizačný garant seminára / Organizational guarantor:

Ing. Andrea Neupauerová, PhD.

Katedra environmentálnej techniky, Zvolen, Slovenská republika

Vedecký výbor seminára / International Scientific Committee of the Section

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

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

Jabłoński Marek, mgr. inż. - Poland

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

Odborné zameranie seminára

Seminár NOVÉ TRENDY V TECHNIKE OCHRANY OVZDUŠIA 2011 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 2011 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

Ing. Andrea Neupauerová, PhD.

Ing. Ján Koniar, PhD.

Ing. Eva Ružinská, PhD.

Ing. Zuzana Brodnianská

Ing. Karina Valentová

Ing. Adriana Katriňáková

Recenzenti článkov:

doc. Ing. Jozef Černecký, CSc.

doc. RNDr. Iveta Marková, PhD.

Ing. Andrea Neupauerová, PhD.

Ing. Ján Koniar, PhD.

Ing. Eva Ružinská, PhD.

Ing. Zuzana Brodnianská



Obsah

Jozef ČERNECKÝ – Katarína PLANDOROVÁ

**VPLYV ZASUNUTIA ODŤAHOVEJ RÚRY NA ROZLOŽENIE RÝCHLOSTI
V CYKLÓNE 5**

Marián ČERY – Ivan JANOŠKO

**ZNEŠKODŇOVANIE NEBEZPEČNÝCH ODPADOV ŽIVOČÍŠNEHO PÔVODU III
- LISOVANIE 12**

Marián ČERY – Ivan JANOŠKO

**MERANIE PACHOVÝCH LÁTOK METÓDOU DYNAMICKEJ
OLFAKTOMETRIE 20**

Stanislav HOSTIN – Zuzana OBÚLANÁ

**CHROMATOGRAFICKÉ HODNOTENIE OXIDÁCIE VYBRANÝCH PRCHAVÝCH
ORGANICKÝCH LÁTOK V OVZDUŠÍ OZÓNOM 28**

Dušan JANDAČKA

ŤAŽKÉ KOVY OBSIAHNUTÉ V PEVNÝCH ČASTICIACH 34

Ján KONIAR – Jozef ČERNECKÝ – Zuzana BRODNIANSKÁ

**VPLYV TVARU ROZŠIRUJÚCEJ SA ČASTI VZDUCHOTECHNICKÉHO
POTRUBIA NA PRÚDENIE 42**

IVETA MARKOVÁ – ZUZANA GIERTLOVÁ

TERMICKÁ DEGRADÁCIA IZOLAČNÝCH MATERIÁLOV NA BÁZE DREVA 49

Juraj MIKLEŠ

**ZNEČISŤOVANIE OVZDUŠIA VÝFUKOVÝMI PLYNMI SPALOVACÍCH
MOTOROV MOBILNÝCH STROJOV 56**

Andrea NEUPAUEROVÁ

**EURÓPSKA LEGISLATÍVA PRE VÝPOČET TEPELNÝCH STRÁT PODSYSTÉMU
ODOVZDÁVANIA TEPLA DO VNÚTORNÉHO PROSTREDIA BUDOV 63**



Michal REJZEK

KONTINUÁLNÍ MĚŘENÍ EMISÍ EXTRAKTIVNÍ HOT-WET METODOU 71

Eva RUŽINSKÁ – Marek JABŁOŃSKI

**EKOTECHNICKÉ SPÔSOBY REDUKCIE RIZIKOVÝCH LÁTOK V PROCESCH
POVRCHOVÝCH ÚPRAV MATERIÁLOV – I. ČASŤ: NÁVRH
TECHNOLOGICKÝCH LINIEK 76**

Eva RUŽINSKÁ – Marek JABŁOŃSKI

**EKOTECHNICKÉ SPÔSOBY REDUKCIE RIZIKOVÝCH LÁTOK V PROCESCH
POVRCHOVÝCH ÚPRAV MATERIÁLOV – II. ČASŤ: NÁVRH ODLUČOVACÍCH
ZARIADENÍ 89**

Karina VALENTOVÁ – Jozef ČERNECKÝ

**NÁVRH VERTIKÁLNEHO ROZPTYLU ZNEČISŤUJÚCICH LÁTOK
Z PRIEMYSELNÝCH KOMÍNOV S TERMOSIFÓNOVÝM EFEKTOM 99**



VPLYV ZASUNUTIA ODŤAHOVEJ RÚRY NA ROZLOŽENIE RÝCHLOSTI V CYKLÓNE

IMPACT INSERTING OF EXIT PIPE ON THE DISTRIBUTION SPEEDS IN A CYCLONE

Jozef ČERNECKÝ - Katarína PLANDOROVÁ

ABSTRACT: This paper is devoted to examining the impact of the exit pipe insertion layout components to speed in the cyclone. Experimental tangential velocity was measured in the exit pipe of the cyclone. CFD simulations were created for comparison with experimental results.

Key words: tangential velocity, exit pipe, cyclone

ABSTRAKT: Príspevok sa venuje skúmaniu vplyvu zasunutia odťahovej rúry na rozloženie zložiek rýchlosti v cyklóne. Experimentálne bola meraná tangenciálna rýchlosť v odťahovej rúre cyklóna. Pre porovnanie s experimentálnymi výsledkami boli vytvorené CFD simulácie.

Kľúčové slová: tangenciálna rýchlosť, odťahová rúra, cyklón

1. ÚVOD

Ovzdušie patrí v súčasnosti k najviac ohrozeným zložkám životného prostredia a jeho znečisťovanie naďalej narastá. Znečisťovanie ovzdušia predstavuje akékoľvek vypúšťanie, alebo vnášanie znečisťujúcich látok (tuhé, plynné, kvapalné látky) do atmosféry. Podľa zákona o ochrane ovzdušia platí, že pri výstavbe nových zariadení, ktoré môžu byť zdrojom znečisťovania ovzdušia, alebo pri modernizácii existujúcich zariadení, sa musia voliť najlepšie dostupné technológie s prihliadnutím na primeranosť výdavkov na ich obstaranie a prevádzku, taktiež sa musí prihliadnuť na opatrenia na postupné znižovanie emisií (zákon o ovzduší, 2010). Do technických spôsobov obmedzenia úniku tuhých znečisťujúcich látok (emisií) do ovzdušia, patrí používanie rôznych typov odlučovacích zariadení v priemyselnej výrobe. Najrozšírenejší typ mechanických odlučovačov používaných v technologickej vzduchotechnike na separáciu sypkých hmôt (prach, piliny) je vírový odlučovač (cyklón) (Černecký, Neupauerová, 2009).

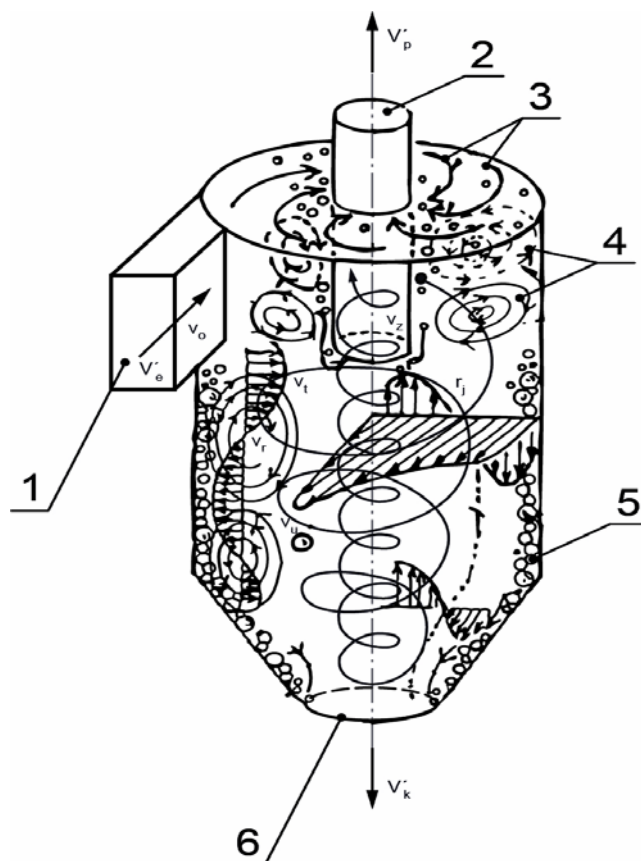
2. PRÚDOVÝ OBRAZEC CYKLÓNA

V cyklóne existuje prúdenie v rovine osi, zhora nadol a naopak. Prúdový obrazec na obr. 1 udáva rozloženie troch zložiek rýchlosti v cyklóne. Tangenciálna rýchlosť prúdenia v_t , ktorá je dominantnou rýchlosťou je najmenšia pozdĺž steny valca cyklóna a je skoro rovnaká ako začiatočná rýchlosť v_0 v tangenciálnom vstupnom potrubí cyklóna. Táto rýchlosť vzrastá smerom k spodnej kužeľovej časti úmerne so znižovaním polomeru prúdenia a najväčšiu hodnotu dosiahne v blízkosti výstupného otvoru. Maximálnu hodnotu tangenciálna rýchlosť dosiahne po kružnici s menším polomerom ako má výstupné potrubie, ale smerom nadol stále klesá. Pôsobením sekundárneho prúdenia sa môže častica dostať k osi vnútorného výstupného potrubia a odchádza von ako úlet (Vavro, Hodúr, 1996).

Prúdením kolmým na os cyklóna je charakterizovaná radiálna rýchlosť v_r , ktorá vzniká pozdĺž steny cyklóna a smeruje na dol. Axiálna osová rýchlosť prúdenia v_z , smeruje na hor a stále vzrastá smerom k výstupnému potrubiu. Existuje aj vedľajšie axiálne prúdenie (vír),



ktoré časticu unáša z osi výstupného potrubia a v dôsledku odstredivých síl sa dostane späť do vonkajšieho prúdenia. Predpokladá sa, že existuje aj vnútorné vírové pole, ktorého vlastnosti, ešte nie sú úplne objasnené. Ak je odťahová rúra hlboko ponorená do cyklónu, môže vzniknúť dvojitý vír (Ogawa, 1999).

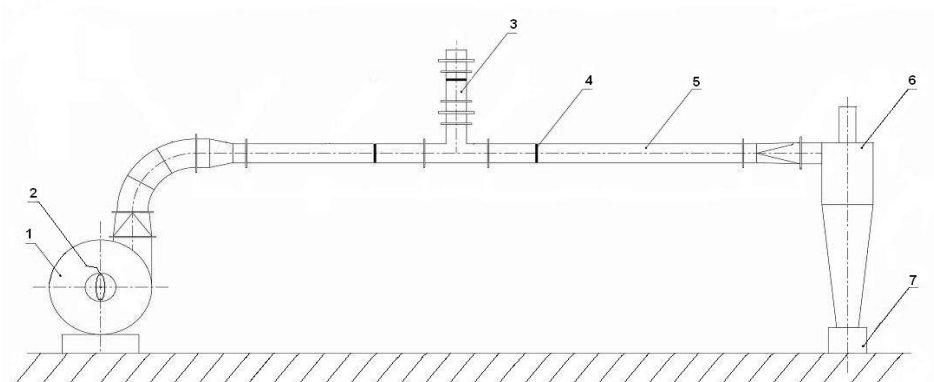


Obrázok 1 Prúdový obrazec cyklóna

1 – vstupné potrubie, 2 – odťahová rúra, 3 – sekundárny prúd,
4 - pár vírov, 5 – odlúčená častica, 6 – výsypné potrubie

3. EXPERIMENTÁLNE ZARIADENIE

Experimentálna schéma zariadenia so zabudovaným modelom cyklóna je na obr. 2, navrhnutá ako sústava vzduchotechnických prvkov (elektromotor, ventilátor, vzduchotechnické potrubie, tvarové kusy, násypka a cyklón). Schéma zobrazuje pretlakový systém, kde cyklón – 6 je umiestnený za ventilátorom – 1. Rýchlosť prúdenia a prietokové množstvo transportného vzduchu je možné regulovať klapkou umiestnenou na nasávacom otvore ventilátora – 2. Sypká hmota sa dávkuje do násypky – 3, ktorá je spojená cez tvarový kus T so vzduchotechnickým potrubím – 5. Vzduchotechnické potrubie spolu s násypkou sú pripevnené o stenu pomocou úchytiak – 4. Odlúčené častice sypkej hmoty padajú cez výsypný otvor do hermeticky uzatvoreného zásobníka – 7.



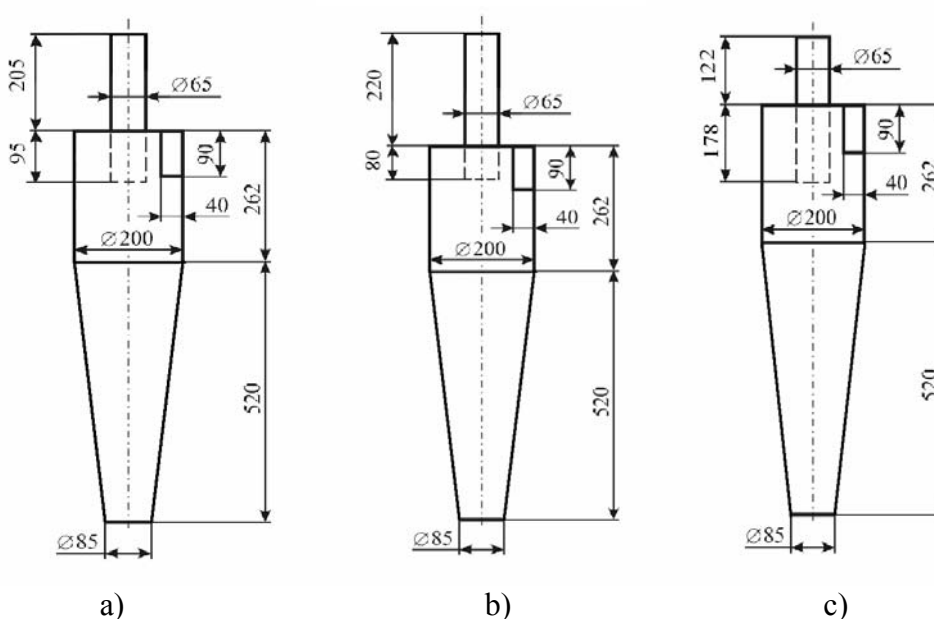
Obrázok 2 Experimentálna schéma zariadenia

4. POSTUP MERANIA

Podstatou merania bolo zistiť vplyv zasunutia odťahovej rúry na rozloženie tangenciálnej rýchlosti v odťahovej rúre cyklóna. Vstupná rýchlosť prúdiaceho vzduchu do odlučovača bola nastavená regulačnou klapkou ventilátora ($15,404 \text{ m.s}^{-1}$).

Merania prebiehali v troch zasunutíach odťahovej rúry do vnútornej časti cyklóna. Prvé meranie bolo namerané pri optimálnom zasunutí prepádovej rúry, ktorého ústie končilo tesne pod spodnou stenou vstupného potrubia, obr. 3 a) zasunutie 95 mm. Druhé meranie bolo pri vytiahnutí odťahovej rúry na hodnotu 80 mm, obr. 3 b). Tretie meranie prebiehalo pri hlbokom zasunutí odťahovej rúry (178 mm), obr. 3 c).

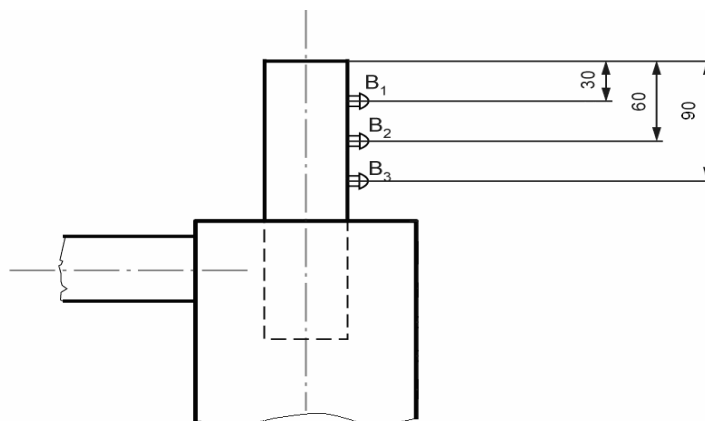
Na meranie bola použitá päťotvorová dynamická sonda (*Gul'ová sonda*), pripojená na príslušné diferenčné mikromanometre (Plandorová, 2011).



Obrázok 3 Zasunutie odťahovej rúry do valcovej časti cyklóna



Rozloženie a vzdialenosti jednotlivých vstupov sú graficky znázornené na obr. 4 a hodnoty meracích bodov sú uvedené v tab. 1.



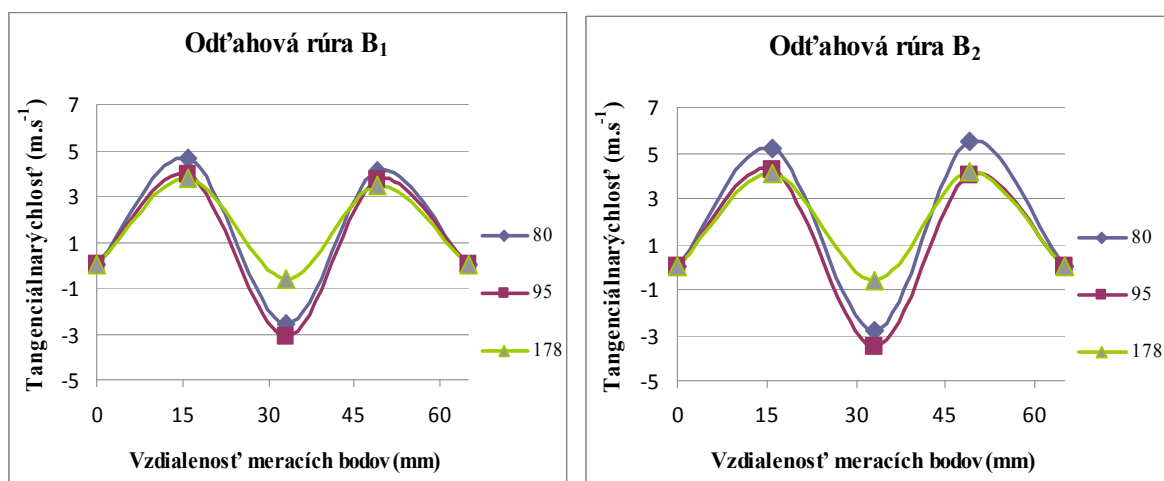
Obrázok 4 Rozloženie vstupov odťahovej rúry cyklóna

Tabuľka 1 Hodnoty meracích bodov v odťahovej rúre cyklóna

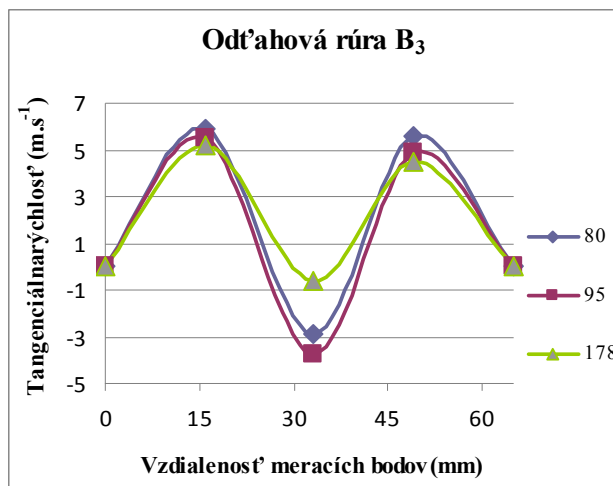
Meracie vstupy	Meracie body (mm)		
$B_1, B_2, B_3,$	16	33	49

5. VÝSLEDKY MERANIA

Tangenciálna rýchlosť bola meraná experimentálne v jednotlivých vstupoch pre tri zasunutia odťahovej rúry a jej priebeh je znázornený na obr. 5 a 6.



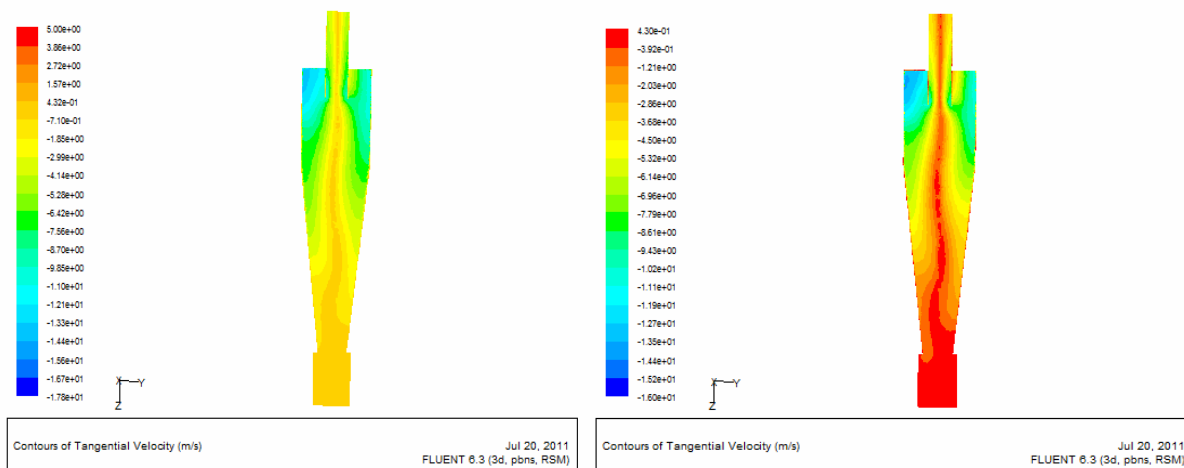
Obrázok 5 Priebeh tangenciálnej rýchlosti meranej na vstupoch B₁ a B₂ v odťahovej rúre cyklóna



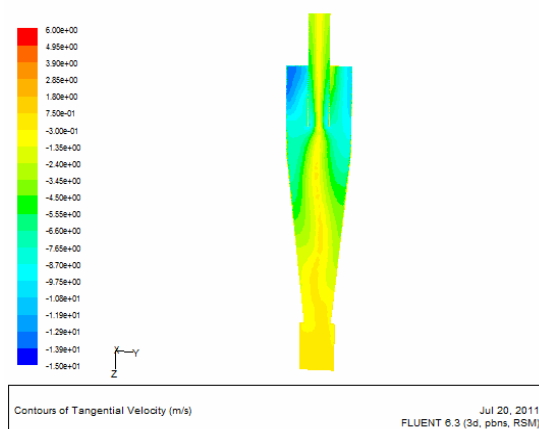
Obrázok 6 Priebeh tangenciálnej rýchlosti meranej na vstupe B_3 v odtáhovej rúre cyklóna

Pre doplnenie merania bola nasimulovaná tangenciálna rýchlosť pre tri zasunutia odtáhovej rúry, pri vstupnej rýchlosti $15,404 \text{ m.s}^{-1}$, obr. 7 a 8.

Súradnicový systém bol definovaný v smere gravitácie (súradnica z), z tohto dôvodu sú prehodené interpolačné znamienka vizualizovanej zložky rýchlosti.



Obrázok 7 Profily tangenciálnej rýchlosti pre zasunutie odtáhovej rúry 80 mm (vpravo) a 95 mm (vľavo)



Obrázok 8 Profil tangenciálnej rýchlosti pre zasunutie
odťahovej rúry 178 mm

6. ZÁVER

Z experimentov vyplýva, že zasunutie odťahovej rúry má značný vplyv na prúdenie vzduchu a tlakové straty v cyklóne. Pri zasunutí odťahovej rúry na 178 mm sa vírové jadro nevytvára súmerne po celej stredovej osi cyklóna ako pri zasunutí 95 mm a 80 mm. Hlboké zasunutie odťahovej rúry do valcovej časti cyklóna spôsobuje pokles rýchlosti a tlakových strát cyklóna v odťahovej rúre. Tangenciálna rýchlosť je rovná nule na stene a stredom toku poľa. Záporné hodnoty dosahuje v osi cyklóna. Experimentálne výsledky sú v dobrej zhode s CFD simuláciami.

LITERATÚRA

ČERNECKÝ, J. – NEUPAUEROVÁ, A.: 2009. *Technika ochrany ovzdušia*, 1. vydanie. Zvolen: TU vo Zvolene, 2009. 200 s. ISBN 978-80-228-2098-1.

OGAWA, A.: 1999. Estimation of Collection Efficiency Depended on Feed Particle Concentration for Axial Flow Cyclone Dust Collector. In *Journal of Thermal Science* [online]. 1999, vol. 8, no. 3, p. 145-157 [cit. 2011-05-04]. Dostupné na internete: < <http://www.springer.com>>. ISSN 963 -8642-9.

PLANDOROVÁ, K.: 2010. Optimalizácia odlučovania vo vírovom odlučovači. Dizertačná práca. Zvolen: 2011, 180 s.

VAVRO, K. – HODÚR, P.: 1996. *Cyklónové aparáty pre výrobné technológie a ochranu životného prostredia*. Bratislava: STU v Bratislave, 1996. 263 s.

Zákon č. 137/2010 Z.z. o ovzduší. 2010. *Zákon o ovzduší* (Základné ustanovenia).

Časť riešenej problematiky je súčasťou grantového projektu KEGA MŠ SR č. 027TUZVO-4/2011 „Vizualizačné a meracie metódy pre hodnotenie efektívnych spôsobov prenosu tepla“



Lektoroval: Ing. Zuzana Brodnianská

Kontaktná adresa:

doc. Ing. Jozef Černecký, CSc., Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky, Katedra environmentálnej techniky, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, e-mail: jcern@vsld.tuzvo.sk, tel.: 045/5206 698.

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.



ZNEŠKODŇOVANIE NEBEZPEČNÝCH ODPADOV ŽIVOČÍŠNEHO PÔVODU III - LISOVANIE

THE DISPOSAL OF HAZARDOUS ANIMAL WASTE III PRESSING

Marián ČERY - Ivan JANOŠKO

ABSTRACT: Processing of animal waste is done in factories devoted to this activity. Their task is to dispose of the waste and prevent the spread of potential diseases and diseases of animal carcasses. In the past, simply carcasses buried, burned or allowed to freely discarded at times enormous consequences. Post building on the work of authors Čery – Janoško (2009, 2010). Presented paper describes the methods and techniques deactivate animal waste, focusing on the pressing and gaining fat. The article also presented structural modifications molding equipment LS 3000 and achieved technical characteristics.

Key words: animal waste, renderers' buildings, pressing

ABSTRAKT: Spracovanie odpadov živočíšneho pôvodu sa vykonáva v závodoch určených na túto činnosť. Ich úlohou je zneškodniť odpady a zamedziť šíreniu možných nákaz a chorôb z uhynutých tiel zvierat. V minulosti kadávery jednoducho zakopali, spálili alebo nechali voľne pohodené, čo malo niekedy nedozerné následky. Príspevok nadväzuje na práce autorov Čery – Janoško (2009, 2010). Prezentovaný príspevok popisuje metódy a techniku zneškodňujúce živočíšnych odpadov so zameraním na ich lisovanie a získavanie tuku. V príspevku sú tiež prezentované konštrukčné úpravy lisovacieho zariadenia LS 3000 a dosahované technické charakteristiky.

Kľúčové slová: živočíšny odpad, kafileria, lisovanie

1 ÚVOD

Vplyv človeka na životné prostredie má ďalekosiahle následky. Produkcia a koncentrácia nežiaducich odpadov a látok v prírode má spravidla negatívny dopad na život okolo nás. Živočíšne odpady tvoria nezanedbatelné množstvo a najmä hnilobné procesy prebiehajúce pri rozklade uvoľňujú nielen nepríjemné pachy ale sú aj vážnym zdrojom novej nákazy. Pri odstraňovaní odpadov a pachových látok sa musia rešpektovať záujmy celej spoločnosti. Zariadenia spracovávajúce takýto druh odpadu, kafilerie, sú zložené z technologických celkov, ktoré pomáhajú výrazne redukovať nežiaduce účinky a umožňujú zhodnocovať spracovaný odpad.

Jednou z operácií v spracovateľskom cykle je aj proces lisovania. Má za úlohu oddeliť tuhú zložku t. j. mäso, kosti, srst', perie atď. od tekutej resp. od tuku. V posudzovanom spracovateľskom závode je dlhodobo inštalovaný lis kafilerickej suroviny LS 250 a nový prototyp závitkovkej konštrukcie označený ako LS 3000, ktorý sa zavádzal do výroby. Pri prevádzke lisu sa vyskytli prevádzkové poruchy, ktoré mali vplyv na funkčnosť, a preto bolo potrebné vykonať konštrukčné úpravy niektorých uzlov. Príspevok nadväzuje na predchádzajúce už prezentované články autorov Čery – Janoško (2009, 2010).

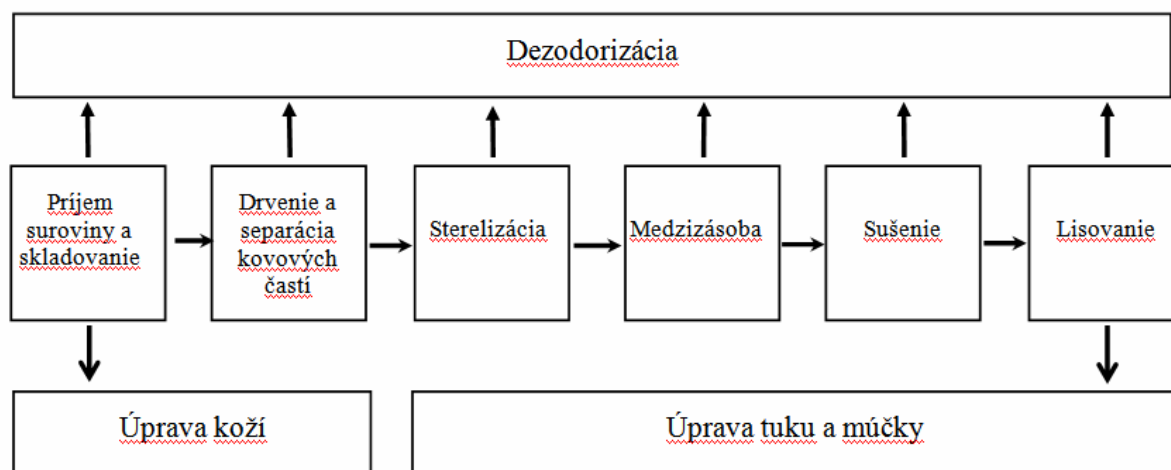
2 MATERIÁL A METÓDY

2.1 Technologický postup

Technológia spracovania živočíšnych odpadov musí vyhovovať medzinárodným nariadeniam ES 1774/2002 a harmonizovaným národným normám. Zjednodušená bloková



schéma pohybu materiálu pri spracovaní je na obr.1. Príjem suroviny je umiestnený v tzv. prípravovni suroviny, ktorá má jedno poschodie. Kadávery sú vykladané z korby nákladných aut na zem prípravovne, ktorá je umiestnená na poschodí. Automobily vychádzajú na poschodie po nájazde a cez most. Konfiškáty sú zavážané v kontajneroch 8 m³, obsah kontajnerov sa vysýpa do príjmového žľabu 50 m³, ktorý je umiestnený v podlahe poschodia. Kadávery na poschodí prípravovne sú drvené na veľkosť 50 mm. Manipuláciu kadáverov zaisťuje stacionárny nakladač. Drvené kadávery padajú do príjmového žľabu 25 m³. Na prízemí prípravovne sú umiestnené spodne časti príjmových žľabov s pohonom a ďalšou technológiou. Z konfiškátov sú v prízemí separované kovy na triediacom páse pomocou identifikátoru kovových častíc. Z pásu surovina padá do drviča, ktorý konfiškáty pomelie na veľkosť 50 mm. Doprava drvenej suroviny je realizovaná pomocou uzavretých závitkových dopravníkov. Ďalej sa dopravuje nad predvárky v strojovni. Nadrvená surovina prechádza cez stenu do strojovne, kde sa preprava realizuje pomocou dvojsmerného závitkovového dopravníka do jedného z predvárakov (sterilizátorov).



Obrázok 1 Bloková schéma technológie kafilérie

V predvárakoch sa zabezpečuje rozvarenie a sterilizácia suroviny diskontinuálnym spôsobom. Predváraky pracujú striedavo a polotovar – rozvar je po sterilizácii pretlačený vytvoreným pretlakom do medzi zásobníku, ktorý je umiestnený na poschodí príjmu suroviny a zaisťuje medzi zásobu pre sušenie. Strojovňa je v prízemí, kde sú nainštalované ostatné stroje pre sušenie a separáciu tukov. V medzizásobníku je v teplom stave uchovávaný rozvar, ktorý je potom diskontinuálne dávkovaný do jednej zo sušiarňí. Odparovanie vody z rozvaru je zaistené v dvoch sušiarňach s výhrevnými plochami 150 m² a 65 m². Zbytkové pary odchádzajú nerezovým potrubím priamo na dezodorizačné zariadenie oxidizér. Vysušený rozvar - mäso-kostná kaša je zo sušiarne kontinuálne odoberaná pomocou trubkových závitkových dopravníkov na 2 závitkové lisy.

V prevádzke je iba jeden lis, druhý slúži ako rezerva. V závitkovom lise dochádza k separácii tuku od mäso-kostnej múčky. Mäso-kostná múčka odchádza závitkovými dopravníkmi do múčkárne. Tuk je prečerpávaný do tukárne. Mäso-kostná múčka sa v múčkarni mele na kladivkových mlynoch a veľkosť granulátu múčky je kontrolovaná



na bubnových preosievačkách. Upravená múčka je sypaná do kontajnerov, ktoré sa ďalej skladujú a expedujú k odberateľom.

Tuk od lisov je skladovaný v nádrži na surový tuk v tukárni. Zo surového tuku sú mechanické nečistoty odstraňované na dekantáčnej odstredivke. Vyčistený tuk je skladovaný vo vyhrievaných nádržiach. Expedícia tukov sa zaisťuje pomocou auto cisterien.

Dezodorácia je riešená pomocou oxidizéru, kde sú spaľované pachové látky zo zbytkového kondenzátu od sušiarne a medzi zásobníku pachové látky od lisu a z priestorov múčkarne a tukárne sú likvidované na chemickej dezodorizácii ÖSKO.

2.2 Lisovanie suroviny

Lisovanie sa vykonáva v lise kafilerickej suroviny LS 250 a LS 3000. Lis je závitovkové zariadenie (obr.2), kde dochádza k stláčaniu mäsokostnej kaše, pričom sa odlučuje živočišný tuk a mäsokostná múčka. Tuk zo spodnej časti samospádom tečie potrubím k sanii čerpadla tuku a ďalej je vedený k dekantéru, kde sa čistí a následne sa uskladňuje do vyhrievaných nádrží.



Obrázok 2 Závitovkový lis LS 3000

Odlisky sú závitovkovým dopravníkom privádzané do mlynu a potom do preosievačky. Mäsokostná múčka, ktorá nezodpovedá požadovanej kvalite je dopravená cez prehadzovaciu klapku do kontajnera a následne vrátená na opätovné spracovanie. Správna činnosť lisu je ovplyvňovaná kvalitou spracovanej suroviny, a preto sa odporúča surovinu spracovať do 24 hodín.



Tabuľka 1 Technické parametre použitých lisov

Typ	LS 3000	LS 250
Výrobca	PROKOP Invest	TMS Holice
Výkon	3000 kg.h ⁻¹	1200 - 2000 kg.h ⁻¹
Zbytkový tuk	12 – 18 %	14 – 22 %
Otáčky lisovacieho zariadenia	18 min ⁻¹	24 min ⁻¹

2.3 Hodnotenie sledovaných parametrov

Na záver každej smeny bola odoberaná vzorka extrudovanej mäsokostnej múčky a živočíšneho tuku. V laboratóriu spoločnosti, kde bol pokus uskutočňovaný, bola denne vykonávaná analýza odobratej vzorky. Medzi sledované parametre patrí:

Tabuľka 2 Fyzikálne a chemické vlastnosti mäsokostných múčok

Vlhkosť	max. 10 %
Dusíkaté látky	min. 45 %
Tuk	max. 18 %
Popol	max. 25 %
Chloridy (napr. NaCl)	max. 3 %
Zrnitosť podiel na site priem. 2,8 mm	max. 2 %
CaCO ₃	max. 2,5 %
Číslo kyslosti tuku /KOH /	max. 50 mg.g ⁻¹
Koef. SNL in vitro	min. 75 %

Vzhľad: jemne mletá, bez hrudiek, suchá, nelepavá
Farba: hnedastá až hnedá, bez príznakov prepálenia, typická
Vôňa: prirodzená, špecifická, nasládlá, nie však hnilobná
Prímes: bez cudzích, hlavne kovových a sklenených prímies. Pripustí sa podiel chlupov, peria a zvyškov tráviaceho ústrojenstva v rozsahu prirodzeného výskytu spracovaného materiálu.

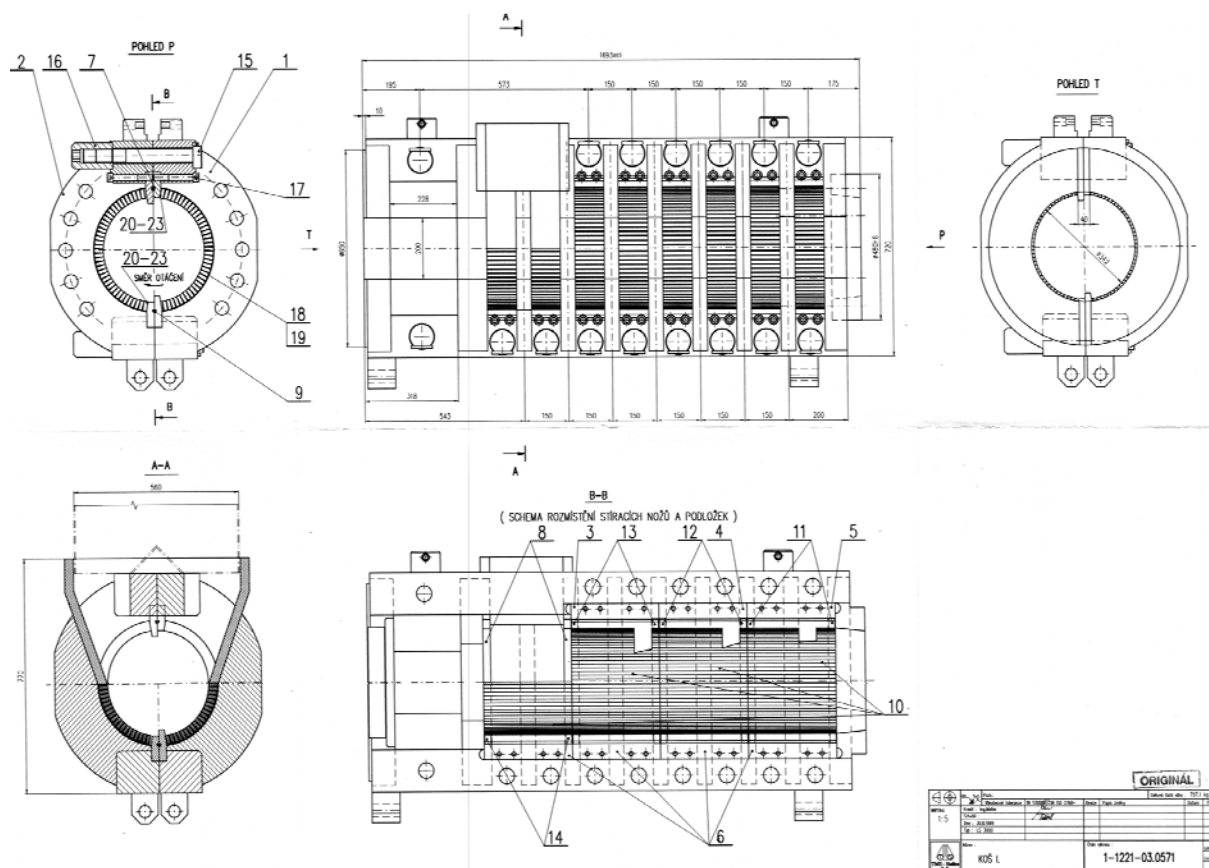
3 VÝSLEDKY A DISKUSIA

Inštalácia a prevádzkovanie lisu LS 3000 sa nezaobišla bez komplikácií, keď po niekoľkých odpracovaných hodinách nastalo poškodenie košov, ktoré obopínajú závitkový hriadeľ. Došlo k popraskaniu líšt po obvode. Charakter poškodenia vykazoval znaky ako v minulosti u staršieho lisu LS 250, keď vnikli kovové časti do lisovacieho



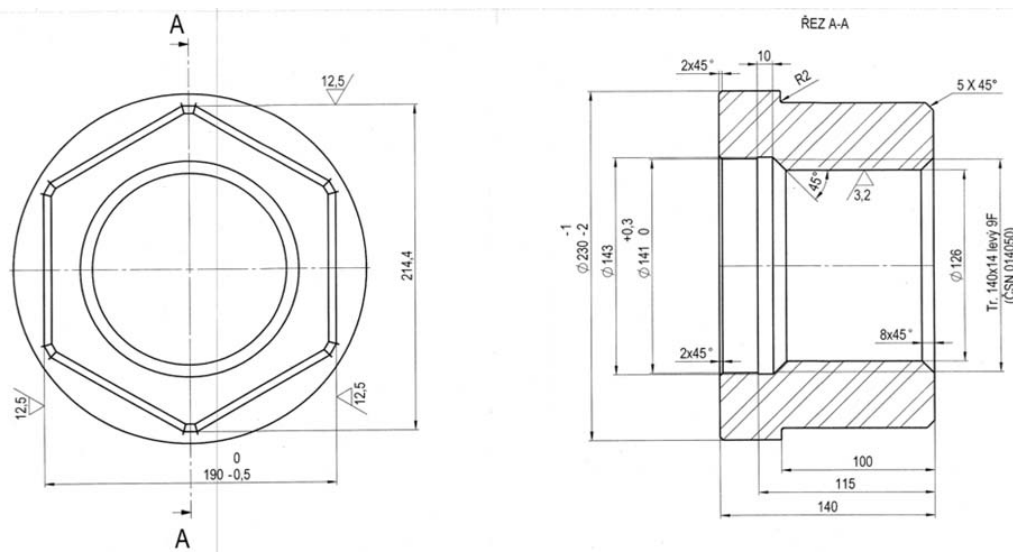
priestoru. Teraz to zapríčinilo nadmerné množstvo materiálu v lisovacom priestore a veľký tlak, ktorý pôsobil na steny koša.

Príčinou nefunkčnosti bol nesprávny návrh medzier medzi lištami so vzdialenosťou 0,2 mm, čo bolo sme vyhodnotené ako konštrukčná anomália. Optimalizáciou progresívneho zmenšovania vzdialeností medzi lištami v jednotlivých zónach od 2 mm po 0,2 mm sa zahlcovanie a upchávanie lisu odstránilo. Na vstupe pred úpravou dochádzalo tiež k samovoľnému odtoku nadmerného tuku. Po konštrukčnej úprave materiál už postupoval do lisovacieho priestoru správne a pri stláčaní už dochádzalo k nútenému oddeleniu tuku od tuhej časti bez problémov.



Obrázok 3 Teleso lisovacieho koša s nastavením medzier

Po odstránení predchádzajúcej sa v skúšobnej prevádzke objavil nový problém. Na rotujúcom hriadeli, ktorý je osadený závitovkami, dochádzalo k znefunkčneniu poistnej matice v dôsledku prieniku materiálu okolo. Pod maticou sú osadené podložky, ktorých tlak lisovanej suroviny vytlačil na zaistovaciu maticu. V lisovanom priestore vznikla nežiaduca medzera, ktorá sa neustále zväčšovala. Včasným diagnostikovaním tejto poruchy sa predišli havarijnému stavu. Novo navrhnutá matica zamedzila navlečeniu podložiek a následnému posunutiu lisovacích závitoviek. Konštrukčné úpravy sú zrejmé z obr. 3 a 4.



Obrázok 4 Nová poist'ovacia matica

Namerané technické parametre lisov

Lisovacie zariadenie LS 250 bolo sledované počas niekoľkých rokov pred inštaláciou nového lisu LS 3000. Ako preukazné a ilustračné merania boli vybraté merania v dvoch rokoch pre každý lis samostatne (tab. 3 až 6). Sledovanie parametrov lisov počas 4 rokov je dostatočne dlhé obdobie, kedy sa prejavil aj vplyv ročných období leto a zima. Počas letných mesiacov dochádzalo rýchlejšiemu rozkladu spracovanej suroviny a jej následné problémy so spracovaním. V zimných mesiacoch surovina nepodliehala skaze a jej spracovanie bolo jednoduchšie.

Tabuľka 3 Hodnoty lisu LS 250 v roku 2005

2005	Vlhkosť	Tuky	Popol	Prepad sitom	Hmotnosť	ČKT
	%	%	%	%	kg	mg
min	0,08	8,80	9,92	88,63	500	10,01
max	7,89	24,35	32,03	99,99	22200	92,43
priemer	2,14	13,95	20,65	99,04	12856,7	36,66

- ČKT- číslo kyslosti tukov

Tabuľka 4 Hodnoty lisu LS 250 v roku 2006

2006	Vlhkosť	Tuky	Popol	Prepad sitom	Hmotnosť	ČKT
	%	%	%	%	kg	mg
min	0,42	7,67	12,18	87,96	800	14,03
max	21,14	20,76	44,49	99,99	19690	102,10
priemer	1,98	14,44	20,63	98,28	9494	42,09



Tabuľka 5: Hodnoty lisu LS 3000 v roku 2007

2007	Vlhkosť	Tuky	Popol	Prepad sitom	Hmotnosť	ČKT
	%	%	%	%	kg	mg
min	0,22	8,20	11,06	85,96	1000	13,11
max	10,58	30,67	41,03	99,99	17860	107,32
priemer	2,42	13,50	21,21	97,56	10379,3	42,79

Tabuľka 6: Hodnoty lisu LS 3000 v roku 2008

2008	Vlhkosť	Tuky	Popol	Prepad sitom	Hmotnosť	ČKT
	%	%	%	%	kg	mg
min	0,74	9,05	15,58	92,38	2470	14,68
max	5,64	17,66	35,95	99,99	15700	64,59
priemer	2,47	11,54	21,39	97,94	11304,8	28,11

Znameráných výsledkov je možné určiť kvalitu lisovacieho zariadenia. V rokoch kedy bol funkčný lis LS 250 výsledky tukovosti skresľuje fakt, že v letných mesiacoch kedy nebolo možné surovinu lisovať sa uskladňovala vo veľkokapacitných nádržiach a postupne sa pridávala do kvalitnejšej hmoty, ktorú bolo možné lisovať. Obsah popola ukazuje množstvo kosti v spracovanej surovine a ČKT (číslo kyslosti tukov) zasa aká kvalitná surovina bola spracovaná v danom období. Počas funkčnosti lisu LS 3000 nebolo potrebné surovinu odkladať do veľkokapacitných nádrží, lebo surovina bola spracovaná bez nutnosti jej uskladnenia. V tabuľkách je znázornená aj hmotnosť, podľa ktorej je možné posúdiť postupné ubúdanie spracovávanej suroviny.

LITERATÚRA

ČÉRY, M. - JANOŠKO, I.: 2009. Zneškodňovanie nebezpečných odpadov živočíšneho pôvodu. In : *Nové trendy v technike ochrany ovzdušia : medzinárodný seminár, 16. jún 2009, Zvolen, Slovenská republika.* - Zvolen : Technická univerzita Zvolen, 2009. ISBN 978-80-228-2003 -5, s. 18-24.

ČÉRY, M.- JANOŠKO, I.: 2009. Zneškodňovanie nebezpečných odpadov živočíšneho pôvodu II. In *Technika odpadového hospodárstva : medzinárodný seminár, 17. september 2009, Zvolen, Slovenská republika.* - Zvolen : Technická univerzita Zvolen, 2009. ISBN 978-80-228-2027-1, s. 30-36.

ČÉRY, M. - JANOŠKO, I.: 2010. Emission Produced by the Combustion of Odor Substances in Thermooxidative device. In: *Nové trendy v technike ochrany ovzdušia: medzinárodný seminár, 16. jún 2010, Zvolen, Slovenská republika.* - Zvolen: Technická univerzita Zvolen, 2010. ISBN 978-80-228-2117-9, s. 24-31.

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

VAŠKOVÁ, M.: 1988. Fyzikální a chemické vlastnosti kafilérních surovin, meziproduktů a finálních produktů Veterinárních asanačních ústavů, VETAS, 1988



PROKOP INVEST : Firemná dokumentácia, technické podklady, katalógy a katalogové listy firmy.

Európska smernica č.1774/2002

MONTS : Firemná literatúra

CNIM Babcock : Firemná literatúra

*Príspevok bol vypracovaný v rámci riešenia projektu MŠ SR VEGA 1/0462/09
Eliminácia nežiaducich vplyvov prevádzky strojov na poľnohospodársku pôdu, vodu
a ovzdušie.*

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



MERANIE PACHOVÝCH LÁTOK METÓDOU DYNAMICKEJ OLFAKTOMETRIE

MEASUREMENT OF ODOROUS SUBSTANCES BY METHOD OF DYNAMIC OLFAKTOMETRIE

Marián ČERY - Ivan JANOŠKO

ABSTRACT: Disposing of animal waste to produce large volume abusive substances released into the air. Efficient removal of odorous substances requires the use special techniques and technologies. Measurement disposal smelling substances were carried out in Slovakia in accordance with laws, rules and guidelines under specialized procedures and measurement methods. The level of ammonia in the combustion air is dependent on the quality of raw materials processed in the rendering plant, where the measurement is made. Paper follows on the work of authors Čery - Janoško (2009, 2010). Presented paper describes the methods and techniques deactivate animal waste disposal, focusing on odor substances.

Key words: animal waste, rendering plant, disposal odors

ABSTRAKT: Pri zneškodňovaní odpadov živočíšneho pôvodu sa produkuje veľké množstvo obťažujúcich látok, ktoré unikajú do ovzdušia. Účinné odstraňovanie pachových látok si vyžaduje použitie špeciálnej techniky a technológie. Meranie zneškodňovania zápachajúcich látok bolo vykonané na Slovensku v súlade so zákonmi, pravidlami a usmerneniami podľa špecializovaných postupov a metód merania. Úroveň čpavku v spaľovacom vzduchu je závislá na kvalite surovín spracovaných v kafilérii, kde sa meranie vykonáva. Príspevok nadväzuje na práce autorov Čery – Janoško (2009, 2010). Prezentovaný príspevok popisuje metódy a techniku zneškodňovania živočíšnych odpadov so zameraním na odstraňovanie pachových látok.

Kľúčové slová: živočíšny odpad, kafiléria, odstraňovanie pachov

1 ÚVOD

Produkcia živočíšnych odpadov predstavuje nezanedbateľné množstvo v každej vyspelej spoločnosti obzvlášť pri výskyte hromadných chorôb zvierat. Hygienické a bezpečnostné zneškodňovanie si vyžaduje zo strany kompetentných orgánov a kafilérnych spoločností realizovať odstraňovanie problémových odpadov autorizovaným spôsobom. Pri rozklade látok a pri samotnom procese transformácie na dezinfikované substancie však nie je možné úplne zamedziť vzniku hnilobných procesov a uvoľňovaniu nepríjemných pachov, ktoré môžu byť vážnym zdrojom potenciálnej nákazy. Pri odstraňovaní odpadov a pachových látok sa musia rešpektovať záujmy celej spoločnosti. Zariadenia spracúvajúce takýto druh odpadu, kafilérie, sú zložené z technologických celkov, ktoré pomáhajú výrazne redukovať nežiaduce účinky a umožňujú zhodnocovať spracovaný odpad. Príspevok nadväzuje na predchádzajúce už prezentované články autorov Čery – Janoško (2009, 2010) a zaoberá sa zisťovaním a odstraňovaním pachových látok v ovzduší.

Meranie emisných limitov a látok obťažujúcich okolie je možné vykonávať rôznymi meracími prístrojmi a zariadeniami. Frekvencia meraní je určená podľa prevádzky veľkosti zdroja a rozhodnutia orgánov štátnej správy. V súčasnosti sa začína preferovať meranie pachových látok, ktoré je náročné merať pomocou prístrojov a sond. Najcitlivejšou sondou pre meranie obťažujúcich pachových látok je ľudský nos. Pri spracovaní živočíšnych produktov v kafilérii je produkovaná veľká koncentrácia obťažujúcich plynov, ich čistenie sa vykonáva za pomoci termooxidačného zariadenia, alebo v biopráčke. Účinnosť týchto zariadení bola posudzovaná pomocou špeciálneho zariadenia - olfaktometra.



2 MATERIÁL A METÓDY

Technológie na odstraňovanie pachových látok zo spracovania živočíšnych odpadov vychádzajú z viacerých princípov, ako napr. práním v aktívne pôsobiacom prostredí v tzv. “biopráčkach”, spaľovaním v tepelných zariadeniach, tzv. “oxidizeroch” alebo častejšie propagovaných zariadeniach využívajúcich ozón, resp. aktívne pôdne prostredie. V príspevku sú popísané dve aktívne zariadenia, biopráčka od výrobcu ÖSKO a tepelný oxidizér a ich purifikačné schopnosti.

Biopráčka

Zariadenie biopráčka je pôvodné a systémom prania vzduchu odstraňuje zápach odsávaného vzduchu z výroby pomocou aktívnych činidiel. Slúži ako záložná dezodorizácia vzduchu v prípade, že je odstavený hlavný systém oxidizéra. Systém biopráčky neodsáva pary z výrobných zariadení, ale iba vzduch. Pary kondenzujú v kondenzátoroch. Dezodorizačné zariadenie (ÖSKO) pracuje automaticky, vyžaduje obsluhu jednej osoby, ktorá kontroluje chod a stav nádrží, odkiaľ si systém dopĺňa potrebné chemikálie.

Prevádzkový vzduch sa pomocou ventilátora odsáva zo zberného kanála cez absorbér a biopráčku až von do ovzdušia (obr.1). Popis blokovej schémy je nasledovný :

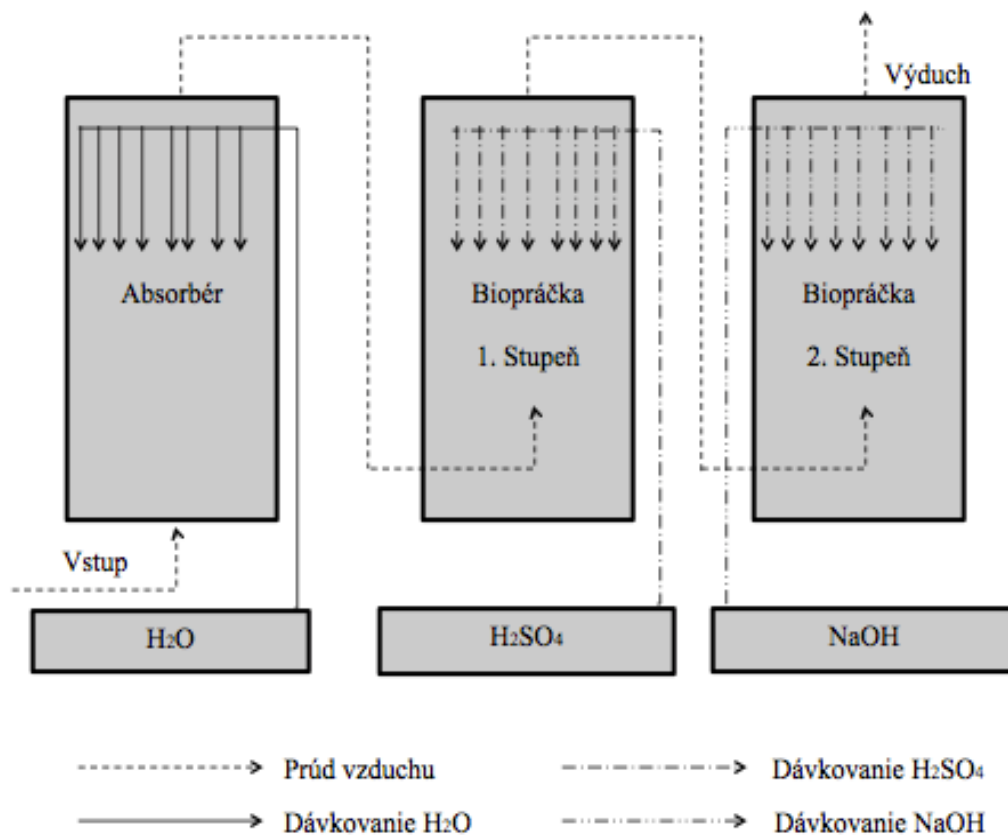
Absorbér – odpadový vzduch prechádza cez vložkové absorbéry a očisťuje ich od pevných častíc pomocou striekajúcej vody na princípe protiprúdu.

Biopráčka 1. stupeň – alkalické a neutrálne organické zložky odpadového vzduchu sa neutralizujú a biologicky rozkladajú. Súčasne je vykonávaná absorbcia čpavku.

Biopráčka 2. stupeň – kyslé a neutrálne zápachové látky sa prevažne neutralizujú a biologicky odbúravajú.

Stanica nádrží – pozostáva z dávkovača kyseliny sírovej, hydroxidu sodného, fosfátu podľa predpisu.

Na dezodorizačnom zariadení sa vykonáva kontrolné meranie pH a teploty.



Obrázok 1 Technologická schéma biopráčky ÖSKO

Vybrané technické parametre posudzovanej biopráčky sú uvedené v tabuľke 1.

Tabuľka 1 Vybrané technické parametre Biopráčky ÖSKO

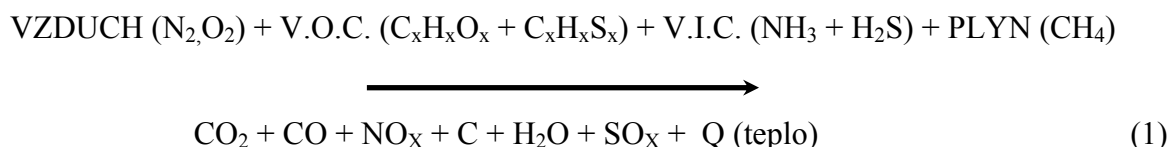
Množstvo odpadového vzduchu	cca 40000 m ³ /h
Teplota odpadového vzduchu	5 až 40 °C
Relatívna vlhkosť	cca 80 %
Elektrický príkon	115 kW

Termooxidačné zariadenie

Primárna dezodorácia je riešená pomocou oxidizéru, kde sú spaľované pachové látky zo zbytkového kondenzátu od sušiarne a medzi zásobníku pachové látky od lisu. Nebezpečie nedostatočného zachytávania pachových látok a ich následný prechod do ovzdušia je obmedzený použitím tepelného oxidizéra. Popis a technologická schéma zariadenia je uvedená v Čery – Janoško (2010). V spaľovacom zariadení dochádza k spaľovaniu zápachajúcich emisných častíc a takto upravený horúci plyn je následne vedený do kotla, kde dochádza k rekuperácii tepla. Spaľovacia komora má také dimenzie a vlastnosti, že je schopná vytvoriť dostatočnú turbulenciu plynného toku, ktorým vznikne homogénna zmes s jednotnou teplotou. Prítomné znečisťujúce látky sú eliminované počas procesu tepelnej oxidácie,



prostredníctvom ktorej sa vyhrieva tok znečisťujúcich látok na dostatočnú teplotu, potrebnú na nasledovný proces.



Následkom exotermickej reakcie stúpa teplota proporčne vzhľadom na koncentráciu polutantov (znečisťujúcich látok) na vstupe a v závislosti od ich výhrevnosti. Na zabezpečenie kompletnej oxidačnej reakcie procesu oxidácie je potrebné dodržanie teploty odpadových tokov. Zdržaný čas spalín pri vysokej teplote zabezpečí kompletnú oxidačnú reakciu VOC a VIC a CO. Turbulencia plynov v spaľovacej komore zabezpečí kompletnú oxidáciu polutantov.

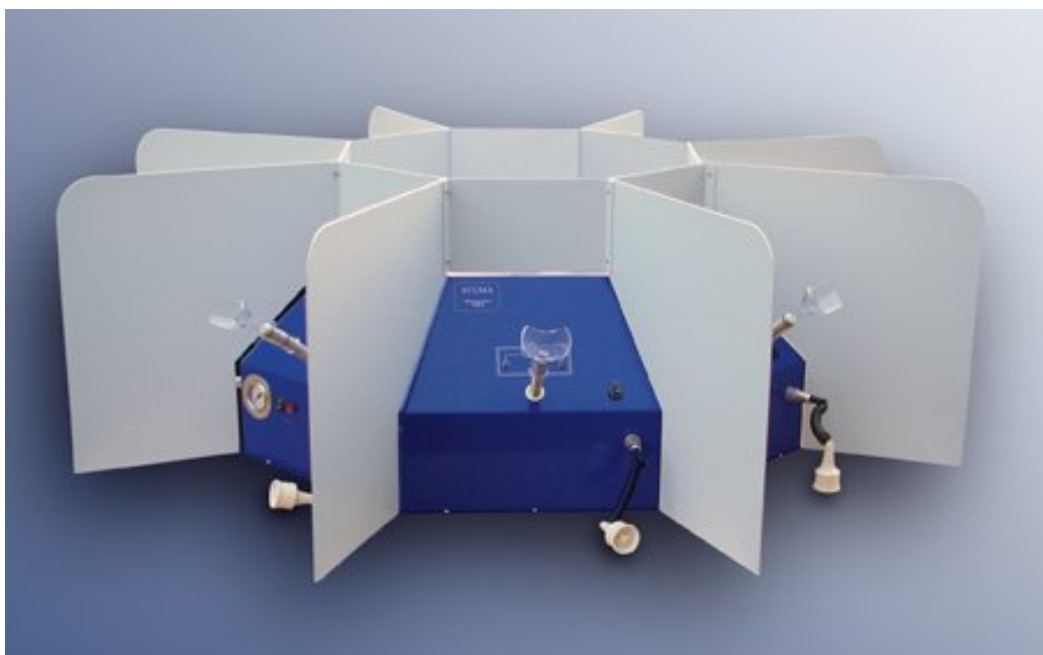
Tabuľka 2 Technické parametre oxidizéra

Výrobca	BABCOCK WANSON Italia
Rok výroby	2004
Typ	REC 980
Palivo	Zemný plyn, živočíšne tuky
Výhrevnosť	34,0 MJ/Nm ³ , 36,6 MJ/kg
Výhrevná plocha	318 m ²
Objem parného kotla	15,660 m ³
Pracovný pretlak	1,2 MPa
Min. teplota pary na výstupe	192 °C
Tepelný výkon kotla	6838 kW
Menovité/ min. množ. vyrob. pary	9,8 t/h / 3,3 t/h
Prevádzková teplota v spaľ. komore	950 °C
Max. teplota v spaľ. komore	1200 °C
Doba spaľovania	2 s
Objem spaľ. komory	24 m ³
Výška komína	15 m



3 VÝSLEDKY A DISKUSIA

Stanovenie obsahu a koncentrácie pachových látok unikajúcich do ovzdušia bolo posudzované prostredníctvom špeciálneho vyhodnocovacieho zariadenia olfaktometra od fa ECOMA, SRN (obr. 3).



Obrázok 3 Olfaktometer TO8-8 ECOMA

Stupne riedenia olfaktometra boli overené výrobcom olfaktometra pomocou kalibračného plynu Propán riedeného syntetickým vzduchom a sú v súlade s platnou ČSN EN 13725.

V komisii posudzovateľov sú posudzovatelia na základe výberového konania, ktorí vyhovujú testu na referenčnú látku n-butanol.

Podmienky v laboratóriu v dobe merania na olfaktometre:

Teplota 22,4 °C

Vlhkosť 51,2 %

Odber vzoriek

Na odber vzoriek bolo použité zariadenie v súlade s normou ČSN EN 13725 a vzorky boli odobraté do Nalophanových vakov fy ECOMA Germany. V súlade s Vyhláškou Ministerstva životného prostredia ČR č. 362 zo dňa 28. júna 2006 a v zhode so Zákonom o ochrane ovzdušia ČR č. 86 zo dňa 14. februára 2002, boli odobraté počas merania s nemennými prevádzkovými podmienkami štyri dielčie krátkodobé odbery vzoriek z každého zdroja. Miesta odberu vzoriek zo zdrojov sú uvedené na obr. 4 a 5 a postup odberu vzoriek v tab. 3 a 4.

Pre meranie teplôt nosného plynu bol použitý cajchovaný termočlánok NiCrNi ZA 9020-FSK (Ahlborn). Vlhkosť vzdušniny bola stanovená pomocou sondy pre



meranie relatívnej vlhkosti ZA 1909-DK (Ahlborn). Hodnoty atmosférického tlaku boli merané overeným digitálnym barometrom GPB 1300 fy Greisinger. Všetky vzorky boli po ukončení odberu okamžite dopravené do laboratória strediska merania pachových látok TOP-ENVI Tech Brno k následnému stanoveniu koncentrácie pachových látok metódou dynamickej olfaktometrie podľa ČSN EN 13725 komisiou posudzovateľov.



Obrázok 4 Odber vzoriek - Oxidizer



Obrázok 5 Odber vzoriek - Biopráčka

Tabuľka 3 Vybrané kvantifikátory odberu vzoriek – oxidizer

Vzorka	1	2	3	4
čas odberu začiatok	8:05	8:20	8:35	8:55
čas odberu koniec	8:15	8:30	8:46	9:05
Teplota spalín °C	207	202	198	198,2

Barometrický tlak 999 hPa Teplota okolia 17 °C

Tabuľka 4 Vybrané kvantifikátory odberu vzoriek - biopráčka

Vzorka	1	2	3	4
čas odberu začiatok	9:20	9:35	9:51	10:08
čas odberu koniec	9:28	9:43	10:01	10:13
Teplota spalín °C	35	34,8	35	35,1

Barometrický tlak 999 hPa Teplota okolia 17 °C



V tabuľkách 5 a 6 sú uvedené výsledky merania koncentrácie pachových látok v zhode so Zákomom o ochrane ovzdušia ČR č. 86/2002 a s Vyhláškou Ministerstva životního prostředí ČR č. 362/2006. Výsledná koncentrácia pachových látok je počítaná ako priemer jednotlivých odberov.

Tabuľka 5 Koncentrácia pachových látok vo vzorkách - Oxidizér

<i>Vzorka</i>	<i>Koncentrácia pachových látok (OU_E/m³)</i>	<i>Priemerná koncentrácia pachových látok (OU_E/m³)</i>
1	825	428,5
2	441	
3	362	
4	256	

Tabuľka 6 Koncentrácia pachových látok vo vzorkách- Biopráčka

<i>Vzorka</i>	<i>Koncentrácia pachových látok (OU_E/m³)</i>	<i>Priemerná koncentrácia pachových látok (OU_E/m³)</i>
1	15024	19184,5
2	28774	
3	19972	
4	15689	

4 ZÁVER

Z nameraných hodnôt koncentrácie pachových látok je zrejmy a neporovnateľný rozdiel v účinnosti použitých zariadení. Výsledné hodnoty unikajúcich pachových látok z biopráčky sú o dva rády vyššie ako hodnoty z tepelného oxidizéra. Zneškodňovanie z čoho je zrejmá aj kvalita purifikačného procesu inštalovaného zariadenia. Meranie pomocou olfaktometra nám pomôže určiť, ktoré zariadenie je lepšie na zníženie obťažujúcich látok, nie však na určenie emisných limitov aj vzhľadom na to, že emisií produkovaných pri spaľovaní odpadového vzduchu v oxidizéri je neporovnateľne viac ako pri použití biopráčky.

LITERATÚRA

ČERNECKÝ, J. - NEUPAUEROVÁ, A. - JANOŠKO, I. - SOLDÁN, M.: 2010. Technika životného prostredia. TU vo Zvolene 2010, s. 272, ISBN 978-80-228-2161-2

ČÉRY, M. - JANOŠKO, I.: 2009. Zneškodňovanie nebezpečných odpadov živočíšneho pôvodu II. In: *Technika odpadového hospodárstva: medzinárodný seminár,*



17. september 2009, Zvolen, Slovenská republika. - Zvolen: Technická univerzita Zvolen, 2009. ISBN 978-80-228-2027-1, s. 30-36.

ČÉRY, M. - JANOŠKO, I.: 2010. Emission Produced by the Combustion of Odor Substances in Thermooxidative device. In: Nové trendy v technike ochrany ovzdušia: medzinárodný seminár, 16. jún 2010, Zvolen, Slovenská republika. - Zvolen: Technická univerzita Zvolen, 2010. ISBN 978-80-228-2117-9, s. 24-31.

PECIAR, M. - ČERNECKÝ, J. - PECIAROVÁ, Z.: 2011. Ochrana ovzdušia – meranie a monitorovanie. Nakladateľstvo STU Bratislava, 2011, s. 136, ISBN 978-80-227-3392-2.

HOSTIN, S.: 2010. Využitie ozonizácie pre redukciu emisií prchavých látok do ovzdušia. In : Nové trendy v technike ochrany ovzdušia: medzinárodný seminár, 16. jún 2010, Zvolen, Slovenská republika. - Zvolen: Technická univerzita Zvolen, 2010. ISBN 978-80-228-2117-9, s. 41-47.

ČSN EN 13725 – Kvalita ovzdušia – Stanovenie koncentrácie pachových látok dynamickou olfaktometriou.

ČSN ISO 10 780 – Stacionárne zdroje emisií – Meranie rýchlosti a prietoku plynov v potrubí

BABCOCK WANSON GROUPE : Firemná literatúra

TOP-ENVI-Tech Brno. : Firemná literatúra

ÖSKO : Firemná literatúra

POĎAKOVANIE

*Príspevok bol vypracovaný v rámci riešenia projektu MŠ SR VEGA 1/0462/09
Eliminácia nežiaducich vplyvov prevádzky strojov na poľnohospodársku pôdu, vodu
a ovzdušie.*

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



CHROMATOGRAFICKÉ HODNOTENIE OXIDÁCIE VYBRANÝCH PRCHAVÝCH ORGANICKÝCH LÁTKO V OVZDUŠÍ OZÓNOM

CHROMATOGRAPHY EVALUATION OF OXIDATION OF SELECTED VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS IN THE AIR BY OZONE

Stanislav HOSTIN – Zuzana OBÚLANÁ

ABSTRACT: In contribution is describing experimental equipment and practical experiences about chromatographic evaluation of some volatile organic compounds oxidation in air by ozone.

Key words: volatile organic compounds, ozonization, gas chromatography.

ABSTRAKT: V príspevku je popísané experimentálne zariadenie a praktické skúsenosti z chromatografického hodnotenia oxidácie niektorých prchavých organických látok v ovzduší ozónom.

Kľúčové slová: prchavé organické látky, ozonizácia, plynová chromatografia.

ÚVOD

Prchavé organické látky (VOC) vyparujúce sa z materiálov do ovzdušia spôsobujú aromatické, vôňové alebo zápachové senzorické vnemy, ktoré môžu obťažujúco ovplyvňovať verejné alebo pracovné prostredie. Na odstraňovanie alebo znižovanie nepriaznivých účinkov aromatických látok v prostredí sa využívajú viaceré procesy. Jednou z možností je využitie ozónu, ktorý má aj v plynnom stave silné oxidačné vlastnosti. Naše pracovisko sa už dlhodobo zaoberá využitím ozonizácie vzduchu pre elimináciu negatívnych účinkov senzoricky obťažujúcich látok v ovzduší [1,2,3].

V tomto príspevku sú popísané predbežné výsledky hodnotenia oxidácie niektorých prchavých organických látok ozonizovaným vzduchom, ktoré sa uskutočňovalo na laboratórnom experimentálnom zariadení, ktoré bolo špeciálne zhotovené pre tento účel.

MATERIÁL A METÓDY

Pre stanovenie prchavých organických látok vo vzduchu sa použila metóda plynovej chromatografie, pomocou ktorej bolo možné stanovovať pary organických látok prítomných v uzatvorenom priestore. Odber plynných vzoriek z uzatvoreného priestoru sa zabezpečoval odsatím dostatočného objemu pár injekčnou striekačkou, ktoré sa následne priamo nastrekovali do plynovo-chromatografického zariadenia. Pred vlastným štúdiom oxidácie prchavých látok ozónom sa optimalizovali podmienky stanovenia vybraných prchavých organických látok, ktoré mali teplotu varu približne do 150 °C. Pre analýzu sa použila nasledovná zostava plynového chromatografu:

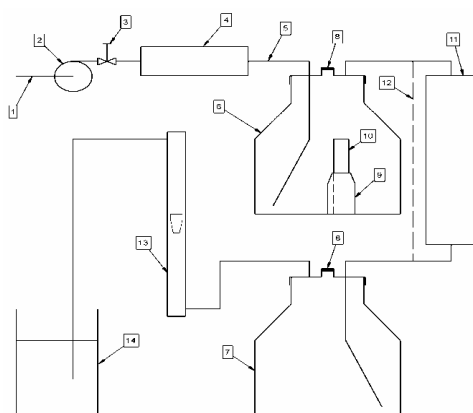
- plynový chromatograf AUTOSYSTEM XL Perkin Elmer s FID detektorom
- kapilárna kolóna SupelQ PLOT, SUPELCO Analytical (katalógové číslo 25462), I.D. 0,53 mm dĺžka 30 metrov
- integrátor Agilent SS420x so záznamom údajov pomocou PC



- softvér na spracovanie údajov – SHIMADZU – CLASS VP Chromatography Data System Version 4.3

Podmienky analýzy: teplotný program kolóny – 110 °C, 3 min; 45 °C/min; 190 °C 2 min; celkový čas analýzy 7 min, objem nástreku vzorky 0,1 ml; injektor 200 °C; detektor 250 °C; nosný plyn N₂, 300 kPa.

Pre hodnotenie pôsobenia ozonizovaného vzduchu na prchavé organické látky sa zostrojila prietoková laboratórna aparatúra, pomocou ktorej bolo možné študovať kinetiku vplyvu ozónu na ich oxidáciu v plynnom stave. Schéma a obrázok zariadenia je uvedená na Obrázku 1.



- | | | | |
|---|------------------------------------|----|---------------------------------|
| 1 | vstup vzduchu | 8 | gumené septum na odber vzoriek |
| 2 | vzduchovacie čerpadlo | 9 | zásobník na kvapalnú vzorku VOC |
| 3 | regulačný ventil | 10 | porézny volatilizačný knôt |
| 4 | iozonizátor, Dezoster, Hivus s.r.o | 11 | adsorpčná kolóna |
| 5 | potrubie – PE hadička ϕ 8 mm | 12 | obtok adsorpčnej kolóny |
| 6 | sklená komora odparovania VOC | 13 | rotameter |
| 7 | sklená komora odberu VOC | 14 | vodný uzáver – absorbcia VOC |

Obrázok 1 Schéma a obrázok aparatúry na testovanie účinku ozonizovaného vzduchu na oxidáciu prchavých organických látok.

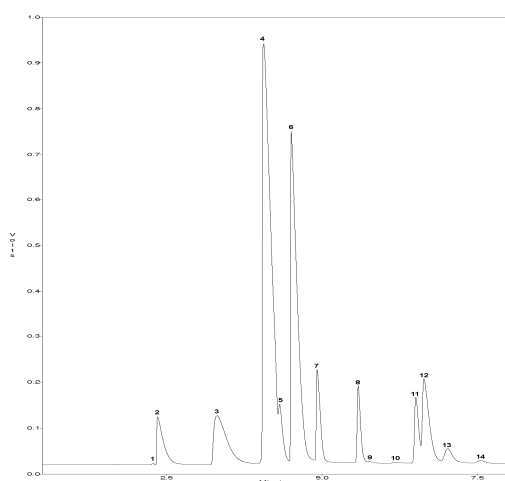
Postupovalo sa nasledovne. Pre vyparovanie VOC v sklenej komore 6 sa použila 20 ml sklená „vialka“ 9, v ktorej bol vložený volatilizačný knôt 10 zhotovený zo stočeného prúžku filtračného papiera o rozmere 15 x 10 cm, a do ktorej sa nadávkovalo 20 ml kvapalnej vzorky skúmanej organickej látky. Po hermetickom uzatvorení komory 6 sa do nej zahájilo čerpanie vzduchu pomocou vzduchovacieho čerpadla 2 s prietokom 9,5 ml/s. Prúdiaci vzduch do komory 6 najprv prechádzal cez priestor ionizačného zariadenia 4 a potrubím 5 prúdil do komory 6. Pokiaľ v ozonizačnom zariadení neboli elektricky napájané ionizačné trubice, tak na výstupe prúdil vzduch s nezmenenými vlastnosťami, t.j. bez prítomnosti ozónu. Keď sa ionizačné trubice napojili na elektrický prúd, tak prúdiaci vzduch z iozonizátora 4 obsahoval ozón, čím bolo možné predpokladať jeho oxidačné pôsobenie na prítomné pary prchavých organických látok. Výstup z komory 6 bol prepojený potrubím 12 na komoru 7, ktorá predstavovala priestor pre homogenizáciu vzdušiny, t. j. zmesi ozonizovaného vzduchu s parami prchavých organických látok. Do systému experimentálneho zariadenia možno



alternatívne zapojiť aj adsorpčnú kolónu 11, čím sa dajú realizovať aj pokusy pre štúdium účinku rôznych adsorpčných látok na účinnosť eliminácie prchavých organických látok v ovzduší v kombinácii s pôsobením ozónu. Komora 7 bola opatrená gumeným septom 8 na injekčný odber vzoriek, ktoré sa analyzovali plynovou chromatografiou. Podobným septom 8 bola opatrená aj komora 6. Na výstupe z komory 7 bol napojený rotameter 13, pomocou ktorého bolo možné sledovať prietok vzduchu cez experimentálne zariadenie, pričom jeho intenzitu bolo možné regulovať škrtiacim ventilom 3. Pre zamedzenie úniku zostatku prchavých látok v odchádzajúcom prúde vzduchu z aparatury do vonkajšieho priestoru bol vývod z aparatury zavedený do vodnej náplne 14, kde sa tieto absorbovali, a tým sa aj udržiaval stály pretlak vzduchu v aparatúre.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

V prvej časti práce sa hľadali najvhodnejšie podmienky plynovo-chromatografického stanovenia vybraných prchavých látok, ktoré sa uvažujú použiť pri štúdiu ich oxidácie ozónom. Prchavé organické látky sa vybrali hlavne na základe ich prchavosti do prostredia, a to najmä na základe teploty varu, ktorá predstavuje jednoduché kritérium miery odparovania. Ďalšie kritérium bolo ich použitie v praxi, ako látky reálne používané v rôznych oblastiach ľudskej činnosti a môžu predstavovať riziko ich úniku do životného prostredia. V doteraz realizovaných pokusoch sa použili nasledovné čisté prchavé látky: acetón, etanol, metanol, dietyléter, benzén, toluén, xylén, cyklohexán, 1-propanol, izopropanol, 1-pentanol, n-butylalkohol, izobutylalkohol, cyklohexanol, 2-pentanón, n-hexán, propionaldehyd, etylmetylketón, benzín, acetylacetón, u ktorých sa našli najvhodnejšie podmienky analýzy uvedené v predchádzajúcej časti práce. Overila sa aj vhodnosť uvedenej analytickej metódy na separáciu a identifikáciu zmesí čistých prchavých látok, ktoré sa pripravovali zmiešavaním pár prchavých organických látok v injekčnej striekačke, ktoré sa následne analyzovali plynovou chromatografiou. Príklad úspešnej separácie zložiek prchavých organických látok je prezentovaný chromatografickým záznamom analýzy zmesi pár izopropanolu, toluénu, xylénu, n-hexánu, n-butylalkoholu, izobutylalkoholu a pentanónu, ktorý je uvedený na Obrázku 2.

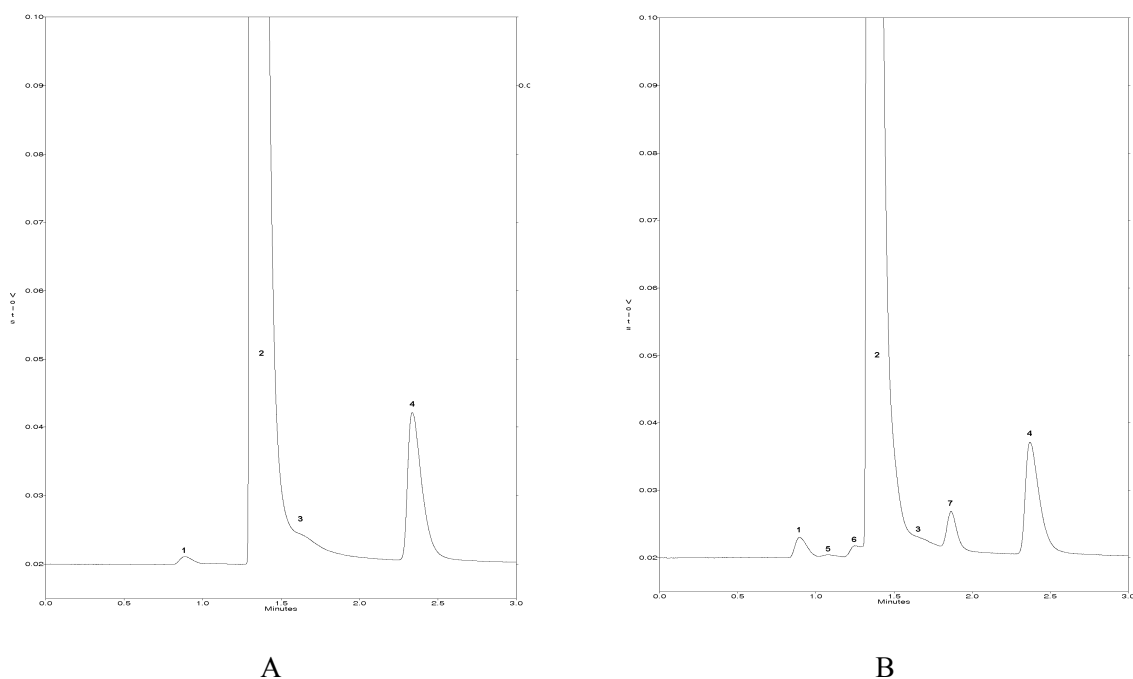


- 1 – neidentifikované
- 2 – izopropanol
- 3 – toluénová zložka
- 4 – n-hexán
- 5 – izo-butylalkohol
- 6 – n-butylalkohol
- 7 – pentanón
- 8 – toluénová zložka
- 9 – neidentifikované
- 10 – neidentifikované
- 11 – xylénová zložka
- 12 – xylénová zložka
- 13 – xylénová zložka
- 14 – neidentifikované

Obrázok 2 Chromatografický záznam analýzy zmesi pár izopropanolu, toluénu, xylénu, n-hexánu, n-butylalkoholu, izobutylalkoholu a pentanónu.



V ďalšej časti práce sú uvedené predbežné výsledky štúdia oxidačného účinku ozónu na metanol, ako predstaviteľa jednoduchej prchavej organickej látky, ktorá je pri bežných stavových podmienkach ľahko prchavá. Postupovalo sa tak, že po nadávkovaní potrebného objemu metanolu do volatilizačnej nádoby a uzatvorenií do sklenej komory sa zahájilo čerpanie vzduchu, čím sa zabezpečilo výraznejšie odparovanie pár metanolu do priestoru komory 6, odkiaľ sa pary organickej látky so vzduchom prečerpávali do komory 7, odkiaľ sa v pravidelných intervaloch odoberali vzorky vzduchu na chromatografickú analýzu. Pre zlepšenie separácie zložiek pár metanolu vo vzduchu sa použila nižšia teplota chromatografickej kolóny – 95 °C, s časom analýzy 3 min bez teplotného programu. Po dostatočne dlhom čase, keď koncentrácia pár metanolu vo vzduchu dosiahla maximálnu, konštantnú koncentráciu, sa zahájilo ozonizovanie vzduchu zapojením ionizačných trubíc do elektrickej siete. Pritom sa neustále monitorovalo zloženie vzdušiny v komore 7. Na Obrázku 3 sú uvedené chromatografické analýzy zloženia vzdušiny, kedy v časti A je výsledok analýzy vzduchu bez prítomnosti ozónu a v časti B zloženie v čase prítomnosti ozónu vo vzduchu.



- 1 – neidentifikovaná zložka pred ozonizáciou
- 2 – metanol
- 3 – neidentifikovaná zložka pred ozonizáciou
- 4 – etanol

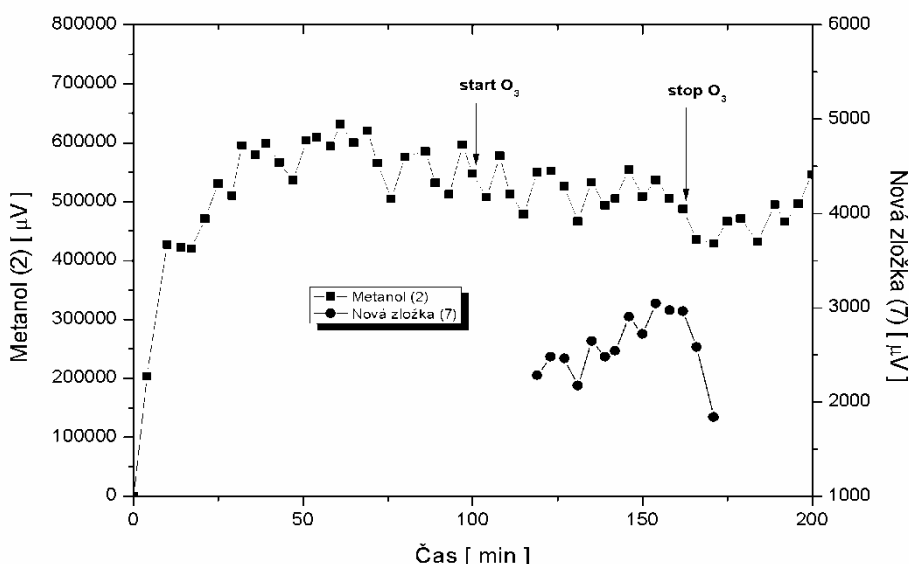
- 5 – neidentifikovaná nová zložka po ozonizácii
- 6 – neidentifikovaná nová zložka po ozonizácii
- 7 – neidentifikovaná nová zložka po ozonizácii

Obrázok 3 Chromatografické záznamy analýzy vzduchu s parami metanolu bez prítomnosti ozónu (A) a v čase s ozonizáciou vzduchu (B).

Z výsledkov je vidieť, že pary metanolu vo vzduchu bez ozónu predstavovali zložky reprezentujúce štyri píky, z ktorých dominantné postavenie mal čistý metanol (2) a etanol (4), ktorý často býva sprievodnou zložkou technického metanolu. Zistilo sa, že po ozonizácii obsahuje vzdušina tri nové neidentifikovateľné prchavé zložky reprezentujúce píky 5, 6, 7.



Na Obrázku 4 je uvedený záznam zmeny hodnoty signálu chromatografického stanovenia prchavých látok vo vzduchu počas ozonizácie, zodpovedajúceho kinetike zmeny okamžitej koncentrácie metanolu (2) a neidentifikovanej zložky (7), ktorá bola z nových píkov najvyššia.



Obrázok 4 Záznam zmeny hodnoty signálu chromatografického stanovenia prchavých látok vo vzduchu pred a počas ozonizácie, zodpovedajúceho okamžitej koncentrácii neidentifikovanej zložky (7).

Na Obrázku 4 vidieť priebeh zmeny zastúpenia metanolu vo vzduchu od spustenia prečerpávania vzduchu cez experimentálne zariadenie, ako aj počas doby ozonizovania vzduchu, až po odstavenie ionizácie vzduchu. Zistilo sa, že maximálna koncentrácia pár metanolu sa dosahuje v komore až po približne 50 min prečerpávania vzduchu cez komoru 6 a prvé záznamy o vzniku sekundárnych produktov oxidácie metanolu až po približne 15 min činnosti ozonizácie vzduchu. Zo záznamu je tiež zreteľné, že počas ozonizácie vzduchu, kedy sa predpokladá oxidačný účinok ozónu na prchavé látky sa zaznamenal aj mierny pokles koncentrácie pár metanolu, po odpojení ozonizácie sa úroveň pár metanolu vrátila na pôvodnú hodnotu.

ZÁVER

V závere možno konštatovať, že popísaná plynovo-chromatografická analýza je vhodná pre stanovenie prchavých organických látok do teploty varu 150 °C, u ktorých sa predpokladá štúdium účinku ozónu na ich oxidačnú degradáciu, resp. stabilitu.

Overilo sa tiež použitie experimentálneho zariadenia, pomocou ktorého možno kontinuálne sledovať obsah prchavých organických látok vo vzduchu, ako aj obsah sekundárnych produktov vznikajúcich počas oxidácie týchto látok ozónom.



LITERATÚRA

1. HOSTIN, S. - KREHLÍKOVÁ, A. - PALO, V. - KOCIAN, J.: Použitie head space plynovej chromatografie (HSGC) na monitorovanie znečistenia ovzdušia prchavými látkami vznikajúcimi pri pražení kávy. Application of headspace gas chromatography (HSGC) for monitoring of air polluted with volatile compounds which originate from roasted coffee. In: Vedecké práce MtF STU v Bratislave so sídlom v Trnave. - ISSN 1336-1589. - č. 17 (2004), s. 67-71
2. HOSTIN, S. - MICHALÍKOVÁ, A. - KREHLÍKOVÁ, A.: Využitie head space plynovej chromatografie pre stanovenie prchavých látok v odpadových vodách. In: TOP 2005. Technika ochrany prostredia : Zborník z medzinárodnej konferencie / nadát. Medzinárodná konferencia. 11. Časť Papiernička, 29.6.-1.7.2005. - Bratislava: STU v Bratislave, 2005. - ISBN 80-227-2249-9. - S. 327-332
3. HOSTIN, S.: Využitie ozonizácie pre redukciu emisií prchavých látok do ovzdušia. NOVÉ TRENDY V TECHNIKE OCHRANY OVZDUŠIA, Zvolen 2010, ISBN 978-80-228-2117-9. s. 41-47

Lektoroval: Ing. Andrea Neupauerová, PhD.

Kontaktná adresa:

doc. Ing. Stanislav Hostin, PhD., Ing. Zuzana Obúlaná, Fakulta prírodných vied, UCM Trnava, Katedra ekochémie a rádioekológie, Nám. J. Herdu 2, 917 01 Trnava



ŤAŽKÉ KOVY OBSIAHNUTÉ V PEVNÝCH ČASTICIACH

HEAVY METALS CONTAINED IN PARTICULATE MATTER

Dušan JANDAČKA

ABSTRACT: Dustiness represents a big problem in department of air pollution in the surrounding of highways. Dust air pollution is marked mainly in cities with heavy street pattern and heavy traffic. A mass of dust particles includes particles from different sources, with different dimensions, and different chemical composition in the air. Each characteristic of particulate matter – PM predestines their time of abidance in ambient air, their ability of long-distance transport and especially their toxicity for environment – health of population. Chemical composition of particulate matter is determining factor of pollution for human organism. Primary source of particulate matter could be estimate following chemical composition. First of all, the need for protection health of population is determining for urgency detect quantity of particulate matter in the air. Realized measurements are basis of set limiting steps for decrease pollution.

Key words: particulate matter, road, road traffic, air pollution, PM₁₀.

ABSTRAKT: Prašnosť v okolí cestných komunikácií predstavuje veľký problém v oblasti znečistenia ovzdušia. Znečistenie ovzdušia prachom je badateľné hlavne v mestách, s hustou sieťou mestských komunikácií a veľkou intenzitou dopravy. Masa prachových častíc v ovzduší zahŕňa častice rôzneho pôvodu, rôznych veľkostí, s rôznym chemickým zložením. Jednotlivé charakteristiky pevných častíc predurčujú ich dobu zotrvania v ovzduší, ich schopnosť diaľkového prenosu a hlavne ich škodlivosť pre životné prostredie – zdravie obyvateľstva. Chemické zloženie pevných častíc je určujúcim faktorom škodlivosti pre ľudský organizmus. Na základe chemického zloženia je možné odhadnúť primárny zdroj pevných častíc. Predovšetkým potreba ochrany zdravia obyvateľstva je rozhodujúca pre nutnosť zisťovania množstva pevných častíc v ovzduší. Uskutočnené merania sú potom podkladom pre stanovovanie obmedzení a opatrení na zníženie znečistenia.

Kľúčové slová: pevné častice, cestná komunikácia, cestná doprava, znečistenie ovzdušia, PM₁₀.

1. ÚVOD

Emisie z jednotlivých zdrojov v ovzduší vytvárajú veľmi zložitú zmes z hľadiska kvalitatívneho aj kvantitatívneho. Ich zloženie je výsledkom časovej a priestorovej distribúcie zdrojov, ich veľkosti a vlastností daných polutantov na jednej strane a meteorologických a klimatických podmienok danej oblasti na strane druhej.

Katedra cestného staviteľstva Stavebnej fakulty Žilinskej univerzity sa zapojila do riešenia medzinárodného projektu, ktorého cieľom bolo sledovanie tvorby prachovitých častíc z cestnej dopravy, ich kontaminácie kovmi v závislosti od druhu povrchu vozoviek a intenzity dopravy [1,2].

Ťažké kovy patria medzi základné skupiny kontaminujúcich látok, ktoré sa sledujú v rôznych zložkách životného prostredia. Ide o pomerne rozsiahlu skupinu kontaminantov, ktoré sa vyznačujú variabilnými zdrojmi svojho pôvodu a v mnohých prípadoch aj rôznymi názormi odbornej verejnosti na ich pôsobenie na zdravotný stav obyvateľstva.

Predmetom európskeho monitoringu sú najmä prvky: As, Cd, Hg a Pb. Tieto sa všeobecne považujú za najškodlivejšie pre ľudí a zvieratá. Nebezpečné môžu byť aj niektoré ďalšie prvky, ktoré sú v malom množstve v pôdach a rastlinách potrebné, keď sa však nahromadia vo veľkom množstve, môžu pôsobiť ešte toxickéjšie než skôr uvedené prvky. Takto sa môžu prejavovať: Cr, Co, Sn, Sb, Cu, Ni, Ag, Au, Zn, Mo, W, Mn, Fe a ďalšie [3].

Tieto prvky sa viažu na jemné častice aerosólov. Ťažké kovy sa dostávajú do životného prostredia cestou prírodných a antropogénnych procesov. Prírodné zdroje



zahrňujú in situ zvetrávacie procesy a atmosférickú depozíciu kovov, oceánické procesy a vulkanické erupcie. Antropogénne zdroje zahrňujú spaľovanie fosílnych palív na výrobu elektrickej energie, ťažbu a spracovanie rúd, priemyselné procesy, poľnohospodárske aktivity a neustále sa zvyšujúcu prevádzku motorových vozidiel.

2. MERANIE PEVNÝCH ČASTÍČ PRI CESTNÝCH KOMUNIKÁCIÁCH

Merania pevných častíc sú uskutočňované pri mestskej komunikácii v Žiline a jedenkrát boli realizované pri diaľnici D1 v Predmieri. Tieto merania sú súčasťou doktorandského výskumu, ktorý je zameraný na vplyv cestnej dopravy na výskyt tuhých častíc. Cieľom je dlhodobé sledovanie pomerného zastúpenia pevných častíc v ovzduší PM_{10} , $PM_{2,5}$ a $PM_{1,0}$ a ich správanie vzhľadom na okolité podmienky. V druhej fáze sledovania sa realizuje chemický rozbor pevných častíc a stanovenie ich možného zdroja.

Meracie stanovište v Žiline je umiestnené na ulici V. Spányola pri Regionálnom úrade verejného zdravotníctva (RUVZ) a stanovište v Predmieri bolo pri diaľnici D1 v areáli Strediska správy a údržby diaľnic (SSUD). Pre zisťovanie množstva pevných častíc v ovzduší je používaná referenčná metóda podľa STN EN 12341 [4] a STN EN 14907 [5]. Na meranie sú používané nízko objemové vzorkovače LECKEL LVS3 v počte 3 kusy. Súbežne sú merané tri frakcie pevných častíc PM_{10} , $PM_{2,5}$ a $PM_{1,0}$. Pevné častice sú zachytávané na nitrocelulózové filtre priemeru 47 mm a gravimetricky vyhodnocované.



Obr. 1 Meracie stanovište – diaľnica D1 (SSUD)
a Žilina, mesto (RUVZ)



Obr. 2 Radarové sčítacie zariadenie SIERZEGA SR4 (vľavo)
a meteostanica WS 888 (vpravo).



Intenzita dopravy sa zaznamenáva kontinuálne automatickým detektorom pre sčítanie dopravy SIERZEGA SR4. Zároveň sa kontinuálne sledujú aj meteorologické podmienky (teplota, vlhkosť ovzdušia, intenzita a smer vetra) meteostanicou WS888 (Obr. 2).

Monitorovanie ovzdušia pozdĺž komunikácií prebiehalo a naďalej prebieha v týždenných cykloch, sledované boli tri frakcie tuhých častíc ($PM_{1,0}$, $PM_{2,5}$ a PM_{10}). Filtre v zariadeniach boli menené dvakrát za 24 hodín, denný merací interval od 6:00 do 22:00 h a nočný merací interval od 22:00 do 6:00 h.

3. STANOVENIE MNOŽSTVA VYBRANÝCH KOVOV V PEVNÝCH ČASTICIACH

V literatúre [6,10] sa uvádza, že tuhé častice vznikajúce pri spaľovacom procese v doprave sa vyskytujú v zhluchoch agregátov guľovitých častíc, ale určovanie pôvodu častíc len na základe ich tvaru je málo preukazné. Preto sme sa pri riešení tohto problému zamerali na sledovanie PM odoberaných na lokalitách s presne definovanými zdrojmi s tým, že sa podrobne sledovali aj vybrané chemické charakteristiky PM.

Tabuľka 1 Zdroje kovov obsiahnutých v pevných časticách – všeobecne [6, 7, 8, 9]

Zdroj	Druhy produkovaných kovov
Doprava - obrus krytu vozovky	Al, Si, Ca, Mg, C, Na, K
- obrus súčasti karosérie	Cu, Sn, Cr, Pb, Cd, As, Sb
- obrus brzdového obloženia	Cu, Sb, Ba
- spaľovanie pohonných hmôt	Mo, V
- namáhanie katalyzátora	Pt, Pa, Rh (platinové kovy)
Spaľovne uhlia a odpadov	Zn, Sb, Cu, Cd, Hg, Se, As, Cr, Co, Al
Priemysel	Sb, Ag, V, Ni, As, In, Cu, Mn, Ce, Co, Cr, Pb
Spaľovanie biomasy	K
Pôdny a mestský prach	Ti, Al, Fe, Mn, Cr, Cu, Th

Na identifikáciu alebo stanovenie prítomnej chemickej formy sledovaného prvku vo vzorke tuhých častíc sa využívali spektroskopické metódy.

Pred stanovením anorganických škodlivín boli filtre rozložené zmesou kyselín (HNO_3 a HF) a oxidačných činidiel s následným stanovením metódou hmotnostnej spektrometrie s indukčne viazanou plazmou ICP MS (Perkin-Elmer ELAN 6000 - USA) - Obr. 3 v spolupráci s Geologickým ústavom Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského v Bratislave.

V rámci riešenia výskumného projektu na pracovisku autora boli vybraté kovy, ktoré sú sledované v rámci odobraných vzoriek ovzdušia pozdĺž cestných komunikácií za účelom sledovania ich množstva a pomeru vo frakcii PM_{10} .



Obr. 3 Hmotnostný spektrometer ELAN 6000
(pracovisko GÚ PriF UK Bratislava)

Zatiaľ máme k dispozícii výsledky obsahov kovov vo frakcii PM_{10} z obdobia október 2010 (19.10.2010 – 25.10.2010). Marec a apríl 2011 sa chemicky vyhodnocujú práve teraz. Počas monitorovania boli meracie cykly rozdelené na nočnú a dennú prevádzku motorových vozidiel, za účelom zistenia, či pri slabšej premávke v noci budú aj koncentrácie pevných častíc a zároveň obsahy vybraných prvkov nižšie. Pre sledovanie boli vybrané kovy, ktoré sú podľa doterajších štúdií produkované dopravou.

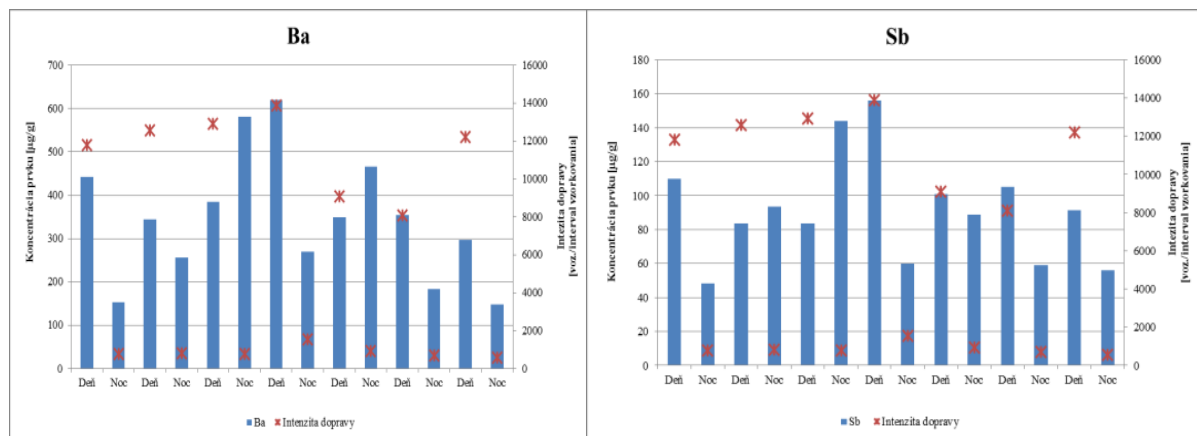
Na nasledujúcich obrázkoch (Obr. 4 – Obr. 7) sú znázornené koncentrácie jednotlivých kovov v pevných časticiach a intenzita dopravy pre nočnú a dennú prevádzku na cestnej komunikácii. Kovy sú rozdelené do skupín, podľa predpokladaného zdroja, z ktorého by mohli pochádzať.

Vybrané kovy predstavujú približne 5 % z celkovej hmotnosti pevných častíc PM_{10} . Najväčšie zastúpenie majú predpokladané prvky pochádzajúce z obrusu krytu vozovky (Al, Ca, Mg, Na). Ich koncentrácia sa pohybuje až do 40000 $\mu\text{g/g}$ PM_{10} pri prvku Ca. Predstavujú až 98 % zo skupiny vybraných kovov pre identifikovanie cestnej dopravy, ako možného zdroja pevných častíc.

Z pohľadu škodlivosti na zdravie obyvateľstva sú dôležité hlavne prvky s karcinogénnymi účinkami ako As, Cd, Cr, Ni, ktoré môžu pochádzať z rôznych súčastí karosérie automobilov. Tieto prvky predstavujú 0,23 % z celkového množstva vybraných (skúmaných) prvkov vo frakcii PM_{10} . Tieto prvky ani zďaleka nedosahujú stanovené limitné (cieľové) hodnoty na ochranu zdravia ľudí, ale môžu prispieť k identifikovaniu vplyvu automobilovej dopravy na množstvo pevných častíc v ovzduší.

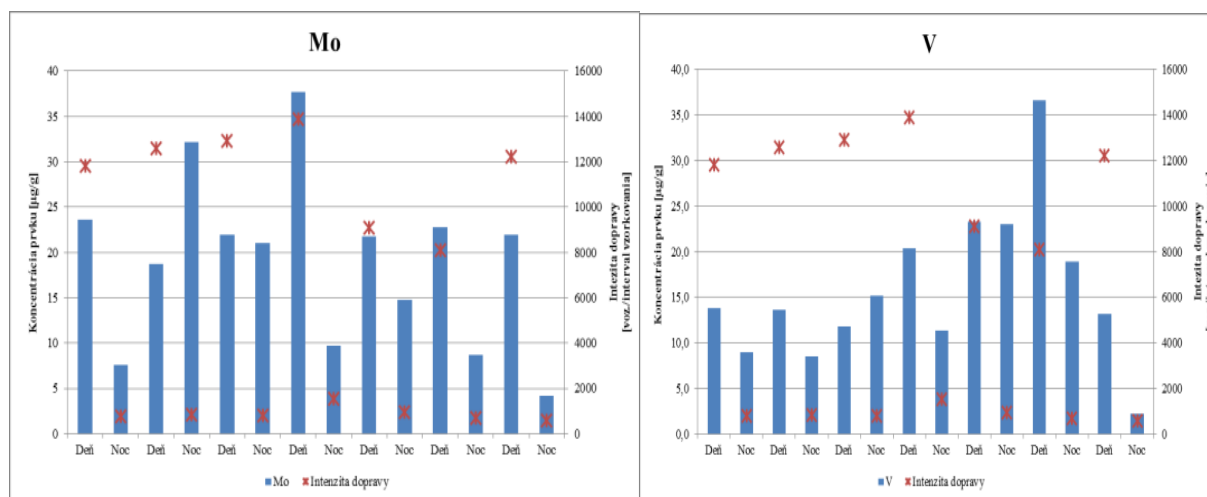


- Prvky prezentujúce obrus brzdového obloženia



Obr. 4 Koncentrácie kovov v PM₁₀ pochádzajúcich z obrusu brzdového obloženia namerané v období 19.10.2010 – 25.10.2010

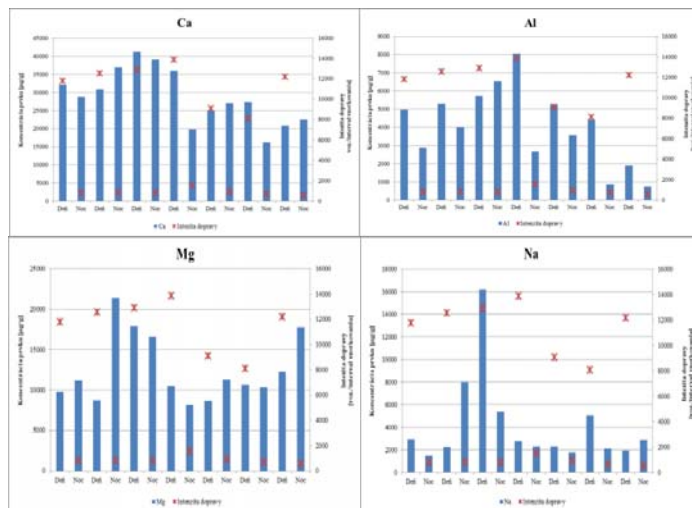
- Prvky prezentujúce spaľovanie pohonných hmôt



Obr. 5 Koncentrácie kovov v PM₁₀ pochádzajúcich zo spaľovacích procesov namerané v období 19.10.2010 – 25.10.2010

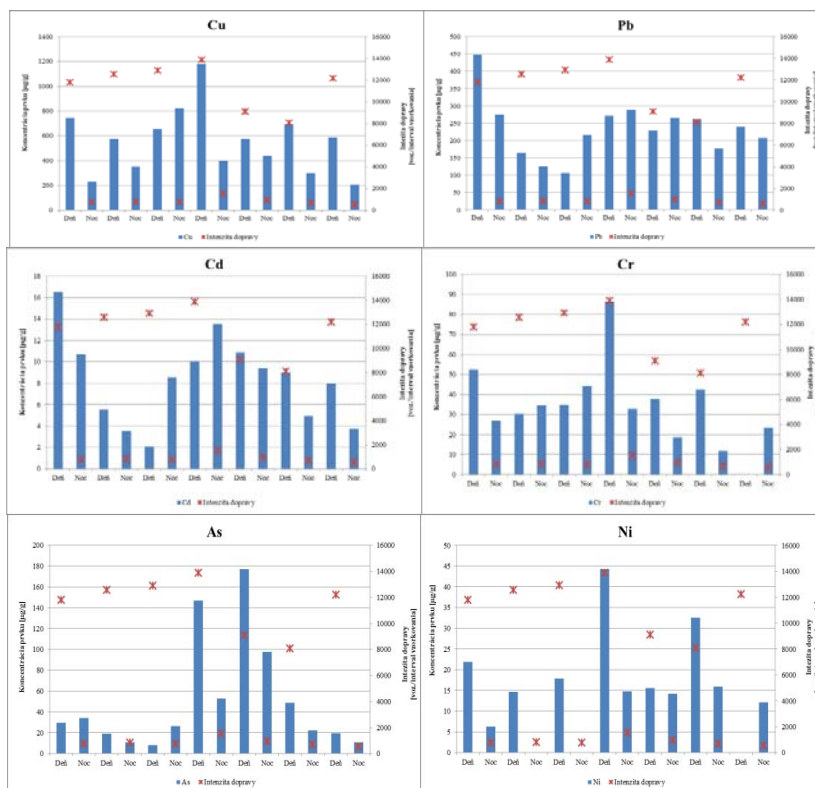


- Prvky prezentujúce obrus krytu vozovky



Obr. 6 Koncentrácie kovov v PM₁₀ pochádzajúcich z obrusu krytu vozovky namerané v období 19.10.2010 – 25.10.2010

- Prvky prezentujúce obrus súčastí karosérie



Obr. 7 Koncentrácie kovov v PM₁₀ pochádzajúcich z obrusu súčastí karosérie namerané v období 19.10.2010 – 25.10.2010



4. DISKUSIA K DOSIAHNUTÝM VÝSLEDKOM

Výsledky obsahov vybraných kovov vo frakcii PM₁₀ máme vyhodnotené zatiaľ len z jedného meracieho obdobia – október 2010. Preto nie je možné robiť v tejto fáze výskumu závery, čo sa týka príspevku automobilovej dopravy k tvorbe pevných častíc. Jediné čo sa dá usúdiť z daných výsledkov je to, že zvolené kovové prvky sa skutočne nachádzajú v skúmanej frakcii pevných častíc. Vplyv intenzity dopravy na obsahy jednotlivých prvkov nie je až taký jednoznačný (rozdelenie meraní na nočnú a dennú prevádzku), i keď pokles dopravy v noci je mnohonásobný.

Daný fakt môže byť spôsobený rôznymi inými okolnosťami, ktoré sú prítomné počas meraní. A to hlavne meteorologickými podmienkami, kde môže byť rozhodujúci vietor, prípadne zrážky a poloha meracieho stanovišťa – kaňon ulice. Nezanedbateľný vplyv na koncentrácie pevných častíc a tým pádom aj koncentrácie prvkov môžu mať aj iné zdroje produkujúce pevné častice. Sú to hlavne stacionárne zdroje, ktoré môžu počas vykurovacej sezóny produkovať pevné častice a nemusia sa nachádzať v bezprostrednej blízkosti meracieho stanovišťa, o čom nás presvedčila vykonaná anketa a spôsobe vykurovania v okolí meracieho stanovišťa. K diaľkovému transportu pevných častíc prispieva hlavne vietor.

V meraniach sa naďalej pokračuje, sú očakávané ďalšie vyhodnotenia obsahov kovov v pevných časticách, aby bolo výsledkov čo najviac a mohli byť porovnávané napr. ročné obdobia, realizované aj iné postupy vyhodnocovania, ako napríklad štatistické analýzy (faktorová analýza).

Dôležité merania budú hlavne z letných období, kde sú minimálne vplyvy iných zdrojov, predovšetkým vykurovania. Dúfame, že výsledky z týchto ďalších meraní prispejú k dosiahnutiu našich cieľov.

LITERATÚRA:

- [1] HAIDER, M. et al.: Guidelines for the environmental assessment of various pavement types including recommendations to roads authorities in NMS, WP5 Environmental assessment, SPENS - Sustainable Pavements for European New Member States, Activity report, Vienna 2009, p.97
- [2] DECKÝ, M., ĎURČANSKÁ, D.: Vplyv prevádzkovej spôsobilosti vozoviek na imisie od cestnej dopravy, Záverečná správa GÚ 1/0673/08
- [3] ĎURŽA, O.: Využitie pôdnej magnetometrie v environmentálnej geochemii ťažkých kovov, Acta Geologica Universitatis Comenianae, Nr. 58, 2003, pp. 29-55
- [4] STN 12341: Ochrana ovzdušia. Určenie frakcie PM₁₀ poletujúcich častíc. Referenčná metóda a skúšobné postupy v teréne na dôkaz referenčnej rovnocennosti meracích metód.
- [5] STN EN 14907: Ochrana ovzdušia. Vonkajšie ovzdušie. Štandardná gravimetrická metóda merania na zisťovanie hmotnostnej frakcie PM_{2,5} suspendovaných častíc
- [6] ADAMEC, V. et al.: Prašnosť z dopravy a její vlivy na imisní zatížení ovzduší suspendovanými částicemi. Zpráva projektu VaV 1F54H/098/520. Centrum dopravního výzkumu, v.v.i., Brno, 2008.



- [7] WEINBRUCH, S., EBERT, M.: Source apportionment of atmospheric aerosols based on electron microscopy, Technical University of Darmstadt. 2004.
- [8] McCULLUM, K., KINDZIERSKI, W.: Analysis of particulate matter origin in ambient air at High Level. Department of Civil and Environmental Engineering, University of Alberta, Edmonton, Alberta. 2001
- [9] GATARI, M. J., BOMAN, J., WAGNER, A., JANHÄLL, S., ISAKSON, J.: Assessment of inorganic content of PM_{2,5} particles sampled in a rural area north-east of Hanoi, Vietnam. Science of the total environment 368, 2006.
- [10] VOJTEŠEK, M., MIKUŠKA, P., VEČEŘA, Z.: Výskyt, zdroje a stanovení kovů v ovzduší. Chemické listy 103. 2009. ISSN 1213-7103.

Práca vznikla s podporou grantovej úlohy VEGA 1/0508/11 v nadväznosti na úlohu 1/0673/08 a vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt:

Centrum excelentnosti pre systémy a služby inteligentnej dopravy, ITMS 26220120028
spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.



Agentúra
Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu SR
pre štrukturálne fondy EÚ

"Podporujeme výskumné aktivity na Slovensku/Projekt je spolufinancovaný zo zdrojov EÚ"

Lektoroval: doc. Ing. Jozef Černecký, CSc.

Kontaktná adresa:

Ing. Dušan Jandačka, Žilinská univerzita v Žiline, Stavebná fakulta, Katedra cestného staviteľstva; e-mail: dušan.jandacka@fstav.uniza.sk.



VPLYV TVARU ROZŠIRUJÚCEJ SA ČASTI VZDUCHOTECHNICKÉHO POTRUBIA NA PRÚDENIE

THE INFLUENCE OF AIR PIPE EXPANSION ON THE FLOW

Ján KONIAR – Jozef ČERNECKÝ – Zuzana BRODNIANSKÁ

ABSTRACT: This contribution deals with the influence of air pipe expansion on the flow. Three different expansions are compared. The velocity and flow direction in expansion section can be evaluated by streamlines and determined the influence expansion section on the flow.

Key words: vzduchotechnické potrubie, prúdenie, CFD simulácie.

ABSTRAKT: Príspevok sa zaoberá vplyvom tvaru rozširujúcej sa časti vzduchotechnického potrubia na prúdenie vzduchu. Sú tu porovnané tri rôzne tvary rozširujúcich sa častí potrubia. Z výsledných prúdnic možno vyhodnotiť rýchlosť a smer prúdenia v prechodovej časti potrubia, a teda aj zistiť vplyv tvaru rozširujúcej sa časti potrubia na prúdenie vzduchu.

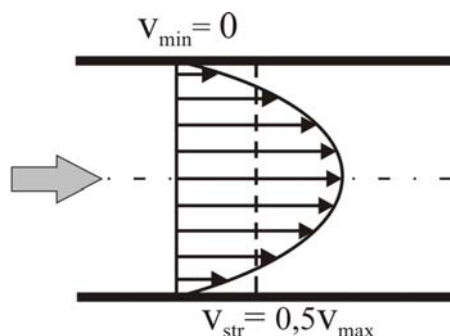
Kľúčové slová: air pipe, flow, CFD simulations.

1. ÚVOD

Vzduchotechnický systém pozostáva zo sacích nádstavcov, potrubí, tvarových kusov, ventilátora a odlučovacieho zariadenia. Vzduchotechnické potrubia sú významnou časťou vzduchotechnických systémov s využitím pre dopravu dezintegrovanej drevnej hmoty do odlučovacieho zariadenia. Tvarové kusy sa používajú ku zmene smeru prúdenia vzduchu a ku pripojeniu vedľajších potrubí na hlavné vzduchotechnické potrubie. Medzi tvarové kusy patria rôzne oblúky (kolená), prípojky a prechody. V príspevku sme sa zamerali na prúdenie v častiach vzduchotechnického potrubia, kde dochádza ku zväčšeniu priemeru potrubia (Dzurenda, 2002).

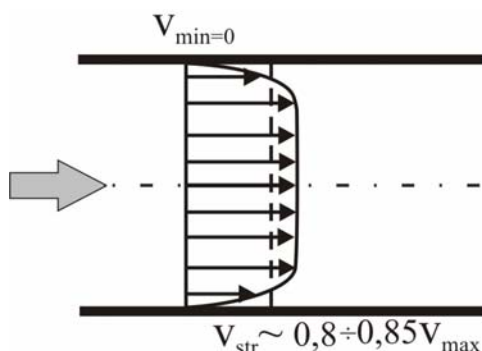
2. PRÚDENIE VZDUCHU VO VZDUCHOTECHNICKOM POTRUBÍ

Prúdenie heterogénnej zmesi v potrubí môže byť laminárne alebo turbulentné, čo závisí od rýchlosti prúdenia. Pri laminárnom prúdení sa častice vzduchu pohybujú vo vrstvách vzájomne rovnobežných a nemiešajú sa so susednými časticami. Laminárne prúdenie sa vytvára pri nižších rýchlostiach prúdenia vzduchu v potrubí, alebo v potrubíach s väčším priemerom. Rýchlostný profil pri laminárnom prúdení má tvar kvadratickej paraboly (Obrázok 1), a najväčšia rýchlosť je v osi prúdu. Laminárny režim prúdenia v kruhových hladkých kovových rúrach je pre hodnotu $Re < 2200$ až 2300 .



Obrázok 1 Rýchlostný profil laminárneho režimu prúdenia v potrubí (Dzurenda, 2002)

Pri turbulentnom prúdení konajú molekuly základný pohyb v smere prúdenia a okrem toho aj flukтуаčný pohyb, ktorý spôsobuje vzájomné miešanie molekúl prúdiaceho vzduchu v jednotlivých vrstvách. Rýchlostný profil má tvar sploštenej parabolickej krivky (Obrázok 2).



Obrázok 2 Rýchlostný profil turbulentného režimu prúdenia v potrubí (Dzurenda, 2002)

Turbulentný režim prúdenia v kruhových hladkých kovových rúrach je pre hodnotu $Re > 2200$ až 2300 . V potrubíach s drsným povrchom nastáva turbulentné prúdenie už pri menších hodnotách Reynoldsovo čísla (Dzurenda, 2002).

Medzi laminárnym a turbulentným prúdením existuje oblasť prechodového prúdenia, kde sa vyskytujú znaky laminárneho aj turbulentného prúdenia. Kritérium, ktorým sa vyjadruje druh prúdenia tekutiny je Reynoldsovo číslo:

$$Re = \frac{v_{str} \cdot d}{\nu} \quad (1)$$

d – priemer potrubia [m],

ν – koeficient kinematickej viskozity [$m^2 \cdot s^{-1}$] (Lienhard, 2006).

Aby sa vytvoril vyvinutý rýchlostný profil v potrubí, dĺžka nábehovej časti by mala byť osemnásobok priemeru potrubia. Rýchlostný profil vytvoríme tak, že v každom bode prierezu nanesieme vektor príslušnej rýchlosti a ich koncové body spojíme (Hejma, 1981).



Pre prúdenie heterogénnej zmesi v potrubí (pri nemennej hustote) platí rovnica kontinuity:

$$S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2 \Rightarrow S \cdot v_{str} = konšt. \quad (2)$$

S_1, S_2 – plocha potrubia [m^2],
 v_1, v_2 – rýchlosť prúdenia tekutiny v potrubí [$m \cdot s^{-1}$].

Stredná rýchlosť prúdenia v_{str} sa určuje zo vzťahu:

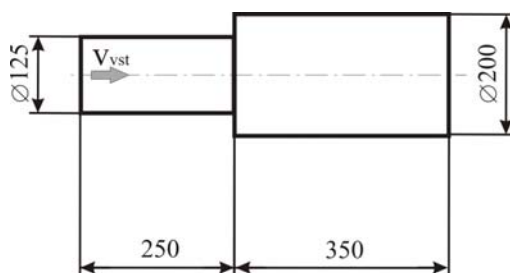
$$v_{str} = \frac{Q}{S} = \frac{4Q}{\pi d^2} \quad (3)$$

Q - objemový prietok [$m^3 \cdot s^{-1}$] (Longauer, 1991).

3. SIMULÁCIA PRÚDENIA VZDUCHU V ROZŠIRUJÚCEJ SA ČASTI VZDUCHOTECHNICKÉHO POTRUBIA

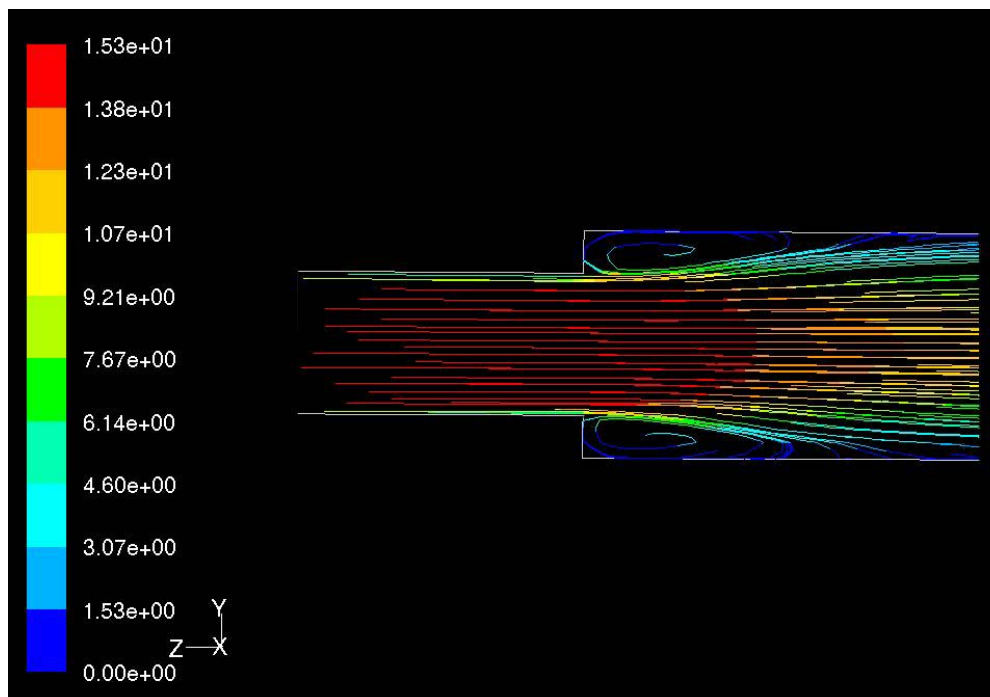
Optimalizácia prúdenia v tvarových kusoch (oblúky, rozšírenia a zúženia prierezu, prípojky a pod.) vzduchotechnických systémov je dôležitá aj z pohľadu znižovania vradených tlakových strát. Voľbou vhodného tvaru jednotlivých častí vzduchotechnických systémov sa zvýši ich životnosť, zníži sa prevádzková hlučnosť a zároveň sa znížia aj tlakové straty.

V príspevku sú porovnané tri spôsoby rozšírenia vzduchotechnického potrubia. Pre každý spôsob rozšírenia je uvedená CFD simulácia prúdenia s prúdniciami farebne prislúchajúcimi spektru hodnôt. Prvý prípad je skúmaný pri potrubí s náhlým rozšírením prierezu a jeho rozmery znázorňuje obrázok 3.



Obrázok 3 Rozmery časti vzduchotechnického potrubia s náhlým rozšírením prierezu

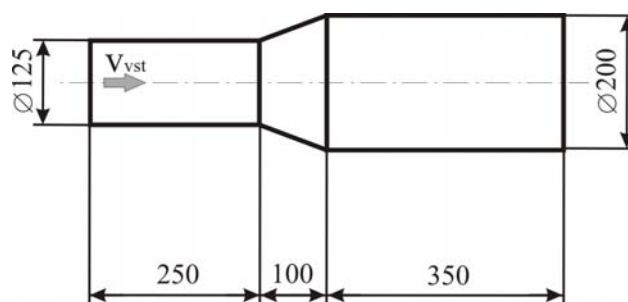
Na obrázku 4 je ukážka CFD simulácie prúdenia pri náhlom rozšírení priemeru vzduchotechnického potrubia zo 125 mm na 200 mm.



Obrázok 4 Prúdenie vzduchu v časti vzduchotechnického potrubia s náhlým rozšírením

Rýchlosť prúdenia na vstupe do vzduchotechnického potrubia bola 15 m.s^{-1} . Prúdnice na obrázku 4 sú zafarbené podľa veľkosti rýchlosti prúdenia vzduchu. Červená farba je priradená vstupnej rýchlosti 15 m.s^{-1} .

Za vstupom do rozšírenej časti potrubia sa postupne rýchlostný profil vyvíja a rýchlosť prúdenia klesá. Rýchlostný profil sa ustáli až vo väčšej vzdialenosti v porovnaní s prúdením pri postupnom rozširovaní prierezu. Prúdenie pri náhlom rozšírení prierezu je charakteristické tvorbou vírov, čo je v tomto prípade nežiaduce.

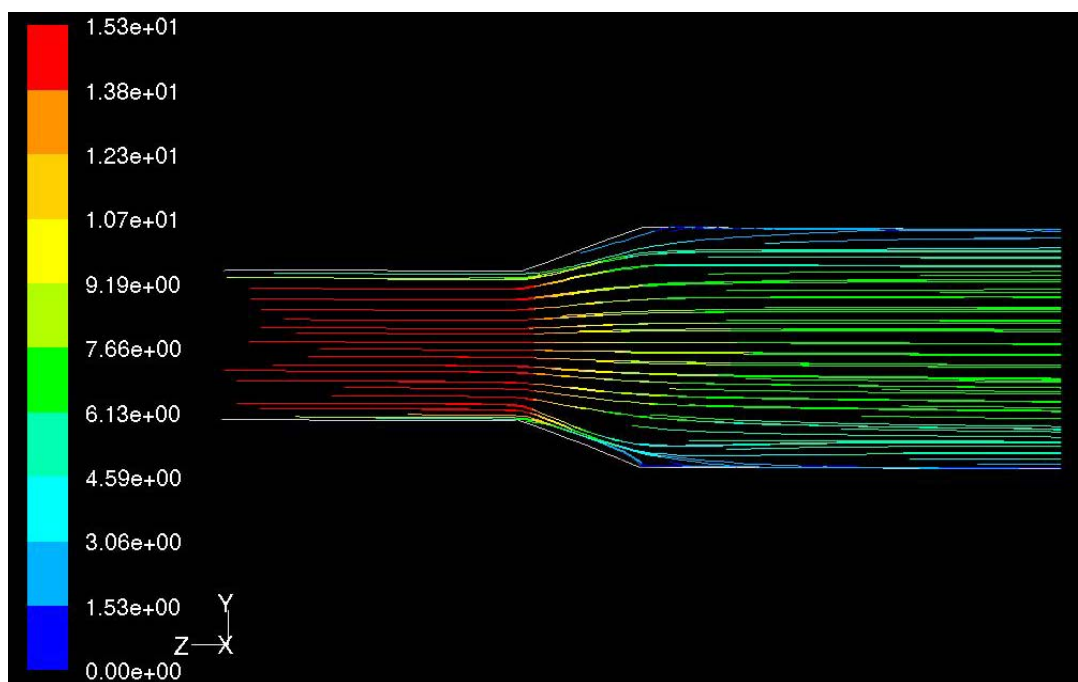


Obrázok 5 Rozmery časti vzduchotechnického potrubia s postupným rozšírením prierezu na dĺžke 100 mm

Na obrázku 6 je ukážka CFD simulácie prúdenia pri postupnom rozšírení priemeru vzduchotechnického potrubia zo 125 mm na 200 mm na vzdialenosti 100 mm. Rozmery tvarového prechodu sú uvedené na obrázku 5. Rýchlosť prúdenia na vstupe bola 15 m.s^{-1} . Za vstupom do potrubia, ktoré sa postupne rozširuje, sa rýchlostný profil vyvíja rovnomernejšie a rýchlosť prúdenia klesá.

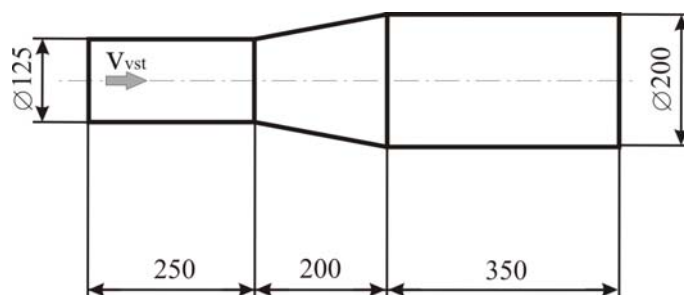


Pri porovnaní s prúdniciami na obr. 4 je prúdenie v rozširujúcej sa časti potrubia rovnomernejšie. Rýchlostný profil sa skôr ustáli a prúdenie nie je sprevádzané veľkou tvorbou vírov.



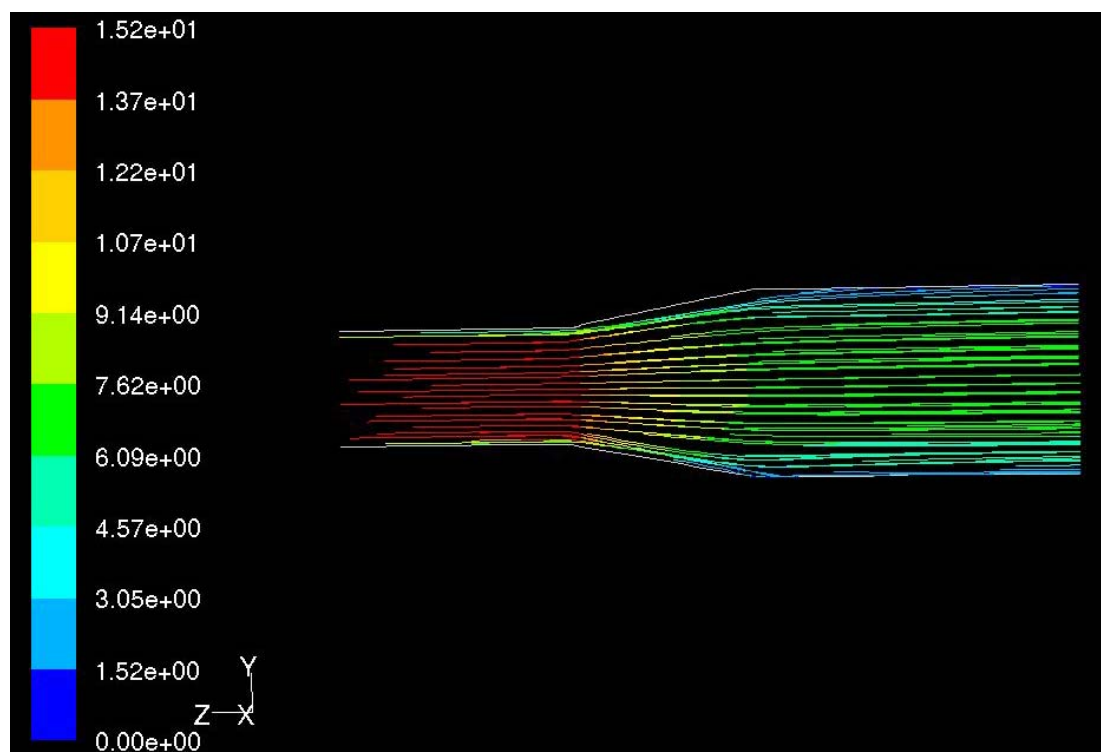
Obrázok 6 Prúdenie vzduchu v časti vzduchotechnického potrubia s postupným rozšírením prierezu na dĺžke 100 mm

Tretou variantou pre rozširujúci sa prechod vzduchotechnického potrubia je rozšírenie na úseku 200 mm (Obrázok 7).



Obrázok 7 Rozmery časti vzduchotechnického potrubia s postupným rozšírením prierezu na dĺžke 200 mm

Ukážka CFD simulácie prúdenia pri rozšírení prierezu vzduchotechnického potrubia zo 125 mm na 200 mm na vzdialenosti 200 mm je uvedená na obrázku 8. Rýchlosť prúdenia na vstupe bola rovnaká ako v predchádzajúcich prípadoch (15 m.s^{-1}). V tomto treťom prípade je z prúdníc zrejmé, že zmena prúdenia je ešte rovnomernejšia, ale do veľkej miery z kvalitatívneho pohľadu podobná, ako pri rozšírení prierezu na vzdialenosti 100 mm.



Obrázok 8 Prúdenie vzduchu v časti vzduchotechnického potrubia s postupným rozšírením prierezu na dĺžke 200 mm

4. ZÁVER

Príspevok je zameraný na prísun poznatkov o prúdení v rozširujúcej sa časti vzduchotechnického potrubia. Sú v ňom uvedené ukážky CFD simulácií prúdenia v troch rozširujúcich sa častiach vzduchotechnického potrubia s odlišnou geometriou.

Pri simulácii bolo pre zjednodušenie okrajových podmienok uvažované len prúdenie vzduchu, nie prúdenie heterogénnej zmesi vzduchu s časticami TZL. V súčasnej dobe sa pri návrhu jednotlivých častí vzduchotechnických systémov dostávajú do popredia numerické simulácie. Existencia prepracovaných numerických metód však neznižuje potrebu experimentálnych meraní.

Za možnosť pracovať v programe FLUENT ďakujeme Katedre energetickej techniky, Strojníckej fakulty, Žilinskej univerzity v Žiline.

LITERATÚRA

DZURENDA, L.: 2002. *Vzduchotechnická doprava a separácia dezintegrovanej drevnej hmoty*. Zvolen : TU vo Zvolene, 2002. 143 s. ISBN 80-228-1212-9.

HEJMA, J. – BUDINSKÝ, K. – VÁVRA, A. – DRKAL, F.: 1981. *Vzduchotechnika v dřevozpracovávajícím průmyslu*. Praha: SNTL, 1981. 400 s. ISBN 04-829-81.

LIENHARD, J. H.: 2006. *A heat transfer textbook*. Third edition. Cambridge Massachusetts : Phlogiston Press, 2006. 766 p.



LONGAUER, J.: 1991. *Hydraulika a vzduchotechnika v drevospracujúcom priemysle*. 1. vydanie. Bratislava: ALFA, 1991. 384 s. ISBN 80-05-00835-X.

*Príspevok je riešený v rámci grantového projektu KEGA MŠ SR č. 027TUZVO-4/2011
„Vizualizačné a meracie metódy pre hodnotenie efektívnych spôsobov prenosu tepla“*

Lektoroval: Ing. Andrea Neupauerová, PhD.

Kontaktná adresa:

Ing. Ján Koniar, PhD., doc. Ing. Jozef Černecký, CSc., Ing. Zuzana Brodnianská, Katedra environmentálnej techniky, Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky, Technická univerzita vo Zvolene, Študentská 26, 960 53 Zvolen, koniar@vsld.tuzvo.sk, jcern@vsld.tuzvo.sk, brodnianska@vsld.tuzvo.sk.



TERMICKÁ DEGRADÁCIA IZOLAČNÝCH MATERIÁLOV NA BÁZE DREVA

THERMAL DEGRADATION OF INSULATED MATERIALS ON WOOD BASE

IVETA MARKOVÁ - ZUZANA GIERTLOVÁ

ABSTRACT: Today is an extremely topical issue in the sector of civil engineering of thermal insulation and wood building construction. wood and insulation materials based on wood are traditional materials used in wood building construction. an important criterion for their safe use throughout the life of wood building construction is to evaluate all aspects of fire safety, respectively. in case of smoldering fire. the paper deals with the evaluation of thermal degradation of insulating materials based on wood for the smoldering combustion conditions, which were examined in experimental laboratory conditions and their impact on human health and the environment.

Key words: ignitability, smoldering fire, thermal insulation

ABSTRAKT: V súčasnosti je mimoriadne aktuálnou otázkou zatepl'ovania v sektore stavebníctva a drevostavieb. Drevo a izolačné materiály na báze dreva patria medzi tradičné materiály používané v drevostavbách. Dôležitým kritériom ich bezpečného použitia po celý čas životnosti drevostavieb je vyhodnotenie všetkých aspektov požiarnej bezpečnosti, resp. v prípade mimoriadnej udalosti – požiaru. Príspevok sa zaoberá hodnotením termickej degradácie izolačných materiálov na báze dreva za podmienok bezplamenného horenia, ktoré bolo skúmané v experimentálnych laboratórnych podmienkach a ich vplyv na zdravie človeka a životné prostredie.

Kľúčové slová: zápalnosť, bezplamenné horenie, izolačné materiály

1. ÚVOD

Izolačné materiály sú používané predovšetkým v strešných a obvodových konštrukciách na zamedzenie prenosu tepla, ku ktorému dochádza následkom teplotných spádov. Táto vlastnosť je dôležitá v zimných mesiacoch na zamedzenie vykurovacích strát a v letných mesiacoch na ochranu miestností pred prehriatím. V drevostavbách sú izolačné materiály používané aj ako výplň vnútorných stien a podlahových konštrukcií, pričom spĺňajú okrem tepelnoizolačnej aj zvukovoizolačnú funkciu.

Z hľadiska protipožiarnej bezpečnosti je v súvislosti s izolačnými materiálmi dôležité poznať nielen ich horľavosť tak, ako je definovaná v skúšobných predpisoch, ale aj ich náchylnosť k plameňovému a bezplameňovému horeniu (tleniu), ktoré je doprevádzané tvorbou dymu.

2. DREVO AKO IZOLAČNÝ MATERIÁL

Za izolácie proti stratám tepla sa všeobecne považujú stavebné výrobky, ktorých súčiniteľ tepelnej vodivosti λ je menší ako $0,30 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$. Za efektívne izolácie proti stratám tepla sa považujú stavebné výrobky, ktorých súčiniteľ tepelnej vodivosti λ je menší ako $0,10 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ (Rouseková, 2000).

Masívne drevo má v porovnaní s inými stavebnými konštrukčnými materiálmi nízku tepelnú vodivosť, v porovnaní s izolačnými materiálmi, ležia však jeho hodnoty vyššie čo prezentuje tab. 1.



Tab. 1. Hodnoty tepelnej vodivosti vybraných stavebných materiálov podľa DIN 4108-4.

MATERIÁL	λ [W/(m·K)]
Hliník	200
Oceľ	60
Betón podľa DIN 1045	2,1
Porobetón podľa DIN 4223	0,14–0,23
Smrek (masívne drevo)	0,13
Vláknité izolačné materiály podľa DIN 18165-1	0,035–0,05
Polystyrén (PS)	0,025–0,04
Polyuretán (PUR)	0,02–0,035

Drevo sa správa vzhľadom na tepelnú vodivosť anizotropne. Kollmann a Malmquist (1956) udávajú, že tepelná vodivosť v smere kolmo na vlákna má približne len polovičnú hodnotu tepelnej vodivosti v smere vlákien. Izolačné vlastnosti dreva je možné zlepšiť jeho roztrieskovaním, resp. rozvláknením. Izolačný materiál, ktorý pozostáva z drevných častíc obsahuje jednak uzavreté póry v bunkovej štruktúre dreva a jednak otvorené póry v priestoroch medzi drevnými časticami. Hodnota tepelnej vodivosti izolačného materiálu na báze dreva leží medzi hodnotami tepelnej vodivosti čistého dreva vzduchu (0,026 W/(m·K) pri 20 °C).

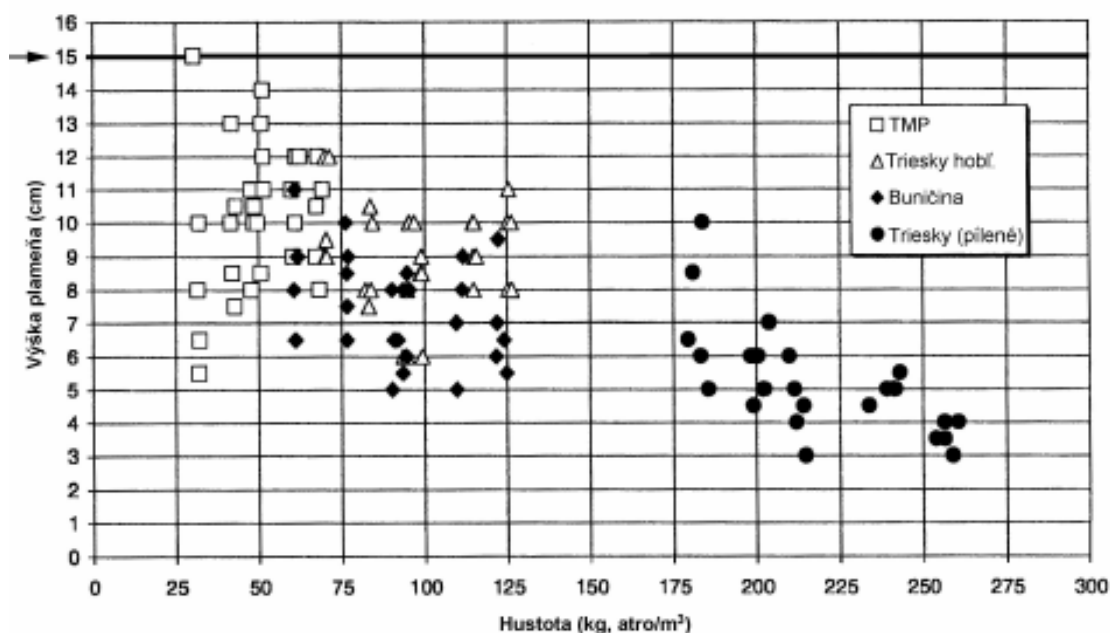
2.1 Drevné triesky ako izolačný materiál

V súčasnosti sa predovšetkým na nemeckom trhu dostávajú do popredia izolačné materiály na báze prírodných surovín (napr. ľan, konope, korok, celulóza), pričom k novoobjaveným produktom patria aj drevné triesky. Tieto patria do skupiny izolačných materiálov bez prídavných pojív a musia plniť stanovené požiadavky týkajúce sa ich fyzikálno-stavebných vlastností, horľavosti, odolnosti voči biotickým škodcom a pod. Drevné triesky sú zaradené medzi materiály, ktoré nesmú byť v zaťažene na tlak a sú používané predovšetkým ako voľne sypané materiály v drevostavbách v podlahových a obvodových konštrukciách. Jedná sa o nasledujúce materiály: drevná vlna, drevné triesky a buničina (Marková – Giertlová, 2008).

Skúmaním stavebno-fyzikálnych vlastností izolačných materiálov na báze dreva sa zaoberal (Vogel 1999), ktorý za reprezentačné materiály zvolil pílené a hobľované triesky, extrudovanú buničinu a TMP-buničinu a sledoval jednak mechanické usádzanie materiálu v konštrukciách stien, jeho sorpčné vlastnosti a požiarotechnické vlastnosti.

2.1.1 Požiarno-technické vlastnosti izolačných materiálov na báze drevných triesok a buničiny

Z hľadiska požiarnej bezpečnosti musia v SRN všetky stavebné materiály spĺňať podmienky normy DIN 4102 a byť zaradené min. do triedy horľavosti B2 - normálne zápalné látky. Testy na neupravených trieskach a buničine (Vogel 1999, obr. 1) ukázali, že všetky testované materiály s výnimkou izolačných hmôt s nízkou hustotou na báze TMP-buničiny. Impregnácia triesok a buničiny retardérmí horenia viedla u väčšiny materiálov k viditeľnému zlepšeniu ich vlastností (Vogel 1999).



Obr. 1 Maximálna výška plameňa dosiahnutá pri testovaní neupravených izolačných materiálov na báze pilených a hobľovaných triesok, extrudovanej buničiny a TMP-buničiny podľa DIN 4102 (Vogel, 1999).

V rámci európskych predpisov na klasifikovanie požiarnotechnických vlastností stavebných materiálov nie je ich sklon k tleniu priamo hodnotený, napriek tomu, že práve tento druh požiarneho zaťaženia predstavuje významné nebezpečenstvo predovšetkým v súvislosti s požiarimi drevostavieb a rámových konštrukcií. Na posúdenie týchto vlastností bola použitá kanadská testovacia metóda, ULC-Test c723 (1979). Výsledky ukázali, že ani pri jednom z uvedených materiálov nebolo možné vylúčiť sklon k bezplamennému horeniu (Vogel 1999). Úprava retardérmi horenia viedla síce k viditeľnému spomaleniu degradačných procesov, nie však k ich zamedzeniu.

Drevovláknité izolačné dosky patria k často používaným stavebným materiálom. Ich požiarnotechnické vlastnosti, termická stabilita a náklonnosť k bezplamennému horeniu boli sledované v rámci štúdie Giertlová et al (2001). Hustota testovaných dosiek činila 116 kg/m^3 .

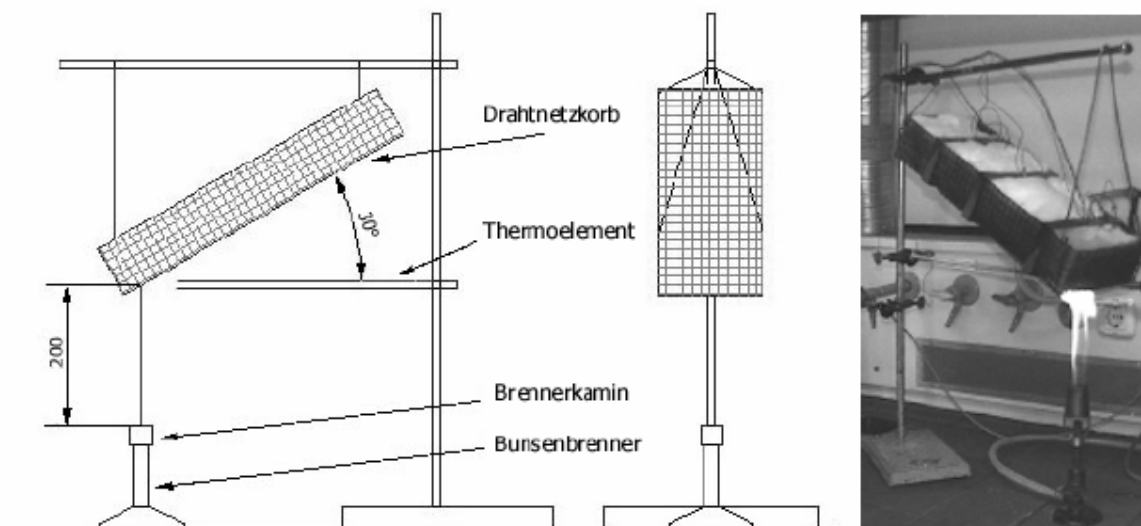
Charakteristické hodnoty termického rozkladu, ktoré boli pre izolačné DVD-dosky zistené metódami termickej analýzy odpovedajú hodnotám natívneho smrekového dreva.

3. KANADSKÁ TESTOVACIA METÓDA, ULC-TEST C723

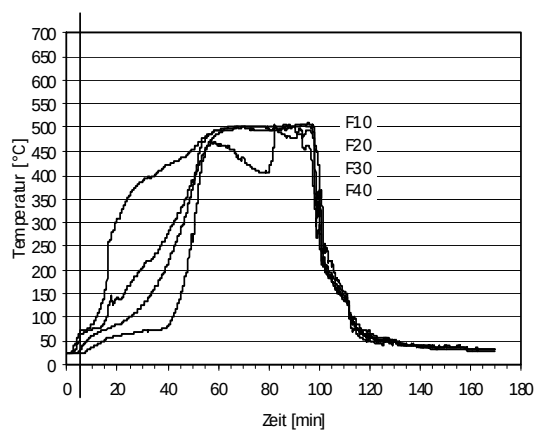
Sklon izolačných drevovláknitých dosiek k bezplamennému horeniu bol testovaný podľa kanadského skúšobného predpisu ULC-c723, pri ktorom je materiál počas prvých piatich minút vystavený pôsobeniu presne definovaného plamenného zdroja. V ďalšom priebehu testu je materiál čiastočne chránený proti prístupu vzduchu a v pravidelných časových intervaloch je sledovaný jeho úbytok na hmotnosti a rozvoj teploty v materiáli (obr. 2). V prípade izolačnej DVD došlo následkom pôsobenia plamenného zdroja k vzniku rozvinutého bezplamenného horenia. Pri tomto exotermickom procese teplota v materiáli dosiahla $\sim 500^\circ\text{C}$ a samočinne sa udržiavala na tejto úrovni až do úplného rozkladu



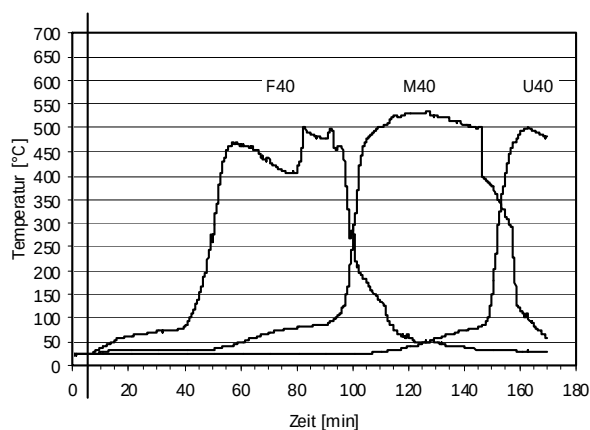
testovaného materiálu (obr. 3). K vzniku plamenného horenia nedošlo ani v jednom prípade. Priemerný úbytok na hmotnosti predstavoval 0,16 %/min.



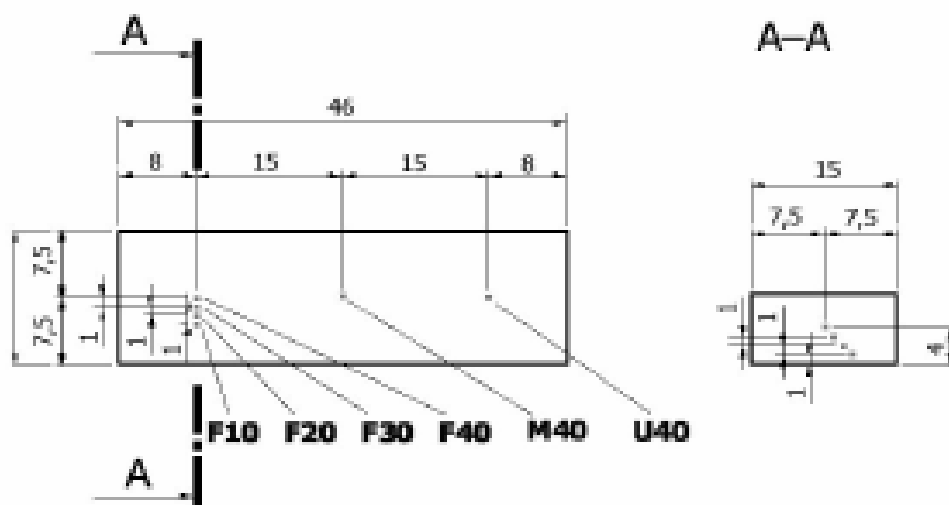
Obr. 2 Kanadský test ULC-c723 na testovanie bezplamenného horenia izolačných materiálov (Giertlová et al. 2001).



a)



b)



c)

Obr. 3 Vývoj teplôt v drevovláknitej izolačnej doske počas testu ULC-c723
(Giertlová et al. 2001).

- a) F10-F40 - teploty v priereze materiálu nad miestom priamo zaťaženým plameňom;
- b) F40, M40, U40 - teploty v stredovej vrstve materiálu;
- c) schématické znázornenie rozloženia termočlánkov v testovanom materiáli

Nebezpečenstvo tlenia spočíva okrem iného v silnom vývoji dymu s vysokým obsahom CO. Testy, ktoré boli prevedené na skúšobnom zariadení podľa DIN 53436 ukázali, že pri teplotách 200-500 °C činí vývoj dymu približne $30 \text{ \%} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, čo v podmienkach testu predstavovalo takmer 100 %-né zníženie viditeľnosti.

4. ZÁVER

Snahy o nájdenie alternatív k syntetickým a zdraviu škodlivým stavebným látkam sú známe už niekoľko desaťročí a motto, ktoré by v tejto súvislosti mohlo výstižne charakterizovať súčasný vývoj v stavebníctve by v tejto súvislosti mohlo znieť: zdravé stavby s nízkou energetickou náročnosťou.

Tento trend viedol v poslednom období k tomu, že sa na európskom trhu etablovalo množstvo nových, alternatívnych izolačných hmôt, ktorých stavebnofyzikálne vlastnosti a životnosť ešte nie sú dostatočne overené praxou. Pri porovnávaní ich predností a nedostatkov je nutné zobrať do úvahy množstvo rozličných kritérií, pričom popri požiadavkách z hľadiska stavebnej fyziky a ekológie musia byť nutne zohľadnené aj požiadavky stavebnej bezpečnosti, ktoré sa v prípade izolačných hmôt týkajú predovšetkým ich požiarnotechnických vlastností.

V súčasnej dobe platné národné a európske normy a technické predpisy, ktoré platia pre stavebné konštrukcie definujú stavebné diely z hľadiska ich požiarnej odolnosti a stavebné materiály z hľadiska takých požiarnotechnických charakteristík akými sú napr. ich zápalnosť, šírenie plameňa a tvorba dymu. Testovanie vlastností v podmienkach bezplamenného horenia, ktoré sú veľmi dôležité predovšetkým v prípade izolačných hmôt, v nijakých predpisoch zahrnuté nie je. Pritom, ako potvrdzujú požiarne štatistiky, práve tento druh požiarneho



zaťaženia predstavuje významné nebezpečenstvo hlavne v súvislosti s požiarimi drevostavieb a rámových konštrukcií.

V súvislosti s bezplamenným horením a vplyvom izolačných hmôt na rozvoj požiaru je k dispozícii len málo výsledkov systematického výskumu – na druhej strane sa však pochybnosti zástupcov aktívnej požiarnej ochrany v prípade drevostavieb týkajú práve uvedeného druhu požiarneho zaťaženia.

LITERATÚRA

CAMMERER, W.F.: 1987. Der Feuchtigkeitseinfluß auf die Wärmeleitfähigkeit von Bau- und Wärmedämmstoffen. Bauphysik 9, 259-266

GIERTLOVÁ, Z. – BERGMEISTER, K. – MARKOVÁ, I. – CUNDERLÍK, I. – WEGENER, G. – WINDEISEN, E.: 2001. Schmel- und Glimmverhalten von Dämmstoffen. Universität für Bodenkultur, Institut für Konstruktiven Ingenieurbau, Wien.

HUNTIEROVÁ, Z.: 1995. Analyse des Brandverhaltens von Holz und Holzwerkstoffen unter Berücksichtigung des Einsatzes von Feuerschutzmitteln. Buchverlag, Gräfelfing.

MARKOVÁ, I. – GIERTLOVÁ, Z.: 2008. Hodnotenie termickej degradácie dreva a materiálov na báze dreva. In: Wood and Fire Safety, 6. medzinárodná vedecká konferencia, 11.-15.5.2008 Štrbské pleso Vysoké Tatry: ES TU vo Zvolene, 2008, 175-182. ISBN 978-80-228-1870-4.

MRAČKOVÁ, E.: 2008A. Riziko vzniku požiaru a výbuchu pri sušení dezintegrovanej drevnej hmoty. In: Požární ochrana 2008, Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, pro SPBI vytiskl: Tiskárna Kleinwachter, Frýdek - Místek, s. 383-394, CD, ISBN 978-80-7385-040-1, ISSN 1803-1803

MRAČKOVÁ, E.: 2008B. Briketovanie drevných pilín a prachu – forma zneškodňovania. In: Technika odpadového hospodárstva 2008, CD, Zvolen, TU vo Zvolene 2008, s.90-97, ISBN 978-80-228-1914-5

OSVALD, A. – TEREŇOVÁ, L.: 2003. Zatepl'ovacie systémy na báze drevenej vlny. TU vo Zvolene, 2003.

RUŽINSKÁ, E.: 2009. Implementácia aktuálnych poznatkov výskumu pri aplikácii nariadenia REACH a VOCs v oblasti technického a environmentálneho vzdelávania. In: 25. medzinárodná vedecko-odborná konferencia "Technické vzdelávanie ako súčasť všeobecného vzdelávania". UMB Banská Bystrica, 2009, s. 423 - 427. ISBN 978-80-8083-878-2.

ROUSEKOVÁ, I. A KOL.: 2000. Stavebné materiály. JAGA group Bratislava, 2000. ISBN 80-88905-21-4

VLADÁROVÁ, M., - MRAČKOVÁ, E.: 2007. Prítomnosť a požiarne nebezpečenstvo dreveného prachu v drevárskych prevádzkach. In: Teplo – oheň – materiály 2007. Technická univerzita vo Zvolene 2007. CD, s. 166-171, ISBN 978-80-228-1719-6

VOGEL, K.: 1999. Die Eignung von Holz als Wärmedämmstoff. Vergleichende Untersuchungen von Spänen und Fasern. Shaker, München



ULC Subject c723: 1979. Guide for Small Scale Fire and Smouldering Tests for Cellulose Fibre Loose Fill Insulation. Underwriter's Laboratories of Canada, Scarborough

Lektoroval: Ing. Eva Ružinská, PhD.

Kontaktná adresa:

doc. RNDr. Iveta Marková, PhD.

Katedra požiarnej ochrany, Drevárska fakulta, Technická univerzita, sk-96053 Zvolen
markova@vsld.tuzvo.sk

Dr.-Ing. Zuzana Giertlová

Lehrstuhl für Bauklimatik und Haustechnik, Fakultät für Architektur, Technische Universität München, Arcisstr. 21, 80333 München, e-mail: zuzana.giertlova@lrz.tum.de



ZNEČIŠŤOVANIE OVZDUŠIA VÝFUKOVÝMI PLYNMI SPAĽOVACÍCH MOTOROV MOBILNÝCH STROJOV

AIR POLLUTION BY EXHAUST FUME OF MOBILE MACHINERY'S COMBUSTION ENGINE

Juraj MIKLEŠ

ABSTRACT: The article is about air pollution by mobile source – combustion engine of vehicle and mobile machinery and indicates the way of solution.

Key words: air pollution, transport, emission of combustion engine

ABSTRAKT: Článok rozoberá znečisťovanie ovzdušia mobilnými zdrojmi – spaľovacími motormi vozidiel a mobilných pracovných strojov a naznačuje cesty riešenia.

Kľúčové slová: znečisťovanie ovzdušia, doprava, emisie spaľovacích motorov

ÚVOD

K mobilným zdrojom znečisťovania ovzdušia počítame všetky pohyblivé zariadenia so spaľovacími i inými motormi, ktoré spôsobujú znečisťovanie ovzdušia, teda obecne motorové vozidlá slúžiace k doprave i stroje určené k iným účelom, pohybujúce sa po zemi, vode i vo vzduchu. K pozemným vozidlám patria napr. motorové vozidlá koľajovej i cestnej dopravy, poľnohospodárske, stavebné i vojenské stroje i ďalšie zariadenia (napr. rôzne pojazdné manipulátory, používané v priemyselných závodoch apod.).

Ďalšie členenie potom možno u cestných vozidiel vykonať z hľadiska tvorby, množstva a druhu emisií znečisťujúcich látok na spaľovacie motory zážihové a to zvlášť štvordobé a dvojdobé a spaľovacie motory vznetrové.

1 ZLOŽENIE VÝFUKOVÝCH PLYNOV A CHARAKTER ŠKODLIVÍN SO SPAĽOVACÍCH MOTOROV

Rozhodujúci podiel na znečisťovaní ovzdušia, majú u mobilných zdrojov exhaláty výfukových plynov zo spaľovacích motorov.

Ich zloženie je závislé na rade faktorov. Zásadný vplyv má predovšetkým druh motora a jeho konštrukcia, druh použitého paliva, technický stav motora, spôsob jeho zaťaženia (voľnobeh, akcelerácia apod.), ale i ďalšie prevádzkové podmienky (napr. leto – zima).

Akým spôsobom je množstvo a zloženie výfukových plynov ovplyvnené typom motora, je zrejmé z tab. 1, ktorá uvádza charakteristické zloženie výfukových plynov u spaľovacích motorov zážihových i vznetrových.



Tab. 1 Charakteristické zloženie výfukových plynov spaľovacích motorov, % obj.

Zložka	Motor		Poznámka
	zážihový	vznetový	
dusík	74 až 77	76 až 78	Netoxické
Kyslík	0,3 až 8,0	2 až 18	Netoxické
Voda	3,0 až 5,5	0,5 až 4,0	Netoxické
Oxid uhličitý	5,0 až 12,0	1,0 až 10,0	Netoxické
Oxid uhoľnatý	0 až 12	0 až 0,5	Toxické
Oxidy dusíku	0 až 0,8	0,002 až 0,5	Toxické
Nekarcinogénne uhľovodíky	0,2 až 77	0,01 až 0,5	Toxické
Polyaromatické uhľovodíky, mg.m ⁻³	100 až 400	0 až 100	Karcinogénne
Aldehydy	0 až 0,2	0,001 až 0,01	Toxické
Sadze, g.m ⁻³	0 až 0,4	0,01 až 1,1	Toxické

Pre pohon cestných motorových vozidiel sa obvykle používajú piestové spaľovacie motory, v ktorých sa chemická energia paliva mení v spaľovacom priestore motora priamo na energiu tepelnú, ktorú motor premení na mechanickú prácu.

Podľa druhu zapalovania rozlišujeme dva typy piestových spaľovacích motorov:

- motory zážihové – do valca motora sa nasáva zápalná zmes benzínu a vzduchu a po stlačení sa zapáli elektrickou iskrou.
- motory vznetové – do valca motora sa nasáva vzduch, ktorý sa stlačením zahreje až na zápalnú teplotu paliva; do zahriateho vzduchu sa pred ukončením kompresného zdvihu priamo do valca vstrekuje jemne rozprášené palivo – motorová nafta, čím sa vytvorí zápalná zmes, ktorá sa v dôsledku dostatočnej teploty stlačeného vzduchu vznieti.

Podľa pracovného obehu sa ďalej zážihové motory rozdeľujú na štvortaktné a dvojtaktné.

Ďalším veľmi rozšíreným druhom motora sú spaľovacie turbíny, ktoré sa používajú hlavne v leteckej doprave. Zťaž pre ovzdušie plynúce z týchto zdrojov je o to nebezpečnejšie, že lietadlá ho vypúšťajú vo vyšších vrstvách atmosféry, kde sa výrazne podieľajú na nepriaznivých globálnych javoch ako je strata ozónu a tvorba skleníkového efektu.

Vplyv zaťaženia motora na zloženie výfukových plynov potom uvádza tab. 2.

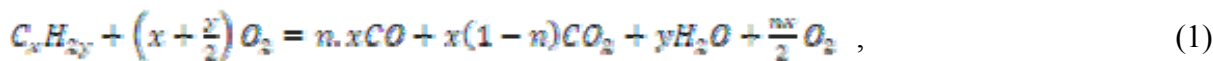
Tab. 2 Obsah škodlivín vo výfukových plynach v závislosti na zaťažení motora

Druh motora	Škodlivina	Obsah škodlivín, % obj.		
		voľnobeh	zrýchlenie	spomalenie
zážihový	CO	11,7	8,0	5,5
	C _m H _n	0,47	0,096	1,675
	NO _x	0,0033	0,135	0,0048
	aldehydy	0,003	0,0016	0,0286
vznetový	CO	0	0,05	0
	C _m H _n	0,039	0,021	0,0033
	NO _x	0,0059	0,085	0,003
	aldehydy	0,0009	0,0017	0,003



Z údajov uvedených v tabuľkách 1 a 2 je zrejmé, že zážihové motory viac znečisťujú ovzdušie než motory vznetrové. Je to spôsobené predovšetkým tým, že pre plnenie zážihových motorov sa používa podstechiometrický pomer vzduch – palivo (obvykle sa pracuje so zmesou, ktorá je približne až o 20 % bohatšia), čo vedie spolu s krátkym časom, ktorý je k dispozícii pre vlastný spaľovací proces, k nedokonalému spaľovaniu uhl'ovodíkov, k vysokej tvorbe oxidu uhoľnatého, a ďalej potom k prieniku nespálených uhl'ovodíkov alebo ich novo vzniknutých derivátov do výfukových plynov. Preto je zrejma vyššia koncentrácia uhl'ovodíkov, aldehydov i polyaromátov v spalinách zážihového motora, než vo výfukových plynovch vznetrového motora.

Nedokonalé spaľovanie, ktoré za týchto podmienok prebieha, možno popísať vzťahom (ak neberieme v úvahu prítomnosť zlúčenín síry a oxidu dusíka, ani zlúčenín olova v benzíne):



kde n je podiel uhlíka paliva, zoxidovaného iba na CO.

Z rovnice 1 potom možno určiť zloženie zmesi a účinnosť spaľovacieho procesu, ak súčasne vykonáme chemickú analýzu výfukových plynov.

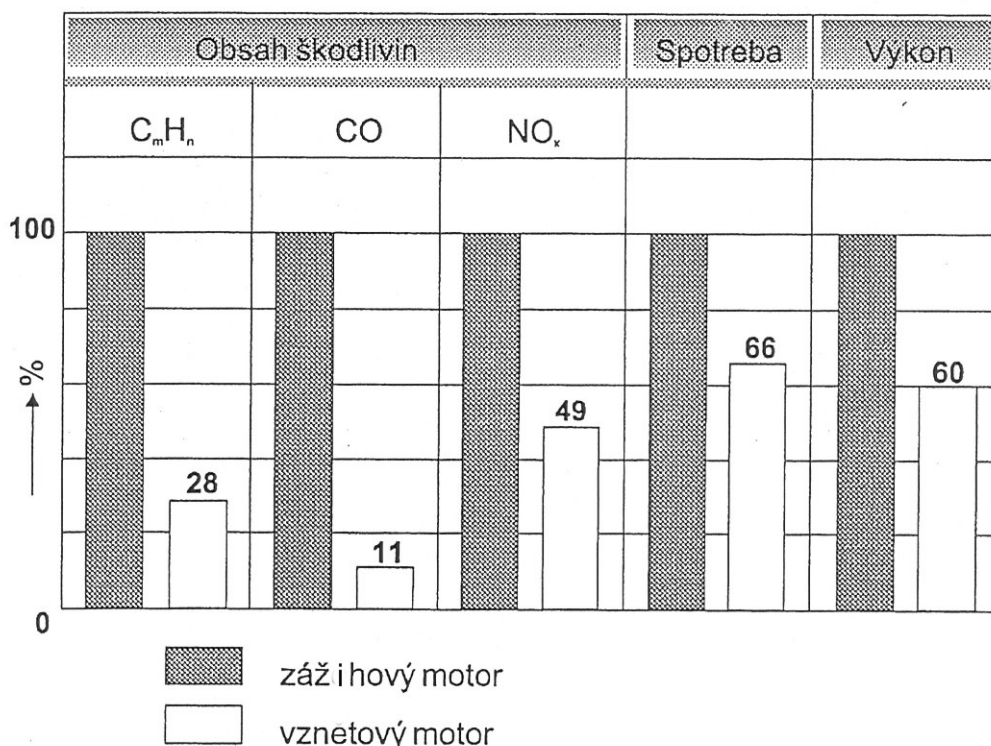
Piestové vznetrové motory naproti tomu pracujú so značným prebytkom vzduchu (20 až 200 %), a preto je spaľovanie podstatne dokonalejšie. Vysoké teploty majú však za následok štiepenie paliva až na sadze a zapríčiňujú rovnako zvýšenú tvorbu oxidu dusíka. Pretože nafta, na rozdiel od benzínu, obsahuje viac síry, vzniká aj väčšie množstvo oxidu siričitého.

Vo výfukových plynovch zo spaľovacích motorov možno preto počítať s prítomnosťou nasledujúcich látok:

- dusík a kyslík zo vzduchu;
- oxid uhličitý a vodná para z dokonalého spaľovania pohonných hmôt;
- oxid uhoľnatý, nespálené, oxidované alebo štiepené uhl'ovodíky z neúplného spaľovania pohonných hmôt;
- oxidy dusíku z priamej syntézy zo vzdušného dusíku a kyslíku, ktorá prebieha v spaľovacom priestore motorov;
- produkty premeny zlúčenín, pridávaných do pohonných látok za účelom zlepšenia ich kvality;
- zlúčeniny síry (SO₂), vápnika, mangánu apod., v závislosti na zložení palív a použitých prísad do palív a mazadiel.

Niektoré z uvedených látok podporujú vznik druhotných škodlivín, ako je ozón, peracylnitráty, singletový kyslík a tuhý aerosól v ovzduší, ktoré sú zložkami tzv. fotochemického (oxidačného) smogu kalifornského typu.

Porovnanie hlavných charakteristík u zážihového a vznetrového motora je uvedené v grafickej forme na obr. 1.



Obr. 1 Porovnanie základných charakteristík zážihového a vznetového motora

2 MOŽNOSTI ZNIŽOVANIA EMISÍ Z VÝFUKOVÝCH PLYNOV SPALOVACÍCH MOTOROV

Ak zanedbáme znižovanie emisií z výfukových plynov cestou obmedzovania celkového objemu dopravy, potom ako reálna cesta k dosiahnutiu uvedeného cieľa sa javia iba možnosť znižovania emisií z dopravy technickými prostriedkami a opatreniami. Tieto sú zamerané predovšetkým na nasledujúce oblasti:

- úpravy konštrukcie motora;
- dodatočná detoxikácia výfukových plynov;
- úprava paliva.

Pri praktickej aplikácii sa obvykle uvedené prístupy kombinujú, lebo zapojenie katalyzátora do výfukového potrubia vyžaduje i konštrukčnú zmenu a nasadenie úspornejšieho motora, ktorý kompenzuje zvýšenie spotreby. Použitie katalyzátora súčasne vyžaduje i zmenu paliva, a to prechod na bezolovnatý benzín.

2.1 Úpravy konštrukcie motora

Tieto úpravy sa týkajú predovšetkým konštrukcie zážihových motorov, ktoré sú síce z hľadiska emisií menej vhodné, ale v porovnaní s motormi vznetovými majú vyšší výkon vzťahnutý na jednotku hmoty. Úpravy sú zamerané na:

- zdokonalenie konštrukcie karburátora a úpravy nasávacieho potrubia s cieľom zníženia tvorby CO;



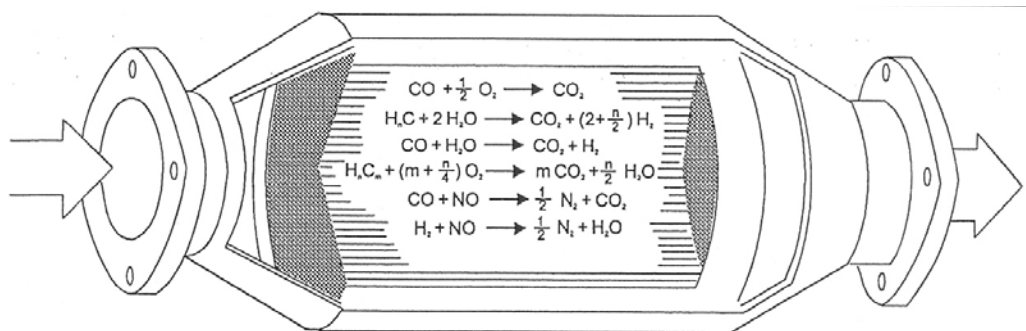
- zavedenie vstrekovania paliva samostatne pred každý valec za účelom dosiahnutia rovnomernejšieho plnenia a tým aj dokonalejšie spaľovanie;
- prechod na menej bohatú zmes;
- zavedenie čiastočnej recirkulácie spalín so zámerom zníženia teploty vo valcoch a tým i obmedzenie vzniku oxidu dusíka.

2.2 Dodatočná detoxikácia výfukových plynov

Ďalšou možnosťou ako znížiť exhaláty zo spaľovacích motorov je následná detoxikácia výfukových plynov. Vzhľadom k tomu, že vo výfukových plynoch existujú vedľa seba látky, ktorých odstránenie možno vykonať zásadne rozdielnym spôsobom a to pri splnení požiadavky, aby toto odstránenie prebehlo prakticky súčasne, jedná sa o zložitý technický problém. Staršie typy týchto detoxikačných zariadení boli založené na sériovom radení redukčnej zóny so zónou oxidačnou. Vzhľadom k tomu, že k priebehu uvedených reakcií sú potrebné vysoké teploty, ich dosiahnutie by znamenalo podstatné zvýšenie spotreby paliva, bolo pre zmiernenie podmienok nevyhnutné použiť katalyzátory, umožňujúce pracovať pri nižších teplotách. Vzhľadom k tomu, že sa jedná o katalyzátory vyrobené na báze drahých kovov, sú katalyzátory nákladným zariadením. Nosičom katalyzátora je pokiaľ možno čo najtenší plech, aby nebolo nutné ohrievať veľkú hmotu, čo spolu s nižšími potrebnými teplotami vedie ku zvýšeniu spotreby paliva len asi o 3 %.

Takéto zariadenie, zvané zjednodušene katalyzátor, je schopné selektívne znižovať koncentrácie všetkých škodlivých látok, vrátane karcinogénov. Bezpodmienečne však vyžadujú bezolovnatý benzín a ich životnosť sa uvažuje asi 80 000 km.

V súčasných katalytických systémoch na výfukových potrubíach moderných automobilov je použitý zmesný (trojzložkový) katalyzátor, ktorý je schopný súčasne zabezpečiť ako priebeh redukčných tak i oxidačných reakcií. Schéma trojzložkového katalyzátora s uvedením základných chemických reakcií je uvedená na obr. 2. Tento katalyzátor je však veľmi citlivý na zloženie zmesi spalín, ktoré musí byť pokiaľ možno čo najviac konštantné v optimálnej oblasti. Toto zloženie je zabezpečované spätnou väzbou medzi tzv. „lambda – sondou“ a elektronicky riadením zariadením pre prípravu zmesi, ktorá musí zaistiť stechiometrický pomer vzduchu voči benzínu. Menšie množstvo vzduchu by viedlo k nedostatočnej oxidácii oxidu uhoľnatého a uhlíkovodíkov, naopak viacej vzduchu by znamenalo nedostatočnú redukciu oxidu dusíka. Vzťah medzi hodnotou súčiniteľa prebytku vzduchu λ a účinnosťou trojzložkového katalyzátora je zrejмый z obr. 3.



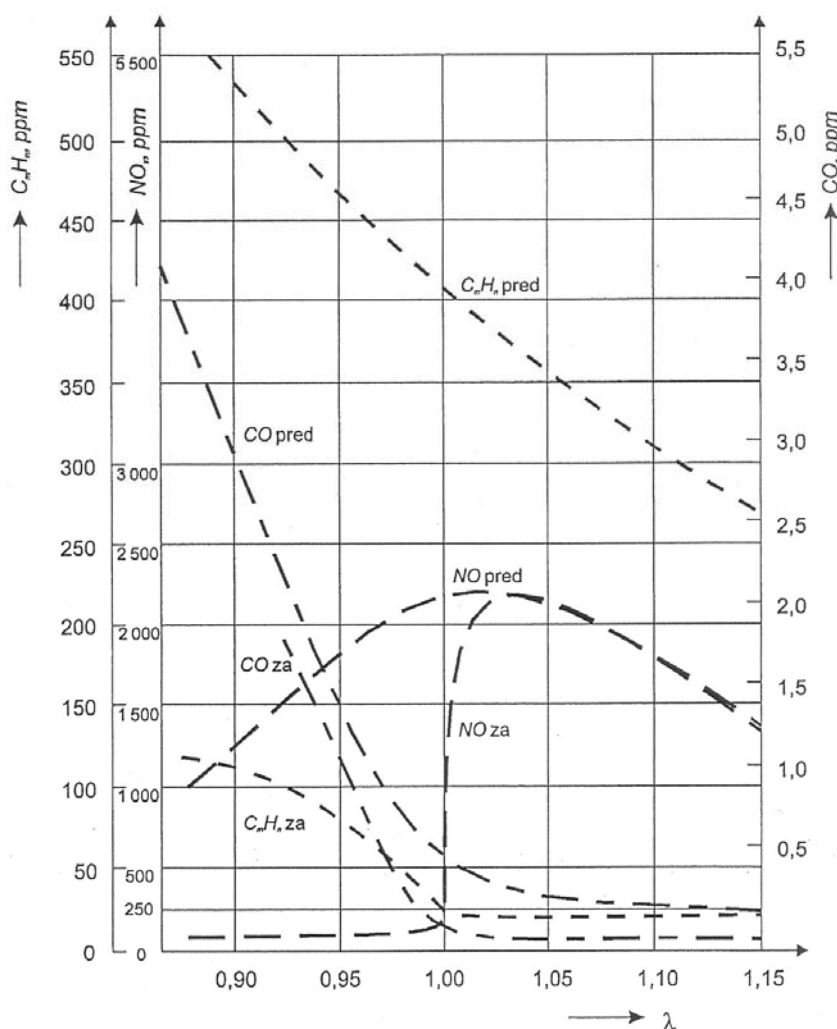
Obr. 2 Funkčná schéma trojzložkového katalyzátora



Uvedený zmesný katalyzátor je však použiteľný len u zážihových spaľovacích motorov. U vznetových motorov, u ktorých k hlavným škodlivinám patria sadze a polyaromáty, zo zníženia emisií dosahuje pomocou špeciálnych keramických filtrov, ktoré sú schopné zachytiť aerosólové častice zo spalín týchto motorov. Pri použití dochádza k postupnému zanášaniu filtrov zachytenými časticami, je preto nevyhnutné vykonávať ich periodickú regeneráciu. Táto je vykonávaná vo zvláštnom režime chodu motora pomocou prídavného elektrického ohrevu, ktorý zabezpečí kvantitatívne vypálenie zachytených častíc pri teplotách nad 500 °C.

2.3 Úprava paliva

Vzhľadom k tomu, že za najzávažnejšiu škodlivinu vo výfukových plynoch spaľovacích motorov je považované olovo a jeho zlúčeniny, v mnohých vyspelých štátoch sa radikálne obmedzuje výroba i spotreba olovnatého benzínu. Namiesto neho je u moderných typov motorov používaný benzín bezolovnatý, ktorý však vyžaduje použitie katalyzátorov.



Obr. 3 Účinnosť trojzložkového katalyzátora v závislosti na prebytku vzduchu λ



U starších typov áut je tento problém riešený postupne, jednak cestou znižovania používanej koncentrácie prísad olova, jednak náhradou olova v benzínoch napr. špeciálnymi aromatickými látkami, ktoré nahradia určité „mazacie“ vlastnosti olovnatého benzínu. Použitie takto upraveného benzínu však vedie k vzrastu produkcie karcinogénnych látok.

ZÁVER

Na záver možno konštatovať ako bolo vyššie spomenuté, že zníženie emisií z výfukových plynov spaľovacích motorov znížením rozsahu dopravy je nereálna. Snahy o väčšie zapojenie hromadnej dopravy (včítane železničnej) tiež stroskotajú. Preto ako reálne sa ukazuje v tomto smere prechod na principiálne nové palivá atď.). V súčasnosti sú už výrobcovia takmer na hranici pokiaľ ide o vylepšenie konštrukcie súčasných motorov podobne ani čiastočná detoxikácia výfukových plynov a úprava paliva nerieši problém.

LITERATÚRA

HERČÍK M., LAPČÍK V., OBROUČKA K.: Ochrana životního prostředí pro inženýrské studium. ES VŠB, Ostrava 1994.

NEUŽIL V.: Znečišťování ovzduší. CA Publishing, Praha 1991.

PICK P.: Technologie ochrany ovzduší. CA Publishing, Praha 1991.

OBROUČKA. K.: Látky znečišťující ovzduší, ES VŠB Ostrava, 2001, 73 s., ISBN 80-248-0011-X.

*Príspevok je prezentovaný v rámci riešenia vedeckého grantového projektu
VEGA MŠ SR č. 1/0048/09.*

Lektoroval: doc. Ing. Jozef Černecký, CSc.

Kontaktná adresa:

Ing. Juraj Mikleš, PhD., Katedra environmentálnej techniky, Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky, Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, E – mail: jmikles@vsld.tuzvo.sk



EURÓPSKA LEGISLATÍVA PRE VÝPOČET TEPELNÝCH STRÁT PODSYSTÉMU ODOVZDÁVANIA TEPLA DO VNÚTORNÉHO PROSTREDIA BUDOV

EUROPEAN LEGISLATIVE FOR CALCULATION OF THERMAL LOSSES FROM SUBSYSTEM PASSING HEAT TO INDOOR ENVIRONMENT OF BUILDINGS

Andrea NEUPAUEROVÁ

ABSTRACT: Energy balance of heating system involves of passing heat to heated space of building, heat distribution, eventually accumulation in tanks and heat production in source of heat. The contribution dealt with calculation procedure of thermal losses from subsystem passing heat to indoor environment of buildings according to valid technical regulations in European Union.

Key words: heating, indoor environment, thermal losses, subsystem passing heat, legislative EU

ABSTRAKT: Energetická bilancia systému vykurovania zahŕňa odovzdávanie tepla do vykurovaného priestoru budovy, rozvod tepla, prípadnú akumuláciu v zásobníkoch a výrobu tepla v zdroji tepla. V príspevku je uvedený postup výpočtu tepelných strát podsystemu odovzdávania tepla do vnútorného prostredia budov podľa technických predpisov platných v Európskej únii.

Kľúčové slová: vykurovanie, vnútorné prostredie, tepelné straty, podsystem odovzdávania tepla, legislatíva EÚ

1. ÚVOD

Pre zabezpečenie kvality vnútorného prostredia budov je potrebné vytvoriť podmienky tepelnej pohody, hygienické podmienky a v neposlednom rade obmedziť vstup škodlivých látok z vonkajšieho prostredia do pobytových priestorov budov, napr. prchavých organických zlúčenín, ktoré negatívne ovplyvňujú čistotu a kvalitu vnútorného vzduchu (Ružinská, 2010).

Smernica 2002/91/ES o energetickej hospodárnosti budov zaviedla ako predmet hodnotenia také budovy, ktoré okrem priestorovo sústredenej stavebnej konštrukcie sú vymedzené aj stenami a sú vykurované. Treba brať do úvahy aj skutočnosť, že vykurovanie nie je jediným miestom spotreby energie a pre zabezpečenie potrieb užívateľov budov sa energia spotrebovávajú aj na prípravu teplej vody, vetranie, chladenie a osvetlenie.

Stavebným zákonom č. 50/1976 Zb. sú stanovené podmienky na výstavbu ako aj požiadavky na stavby. V roku 2000 sa do Stavebného zákona implementovali základné požiadavky na stavby spoločne s požiadavkou č. 6 Úspora energie a ochrana tepla. Pri navrhovaní a zhotovovaní stavieb sa má postupovať tak, aby boli splnené požiadavky na energetickú úspornosť a ochranu tepla (Sternová, 2010):

- budova musí byť navrhnutá a postavená tak, aby bola počas užívania energeticky hospodárna vzhľadom na klimatické podmienky a predpokladaný účel užívania,
- vykurovanie, chladenie, vetranie, zásobovanie vodou a jej odvádzanie, úprava, ohrev a rozvod teplej vody, osvetlenie a preprava osôb alebo predmetov sa navrhujú a zhotovujú so zreteľom na nízku potrebu energie pri splnení požiadaviek na predpokladaný účel užívania budovy,



- budova s požadovaným stavom vnútorného prostredia sa navrhuje a zhotovuje tak, aby boli zaručené ustanovené požiadavky na tepelnotechnické vlastnosti stavebnej konštrukcie, hygienické podmienky a výmenu vzduchu v miestnosti,
- stavebná konštrukcia a priestor s požadovaným stavom vnútorného prostredia budov musia byť navrhnuté tak, aby pri zohľadnení tvaru budovy, jej orientácie, tepelných ziskov zo slnečného žiarenia a vnútorných zdrojov bola zaručená nízka spotreba tepla na vykurovanie.

Zákomom č. 555/2005 Z.z. o energetickej hospodárnosti budov bola do legislatívy SR implementovaná Smernica 2002/91/ES, pričom v súčasnosti platí na Slovensku Vyhláška MVR SR č. 311/2009, ktorou sa ustanovujú podrobnosti o výpočte energetickej hospodárnosti budov a obsah energetického certifikátu.

Príspevok uvádza postup výpočtu tepelných strát podsystemu odovzdávania tepla do vnútorného prostredia budov podľa technických predpisov platných v Európskej únii.

2. VYKUROVANIE BUDOV

Vykurovanie budov slúži na zabezpečenie tepelnej pohody v interiéroch budov tak, aby sa dosiahla príslušná požadovaná teplota. Výpočet potreby energie na vykurovanie nadväzuje na výpočet potreby tepla na vykurovanie, t.j. tepla, ktoré je potrebné odovzdať z vykurovacej sústavy do vykurovaného priestoru. Na to, aby sa určilo, aké množstvo energie je potrebné v priebehu daného výpočtového obdobia dodať v energetickom vyjadrení do zdroja tepla, je potrebné zohľadniť príslušné parametre vykurovacej sústavy tak, aby sa v bilančnom vyjadrení dali kvantifikovať jej energetické vstupy a energetické výstupy. V tomto prípade sa nejedná o návrh a dimenzovanie jednotlivých zariadení v zmysle výkonov a príkonov, ktoré sú vyjadrené vo W, ale o energetickú bilanciu vyjadrenú v kWh, resp. v Jouloch (Sternová, 2010). Pre každý podsystem sa musí vyrátať jeho tepelná strata, tepelný výstup a tepelný vstup. Zvlášť sa vypočíta vlastná spotreba energie a tomu zodpovedajúce straty energie všetkých podsystemov. Tepelná strata distribučného podsystemu závisí od schémy potrubného rozvodu, jeho umiestnenia, tepelnej izolácie potrubí, teploty teplotnosnej látky a od riadenia a regulácie.

3. ROČNÁ POTREBA ENERGIE BUDOVY

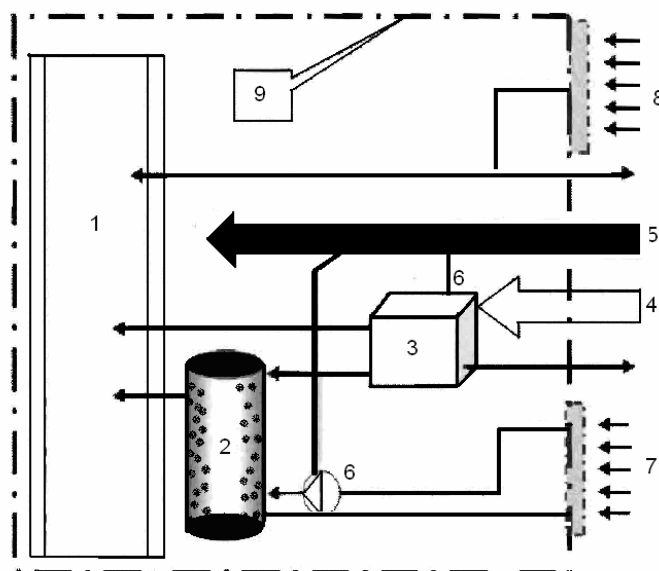
Určenie ročnej potreby energie budovy podľa **STN EN 15603** *Energetická hospodárnosť budov. Celková potreba energie a definície energetického hodnotenia* je založené na hodnotení čiastkových potrieb energie pre jednotlivé služby, medzi ktoré patria: vykurovanie, chladenie a odvlhčovanie, vetranie a zvlhčovanie, príprava teplej vody, osvetlenie a iné. Potreba energie pre každý zo systémov, ktoré zabezpečujú jednotlivé služby, zahŕňa aj vlastnú spotrebu energie a straty jednotlivých systémov. Pred každým hodnotením je nevyhnutné stanoviť hranice budovy a jednotlivých systémov v budove, tzv. *systémovú hranicu*, ktorá je znázornená na obr. 1 (Sternová, 2010).

Na základe toho možno jednoznačne vypočítať príslušnú potrebu energie systémov. Vo vnútri systémovej hranice sa straty systému započítavajú explicitne, mimo nej sa započítavajú pomocou konverzného faktora. Energia sa môže dodávať, alebo exportovať cez systémovú hranicu. Hranica budovy ako systémová hranica vo vzťahu k systémom zásobovania budovy energiou je v súlade s normou STN EN 15603 a je vymedzená:

- hlavnými meračmi dodávky zemného plynu, elektrickej energie a centrálného zásobovania teplom a teplou vodou pri vstupe do budovy,



- vstupom do zariadenia na uskladnenie kvapalných a pevných palív do budovy,
- vyústením komína z budovy,
- napojením hlavného potrubia odpadových vôd z budovy na stokovú sieť.



Obr. 1 Systémová hranica – príklad tokov energie cez systémovú hranicu

1 – užívateľ, 2 – zásobník, 3 – kotol, 4 – palivo, 5 – elektrická energia,
6 – vlastná spotreba energie, 7 – tepelný solárny kolektor, 8 – fotovoltické panely,
9 – hranica

Ak je časť technického zariadenia budovy (napr. kotol, chladič, chladiaca veža) umiestnená na vonkajšej strane obalu budovy, ale ovplyvňuje hodnotené služby, má sa považovať za zariadenie vnútri systémovej hranice a straty systému sa preto explicitne zahŕňajú do výpočtu. Pri aktívnych solárnych, veterných, alebo vodných energetických systémoch nie je slnečné žiarenie dopadajúce na solárne panely, alebo veterná kinetická energia či voda súčasťou energetickej bilancie budovy. Do energetickej bilancie sa započítava iba energia dodaná výrobnými zariadeniami a vlastná spotreba energie potrebná na zásobovanie energiou zo zdroja do budovy (Sternová, 2010).

Ak sa na zásobovanie budovy použije energia zo zdroja s využitím tepelnej alebo fotovoltickej solárnej energie, tepelných čerpadiel a zemných výmenníkov tepla, použité množstvo energie z týchto zdrojov sa na určenie primárnej energie odráta podľa jednotlivých miest spotreby, resp. služieb, zo súčtu všetkých potrieb tepla, potrieb vlastnej energie, celkových strát všetkých systémov a množstva elektriny, ktorá sa použije na iné účely, ako pre jednotlivé miesta spotreby, resp. služby v budove. Hodnotiť môžeme aj skupinu budov, ak sa nachádzajú na rovnakom pozemku, prípadne, ak sú zásobované rovnakým technickým systémom. Množstvo energie potrebné na vykurovanie priestorov v budovách závisí od potreby tepla na vykurovanie (tepelnotechnické vlastnosti budovy a parametre vnútorného a vonkajšieho prostredia), vlastností systémov vykurovania a ich interakcie s budovou a od celkového energetického toku od zdroja po miesto, kde sa energia spotrebuje.



Ročná potreba tepla na vykurovanie, *bez zvlhčovania a bez zohľadnenia strát technických zariadení budov* (systému vykurovania) sa vypočíta pre normatívne podmienky podľa normy **STN EN ISO 13790:2008 Energetická hospodárnosť budov. Výpočet potreby energie na vykurovanie a chladenie**.

Ročná potreba energie na vykurovanie, v ktorej sa zohľadňujú aj tepelné straty vykurovacieho systému a vlastná spotreba energie, ak sa *v budove nenachádza zdroj tepla* (budova je napojená na systém CZT) sa vypočíta ako energetický vstup do distribučného podsystemu osobitne pre tepelnú energiu a elektrickú energiu v súlade s postupmi výpočtu, ktoré sú uvedené v nasledujúcich normách: **STN EN 15316-1**, **STN EN 15316-2-1** a **STN EN 15316-2-3**. V tomto prípade tepelné straty vykurovacieho systému zahŕňajú tepelné straty pri odovzdávaní tepla do vnútorného prostredia, pri distribúcii a pri akumulácii tepla.

V prípade, že sa v budove – vo vnútri systémovej hranice *nachádza aj zariadenie na výrobu tepla*, potom sa ročná potreba energie na vykurovanie, v ktorej sa zohľadňujú aj tepelné straty vykurovacieho systému a vlastná spotreba energie vypočíta osobitne pre tepelnú energiu a elektrickú energiu v súlade s postupmi výpočtu uvedenými v normách **STN EN 15316-1**, **STN EN 15316-2-1** a **STN EN 15316-2-3** a v súbore noriem **STN EN 15316-4-x**. Tepelné straty vykurovacieho systému zahŕňajú potom tepelné straty pri odovzdávaní tepla do vnútorného prostredia, pri distribúcii, pri akumulácii a výrobe tepla. Táto ročná potreba energie musí byť rozdelená podľa návrhu systému na potrebu energie pre rôzne výrobné zariadenia budovy, alebo na energiu priamo dodávanú zvonku do budovy, s rozlíšením podľa energetických nosičov. Ďalej sa v súlade s normou STN EN 15603 vypočíta celková dodaná energia podľa jednotlivých energetických nosičov. Na záver výpočtového postupu podľa normy STN EN 15603 nasleduje výpočet primárnej energie a emisií CO₂.

3.1 Tepelné straty systému vykurovania

Na výpočet tepelných strát systému sa pri systéme vykurovania uvažujú nasledujúce podsystemy (Sternová, 2010):

- *podsystem odovzdávania tepla do vnútorného prostredia, vrátane riadenia a regulácie,*
- *distribučný podsystem, vrátane riadenia a regulácie,*
- *podsystem akumulácie, vrátane riadenia a regulácie,*
- *podsystem výroby tepla, vrátane riadenia a regulácie (napr. kotly, slnečné kolektory, tepelné čerpadlá, kogeneračné jednotky).*

Celkové tepelné straty vykurovacieho systému $Q_{H,ls}$ sa môžu vyjadriť ako súčet tepelných strát jednotlivých podsystemov podľa vzťahu (1):

$$Q_{H,ls} = Q_{H,em,ls} + Q_{H,dis,ls} + Q_{H,st,ls} + Q_{H,gen,ls} \quad [J] \quad (1)$$

kde

- $Q_{H,em,ls}$ - tepelná strata podsystemu odovzdávania tepla do vnútorného prostredia [J]
- $Q_{H,dis,ls}$ - tepelná strata podsystemu distribúcie [J], závisí od schémy potrubného rozvodu, jeho umiestnenia, tepelnej izolácie potrubí, teploty teplonosnej látky, riadenia a regulácie,
- $Q_{H,st,ls}$ - tepelná strata podsystemu akumulácie [J],



$Q_{H,gen,ls}$ - tepelná strata podsystemu výroby tepla, ktorá vzniká počas prevádzky, počas pohotovostného režimu a v dôsledku neideálneho riadenia a regulácie [J].

Tepelné straty systému sa musia vypočítať samostatne za každé výpočtové obdobie. Priemerné hodnoty musia byť v súlade so zvolenými časovými úsekmi. Vykonat' sa to môže dvojakým spôsobom:

- 1) použitím ročných údajov o prevádzke a prevádzkových časoch systému a následným vypočítaním priemerných ročných hodnôt,
- 2) rozdelením roka na kratšie výpočtové obdobia (napr. mesiace alebo týždne) a následným vypočítaním údajov za každé výpočtové obdobie s použitím hodnôt, ktoré sa sčítajú, aby sa tak získali výsledky za všetky obdobia počas roka.

4. PODSYSTÉM ODOVZDÁVANIA TEPLA DO VNÚTORNÉHO PROSTREDIA

Požadované vstupy, výstupy a postup výpočtu tepelných strát podsystemu a vlastnej spotreby energie podsystemu je definovaný normou **STN EN 15316-2-1** *Vykurovacie systémy v budovách. Metóda výpočtu energetických požiadaviek systému a účinnosti systému. Časť 2.1: Systémy odovzdávania tepla do vykurovaného priestoru.*

Energetický výstup z podsystemu odovzdávania tepla do vnútorného prostredia reprezentuje potreba tepla na vykurovanie Q_H , ktorá sa vypočíta podľa normy **STN EN ISO 13790**. Výsledok výpočtov podsystemu podľa STN EN 15316-2-1 predstavuje energetický vstup pre výpočet podsystemu distribúcie podľa STN EN 15316-2-3 a sprostredkovane aj energetický vstup pre výpočty podsystemu výroby tepla podľa noriem STN EN 15316-4-x. Doplnujúce informácie, ktoré sa týkajú systémov riadenia a regulácie sú v norme STN EN 15232. Čo sa týka metodiky výpočtu, zohľadňujú sa v nej vlastnosti podsystemu odovzdávania tepla do vnútorného prostredia budov a to vrátane nerovnomerného rozloženia teploty v miestnosti, umiestnenia vykurovacích telies vzhľadom na stavebné konštrukcie a presnosť regulácie vnútornej teploty (Sternová, 2010).

Energia, ktorá sa odovzdáva vykurovacími telesami pre zabezpečenie požadovanej teploty v budove závisí od nasledovných činiteľov:

- potreby tepla na vykurovanie (tepelnotechnických vlastností budovy a parametrov vnútorného a vonkajšieho prostredia),
- nerovnomerného rozdelenia teplôt v každej tepelnej zóne (rozvrstvenie, vykurovacie telesá umiestnené pri vonkajších stenách a oknách, rozdiely medzi teplotou vzduchu a strednou radiačnou teplotou),
- umiestnenia vykurovacích plôch, ktoré môžu byť zabudované do stavebných konštrukcií susediacich s nevykurovaným priestorom alebo vonkajším prostredím,
- spôsobu regulácie teploty (miestna, centrálna, útlm, tepelná zotrvačnosť budovy),
- vlastnej spotreby energie systému,
- celkového tepelného toku od zdroja až po vykurovacie telesá.

Vstupnými parametrami v podsysteme odovzdávania tepla sú:

- typ vykurovacieho telesa (konvektor, vykurovacie teleso, veľkoplošné sálavé systémy),



- typ regulácie teploty v miestnosti, jeho stratégia a výkonné prvky (ventily s termostatickými hlavicami, P, PI, PID regulátory) a ich schopnosť tmiť príp. teplotné výkyvy, a tiež časovú variabilitu,
- umiestnenie a vlastnosti vykurovacích telies.

Na základe týchto údajov sa pre podsystém odovzdávania tepla spolu s reguláciou vypočíta tepelná strata, vlastná spotreba energie a spätne získateľné tepelné straty. Pri výpočte sa vychádza z tabuľkových hodnôt, príp. sa môžu použiť podrobnejšie výpočtové metódy. Energetické toky pri výpočte zohľadňujú zvlášť tepelnú energiu a zvlášť elektrickú energiu. Hodnoty vstupných údajov sa vo výpočte riadia pravidlami pre príslušné časové obdobie.

Systém vykurovania môžeme rozdeliť vo výpočte do jednotlivých zón, v ktorých sú použité rozličné podsystémy odovzdávania tepla do vnútorného prostredia a potom sa prevedú výpočty pre každú zónu samostatne podľa pravidiel, ktoré uvádza norma **STN EN 15316-1** *Vykurovacie systémy v budovách. Metóda výpočtu energetických požiadaviek systému a účinnosti systému. Časť 1: Všeobecne*.

4.1 Tepelná energia odovzdávaná podsystémom

Tepelnú energiu vstupujúcu do podsystému odovzdávania tepla do vnútorného prostredia $Q_{em,in}$ vypočítame podľa vzťahu (2):

$$Q_{em,in} = Q_{em,out} - k.W_{em,aux} + Q_{em,ls} \quad [J] \quad (2)$$

kde

$Q_{em,out}$ – je tepelný výstup z podsystému odovzdávania tepla [J];
hodnota sa rovná čistej potrebe tepla na vykurovanie Q_H ,

k – spätne získaná časť vlastnej spotreby energie [-],

$Q_{em,ls}$ – tepelné straty podsystému [J],

$W_{em,aux}$ – vlastná spotreba energie podsystému [J].

V prípade podsystému odovzdávania je len časť tepelných strát $Q_{em,ls}$ spätne získateľná v rámci vykurovania. Veľkosť tejto časti závisí od pomeru tepelných ziskov a tepelných strát a postup výpočtu je uvedený v STN EN ISO 13790. V prípade systému odovzdávania tepla do vnútorného prostredia sa za straty považujú predovšetkým tepelné straty do nevykurovaných priestorov a vonkajšieho prostredia, akými sú napr. tepelné straty sálavých vykurovacích plôch vo vzťahu k nevykurovaným priestorom, alebo sálanie na stenu za vykurovacími telesami (Sternová, 2010).

4.2 Tepelné straty podsystému odovzdávania tepla

Tepelné straty podsystému odovzdávania tepla do vnútorného prostredia $Q_{em,ls}$ sa vypočítajú podľa vzťahu (3):

$$Q_{em,ls} = Q_{em,str} + Q_{em,emb} + Q_{em,ctr} \quad [J] \quad (3)$$

kde



- $Q_{em, str}$ – tepelná strata v dôsledku nerovnomerného rozloženia teploty [J],
 $Q_{em, emb}$ – tepelná strata v dôsledku umiestnenia vykurovacieho telesa [J],
 $Q_{em, ctr}$ – tepelná strata v dôsledku regulácie vnútornej teploty [J].

V STN EN 15316-2-1 sú uvedené dve podrobné metódy výpočtu tepelných strát podsystemu odovzdávania tepla do vnútorného prostredia spolu s preddefinovanými hodnotami v príslušných prílohách:

- metóda používajúca účinnosť v STN EN 15316-2-1 a to v časti 7.1 a v Prílohe A,
- metóda používajúca ekvivalentnú vnútornú teplotu v STN EN 15316-2-1 a to v časti 7.2 a v Prílohe B.

Pri výpočte tepelných strát sa odporúča vybrať si jednu z dvoch uvedených metód. Tieto metódy nám nezabezpečia rovnaký výsledok výpočtu, ale len uvedú rovnaký pomerný trend a nie je dovolené tieto metódy navzájom kombinovať.

ZÁVER

Pri každom systéme, či podsysteme sa musia definovať základné údaje, ktoré predstavujú energetický vstup, energetický výstup, tepelné straty systému, spätne získateľné tepelné straty systému a vlastnú spotrebu energie (Sternová, 2010). Podobne ukazovatele hospodárnosti musia mať v jednotlivých technických normách uvedenú štruktúru, aby boli zaručené správne podklady vo výpočtoch pre jednotlivé podsystemy a koherentnosť celkovej štruktúry výpočtu od tepelných strát až po primárnu energiu.

LITERATÚRA

RUŽINSKÁ, E.: 2010. Návrh modelového riešenia redukcie emisií NMVOC – rizikových látok vznikajúcich v procesoch povrchových úprav materiálov. Zborník z medzin. odborného seminára NTTOO – *Nové trendy v technike ochrany ovzdušia*. FEVT TU Zvolen, 2010, s. 95-105. ISBN 978- 80-228-2117-9.

STERNOVÁ, Z. a kol.: 2010. *Energetická hospodárnosť budov a energetická certifikácia budov*. Bratislava: Jaga group, s.r.o., 2010. 350 s. ISBN 978-80-8076-060-1.

STN EN 15316-1 (06 0227) Vykurovacie systémy v budovách. Metóda výpočtu energetických požiadaviek systému a účinnosti systému. Časť 1: Všeobecne.

STN EN 15316-2-1 (06 0232) Vykurovacie systémy v budovách. Metóda výpočtu energetických požiadaviek systému a účinnosti systému. Časť 2.1: Systémy odovzdávania tepla do vykurovaného priestoru.

STN EN 15603 Energetická hospodárnosť budov. Celková potreba energie a definície energetického hodnotenia, 2008 (73 0712)



*Príspevok je riešený v rámci grantového projektu VEGA č. 1/0498/10
Aplikácia holografickej interferometrie pri skúmaní medznej vrstvy v zariadeniach na prestup
tepla.*

Lektoroval: Ing. Ján Koniar, PhD.

Kontaktná adresa:

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



KONTINUÁLNÍ MĚŘENÍ EMISÍ EXTRAKTIVNÍ HOT-WET METODOU

CONTINUOUS EMISSIONS MONITORING USING HOT-WET EXTRACTIVE METHOD

Michal REJZEK

ABSTRACT: The paper describes the extractive Hot - Wet method, which is used for the CEMS measurement of flue gas mainly at cement and waste incineration plants.

Key words: Emission, Hot-Wet, CEMS, probe

ABSTRAKT: Príspevok pojednáva o extraktívnej Hot-Wet metóde, ktorá sa používa pre mernenie plynných emisií predovšetkým v cementárňach a spalovňach.

Kľúčové slová: Hot-wet, extrakce, emise, sonda

1. ÚVOD

Současné požiadavky na zajištenie ekologického provozu spalovacích zdrojů vyžadují přesné měření emitovaných škodlivin. Tyto požadavky platí pro převážnou většinu emisních zdrojů. U menších zdrojů postačuje provádět měření pouze jednorázovým měřením akreditovanou měřicí skupinou a to většinou jednou za rok. U velkých zdrojů je vyžadována instalace systému pro kontinuální měření emisí, které zpracovává tzv. emisní počítač a poskytuje reporty inspekci životního prostředí.

Požadavky měřených veličin i emisních limitů jsou dány zákonem a místním predpisem inspekce životního prostředí. U standardních spalovacích zdrojů (teplárny, elektrárny) je většinou požadováno měření CO, NO_x, SO₂, TZL (tuhé znečišťující látky) a O₂. Pro zdroje spalující a spalující odpad je dále požadováno měření HCl, HF, VOC (suma organických uhlovodíků), případně NH₃ a Hg. U ostatních emisních zdrojů, jako např. Chemické závody či rafinerie, je požadováno měření ještě dalších komponent.

Pro kontinuální měření emisí se v principu používají dvě základní metody. Metoda extraktivní a metoda in-situ.

Tyto dvě metody spolu na trhu kontinuálního měření dost často soupeří, ale v některých případech se vzájemně doplňují. Nezbyvá, než je porovnat a ukázat, kde jsou výhody, případně úskalí každé z nich.

2. IN-SITU METODA

Jako alternativa extraktivních systémů byla v 70. letech 20. století vyvinuta metoda In-situ, která měla odstranit obvyklé potíže extraktivních systémů. Historie ale nedala jednoznačnou odpověď na otázku, která z metod je výhodnější z pohledu celkových nákladů na pořízení i provozních nákladů.

Metoda In-situ se používá na měření základních emisních složek jako je CO, CO₂, NO, NO₂, SO₂, NH₃. Pro plyny CO a CO₂ se většinou používá spektroskop pracující v rozsahu infračerveného záření. Pro plyny NO, NO₂, SO₂ a NH₃ se používají ultrafialové spektroskopy.



Pro měření „složitých plynů“ jako je například HCl, HF a NH₃ je nespolehlivější měření pomocí laserového spektroskopu, který pracuje na principu TLDS (Tunable Laser Diode Spectroscopy).

Z pohledu umístění můžeme způsoby měření dále dělit na měření bodové, jako je například měření kyslíku sondou s článkem kysličníku zirkonia a měření na celém průměru nebo části kouřovodu. Další metoda měří na delší optické cestě, ať už napříč celému kouřovodu nebo jen jeho části. Toto měření používá opět různá uspořádání optické cesty.

Výhody metody In-situ:

- rychlá odezva měření bez dopravního zpoždění
- bezdotykové měření, vhodné např. pro měření v agresivních a korozivních plynech
- není potřeba úprava vzorku ani kalibrační plyny

Nevýhody metody In-situ:

- vyšší pořizovací náklady

V případě In-situ metody je potřeba při přepočtu na normálové hodnoty počítat s tím, že měření probíhá ve vlhkých plynech.

Při měření metodou In-situ v provozních podmínkách je nezbytné kontinuálně měřit rovněž tlak a teplotu, pro přepočet na normálové hodnoty.



Obrázek 1 Typická instalace měření In-situ

3. EXTRAKTIVNÍ METODA

Tuto metodu můžeme principiálně rozdělit ještě na další dvě podmetody měření a to měření v horkých plynech (Hot Wet) a měření v upravených plynech (Cold Dry).

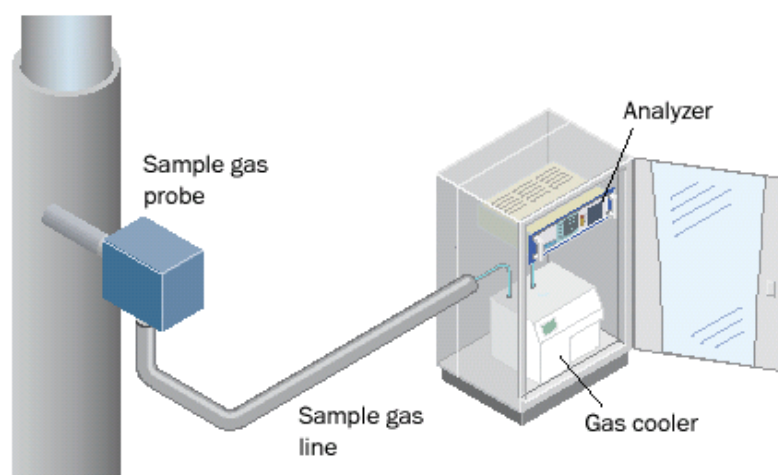
Extraktivní metoda spočívá v tom, že vzorek není měřen a vyhodnocen v místě měření, ale je dopraven do analyzátoru pomocí odběrového vedení. Toto vedení je většinou izolovaná odběrová hadice, která je vyhřívána na 150 – 200 °C, tedy nad rosný bod měřeného plynu, aby nedocházelo k jeho kondenzaci ve vedení.



K odběru je použita odběrová sonda s filtrem často rovněž vyhřívaná a v některých případech i s profukem.

Vzorek plynu je pak v případě Cold – Dry metody zchlazen v chladničce k odloučení vlhkosti. V případě Hot - Wet metody je přiveden přímo do vyhřívaného analyzátoru.

V případě Cold – Dry metody je potřeba při přepočtu na normálové hodnoty počítat s tím, že měření probíhá v suchém plynu. Tato metoda rovněž neumožňuje měření plynů rozpustných ve vodě, jako je například HCl, HF, NH₃ a částečně i NO₂, protože by docházelo k jejich odloučení s kondenzátem v chladničce.



Obrázek 2 Extraktivní metoda analýzy plynu

Obecné výhody extraktivní Metody:

- nízké pořizovací náklady při více měřených komponentech
- snadný přístup k analyzátorům
- snadná a cenově výhodná rozšiřitelnost

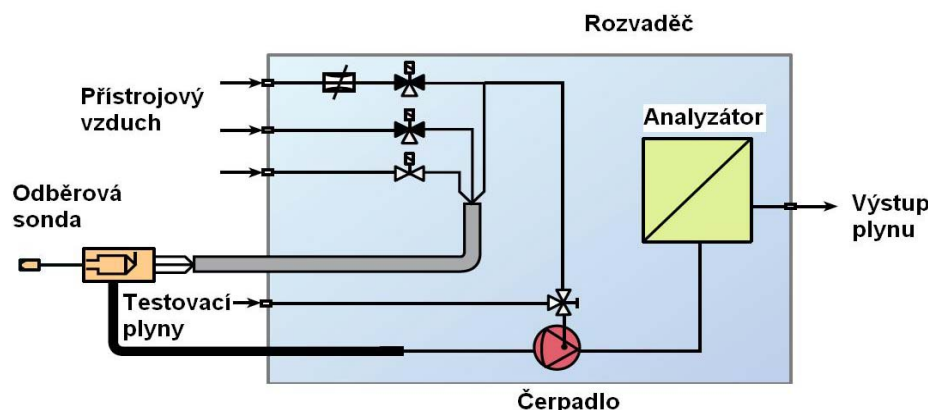
Nevýhody extraktivní metody:

- spotřeba kalibračních plynů
- náklady na vyhřívání vedení
- složitý systém dopravy a úpravy vzorku náchylný na poruchy

3.1 Uspořádání odběru vzorku u Hot-Wet metody

Hlavní vlastnosti Hot-Wet metody je vyhřívání celé odběrové cesty nad teplotu rosného bodu kyselin, což je obvykle 180-200 °C. Požadavek na vyhřívání je důležitý a je třeba ho v každém případě dodržet. Běžně se vyhřívá odběrová sonda a vedení, ale specialitou této metody je i vyhřívání pumpa.

Typické uspořádání odběrové cesty je zřetelné z obr. 3.



Obrázek 3 Uspořádání extraktivní plynové cesty

3.2 Typické uspořádání Hot-Wet systému

Pro měření emisí v cementárnách, vápenkách a spalovnách se používá většinou Hot-Wet extraktivní analyzátor pracující na principu FTIR. Typicky je analyzátor umístěn v rozvaděči a je plně vybaven. Součástí rozvaděče je průmyslové PC pro vyhodnocení měření, vstupně výstupní moduly, vyhřívaná měřicí komora, čerpadlo (obvykle ejektor), elektronika a na čelním panelu dotykově ovládaný displej.



Obrázek 4 Uspořádání FTIR



3.3 Varianty měření emisí

Pro měření emisí zdrojů používajících alternativní paliva lze použít několik principů. Typicky se měří CO, SO₂, NO_x, O₂, CO₂, HCl, TOC a někdy i HF a NH₃.

Hot-Wet metoda

Kompletní odběr i zpracování vzorku je vyhříváno nad rosný bod až do analyzátoru. Všechny komponenty se měří jedním analyzačním systémem. Většinou FTIR, který je doplněn o FID analyzátor na měření TOC.

In-situ metoda

Dokáže měřit prakticky všechny emisní plyny včetně problematických. Používá však obvykle jednokomponentní přístroje a proto pro komplexní měření všech požadovaných plynů je potřeba velké množství přístrojů, což je velice nákladné.

Kombinace Cold-Dry s In-situ

Klasické bezproblémové plyny (CO, SO₂, NO_x, O₂, CO₂) jsou měřeny Cold-Dry metodou. Problematické plyny (HCl, HF a NH₃) většinou pomocí laserových In-situ analyzátorů TDLS.

3.4. Další Hot – Wet metody

Do Hot-Wet metod můžeme zahrnout například i měření SO₃ nebo měření rtuti pomocí vysokoteplotní konverze. Tyto metody jsou již plně vyvinuty a funkční. Probíhá testovací provoz a je jen otázkou času, kdy evropská legislativa přijde s požadavkem na měření i těchto komponentů.

SHRNUTÍ

Závěrem lze konstatovat, že extraktivní Hot-Wet metoda je prakticky jedinou možností měření emisí u zdrojů, které používají alternativní paliva. In-situ technologie je teoreticky možná, ale při požadavku měření až 8 plynných komponentů neúměrně nákladná. Občas se objevuje i kombinace Cold-Dry extraktivní metody s In-situ metodou TDLS pro měření HCl, HF a NH₃, ale toto řešení se nezdá vhodné technicky ani ekonomicky a je prosazováno pouze u výrobců, kteří multikomponentní Hot-Wet metodou pro měření emisí nedisponují.

Lektoroval: doc. Ing. Jozef Černecký, CSc.

Kontaktná adresa:

Ing. Michal Rejzek, SICK spol. s r.o., Ukrajinská 2a, 101 00 Praha 10, Česká republika



EKOTECHNICKÉ SPÔSOBY REDUKCIE RIZIKOVÝCH LÁTOK V PROCESCH POVRCHOVÝCH ÚPRAV MATERIÁLOV – I. ČASŤ: NÁVRH TECHNOLOGICKÝCH LINIEK

ECO-TECHNICAL METHODS OF REDUCING HAZARDOUS SUBSTANCES IN SURFACE TREATMENT PROCESSES OF MATERIALS – PART I.: PROPOSAL OF TECHNOLOGICAL LINES

Eva RUŽINSKÁ – Marek JABŁOŃSKI

ABSTRACT: The aim of the paper is the first part of the draft eco-technical methods of reducing hazardous chemicals generated by the technological processes of surface treatment of wood materials. Attention is paid to the optimum technological process during application of organic coating systems and to enhance knowledge in the development of coatings application visualization of diagnostic methods.

Key words: emission, hazardous substances, air protection, surface treatments, eco-technic equipments

ABSTRAKT: Cieľom prvej časti príspevku je návrh účinných ekotechnických spôsobov redukcie rizikových chemických látok vznikajúcich v technologických procesoch povrchových úprav drevných materiálov. Pozornosť je venovaná návrhu optimálneho technologického procesu pri nanášaní ekologických náterových systémov, ako aj doplneniu poznatkov pri tvorbe povlakov aplikáciou vizualizačných diagnostických metód.

Kľúčové slová: emisie, rizikové látky, ochrana ovzdušia, povrchové úpravy, ekotechnické zariadenia

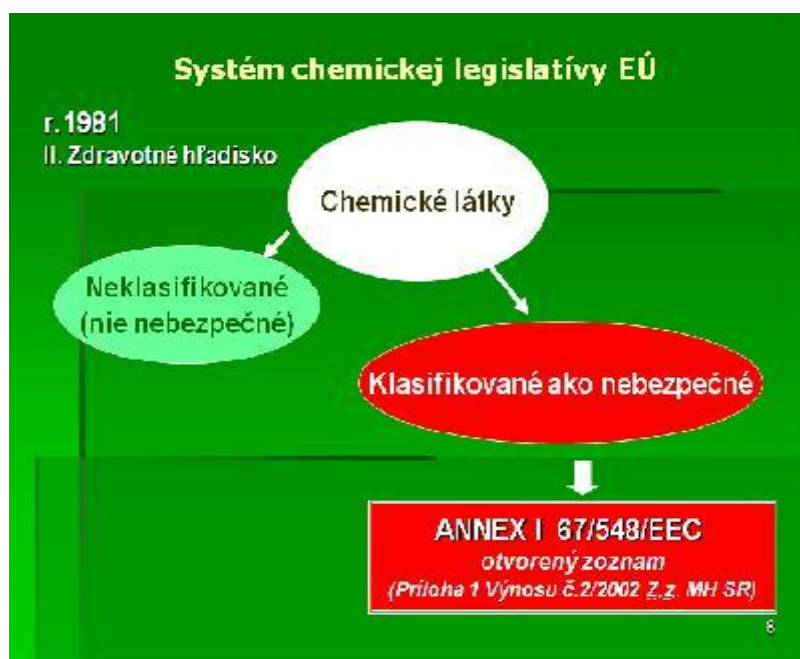
1 ÚVOD

Rizikové látky v životnom a pracovnom prostredí tvoria početnú skupinu kontaminantov, ktoré negatívne ovplyvňujú zdravie obyvateľstva. Rôznorodé chemické zloženie týchto látok možno kategorizovať ako látky podliehajúce aktuálnym európskym legislatívnym nariadeniam – REACH (znamenajúce registráciu, evaluáciu, autorizáciu a obmedzovanie používania chemických látok), GHS (globálny harmonizovaný systém) a VOC (volatile organic compounds - prchavých organických zlúčenín), ktoré v určenom časovom horizonte majú byť implementované do legislatívy jednotlivých členských štátov EÚ (Ďurišová 2007; Ružinská 2006, 2009 a,b, 2010, 2011).

Potreba registrácie a kategorizácie používaných chemických látok a prípravkov rôzneho chemického zloženia od ich výroby až po distribúciu hotových výrobkov je aktuálna v EÚ ako Nariadenie REACH – založený na princípe, že priemysel by mal vyrábať, dovážať, resp. používať alebo ich uvádzať na trh spôsobom, ktorý na základe predvídateľných podmienok zabezpečí, že tieto nebudú mať nepriaznivý dopad na ľudské zdravie a životné prostredie, teda zamedzí sa kontaminácii ovzdušia, vody, pôdy a poškodeniu biodiverzity chemickými látkami. Na realizáciu tohto opatrenia je potrebné zabezpečiť, aby výrobcovia a dovozcovia zosumarizovali, alebo vygenerovali komplexné údaje o látkach a následne posúdili, ako možno regulovať riziká ich dopadu na zdravie obyvateľstva a na jednotlivé zložky životného prostredia realizáciou vhodných opatrení riadenia rizík (Bachratý 2004; Eleničová 2005; Ružinská, 2010, 2011; Neupauerová 2008, Tesařová a Muzikář 2006).



Nariadenia REACH a Smernica VOC sú principiálne ustanovené na spolurozhodovaní Európskej komisie (EK), Európskeho parlamentu (EP) a Rady EÚ. Tieto nariadenia sú mimoriadne komplikované a ťažko zrozumiteľné aj pre zainteresovaných odborníkov a často dopĺňané vykonávacími smernicami a vyhláškami tak, aby boli účinným legislatívnym nástrojom po ich implementácii do národnej legislatívy všetkých členských krajín EÚ, využívajúcich na dosiahnutie stanovených emisných limitov pri redukcii rizikových látok práve BAT - najlepšie dostupné techniky (Ružinská 2009b, 2010, 2011; Smernica VOC, Zákon o ovzduší, Vyhláška č. 359/2010). Kategorizácia chemických látok podľa legislatívy REACH a podľa ich toxikologického účinku je uvedená na Obr. 1.



Obr. 1 Klasifikácia chemických látok podľa aktuálnej legislatívy REACH

Rizikové látky kategorizované v rozsiahlej skupine prchavých organických zlúčenín (Príloha č. 1 – Smernica VOC) predstavujú ďalší mimoriadne závažný problém životného a pracovného prostredia, ktorý je v súčasnosti aktuálne riešený návrhom technických opatrení na ich minimalizáciu, resp. úplnú elimináciu z technologických procesov výroby a finalizácií rôznych materiálov a výrobkov v praxi. VOC sú nielen emitormi znečistenia ovzdušia, rovnakou mierou zaťažujú aj vnútorné prostredie budov a majú výrazne negatívny vplyv na zdravie obyvateľstva, sú podozrivé aj z vytvorenia SBS syndrómu (sick building syndrom – syndróm chorých budov) (Ďurišová 2007; Neupauerová 2008; Ružinská 2010; Tesařová a Muzikář 2006; Jabłoński a kol. 2009).

Hodnotenie rizika pre existujúce chemické látky podlieha niekoľkostupňovému hodnoteniu tak, aby boli adekvátne vyhodnotené všetky aspekty pre zaradenie posudzovanej chemickej látky do skupiny rizikových, alebo bolo vylúčené riziko nebezpečnosti. Schématické hodnotenie rizika existujúcich chemických látok (zoznam EINECS) je uvedené na Obr. 2. Na Obr. 3 je graficky interpretovaný výsledok hodnotenia rizika existujúcich látok vo vzťahu na zdravie človeka a na životné prostredie v zmysle zásad manažmentu rizík.



Ďalším závažným problémom, ktorý je v súčasnosti mimoriadne aktuálny je problematika redukcie rizikových látok, označených ako prchavé organické zlúčeniny – VOC. Najväčšími producentmi emisií VOC a mnohých rizikových látok, sú technologické procesy povrchových úprav materiálov (40 %) a procesy odmasťovania povrchov materiálov pomocou organických rozpúšťadiel, ďalej nasledujú doprava a energetika, priemyselné technológie v hutníctve, polygrafickom, chemickom, petrochemickom, farmaceutickom priemysle, výroba plastov, kaučukov, obuvi, úprava rastlinných olejov, laminácia rôznych materiálov, spaľovanie odpadov, praženie kávy a ďalšie činnosti (Bachratý 2004; Eleničová 2004; Radvanská a kol. 2008; Richter 2003; Ružinská 2010 a 2011; Tesařová a Muzikář 2006).



Obr. 2 Hodnotenie rizika existujúcich chemických látok podľa REACH



Obr. 3 Výsledné hodnotenie rizík existujúcich chemických látok podľa REACH vo vzťahu k zdraviu ľudí a na životné prostredie



Najzávažnejšie toxikologické účinky majú chemické látky s karcinogénnymi a mutagénnymi účinkami – s označením T a Xn v zmysle znenia R-viet, ktoré sú prítomné ako zložky niektorých náterových látok, rozpúšťadiel a riedidiel (napr. styrén, benzén, cyklohexán, metylénchlorid a iné):

- ✓ **R40:** Možné riziká ireverzibilných účinkov
- ✓ **R45:** Môžu spôsobiť rakovinu
- ✓ **R46:** Môžu spôsobiť dedičné genetické poškodenie
- ✓ **R49:** Môžu spôsobiť rakovinu pri vdychnutí
- ✓ **R60:** Môžu poškodiť plodnosť
- ✓ **R61:** Môžu spôsobiť poškodenie nenarodeného dieťaťa



T



Xn

V dôsledku narastajúcej spotreby rozpúšťadiel (v procesoch povrchových úprav kovov, dreva, plastov) aj napriek prijatým legislatívnym nariadeniam (Smernica VOC z r. 1999, 2004/ES) bolo zistené po inventarizácii NMVOC (Bachratý R. 2004; Ďurišová 2007; Eleničová, 2005, Ružinská, 2006, 2010), že ich spotreba sa neznižuje, tak boli prijaté následné vykonávacie smernice EP, ktoré boli zapracované do našej národnej legislatívy: do Zákona o ovzduší č. 137/2010 Z.z. a vykonávacích vyhlášok – Vyhláška MŽP SR č. 359/2010 Z.z. – Príloha č. 1, č. 358/2010 Z.z.

Vzhľadom na uvedené skutočnosti si prax nutne vyžaduje prepojenosť výskumu s aktuálnou legislatívou, ako aj s edukačným procesom pre kvalifikované riešenie aktuálnych a závažných problémov životného a pracovného prostredia tým, že spoločným úsilím výskumníkov, pedagógov i študentov sa budú vytvárať inovatívne návrhy technologických postupov a úprav existujúcich zariadení, uplatňujúc princípy BAT (v spojení s IT technológiami a vizualizačno-simulačnými technikami (Ružinská, 2011).

Cieľom prvej časti príspevku je návrh účinných ekotechnických spôsobov redukcie rizikových chemických látok – v prevádzkach povrchových úprav, ktoré najviac generujú vznik týchto rizikových látok. Pozornosť je venovaná návrhu optimálneho variantu technologickej linky na ekologickú povrchovú úpravu drevných materiálov.

2 RIZIKOVÉ LÁTKY V PROCESOCH POVRCHOVÝCH ÚPRAV DREVNÝCH MATERIÁLOV

Pri riešení problematiky redukcie rizikových látok v procesoch povrchových úprav drevných materiálov je potrebné systematicky riešiť nasledujúce problémy:

- a) prehodnotiť spojivovú bázu používaných náterových látok tak, aby sa eliminovala aplikácia rozpúšťadlových spojív a nahradili sa spojivami vodou riediteľnými, vysokosušinovými (HS), resp. ekologicky akceptovateľnými – na báze prírodných olejov, voskov;
- b) výber ekonomicky efektívnych a zároveň ekologicky vhodných technologických postupov pri nanášaní náterových látok tak, aby boli zohľadnené techniky redukujúce vznik rizikových látok – s následným intenzívnym vytvrdzovaním náterových filmov



- (povlakov) pomocou UV a IR žiarenia, obmedziť pneumatické a modifikovať vzduchové striekanie; pri povlakovaní ostatných materiálov využiť technológie ECB (s tokom urýchlených elektrónov), resp. s mikrovlnným žiarením, alebo elektrostatické nanášanie – uvedené v Tab. 1;
- c) pripraviť návrh a následnú inštaláciu účinných ekotechnických zariadení na odlučovanie emisií rizikových látok v procesoch povrchových úprav materiálov.

Tab. 1 Prehľad ekologicky progresívnych spôsobov riešenia redukcie rizikových látok v technológiách povrchových úprav drevných materiálov

Predúprava povrchu	Aplikácia náterových systémov	Tvorba filmu
Chemická úprava povrchu, vodný cyklus	Alternatívny náterový systém: - vysokosušínový - vodou riediteľné náterové látky - práškové náterové látky - radiačne vytvrdzované systémy Vzduchový cyklus, priamy alebo zahrňujúci koncentrovanie, čistenie a recykláciu rozpúšťadiel	Alternatívne procesy: - ultrafialové (UV) - infračervené (IR) - EBC - mikrovlnné
Recyklácia	Optimalizácia hrúbky filmu Účinnosť prenosu: - rozprašovací proces - elektrostatický spôsob - automatizácia - recyklácia farby	Energetická účinnosť Recyklácia rozpúšťadla

3 PROCESY TVORBY NÁTEROVÝCH FILMOV

V prvej časti experimentálnej časti nášho výskumu sme sa zamerali na optimálny výber náterových látok, ako aj efektívnu technológiu ich nanášania na povrch drevných materiálov (Pacák 2007; Štofánová 2010; Ružinská 2011). Schématické zobrazenie parciálne riešených problémov je graficky zobrazené na Obr. 4, kde je uvedený prehľad jednotlivých etáp riešenia optimálneho modelu pre aplikáciu ekologicky najvhodnejších náterových systémov a technologických podmienok ich realizácie, ktoré boli riešené v laboratórnych, ako aj poloprevádzkových podmienkach.

Pri hľadaní optimálneho náterového systému sme na základe posúdenia hygienických (obsah VOC) a aplikačných (reologických) charakteristík náterových látok ďalej nanášaných na povrch veľkoplošných drevných materiálov (nábytkových dielcov, podlahovín) výber zúžili na vodou riediteľné náterové látky (na báze polyuretán-akrylátov) a náterové látky vytvrdzované s využitím UV žiarenia. Tieto boli porovnávané s rozpúšťadlovými polyuretánmi (PUR). Okrem aplikačných vlastností náterových látok ako viskozita, konzistencia, dôležitým ekonomickým kritériom výberu bol čas vytvrdzovania jednotlivých náterových systémov (aplikovaných v 2 vrstvách náterového filmu) (Ružinská 2006).

Z pohľadu produktivity práce a skrátenia výrobného procesu, vedúceho k vyhotoveniu povrchových úprav výrobkov z dreva, sa v súčasnosti vyžaduje urýchlenie procesu vytvrdzovania náterových látok. Náterové látky vytvrdzované UV sú formulované tak, že pre



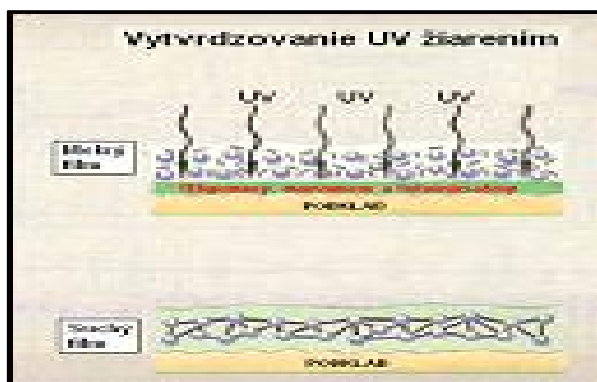
ich úplné vytvrdnutie možno počítať s rýchlosťou posuvu dopravníka 3 m/min na jeden UV žiarič o výkone 80 W/cm. Pri uvedenej rýchlosti posuvu dopravníka a šírke UV žiariča 20 cm v smere pohybu dielca, zodpovedá doba vytvrdzovania 3 – 4 s. S rastúcou rýchlosťou posuvu dopravníka je potrebné zvyšovať počet UV žiaričov (Pacák 2007; ; Ružinská, 2006 a 2009).

Pre porovnanie polyuretánové náterové látky (rozpúšťadlové), ktoré sa v praxi ešte často využívajú pre svoje výborné kvalitatívne charakteristiky, vytvrdzujú kombinovaným fyzikálno-chemickým spôsobom, pričom mechanizmus vytvrdzovania je nasledovný: súčasne s odparovaním rozpúšťadiel a riedidiel dochádza k polyadičnej reakcii medzi živicom a tvrdivom. Dĺžka vytvrdzovania základného laku pri teplote (20 ± 2 °C) a relatívnej vlhkosti vzduchu (60 ± 5 %) zodpovedá 12 hodinám pre dosiahnutie brúsiteľnosti laku a 12 hodín pre preschnutie laku v celej vrstve náterového filmu, pre vrchný sú to 4 hodiny. Pri porovnaní týchto dvoch skupín náterových systémov je zrejmé, že doba vytvrdzovania náterových látok vytvrdzovaných UV žiarením je niekoľkonásobne kratšia ako polyuretánov, čo je nesporne pozitívnym ekonomickým ukazovateľom pri ich primárnom výbere v praxi (Ružinská, 2006).

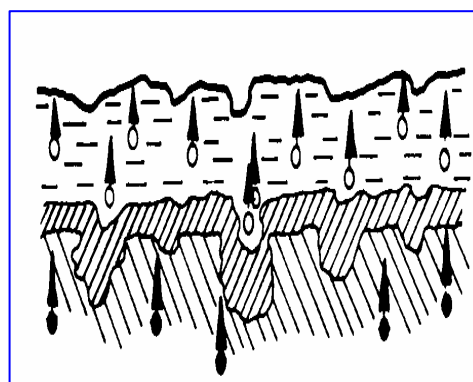
Pri našom posúdení vhodnosti aplikovať na povrch dreva vodou riediteľné náterové látky sme tento variant vyhodnotili síce ako ekologický (na základe experimentálnych meraní obsahu VOC), avšak z hľadiska ekonomického, celkový čas vytvorenia povlakov kvalitatívne požadovaných povlakov predstavuje až 24 hodín pri teplote (20 ± 2 °C), pri zvýšení teploty na 50 °C sa čas skráti cca na 8 hodín (Jabłoński a kol. 2009, Pacák 2007; Zemiar a kol. 2009).

Pre objasnenie mechanizmu tvorby náterových filmov, ako aj pre doplnenie poznatkov pri sprevádzajúce proces tvorby náterových filmov boli aplikované aj vizualizačné metódy - holografická interferometria s využitím dvojexpozičných záznamov (Ružinská a Černecký 2004). Vzhľadom na absenciu inštrumentálnych metód, ktoré by podrobnejšie objasnili mechanizmus tvorby náterových filmov z hľadiska ich kvalitatívnych charakteristík bola použitá táto vizualizačná technika ako jedna z progresívnych experimentálnych metód, identifikujúcich prípadné napätia v náterových filmoch, ktoré sú dôležité pre predikciu trhlín ako závažných chýb povlakov.

Porovnanie spôsobov vytvrdzovania náterových látok pomocou UV žiarenia a náterových látok využívajúcich intenzifikáciu týchto procesov pomocou IR žiarenia je zobrazené na Obr. 4 (Pacák, 2007) a Obr. 5 (Zemiar a kol., 2009).



Obr. 4 Schématické zobrazenie procesov vytvrdzovania náterových látok UV žiarením (tvorba náterového filmu)

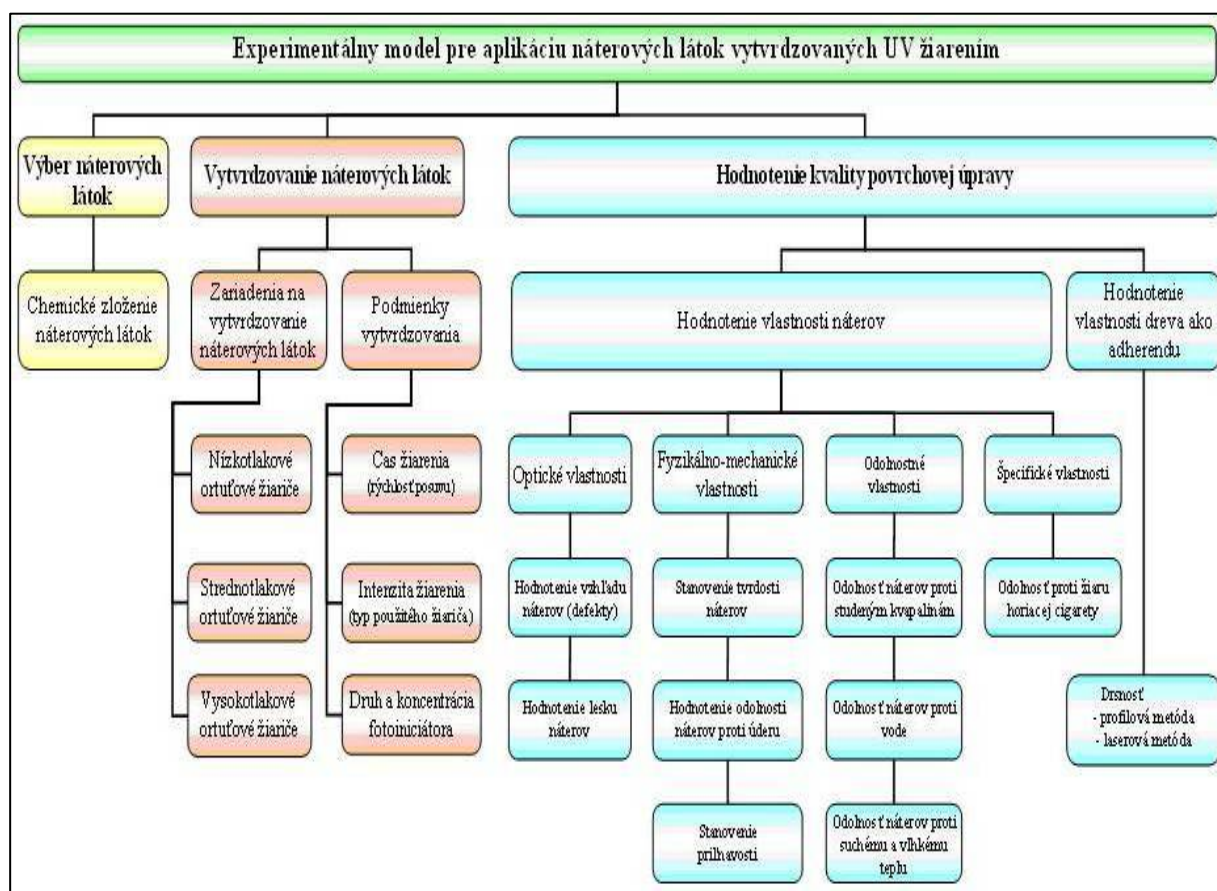


Obr. 5 Schématické zobrazenie vytvrdzovania náterových látok IR žiarením (• - tepelné médium, o - pary rozpúšťadiel)



V ďalšej etape návrhu optimálnej linky na povrchovú úpravu drevných materiálov boli riešené parciálne úlohy týkajúce sa posúdenia času a mechanizmu vytvrdzovania, ale aj procesov tvorby náterových filmov, ktoré boli sledované vizualizačnými metódami (Ružinská 2006; 2011).

Následne po výbere najvhodnejšieho variantu náterových látok bola pozornosť venovaná posúdeniu technických aspektov liniek povrchových úprav – kapacita, efektivita, ekologickosť prevádzky. Vo finálnej etape sa riešila problematika účinných ekotechnických zariadení pre záchyt rizikových látok, ako aj odlúčenie prachových častíc, ktoré sú nežiaduce pre kvalitu vytváraných náterových filmov – povlakov tak, ako je to naznačené schématicky na Obr. 6.



Obr. 6 Schéma experimentálnych prác pri návrhu ekologickej linky na povrchovú úpravu drevných materiálov s aplikáciou náterových látok vytvrdzovaných UV žiarením

4 VYHODNOTENIE HYGIENICKÝCH CHARAKTERISTÍK NÁTEROVÝCH LÁTOK

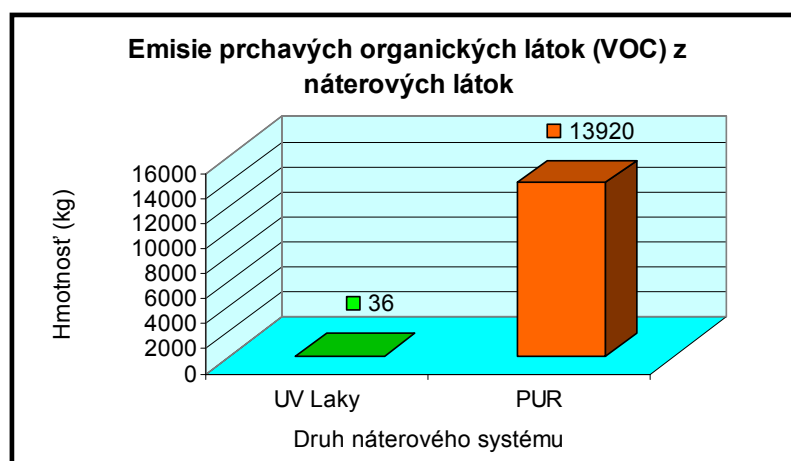
Najdôležitejším kritériom pri posudzovaní ekologickej akceptovateľnosti náterových látok aplikovaných vybranou aplikačnou technikou bolo stanovenie celkového obsahu prchavých organických zlúčenín. Pre potreby monitorovania pracovných priestorov sa požaduje aj kvalitatívne stanovenie jednotlivých rizikových látok a ich komparácia



so stanovenými emisnými limitmi – Vyhláška č. 359/2010 Z.z. a Zákon o ovzduší č. 137/2010 Z.z.

Experimentálne stanovenie celkovej sumy VOC v rozpúšťadlových polyuretánoch a v náterových látkach vytvrdzovaných UV žiarením sa vyhodnocovalo za nasledujúcich podmienok:

- Zariadenie pre meranie emisií VOC: malopriestorová komora VOC - TEST 1000 o objeme 1 m³ na MZLU v Brne (Tesařová a Muzikář 2006),
- odberové zariadenie: desorpčná trubička so sorbentom TENAX TA, čerpadlo vzduchu Gilian LFS 113 Sensidine, prietok vzduch 6 l/h, doba odberu 360 minút,
- analýza podľa GC (6890N HPST) a hmotnostným spektrometrom (5973 Network) podľa metodiky EN 13 419 (Determination of emission of VOC).



Obr. 7 Grafická interpretácia emisií VOC v prevádzkach povrchových úprav drevných materiálov s predpokladanou ročnou produkciou

Tab.2 Vyhodnotenie nameraných a vypočítaných emisií VOC z procesov povrchových úprav pri aplikácii UV vytvrdzovaných polyakrylátov a rozpúšťadlových PUR

Typ NL	zloženie náter. systému	nános NL (g/m ²)	emisie VOC (g/m ²)	emisie VOC (kg/100000m ²)
UV vytvrdzované náterové látky	plnič	16	0,11	11
	základný lak	10	0,21	21
	vrchný lak	4	0,04	4
	spolu	30	0,36	36
PUR rozpúšťadlové	základný lak	120	84,60	8460
	vrchný lak	120	54,60	5460
	spolu	240	139,20	13920

Z vyhodnotenia experimentálne získaných výsledkov vyplynulo, ktoré je graficky zobrazené na Obr. 7 (Tesařová a Muzikář 2006; Pacák 2007, Ružinská 2006) a z Tab. 2 je zrejmé, že nami zvolené UV náterové látky predstavujú 386-násobne nižšie emisie VOC v porovnaní s rozpúšťadlovými PUR náterovými látkami pri predpokladanej ročnej kapacite

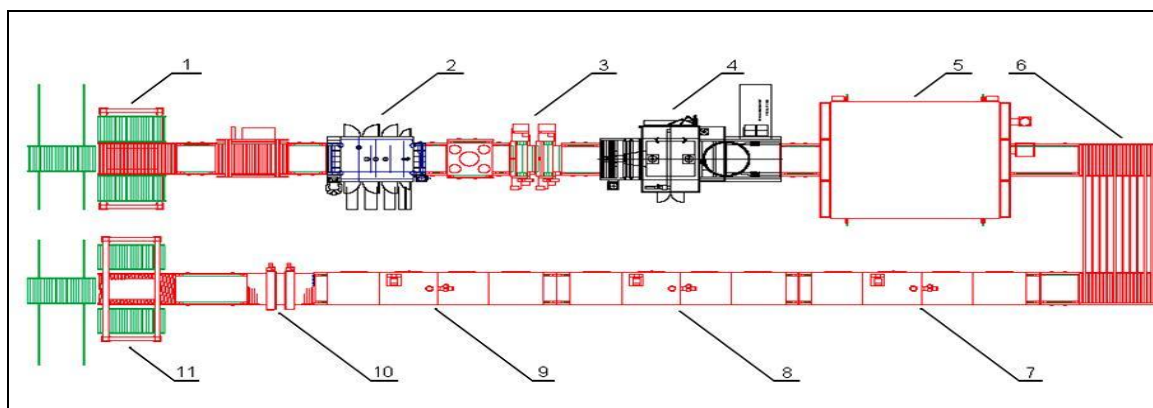


(100 000 m²) povrchovo upravených drevných materiálov, čo by zodpovedalo strednej až veľkej prevádzke. Problémom pre malé a stredné prevádzky povrchových úprav drevných materiálov sú vysoké obstarávacie náklady s využitím UV technológie vytvrdzovania.

Pri kvalitatívnej analýze jednotlivých zlúčenín VOC a ich komparácii so stanovenými limitmi bolo zistené, že nebola prekročená koncentrácia styrénu, benzénu, ani xylénov.

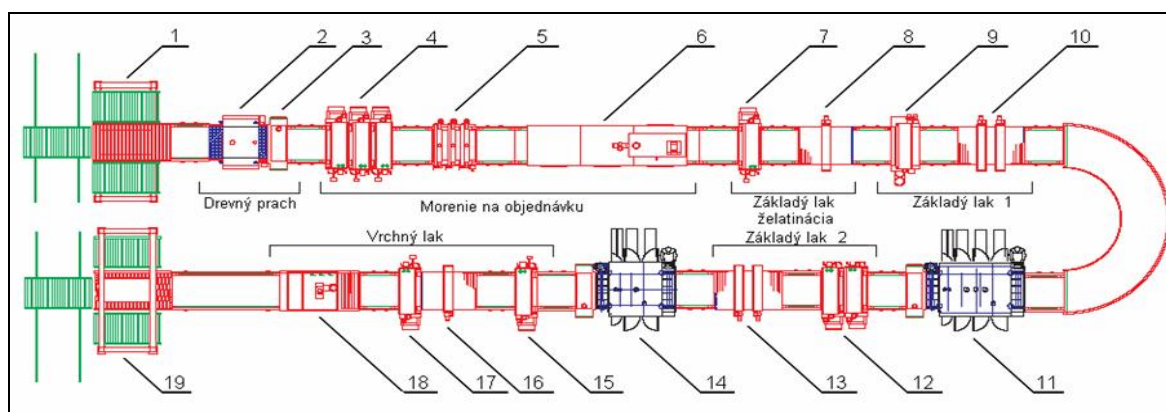
5 NÁVRH TECHNOLOGICKEJ LINKY POVRCHOVEJ ÚPRAVY DREVNÝCH MATERIÁLOV

Z vyhodnotenia možných ekologicky progresívnych a ekonomicky efektívnych metód nanášania náterových látok na povrch drevných materiálov (nábytkových dielcov, podlahovín) sme zvolili spôsob – navaľovaním, uvedený na Obr. 9. Pre porovnanie sme uviedli modifikovaný postup nanášania PUR striekaním – Obr. 8 (Pacák 2007).



Obr. 8 Návrh linky na povrchovú úpravu drevných materiálov – striekaním

1 - portálový podávač, 2 - brúska, 3 - valcová nanášačka, 4 - striekací automat, 5 - vertikálny sušič, 6 - dvojité rohový podávač, 7, 8, 9 - tunelová sušiareň, 10 - UV žiarič (2 lampy) s dopravníkom, 11 - stohovacie zariadenie



Obr. 9 Návrh linky na ekologickú povrchovú úpravu drevných materiálov – navaľovaním

1- podávací portál, 2- brúska I, 3 - čistiace zariadenie, 4 - valcová nanášačka I, 5 - podávacie zariadenie, 6 - tunelová sušiareň, 7 - valcová nanášačka II, 8 - UV žiarič (1 lamp), 9 - valcová nanášačka tmelu, 10 - UV žiarič (2 lampy), 11 - brúska II, 12 - valcová nanášačka III, 13 - UV žiarič (2 lampy), 14 - brúska s odprašovacím zariadením, 15 - valcová nanášačka IV, 16 - UV žiarič (1 lamp), 17 - valcová nanášačka V, 18 - UV žiarič (3 lampy), 19 - stohovacie zariadenie



Princípom **naval'ovania** je nanášanie náterovej látky na plochu upravovaného materiálu valcom. Množstvo náterovej látky (hrúbka náterového filmu) možno regulovať vzdialenosťou medzi materiálom a stieracím valcom. Naval'ovaním je možné nanášať spravidla iba rovinné dielce (Jabłoński, M. a kol. 2009; Zemiar a kol., 2009).

Výhody naval'ovania sú:

- možnosť nanášania náterových látok s vysokým obsahom sušiny 98 – 100 % (výhoda u náterových látkach vytvrdzovaných UV žiarením, zníženie prchavých organických látok), čím sa dosiahne výrazná redukcia VOC – Tab. 2, Obr. 7,
- vysoké rýchlosti nanášania 10 – 35 m/min (pri UV – 12 m/min),
- účinnosť nánosu 95 %

Nevýhody naval'ovania:

- vysoká náročnosť na hrúbkovú toleranciu $\pm 0,2$ mm.

Striekanie je síce univerzálna metóda nanášania, aplikovateľná bez ohľadu na druh a veľkosť upravovanej plochy. Uplatňuje sa hlavne pri tvarovo členitých výrobkoch ako sú napr. stoličky (Zemiar a kol., 2009).

Výhody striekania:

- možnosť nanášania rozmanito tvarových dielcov
- možnosť aplikácie v malosériových výrobkoch
- nenáročná údržba.

Nevýhody striekania:

- vysoká spotreba náterových látok v porovnaní s naval'ovaním, ako aj veľké straty pri nanášaní
- zvýšenou spotrebou náterových látok rastú emisie VOC.

6 EKONOMICKÉ VYHODNOTENIE PREVÁDZOK POVRCHOVÝCH ÚPRAV

Po posúdení technologických, kvalitatívnych ako aj ekologických aspektov navrhnutého variantu linky povrchovej úpravy (naval'ovaním) bolo vykonané aj ekonomické vyhodnotenie navrhnutého variantu.

Základným kritériom hodnotenia bolo posúdenie jednotkovej ceny – €/m² drevárskeho výrobku povrchovo upraveného rôznymi náterovými látkami. Výsledky ekonomického vyhodnotenia sú uvedené v Tab. 3. Výpočet nezohľadňoval náklady na inštaláciu zariadenia, prepočet bol vztiahnutý na spotrebiteľské balenia (bez DPH).

Tab. 3 Ekonomické vyhodnotenie nákladov na jednotkovú plochu drevárskych výrobkov pri použití rôznych náterových látok

Typ náterovej látky	Cena €/m ²
UV vytvrdzované	0,26
PUR rozpúšťadlové	2,10
Vodou riediteľné (bez vytvrdzovania UV)	2,46

Z ekonomického vyhodnotenia zvoleného optimálneho variantu linky povrchovej úpravy s atribútom ekologickej požiadavky – výraznej redukcie emisií VOC je zrejmé,



že technológia navaľovania s aplikáciou náterových látok (polyakrylátov) predstavuje zároveň najefektívnejší variant.

7 ZÁVER

Príspevok za zaoberal návrhom účinných ekotechnických spôsobov redukcie rizikových chemických látok vznikajúcich v technologických procesoch povrchových úprav drevných materiálov, ktoré boli riešené v spolupráci so zástupcami odbornej praxe, výskumnými pracovníkmi spolupracujúcich domácich a zahraničných univerzít, ako aj študentami inžinierskeho a doktorandského štúdia študijných programov (Ekotechnika a Výroba nábytku) v zmysle aktuálnych problémov životného a pracovného prostredia.

V prvej časti príspevku bola pozornosť venovaná návrhu optimálneho variantu technologickej linky na ekologickú povrchovú úpravu drevných materiálov, kde je výrazne redukovaný výskyt rizikových chemických látok. V experimentálnej časti sa riešili parciálne problémy výberu vhodných povlakovacích materiálov a technologických spôsobov nanášania týchto náterových systémov, ďalej boli aplikované alternatívne diagnostické metódy pre objasnenie mechanizmu tvorby povlakov, ako aj prestupov tepla sprevádzajúcich tvorbu náterových filmov pri posudzovaných technologických procesoch, čím by sa doplnili absentujúce poznatky mimoriadne dôležité pre potreby odbornej praxe.

LITERATÚRA

BACHRATÝ R.: 2004. Bilancia emisií VOC zo sektoru používania náterov. Eco Team Smolenice.

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.

ELENIČOVÁ, Z.: 2005. *Inventarizácia emisií NM VOC*. SHMÚ Bratislava. Záverečná správa.

JABŁOŃSKI, M. – RUŽINSKÁ, E. – ŚWIETLICZNY, M.: 2009. Polimery syntetyczne i materiały malarsko-lakiernicze w przemyśle drzewnym. Vyd. SGGW – University of Life Sciences, Warsaw, 2009. 247 s. ISBN 978-83-7583-044-6.

NEUPAUEROVÁ, A.: 2008. Vplyv fyzikálnych faktorov vnútorného vzduchu na koncentráciu formaldehydu v budovách. In: *Acta Facultatis Technicae*, Roč. 12, 2008, č.1, s. 127–134. ISSN 1336-4472.

PACÁK, M.: 2007. Hodnotenie kvality povrchovej úpravy dreva upraveného náterovými látkami vytvrdzovanými UV žiarením. *Diplomová práca*. KNDV DF TU ZVOLEN, 2007, 89 s.

RADVANSKÁ, A. – HLOCH, S. – FEČKO, P. : 2008. *Technika a technológie pre ochranu životného prostredia (Ovzdušie, voda)*. Vyd. VŠB Ostrava, s. 43-48. ISBN 978-80-248-1700-2.

RICHTER, M.: 2003. *Technologie ochrany ovzduší – příručka Část I*. Ústí nad Labem, s.91.



- RUŽINSKÁ, E.- ČERNECKÝ, J.: 2004. Hodnotenie aplikačných vlastností náterových látok holografickou interferometriou. *Zborník referátov z 46. medzinárodnej galvanickej konferencie*. FChPT STU Bratislava, 2004, 37-143 ISBN 80-227-2085-2
- 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. p.91. ISBN 80-228-1552-7
- RUŽINSKÁ, E.: 2009a). Hodnotenie emisií vybraných prchavých organických zlúčenín (VOCs) z drevárskych výrobkov. *Medzinárodný seminár "Nové trendy v technike ochrany ovzdušia" 2009*, Zvolen (CD), s. 75 - 81, ISBN 978-80-228-2003-5.
- RUŽINSKÁ, E.: 2009b). Implementácia aktuálnych poznatkov výskumu pri aplikácii nariadenia REACH a VOCs v oblasti technického a environmentálneho vzdelávania. *In: 25. medzinárodná vedecko-odborná konferencia "Technické vzdelávanie ako súčasť všeobecného vzdelávania"*. UMB Banská Bystrica, 2009, s. 423 - 427. ISBN 978-80-8083-878-2.
- RUŽINSKÁ, E.: 2010. Detekcia emisií rizikových látok (VOC) v oblasti environmentálneho technického vzdelávania *Trendy ve vzdelávání – Informační technologie a technické vzdelávání 2010*“. UP PdF, KTIV Olomouc, 6s. CD.
- RUŽINSKÁ, E.: 2011. Transfer výsledkov výskumu ekotechnických spôsobov redukcie rizikových látok pre inovatívne technické vzdelávanie. *In: 26. medzinárodná vedecko-odborná konferencia "Technické vzdelávanie ako súčasť všeobecného vzdelávania"*. UMB Banská Bystrica, 2011, 6 s.
- ŠTOFANOVÁ, G.: 2010. *Návrh environmentálne vhodných technológií finalizácie povrchov materiálov so zníženým obsahom polutantov*. Diplomová práca. KET FEVT TU Zvolen.
- MUZIKÁŘ, Z.- TESAŘOVÁ, D.: 2006. Povrchové úpravy nábytku a životní prostředí. *Zborník z 37. medzinárodnej konferencie o náterových hmotách – KNH 2006*. UP Pardubice, 2006, s.388-399. ISBN 80-7194-865-X.
- SMERNICA EP a Rady 2004/42/ES – o obmedzení emisií VOC unikajúcich pri používaní organických rozpúšťadiel v určitých farbách a lakoch a vo výrobkoch na povrchovú úpravu vozidiel a o zmene a doplnení smernice 1999/12/EC
- VYHLÁŠKA č. 359/2010 Z.z. (MŽPRR SR) o požiadavkách na obmedzovanie emisií prchavých organických zlúčenín unikajúcich pri používaní rozpúšťadiel v regulovaných výrobkoch.
- VYHLÁŠKA č. 358/2010 Z.z. (MŽPRR SR), ktorou sa ustanovujú emisné limity, technické podmienky a prevádzkovania strojov a zariadení, v ktorých sa používajú organické rozpúšťadlá.
- ZÁKON O OVZDUŠÍ s aktualizovanou dôvodovou správou – Zákon č. 137/2010 Z.z.
- ZEMIAR, J. – GÁBORÍK, J. – MUZIKÁŘ, Z. - NAVRÁTIL, V. – RUŽINSKÁ, E.- ŠEBO, N.: 2009. *Technológia výroby nábytku*. Vysokoškolská učebnica. Vyd. ES TU Zvolen, 2009. 287 s. ISBN 978-80-228-2064-6



Časť problematiky príspevku je riešená v rámci grantového projektu VEGA č. 1/0498/10.

Lektoroval: doc. RNDr. Iveta Marková, 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.tuzo.sk

Mgr. inž. Marek Jabłoński, Faculty of Wood Technology, Warsaw University of Life Sciences–SGGW, Nowoursynowska 139 st., 07 776 Warsaw, Poland, marek_jablonski@sggw.pl



EKOTECHNICKÉ SPÔSOBY REDUKCIE RIZIKOVÝCH LÁTOK V PROCESOH POVRCHOVÝCH ÚPRAV MATERIÁLOV – II. ČASŤ: NÁVRH ODLUČOVACÍCH ZARIADENÍ

ECO-TECHNICAL METHODS OF REDUCING HAZARDOUS SUBSTANCES IN SURFACE TREATMENT PROCESSES OF MATERIALS – PART II.: PROPOSAL OF SEPARATING EQUIPMENTS

Eva RUŽINSKÁ – Marek JABŁOŃSKI

ABSTRACT: The second part of the paper is proposal of appropriate eco-technic equipments for separating of hazardous chemicals and particulate matter (wood dust) resulting in the processes of surface treatment of wood products for grinding of individual layers of coats and for surface pretreatment of these materials.

Key words: hazardous substances, air protection, surface treatments, eco-technic equipments, odlučovače, filtre

ABSTRAKT: Cieľom druhej časti príspevku je návrh vhodných ekotechnických zariadení na odlučovanie rizikových chemických látok, ako aj tuhých znečisťujúcich látok (drevného prachu) vznikajúcich v procesoch povrchových úprav drevárskych výrobkov pri brúsení jednotlivých vrstiev náterového filmu a pri predúprave povrchu týchto materiálov.

Kľúčové slová: rizikové látky, ochrana ovzdušia, povrchové úpravy, ekotechnické zariadenia, separators, filters

1 ÚVOD

Príspevok nadväzuje na prvú časť príspevku venovanú návrhu technologických liniek povrchových úprav, v ktorých sú výrazne redukované rizikové chemické látky prítomné v procesoch povrchových úprav, či už pri nanášaní náterových látok až po vytvorenie náterových filmov (povlakov) v procesoch ich vytvrdzovania. V prvej časti príspevku boli riešené problémy pri návrhu optimálnej nanášacej techniky a voľbe vhodného náterového systému, ďalej bola pozornosť venovaná technologickým, ekonomickým a ekologickým aspektom procesov vytvrdzovania povlakov na povrchoch drevárskych výrobkov.

Cieľom druhej časti príspevku je návrh vhodných ekotechnických zariadení na odlučovanie rizikových chemických látok, ako aj drevného prachu vznikajúceho v procesoch povrchových úprav drevárskych výrobkov pri brúsení jednotlivých vrstiev náterového filmu a pri predúprave povrchu týchto materiálov.

2 NÁVRH RIEŠENIA REDUKCIE RIZIKOVÝCH LÁTOK V PREVÁDZKACH POVRCHOVÝCH ÚPRAV

Pre efektívne riešenie problematiky redukcie rizikových látok v prevádzkach povrchových úprav je potrebné posúdiť všetky aspekty, ktoré by znížili produkciu týchto nebezpečných polutantov. Z uvedeného je zrejmé, že preto v prvej časti príspevku bola pozornosť zameraná na výber ekologických náterových látok, ako aj ekonomicky, technologicky a ekologicky vhodným nanášacím zariadeniam tak, aby redukcia rizikových



chemických látok bola v súlade s aktuálne platnou legislatívou (Bachratý 2004; Ďurišová 2007; Eleničová 2005; Jabłoński a kol. 2009, Ružinská 2010, 2011).

Už v predchádzajúcich príspevkoch (Ružinská 2009, 2010, 2011) boli riešené aspekty návrhu riešení redukcie majoritnej skupiny rizikových látok – prchavých organických zlúčenín (VOC) v prevádzkach povrchových úprav rôznych materiálov (na báze dreva, kovov, plastov) s viacerými konkrétnymi ekotechnickými návrhmi ako výrazne eliminovať tieto polutanty.

Problematickým je bilancovať a účinne redukovat' rizikové látky (VOC) u malých prevádzkovateľov liniek povrchových úprav (lakovní), ktorí nemajú legislatívnu povinnosť monitorovať a bilancovať emisie týchto látok a riešiť problematiku redukcie prchavých organických zlúčenín realizáciou účinných opatrení v takom rozsahu ako veľkí, resp. strední znečisťovatelia ovzdušia v zmysle Zákona o ovzduší č. 137/2010 Z.z. a Vyhlášok č. 358/2010 Z.z. a 359/2010 Z.z.

Najmä u malých prevádzkovateľov povrchových úprav drevných materiálov je problematické bilancovať skutočnú spotrebu náterových látok, a tým aj viesť agendu, týkajúcu sa fugitívnych emisií a redukčného plánu na záchyt týchto látok. Problém je o to závažnejší, že väčšina takýchto prevádzok nemá inštalované žiadne ekotechnické zariadenia na ich záchyt. Podiel malých prevádzkovateľov drevárskych výrob s následnou povrchovou úpravou je v porovnaní s veľkými takmer 60 % (Bachratý 2004; Eleničová 2005; Ružinská 2011; Štofánová, 2010).

Spôsoby redukcie rizikových látok kategorizovaných ako VOC sú variabilné s využitím suchých procesov (Radvanská 2008; Richter 2003):

- adsorpčné techniky
- termická likvidácia
- katalytická likvidácia

s využitím mokrých procesov:

- absorpčné metódy
- kondenzačné metódy
- metódy biofiltrácie
- ozonizácia.

Vzhľadom na aktuálnosť potreby návrhu efektívnych a ekonomicky dostupných ekotechnických riešení redukcie rizikových látok pre malé prevádzky povrchových úprav drevárskych výrobkov, v ktorých nie sú inštalované odlučovacie zariadenia, sme im venovali hlavnú pozornosť.

Výsledkom je ekotechnický návrh komplexného zariadenia na odlúčenie plyných a tuhých znečisťujúcich látok pre malé prevádzky povrchových úprav (Ružinská 2010). Navrhli sme 3 rôzne varianty odlučovacích ekotechnických zariadení:

- a) variant A: Lakovňa s inštaláciou adsorpčného zariadenia bez regenerácie adsorbenta
- b) variant B: Lakovňa s inštaláciou adsorpčného zariadenia s regeneráciou adsorbenta
- c) variant C: Lakovňa s inštaláciou adsorpčného zariadenia s využitím biofiltrácie.

Pre potreby malých prevádzok povrchových úprav po ekonomickom vyhodnotení nákladov na inštaláciu a prevádzku ekotechnických odlučovacích zariadení sme vyhodnotili ako najvhodnejší variant A, avšak pri nákladnejšom variante B je účinnosť zariadení v záchytech rizikových látok vyššia cca o 8 – 10 % (Ružinská 2010).

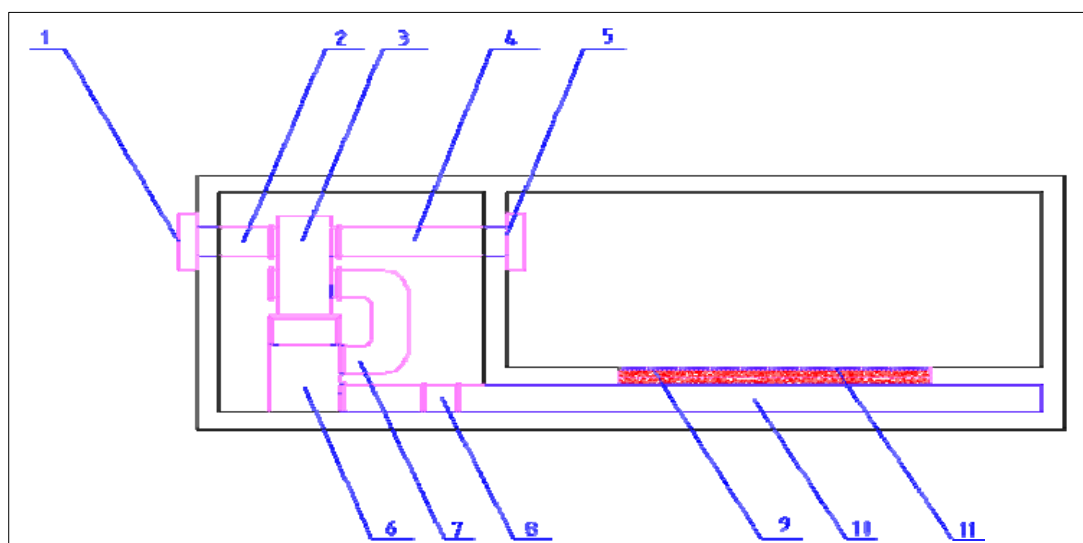
Navrhnuté odlučovacie zariadenie tvoria (Štofánová 2010, Ružinská 2010):

- odsávací potrubný ventilátor
- potrubie (kruhové, resp. štvorcové)



- rekuperátor
- minerálne filtre (filtre s rôznou filtračnou účinnosťou)
- rekuperátor
- box s aktívnym uhlím
- vháňací potrubný ventilátor
- žalúzia.

Schématický návrh variantu A – ekotechnického zariadenia s využitím adsorpčných metód zachytu rizikových látok bez regenerácie sorbenta (aktívneho uhlia) je na Obr. 1 (Štofánová 2010, Ružinská 2010).

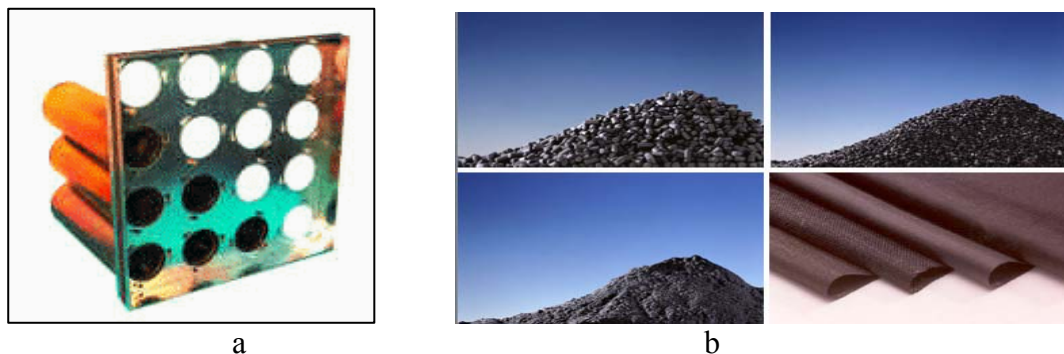


Obr. 1 Schématický návrh odlučovacieho zariadenia v prevádzke povrchovej úpravy drevárskych výrobkov bez regenerácie adsorbenta

1 - žalúzia I, 2 - odvodné potrubie z rekuperátora I, 3- rekuperátor, 4- prívodné potrubie, 5 –žalúzia II, 6 - aktívne uhlie, 7 - spojovacie potrubie, 8 - ventilátor, 9 - minerálne filtre, 10 – kovová mriežka, 11- odvodné potrubie II

Dôležitým prvkom navrhnutého ekotechnického odlučovacieho zariadenia sú filtre pre zachyt aerosólových častíc VOC tvoriacich sa pri nanášaní jednotlivých vrstiev náterových látok v procese úpravy povrchu drevných materiálov. Rovnako dochádza v technologických procesoch aj k operáciám jemného prebrúsenia jednotlivých vrstiev vytvorených náterových filmov na povrchoch drevárskych výrobkov, čiže je potrebné pre udržanie vysokej kvality povlakov odstrániť z prostredia tuhé znečisťujúce látky – drevný prach (veľkosť častíc cca $< 10 \mu\text{m}$) a dosiahnuť odlúčivosť pod 5 mg.m^{-3} (Vejvoda a kol.2003).

Na Obr. 2 je znázornený box s aktívnym uhlím, ktorý plní funkciu adsorbenta. Po dosiahnutí maximálnej adsorpčnej aktivity je tento adsorbent likvidovaný ako nebezpečný odpad termicky. Rovnako na Obr. 2 b sú ilustrované ďalšie modifikácie aktívneho uhlia – granulované (GAC), práškové (PAC) a vo forme filtračných textílií.



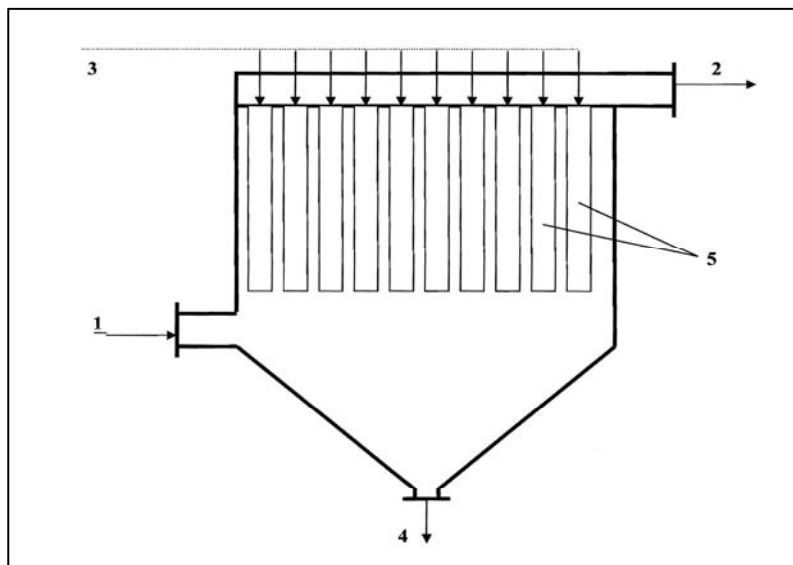
Obr. 2 a - Box s aktívnym uhlím ako účinným adsorbentom, b – formy aktívneho uhlia (granulované, práškové, vo forme textílií)

3 TEXTILNÉ FILTRE

Odlučovacie zariadenia pre záchyt aerosólov, ako aj tuhých častíc obsahujú aj filtre z rôznych materiálov. Textilné filtre sa využívajú najmä na odlučovanie prachu systémom na prepážke. Kvalita filtračnej prepážky zásadne ovplyvňuje účinnosť filtrácie najmä odlučivosť filtra, ďalej aj prevádzkovú starostlivosť, tlakovú stratu, opotrebovanie, a tým životnosť filtračnej vložky vrátane ekonomiky prevádzky filtrácie. Kvalitu filtračnej prepážky podmieňuje pórovitosť filtračnej textílie, typ a povrchové vlastnosti vlákien, ďalej aj elektrická vodivosť a permitivita (Radvanská a kol. 2008; Richter 2003).

Odlučivosť a prevádzková bezpečnosť filtrov je závislá na hydraulických pomeroch v priestore filtra, kde sa rýchlosť prúdenia plynu vo voľných priestoroch komory filtra pohybuje rádovo v m.s^{-1} . Rýchlosť prúdenia plynu filtračnou prepážkou sa pohybuje medzi $1 - 2 \text{ cm.s}^{-1}$. Z uvedeného je zrejmé, že v priestore filtra musí rýchlosť plynu klesnúť o cca 3 rády oproti rýchlostiam v potrubí, čím sú komory filtrov rozmerné, zaberajú veľký zastavaný priestor, pokiaľ sú umiestnené vo vnútri technologických objektov. Na Obr. 3 je schématický znázornený textilný filter často využívaný aj v odlučovacích zariadeniach v prevádzkach povrchových úprav rôznych materiálov.

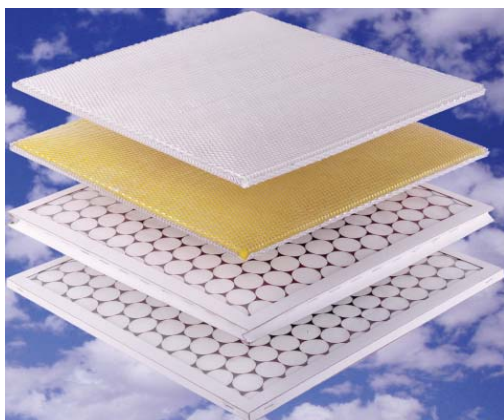
Odlučivosť textilných filtrov spravidla dosahuje 99,9 %, filtre špičkovej kvality dosahujú odlučivosť až 99,99 %, čím sú najúčinnnejšími mechanickými odlučovačmi prachu (Richter 2003). Práve vývoj v oblasti využitia nových typov syntetických materiálov umožňuje dosiahnuť vysokú odlučivosť aj v náročných prevádzkových podmienkach pri nižších ekonomických nákladoch v porovnaní napr. so sklenými, resp. PTFE filtermi.



Obr. 3 Textilný filter

1 – vstup plynu, 2 – výstup plynu, 3 – prívod tlakového vzduchu pre spätný preplach,
4 – výsyp odlúčeného prachu, 5 – koše s filtračnou textíliou

V našom návrhu účinných ekotechnických zariadení na záchyt rizikových látok (zo skupiny VOC – najmä benzénu, toluénu a xylénov) sme sa zaoberali rovnako aj výberom najvhodnejších filtrov pre elimináciu uvedených polutantov. Okrem záchytu plyných aerosólov, je potrebné odlúčenie aj jemných prachových častíc (drevného prachu – tuhých znečisťujúcich látok TZL).



Obr. 4 a, b Filtračné materiály pre záchyt TZL ako aj aerosólov plyných znečisťujúcich
rizikových látok v prevádzkach povrchových úprav drevných materiálov

Navrhnuté filtračné vláknité materiály – na Obr. 4 by mali zabezpečiť odlúčivosť TZL a aerosólov VOC do 3 mg.m^{-3} odsávaného vzduchu z prevádzok lakovní.



4 NOVÉ TRENDY V PRÍPRAVE PROGRESÍVNYCH MATERIÁLOV VYUŽITEĽNÝCH VO FILTRAČNÝCH MATERIÁLOCH

Bikomponentné syntetické vlákna predstavujú skupinu progresívnych materiálov, ktoré v súčasnosti rozšírili sortiment klasických vláknotvorných polymérov nielen v sektore odievania, galantérie, čalúnnictva, obuvníctva, ale aj v priemyselných aplikáciách, napr. ako inovatívne zvukovo-izolačné, ale najmä filtračné materiály. Svojou charakteristickou štruktúrou typu “polymér-polymér” vo forme ultrajemných mikrovláken a jedinečným morfológickým usporiadaním tzv. matrica – fibrily sa dajú uplatniť v priemyselnej vzduchotechnike a v stavebníctve.

Štúdiu prípravy bikomponentných vláken, ako aj hodnoteniu morfológickej štruktúry, reologických charakteristík a úžitkových vlastností boli venované príspevky (Ružinská 1999, 2010).

Separáciu zložiek zmesných vláken sme využili nielen pre hodnotenie fázovej štruktúry, ale aj pre prípravu mikrovláken polyamidu 6 (Ružinská, 1999). Vzhľadom na to, že materiály pripravené na báze mikrovláken sa používajú nielen ako filtračné materiály, ale aj na zvukovo-izolačné účely, zaujímalo nás hodnotenie špecifického povrchu plošných útvarov, ako prioritne kvalitatívne kritérium pre ich priemyselné uplatnenie.

Použitím metódy ortuťovej porozimetrie, založenej na pretláčaní ortuti cez póry v sledovanom materiáli, sme hodnotili veľkosť špecifického povrchu a distribúciu pórov v konštantnom objeme vláken. Porovnávali sme vzorku pripravenú zo zmesového bikomponentného vlákna PP/PA_{6M} 60/40 so vzorkou polyamidových mikrovláken, získaných vyextrahovaním zmesného vlákna, porovnávacím štandardom bola vzorka nemodifikovaného polypropylénového vlákna (Ružinská, 1999).

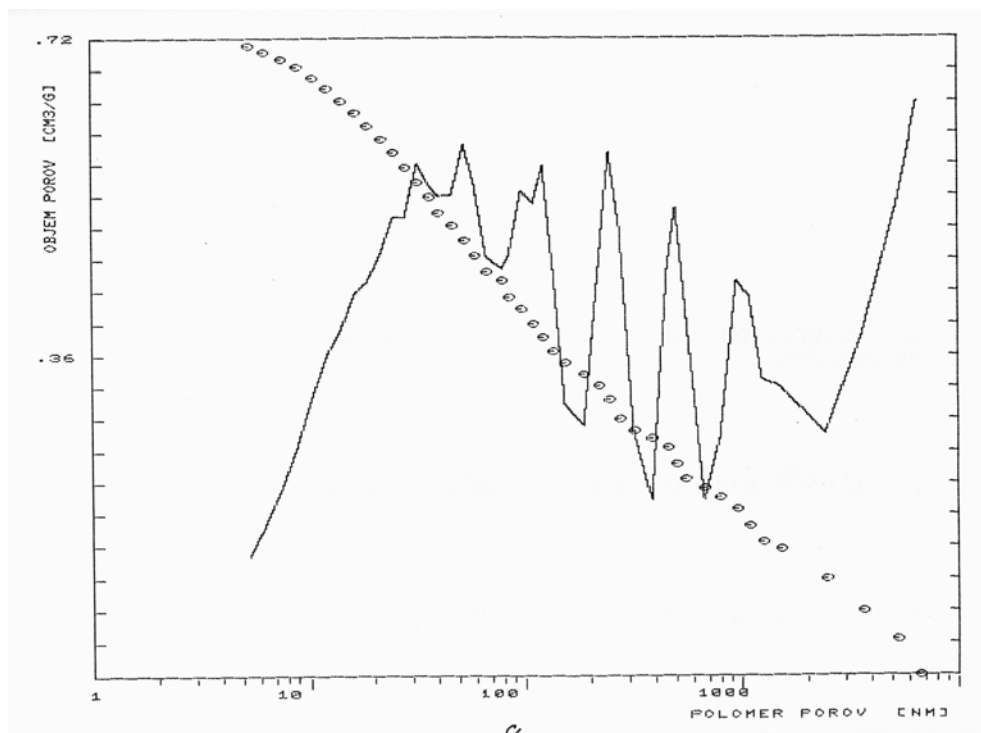
Experimentálne meranie bolo vyhodnocované na prístroji porozimetri CARLO ERBA, typ 1520. Podstatou merania ortuťovým porozimetrom je sledovanie úbytku ortuti v nádobke, z ktorej je ortuť tlakom vytlačovaná do pórov skúmanej látky vyčistenej evakuáciou za zníženej teploty (Jambrich a kol. 1987). Úbytok ortuti sa najčastejšie zisťuje zo zmeny elektrického odporu vodiča ponoreného do nádoby.

Ak sa ponorí tuhý pórovitý adsorbent do kvapaliny, ktorá ho nezmáča, môže kvapalina preniknúť do pórov len pôsobením vonkajšieho tlaku. Medzi veľkosťou tlaku a najmenším polomerom pórov pri tomto tlaku ešte zaplnených platí vzťah:

$$g h \rho = P = -\frac{\gamma^2 \cos \theta}{r} \quad (1)$$

kde g je gravitačné zrýchlenie, ρ - hustota ortuti, h - výška stĺpca ortuti v póre, r - polomer póru kruhového prierezu, γ - povrchové napätie ortuti v póre, θ - uhol zmáčania póru ortuťou, P - celkový tlak.

Každý prírastok tlaku spôsobí, že ortuť vnikne do ďalšej frakcie pórov príslušného menšieho polomeru, takže postupným zvyšovaním tlaku a súčasným meraním objemu ortuti vtlačenej do pórov, možno zistiť rozdelenie objemu pórov podľa veľkosti v danom adsorbente. Výsledky sa dajú získať buď integrálnou formou (kumulatívna krivka) alebo sa znázorňujú v diferenciálnej forme (distribučná krivka).



Obr. 5 Hodnotenie distribúcie pórov metódou ortuťovej porozimetrie pre separované bikomponentné mikrovlákná

Na Obr. 5 je grafický záznam distribúcie pórov pre separované mikrovlákná, izolované z pripravených zmesových bikomponentných vlákien, pomocou metódy ortuťovej porozimetrie. V Tab. 1 sú vypočítané hodnoty špecifického povrchu vlákien – pre porovnanie pôvodných polypropylénových (PP), ďalej v experimentálnej časti pripravených zmesových bikomponentných vlákien (polypropylén–polyamidových, upravených pomocou medzifázového činidla MAH) a následne separovaných mikrovlákien.

Z výsledkov v Tab. 1 je zrejmé, že v čistom polypropyléne ako aj v zmesovom bikomponentnom vlákne, sa vyskytujú póry v pomerne úzkej distribúcii prakticky do veľkosti 50 nm. Póry vznikli ako prejav štruktúrnych defektov povrchu vlákna. S tým súvisí aj nízka hodnota špecifického povrchu vlákna 4,91 m²/g.

Tab. 1 Namerané a vyhodnotené hodnoty špecifického povrchu vlákien

Vzorka	Špecifický povrch (m ² /g)
PP – čisté polypropylénové vlákna	4,68
PP/PA6M 60/40 – modifikované bikomponentné vlákna	4,91
separované mikrovlákná	30,91



V prípade polyamidových mikrovláken je distribúcia široká v celom rozsahu meraných hodnôt, ako to potvrdzuje diferenciálna závislosť na Obr. 5 v celom rozsahu meraných hodnôt 5 - 6 000 nm. Hodnota špecifického povrchu je rovná 30,91 m²/g a predstavuje cca 8-násobok hodnoty špecifického povrchu zmesového, ale aj homopolymérneho polypropylénového vlákna.

5 ZÁVER

V druhej časti príspevku bola pozornosť venovaná návrhu účinných ekotechnických zariadení na odlučovanie rizikových chemických látok (zo skupiny VOC), ako aj účinnému záchytu TZL (drevného prachu) pre potreby malých prevádzok povrchových úprav drevárskych výrobkov.

V experimentálnej časti boli hodnotené vybrané kvalitatívne charakteristiky experimentálne pripraveného zmesového bikomponentného mikrovlákn. Z výsledkov ortuťovej porozimetrie je zrejmé, že mikrovlákná výrazným nárastom svojho špecifického povrchu v dôsledku upravených podmienok ich prípravy v procese zvlákňovania predstavujú progresívny materiál v porovnaní s klasickými syntetickými vláknami využívanými pri výrobe filtrov a možno predpokladať, že budú mať vysokú separačnú účinnosť, ako aj výbornú odolnosť v náročných prevádzkových podmienkach ekotechnických zariadení, inštalovaných v malých prevádzkach povrchových úprav.

LITERATÚRA

BACHRATÝ R. (2004): Bilancia emisií VOC zo sektoru používania náterov. Eco Team Smolenice.

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 UEL. s. 231-236. ISBN 80-228-1685-X.

ELENIČOVÁ, Z. (2005): *Inventarizácia emisií NM VOC*. SHMÚ Bratislava. Záverečná správa.

JABŁOŃSKI, M. – RUŽINSKÁ, E. – ŚWIETLICZNY, M. (2009): Polimery syntetyczne i materiały malarsko-lakiernicze w przemyśle drzewnym. Vyd. SGGW – University of Life Sciences, Warsaw, 2009. 247 s. ISBN 978-83-7583-044-6.

JAMBRICH, M. – PIKLER, A. – DIAČIK, I. (1987): Fyzika vlákien. Vysokoškolská učebnica. Vyd. Alfa Bratislava, 1987. 544 s.

RADVANSKÁ, A. – HLOCH, S. – FEČKO, P. (2008): *Technika a technológie pre ochranu životného prostredia (Ovzdušie, voda)*. Vyd. VŠB OSTRAVA, s. 43-48. ISBN 978-80-248-1700-2.

RICHTER, M. (2003): *Technologie ochrany ovzduší – příručka Časť I. Ústí nad Labem*, s.91.

RUŽINSKÁ, E. (1999): Bikomponentné vlákna - Nová kvalita v sortimente syntetických vlákien pre čalúnnictvo. II. Časť: Hodnotenie morfolologickej štruktúry bikomponentných vlákien. *Zborník prednášok z odborného seminára „Čalúnnické dni - Dizajn v čalúnnictve“*. TU Zvolen, 1999, s. 66-69. ISBN 80-228-0823-7.



RUŽINSKÁ, E. (2009): Hodnotenie emisií vybraných prchavých organických zlúčenín (VOCs) z drevárskych výrobkov. *Medzinárodný seminár "Nové trendy v technike ochrany ovzdušia" 2009*, Zvolen (CD), s. 75 - 81, ISBN 978-80-228-2003-5.

RUŽINSKÁ, E. (2010): Modification of fibre-forming polymers for preparation special composite materials (Modifikácia vláknotvorných polymérov pre prípravu špeciálnych kompozitných materiálov). Karentovaný zahraničný časopis *Chemické listy*, roč. 2010, číslo 104, 501-510. Sekcia 5: 5L-14, (p. 507). ISSN 0009-2770

RUŽINSKÁ, E. (2010): Detekcia emisií rizikových látok (VOC) v oblasti environmentálneho technického vzdelávania *Trendy ve vzdelávání – Informační technologie a technické vzdelávání 2010*. UP PdF, KTIV Olomouc, 6s. CD.

RUŽINSKÁ, E. (2011): Transfer výsledkov výsklumu ekotechnických spôsobov redukcie rizikových látok pre inovatívne technické vzdelávanie. In: *26. medzinárodná vedecko-odborná konferencia "Technické vzdelávanie ako súčasť všeobecného vzdelávania"*. UMB Banská Bystrica, 2011, 6 s.

ŠTOFANOVÁ, G. (2010): *Návrh environmentálne vhodných technológií finalizácie povrchov materiálov so zníženým obsahom polutantov*. Diplomová práca. KET FEVT TU Zvolen.

SMERNICA EP a Rady 2004/42/ES – o obmedzení emisií VOC unikajúcich pri používaní organických rozpúšťadiel v určitých farbách a lakoch a vo výrobkoch na povrchovú úpravu vozidiel a o zmene a doplnení smernice 1999/12/EC

VEJVODA, J. – MACHAČ, P. – BURYAN, P. (2003): *Technologie ochrany ovzduší a čištění odpadních plynů. Učebné texty*. Vyd. VŠCHT Praha. 226 s. ISBN 80-7080-517-X.

VYHLÁŠKA č. 359/2010 Z.z. (MŽPRR SR) o požiadavkách na obmedzovanie emisií prchavých organických zlúčenín unikajúcich pri používaní rozpúšťadiel v regulovaných výrobkoch.

VYHLÁŠKA č. 358/2010 Z.z. (MŽPRR SR), ktorou sa ustanovujú emisné limity, technické podmienky a prevádzkovania strojov a zariadení, v ktorých sa používajú organické rozpúšťadlá.

ZÁKON O OVZDUŠÍ s aktualizovanou dôvodovou správou – Zákon č. 137/2010 Z.z.

ZEMIAR, J. – GÁBORÍK, J. – MUZIKÁŘ, Z. - NAVRÁTIL, V. – RUŽINSKÁ, E.- ŠEBO, N. (2009): *Technológia výroby nábytku. Vysokoškolská učebnica*. Vyd. ES TU Zvolen, 2009. 287 s. ISBN 978-80-228-2064-6

Časť problematiky príspevku je riešená v rámci grantového projektu VEGA č. 1/0498/10.

Lektoroval: doc. RNDr. Iveta Marková, 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.tuzo.sk



Mgr. inž. Marek Jabłoński, Faculty of Wood Technology, Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Nowoursynowska 139 st., 07 776 Warsaw, Poland, marek_jablonski@sggw.pl



NÁVRH VERTIKÁLNEHO ROZPTYLU ZNEČISŤUJÚCICH LÁTKO Z PRIEMYSELNÝCH KOMÍNOV S TERMOSIFÓNOVÝM EFEKTOM

DESIGN THE VERTICAL DISPERSION OF POLLUTANT FROM INDUSTRIAL CHIMNEYS BY THERMOSYPHON EFFECT

Karina VALENTOVÁ – Jozef ČERNECKÝ

ABSTRACT: Nowadays, the dispersion of pollutants emitted from industrial chimneys dominant polluter in atmosphere. Technical specifications of chimneys and orographic terms of location plays from point of view an important role of dispersion of pollutants. In order to improve properties at a given conditions, for example. wind speed, height variance. The contribution is aimed on the preparation of model devices. It is a system of vertical dispersion of combustion products in pursuance of thermosyphon effect.

Key word: smoke plume, industry chimneys, thermosyphon effect.

ABSTRAKT: V súčasnosti je rozptyl znečisťujúcich látok vypúšťaných z priemyselných komínov dominujúcim znečisťovateľom ovzdušia. Technické parametre komínov a ich orografické umiestnenie hrá z hľadiska rozptyľovania významnú úlohu. V záujme zlepšenia vlastností pri daných podmienkach, napr. rýchlosť vetra, výška rozptylu, sa v príspevku venujeme príprave modelového zariadenia. Jedná sa o systém vertikálneho rozptylu spalín na základe termosifónového efektu.

Kľúčové slová: dymová vlečka, priemyselné komíny, termosifónový efekt.

ÚVOD

Kvalita okolitého ovzdušia závisí od rôznych vypúšťaní spalín (výfuky plynov z automobilov, dym z priemyselných komínov...atď.) a ich následný rozptyl v životnom prostredí. Rozvoj miest v okolí priemyselných zón a ich nadmernému využívaniu pozemkov v blízkosti továrne, vyvoláva čoraz väčší a zodpovedný záujem o problém znečisťovania ovzdušia. V záujem zníženia vplyvu znečistenia a k rozvoju prevencie sa za hlavný cieľ považuje zlepšiť účinnosť a zvýšiť vertikálny rozptyl spalín priemyselných komínov. V tomto príspevku sme sa zamerali na systém termosifónového efektu.

1 MATERIÁLY A METÓDY

Znečisťujúce látky sa z prevažnej časti väčšiny priemyselných zdrojov dostávajú do ovzdušia cez ústie vysokých priemyselných komínov. Dym má zvyčajne vyššiu teplotu ako okolitý vzduch, preto za bezvetria stúpa vertikálne a v tvare lievika sa rozptyľujú okolo zdroja. Čím je dym teplejší, tým vyššie sa dostane dymová vlečka nad vrchol komína. Vietor odkláňa dymovú vlečku a zanáša znečisťujúce látky rozlične ďaleko od zdroja – v závislosti od teploty dymu, hmotnosti tuhých znečisťujúcich látok, sile vetra a stability ovzdušia (Černecký a kol., 2010).

Emitovaním znečisťujúcich látok z bodového zdroja znečisťovania ovzdušia vzniká dymová vlečka, ktorej dĺžka zotrvania, jej rozptyl, styk s terénom a jej konečné zaniknutie závisí od poveternostných podmienok daného prostredia. Vzdialenosť styku dymovej vlečky môžu do určitej miery ovplyvňovať tzv. antropologické ostrovy tepla, ktoré sú



charakterizované hlavne urbanizovanými celkami (dediny, mestá a pod.). Počas dosiahnutia tejto vzdialenosti prach a plynné zložky, ktoré opúšťajú bodový zdroj, sú intenzívne riedené okolitým vzduchom a sledovať ich na väčšie vzdialenosti je obtiažne.

Problematickou teórie rozptylu znečisťujúcich látok emitovaných z bodových zdrojov je možné opísať pomocou Gaussovského modelu, kde koncentráciu v určitom priestore možno vypočítať podľa rovnice (1). Koncentrácia v dymovej vlečke závisí od množstva vypustených škodlivých emisií, výšky komína, rýchlosti vetra a od rozptylových parametrov. Túto rovnicu nazývame aj rovnicu dymovej vlečky pre jeden zdroj o konštantnej emisii pri zanedbaní chemickej transformácie a depozície (Carach, Mačala, 2007):

$$c(x, y, z) = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot u \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z} \cdot \exp\left(-\frac{y^2}{2 \cdot \sigma_y^2}\right) \cdot \left\{ \exp\left(-\frac{(z-H)^2}{2 \cdot \sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z+H)^2}{2 \cdot \sigma_z^2}\right) \right\} \quad [\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}], \quad (1)$$

Q je množstvo emisie škodlivých látok Q [$\text{g} \cdot \text{s}^{-1}$],

u rýchlosť vetra vo výške zdroja h [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$],

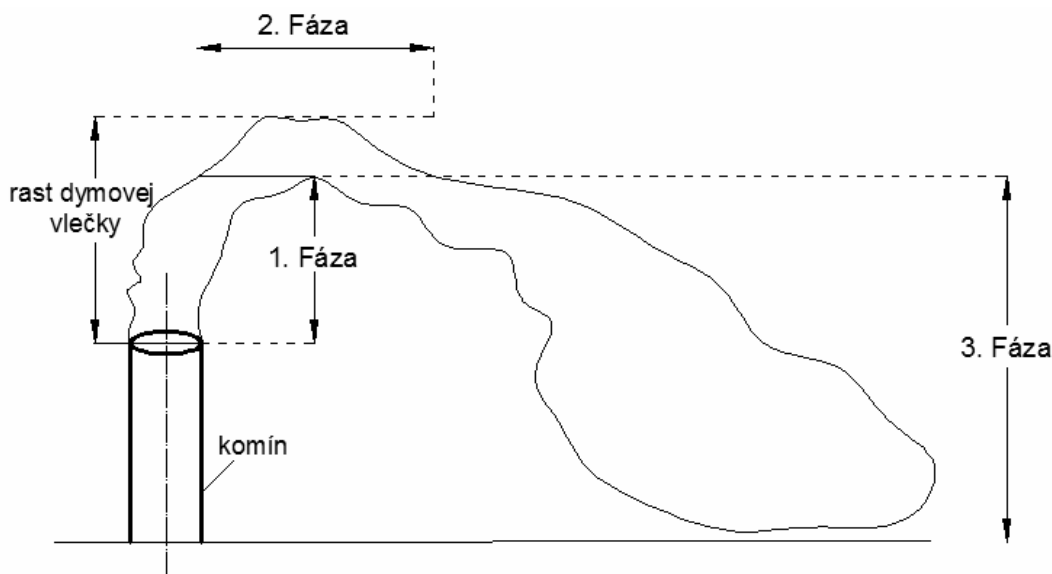
σ_y, σ_z horizontálny, resp. vertikálny rozptylový parameter,

H efektívna výška zdroja (komína) [m],

x, y, z vzdialenosť receptora v smere príslušnej osi x, y, z [m].

Pre zvýšenie účinnosti vertikálneho rozptylu spalín sa použil systém termosifónového efektu. Je to pasívna výmena tepla, ktorá je založená na báze prírodného prúdenia média, ktoré cirkuluje bez nutnosti použitia mechanickej pumpy. Termosifónový efekt pri ohreve vzduchu získa kinetickú energiu od zdroja tepla a následne ju odovzdá ďalej. V dôsledku toho sa znižuje jeho hustota a tak stúpa smerom nahor, kde sa následne ochladí, čím sa zvýši hustota a padá späť pomocou gravitačných síl, tu vzniká kondenzácia (Zinoubi, 2005).

Vo vertikálnej analýze vývoja vlečky z komína má vlečka tri fázy (Obr. 1). V prvej fáze je vlečka vo vertikálnej polohe, má správnu rýchlosť a má lepšie vlastnosti ako horizontálna vlečka. V druhej fáze sa vlečka ohýba a dostáva sa do vodorovnej polohy, táto fáza končí akonáhle sa začne meniť vietor, vtedy začína fáza tretia, ktorá má charakteristickú hustotu oblaku plynov a jej šírenie závisí iba od okolitého prostredia. V tretej fáze sa podľa meteorologickej situácie vytvárajú rôzne tvary dymovej vlečky, napr. slučkovitý, kužeľovitý, vejárovitý alebo strechovitý tvar vlečky.



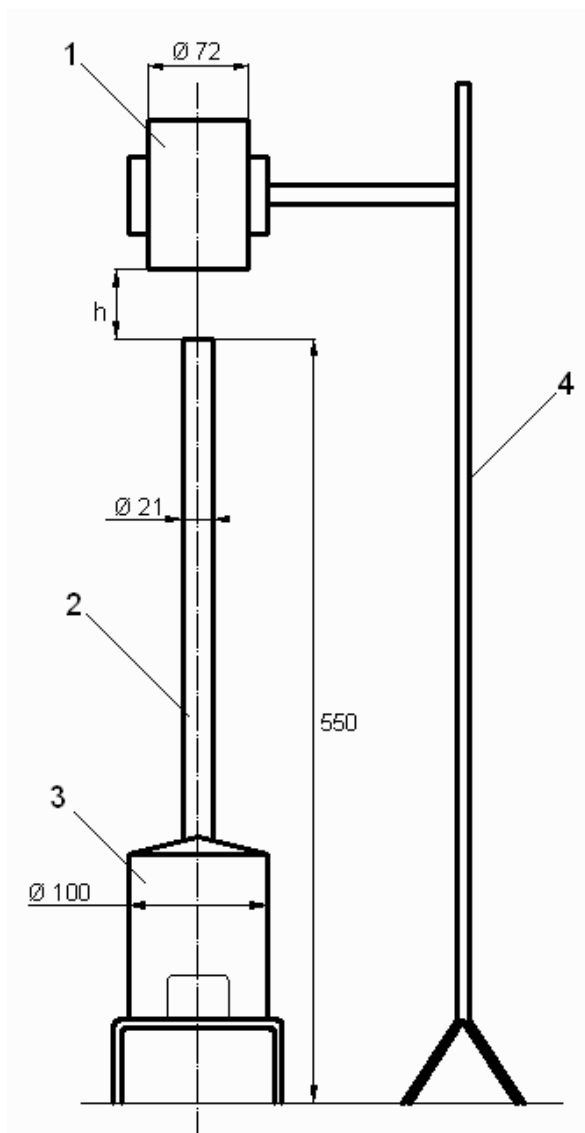
Obr. 1 Schéma dymovej vlečky z komína –
upravené podľa (Nahmoud, Zinoubi, 2006)

Podľa obr. 1 vidieť, že podľa správania sa toku dymovej vlečky na výstupe z komína je dôležitá prvá fáza. Z tohto príkladu sa pokúsime o zlepšenie výšky dosiahnutej na konci druhej fázy – rastu dymovej vlečky. Podľa dostupnej teórie a odporúčaní systému termosifónového efektu sme umiestnili valec s väčším priemerom nad výstup z modelu komína, s cieľom zlepšiť účinnosť.

2 DISKUSIA

Štúdium tohto procesu je získanie informácie o mechanizme vývoja výsledného toku a tiež navrhnuť model komína pre priame sledovanie dymovej vlečky pre zlepšenie účinnosti, výkonnosti priemyselných komínov a na zvýšenie vertikálneho rozptylu znečisťujúcich látok.

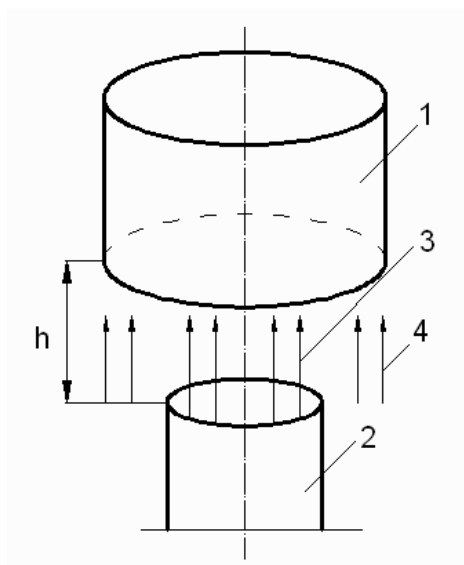
Model experimentálneho zariadenia, ktorý je pripravený na realizáciu meraní je znázornený na obr. 2. Pozostáva z kovovej rúry (3) s priemerom $\varnothing$ 100 mm a z bočného otvoru, táto časť je určená na sledovanie procesu horenia. Odvod splodín horenia je cez kovovú rúrku (2) s priemerom $\varnothing$ 21 mm, ktorá predstavuje model priemyselného komína. Celková výška tohto modelu zariadenia od spodku nosnej konštrukcie po vrch kovovej rúry je 550 mm. Nad modelom komína je pomocou držiaka (4) umiestnený otvorený valec (1) s priemerom $\varnothing$ 75 mm, vo výške h. Výška medzi výstupom z komína a valcom sa dá prispôbiť podľa potreby. Pre určenie koncentrácie znečisťujúcich látok skutočná výška komína nie je jednoznačným parametrom.



Obr. 2 Schéma návrhu modelu zariadenia

1 – otvorený valec s priemerom $\varnothing 72$ mm; 2 – model priemyselného komína;
3 - kovová rúra s priemerom $\varnothing 100$ mm; 4 – držiak

Podmienky na meranie vývoja tepelnej vlečky by sa mali uskutočňovať v pokojnom prostredí s konštantnou teplotou. Požadovaný komínový ťah sa dosiahne vďaka rozdielnym hustotám medzi spalinami z komína a vonkajším vzduchom (Obr. 3). V dôsledku zrýchlenia toku začne tlak klesať a na vstupe do valca dôjde ku vzniku termosifónového efektu okolo tepelnej vlečky. Termosifónový efekt obmedzuje bočné šírenie vlečky, pretože pomocou chladného vzduchu (4) dochádza k prúdeniu dymovej vlečky (3) smerom nahor cez valec (1) väčšieho priemeru a tým dochádza k zlepšeniu vertikálneho rozptylu znečisťujúcich látok do atmosféry pochádzajúcich z priemyselných komínov (2).



Obr. 3 Umiestnenie valca nad model komína

1 – valec väčšieho priemeru; 2 – model priemyselného komína; 3 – prúdenie dymovej vlečky;
4 – prúdenie chladného vzduchu

Realizáciou meraní sa tento teoretický základ môže vyvrátiť, alebo naopak potvrdiť. Medzi výhody, ktoré by malo priniesť meranie je zvýšenie prietoku, zosilnenie tepelnej energie absorbovanej vzduchom, eliminácia znečistených látok vystupujúcich z komína a výrazné zlepšenie rastúcej vlečky v druhej fáze (podľa Obr. 1).

ZÁVER

Pomocou navrhnutého modelového zariadenia budeme realizovať merania pomocou rôznych metód. Pre priame zisťovanie merateľných plynných znečisťujúcich látok O_2 , CO , NO_x a SO_2 v súlade s aktuálnymi právnymi predpismi a normami, nám poslúži kompaktný analyzátor spalín UniGas 3000. Medzi ďalšie dostupné metódy, ktoré použijeme k vizualizácii a kvantifikácii vertikálneho rozptylu znečisťujúcich látok s použitím metódy termosifónového efektu bude holografická interferometria, taktiež sa môže použiť meracia technika na snímanie teplôt, pomocou termočlánkov, meranie rýchlostí a iná výbava laboratória.

LITERATÚRA

CARACH, V. – MAČALA, J.: 2007. *Analýza dymových vlečiek pri jednotlivých triedach stability atmosféry*. In: IX. Banskštiavnické dni 2007 : Zborník prednášok. Banská Štiavnica 3.- 5.10.2007. s. 181 – 187. ISBN 978-80-228-1786-8.

ČERNECKÝ, J. – NEUPAUEROVÁ, A. a kol.: 2010. *Technika životného prostredia. O vzduchu*. Zvolen: TU vo Zvolene, 2010. 274 s. ISBN 978-80-228-2161-2

NAHMOUD, A. – ZINOUBI, J. et al.: 2006. Improvement of the Vertical Dispersion of Pollutants Resulting From Chimney by Thermosiphon Effect. In: *American Journal of Environmental Sciences* 2. ISSN 1553-345X



ZINOUBI, J. et al.: 2005. Experimental study of the resulting flow of plume-thermosiphon interaction: application to chimney problems. In: *Applied Thermal Engineering* 25.

*Príspevok je riešený v rámci grantového projektu KEGA č. 027 TUZVO - 4/2011
„Vizualizačné a meracie metódy pre hodnotenie efektívnych spôsobov prenosu tepla.“*

Lektoroval: Ing. Ján Koniar, PhD.

Kontaktná adresa:

Ing. Karina Valentová, doc. Ing. Jozef Černecký, CSc.

Katedra environmentálnej techniky, Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky, TU Zvolen, Študentská 26, 960 53 Zvolen, email: valentova@vsld.tuzvo.sk, jcern@vsld.tuzvo.sk

Názov	NOVÉ TRENDY V TECHNIKE OCHRANY OVZDUŠIA 2011 Medzinárodný seminár
Rozsah	105 strán
Vydanie	I. – 2011
Tlač	Katedra environmentálnej techniky, Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky, Technická univerzita vo Zvolene
Editor	Ing. Andrea Neupauerová, PhD.
Grafická úprava	Ing. Andrea Neupauerová, PhD.
ISBN	978-80-228-2277-0