

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



Medzinárodný seminár

TECHNIKA A TECHNOLOGIE
V ODPADOVOM HOSPODÁRSTVE 2009



17. september 2009

Zvolen, Slovenská republika

ISBN 978-80-228-2027-1



Odborní garanti seminára / Scientific guarantee

doc. Ing. Jozef Černecký, CSc.

Ing. Eva Ružinská, PhD.

Katedra environmentálnej techniky, Zvolen, Slovenská republika

Vedecký výbor seminára / International Scientific Committee of the Section

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

Jabłoński Marek, Dr. Ing. - Poľsko

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

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

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

Odborné zameranie seminára

Odborný seminár **TECHNIKA A TECHNOLOGIE V ODPADOVOM HOSPODÁRSTVE 2009** nadväzuje na predchádzajúce dva ročníky seminára. Problematika odborného seminára je zameraná na techniku a technológie v odpadovom hospodárstve pri nakladaní a zhodnocovaní komunálnych, priemyselných, energetických odpadov, odpadov z biomasy, recyklačné technológie, modifikácie a regenerácie nebezpečných odpadov, logistiku a separáciu odpadov, legislatívu a environmentálne akceptovateľné techniky a technológie pri zhodnocovaní odpadov.

Main Topics of the Seminar

The **TECHNOLOGY AND TECHNIQUES IN WASTE MANAGEMENT 2009** training seminar builds on the previous two years of the Technology of Waste Recycling workshops. The issue of the seminar focuses on technology and techniques in waste management, handling and recovery of municipal, industrial and energy waste, biomass waste, recycling techniques, modification and reprocessing of hazardous wastes, logistics and separation of wastes, legislation and environmentally friendly technology and techniques for waste recovery.

Editor: Ing. Zuzana Brodnianská

Grafická úprava: Ing. Zuzana Brodnianská

Organizačný výbor seminára / Management Comitee of the Seminar

Predseda: Ing. Eva Ružinská, PhD.

Členovia: Ing. Zuzana Brodnianská
Ing. Ondrej Kružliak
Bc. Adriana Katriňáková

Ing. Ján Koniar, PhD.
Mgr. Kristína Kráľová

Články recenzovali

Černecký Jozef, doc. Ing. CSc.
Brodnianská Zuzana, Ing.
Koniar Ján, Ing. PhD.
Kvasnová Petra, Ing. PhD.

Neupauerová Andrea, Ing. PhD.
Ružinská Eva, Ing. PhD.
Marková Iveta, doc. RNDr., PhD.



OBSAH

BOLEMAN Tomáš – BLINOVÁ Lenka – FIALA Jozef – KUPKOVÁ Veronika VÝROBA BIOPLYNU SPRACOVANÍM ODPADOV	6
BORYSIUK Piotr – MAMIŃSKI Mariusz – DANECKI Leszek UTILIZATION OF WASTE THERMOPLASTICS AND RECYCLED WOOD IN PARTICLEBOARD MANUFACTURING	13
BRODNIANSKÁ Zuzana ČISTENIE ODPADOVÝCH PLYNOV PRI SPRACOVANÍ CHLADIARENSKÝCH A MRAZIARENSKÝCH ZARIADENÍ	19
ČERNECKÝ Jozef SPAĽOVANIE ODPADOV Z ASPEKTU OCHRANY OVZDUŠIA	25
ČERY Marián – JANOŠKO Ivan ZNEŠKODŇOVANIE NEBEZPEČNÝCH ODPADOV ŽIVOČÍŠNEHO PÔVODU II	30
FIALA Jozef – BOLEMAN Tomáš – GERULOVÁ Kristína – HOSTIN Stanislav HODNOTENIE BIOLOGICKÉHO ODSTRÁŇOVANIA VYBRANÝCH ZLOŽIEK BIOMASY	37
FILICKÁ Slávka – BLINOVÁ Lenka – HOSTIN Stanislav NOVÉ MOŽNOSTI ZÍSKAVANIA A ÚPRAVY BIOMASY PRE ENERGETICKÉ VYUŽITIE	44
HALÁSZ Ladislav – BLESÁKOVÁ Mária – LUŽÁKOVÁ Lucia – BOKOR Ľuboš – FUSKA Tomáš VÝROBA AUTOMOBILOV A EFEKTÍVNE ODPADOVÉ HOSPODÁRSTVO	48
HOSTIN Stanislav – SOLČIANSKA Dana – SIROTIK Maroš ZBER A RECYKLÁCIA OPOTREBOVANÝCH BATÉRIÍ NA SLOVENSKU	54
KONIAR Ján – KRÁLOVÁ Kristína TECHNICKÉ ZARIADENIA NA ZNIŽOVANIE EMISIÍ PCDDs A PCDFs PRI SPAĽOVANÍ ODPADOV	63
KRUŽLIAK Ondrej TECHNOLÓGIE ZHODNOCOVANIA BIOLOGICKY ROZLOŽITEĽNÝCH ODPADOV	68



KUPKOVÁ Veronika – SIROTIK Maroš VPLYV PRÍDAVKOV MONTMORILLONITU, DREVNÝCH PILÍN A DREVNÉHO POPOLA NA SORPCIU FENOLU V DNOVÝCH SEDIMENTOCH	75
KUROWSKA Agnieszka – BORYSIUK Piotr WASTE PLYWOOD RECYCLING POSSIBILITIES - A SURVEY OF STUDIES	80
KVASNOVÁ Petra DREVNÝ PRACH A MERANIE JEHO POVRCHOVÝCH VLASTNOSTÍ	84
MAKOVÍNY Ivan VYUŽITIE SILOVÝCH ÚČINKOV ELEKTROSTATICKEHO POJA NA SEPARACIU ZMESI UHLÍKA A CEMENTU	90
MARKOVÁ Iveta - MUŽÍKOVÁ Marianna HODNOTENIE BEZPEČNOSTNÝCH POŽIADAVIEK PRI PRÁCI S AZBESTOM.	96
MICHALÍKOVÁ Anna - GERULOVÁ Kristína - HANZELOVÁ Adriana ALTERNATÍVNE MOŽNOSTI ČISTENIA ODPADOVÝCH VÔD	108
MORÁVKOVÁ Ivana – HRUŠECKÁ Jana – SOLDÁN Maroš POROVNANIE SEPARÁCIE ODPADU V MESTÁCH TRNAVA A HOLÍČ ...	114
MRAČNA Viliam VYUŽITIE ČISTIARENSKÉHO KALU AKO ZDROJA ENERGIE	123
NEUPAUEROVÁ Andrea MATERIÁLOVÉ ZHODNOCOVANIE ŽIARUVZDORNÝCH ODPADOV PODĽA NORIEM EÚ PRE OCHRANU OVZDUŠIA	127
PLANDOROVÁ Katarína SUCHÉ MECHANICKÉ ODLUČOVANIE DEZINTEGROVANEJ DREVNEJ HMOTY	135
RUŽINSKÁ Eva – JABŁOŃSKI Marek – KŁOSIŃSKA Teresa EFEKTÍVNE ZHODNOCOVANIE ODPADOV PRE PRÍPRAVU MATERIÁLOV SO ZNÍŽENÝM OBSAHOM POLUTANTOV	142



RUŽINSKÁ Eva – JABŁOŃSKI Marek – KŁOSIŃSKA Teresa	
HODNOTENIE EMISÍI POLUTANTOV A KVALITATÍVNYCH CHARAKTERISTÍK DREVNÝCH MATERIÁLOV PRIPRAVENÝCH S VYUŽITÍM ODPADOV	151
SIROTIK Maroš - MICHALÍKOVÁ Anna	
VÝSKYT, DISTRIBÚCIA A PRAVDEPODOBNÉ ZDROJE ORGANOCHLÓROVÝCH PESTICÍDOV V DNOVÝCH SEDIMENTOCH VYBRANÝCH VODNÝCH DIEL	161
SOLDÁN Maroš - BÁTOROVÁ Renata – SOLDÁNOVÁ Zuzana	
MONITOROVANIE SKLÁDKOVÉHO PLYNU NA VYBRANEJ SKLÁDKE ODPADOV A JEHO VPLYV NA ŽIVOTNÉ PROSTREDIE	168



VÝROBA BIOPLYNU SPRACOVANÍM ODPADOV

BIOGAS PRODUCTION FROM WASTE PROCESSING

BOLEMAN Tomáš – BLINOVÁ Lenka – FIALA Jozef – KUPKOVÁ Veronika

ABSTRACT: Biogas is considered as renewable energy source, because it is created by anaerobic fermentation of biomass or waste. This energy source can represent very important part in the future in Slovakia, because the biomass potential is considerable. The aim of the contribution is shown pros and cons of waste processing through biogas production. Type and composition of feedstock (waste), which is suitable for anaerobic fermentation, are detailed described.

Key words: biogas, biogas plant, biomass, waste, feedstock.

ABSTRAKT: Bioplyn sa považuje za obnoviteľný zdroj energie, pretože vzniká anaeróbnou fermentáciou biomasy i odpadov. Tento zdroj energie môže mať v budúcnosti na Slovensku významné zastúpenie, pretože potenciál biomasy je značný. Cieľom príspevku je poukázať na výhody a nevýhody zhodnotenia odpadov prostredníctvom výroby bioplynu. Podrobne sú opísané druh a zloženie surovín (odpadov), ktoré sú vhodné na anaeróbnou fermentáciu.

Kľúčové slová: bioplyn, bioplynová stanica, biomasa, odpad, vstupná surovina.

1 ÚVOD

Termín bioplyn sa v posledných rokoch 20. storočia celkom zovšeobecnil a stal sa nielen bežne rozšírením medzi technicko-odbornou verejnosťou, ale i istým synonymom čoho si ekologicky priaznivého v majoritnej laickej verejnosti. Snáď práve vďaka popularizačným pokusom masmédií najrôznejších typov a odborných úrovni bol v laickej verejnosti fixovaný dojem, že „bioplyn“ je síce možno páchnuci, ale užitočný a ekologicky čistý plyn vznikajúci v živých organizmoch, resp. pôsobením týchto organizmov (STRAKA, 2006). Súhrnný termín „bioplyn“ priradila súčasná technická prax výlučne pre plynný produkt anaeróbnej metánovej fermentácie organických látok. Anaeróbnou fermentácia je uvádzaná aj pod pojmami ako metánové kvasenie, vyhnívanie, anaeróbnou digestia, biometanizácia, biogasifikácia, biochemická konverzia organickej látky. Tento proces prebieha za určitých podmienok v prírode samovoľne alebo je vyvolaný zámerne v biotechnických zariadeniach (PASTOREK, 2004).

2 BIOPLYN

Výsledkom anaeróbnej fermentácie je vždy zmes plynu a fermentovaný zvyšok organickej látky. Táto zmes plynu, ktorá sa nazýva bioplyn, vždy obsahuje dva majoritné plyny: metán (CH_4) a oxid uhličitý (CO_2) a množstvo ďalších avšak objemovo zanedbateľných minoritných plynov: sulfán (H_2S), vodná para, dusík (N_2), kyslík (O_2), vodík (H_2), amoniak (NH_3) (PASTOREK, 2004). Je zložitá uviesť presné percentuálne zastúpenie jednotlivých plynov v bioplyne, pretože zloženie bioplynu závisí jednak od substrátu, z ktorého sa bioplyn tvorí a od prostredia a podmienok, v ktorom proces vzniku prebieha.

Všeobecné zloženie bioplynu predstavuje sumu CH_4 a CO_2 , ktorá sa veľmi blíži k 100 obj. %, vždy s výraznou prevahou obsahu metánu (STRAKA, 2006). Ako obvykle dosiahnuteľný - obsah metánu literatúra uvádza 50 až 75% (SCHULZ, 2004).



Fyzikálne a chemické vlastnosti bioplynu (tabuľka 1) závisia na materiálových a procesných parametroch.

Tabuľka 1 Fyzikálno- chemické vlastnosti bioplynu (PASTOREK 2004, SCHULZ 2004, DEUBLEIN 2008)

Zloženie bioplynu	50-75 % CH ₄ 25-50 % CO ₂
Hustota	1,2 kg/m ³
Výhrevnosť	4,97-7,11 kWh.m ⁻³ 17,9-25,6 MJ.m ⁻³ (závisí od množstva metánu)
Palivový ekvivalent	0,6-0,65 l ropy/m ³ bioplynu
Zápalná teplota	650-750 °C
Kritický tlak	75-89 bar
Kritická teplota	-82,5 °C
Max. rýchlosť postupu plameňa vo vzduchu	0,25 m.s ⁻¹
Rozsah zápalnej koncentrácie plynu vo vzduchu	6-12 %
Vôňa	pokazené vajcia
Molová hmotnosť	16,043 kg.kmol ⁻¹

Princíp vzniku bioplynu je vo všetkých prípadoch rovnaký, či sa jedná o zemný, kalový, skládkový, reaktorový plyn. Spravidla sa uvádzajú štyri fázy premeny: hydrolýza, acidogenéza, acetogenéza a metanogenéza, pričom vlastný vznik metánu nastáva až v poslednej z nich.

Metánové baktérie sú nenahraditeľné pri tvorbe bioplynu a je dôležité, aby sa im vytvorili ideálne podmienky pre život: vlhké prostredie, zabránenie prístupu vzduchu, zabránenie prístupu svetla, stála teplota, hodnota pH medzi 6,8 - 7,2. Čím lepšie podmienky budú vytvorené, tým bude objem vytvoreného metánu vyšší (SCHULZ, 2004).

3 BIOPLYNOVÁ STANICA

Je to technologický celok, ktorý spracováva biologicky rozložiteľné organické materiály formou metánového kvasenia a produkuje tak bioplyn a fermentovaný zvyšok. Bioplynové stanice môžu mať veľa variant a odlišujú sa v závislosti od zloženia vstupných surovín a od možností využitia bioplynu. Štruktúra hlavných prvkov bioplynovej stanice (obrázok 1) (PASTOREK, 2004):

1. zdroj organických materiálov;
2. príjem a úprava materiálu – sekanie, predohrev, riedenie alebo zahusťovanie vstupného materiálu;
3. anaeróbny reaktor (fermentor) – prebieha v nich samotný proces tvorby bioplynu. Spravidla sa jedná o betónové uzavreté nádrže o objeme desiatok až stoviek m³.



Fermentačné nádrže (zväčša 2-4 ks) sú vzájomne prepojené, čo umožňuje lepšiu reguláciu fermentačného procesu. Nádrže sú opatrené zariadením na automatické dávkovanie hmoty, miešadlami a termostatom, ktorý zabezpečuje konštantnú teplotu vo fermentore (MURTINGER, 2006);

4. plynom – slúži na dočasné uskladnenie vzniknutého bioplynu;
5. zariadenie na konečné využitie bioplynu - najmä kogeneračná jednotka, horák.



Obrázok 1 Bioplynová stanica

Pri výstavbe bioplynovej stanice je nesmierne dôležité určiť správne zloženie vstupného substrátu, ktoré sa odvíja hlavne od kvality, kvantity a ceny vstupnej suroviny. Najideálnejším riešením je využitie odpadov, ktorého obstaranie je najmenej cenovo náročné. Denná spotreba vstupného substrátu pri stanici o výkone 500 kWh je 25-35 t.

3.1 Druh a zloženie substrátu (odpadu)

V zásade je možné všetky organické látky aspoň z časti rozložiť ako anaeróbnou, tak aeróbnou cestou. Principiálne však platí: pevné, členité materiály, ako napr. haluze zo stromov a kríkov sú zvlášť vhodné pre aeróbne spracovanie, tzn. pre kompostovanie; zatiaľ čo kvapalný, mokrý materiál ako hnoj, zvyšky jedál, tuky atď. sa výborne hodia pre anaeróbne spracovanie, tzn. pre kvasenie (fermentáciu) (SCHULZ, 2004). Vo všeobecnosti možno použiť na fermentáciu všetky druhy biomasy, pokiaľ ako hlavné zložky obsahuje karbohydráty, proteíny, tuky, bielkoviny a hemicelulózu (DEUBLEIN, 2008). Druh a zloženie substrátu priamo určujú výťažnosť bioplynu.

Všeobecné vlastnosti materiálu vhodného na anaeróbnu fermentáciu (PASTOREK, 2004):

- malý obsah anorganického materiálu (popoloviny);
- organický materiál s vysokým podielom biologicky rozložiteľných látok;



- optimálny obsah sušiny pre spracovanie pevných odpadov je 22 až 25%, v prípade tekutých odpadov 8 až 14%. Tekuté odpady s obsahom sušiny menším ako 3% sú spracovávané anaeróbnou fermentáciou s negatívnou energetickou bilanciou. Pozitívna energetická bilancia je dosahovaná spravidla až pri obsahu sušiny tekutých odpadov väčším ako 3 až 5% . Hornú hranicu optimálneho obsahu sušiny tekutého odpadu tvorí vždy medza čerpatel'nosti materiálu. Absolútna hranica obsahu sušiny, pri ktorej ešte prebieha anaeróbná fermentácia, je 50% (PASTOREK, 2004) ;
- významným faktorom ovplyvňujúcim metanogénnu fermentáciu je číslo pH materiálu. Za optimálnu hodnotu pH na vstupe do procesu sa považuje rozmedzie blízke neutrálnej hodnote, $\text{pH} = 7$ až $7,8$. V priebehu procesu sa tento parameter mení. Na začiatku môže pH poklesnúť na 4 až 6. Pri hodnotách pH substrátu menších ako 5 sa môžu začať objavovať inhibičné účinky na niektorých kmeňoch metánových baktérií. Ak však dôjde za priaznivých podmienok k ich rozvoju, zvýšia svojou aktivitou číslo pH substrátu až na neutrálnu hodnotu pH. Niektoré druhy metánových baktérií sú schopné sa rozvíjať i v silne alkalickom prostredí ($\text{pH} = 8$ až 9). V praxi sa hodnota pH materiálu na vstupe do procesu upravuje homogenizáciou materiálu alebo alkalickými prísadami (PASTOREK, 2004);
- významným parametrom pri hodnotení vhodnosti materiálu pre anaeróbnou fermentáciu je pomer uhlíkatých a dusíkatých látok. Za optimálne sa považuje pásmo okolo 30:1. Vysoký obsah dusíkatých látok sa môže negatívne prejavovať na zložení bioplynu (obsahuje minoritný obsah plynov, ako napr. amoniak, oxidu dusný atď.). Medzi materiály s vysokým obsahom dusíka patria exkrementy všetkých druhov hospodárskych zvierat, opačný extrém (vysoký obsah uhlíka) tvoria materiály rastlinného pôvodu. V praxi sa optimálny pomer C:N dosahuje miešaním rôznych materiálov (PASTOREK, 2004);
- vhodnosť materiálu môže byť významne narušená:
 - nežiaducimi prísadami. Jedná sa spravidla o látky potlačujúce mikrobiologický rozvoj, predovšetkým o všetky druhy antibiotík. Do pracovného priestoru by sme nemali dávať ani materiály, ktoré sú už v hnilobnom procese;
 - jeho predchádzajúcim spracovaním alebo manipuláciou. Dlhodobým skladovaním materiálu, pri ktorom prebehne proces aeróbnej fermentácie, alebo fyzikálno- mechanickými účinkami na materiál (napr. pri potrubnej doprave atď.) sa môže narušiť následný proces anaeróbného spracovania materiálu (PASTOREK, 2004).

Príklady vhodných surovín na anaeróbnou fermentáciu:

- rastlinné suroviny: obilie, kukurica, slnečnica, lucerna, tráva, siláž...Celkovo sú na produkciu bioplynu vhodné všetky rastliny, čo dáva poľnohospodárom možnosť voľby v závislosti od pôdy a klimatických podmienok. Podľa výnosnosti biomasy v poľnohospodárstve možno vyrobiť až 20 000 kWh elektriny a tepla na hektár.
- priemyselný jednodruhový odpad: napr. zo zeleniny spracovávanej v továrenskome veľkovýrobe (konzervárne, výroba zemiakových hranolčiek, výroba mrazenej zeleniny, cukrovarnícky priemysel...);



- biologicky rozložiteľný odpad: z poľnohospodárstva, lesníctva;
- hnoj a močovka: z hovädzieho dobytku a ošípaných;
- živočíšny odpad: vtáčí trus, odpad z kafilérií;
- odpad (kal) z čistiarnie odpadových vôd;
- bioodpad z domácností;

Je veľmi veľa vhodných surovín na anaeróbnú fermentáciu. Je dôležité čo najlepšie prispôsobiť bioplynovú technológiu zloženiu surovín, ktoré vstupujú do procesu.

3.2 Optimalizácia procesu

Aby sme dosiahli požadovaný výkon a výnos bioplynu je dôležité dodržať niektoré podmienky, ako:

- dobu kontaktu substrátu vo fermentore: má v súvislosti s teplotou vyhnívacieho procesu veľký vplyv na stupeň rozkladu, plynový výkon a výnos plynu. Krátke doby kontaktu prinášajú vysoký plynový výkon, pretože dochádza predovšetkým k rozkladu ľahko rozložiteľných živín, tie sú však na druhej strane spojené s nízkym výnosom plynu a nízkym stupňom rozkladu. Pri dlhých dobách kontaktu klesá plynový výkon, zatiaľ čo výnos plynu a stupeň rozkladu sa zvyšujú (SCHULZ, 2004).
- veľké kontaktné plochy: organické látky nerozpustné vo vode musia byť buď rozdrobené (napr. tukové prídavky), rozsekané alebo štruktúrované (napr. celulóza) tak, aby vznikli veľké dotykové plochy. Ak nie sú vytvorené dostatočné veľké plochy, materiál vyhníva dlho a vytvára kalový strop (plávajúci príkrov) (SCHULZ, 2004).
- inhibítory: organické kyseliny, antibiotika a dezinfikačné prostriedky môžu proces vyhnívania brzdiť alebo úplne zastaviť, obzvlášť pri vyšších koncentráciách (SCHULZ, 2004).
- zaťaženie vyhnívacieho priestoru: udáva, aké maximálne množstvo organickej sušiny na m^3 a deň môže byť dodané do fermentora, aby nedošlo k „prekŕmeniu“, baktérií a zastaveniu procesu (SCHULZ, 2004). Merná jednotka: $1 \text{ kg organickej sušiny}/\text{m}^3$.

Zaťaženie priestoru závisí najmä od:

- teploty;
- obsahu sušiny a
- doby kontaktu.

Obvyklé zaťaženie pri teplote 35°C je medzi $0,5$ a $1,5 \text{ kg organickej sušiny}/\text{m}^3$. deň, to znamená, že na 1 m^3 obsahu fermentora je denne dodaných a spracovaných $0,5$ až $1,5 \text{ kg organickej sušiny}$ (SCHULZ, 2004).

- rovnomerný prísun živín: aby nedošlo k nadmernému zaťaženiu plniacej zóny fermentora, je potrebné zaistiť rovnomerný prísun substrátu, a to v čo najkratších intervaloch (1 až 2-krát denne), v žiadnom prípade nie týždenne. To platí ako aj pre základný substrát, tak aj pre vysoko koncentrované kofermentáty (napr. tuk).



Týmto spôsobom sa tiež zabráni nadmernému poklesu teploty v plniacej zóne (SCHULZ, 2004).

- odplyňovanie substrátu: vysoký rozkladný výkon môžu metánové baktérie vykazovať vtedy, keď plyn zo substrátu môže priebežne odchádzať. Ak plyn nie je z vyhnívacej nádrže odvádzaný, môže v nádrži dôjsť k veľkému vzostupu tlaku, a tým i k prípadným škodám. Pre tento účel sa osvedčilo materiál niekoľkokrát denne premiešať (SCHULZ, 2004).
- miešanie: určitý interval miešania je potrebný na dosiahnutie kontaktu medzi baktériami a substrátom, ale prílišné miešanie môže znížiť produkciu bioplynu. Bolo dokázané, že pri pomalšom miešaní fermentor lepšie absorbuje nárazové zaťaženie ako pri rýchlejšom miešaní, spomalením miešania sa zvyšuje výkon a taktiež sa môže stabilizovať nestabilné prostredie vo fermentore, kde prebieha pravidelné miešanie (WARD, 2008).

4 VÝHODY A NEVÝHODY VÝROBY BIOPLYNU SPRACOVANÍM ODPADOV

Výroba a využitie bioplynu môže pri dobrom naplánovaní predstavovať veľmi účinný zdroj energie vďaka vysokému podielu metánu. Optimálny model výroby bioplynu predstavuje spracovanie biologicky rozložiteľného odpadu, ktorý sa nachádza v blízkosti bioplynovej stanice. Vstupnú surovinu môže predstavovať komunálny odpad (zvyšky jedál, splašky), poľnohospodársky odpad (slama, siláž) a pod. Ideálne je, keď sa v blízkosti nachádza poľnohospodárske družstvo alebo továreň na výrobu jedla, čo predstavuje dostatočnú zásobu odpadu, teda i vstupnej suroviny. Ide o zužitkovanie odpadov, čo v konečnom dôsledku môže pre danú lokalitu, kde sa bioplynová stanica nachádza, vyriešiť problém nakladania s odpadom. Po fermentácii vstupnej suroviny a následnej produkcii bioplynu je možné fermentovaný zvyšok použiť ako výborné hnojivo. Bioplyn sa najčastejšie po vyčistení od sulfánu spaľuje v kogeneračnej jednotke, čo predstavuje výrobu elektrickej a tepelnej energie. Bioplyn je možné taktiež priamo spaľovať alebo využiť ako pohonnú látku v automobilovom priemysle, kde avšak podiel metánu musí prekročiť hodnotu 95%. Bioplyn má široké využitie a záleží od možností efektívneho využitia v danej lokalite ako sa bioplyn zužitkuje. V skratke sa dá konštatovať, že z odpadu, ktorý je nepotrebný a predstavuje environmentálnu záťaž, je možné vyrobiť elektrickú a tepelnú energiu a výsledný produkt po fermentácii využiť ako hnojivo.

Oproti výhodám, ktoré poskytuje tento zdroj energie, sú tu aj nevýhody. Ako každý obnoviteľný zdroj energie aj tento zdroj je finančne náročnejší, hlavne čo sa týka vstupnej investície. Vstupná investícia súvisí so štúdiou uskutočniteľnosti a so samotnou výstavbou. Je samozrejmé, že bioplynová stanica sa nedá postaviť kdekoľvek. Štúdia uskutočniteľnosti predstavuje zozbieranie vstupných informácií hlavne o množstve dostupnej vstupnej suroviny, odpadov, možnostiach využitia bioplynu, vybudovanej infraštruktúre a pod. a následne vyhodnotenie, či je možné bioplynovú stanicu v danej lokalite postaviť a efektívne prevádzkovať. Viacej ako 50% prevádzkových nákladov pripadá na vstupnú surovinu, a preto je veľmi dôležité využívať čo najlacnejšiu zmes vstupných surovín (najlepšie nepotrebný odpad) s čo najväčším metánovým výnosom. Jednou z posledných nevýhod je zápach a hlučnosť prevádzky, čo sa môže vylúčiť výberom vhodnej lokality.



5 ZÁVER

Bioplyn ako zdroj energie, ktorý dokáže riešiť otázku nakladania s biologicky rozložiteľnými odpadmi a ktorý je zaradený medzi obnoviteľné zdroje energie má obrovskú perspektívu do budúcnosti nielen na Slovensku. Výhody tohto zdroja energie pri ideálnom naplánovaní ďaleko prevyšujú nevýhody, ktoré sa týkajú viac menej finančnej náročnosti a know-how. V dnešnej dobe ale existuje mnoho informácií ako efektívne a rentabilne viesť prevádzku bioplynovej stanice, čo vedie k skráteniu doby návratnosti. Preto je iba otázkou času kedy sa tento zdroj energie dostane z úzadia do popredia.

LITERATÚRA

- [1] STRAKA, František a autorský kolektív. *Bioplyn- II.rozšírené a doplnené vydání*. Praha: GAS s.r.o., 2006. 706 s., ISBN 80-7328-090-6.
- [2] PASTOREK,Z., KÁRA,J., JEVIČ,P. *Biomasa- obnoviteľný zdroj energie*. FCC PUBLIC 2004, 288 s., ISBN 80-86534-06-5.
- [3] SCHULZ,H.,EDER,B., *Bioplyn v praxi*. 1.české vydanie 2004, ISBN 80-86167-21-6, 167s.
- [4] MURTINGER,K.,BERANOVSKÝ,J., *Energie z biomasy*, Vydavateľstvo ERA, 2006, ISBN: 80-7366-071-7, 94 s.
- [5] WARD, A. J. a kol., [online]. [cit.02-03-2009]. *Optimisation of the anaerobic digestion of agricultural resources*. Bioresource Technology 99 (2008) s. 7928–7940. Dostupné na internete: < [www.elsevier.com/ locate/biortech](http://www.elsevier.com/locate/biortech)>.

Tento príspevok je prezentovaný v rámci riešenia grantovej úlohy VEGA č. 1/0798/08 „Vývoj a využitie malého hydroenergetického zdroja Setur v kombinácii so solárnymi zariadeniami pre strojárenské technológie.“

Lektoroval: Ing. Ján Koniar, PhD.

Kontaktná adresa:

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



UTILIZATION OF WASTE THERMOPLASTICS AND RECYCLED WOOD IN PARTICLEBOARD MANUFACTURING

BORYSIUK Piotr – MAMIŃSKI Mariusz – DANECKI Leszek

ABSTRACT: The deficiencies of high quality wood for panel and furniture industry constrain research on new – preferably recycled – materials and development of technologies allowing utilization of waste wood. A possibility of wood substitution with waste polyethylene, polypropylene and polystyrene derived from wrappings and other disposable items as well as their application as binder was studied. Particleboards with thermoplastics / wood weight ratio 30, 50, 70 % were prepared. Two types of wood material were used: (1) industrial inner layer wood chips and (2) waste chips (sawdust and chips from machining processes). Optimal pressing conditions (shape and dimensions of the raw material, pressure, time and temperature) were fixed. Physical and mechanical properties of the boards were examined by comparing to traditional particleboards bonded with urea-formaldehyde adhesives.

Keywords: recycled wood, waste thermoplastics, wood based panels, particleboards, wood utilization.

1 INTRODUCTION

A fast development of Wood Plastic Composites (WPC) proves benefits coming from the technology allowing for bonding two so different in nature materials like wood and thermoplastics (Pritchard 2004, Selke and Wachman 2004, Tangram Technology 2002). Ecological aspects of the technology cannot be overestimated. On the one hand, it gives a possibility of easy recycling of thermoplastics and on the other hand, allows for reduced consumption of wood (Borysiuk *et al.* 2008 a,b, Borysiuk *et al.* 2006; Borysiuk *et al.* 2004; Pawlicki and Nicewicz 2002; Youngquist *et al.* 1994). It should be noted that latest century half thermoplastics became an inseparable part of human life. They are present in any part of it and their consumption is still increasing. The problem of their utilization appeared in parallel with this phenomenon. The issue is especially important with regard to the fact that more than 30 % products made of thermoplastics are used for a very short time. Pickings and disposable objects (dishes, cutlery, stationary etc.) belong to his category. As for as load of natural environment is concerned the best way of a/m waste utilization is material recycling, e.g. at production of WPC composites mentioned above.

WPCs are mainly manufactured by means of injection and extrusion which is the main difference from typical wood based composites production - the latter are manufactured by simple pressing. Both injection and extrusion technology requires wood in a form of fine powder or fibers, while typical technology involves wood in a form of much greater particles. Also, in WPC technology liquefied and homogeneous wood-thermoplastic mixture is processed, while typical technology is based on heterogeneous cold-formed mat of wood and thermoplastic particles.

So that, size of the mixture components become critical and affect the final result of the process (Borysiuk *et al.*, 2007; Chen *et al.*, 2006). It occurs application of the particles of similar size is most effective because of reduced separation of the phases (Borysiuk *et al.*, 2007). Thus, development of a technology allowing for effective bonding of wood chips with waste thermoplastics seems to be an urgent need. Another advantage brought by that approach is elimination of urea-formaldehyde adhesives which are the main binder in particleboard production. The results described in this paper are a part of wider research on application of thermoplastics in particleboard manufacturing.



2 EXPERIMENTAL

Two types of wood material were used: (1) industrial inner layer wood chips (moisture content 3%) and (2) waste chips (sawdust and chips from machining processes - moisture content 3%). As well as three types of thermoplastics: (1) waste polyethylene (PE); density 915 - 920 kg/m³, flow temperature 105 – 118 °C, (2) waste polystyrene (PS), density 1050 kg/m³, flow temperature ca. 160°C and (3) waste polypropylene (PP), density 900 - 910 kg/m³, flow temperature ca. 170°C, recovered from packaging items as foil flakes and ground disposable utensils. In the aim of characteristics of waste thermoplastics, their glass transition temperatures with the Hoeppler consistometer was investigated. Eighteen types of boards with various wood-thermoplastic ratio were prepared (Table 1). No additives were used.

Table 1 Variants of the studied boards

Wood weight content		Thermoplastic weight content	
70 %	Industrial wood chips	30 %	PE, PS, PP
50 %		50 %	
30 %		70 %	
70 %	Waste chips	30 %	PE, PS, PP
50 %		50 %	
30 %		70 %	

Prior to pressing, sieve testing of the raw materials was performed on a laboratory sorter equipped with following sieve set: 6 mm, 4 mm, 2 mm, 1.25 mm, 1 mm, 0.63 mm, 0.49 mm, 0.385 mm and dust. 16-mm thick boards with density of 750 kg/m³ were prepared. The pressing parameters were as follows: maximum unit pressure 2.5 MPa, temperature 200°C, pressing time 10 min. The boards were cooled under pressure for 15 min. All the parameters were fixed upon the initial experiments (Borysiuk et al., 2008 a, b, Borysiuk et al., 2007).

MOR and MOE were determined according to EN 310, water absorptivity and swelling according to EN 317.

3 RESULTS AND DISCUSSION

Sieve tests results were shown in Table 2. The highest content of small fractions (below 1 mm) was found in waste chips. Over 98 % of the industrial chips was fraction greater than 1 mm. It must be noted that industrial chips exhibited significant flatness in shape, while waste chips occurred to be rather irregular and curly in shape.

Moreover, the waste chips were susceptible to defragmentation during mechanical mixing. Thermoplastic materials were ground in the cutting device, so that particles greater than 1 mm could easily be obtained (> 87 % for PE, 100 % for PS and > 86 % for PP) which avoided separation of the phases upon processing.



Table 2 Particle fractions used for boards preparation

Sieve	Industrial chips	Waste chips	PE	PS	PP
	Content [wt%]				
6 mm	13.0	24.0	–	–	0.9
4 mm	19.0	14.0	5.7	93.7	4.9
2 mm	51.0	20.0	37.3	6.1	35.4
1.25 mm	13.0	12.0	39.7	0.2	45.4
1 mm	2.6	3.0	4.7	–	4.8
0.63 mm	1.0	11.0	8.4	–	7.2
0.49 mm	0.2	2.0	0.9	–	0.5
0.385 mm	0.1	4.0	0.9	–	0.4
Dust	0.1	10.0	2.2	–	0.6

Table 3 contain mechanical and physical properties of the prepared boards. As presented data indicate, MOR of the boards increase with increasing thermoplastic-wood ratio, while increase in MOE is observed only for PS-bonded boards. MOE of the PE-bonded boards decreases with increasing content of PE, while PP-bonded boards showed highest MOE values at 50 % PP content. So that, increasing content of polyethylene and polypropylene deteriorates stiffness of the boards. The effect is connected with physical and mechanical characteristics of thermoplastic binders: waste PE (determined glass transition temperature: 40 °C) and waste PP (determined glass transition temperature: 59 °C) become viscoelastic in lower temperatures and can be readily deformed, while PS (determined glass transition temperature: 94 °C) at the same conditions in the glassy state and exhibits substantial stiffness. Moreover, increase in strength parameters is not always correlated with increase in the density of the boards. It should be added also that the boards made of waste chips showed in all casus, lower strenght parameters. This was connected with their greater diversity as regards shape and dimensions as compared with industrial chips.

It is obvious that increasing fraction of a thermoplastic strongly affects hydrophobicity of the boards. For the boards with 70 % contents of thermoplastic observed swelling (after 24 h soaking in water) achieved 2.2 – 7.2 % which is two fold lower value than respective standard requirement.

Table 3 Mechanical properties of the studied boards

Materials	Wood/ therm.	Density	MOR	MOE	Swelling				Absorptivity			
					2h		24h		2h		24h	
	% / %	kg/m ³	N/mm ²	N/mm ²	%		%		%		%	
Chips /PE	70 / 30	797 (3)	11,2 (9)	1339 (2)	40,1 (12)	43,0 (14)	71,6 (7)	77,4 (9)				
	50 / 50	796 (4)	12,9 (7)	1259 (6)	11,6 (18)	14,7 (17)	37,0 (14)	44,6 (12)				
	30 / 70	731 (6)	12,8 (6)	1065 (8)	4,4 (18)	5,9 (14)	24,4 (20)	29,1 (16)				
Waste chips /PE	70 / 30	704 (6)	7,2 (18)	1270 (13)	24,1 (11)	26,2 (10)	69,0 (12)	79,2 (12)				
	50 / 50	740 (5)	11,4 (16)	1189 (8)	12,7 (14)	13,9 (11)	38,6 (13)	45,3 (12)				
	30 / 70	754 (5)	13,2 (10)	882 (12)	3,5 (20)	5,5 (14)	24,6 (21)	29,2 (16)				
Chips /PS	70 / 30	778 (4)	8,3 (13)	1400 (10)	—	—	—	—				
	50 / 50	772 (5)	12,4 (15)	1490 (6)	20,0 (15)	24,8 (11)	51,8 (12)	56,8 (11)				
	30 / 70	756 (5)	19,1 (7)	1731 (6)	3,9 (17)	5,6 (17)	26,0 (25)	28,3 (19)				
Waste chips /PS	70 / 30	747 (4)	1,7 (34)	—	48,1 (12)	—	112,3 (13)	—				
	50 / 50	743 (3)	6,1 (11)	1271 (7)	19,0 (13)	22,5 (12)	57,6 (9)	61,8 (9)				
	30 / 70	743 (4)	11,7 (10)	1242 (8)	5,0 (17)	7,2 (18)	34,8 (20)	36,1 (20)				
Chips /PP	70 / 30	782 (3)	12,6 (14)	1755 (2)	14,4 (11)	18,9 (12)	58,1 (12)	72,9 (14)				
	50 / 50	787 (5)	18,2 (13)	2144 (9)	5,9 (15)	7,9 (11)	33,1 (14)	44,6 (16)				
	30 / 70	795 (3)	20,5 (25)	1774 (14)	1,6 (14)	2,2 (12)	14,7 (11)	20,1 (17)				
Waste chips /PP	70 / 30	760 (7)	2,6 (26)	—	18,4 (18)	27,9 (19)	68,8 (20)	79,9 (18)				
	50 / 50	799 (8)	11,5 (27)	1695 (9)	7,7 (17)	12,5 (17)	38,2 (15)	50,2 (15)				
	30 / 70	784 (3)	14,2 (22)	1521 (11)	3,8 (16)	6,9 (17)	19,4 (16)	36,8 (17)				
Particleboard			11.5 ÷ 20.0 **	1600 ÷ 2900 **		14 ÷ 8 **						

* variation coefficient is given in parenthesis [%];

** values required by EN 312 (dependently on the thickness 13-20 mm);



4 CONCLUSIONS

The presented study results show that it is possible to use waste thermoplastics as binder for production of particleboards. One should pay attention however to ensuring adequate selection of size of the chips and the degree of thermoplastics grinding. This permits obtaining a homogeneous mixture during cold forming of the boards. The most favourable properties of the boards are obtained with 50 % thermoplastics content. Waste chips can be used for production of the boards also but their parameters are generally lower as compared with the boards made of industrial chips.

REFERENCES

- [1] Borysiuk P., Chojka K., Mamiński M., 2007: Effect of particle size on the selected properties of polystyrene-bonded particleboards. Proc. XVIIIth International Symposium: Adhesives in Woodworking Industry, Zvolen, 5-7 September 2007.
- [2] Borysiuk P., Chojka K., Mamiński M., Lachowicz H., 2007: Effect of pressing time on the selected properties of the particleboards bonded with polystyrene. Proc. XVIIIth International Symposium: Adhesives in Woodworking Industry, Zvolen, 5-7 September 2007.
- [3] Borysiuk P., Nicewicz D., Pawlicki J., 2004: Wood-based materials utilising waste thermoplastics. Proc. Vth International Symposium: Composite Wood Materials, Zvolen, 23-25. June 2004.
- [4] Borysiuk P., Pawlicki J., Nicewicz, D., 2006: New types of raw materials in Technologies of wood-based materials. Proc. COST Action E44 – E49 Wood Resources and Panel Properties, Valencia, Spain 12 – 13 June 2006.
- [5] Borysiuk P., Mamiński M., Nicewicz D., Boruszewski P., Zado A., 2008: Waste thermoplastics as binder for green and recycled wood bonding in particleboard manufacturing. International Panel Products Symposium 2008, Dipoli Conference Centre, Espoo, Finland (proceedings), 24 – 26 September, pp. 249 –254
- [6] Borysiuk P., Mamiński M., Zawadzki J., Zielenkiewicz T., Zado A., 2008: Waste thermoplastics as raw material in particleboard manufacturing. 3RD International Conference on environmentally-compatible forest products ECOWOOD 2008, Fernando Pessoa University, Porto Portugal (proceedings), 10 – 12 September, pp. 315 –318
- [7] Chen H.C., Chen T.Y., Hsu Ch., 2006: Effects of Wood Particle Size and Mixing Ratios of HDPE on the Properties of the Composites. *Holz als Roh- und Werkstoff* 64, 172177.
- [8] Niemz P., 1993: Physik des Holzes und der Holzwerkstoffe. *DRW-Verlag*.
- [9] Oksman K., Lindberg H., 1995; Interaction Between Wood and Synthetic Polymers. *Holzforschung* 49, pp. 249-254.
- [10] Pawlicki, J., Nicewicz D., 2002: New Kinds of Wood-Thermoplastics Composites. Workshop: Innovative Materials on the Base of Modified Wood Fiber and Polyolefins, Kassel, 14-16 February 2002.



- [11] Pritchard G., 2004: Two technologies merge: wood plastic composites. REINFORCED plastics 6: 26–29
- [12] Selke S.E., Wachman I., 2004: Wood fiber/polyolefin composites. Composites: Part A 35: 321–326
- [13] Tangram Technology. Wood–plastic composites a technical review of materials, processes and applications. Tangram technology Ltd. Forest Products Laboratory, Wood–Plastic Composites, Tech line; 2002, COM-1 01/04.
- [14] Youngquist J.A., Myers G.E., Muehl J.H., Krzysik A.M., Clemons C.M., 1994: Composites from recycled wood and plastics. Prepared for US Environmental Protection Agency, Cincinnati.

*This work was financed by the Polish Department of Education and Science;
Project no N 309 2869 33.*

Lectured: Ing. Eva Ružinská, PhD.

Address:

Borysiuk Piotr, Mamiński Mariusz - Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Faculty of Wood Technology, 159 Nowoursynowska St., 02-787 Warsaw, Poland.

Danecki Leszek - Research & Development Centre For Wood-Based Panels 10a Adama Mickiewicza St., 83-262 Czarna Woda, Poland.



ČISTENIE ODPADOVÝCH PLYNOV PRI SPRACOVANÍ CHLADIARENSKÝCH A MRAZIARENSKÝCH ZARIADENÍ

THE CLEANING OF WASTE GASES IN PROCESSING OF REFRIGERATORS AND FREEZERS

BRODNIANSKÁ Zuzana

ABSTRACT: The contribution deals with the recovery of refrigerators and freezers and then with the purification process of waste gases (cryocondensation). The older types of these devices is an insulating polyurethane (PUR) foam and the coolant based on freons. The escape into the atmosphere causing the gas chlorofluorocarbons (CFCs) serious damage of the ozone layer.

Key words: refrigerators and freezers, waste gases, cryocondensation.

ABSTRAKT: Príspevok sa zaoberá zhodnocovaním chladiarenských a mraziarenských zariadení s následným procesom čistenia odpadových plynov (kryokondenzácia), ktoré pri tom vznikajú. V starších typoch týchto zariadení sa nachádza izolačná polyuretánová (PUR) pena a chladiaca zmes na báze freónov. Pri úniku do ovzdušia spôsobujú tieto plynné chlórfluoruhl'ovodíky (CFC) vážne poškodenie ozónovej vrstvy.

Kľúčové slová: chladiarenské a mraziarenské zariadenia, odpadové plyny, kryokondenzácia.

1 ÚVOD

Množstvo odpadu sa každým rokom neúmerne zvyšuje, pretože rýchlosť ich produkcie je oveľa väčšia ako ich spracovanie. Tvorbou veľkého množstva odpadu sa ničí nielen príroda, ovzdušie a ďalšie odvetvia životného prostredia, ale v konečnom dôsledku ničí aj naše zdravie.

Chladiarenské a mraziarenské zariadenia (CHMZ) svojím podielom na celkovom množstve elektroodpadov, ako aj obsahom nebezpečných látok, tvoria skupinu, ktorá si vyžaduje osobitné sledovanie v celom procese nakladania s nimi (spôsob uloženia v mieste zberu, preprava, recyklácia). Veľký problém pre životné prostredie predstavujú CHMZ staršie ako desať rokov. Obsahujú nebezpečné freóny, ktoré pri úniku do ovzdušia spôsobujú úbytok v ozónovej vrstve a tým zvýšené prenikanie nebezpečného ultrafialového žiarenia na zemský povrch. V dôsledku toho dochádza k narušeniu imunitného systému, zvýšenému výskytu rakoviny kože, poškodeniu zraku a pod. [1].

2 SPÔSOBY ZHODNOCOVANIA CHLADIARENSKÝCH A MRAZIA- RENSKÝCH ZARIADENÍ

Svojvoľné rozoberanie starých CHMZ je pre životné prostredie a ľudské zdravie vážnou hrozbou. Preto je potrebné odnášať tieto staré zariadenia kompletne a nepoškodené na miesta, pri ktorých vieme, čo sa so spotrebičmi bude diať po ich odovzdaní.

V súčasnosti existujú zberné dvory, uskutočňujú sa zberové akcie v obciach a taktiež je možnosť odovzdať starý spotrebič vo vybraných predajniach. Dôležité je uskladnenie vyradených zariadení v súlade s požiadavkami legislatívy SR. Následne je úlohou spracovateľskej spoločnosti, aby CHMZ odborne a bezpečne spracovala, aby bol únik CFC do ovzdušia minimálny.



Spôsoby zhodnocovania CHMZ:

A) Zariadenia na princípe zachytávania CFC aktívnym uhlím:

- 1. krok - odstránenie chladiva z chladiaceho okruhu,
- 2. krok - odstránenie CFC z PUR peny a filtrácia vzduchu a zachytávanie CFC pomocou uhlíkových filtrov.

B) Zariadenia na princípe kryokondenzácie (v celom procese je prítomný dusík):

- 1. krok - odstránenie chladiva z chladiaceho okruhu,
- 2. krok - odstránenie CFC z PUR peny a zachytávanie CFC dusíkom.

C) Zariadenia na princípe odstránenia CFC pomocou solí, ktorých linka pozostáva z troch hlavných častí:

- absorbér na báze aktívneho uhlia,
- vzduchový filter na organické látky,
- chemická práčka plynov [2].

3 POSTUP SPRACOVANIA CHLADIARENSKÝCH A MRAZIARENSKÝCH ZARIADENÍ

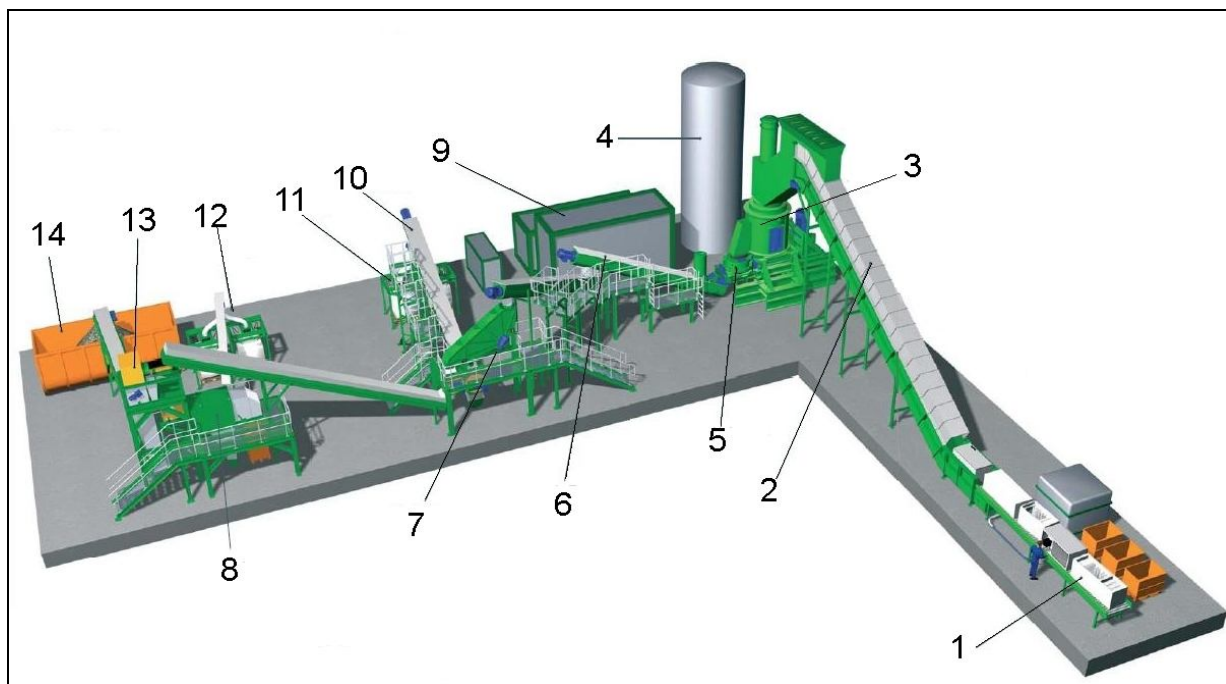
Pri spracovaní CHMZ je potrebné najskôr tieto zariadenia upraviť do stavu, aby ich bolo možné bezpečne zhodnotiť. To znamená, že sa *v prvom kroku* najskôr odstránia prevádzkové náplne (1) (chladivo, kompresorový olej s chladivom), odstránia sa poličky, prepážky, kompresor, spínače a pod. Chladivá sa odstránia tak, že sa chladiaci okruh perforuje a CHMZ sa nakloní pomocou špeciálneho stola, aby bolo možné odsať čo najväčšie množstvo chladiva (CFC) a oleja z chladiaceho obvodu. Odsaté chladivo sa od kompresorového oleja odseparuje prietokom cez vyhrievané nádrže. Kompresorový olej je následne plnený do plynottesne uzavretých nádrží a chladivo sa po skvapalnení plní do prepravných tlakových nádob a následne do plynovej tlakovej nádrže. Technologická linka spracovania CHMZ je znázornená na *Obrázku 1*.

V *druhom kroku* je vykonávaný vlastný proces recyklácie CHMZ, čiže sa chladiace zariadenie presunie do uzatvoreného dopravníkového pásu s dusíkovou atmosférou (2). Telesá CHMZ sa drvia v reťazovom mlyne (3), pričom dochádza k uvoľňovaniu CFC a jeho viazaniu s dusíkom. Pri starších CHMZ dochádza k uvoľňovaniu freónov, preto je nevyhnutné zamerať sa na proces čistenia odpadových plynov rôznymi technikami, napr. pomocou látkových filtrov, cyklónov, adsorbérov alebo kryokondenzačnou technikou. V modernejších CHMZ je freón nahradený napr. cyklopentánom, ktorý je vysoko horľavý a počas drvenia vytvára výbušné prostredie. Z tohto dôvodu musí byť drviace zariadenie dokonale hermeticky uzavreté. Taktiež je podmienka, aby v uzavretom prostredí bola vždy koncentrácia uhlíkovodíkov pod dolnou medzou výbušnosti.



V reťazovom mlyne sa uskutoční separácia lepených materiálov a pomelie sa izolačná PUR pena na prach s časticami menšími ako 0,2 mm. Následne sa pomelie polystyrén na častice s veľkosťou 10 až 15 mm, zomelú a stlačia sa kovové kusy do formy granúl s veľkosťou 25 až 80 mm. Počas celého procesu sa uvoľňuje CFC/pentán zvnútra PUR peny. Výhodou je, že sa tu dosahuje vysoká čistota výstupných materiálov.

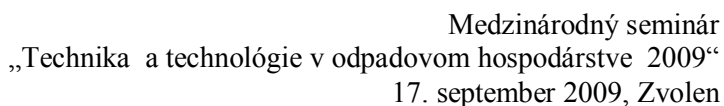
V závitkových dopravníkoch (6) prebieha tepelné spracovanie, pričom sa uvoľňuje obsah napeňovadla z PUR peny a preplachuje sa dusíkom. Chladivá CFC sa pritom stávajú plynmi a sú absorbované inertným plynom. Zostávajúci podiel CFC v PUR pene je redukovaný na menej ako 0,2 % hmotnosti.



Obrázok 1 Technologická linka pre spracovanie chladiarenských a mraziarenských zariadení

- 1 – odplynenie, 2 – reťazový pásový dopravník, 3 – reťazový mlyn, 4 – zásobník na dusík, 5 – vyprázdňovací zásobník, 6 – sušiaci závitový dopravník, 7 – vibračné sito, 8 – separátor neželezných kovov, 9 – kryokondenzácia, 10 – odplyňovacie matice, 11 – PUR frakcia, 12 – plastová frakcia, 13 – Fe separátor, 14 – Fe frakcie

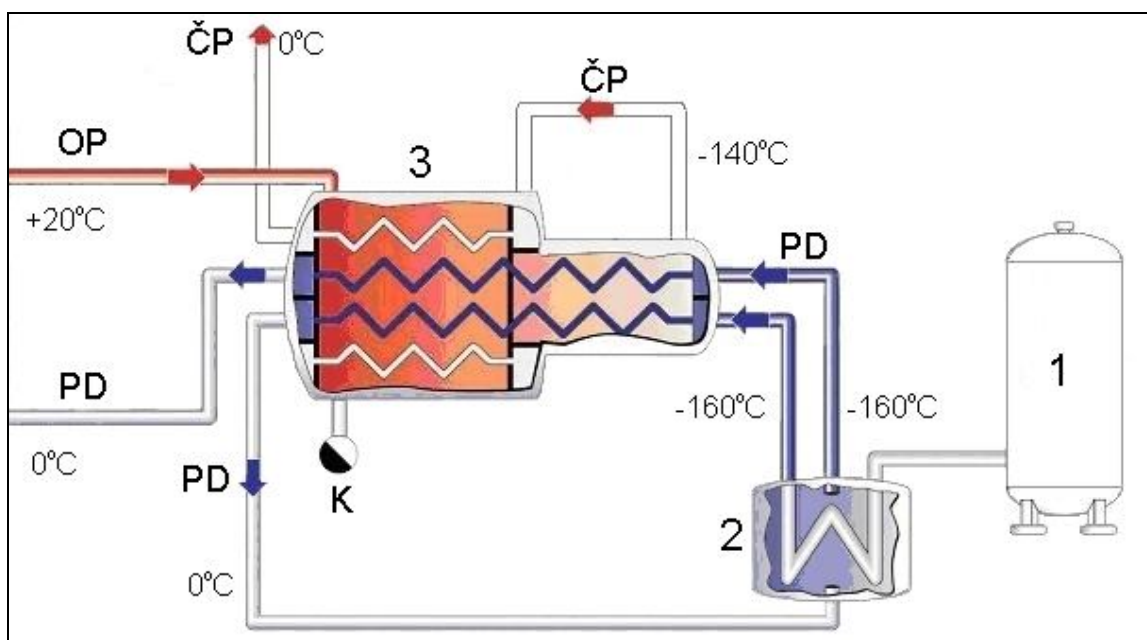
Nakoniec prebieha triedenie výstupných materiálov, kde sa v jednotlivých krokoch uskutočňuje ich separácia. Výstupné materiály zo spracovania CHMZ sú čisté železné frakcie (14) a neželezné frakcie (8), PUR prášok (11) (s rôznymi možnosťami opätovného využitia, napr. ako absorbent) a plasty (12), z toho 90 % polystyrén. Menšia časť výstupných materiálov je zneškodňovaná skládkovaním alebo spaľovaním, ale väčší podiel je následne zhodnocovaný [3].



Proces kryokondenzácie predstavuje ekologický prístup k ochladzovaniu odpadových plynov zo spracovania CHMZ, aby boli zredukované emisie až na požadovanú hodnotu podľa legislatívy o ochrane ovzdušia. Technologická schéma procesu kryokondenzácie je znázornená na *Obrázku 2*. Na chladenie odpadových plynov sa používa kryokondenzátor (3), v ktorom je odpadový plyn (OP) chladený protiprúdne kvapalným dusíkom (1) s teplotou -100 °C až -160 °C. Odpadové plyny sa ochladzujú až pod rosný bod, takže škodlivé látky, obsiahnuté vo vzduchu, skondenzujú. Kondenzácia kvapalným dusíkom umožňuje dosiahnuť veľmi nízke teploty, ktoré nie je možné dosiahnuť v konvenčných chladiacich zariadeniach. Chladenie môže byť priame alebo pomocou oddeleného medziokruhu.

Priame chladenie má však mnoho nevýhod. Najväčšou nevýhodou je zamŕzanie, kedy odparený dusík schladí zariadenie tak silno, že škodlivé látky väčšinou zmrznú a rýchlo zablokujú cestu odpadovým plynom. Dôsledkom toho musí byť zariadenie odmrazené a späť navrátené na vychladzovanie pred tým, ako môže pokračovať samotný proces čistenia.

Okrem vysokej energetickej náročnosti rozmrazovania, vyžaduje táto metóda príslušne veľké množstvo kvapalného dusíka pre časté chladenie kondenzátorov. Z toho dôvodu sa priame chladenie kvapalným dusíkom používa iba pre jednofázové kondenzácie, pri ktorých sú nízke požiadavky na spoľahlivosť a efektívnosť. Ďalšou nevýhodou je vznik aerosólov, jemnučkých kvapôčok pary, ktoré sa v kryokondenzátore zriedka oddelia, čím zabraňujú efektívnemu čisteniu odpadových plynov.



Obrázok 2 Technologická schéma kryokondenzácie
1 – kvapalný dusík, 2 – výmenník tepla, 3 – kryokondenzátor, ČP – čistý plyn,
OP – odpadový plyn, PD – plynný dusík, K - kondenzát



Pri nainštalovaní oddeleného medziokruhu sa dosahuje významné zlepšenie, pretože plyný dusík (PD), ktorý v ňom cirkuluje, je ochladzovaný kvapalným dusíkom (1) cez výmenník tepla (2). To znamená, že teplota chladenia kryokondenzátora už naďalej nie je fixovaná na bod varu dusíka, ale môže byť upravovaná podľa potreby. Zariadenie môže pracovať dokonca s premenlivými tokmi a dávkami, [4].

V mnohých prípadoch sa môžu skvapalnené látky vrátiť späť do produkcie. Väčšinou sa dá kvapalný dusík, ktorý sa používa na chladenie, využiť ako zdroj inertnej atmosféry. Pri recyklácii CHMZ sa môžu opätovne získať freóny, lebo zvyšková koncentrácia odpadových plynov sa aj pri extrémne prchavých freónoch pohybuje pod 20 mg/m^3 . V chemickom priemysle sa využíva predovšetkým na opätovné získavanie prchavých rozpúšťadiel. Odpadový plyn sa čistí na zákonom stanovenú hodnotu, plyný dusík možno opätovne použiť.

Výhody čistenie odpadových plynov pomocou kryokondenzácie:

- vysoká účinnosť čistenia odpadových plynov,
- dodržanie požadovaných hodnôt podľa legislatívy pre ochranu ovzdušia,
- dvojité využitie kvapalného dusíka - na chladenie a inertizáciu,
- nízke nároky na elektrickú energiu,
- opätovné získavanie rozpúšťadiel,
- úspora nákladov vďaka opätovnému využitiu rozpúšťadiel [5].

5 ZÁVER

Staršie typy CHMZ predstavujú hrozbu pre životné prostredie, pretože freóny v nich obsiahnuté za normálnych okolností nemajú žiadny účinok, ale pri úniku do ovzdušia spôsobujú narušenie ozónovej vrstvy a tým ohrozujú zdravie a život všetkých organizmov na Zemi. Preto je potrebné venovať dostatočnú pozornosť ich spracovaniu a najmä čisteniu odpadových plynov, ktoré pri tom vznikajú.

Bohužiaľ aj v súčasnosti ostávajú staršie typy chladiarenských a mraziarenských zariadení nekontrolovateľným zdrojom emisií CFC. Avšak výberom najlepšej dostupnej technológie môžeme únik emisií CFC znížiť na minimum aspoň pri ich spracovaní. Jednou z výhodných technológií je proces čistenia odpadových plynov pomocou kryokondenzácie, kedy sa dosahuje vysoká účinnosť ich čistenia ochladením.

LITERATÚRA

- [1] Černecký, J. – Kvasnová P.: 2007. Technika odpadového hospodárstva. Zvolen: Vydavateľstvo TU vo Zvolene, 2007, 161 s., ISBN 978-80-228-1855-1.
- [2] Dostupné na internete: <http://www.electrorecycling.sk/> [cit. 2009-09-03].
- [3] Dostupné na internete: <http://komunalna-energetika.sk> [cit. 2009-09-07].
- [4] Dostupné na internete: <http://www.messer.sk/> [cit. 2009-09-11].
- [5] Kroupa, A.: Kryogenní technologie chlazení reaktorů a vymrazování VOC pro chemii a farmacii. ChEMagazín, Číslo 3, Ročník XIX., 2009.



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

Lektoroval: Ing. Andrea Neupauerová, PhD.

Kontaktné adresa:

Ing. Brodnianská Zuzana, Katedra environmentálnej techniky, Fakulta environmentálnej
a výrobnjej techniky, Technická univerzita vo Zvolene, Študentská 26, 960 53 Zvolen, tel.:
045/5206678, e-mail: brodnianska@vsld.tuzvo.sk.



SPAL'OVANIE ODPADOV Z ASPEKTU OCHRANY OVZDUŠIA

WASTE INCINERATION FROM THE VIEWPOINT OF AIR PROTECTION

ČERNECKÝ Jozef

ABSTRACT: The present contribution is focused on waste incineration. It also includes description of a waste incineration plant showing its positives and negatives concerning the environment. Moreover, it contains a brief reference to the exhaust gas treatment equipment. There are inconsistent views on waste incineration among professional and laic public from the whole scale of human industrial activity.

Key words: waste economy, waste incineration, air protection.

ABSTRAKT: Príspevok je zameraný na spaľovanie odpadov. Súčasťou príspevku je aj popis spaľovne odpadov s uvedením pozitív a negatív na životné prostredie. Taktiež je stručne spomenuté aj zariadenie na čistenie spalín. Na spaľovanie odpadov existujú rozporuplné názory odbornej a laickej verejnosti z celého rozsahu priemyselnej činnosti človeka.

Kľúčové slová: odpadové hospodárstvo, spaľovanie odpadov, ochrana ovzdušia.

1 ÚVOD

V súčasnosti je problematika nakladania s odpadmi veľmi aktuálna. Pri nakladaní s odpadmi by mala platiť zásada: čo je využiteľné - využiť, čo je návratné - vrátiť, čo je recyklovateľné - recyklovať, čo je kompostovateľné - kompostovať, čo je nevyužiteľné, nenávratné, nerecyklovateľné, nekompostovateľné - treba zneškodniť.

Hlavné spôsoby zneškodňovania komunálnych a priemyselných odpadov:

- skládkovanie,
- biologické spôsoby (kompostovanie),
- tepelné spôsoby (spaľovanie, pyrolýza,...),
- fyzikálne a chemické spôsoby (neutralizácia – úprava PH odpadových vôd).

Nemali by sme si myslieť, že dnešné zneškodňovanie, ako spaľovanie odpadov alebo skládka je ideálne riešenie. V obidvoch prípadoch dochádza následne k rôznym reakciám, pri ktorých dochádza k synergickému negatívnemu efektu. Napr. chemické odpady môžu byť po spálení jedovatejšie ako pôvodne spaľovaný odpad. Ani pri skládkovaní ani pri spaľovaní nie je presne známe chemické zloženie a miera toxicity následných odpadov.

Chemické zloženie komunálneho odpadu sa môže meniť na základe zákonných predpisov a technického, ekonomického a spoločenského vývoja. Komunálny odpad je veľmi heterogénny a analyzovať jeho zloženie je veľmi obtiažne a preto sa používajú nepriame analýzy pomocou toku látok. Pri nepriamej analýze sa analyzujú produkty spaľovania v spaľovacom zariadení. Chemická analýza komunálneho odpadu predstavuje užitočný nástroj pre návrh rôznych opatrení a zistenia zmeny zloženia komunálneho odpadu.



2 SPAĽOVANIE ODPADOV

Spaľovanie je spôsob konečného odstraňovania odpadu. Z hygienického hľadiska je výhodný. Odpadá tu kontaminácia pôdy a vody, ale novým vážnym problémom je znečistenie ovzdušia exhalátmi zo spaľovni. Oproti skládkovaniu je významná úspora plôch. Spaľovanie musí byť riešené tak, aby vyhovovalo prísny limitom na ochranu ovzdušia. Po spálení vznikne tuhý zvyšok (popol, ktorý často obsahuje ťažké kovy, škvara, železné zvyšky, sklenené a keramické črepy...), ktorý predstavuje v priemere 6 – 10 % pôvodného objemu. Tieto nespáliteľné zvyšky sa môžu skládkovať na špeciálnych skládkach alebo využiť pre stavebné účely. Účinné zneškodňovanie odpadov spaľovaním si samozrejme vyžaduje separáciu škodlivých látok. Pozitívnym vedľajším javom spaľovania je využitie tepla, ktoré vzniklo v tomto procese.

Moderným spôsobom spaľovania je proces pyrolýzy, pri ktorom sa vysokými teplotami dosahuje rozklad organického odpadu bez prítomnosti vzduchu s cieľom získať využiteľné produkty rozkladu (decht, ľahké oleje, organické rozpúšťadlá...).

Najvýznamnejším environmentálnym aspektom energetického využitia palív z odpadov je náhrada fosílnych palív. Palivá z odpadov sú v niektorých krajinách vnímané ako súčasť stratégie pomoci naplniť požiadavky a záväzky Kyotskeho protokolu. Spolu spaľovanie palív z odpadov však so sebou nesie aj určité obmedzenia. Treba zaistiť ich uplatnenie v nastávajúcej infraštruktúre elektrárni, teplárni a cementárni. Treba zabezpečiť aby v týchto spolu pracujúcich zdrojoch nedošlo ku zvýšeniu emisii. Ďalej treba zabezpečiť aby neboli negatívne ovplyvnené produkty energetických zdrojov, ktoré palivá z odpadou spoluspaľujú. Palivá z odpadov, ktoré sú využívané v cementárňach, teplárňach a elektrárňach musia byť upravené a mať zaistenú určitú kvalitu. Voľná zmes paliva z odpadov môže byť stlačená do peliet alebo brikiet. Pri skladovaní, prekládke alebo transporte týchto palív musí byť kladený dôraz na to, aby bolo zabránené zvlhčeniu a mikrobiologickému samoohriatiu, ktoré by mohlo viesť ku samovznieteniu.

3 POPIS ZARIADENIA

Schéma spaľovne odpadov so spätným získavaním tepla je na obr. 1. Spaľovňa využíva viacstupňovú spaľovaciu metódu, kde proces tepelného rozkladu a spaľovania je časovo a priestorovo oddelený a jednotlivo regulovaný pre zabezpečenie optimálnej prevádzky. Na vstupe do spaľovacej komory je hydraulicky ovládané zariadenie na dopravu a dávkovanie odpadu (PZ).

Hlavnou časťou je primárna spaľovacia komora (PSK) resp. pyrolýzna (karbonizačná) komora. Po naplnení komory odpadom sa odpad zapáli pomocou zapalovacieho horáka na zemný plyn. V priebehu niekoľkohodinového procesu sa odpad spaľuje (karbonizuje) - rozkladá pomocou podporného (stabilizačného) spaľovania prídavného paliva za zníženého prívodu spaľovacieho vzduchu. V komore prebehne splyňovanie odpadu na horľavé plyny. Pyrolýzny plyn s vysokou výhrevnosťou odchádza do sekundárnej spaľovacej komory (SSK) (termoreaktora). Termoreaktor musí zabezpečiť dôkladné zmiešanie horľavých plynov so sekundárnym vzduchom pre optimálne spálenie karbonizačného plynu, ako aj zabezpečiť primeranú dobu zdržania. Vzniknutá zmes plynu a spaľovacieho vzduchu sa spaľuje pri teplotách dosahujúcich 1200 °C pri čase zdržania minimálne 2 s, prebieha oxidácia, alebo termická deštrukcia pyrolýznych plynov.

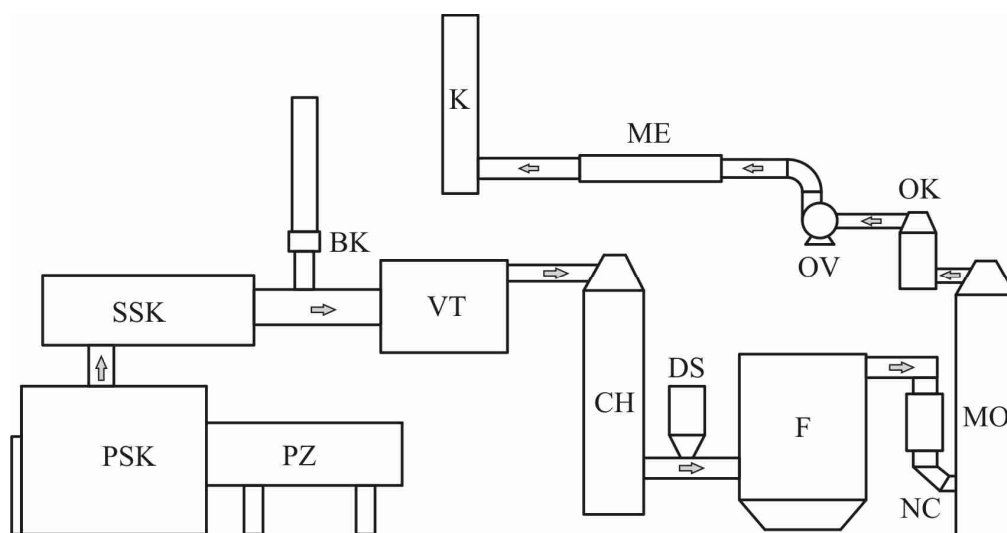


Pri tomto procese dochádza k bezpečnému rozloženiu všetkých škodlivých látok obsiahnutých vo vzniknutom pyrolýznom plyne s regulovaným prívodom terciálneho vzduchu.

Súčasťou spaľovne je bezpečnostný komín (BK) s chladiacim zariadením a pneumatickou komínovou klapkou, ktorá slúži ako bezpečnostný prvok v prípade vzniku havarijného stavu, kedy je zároveň blokovaná časť zavážania odpadu do spaľovacej komory. Potom nasleduje výmenník tepla (VT) pre odvod a využitie tepla vznikajúceho spaľovaním odpadu.

Dôležitou časťou spaľovne je systém na čistenie spalín. Prvou časťou tohto systému je sprchový chladič (CH), ktorý ochladí spaliny. Za ním nasleduje dávkovacie zariadenie (DS) so zásobníkom sorbentu pre redukciu SO_2 , HCl , HF , dioxínov, furánov a ťažkých kovov. Na odlučovanie TZL je zaradený mechanický filter (F). Potom spaliny prechádzajú cez nástrekový chladič (NC) do mokrého odlučovača (MO), kde sa neutralizáciou odlučujú kyslé komponenty. Spaliny sú z podtlakovej časti odsávané pomocou odťahového ventilátora (OV) cez odlučovač kvapiek (OK) a prechádzajú cez úsek na meranie emisií (ME) do komína (K).

Prevádzkový režim musí byť regulovaný vo všetkých fázach procesu (nábeh, spaľovanie, dohorievanie, chladenie).



Obrázok 1 Schéma zariadenia na termické zneškodňovanie odpadov

PZ – podávacie zariadenie (dávkoč), PSK – primárna spaľovacia komora, SSK – sekundárna spaľovacia komora (termoreaktor), BK – bezpečnostný komín s klapkou a chladičom spalín, VT – výmenník tepla, CH – chladič spalín, DS – dávkovanie sorbentu, F – filter, NC – nástrekový chladič, MO – mokrý odlučovač (pračka spalín), OK – odlučovač kvapiek, OV – odťahový ventilátor, ME – merací úsek monitorovania emisií, K - komín

Hlavné výhody spaľovania odpadu je možné zhrnúť nasledovne:

- Redukcia objemu odpadu, obzvlášť objemného tuhého odpadu s obsahom veľkého podielu spáliteľných zložiek. Dosiahnutá redukcia predstavuje až 90 % objemu. Takýto materiál sa spravidla vozi na skládku.



- Deštrukcia niektorých odpadov a ich detoxifikácia, čo ich robí vhodnejšími pre záverečnú likvidáciu, napr. spaľovanie karcinogénov, patologicky kontaminovaných materiálov, toxických organických zložiek alebo biologicky aktívnych materiálov, ktoré predstavujú najmä problémy so vznikajúcou odpadovou vodou.
- Deštrukcia organických zložiek biodegradovateľného odpadu, ktorý v prípade skládkovania produkuje skládkový plyn - najmä metán.
- Náhrada fosílnych palív pri výrobe energie a tým pozitívny dopad z hľadiska skleníkového efektu. Tu však treba prerobiť existujúce zariadenie spaľujúce uhlie na zariadenie spaľujúce odpady, ktoré je finančne náročné. Ďalej treba zabudovať zariadenia na čistenie spalín.

Spaľovanie odpadov so sebou nesie aj niekoľko prekážok:

- vysoké investičné náklady,
- vysoké prevádzkové náklady,
- nutnosť technických zariadení na zhromažďovanie, triedenie a dopravu odpadu do spaľovní.

4 ZÁVER

Do budúca osobitná pozornosť musí byť venovaná potrebe vývoja systému čistenia spalín a zvyšovania účinnosti odlučovania, znižovaniu nákladov na prevádzku spaľovne a existujúce spaľovne budú musieť spĺňať požiadavky na emisné limity.

Na spaľovanie odpadov existujú rozporuplné názory odbornej a laickej verejnosti z celého rozsahu priemyselnej činnosti človeka. Sú to názory odmietajúce spaľovne odpadov, cez zhovievavé rešpektovanie, až po preferenciu spaľovania odpadov. V skutočnosti môže vysoká teplota pri spaľovaní predchádzať budúcej expozícii nebezpečnými chemickými látkami. Spaľovňa musí byť navrhnutá a prevádzkovaná v súlade s platnými právnymi a technickými predpismi. U nesprávne prevádzkovaného zariadenia sa môžu nepriaznivé účinky prejaviť zvlášť u obsluhujúcich pracovníkov. Environmentálne vplyvy spaľovní odpadov sa hodnotia z viacerých uhlov pohľadu. K pozitívnemu vývoju environmentálnej bezpečnosti prispieva celosvetový trend sprísňovania legislatívnych požiadaviek na spaľovne odpadov a zvlášť sprísňovanie emisných limitov.

Ako vyplýva z požiadaviek EU, v budúcnosti budú akceptovateľné len také spaľovne odpadov, ktoré budú zodpovedať požiadavkám najlepšie dostupných technológií (BAT), pričom rozhodujúce bude environmentálne kritérium vplyvu spaľovne na kvalitu ovzdušia a zloženie tuhých zvyškov po spaľovaní.

LITERATÚRA

- [1] Kleňhová, M. (2008): Chemické složení spalovaných komunálních odpadu. Odpadové fórum 4/2008, s. 11 – 13, ISSN 1212-7779.
- [2] Durdil, J. – Pačesová, T. – Tomášková, V. (2007): Využití energetického potenciálu směsných komunálních odpadu v EU. Odpadové fórum 12/2007 (mimořádná příloha), s. 16 – 17, ISSN 1212-7779.



- [3] Zimová, M. (2009): Možná zdravotní rizika u spalování odpadu v porovnání s jinými způsoby nakládání s odpady. Odpadové fórum 3/2009, s. 29 – 30, ISSN 1212-7779.
- [4] <http://www.stavimex.sk/view.php?cislocclanku=2008070014&nazov=viacstup%D2ove-zariadenie-na-spa%BCovanie-najr%D4znejsich-odpadov-s-vyuzitim-tepla> (dostupné na internete 7. 9. 2009).
- [5] Koniar, J. (2009): Technické zariadenia na znižovanie emisií PCDDs a PCDFs pri spaľovaní odpadov. In. Medzinárodný seminár „Technika a technológie v odpadovom hospodárstve 2009“ – v tlači.
- [6] Ružinská, E.: Zhodnocovanie priemyselných odpadov pre prípravu ekoprogresívnych materiálov. Zborník príspevkov z 2. medzinárodného seminára „Technika odpadového hospodárstva“. FEVT TU Zvolen, 2008, s. 122-130, CD. ISBN 978-80-228-1914-5.
- [7] Brodnianská, Z.: Monitorovanie plynných znečisťujúcich látok. FEVT TU vo Zvolene, 2008. (nepublikované).
- [8] Neupauerová, A.: Možnosti zhodnotenia odpadov zo stavebných procesov z hľadiska riadenia kvality a jej environmentálnych dopadov. In: Medzinárodný seminár „Technika odpadového hospodárstva“, Zvolen 2008, s. 97 – 103, ISBN 978-80-228-1914-5.

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

Lektoroval: Ing. Ján Koniar, PhD.

Kontaktná adresa:

Doc. Ing. Černecký Jozef, CSc., Katedra environmentálnej techniky, Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky, TU Zvolen, Študentská 26, 960 53 Zvolen, e-mail: jcern@vsld.tuzvo.sk.



ZNEŠKODŇOVANIE NEBEZPEČNÝCH ODPADOV ŽIVOČÍŠNEHO PÔVODU II

THE DISPOSAL OF DANGER WASTE OF ANIMAL PROVENANCE II

ČERY Marián – JANOŠKO Ivan

ABSTRACT: The contribution is oriented on the methods and technologies for disposal of troubleshooting animal substance. The technologies of bio dangerous substance outgoing from Regulation (EC) No 1774/2002 of the European Parliament and of the Council of 3 October 2002 laying down health rules concerning animal by-products not intended for human consumption. The waste disposal of troubleshooting toxic waste to perished animal constructed on base renderers' buildings, which on processing animal waste make use of different technology. Renderers' buildings have various consumption of energy.

Key words : dangerous substance, biowaste, renderers' buildings, consumption of energy.

ABSTRAKT: Príspevok je zameraný na metódy a technológie zneškodňovania problémových látok živočíšneho pôvodu. Technológie zneškodňovania biologických nebezpečných látok vychádzajú zo smernice ES 1774/2002, ktorým sa stanovujú pokyny týkajúce sa živočíšnych vedľajších produktov určených pre ľudskú spotrebu. Zariadenia na zneškodňovanie problémového toxického odpadu uhynutých zvierat sa budujú na báze kafilerných zariadení, ktoré na spracovanie živočíšnych odpadov využívajú rôzne technológie. Zariadenia majú rôznu energetickú náročnosť.

Kľúčové slová: nebezpečný odpad, bioodpad, kafiléria, energetická náročnosť.

1 ÚVOD

Tematika účelného odstraňovania a využívania odpadov živočíšneho pôvodu je pomerne široko rozpracovaná, že si vyžaduje zohľadniť podstatne širšie poznatky z rôznych odborných disciplín. Produkcia odpadov zo živočíšnej výroby ale najmä účelne a účinné zneškodňovanie, prináša so sebou i na okolité prostredie aj nežiadúce účinky. Odpady živočíšneho pôvodu zasahujú do životného prostredia vo všetkých jeho zložkách, keď následne dochádza ku znehodnocovaniu podzemných a povrchových vôd, ako aj znečisťovaniu ovzdušia emisiami vznikajúcimi pri uskladnení a následnom spracovaní nebezpečného živočíšneho odpadu. V minulosti boli pachové látky voľne vypúšťané do ovzdušia, kde migrovali a zamorili okolie v závislosti od intenzity vypúšťanej latky. Dnešnej dobe sa čoraz intenzívnejšie diskutuje o znižovaní a obmedzení nežiadúcich pachových látok, ktoré znižujú kvalitu života modernej spoločnosti.

2 MATERIÁL A METÓDY

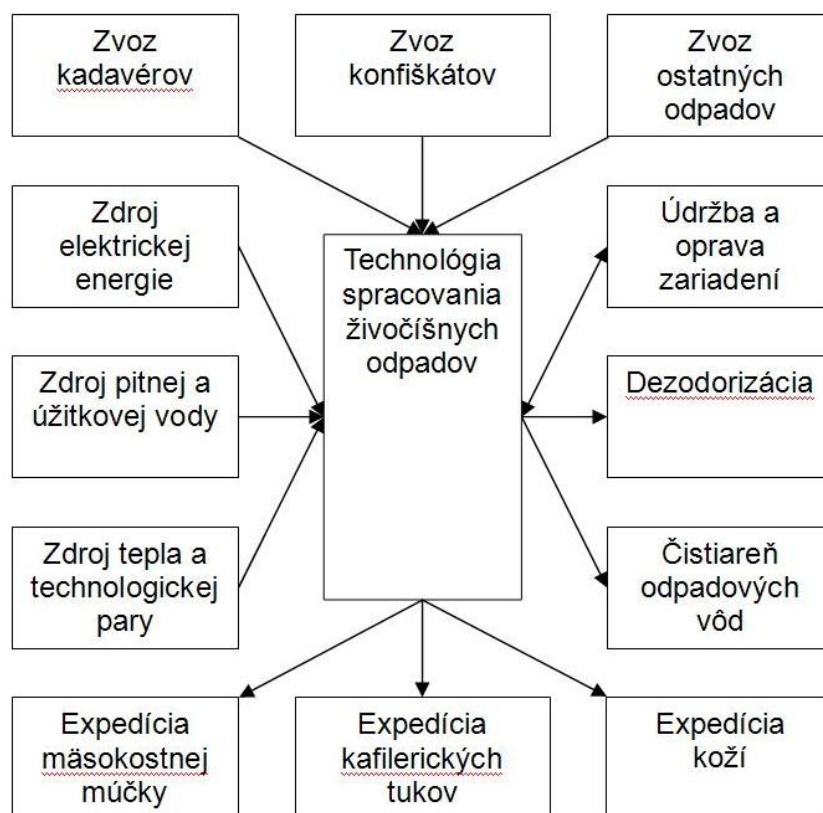
Cieľom príspevku bolo sledovať vybrané exploatačné a energetické parametre vybraného podniku určeného na zneškodňovanie nebezpečného odpadu živočíšneho pôvodu. Jedná sa o použitie strojnej technológie asanačného podniku na Slovensku, ktorý má za úlohu likvidáciu živočíšnych vedľajších produktov kategórie 1, 2, a 3. Metódy zneškodňovania tohoto druhu odpadu vychádzajú z európskej smernice 1774/2002 a jej nasledujúcich aktualizáciách ako nariadenie komisie (ES) č. 808/2003 z 12. mája 2003, 668/2004 z 19. apríla 2004, 92/2005 z 21. januára 2005, 93/2005 z 21. január 2005 a 416/2005 z 12. marec 2005.



Metódy spracovania nebezpečného odpadu živočíšneho pôvodu sa diverzifikujú podľa spôsobu a technológie zneškodňovania.

2.1 Popis technológie spracovania živočíšnych odpadov

Organizáciu spracovávajúcu živočíšne odpady je možné rozdeliť na niekoľko prevádzkových úsekov, ktoré na seba nadväzujú a ktoré sú nevyhnutné pre správnu funkciu kafilérie obr.1.



Obrázok 1 Schéma technickej a technologickej organizácie kafilérie

Surovina na spracovanie sa zväžia z regiónu a je ju možné rozdeliť na zvoz kadáverov, zvoz konfiškátov a zvoz ostatných odpadov. Kadávery sú prevažne uhynuté zvieratá z chovov, mäsokombinátov, z prevozov a veterinárnych zariadení. Konfiškáty sú odpady, ktoré vznikajú v mäsokombinátoch a na porážacích linkách pri porážke zvierat a spracovaní mäsa.

Ostatné odpady sú všetky odpady, ktoré majú živočíšny pôvod:

- pokazené potraviny, odpady z rýb, odpady z jedální a hotelov,
- tekuté odpady ako krv a oplachová voda, perie atď.



Základnými zdrojmi energie sú: zemný plyn a elektrická energia. Zemný plyn je spaľovaný v kotolni, kde sa vyrába stredotlaká para, ktorá sa predovšetkým využíva pre termické spracovanie suroviny. Elektrická energia je transformovaná z vysokého napätia na nízke napätie 3 x 400 V + N + PE v transformačnej stanici. Nízke napätie je následne rozvádzané do jednotlivých objektov.

Pre oplachy vozidiel a umývanie jednotlivých technologických častí sa používa úžitková voda. Pitná voda je odoberaná z obecného zdroja a ďalej sa používa na dopĺňanie vody potrebnej v technologickom procese spracovávaní živočíšnych odpadov. Údržba a opravy zariadení sú sústredené do samostatného objektu, kde sú umiestnené potrebné stroje a zariadenia, prevažne strojárskeho a opravárenského charakteru pre údržbu a opravy strojov a zariadení technológie vrátane drobných oprav elektroinštalácie.

Vlastná technológia spracovávaní odpadov produkuje množstvo emisií, kde sú v inertných plynách obsiahnuté merkaptány, amoniak, oxidy uhlíku, síry a dusíku, vodná para, sírovodík, sírouhlík a veľa ďalších plyných organických látok. Pre odstránenie škodlivých a pre okolie veľmi zápachajúcich látok slúži v kafilérii dezodorizácia. Kondenzovaná zbytková voda, oplachová voda a komunálna voda kafilérie vykazuje vysoký podiel znečistenia, preto musí byť odpadová voda čistená v čistiarni odpadových vôd.

Finálne produkty technológie spracovávaní suroviny: mäsokostná múčka, kafilérny tuk, a kože sú z areálu kafilérie expedované pomocou bežných dopravných prostriedkov. Produkty pre expedíciu musia byť krátkodobo skladované.

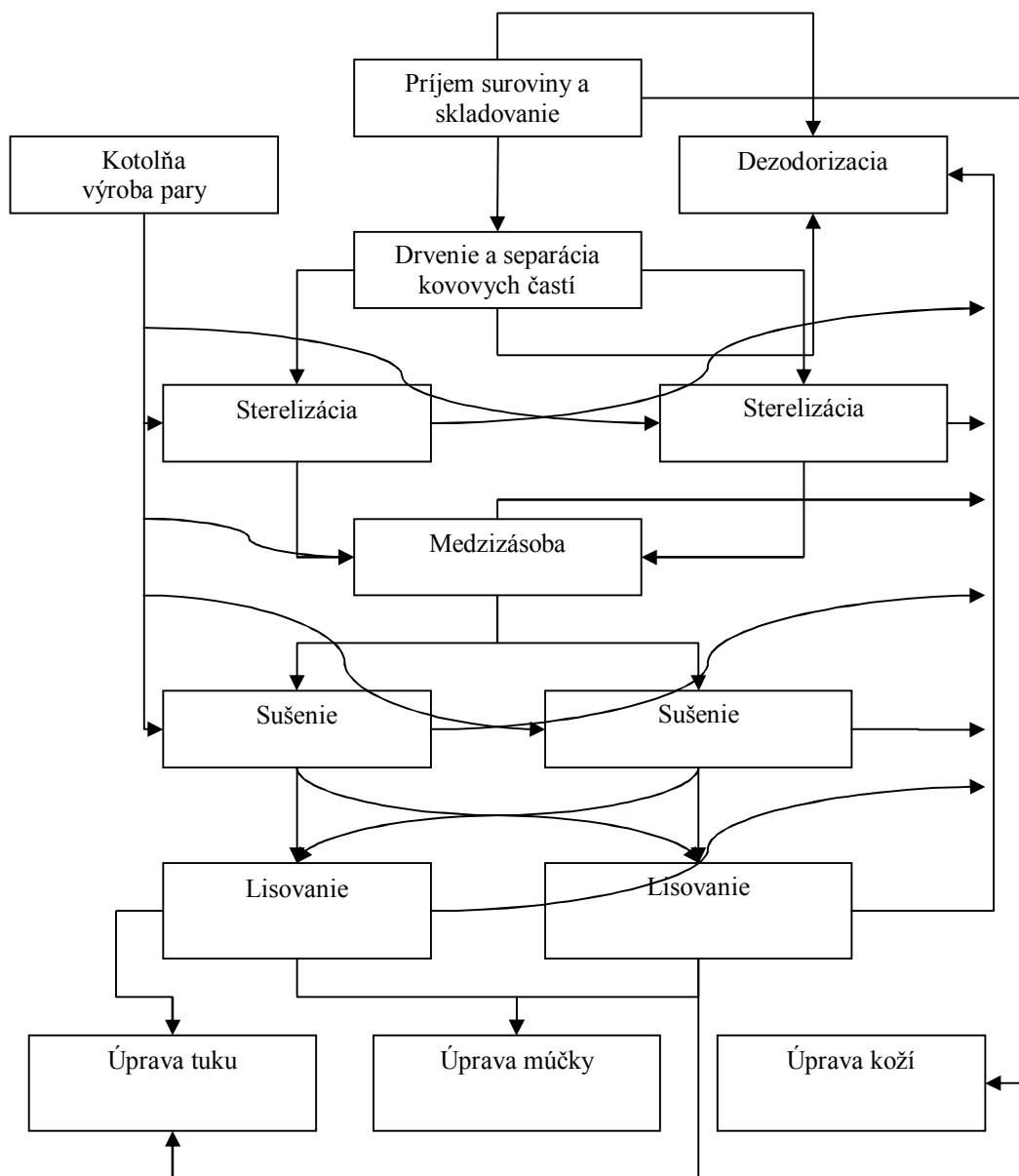
2.2 Schéma a popis technologického zariadenia

Technológia spracovania živočíšnych odpadov musí zodpovedať nariadeniam ES 1774/2002. Na obr. 2 je zobrazená bloková schéma a nižšie popis technológie spracovávajúcu surovinu a na obr. 3-6 sú jednotlivé funkčné komponenty technológie.

Príjem suroviny je umiestnený v tzv. prípravovni suroviny, ktorá má jedno poschodie. Kadávery sú vykladané z korby nákladných aut na zem prípravovni, 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 sú na poschodí prípravovni drvené na veľkosť 50 mm. Manipuláciu kadáverov zaisťuje stacionárny nakladač. Drvené kadávery padajú do príjmového žľabu 25 m³. Na prízemí prípravovni 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. Na drvená surovina sa ďalej dopravuje pomocou závitkových dopravníkov nad predváraky v strojovni. Nadrvená surovina prechádza cez stenu do strojovni, kde sa preprava realizuje pomocou dvojsmerného závitkového dopravníku do jedného z predvárakov (sterilizátorov). 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 má iba prízemie, kde sú nainštalované ostatné stroje pre sušenie a separáciu tukov. V medzi zásobníku je v teplom stave uchovávaný rozvar, ktorý je potom kontinuálne dávkovaný do jednej zo sušiarň.



Odparovanie vody z rozvaru je zaistené v dvoch kontinuálnych sušiarňach s výhrevnými plochami 150 m² a 65 m². Zbytkové pary odchádzajú nerezovým potrubím priamo na dezodorizačné zariadenie oxidizér. Vysušený rozvar - mäsokostná kaša je zo sušiarne kontinuálne odoberaná pomocou trubkových závitkových dopravníkov na 2 závitkové lisy.



Obrázok 2 Bloková schéma technológie spracovania živočíšnych odpadov

V prevádzke je iba jeden lis, druhý slúži ako rezerva. V závitkovom lise dochádza k separácii tuku od mäsokostnej múčky. Mäsokostná múčka odchádza závitkovými dopravníkmi do múčkárne. Tuk je prečerpávaný do tukárne.



Mäsokostná múčka sa v múčkarni šrotuje 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 dekantačnej 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 múčkarnie a tukárne sú likvidované na chemickej dezodorizácii ÖSKO. Kafileria má dva zdroje teplej pary. Štandardným zdrojom pary je plynová kotolňa s dvoma kotlami, druhým zdrojom je para produkovaná výmenníkom oxidizéru. Technológia spracovania živočíšnych odpadov je umiestnená v prevádzkovej budove. V budove sú umiestnené: prípravovňa, strojovňa, múčkaren, tukáreň, dezodorácia ÖSKO.

Okrem prevádzkovej budovy sú v areáli kafilerie ešte ďalšie budovy nevyhnutne nutné pre funkčnosť technológie. Jedná sa o budovu kotolne, budovu údržby, garáže a administratívnu budovu.



Obrázok 3 Zásobník suroviny



Obrázok 4 Drvič suroviny



Obrázok 5 Sušička a sterilizátor



Obrázok 6 Spracovanie múčky



Obrázok 7 Lisovacie zariadenie

3 VÝSLEDKY A DISKUSIA

Experimentálne merania energetickej náročnosti boli sledované v priebehu troch rokov za využitia štandardných meračov jednotlivých energií. Výkonnosť kafilérie bola stanovená na základe vstupných materiálov a po prepočte boli stanovené normatívy energetickej náročnosti pre jednotlivé energetické nosiče ako zemný plyn a elektrická energia, resp. ďalšie parametre akými boli množstvo pary, množstvo vypustených odpadových vôd a ďal. Sledované parametre sú uvedené v tab.1.

Tabuľka 1 Výkonové parametre kafilérie a spotreba energií

Energetické výkonové parametre kafilérie				
Parametre	Jednotky/rok	2006	2007	2008
Množstvo spracovanej suroviny	t/rok	21294,34	18997,82	13321,3
Množstvo spracovanej suroviny*	kg/h	3549	3166	2220
Spotreba elektrickej energie	MWh/rok	2171,02	1595,84	1100,00
Spotreba elektrickej energie na 1t suroviny	kWh/t	102	84	83
Spotreba zemného plynu	m ³ /rok	1470723	794509	1200000
Spotreba zemného plynu na 1t surov.	m ³ /t	69	42	90
Spotreba tepla na 1t suroviny**	MJ/t	2312	1407	3015
Množstvo pary na 1t suroviny***	kg/t	793	483	1034
Množstvo odpadovej vody na 1t surov.	m ³ /t	-	2,76	3,64
Množstvo vypusteného CHSK na 1t surov.	kg/t	-	0,700	0,793
Počet pracovníkov na 10000t surov. za rok	1/(10000.t.rok)	5,17	5,42	6,83
Počet sťažností na 10000t surov. za rok	1/(10000.t.rok)	2,8	2,6	3

Množstvo spracovanej suroviny* - pracovný fond: 250 dní/rok x 24 hod/deň

Spotreba tepla na 1 t suroviny**- výhrevnosť zemného plynu: 33,5 MJ/m³

Množstvo pary na 1 t suroviny***- na výrobu 1 t pary je potreba 87 m³

Porovnanie parametrov kafilérie s parametrami obdobných zariadení v Strednej Európe Hodnoty uvedené v tab.2 ako stredoeurópsky priemer boli stanovené dlhodobým zberom údajov v kafilériach ČR, Slovenska, Poľska, Maďarska, Nemecka, Rakúska, Slovinska.



Tabuľka 2 Porovnanie priemerných ukazovateľov kafilérie stredoeurópskeho regiónu

Parametre	Jednotky	2006-2008 priemer	Stredoeurópsky priemer
Množstvo spracovanej suroviny	t/rok	17871,15	55000
Spotreba elektrickej energie na 1t suroviny	kWh/t	90	72
Spotreba tepla na 1t suroviny**	MJ/t	2245	2390
Množstvo pary na 1t suroviny***	kg/t	913,5	933
Množstvo odpadovej vody na 1t surov.	m ³ /t	3,2	2,56
Množstvo vypušťaného CHSK na 1t surov.	kg/t	0,747	0,016
Počet pracovníkov na 10000t surov. za rok	1/(10000.t.rok)	5,8	2,9
Počet sťažností na 10000t surov. za rok	1/(10000.t.rok)	2,8	1,7

Kritériom hodnotenia je kapacita využitia technologického zariadenia. Limitujúcim zariadením sú diskové sušiarne, ktoré majú celkovú výhrevnú plochu 215 m². Táto výhrevná plocha môže odpariť až 4300 kg/h vody, čo zodpovedá celkovému výkonu kafilérie 6800 kg/h odpadov. Použitá technológia je schopná spracovať až 163 t / 24 h. Maximálny ročný výkon kafilérie je možné očakávať v úrovni 40000 t/rok. Za posledné 3 roky je priemerný ročný výkon kafilérie len 17870 t/rok, tzn., že použitá technológia je využitá na cca 50 %. Kvalitatívne hodnotenie kafilérie je možné na základe stanovených merných parametrov v porovnaní so stredoeurópskym priemerom. Rozhodujúcimi prevádzkovými nákladmi sú spotreby tepelnej a elektrickej energie. Pri elektrickej energii je spotreba kafilérie asi o 20 % vyššia než stredoeurópsky priemer. Pri tepelnej energii vychádza spotreba pary na 1 t suroviny z prepočtu spotreby zemného plynu priaznivo, avšak vo vzťahu k prevádzkovej technológii a k zastaranosti môže byť skutočná spotreba vyššia.

LITERATÚRA

- [1] BOER, P.:2007. Oceňování technologií, Encyklopedie Zoner Press, 2007, Brno.
- [2] ŠESTÁK, J. a kolektiv :1981. Transportní a termodynamická data, ČVUT, 1981.
- [3] VAŠKOVÁ, M.:1988. Fyzikální a chemické vlastnosti kafilérních surovin, meziproduktů a finálních produktů Veterinárních asanačních ústavů, VETAS,1988.
- [4] Prokop Invest : Firemná dokumentácia, technické podklady, katalogy a katalogové listy firmy.
- [5] Európska smernica č.1774/2002.

Príspevok bol vypracovaný v rámci riešenia projektu MŠ SR KEGA č. 3/64331/08.

Lektoroval: Ing. Eva Ružinská, PhD.

Kontaktná adresa:

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

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



HODNOTENIE BIOLOGICKÉHO ODSTRAŇOVANIA VYBRANÝCH ZLOŽIEK BIOMASY

EVALUATION OF BIOLOGICAL ELIMINATION OF SELECTED BIOMASS COMPOUNDS

FIALA Jozef – BOLEMAN Tomáš – GERULOVÁ Kristína – HOSTIN Stanislav

ABSTRACT: The main aim was to create testing equipment for measurement of biodegradability of sparingly soluble eventually non-soluble organic compounds, and consequently to determine degradability of selected biomass compounds (lignocellulose substrate – sample of spring barley straw) by using modified Zahn-Wellens test (OECD 302B) to inherent biodegradability, on the basis of parameters of oxygen consumption and carbon oxide production. Result from achieved biochemical oxygen consumption 132.2 mg for degradation of 0.3115 g of the biomass sample, and from the value of carbon oxide production 51.8 mg converting to C is, that present microorganisms by degradable processes utilize this biomass sample as the source of carbon and energy, and that used inoculum utilizes present organic straw mixture.

Key words: biodegradability, Zahn-Wellens test (OECD 302B), lignocellulosic fytomass.

ABSTRAKT: Hlavným cieľom bolo vytvorenie testovacieho zariadenia umožňujúceho meranie biodegradability ťažko rozpustných prípadne nerozpustných organických látok a následné určenie rozložiteľnosti vybraných zložiek biomasy (lignocelulózový substrát – vzorka slamy jačmeňa jarného) použitím modifikovaného Zahn-Wellens testu (OECD 302B) na inherentnú biodegradabilitu, na základe parametrov spotreby kyslíka a produkcie oxidu uhličitého. Z dosiahnutej biochemickej spotreby kyslíka 132,2 mg na degradáciu 0,3115 g vzorky biomasy a z hodnoty vyprodukovaného množstva oxidu uhličitého 51,8 mg prepočítaného na C vyplýva, že prítomné mikroorganizmy rozkladnými procesmi využívali túto vzorku biomasy ako zdroj uhlíka a energie, a že použité inokulum utilizuje prítomnú organickú zmes slamy.

Kľúčové slová: biodegradabilita, Zahn-Wellens test (OECD 302B), lignocelulózová fytomasa.

1 ÚVOD

S rozvojom biotechnológií dochádza aj k rozvoju využívania mikroorganizmov pre odstraňovanie alebo znižovanie koncentrácie organických kontaminantov. Od materiálov a produktov, ktoré sa dostanú do kontaktu s ľuďmi alebo prostredím očakávame, že realizácia ich funkcií bude bez zapríčinenia trvalého poškodenia ich okolia. V skutočnosti je často potrebné, aby po použití mali schopnosť automaticky zaniknúť z prostredia, napríklad prostredníctvom biodegradácie, kedy činnosťou mikroorganizmov nastáva rozkladný proces kontaminantu. Niektoré látky umelého pôvodu sa odbúravadajú len veľmi pomaly a pre niektoré z nich sa doteraz nenašli mikroorganizmy, schopné ich rozložiť. Pri hodnotení rozložiteľnosti nie je rozhodujúci iba fakt, či vôbec biochemický rozklad prebieha, ale taktiež jeho rýchlosť a podmienky priebehu.

Biodegradácia je proces rozkladu organického kontaminantu metabolickou činnosťou mikroorganizmov, ktoré sú schopné využiť kontaminant ako zdroj uhlíka. Mikroorganizmy teda využívajú kontaminanty na tvorbu novej biomasy. Odpadom metabolizmu sú neškodné zlúčeniny – voda a oxid uhličitý, alebo transformované kontaminujúce látky na iné zlúčeniny v prítomnosti kometabolitu. Tento proces, ktorý na kontaminovaných lokalitách prebieha spontánne zvyčajne veľmi pomaly, možno podporiť zmenou fyzikálnych či chemických podmienok a v odôvodnených prípadoch tiež aplikáciou špeciálnych mikroorganizmov [1, 2, 3].



Biodegradačné metódy sa javia ako výhodne z nasledovných dôvodov:

- eliminujú kontaminanty biochemickou transformáciou alebo mineralizáciou,
- nevyžadujú agresívne fyzikálne alebo chemické postupy,
- možno ich použiť in situ alebo ex situ,
- sú environmentálne a ekonomické [1, 2, 3].

Zahn-Wellens test je najdôležitejšia normalizovaná metóda pre testovanie inherentnej biodegradability. Avšak táto metóda nie je vhodná pre testovacie látky, ktoré sú málo rozpustné, prchavé alebo absorbované v aktivovanom kale pretože DOC alebo CHSK analýzy používané pri tomto teste neumožňujú jasné rozlíšenie medzi biodegradáciou a elimináciou abiotickými procesmi. Cieľom tejto práce bolo modifikovať Zahn-Wellens test (OECD 302B) tak, aby sa umožnilo zistiť biologickú degradáciu pomocou parametrov spotreby kyslíka a produkcie oxidu uhličitého. Tieto dva parametre ukážu priamo mineralizáciu testovaných látok [4, 5, 6].

2 MATERIÁL A METÓDY

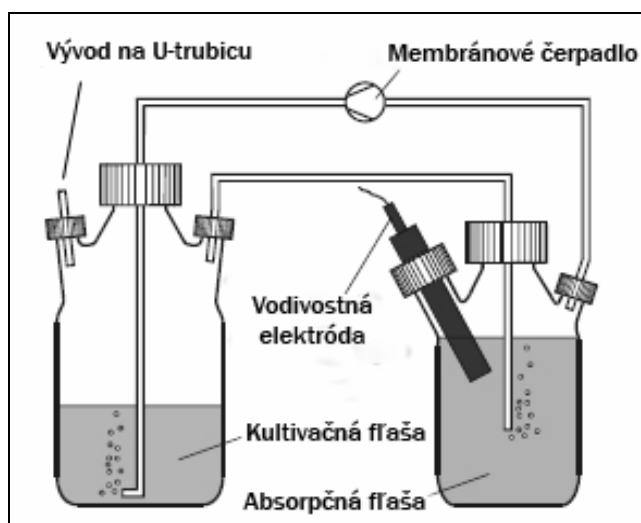
Pri klasickom Zahn-Wellens teste sa ako kultivačná nádoba používa otvorená Erlenmayerova banka, ktorá sa prevzdušňuje počas celej doby testu, pre vyhodnotenie rozložiteľnosti sa v jednotlivých vzorkách stanovuje CHSK alebo DOC. Vzhľadom na nemožnosť testovania rozložiteľnosti vzoriek, ktoré sú nerozpustné vo vode alebo sa adsorbujú na vločky kalu prípadne steny nádoby, bola navrhnutá modifikácia testovacej aparatury.

2.1 Popis modifikovanej testovacej aparatury

Každé jednotlivé meracie zariadenie pozostáva:

- z kultivačnej nádoby (inokulum, organická látka, ktorej rozložiteľnosť sa stanovuje, minerálne médium) pripojenej na U-trubicu a tlakový senzor (meranie spotreby kyslíka v systéme na základe zmeny tlaku),
- absorpčnej nádoby (obsahujúcej absorpčný roztok, ktorý absorbuje oxid uhličitý, pričom sa následne mení jeho vodivosť) so zabudovanou vodivostnou elektródou,
- membránové čerpadlo,
- magnetické miešadlo,
- príslušné spojovacie hadičky.

Meracie signály sú prenášané do PC a automaticky ukladané (meranie vodivosti a teploty). Schéma aparatury je znázornená na obr. 1.



Obrázok 1 Schéma testovacej aparatury

Testovacia aparatura je skonštruovaná ako uzavretý systém. V ňom je vzduch prečerpávaný cez testovací roztok, kde sa činnosťou mikroorganizmov spotrebováva prítomný kyslík následkom čoho sa vytvorí podtlak, ktorý sa prejaví rozdielom hladín v U-trubicu - manometri. Rozdiel hladín (Δh) sa odčítava a zaznamenáva dvomi spôsobmi (ručne a automaticky). Zo zaznamenaných hodnôt je možné vypočítať množstvo spotrebovaného kyslíka. Namerané zmeny tlaku je potrebné korigovať vzhľadom na teplotu ak sa táto počas testu mení a nie je upravovaná. Teplota sa zaznamenáva súbežne počas priebehu testu. Produkovaný oxid uhličitý reaguje s absorbčným roztokom za vzniku nerozpustného precipitátu, čo vedie k poklesu vodivosti. Po kalibrácii zmeny vodivosti voči známemu množstvu CO_2 je možné spätne prepočítať množstvo vyprodukovaného oxidu uhličitého na základe záznamu priebehu vodivosti. Obsah nádob premiešava pomocou magnetického miešadla. Reálne skonštruovaná aparatura je znázornená na obr. 2.



Obrázok 2 Použitá testovacia aparatura s jednotlivými komponentmi



2.2 Použité metódy

Výpočet spotreby kyslíka

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

Stupeň degradácie môžeme vypočítať nasledovným spôsobom:

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

BSK_{test} – biochemická spotreba kyslíka testovacieho roztoku s testovanou látkou [mg];

BSK_{blank} – biochemická spotreba kyslíka slepej kontroly [mg];

TSK – teoretická spotreba kyslíka testovanej látky [mg], v prípade použitia neznámej vzorky je možné počítať namiesto TSK chemickú spotrebu kyslíka.

Výpočet produkcie oxidu uhličitého

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

Percentuálnu hodnotu degradácie testovacej látky je možné vypočítať nasledovným spôsobom:

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

TSK – teoretická spotreba kyslíka [mg] testovanej látky, v prípade neznámej vzorky je možné počítať so stanovenou hodnotou CHSK,

m_{CO₂-test} – množstvo uhlíka v oxide uhličitom vyprodukované počas inkubačnej doby, vypočítané na základe rozdielu množstva uhlíka obsiahnutého v CO₂ v absorpčnom roztoku v čase *t* a uhlíka obsiahnutého v CO₂ v roztoku na začiatku testu prípadne testovanej substancie.



2.3 Použitý materiál

- Vzorka hydrolyzovanej slamy

Úprava vzorky slamy pred stanovovaním rozložiteľnosti

Ako lignocelulózový substrát bola použitá vzorka slamy - jačmeň jarný (*Hordeum vulgare*) – odroda Malz. Boli pripravené vodné suspenzie s koncentráciou slamy 5, 10, 15 a 20 hm.% o celkovej hmotnosti 1000 g. Na kyslú hydrolýzu bol použitý roztok H_2SO_4 .

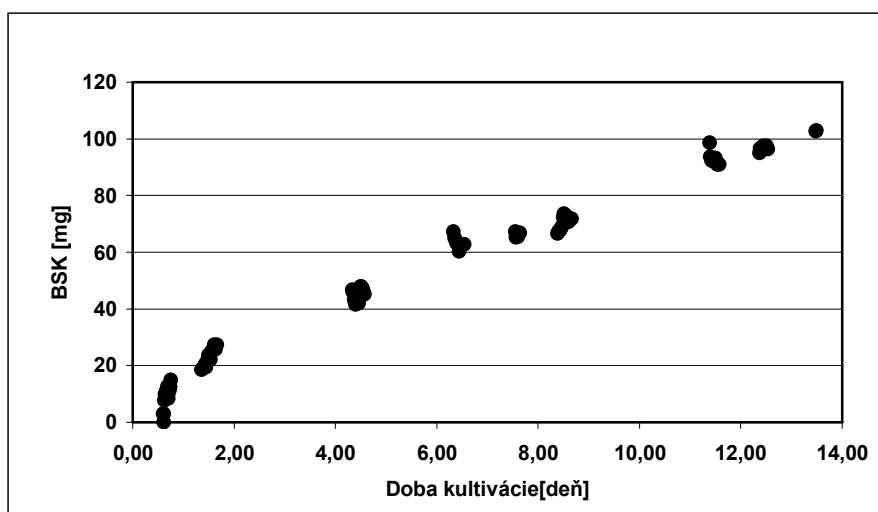
Vodná suspenzia slamy s pridaným roztokom kyseliny bola zahrievaná v tlakovom zariadení, pričom v 20 minútových intervaloch bola odoberaná vzorka na stanovenie redukujúcich sacharidov. Po ukončení procesu bola zmes neutralizovaná prídavkom 30 % NaOH.

Pri tomto procese vzniká filtrát, ktorý sa ďalej spracováva fermentáciou na bioetanol a tuhý zvyšok, ktorý sa pred ďalším spracovaním uchovával v chladničke. Pred stanovovaním rozložiteľnosti modifikovanou Zahn-Wellens metódou sa vzorka sušila pri 45 °C. Vo vzorke bol ešte stanovovaný obsah sušiny podľa [7] pri 105°C na 96,32 %.

3 VÝSLEDKY A DISKUSIA

Stanovenie rozložiteľnosti biomasy na základe spotreby kyslíka

Časová závislosť biochemickej spotreby kyslíka vypočítaná podľa teplotne skorigovaného tlaku je uvedená na obr. 3.



Obrázok 3 Závislosť BSK od času pri vzorke biomasy

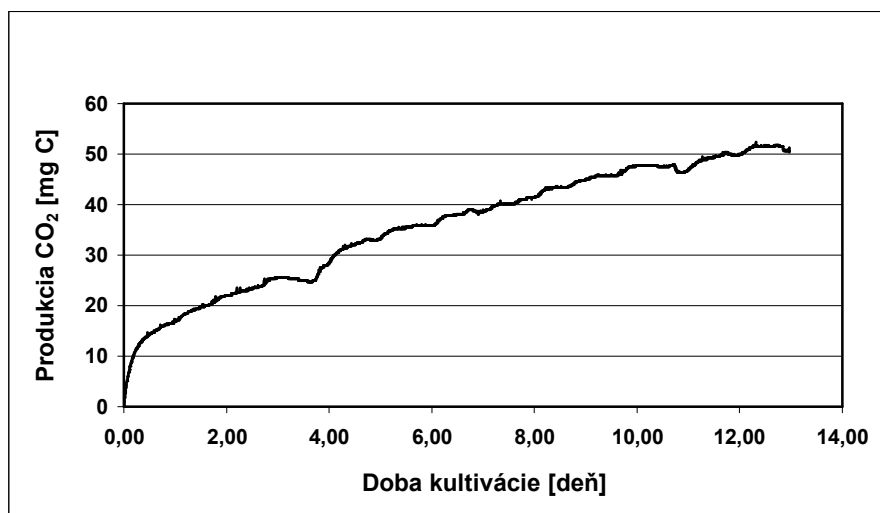
Pre výpočet rozložiteľnosti použitej vzorky biomasy – vzorky slamy, jačmeň jarný (*Hordeum vulgare*) – odroda Malz., aktivovaným kalom v použitej modifikovanej aparatúre podľa vzorca (1), sú potrebné údaje BSK testovanej vzorky, ako aj BSK blanku a hodnota CHSK danej vzorky. Hodnoty BSK blanku nebolo možné získať pri experimentoch z dôvodu závady na membránovom čerpadle, následkom čoho sa muselo prerušiť meranie blanku.



Z obr. 3 je však zrejmé, že prítomné mikroorganizmy využívali túto vzorku ako substrát (zdroj uhlíka a energie), pričom ju rozkladali, pretože spotreba kyslíka v závislosti od času narastala.

Stanovenie rozložiteľnosti na základe produkcie oxidu uhličitého

Závislosť produkcie oxidu uhličitého od doby kultivácie je znázornená na obr. 4.



Obrázok 4 Závislosť produkcie CO₂ od času pri vzorke biomasy

Z obr. 4 vyplýva, že tak ako v prípade spotrebovaného kyslíka, táto stúpajúca závislosť naznačuje, že použité inokulum (aktivovaný kal z ČOV) utilizuje prítomnú organickú zmes slamy. Rozložiteľnosť vzorky slamy je možné vyjadriť podľa vzorca (2), avšak produkciu CO₂ v blanku nebolo možné odmerať. Na pracovisku nebolo k dispozícii ďalšie zariadenie na meranie vodivosti s možnosťou prepojenia na počítač. Na meranie vodivosti v blanku sa použilo experimentálne zariadenie (PC – A/D prevodník, ručne vyrobený vodivostný snímač). Výsledky merania vodivosti na tomto zariadení zatiaľ neposkytujú relevantné výsledky, z tohto dôvodu nebolo možné vypočítať produkciu CO₂ pre porovnávaciu vzorku.

4 ZÁVER

Pri stanovení biologickej rozložiteľnosti biomasy – lignocelulóзовý substrát – vzorka slamy jačmeňa jarného (*Hordeum vulgare*) – odroda Malz, na základe spotreby kyslíka sa dosiahli také výsledky, z ktorých je zrejmé, že prítomné mikroorganizmy rozkladnými procesmi využívali túto vzorku biomasy ako substrát (zdroj uhlíka a energie), pretože sa dosiahla biochemická spotreba kyslíka v závislosti od času 132,2 mg na degradáciu 0,3115 g vzorky biomasy. Celkovú rozložiteľnosť - % biodegradability nebolo možné určiť na základe uvedených problémov s testovacou aparaturou. Pri stanovení biologickej rozložiteľnosti na základe produkcie oxidu uhličitého sa dosiahli také výsledky, z ktorých vyplýva, že tak ako v prípade spotrebovaného kyslíka sa produkcia oxidu uhličitého zvyšovala.



Hodnota vyprodukovaného množstva oxidu uhličitého prepočítaného na C sa dosiahla 51,8 mg čo naznačuje, že použité inokulum (aktivovaný kal z ČOV) utilizuje prítomnú organickú zmes slamy a glukózy. Celkovú rozložiteľnosť - % biodegradability nebolo možné určiť na základe uvedených problémov s testovacou aparaturou.

LITERATÚRA

- [1] SOLDÁN, M., SOLDÁNOVÁ, Z., MICHALÍKOVÁ, A. *Ekologické nakladanie s materiálmi a odpadmi*. Bratislava : STU, 2005. s. 66 – 68. ISBN 85-227-2223-5
- [2] DERCOVÁ, K. Biodegradácia a bioremediačné technológie: princípy, možnosti a limitácie (1.časť). *In Odpady*, 2004, roč. 4, č. 4, s. 16 – 19.
- [3] DERCOVÁ, K. Biodegradácia a bioremediačné technológie: princípy, možnosti a limitácie (2.časť). *In Odpady*, 2004, roč. 4, č. 5, s. 8 – 10.
- [4] OECD Guideline for testing of chemicals: Zahn-Wellens/EMPA Test, Adopted by the Council on 17th July 1992.
- [5] STN EN 29888, *Kvalita vody, Hodnotenie aeróbnej biodegradability organických látok vo vodnom prostredí, Statická skúška (Zahnova-Wellensova metóda)*.
- [6] NORR, C., MEINECKE, S., BRACKEMANN, H. Modification of the Zahn-Wellens test: determination of the biodegradability of poorly soluble, adsorbing and volatile substances by measurement of oxygen consumption and carbon dioxide production. *In Chemosphere*, No. 44, 2001, p. 553 – 559.
- [7] EHRMAN, T.: Chemical Analysis and Testing Task. Laboratory Analytical Procedure LAP-001. Standard Method for Determination of Total Solids in Biomass

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. LPP-0171-07.

Lektoroval: Ing. Ján Koniar, PhD.

Kontaktná adresa:

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



NOVÉ MOŽNOSTI ZÍSKAVANIA A ÚPRAVY BIOMASY PRE ENERGETICKÉ VYUŽITIE

FILICKÁ Slávka – BLINOVÁ Lenka – HOSTIN Stanislav

ABSTRAKT: Termické spracovanie je najčastejším a najjednoduchším spôsobom zhodnocovania odpadovej biomasy. Pri používaní takejto technológie je však dôležité dostatočné množstvo a vhodné parametre vybraného druhu. V tejto štúdii sa posudzovala vhodnosť rastlinného druhu *Lemna minor* ako potenciálny energetický zdroj. Posudzovalo sa hlavne množstvo biomasy vyprodukovanej v živnom médiu a povrchovej vode v ktorej sa daný rastlinný druh vyskytuje.

Kľúčové slová: obnoviteľné zdroje energie, biomasa, *Lemna minor*.

1 ÚVOD

Zásobovanie palivami a energiami je problém, ktorý ovplyvňuje celú spoločnosť na rôznych úrovniach riadenia. K tomuto problému prispieva aj trend svetového populačného rastu, rastúca spotreba energie, rýchly pokles zásob fosílnych palív. Jedným z riešení problému so zásobami paliva je nielen objavovanie nových, predovšetkým obnoviteľných zdrojov energie, ale aj technický pokrok využitia takejto energie pre konečného užívateľa. Biomasa predstavuje najväčší potenciál obnoviteľnej energie sveta i Slovenska. Tvoria ju materiály rastlinného a živočíšneho pôvodu, vhodné pre energetické využitie. Z hľadiska tvorby emisií CO₂ je biomasa neutrálne palivo, pri jej spaľovaní sa uvoľní iba toľko CO₂, koľko rastlina počas svojho rastu prijala. Biomasa patrí do skupiny obnoviteľných zdrojov, pretože na regeneráciu využitých zásob je potrebná iba krátka doba.

1.1 Charakterizácia a využitie LEMNA SP.

Rastlinný druh *Lemna sp.* sa vyskytuje vo vodných nádržiach, hĺbočinách, mierne tečúcich riekach a kanáloch. Môžeme ju nájsť na povrchu vôd bohatých na živiny. Ak má dobré podmienky pre svoj rast, môže na hladine vytvoriť súvislú vrstvu. Rozmnožovanie tohto druhu je vegetatívne a pri priaznivých podmienkach môžu vzniknúť nové rastliny od 30 do 40 hodín. Tento rastlinný druh sa vyznačuje rýchlym rastom čo je výhodné pri biologických skúškach na určovanie toxicity. Výhodou je však aj jednoduchá kultivácia a vysoká citlivosť rastlinného druhu *Lemna sp.* na mnohé polutanty.

2 VÝSLEDKY

2.1 Kultivácia rastlinného druhu Lemna sp.

Kultivácia prebiehala pri konštantnom osvetlení po dobu 24 hod. Ako kultivačné média boli použité Hoaglandovo E+ médiu a odobratá povrchová voda. Na začiatku kultivácie sa do živného média umiestnilo 0,6g biomasy a do povrchovej vody 0,5g biomasy. Nárast biomasy sa sledoval počas 7 a 14 dní. tab. 1 a obr. 2 uvádza jednotlivé nárasty po sledované obdobie a s počiatočnou hmotnosťou biomasy.



Tabuľka 1 Nárasty biomasy počas sledovaného obdobia

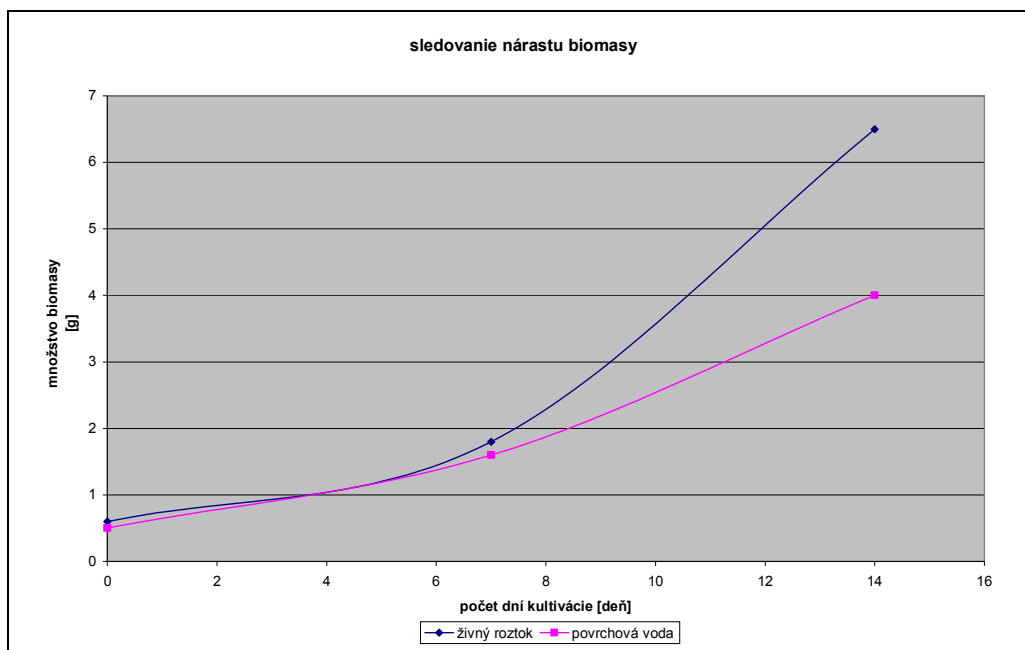
	Začiatok kultivácie	Koniec kultivácie	Nárast biomasy po 7 dňoch	Začiatok kultivácie	Koniec kultivácie	Nárast biomasy po 7 dňoch	Nárast biomasy po 14 dňoch	Začiatok kultivácie	Koniec kultivácie	Nárast biomasy po 7 dňoch
Živný roztok	0,6g	1,8g	1,1g	1,8g	6,5g	4,7g	5,9g	6,5g	14,2g	7,7g
Povrchová voda	0,5g	1,6g	1,0g	1,6g	4,0g	2,4g	3,5g	4,0g	4,7g	0,7g

Kultivácia rastlinného druhu *Lemna sp.* sa uskutočňovala so živným Hoaglandovým E+ médiom v porovnaní s povrchovou vodou, v ktorej sa bežne tento rastlinný druh voľne vyskytuje. Pri kultivácii bol použitý rastlinný druh *Lemna sp.* odobratý priamo z povrchovej vody. Vybrané ukazovatele povrchovej vody boli vybrané na základe porovnania živných médií, ktoré sa používajú na kultiváciu rastlinného druhu *Lemna sp.* v laboratórnych podmienkach, ktoré sa následne stanovovali pri každom odbere vzorky. Počas doby odberu a stanovenia hodnôt vybraných ukazovateľov sa zistila vyššia hodnota NO_3^- počas jarých mesiacov, čo malo mierny vplyv na produkciu biomasy. Došlo k vyššiemu nárastu biomasy ako to bolo so vzorkami vody odobratých v predchádzajúcich obdobiach. Avšak nárast biomasy nebol až taký výrazný v porovnaní so živným médiom.

Tabuľka 2 Porovnanie stanovených hodnôt v povrchovej vode s hodnotami živného roztoku používaných pri sledovaní produkcie biomasy *Lemna sp.*

Sledované ukazovatele	Namerané hodnoty povrchovej vody	Hodnoty živného roztoku
NO_3^-	17,64 mg/l	61,95g/l
Fe	0,26 mg/l	1,1g/l
NH_4^+	0,19 mg/l	
Ca^{2+}	105,05 mg/l	10,01g/l
Mg^{2+}	19,60 mg/l	4,93 g/l
Cl^-	88,53 mg/l	0,73g/l
SO_4^{2-}	373,74 mg/l	19,52 g/l

Pri analýzach povrchovej vody sa zistilo že namerané hodnoty sú oproti hodnotám v živnom Hoaglandovom E+ médiu tisícnásobne menšie tab.2 Porovnávaním kultivácie rastlinného druhu *Lemna sp.* v živnom Hoaglandovom E+ médiu a povrchovej vode, v ktorej sa rastlinný druh bežne vyskytuje sa zistilo, že po uplynutí adaptačnej fázy rastliny bol vyšší nárast biomasy pri použití Hoaglandovho E+ média no v porovnaní s nameranými hodnotami živín nebol tento rozdiel až taký výrazný.



Obrázok 1 Grafické znázornenie nárastu biomasy *Lemna sp.* pri použití živného roztoku a povrchovej vody

Vizuálnym pozorovaním bolo zistené, že rastlina vykazuje chlorózu (zmena farby rastliny) pri použití povrchovej vody, čo mohlo byť spôsobené zmenou podmienok oproti pôvodným, prírodným podmienkam.

3 ZÁVER

Použitie biomasy na energetické využitie si vyžaduje hľadanie nových zdrojov biomasy, ktoré musia byť v prvom rade vhodné pre technológiu používanú na energetické spracovanie biomasy, ale musí byť zabezpečené aj jej dostatočné množstvo na výrobu energie, ako aj náklady spojené s jej produkciou. Pri výbere rastlín na pestovanie pre energetické účely rozhodujú okrem agrotechnických hľadísk aj ich vlastnosti, ktoré ovplyvnia hospodárnosť využitia biomasy. Je to výnos a výhrevnosť rastlín, tzv. energetický výnos v ($\text{GJ} \cdot \text{ha}^{-1}$) a výsledné náklad na biomasu ($\text{€} \cdot \text{t}^{-1}$), prípadne teplo obsiahnuté v biomase ($\text{€} \cdot \text{GJ}^{-1}$).

Rastlinný druh *Lemna sp.* spĺňa požiadavku nízkych nákladov na produkciu, keďže nárast biomasy v prírodnej povrchovej vode a v živnom médiu bol porovnateľný. Z nasledovného vyplýva, že rastlinný druh *Lemna sp.* je teda potenciálnym zdrojom biomasy využiteľný na energetické účely, pretože dokáže za krátku dobu vyprodukovať veľké množstvo biomasy. Je však potrebné zistiť ďalšie parametre potrebné na energetické zhodnotenie rastlinného druhu *Lemna sp.* ako zdroja biomasy.

LITERATÚRA

- [1] JANDAČKA, J., MALCHO, M.: 2007, *Biomasa ako zdroj energie*. Žilina: GEORG, 2007, 82s. ISBN 978-80-969161-4-6



- [2] STEVEN, M.,: Growth limitation of *Lena minor* due to high plant density. In: *Aquatic botany*, n. 81, 2005, ISSN 0304-3770

Tento príspevok je prezentovaný v rámci riešenia grantovej úlohy VEGA č. 1/0798/08 „Vývoj a využitie malého hydroenergetického zdroja Setur v kombinácii so solárnymi zariadeniami pre strojárenské technológie.“

Lektoroval: Ing. Ján Koniar, PhD.

Kontaktná adresa:

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



VÝROBA AUTOMOBILOV A EFEKTÍVNE ODPADOVÉ HOSPODÁRSTVO

HALÁSZ Ladislav - BLESÁKOVÁ Mária - LUŽÁKOVÁ Lucia - BOKOR Ľuboš - FUSKA Tomáš

ABSTRACT: From beginning of the production the automobiles in 2006, PCA Slovakia s.r.o. try to minimize the negatives impacts of the production on environment. The basics principles of waste management are prevention of generation the waste, separation the waste on the place of it begins and maximal valorization the waste. Respect this principle is reflected in continual improvement, from 2006 production the waste decreased from the value 69 kg/car on 24 kg/car. The level of valorization the waste increased from the value 56% in 2006 on actual 84%. The pretentious environmental policy of the company is presented in environmental objectives of waste management. Our commitment till 2012 is to absolutely exclude elimination of the waste on the dump and reduce production of the waste on the value 19, 8 kg/car.

ABSTRAKT: Spoločnosť PCA Slovakia, s.r.o, ako súčasť skupiny PSA PEUGEOT CITROEN zahájila sériovú výrobu automobilov v trnavskom závode v roku 2006. V súčasnosti sú v závode vyrábané dva modely vozidiel: Peugeot 207 a Citroën C3 Picasso. Aj napriek tomu, že trnavský závod je najmodernejším závozom v skupine PSA nielen z pohľadu inštalovaných technológií a výrobných postupov, ale aj z pohľadu minimalizácie vplyvov výroby na životné prostredie, je výroba automobilov sprevádzaná tvorbou odpadových vôd, emisiami do ovzdušia a samozrejme aj produkciou odpadov. Organizácia odpadového hospodárstva aplikovaná v trnavskom závode vychádza z dlhoročných skúseností získaných vo francúzskych závozoch skupiny PSA. Dôsledné triedenie odpadov priamo v mieste ich vzniku a jasná orientácia na maximálne zhodnocovanie odpadov sú základnými pravidlami odpadového hospodárstva. Zavedené opatrenia na predchádzanie vzniku odpadov a triedenie odpadov sa prejavili jednak v znížení tvorby odpadov a jednak zvýšením podielu zhodnocovaných odpadov. Za tri roky sa produkcia odpadov znížila o viac ako 65 % na súčasných 24 kg/auto a podiel zhodnocovaných odpadov sa zvýšil z hodnoty 56 % v roku 2006 až na 84 %. Environmentálne ciele trnavského automobilového závodu sú záväzkom vedenia spoločnosti k minimalizácii vplyvov výroby na životné prostredie. V oblasti odpadového hospodárstva je cieľom do roku 2012 úplne vylúčiť zneškodňovanie odpadov na skládke, znížiť produkciu odpadov z obalov na úroveň 8,5 kg/auto a celkovú produkciu odpadov znížiť na 19,8 kg/auto.

Kľúčové slová: Odpadové hospodárstvo, automobilový priemysel, triedenie odpadov.

1 ÚVOD

Spoločnosť PCA Slovakia, s.r.o, ako súčasť skupiny PSA PEUGEOT CITROEN zahájila sériovú výrobu automobilov v trnavskom závode v roku 2006. V súčasnosti sú v závode vyrábané dva modely vozidiel: Peugeot 207 a Citroën C3 Picasso. Denná výrobná kapacita pri dvojzmennej prevádzke je 870 automobilov a maximálna ročná výrobná kapacita závodu je 300 000 automobilov .

Aj napriek tomu, že trnavský závod je najmodernejším závozom v skupine PSA nielen z pohľadu inštalovaných technológií a výrobných postupov ale aj z pohľadu minimalizácie vplyvov výroby na životné prostredie, je výroba automobilov sprevádzaná tvorbou odpadových vôd, emisiami do ovzdušia a samozrejme aj produkciou odpadov.

Organizácia odpadového hospodárstva aplikovaná v trnavskom závode vychádza z dlhoročných skúseností získaných vo francúzskych závozoch skupiny PSA. Už pri budovaní závodu bola prijatá koncepcia outsourcingu činností, ktoré nesúvisia priamo s výrobou automobilov a preto aj služby v rámci odpadového hospodárstva sú zabezpečované spoločnosťou SLOVEO, a.s., ktorej hlavným subdodávateľom je spoločnosť MARIUS PEDERSEN a.s.. Zhodnocovanie kovového odpadu je realizované spoločnosťou EWMR Slovakia s.r.o.



2 PRODUKCIA ODPADOV

Výroba automobilov pozostáva zo štyroch základných výrobných procesov: lisovanie, zváranie, lakovanie a montáž. Každý z týchto procesov je z pohľadu produkcie odpadov špecifický.

Výroba začína v lisovni kde sú zo zvitkov plechov lisované jednotlivé diely karosérie automobilu. Hlavným odpadom z lisovania sú odpadové plechy, ktoré predstavujú až 82 % všetkých vyprodukovaných odpadov v závode. Pre zníženie dopravných nákladov sú odpadové plechy lisované do kociek o rozmeroch 30 x 30 x 50 cm. Kovový odpad je následne materiálovo zhodnocovaný v železiarňach na Slovensku resp. v ostatných krajinách Európy. Okrem kovového odpadu je lisovňa aj hlavným zdrojom odpadových olejov, ktoré vznikajú pri výmene olejových náplní lisov.



Obrázok 1 Zlisované odpadové plechy

Z jednotlivých vylisovaných dielov vzniká vo zvarovni karoséria budúceho automobilu. Pri tomto procese vznikajú rôzne kovové odpady (železo, meď) ale aj odpadové tmely a lepidlá. Podiel odpadov zo zvarovne na produkcii všetkých odpadov predstavuje 2 %.

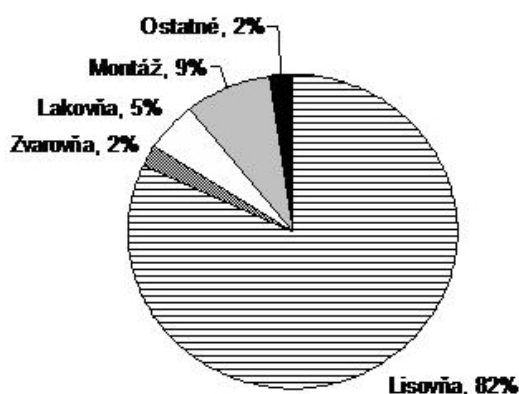
Hotová karoséria sa následne v lakovni podrobí viacerým povrchovým úpravám a karoséria tu dostáva svoj konečný farebný vzhľad. Lakovňa je z pohľadu vplyvov na životné prostredie najdôležitejším výrobným procesom a ako taká spadá pod zákon o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania. Je hlavným zdrojom emisií do ovzdušia (VOC), odpadových vôd a nebezpečných odpadov. Nebezpečné odpady sú zastúpené odpadovými farbami, znečistenými rozpúšťadlami a tmelmi, významná je tiež produkcia vodných suspenzií farieb, kalov z fyzikálno-chemickej čistiare odpadových vôd a kalov z fosfátovania. Celkovo predstavuje množstvo odpadov z lakovne síce len 5 %, ale tieto odpady reprezentujú až 77 % všetkých nebezpečných odpadov.

Konečnú podobu získa automobil v montážnej hale. Na karosériu sú postupne montované jednotlivé diely ako sú káblové rozvody, palubná doska, okná, sedadlá, kolesá, motor a pod. Montáž je hlavným zdrojom ostatných odpadov, dominantnú pozíciu majú odpady z obalov ako kartón, drevo a plastové fólie. Nezanedbateľné množstvo tiež predstavujú tzv. tvrdé plasty, sú to rôzne zátky, štuplíky, upchávky, ktoré sú inštalované na rôznych dieloch (motor, brzdy, prevodovka...), ktoré sa pri ich montáži musia odstrániť.



Z pohľadu materiálového zloženia predstavujú tvrdé plasty širokú zmes plastov (HDPE, LDPE, PP, PS, PUR...).

Základným kritériom ich úspešného materiálového zhodnotenia je však ich dokonalé roztriedenie nielen z pohľadu materiálového zloženia, ale v mnohých prípadoch je nutné rešpektovať aj triedenie plastov podľa farby. Ďalším zdrojom odpadov na montáži sú rôzne nezhodné diely, vyradené palubné dosky, autobatérie, airbagy, sklo a pod. Z celkového množstva odpadov predstavujú odpady z montáže 9 %.



Obrázok 2 Produkcia odpadov v jednotlivých výrobných procesoch

Okrem odpadov vznikajúcich vo výrobnom procese, spektrum odpadov dopĺňajú aj odpady z pomocných prevádzok ako sú kaly z biologickej čistiarne odpadových vôd, vyradené laboratórne chemikálie, kal z odlučovačov ropných látok. Medzi univerzálne odpady, ktoré vznikajú vo všetkých výrobných procesoch ako aj podporných oddeleniach patrí komunálny odpad, zmiešané obaly a papier.

3 TRIEDENIE ODPADOV

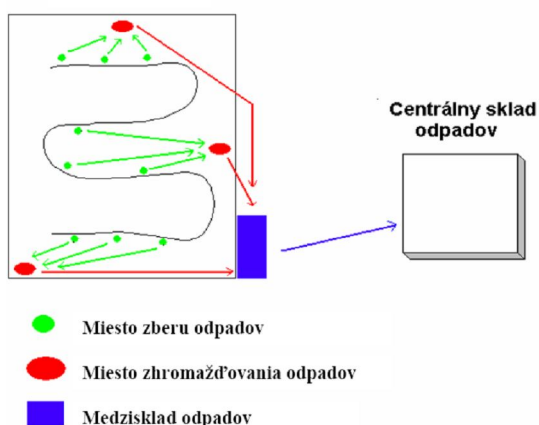
Základnými princípmi odpadového hospodárstva aplikovanými vo výrobnom závode je prevencia vzniku odpadov, dôsledné triedenie odpadov priamo na mieste ich vzniku a rešpektovanie interných pravidiel pri triedení odpadov.

Každá zberná nádoba je označená etiketou s názvom odpadu v slovenskom a francúzskom jazyku, kódom odpadu, ďalej je na etikete uvedený spôsob nakladania s odpadom a obrazové zobrazenie daného odpadu. V prípade nebezpečného odpadu je nádoba doplnená aj identifikačným listom NO. Pre uľahčenie triedenia odpadov je zavedený aj tzv. farebný kód odpadov, jedna farba zodpovedá určitej skupine odpadov (NO – červená farba, drevo – žltá farba, papier – modrá farba, kaly – hnedá farba) a táto farba je potom použitá na etiketách.



Obrázok 3 Etiketa na označovanie zberných nádob

Základným typom zbernej nádoby je transparentné vrece (120 l) v kovovom ráme, pre nebezpečný odpad sa používa červené vrece a pre komunálny odpad čierne vrece. Transparentnosť vreca je veľkou výhodou pri pravidelnej kontrole dodržiavania pravidiel triedenia odpadov. Tieto zberné nádoby sú rozmiestnené pozdĺž výrobnjej linky v miestach kde odpad vzniká. Operátor po naplnení vreca toto uzavrie a odnesie na miesto zhromažďovania odpadov kde ho umiestni do zbernej nádoby s objemom 1100 l. Tieto zberné nádoby sú v pravidelných intervaloch vyvázané na medzisklad odpadov, kde sú plastové vrecia roztriedené podľa druhu odpadu do kontajnerov o objeme 3 – 5 m³. Následne sú tieto kontajnery odvezené do centrálného skladu odpadov, kde sa odpad umiestni do veľkoobjemových kontajnerov (20 – 30 m³). Naplnený kontajner je po zvážení na cestnej váhe transportovaný zo závodu na miesto zhodnocovania odpadov.



Obrázok 4 Systém zberu odpadov a príklad jednoduchej zbernej nádoby

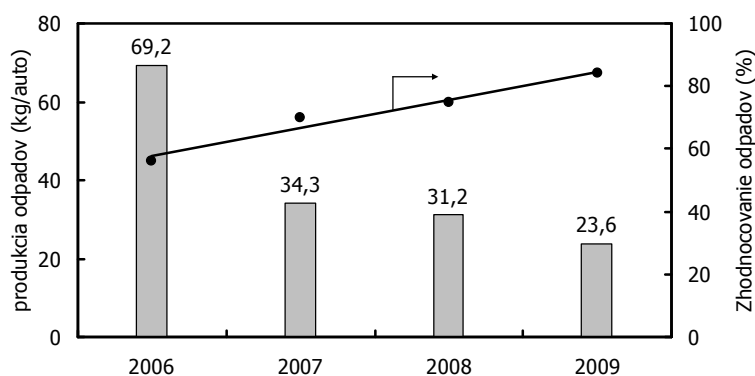
Nebezpečné kvapalné odpady sa zhromažďujú v špeciálne označených sudoch umiestnených na záchytných vaniach a po ich naplnení sú zhromažďované v samostatnom priestore centrálného skladu odpadov. Odpady, vznikajúce vo veľkých objemoch (kartón, zmiešané obaly) sú umiestňované do lisovacích kontajnerov resp. plastové fólie sú lisované v samostatnom lise. Týmto operáciami sa významne znižujú dopravné náklady.



4 BILANCIA ODPADOV

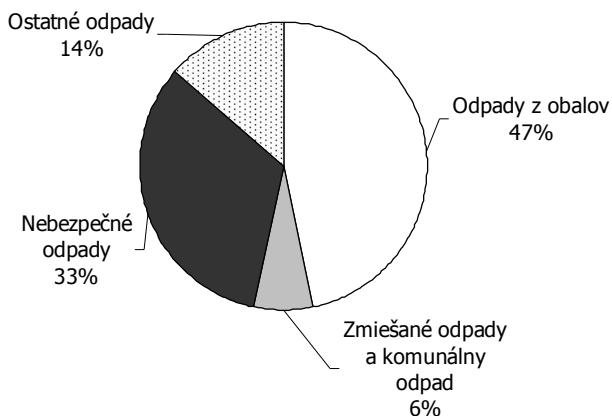
Ročné množstvo vyprodukovaných odpadov priamo súvisí s počtom vyrobených automobilov. Ukazovateľom environmentálneho správania závodu je množstvo odpadov pripadajúcich na jeden vyrobený automobil (kg/auto), tento ukazovateľ zároveň umožňuje porovnávať environmentálne správanie ostatných výrobcov automobilov. Vo všeobecnosti sa v rámci tohto ukazovateľa neuvažuje s kovovými odpadmi z lisovne čo rešpektuje aj nasledovná analýza bilancie odpadov.

Zavedené opatrenia na predchádzanie vzniku odpadov a jasné pravidlá pre triedenie odpadov sa prejavili jednak v znížení tvorby odpadov a jednak zvýšením podielu zhodnocovaných odpadov, obr. 5. Za tri roky sa produkcia odpadov znížila o viac ako 65 % na súčasných 24 kg/auto a podiel zhodnocovaných odpadov sa zvýšil z hodnoty 56 % v roku 2006 až na 84 %.



Obrázok 5 Znáznornenie znižovania produkcie odpadov a zvyšovanie podielu zhodnocovania odpadov

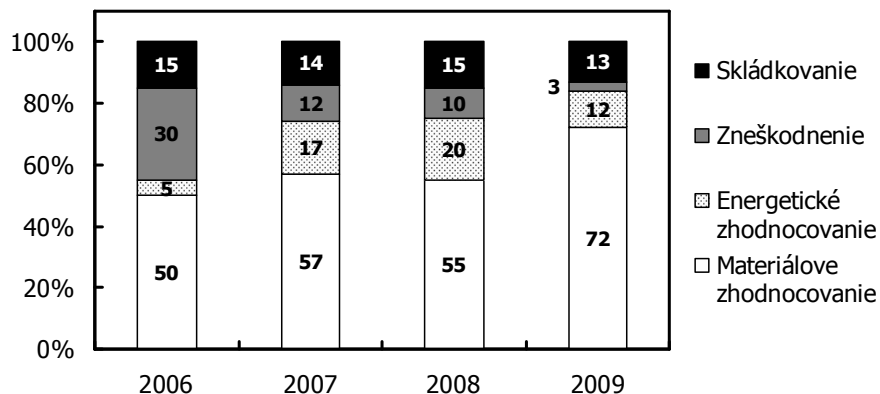
Takmer polovicu všetkých vyprodukovaných odpadov tvoria odpady z obalov (kartón, drevo a plasty). Nebezpečné odpady, prevažne z lakovne, tvoria tretinu všetkých odpadov.



Obrázok 6 Podiel jednotlivých druhov odpadov na celkovej produkcii



Prioritou pri nakladaní s odpadmi je ich materiálové resp. energetické zhodnotenie, porovnanie je uvedené na obrázku 7. Materiálovo sú zhodnocované takmer všetky odpady z obalov, znečistené oleje a rozpúšťadlá, kaly z biologickej čistiarny odpadových vôd a biologicky rozložiteľný odpad. Všetky odpady s dostatočnou výhrevnosťou ako sú kaly z lakovne, znečistené absorbenty, zmiešané obaly a pod. sú zhodnocované energeticky.



Obrázok 7 Vývoj spôsobov nakladania s odpadmi

Intenzívna spolupráca s našimi dodávateľmi služieb v oblasti odpadového hospodárstva a výmena skúseností s francúzskymi závodmi skupiny PSA nám umožňuje neustále znižovať podiel zneškodňovaných odpadov. V súčasnosti sú na skládke odpadov zneškodňované hlavne odpady ako kaly z fyzikálno-chemickej čistiarny odpadových vôd, kaly z fosfátovania, znečistené kovové obaly a komunálny odpad.

Na každú túto skupinu odpadov sú pripravené akcie, ktorých cieľom je upraviť odpad tak aby ho bolo možné zhodnocovať, prioritou je kal z fyzikálno-chemickej čistiarny odpadových vôd, ktorý predstavuje takmer polovicu všetkých odpadov zneškodňovaných na skládke. Veľmi perspektívne sa tiež javí spolupráca s niektorými našimi dodávateľmi pri opätovnom použití „odpadov“ ako sú tmely z lakovne alebo plastové zátky a štupele z montáže. Obrovský potenciál sa tiež skrýva v náhrade súčasne používaných obalových materiálov (kartón, drevo, plastové fólie) vratnými obalmi.

5 ZÁVER

Environmentálne ciele trnavského automobilového závodu sú záväzkom vedenia spoločnosti k minimalizácii vplyvov výroby na životné prostredie. V oblasti odpadového hospodárstva je cieľom do roku 2012 úplne vylúčiť zneškodňovanie odpadov na skládke, znížiť produkciu odpadov z obalov na úroveň 8,5 kg/auto a celkovú produkciu odpadov znížiť na 19,8 kg/auto.

Lektoroval: doc. Ing. Jozef Černecký, CSc.

Kontaktná adresa:

Ing. Halász Ladislav, PhD vedúci pre životné prostredie; Ing. Blesáková Mária; Ing. Lužáková Lucia ; Ing. Bokor Ľuboš; Ing. Fúška Tomáš ; PCA Slovakia, s.r.o, 917 01 Trnava.



ZBER A RECYKLÁCIA OPOTREBOVANÝCH BATÉRIÍ NA SLOVENSKU

COLLECTING AND RECYCLING OF SPENT BATTERIES IN THE SLOVAK

HOSTIN Stanislav – SOLČIANSKA Dana – SIROTIK Maroš

ABSTRACT: Spent batteries and accumulators are among those products, which charge house waste with toxic metals and their compounds. Thus, to create conditions for separate collecting and recycling is a very important task for the future. Separate collection works well in numerous world countries with good results. However, systematic collection of spent batteries and accumulators is just in first steps in the Slovak Republic. In this contribution is described the most appropriate way of collecting spent batteries and accumulators in the Slovak Republic based on experience in other countries and development in last two years.

Key words: battery, accumulator, toxic metals, collection system.

ABSTRAKT: Opotrebované batérie a akumulátory patria medzi skupiny výrobkov, ktoré sa veľkou mierou podieľajú na zaťažení domového odpadu toxickými kovmi a ich zlúčeninami. Významnou úlohou sa preto do budúcnosti stáva vybudovanie podmienok pre ich oddelený zber a recykláciu. V mnohých krajinách sveta už takéto systémy fungujú a výsledky zberov napovedajú o ich úspešnosti. V Slovenskej republike v súčasnosti sofistikovaný systém zberu opotrebovaných batérií a akumulátorov je iba v začiatkoch. V príspevku sú na základe vývoja za posledné dva roky popísané najvhodnejšie riešenia zberu opotrebovaných batérií a akumulátorov v Slovenskej republike.

Kľúčové slová: batéria, akumulátor, toxické kovy, systém zberu.

1 ÚVOD

Životný cyklus batérií a akumulátorov, tak ako aj iných tovarov, je časovo ohraničený. Po vyčerpaní ich úžitkových hodnôt sa stávajú odpadom ohrozujúcim zdravie a životné prostredie. V príspevku sú popísané poznatky o možnostiach progresívnych zmien zberu a recyklácie opotrebovaných batérií na Slovensku, ako aj návrhy na jej zdokonalenie.

2 ZBER A RECYKLÁCIA OPOTREBOVANÝCH PRENOSNÝCH BATÉRIÍ A AKUMULÁTOROV NA SLOVENSKU

Na Slovensko sa dovezie ročne približne 1400 ton prenosných batérií a akumulátorov, čo predstavuje neprehliadnuteľnú záťaž na životné prostredie, keď sa také množstvo ekologicky nezhodnotí. Prehľad a porovnanie množstva dovezených a recyklovaných batérií v EÚ za rok 2007 je v tab. 1. Problematika tohto odpadu je v Slovenskej republike veľmi aktuálnou témou a to z viacerých hľadísk: environmentálneho, ekonomického, právneho, ale aj technického (technologického). Vlády členských štátov EÚ vzali na vedomie potenciálne riziko pre životné prostredie, vyplývajúce z tohto obrovského množstva odpadu, a preto stanovili nové úlohy pre výrobcov, distribútorov, konečných spotrebiteľov batérií a hlavne pre tie subjekty, ktoré sú priamo zapojené do zberu, spracovania a recyklácie použitých prenosných batérií a akumulátorov. Následkom stále ešte malého podielu zberu použitých prenosných batérií je to, že mnoho takýchto batérií končí v bežnom komunálnom odpade. Následne na skládkach a v spaľovniach mizne obrovský materiálový potenciál, ktorý možno využiť a šetriť tak primárne prírodné zdroje.



Tabuľka 1 Množstvo dovezených a recyklovaných opotrebovaných batérií v EÚ za rok 2007 (ENDS EUROPE, 2008)

Krajina	Obchod s baterkami (tony)	Vyzbierané batérie (tony)	Úspešnosť zberu (%)	Existujúci recyklačný systém
Rakúsko	3,500–4,000	1,500	40	UFH, ERA, EVA, ERP, CCR
Belgicko	4,700	2,560	54	BEBAT
Česko	2,000	44	1	Ecobat
Estónsko, Litva	1,500	46	3	No System
Dánsko	2,500	150	6	BatteriForengningen
Fínsko	3,000	350	11	Recsey Oy
Francúzsko	32,800	10,375	32	Supermarket Chains, Screlec, Corepile
Nemecko	33,000	14,130	41	GRS Batterien
Grécko	2,000	442	22	AFIS
Maďarsko	2,000	0	0	RE'LEM
Írsko	1,800	210	21	Weee Ireland
Taliansko	2,800–3,000	81	1	No System
Luxembursko	100	13	13	No System
Malta & Cyprus	250	1	0.5	No System
Holandsko	6,400	3,026	47	STIBAT
Poľsko	6,500 -7,500	750 - 1000	10 – 13	Reba + 6 ďalších
Portugalsko	2,500	477	19	ECOPILHAS
Rumunsko	3,500	0	0	No System
Bulharsko	1,000	0	0	No System
Slovinsko	400	5	0.3	No System
Slovensko	1,400	1	0.1	No System
Španielsko	15,000	2,500	16	ERP + Ecopilas
Švédsko	2,000	583	25	El-Kretsen
Anglicko	30,000	1,000	3	No System
Nórso	1,500	0	0	As Batteriretur
Švajčiarsko	3,600	2,250	65	Inobat
Turecko	10,000	275	3	Akuder, Tumakuder

Je dôležité, aby všetky prenosné použité batérie a akumulátory boli zozbierané a recyklované. Len vrátené batérie možno zbierať a len pozbierané batérie možno potom triediť a recyklovať. Situácia v Slovenskej republike sa pomaly, hlavne pod vplyvom EÚ a jej smerníc týkajúcich sa odpadu z elektrických a elektronických zariadení, začína meniť. V roku 2005 došlo k vzniku dvoch významných neziskových spoločností zaoberajúcich sa zberom a recykláciou elektrických a elektronických zariadení a v rámci nich aj zberom a recykláciou opotrebovaných prenosných batérií a akumulátorov (AKU-TRANS, 2008).



SEWA (Slovak Electronic Waste Agency)

IT Asociácia Slovenska (ITAS), Asociácia dovozcov audiovizuálnej techniky Slovenskej republiky (ADAT) a najvýznamnejší výrobcovia a dovozcovia informačných technológií a spotrebnej elektroniky sa dohodli na vytvorení spoločného kolektívneho systému pre elektroodpad. Tým promptne zareagovali na novoprijatú slovenskú legislatívu, týkajúcu sa elektrických a elektronických zariadení a odpadov z nich, ktorá je výsledkom transpozície príslušných smerníc EÚ. Uzavreli Memorandum o porozumení, ktoré sa týka spolupráce pri vytvorení a prevádzkovaní spoločného kolektívneho systému zabezpečujúceho spätný odber, zber, prepravu, spracovávanie, zhodnocovanie a environmentálne vhodné zneškodňovanie elektroodpadu tak, aby bol kolektívny systém, v súlade s platnou legislatívou, plne funkčnou od 13. augusta 2005. Prevádzku kolektívneho systému tak zabezpečuje za týmto účelom vytvorená akciová spoločnosť pracujúca na neziskovom princípe, ktorej akcionármi sú ITAS a ADAT - SEWA a.s. Okrem členov ITAS a ADAT sú jej členmi dovozcovia a výrobcovia elektronických zariadení ako ASBIS SK, BaSys CS, BGS Distribution, Hewlett-Packard, IBM, Panasonic, Philips a Sony, ale aj spoločnosti zaoberajúce sa predajom elektrozariadení ako NAY s. r. o. Od štvrtého štvrťroka 2006 spoločnosť SEWA a.s. zabezpečuje pre svojich členov aj zber a zhodnocovanie použitých prenosných batérií a akumulátorov. V prvom štvrťroku 2006 bolo spoločnosťou SEWA a.s. recyklovaných 96 kg opotrebovaných prenosných batérií s hmotnosťou do 1 kg a 433 kilogramov s hmotnosťou nad 1 kg. Za rok 2007 sa podarilo spoločnosti SEWA a.s. zrecyklovať 3 478 kg batérií s hmotnosťou do 1 kg a 37 038 s hmotnosťou nad 1 kg (SEWA, 2008).

ENVIDOM

Výrobcovia veľkých a malých domácich spotrebičov tzv. belej techniky preto založili Envidom - združenie výrobcov elektrospotrebičov pre recykláciu ako neziskovú organizáciu, aby pre nich tieto povinnosti zabezpečovala. Podobné kolektívne systémy fungujú vo všetkých členských štátoch EÚ na základe Smernice 2002/96/EC o odpadoch z elektrických a elektronických zariadení. Na úrovni EÚ sú organizované v Asociácii kolektívnych systémov, tzv. WEEE FORUM. Jej členom je aj Envidom. Združenie ENVIDOM založili zakladateľskou zmluvou 15.3.2005 tieto spoločnosti: BSH domáci spotrebiče, s.r.o (značky BOSCH a Siemens) East Trading Company, s.r.o. (značka ARDO) Electrolux Slovakia, s.r.o. (značky Electrolux, Zannusi a AEG) Gorenje Slovakia, s.r.o. (značky Gorenje, Mora) Philips Slovakia, s.r.o., divízia DAP, Whirlpool Slovakia, s.r.o. Indesit Company Česká, s.r.o., MORA Slovakia, s.r.o., Groupe SEB ČR a SR, s.r.o. (značky Moulinex, Tefal a Rowenta) ETA-Slovakia, s.r.o. Trhový podiel zakladateľov v kategórii veľké domáce spotrebiče tvorí 83 %, v kategórii malé domáce spotrebiče predstavuje 67 %. Okrem zakladateľov Envidom priamo zastupuje ďalších 61 účastníkov kolektívneho systému, ku ktorým patria známe spoločnosti ako Miele alebo obchodné reťazce TPD či Datart. Spoločnosť Envidom zabezpečuje zber a recykláciu opotrebovaných prenosných batérií a akumulátorov, relevantné množstvá nie sú zverejnené (ENVIDOM, 2008).

PREBAT

Na Slovensku sa vďaka projektu realizovaného na základe spolupráce Stromu života, spoločnosti AKU-TRANS s.r.o. a spoločnosti INSA s.r.o., podarilo rozbehnúť celoslovenský systém zberu, dopravy a spracovania použitých prenosných batérií a akumulátorov systém PREBAT. Základom systému je komplexnosť počínajúc od zberu až po konečné priemyselné využitie získaných surovín z použitých prenosných batérií a akumulátorov.



Cieľom projektu je prostredníctvom správne zvolených postupov a komunikačných nástrojov dostať do povedomia širokej verejnosti systém zberu a zhodnotenia. V rámci systému PREBAT by malo byť vytvorených až 20 tisíc zberných miest, kde bude možné použité prenosné batérie a akumulátory bezplatne a v súlade s platnou legislatívou odovzdať. Už v súčasnosti je do projektu aktívne zapojených viac ako 1000 subjektov. Jedna polovica zberných miest je vytvorená na školách, zvyšok tvoria zberné dvory obcí a podnikateľské subjekty. Systém je veľmi živý a neustále pribúdajú nové zberné miesta, vďaka čomu sa vyzbieralo už osemdesiat ton prenosných použitých batérií a akumulátorov.

Systém PREBAT sa úspešne rozbehol a prvé výsledky o množstve zapojených nielen škôl, ale aj obecných a mestských úradov, podnikateľských organizácií potvrdzuje, že deti, mládež, občania si svojou aktívnou účasťou v projekte uvedomujú, že majú reálnu možnosť aktívne zasahovať do tvorby a ochrany životného prostredia. Priekopníkmi v tejto činnosti sú napríklad Mestský úrad v Seredi, školy prakticky z celého územia Slovenskej republiky i aktivity organizácií, ktoré podporujú projekt realizovaný systémom PREBAT, ako je VEPOS Skalica s.r.o., nadácie, ako je Nadácia Pontis, rôzne združenia obcí v rámci regiónov ako je združenie obcí pre separovaný zber „Tatiar“, ZOHŽO a mnohé iné, ktorí svojou podporou a aktivitou v zriaďovaní zberných miest a informovaním svojich zamestnancov, občanov o význame systému zberu a následnom zhodnotení prenosných použitých batérií a akumulátorov veľkou mierou prispievajú k zvyšovaniu environmentálneho povedomia. V rámci už prebiehajúceho projektu s názvom Baterky na správnom mieste, zberné miesta vznikajú na väčšine základných a stredných škôl, ako aj v priestoroch ďalších subjektov, ktoré sa zapájajú do celoslovenského environmentálneho projektu. Každé zberné miesto je vybavené takzvaným recykloboxom – zbernou nádobou na dočasné uskladnenie použitých prenosných batérií a akumulátorov (AKU-TRANS, 2008).

Po nahromadení minimálne 80 kilogramov batérií, prípadne raz za štvrtrok, sa prevádzkovateľ každého zberného miesta spojí s dispečingom firmy AKU-TRANS s.r.o. Tá je poverená zberom a dopravou tohto odpadu do seredského závodu firmy INSA s.r.o., kde prebehne ich ekologické zhodnotenie. Na technologickej linke možno spracovať 1 500 ton zinkovo-mangánových a lítiovo-mangánových prenosných batérií a akumulátorov za rok. Kapacita linky sa dá zvýšiť zavedením trojzmennej prevádzky až na 2 200 ton. Prvotné triedenie sa vykonáva manuálne na podávacom páse, kde sú vytriedené NiCd batérie, ortuťové batérie a iné batérie, ako zinkovo-mangánové a lítiovo-mangánové. Dopravníkom sú vyseparované batérie dopravené na šikmý dopravník - podávač batérií do rotorového nožového drviča, z nožového drviča je suchá frakcia rozseparovaná v separátore na uhlík, oxid manganičitý, oceľ, zinok, pozinkovaný oceľový plech a obaly. Uhlík, oxid manganičitý, pozinkovaná oceľ a obaly sú oddelene zhromažďované do samostatných zásobníkov, kde sú následne pripravené na ďalšie metalurgické spracovanie. Zinkové a oceľové časti batérií a akumulátorov sú dopravené dopravníkom na magnetický separátor. Odseparované časti na magnetickom separátore sú dopravované do oddelených boxov a následne spracovávané ako suroviny pre hutnícky priemysel. Z rozdrvených a rozseparovaných častí batérií sa priemyselným využitím získava:

- a) z pozinkovaného oceľového plechu sa hutníckym spracovaním získava čistý rafinovaný zinok, ktorý je použitý ako čistý kov na rôzne účely (elektrolytické pozinkovanie, legujúca prísada do zliatin a pod.),
- b) oceľové pliešky, použiteľné ako druhotná surovina pri výrobe olova v rotačnej taviacej peci redukčným tavením,



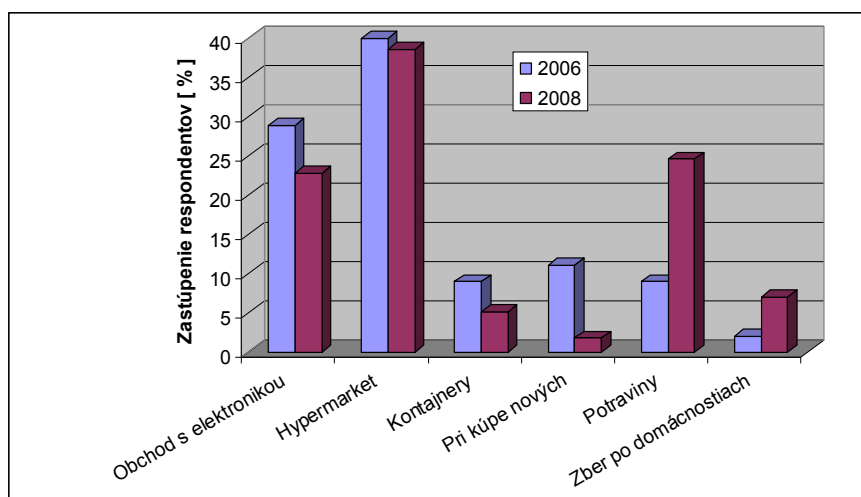
- c) uhlík, ktorý sa využije ako redukčné činidlo pri redukčnom tavení oxidu manganičitého za účelom výroby čistého rafinovaného mangánu,
- d) z oxidu manganičitého (burelu) sa redukčným tavením získa čistý, rafinovaný kovový mangán, ktorý má použitie ako legúra v hutníckom priemysle, ale aj na výrobu špeciálnych manganatých solí pre chemický a farmaceutický priemysel, spracováva sa u spoločnosti MACH TRADE s.r.o.

3 PRIESKUM A NÁVRHY NA ZDOKONALENIE ZBERU A RECYKLÁCIE OPOTREBOVANÝCH BATÉRIÍ NA SLOVENSKU

3.1 Prieskum

Pre zistenie situácie s opotrebovanými batériami a akumulátormi na Slovensku sa uskutočnili dotazníkové prieskumy medzi obyvateľmi. Prvý sa uskutočnil v júni 2006, druhý v decembri 2008 s rovnakými otázkami. Obidva prieskumy, ktoré sa realizovali prostredníctvom internetovej pošty boli vzájomne porovnané, aby lepšie ukázali, ako a či sa vôbec situácia na Slovensku za dva roky zmenila. V roku 2006 sa zúčastnilo prieskumu 45 respondentov, 57 respondentov v roku 2008, z toho 30 respondentov bolo rovnakých v oboch rokoch. Základná charakteristika respondentov: vek – 20 až 55 rokov, pohlavie – 24 mužov, 6 žien v roku 2006, 11 mužov, 19 žien v roku 2008, vzdelanie: všetky vzdelanostné úrovne.

Pre ilustráciu sú na Obrázku 1 graficky vyhodnotené odpovede respondentov na otázku týkajúcu sa návrhu na miesto umiestnenia kontajnera pre zber opotrebovaných batérií. Na základe výsledkov prieskumu, ale aj získaných informácií z danej problematiky bolo možné navrhnúť opatrenia, ktoré sú uvedené v ďalšej časti príspevku.



Obrázok 1 Grafické vyjadrenie odpovedí respondentov na otázku týkajúcu sa návrhu na miesto umiestnenia kontajnera pre zber opotrebovaných batérií (Solčianska, 2009)



3.2 Hodnotenie a návrhy zdokonalenia zberu

Oproti roku 2006 sa situácia v oblasti zberu a recyklácie opotrebovaných prenosných batérií a akumulátorov veľmi razantne zmenila.

Nielen že došlo k vzniku neziskových organizácií (SEWA, Envidom) zabezpečujúcich spätný odber, zber, prepravu, spracovávanie, zhodnocovanie a environmentálne vhodné zneškodňovanie elektroodpadu, v rámci ktorých boli vytvorené podmienky na zber opotrebovaných prenosných batérií a akumulátorov a v polovici roka 2008 sa podarilo rozbehnúť celoslovenský systém zberu, dopravy a spracovania použitých prenosných batérií a akumulátorov, systém PREBAT. Systém má v súčasnosti vytvorených približne 1 000 zberných miest a asi polovica zberných miest sa nachádza na školách.

Zber na školách

V krajinách, v ktorých zber prenosných batérií je organizovaný cez zberné miesta spoločne s elektroodpadom, je úroveň vyzbierania nízka a to okolo 30% z výskytu v príslušnej krajine. V krajinách, kde je oddelený zber organizovaný cez školský systém kombinovaný so zbernými miestami v predajniach s tovarom ako sú prenosné batérie a akumulátory, dosahujú vyzbieranie okolo 90%. Veď skúsenosti so zberom odpadov na Slovensku, ale aj v iných krajinách potvrdzujú, že práve deti a mladí ľudia s vysokou mierou spotreby prenosných batérií a akumulátorov majú veľký záujem zbierať použité prenosné batérie. Prostredníctvom ich zapojenia do vzdelávacích programov výrazne prispievajú k zlepšeniu situácie v odpadovom hospodárstve v kategórii použitých prenosných batérií, a teda majú výrazný podiel na zlepšení úrovne životného prostredia. Systém PREBAT sa v začiatkoch svojho pôsobenia zameriaval najmä na umiestnenie zberných kontajnerov na základných a stredných školách. V súčasnosti sa pracuje na vytvorení motivačného programu pre deti a študentov, prostredníctvom rôznych súťaží.

Osveta a vzdelávanie

Najjednoduchšie je začať so vzdelávaním u tých najmenších priamo na školách prostredníctvom hier a súťaží, ale i vzdelávacích programov a televíznych spotov, ktoré by vysvetľovali čo sa stane s batériou po zozbieraní. Takto vybudované vedomosti sú dobrým základom do budúcnosti. Práve z tohto poznania vychádza systém PREBAT, ktorý využil detského spotrebiteľa (zberateľa), ako dôležitý faktor vplyvu na rodinu, preto ako aj v mnohých krajinách sa stala logom batéria v upravenom, prekreslenom - detskom tvare – „**baterkomravec**“. Vzhľadom na to, že systém je len v začiatkoch a momentálne je rozbehnuté množstvo rokovaní so školami a vzdelávacími inštitúciami, dá sa len skonštatovať, že zvolil správnu cestu. Čo by mohlo byť nasledovným krokom je celoslovenská vzdelávacia kampaň prostredníctvom maskotu alebo veľkej batérie, ktorý by chodil po školách a jednak deti vzdelával a zároveň aj zbieral batérie.

Zmena nákupného správania sa zákazníkov

Veľmi dôležitým faktorom, na ktorý sa často zabúda, je zvýšiť povedomie zákazníkov nielen o tom, že opotrebované prenosné batérie a akumulátory treba zbierať a recyklovať, ale že existuje aj možnosť nákupu nabíjateľných batérií. V súčasnosti existuje na slovenskom trhu nepreberné množstvo nabíjateľných prenosných batérií.



Keď zvážime, že nabíjateľné batérie je možné dobiť od 500 do 1000 krát (záleží na výrobcovi), potom jednou nabíjateľnou batériou dokážeme ušetriť životné prostredie od pomerne veľkého množstva opotrebovaných jednorazových batérií. Nevýhodou môže byť, že nabíjateľné batérie sú drahšie a treba ich dobíjať, ale v prepočte za jednorazové batérie vychádza nabíjateľná batéria v konečnom dôsledku lacnejšie. Systém PREBAT je zameraný na zber opotrebovaných prenosných batérií a akumulátorov, či už jednorazových alebo nabíjateľných, preto táto parketa zostane asi aj naďalej na rozhodnutí zákazníkov a ich voľbe či nabíjateľné alebo nie.

Predajne s elektronikou

Vznikom neziskových organizácií ako SEWA a Envidom by mal byť v Slovenskej republike zabezpečený spätný odber, zber, preprava, spracovávanie, zhodnocovanie a environmentálne vhodné zneškodňovanie elektroodpadu ako aj opotrebovaných prenosných batérií a akumulátorov v predajniach s elektronikou. Práve predajne s elektronikou boli jednými z iniciátorov vzniku týchto organizácií. Príkladom iniciatívy v zbere batérií je spoločnosť NAY a.s., ktorá je členom organizácie SEWA, má po Slovensku vytvorených cca 21 veľkopredajní s elektronikou. Podľa dostupných zdrojov každá predajňa vyzbiera mesačne cca 5 kg opotrebovaných batérií. Spoločnosť NAY začala pred nedávkom vydávať vlastný časopis NAYStyle venovaný novým trendom v elektronike, informáciám pre zákazníkom a podobne. Približne na 70 stranách sa možno dočítať všetko zo sveta elektroniky, ale nenájdete sa aj zmienka o tom čo s elektronikou, ak ju už nepotrebuje.

Zber v obciach

V tomto prípade je veľmi dôležité vyzdvihnúť už fungujúci zber olovených akumulátorov, ktorý vznikol v spolupráci Združenia miest a obcí Slovenska (ZMOS), Recyklačného fondu a firmy AKU-TRANS, s.r.o. Realizácia tohto projektu plne garantuje splnenie náročných podmienok EÚ pre manipuláciu s batériami a akumulátormi, a to bez ďalších nákladov obcí. Obce nemajú žiadne náklady so zberom, dopravou a recykláciou. Preto by bolo vhodné využiť už existujúci systém zberu a pridružiť k nemu aj zber opotrebovaných prenosných batérií a akumulátorov. Systém PREBAT má v súčasnosti rozbehnutých niekoľko rokovaní s obcami o umiestnení zberových kontajnerov. V rámci obce by sa tak malo vytvoriť jedno zberné miesto, kde by bol umiestnený špeciálny, viditeľne označený, zberový kontajner určený všetkým občanom obce. Občania budú mať možnosť pravidelne odovzdávať opotrebované nielen olovené akumulátory ale aj prenosné batérie na tomto mieste a tým odľahčiť od batériového odpadu svoje okolie.

Zber v nákupných centrách, hypermarketoch

Tak ako vyplynulo z oboch prieskumov, zákazníci by najviac uprednostnili vytvorenie zberných miest práve v nákupných centrách. Je to spôsobené jednak tým, že vo väčšine takýchto centier sú umiestnené veľkoplošné potraviny, ktoré zákazníci navštevujú najčastejšie. Systém PREBAT má v súčasnosti rozbehnuté rokovania so spoločnosťou V centrách by mali byť umiestnené kontajnery podľa miesta kde budú najlepšie viditeľné pre zákazníkov. Od malých štvorcových kontajnerov umiestnených pri pokladniach, cez valcové kontajnery až po väčšie kontajnery umiestnené pri dverách predajní. Propagácia zberu cez takéto zberné miesta poskytuje dostatok voľného priestoru k zvýšeniu informovanosti o celej problematike zberu, jednotlivých etapách a až po konečné ekologické zhodnotenie recyklačnou firmou.



Každá predajňa v ktorej by sa nachádzalo zberné miesto by mala byť označená dobre viditeľným logom. Zo skúseností z ostatných krajín vyplýva, že takýto zber musí byť zo strany spotrebiteľa a aj pohľadu predajne v ktorej je vytvorené zberné miesto čo najjednoduchší a najlepšie viditeľný. Keďže na Slovensku v súčasnosti existujú okrem systému PREBAT aj ďalšie dve spoločnosti, ktoré sa zaoberajú zberom a recykláciou opotrebovaných prenosných batérií a akumulátorov, je veľmi dôležitá ich vzájomná spolupráca, aby nedošlo k duplikovaniu zberných kontajnerov, a tak zmäteniu zákazníkov.

Zapájanie zamestnancov do separovaného zberu batérií

Slovenské firmy čoraz častejšie separujú odpad aj nad rámec zákona a podporujú v tom svojich zamestnancov na pracoviskách. Výrazným potvrdením tohto faktu je záujem firiem zapojiť sa do projektu podporujúceho zamestnancov v zbere batérií a následnej recyklácii tohto toxického odpadu. Od januára 2009 sa tak rozhodlo postupovať desať firiem, ktoré sú v skupine Engage, alebo sú členmi združenia Business Leaders Forum. Okrem separácie odpadu motivujú firmy svojich zamestnancov aj k tomu, aby šetrili papierom a tlačili obojstranne. Motivačné plagáty nad kopírkami má napríklad firma KPMG Slovensko či Orange Slovensko a.s. Environmentálna uvedomelosť sa stáva dennou súčasťou života zamestnancov - či už pri separovaní odpadu, používaní šetrných žiaroviek či netlačení e-mailov. Firmy potvrdzujú, že ak zamestnancom ukážu svoj úprimný záujem a aktivitu v oblasti ochrany životného prostredia, zamestnanci sa radi aktívne zapoja. V priebehu decembra 2007 napríklad v spoločnosti KPMG vyzbierali približne 10 kg opotrebovaných prenosných batérií. Projekt Zber batérií vo firmách organizuje Nadácia Pontis v spolupráci s firmami, ktoré sú v skupine Engage, alebo sú členmi združenia Business Leaders Forum. Do projektu Zber batérií sa rozhodli zapojiť: Citibank (Slovakia), a. s., Hewlett-Packard Slovakia s.r.o., Allen & Overy Bratislava, s.r.o., VÚB, a.s., KPMG Slovensko, Pfizer Luxembourg SARL o.z., Dell s.r.o. a Východoslovenská energetika, a.s. Partnerom projektu je Nadácia Pontis, Strom života a AKU-TRANS s.r.o.

Transport a logistika prepravy zberných kontajnerov

Veľmi dôležitou časťou logistického zberu je plánovanie a optimalizácia prepravy. Pre zminimalizovanie a obmedzenie strát spôsobených neorganizovanou dopravou je potrebné plánovať a optimalizovať jednotlivé trasy áut. V tomto prípade systém PREBAT zvolil najlepšiu možnú spoluprácu a o zber kontajnerov so zozbieranými opotrebovanými prenosnými batériami a akumulátormi by sa mala postarať spoločnosť AKU-TRANS s. r. o., ktorá plne garantuje splnenie náročných podmienok EÚ pre manipuláciu s opotrebovanými batériami a ktorá v súčasnosti zabezpečuje zber opotrebovaných olovených akumulátorov.

4 ZÁVER

Za posledné dva roky došlo na Slovensku k vzniku viacerých firiem na zber a recykláciu opotrebovaných prenosných batérií a akumulátorov. Ako najlepší systém sa javí systém zberu a dopravy všetkých použitých prenosných batérií PREBAT. Od začiatku pôsobenia sa podarilo v tomto systéme vyzbierať osemdesiat ton opotrebovaných prenosných batérií a akumulátorov. Vzhľadom na to, že systém PREBAT pôsobí na Slovensku iba dva roky, začal svoje pôsobenie veľmi dobre, pričom sa podarilo zabezpečiť:

- vytvorenie zberných miest na školách, v obciach (cca 1 000),



- vytvorenie zberných miest vo veľkých administratívnych spoločnostiach,
- zahájila sa vzdelávacia kampaň „*baterkomravec*“ na správnom mieste,
- sfunkčnila sa dobrá logistika prepravy zabezpečená spoločnosťou AKU-TRANS, s.r.o.

LITERATÚRA

- [1] AKU-TRANS S.R.O.: 2008. O spoločnosti. [online].[cit. 2008-11-12]. Dostupné na internete <http://www.akutrans.sk/>
- [2] ENDS EUROPE (Europe's environmental news and information service): 2008, 10 years of battery recycling in Europe [online]. [cit. 2008-09-19]. Dostupné na internete <http://www.endseuropedaily.com/docs/81020a.pdf>
- [3] ENVIDOM (Združenie výrobcov elektrospotrebičov pre recykláciu): 2008, O spoločnosti. [online]. [cit. 2008-12-12]. Dostupné na internete <http://www.envidom.sk/> - 19k/.
- [4] SEWA (Slovak Electronic Waste Agency): 2008, Výročné správy. [online]. [cit. 2008-11-12]. Dostupné na internete <http://www.sewa.sk/index.php?id=6&lang=SK>.
- [5] SOLČIANSKA, D.: 2009. Zber a recyklácia opotrebovaných batérií na Slovensku [Diplomová práca], STU MTF v Trnave, 80 s.

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

Lektoroval: Ing. Petra Kvasnová, PhD.

Kontaktná adresa:

Doc. Ing. Hostin Stanislav, PhD., Univerzita Sv. Cyrila a Metoda, Prírodovedecká fakulta,
Katedra biotechnológií, Námestie Jozefa Herdu 2, 917 01 Trnava

RNDr. Sirotiak Maroš, MTF STU, Ústav Environmentálneho a Bezpečnostného inžinierstva,
Katedra environmentálneho inžinierstva, Botanická 49, 917 24 Trnava



TECHNICKÉ ZARIADENIA NA ZNIŽOVANIE EMISÍÍ PCDDS A PCDFS PRI SPAĽOVANÍ ODPADOV

THE TECHNICAL EQUIPMENTS FOR MINIMIZING EMISSIONS OF PCDDS AND PCDFS FROM WASTE INCINERATION

KONIAR Ján – KRÁLOVÁ Kristína

ABSTRACT: The issue of waste incineration is currently very actual, therefore it is necessary to deal with equipments to reduce emissions of particulate and gaseous pollutants. The contribution is focused on the issues of technical equipments to reduce PCDDs and PCDFs emissions from waste incineration.

Key words: PCDDs, PCDFs, waste incineration, decomposition of dioxins.

ABSTRAKT: Problematika spaľovania odpadov je v súčasnej dobe veľmi aktuálna, preto je nevyhnutné zaoberať sa aj zariadeniami na znižovanie emisií tuhých a plyných znečisťujúcich látok. Príspevok je zameraný na problematiku technických zariadení na znižovanie emisií polychlórovaných dibenzodioxínov (PCDDs) a dibenzofuránov (PCDFs) pri spaľovaní odpadov.

Kľúčové slová: PCDDs, PCDFs, spaľovanie odpadov, odľučovacie dioxínov.

1 ÚVOD

Dioxíny sú v súčasnosti jednou z najtoxickejších antropogénnych chemických látok v životnom prostredí (Legáth, 2000). Sú to prevažne syntetické látky s veľmi vážnymi trvalými negatívnymi účinkami na ekosystémy a ľudské zdravie. Ako dioxíny sa súhrnne označuje 210 chemických látok z dvoch skupín nazývaných polychlórované dibenzo-p-dioxíny (PCDDs) a polychlórované dibenzo-p-furány (PCDFs), (Jandačka, 2008).

Vo všeobecnosti sú prakticky nerozpustné vo vode a veľmi perzistentné (len pomaly podliehajú rozkladu). Vzhľadom na ich pomerne dobrú rozpustnosť v organických rozpúšťadlách vrátane tukov sú intenzívne kumulované v živých organizmoch. Ich vysoká stabilita má za následok dlhodobé pretrvávanie v pôde, sedimentoch, kaloch, ovzduší a živých organizmoch, (<http://www.sazp.sk>).

Nakoľko v prírode sa prakticky dioxíny neodbúravajú a môžu perzistovať stovky rokov, môžu sa kumulovať medziiným v tkanivách zvierat a mlieku a tak sa dostávať do potravinového reťazca človeka, (Legáth, 2000).

2 ZDROJE PCDDs/ PCDFs

PCDDs/PCDFs vznikajú ako vedľajšie produkty pri množstve antropogénnych procesov, v malej miere aj pri niektorých prírodných procesoch (sopečné erupcie, lesné požiare). Do ovzdušia sa dostávajú prevažne emisiami z rôznych zdrojov, preniknutím TZL s adsorbovanými PCDDs/ PCDFs do ovzdušia, ako aj odparovaním z pôdy, skládok a pod. Medzi hlavné antropogénne zdroje dioxínov patrí (<http://enviroportal.sk>):

- spaľovanie lekárskeho a komunálneho odpadu, kanalizačného a nebezpečného priemyselného odpadu,
- výroba a spaľovanie plastov z PVC,



- bielenie celulózy a papiera chlóróm,
- tavenie a čistenie kovov (najmä pri ich recyklácii, ak sa vyskytuje prímes PVC),
- nedokonalé spaľovanie palív.

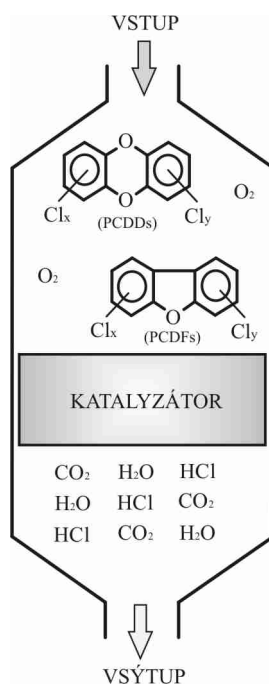
Zo spaľovacích procesov sa PCDDs/ PCDFs do ovzdušia môžu dostať nasledujúcimi spôsobmi: nespálením PCDDs/ PCDFs obsiahnutých v pôvodnom materiáli (pri nižších teplotách), spaľovaním materiálov s vysokým obsahom chlóru (PCB, PVC, a pod.), ako aj syntézou pri spaľovaní organického uhlíka, chlóru a kyslíka.

Z uvedených poznatkov je zrejmé, že medzi najväčšie zdroje ich vzniku patria spaľovne tuhých komunálnych odpadov (TKO). TKO obsahujú okrem štandardných organických látok aj veľa zložiek obsahujúcich chlór. Medzi tieto zložky patria napr. plasty (PVC), staré nátery, oleje z transformátorov a kondenzátorov (*Herčík, 2003*). Významným zdrojom PCDDs/ PCDFs sú aj domáce spaľovacie zariadenia, (*Jandačka, 2008*).

3 ZNIŽOVANIE EMISIÍ PCDDs/ PCDFs

Jedným zo spôsobov ich likvidácie je spaľovanie v špeciálnych zariadeniach pri vysokých teplotách. K likvidácii vysokých koncentrácií PCDDs a PCDFs dochádza pri teplotách vyšších než 1000 °C (*Jandačka, 2008*).

Na znižovanie emisií PCDDs/ PCDFs možno využiť aj rôzne technologické linky, napr. systém s katalyzátorom. Takéto zariadenie možno nainštalovať aj do už existujúcej spaľovne. Katalyzátor dioxíny neabsorbuje, ale sa podieľa na ich rozklade na menej škodlivé zložky (H₂O, CO₂ a HCl), (<http://www.gec.jp/>).



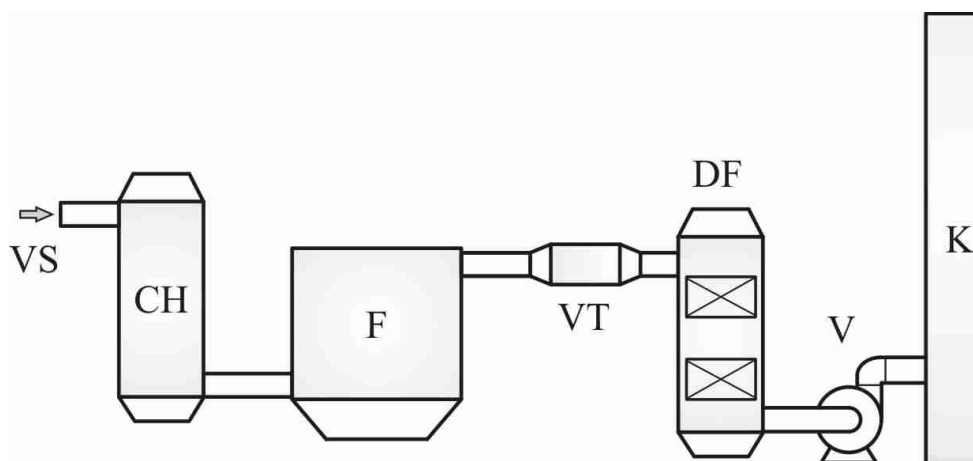
Obrázok 1 Rozklad PCDDs/ PCDFs s využitím katalyzátora



Takýto systém na znižovanie emisií PCDDs/ PCDFs pozostáva z niekoľkých častí, a to z chladiča, mechanického filtra, výmenníka tepla a dioxínového filtra s katalyzátorom. Zjednodušená schéma zariadenia je na obr. 2. Spaliny sú prudko ochladené v chladiči plynu (CH) pomocou vstrekovanej vody na teplotu vhodnú pre nasledujúce procesy (mechanický filter). Prudkým ochladením spalín sa znižuje aj tvorba PCDDs/ PCDFs. Chladič musí byť navrhnutý tak, aby odolával korózii a abrazívnym účinkom TZL.

Ochladené spaliny potom vstupujú do filtra (F) s možnosťou dávkovania špeciálnych prísad. Filter odlúči časť adsorbovaných PCDDs/ PCDFs a TZL. Materiál filtračnej textílie ako aj filtračná rýchlosť musia byť vhodne zvolené, aby bola zabezpečená vysoká odlučivosť filtračného systému.

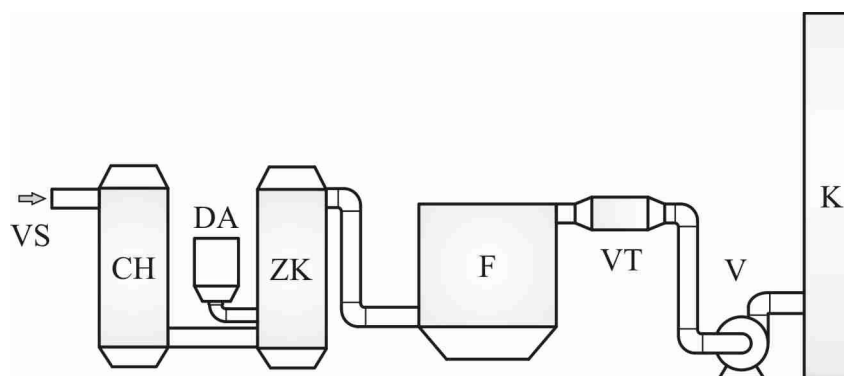
Spaliny zbavené TZL a časti PCDDs/ PCDFs z filtra prechádzajú cez výmenník tepla (VT), v ktorom sa ohrejú na teplotu vhodnú pre nasledujúci proces. Potom spaliny vstupujú do „dioxínového filtra“ (DF), do ktorého je dávkovaný aj čpavok. Hlavnou časťou zariadenia je titánový katalyzátor, ktorý sa podieľa na rozklade zvyšných PCDDs/ PCDFs, ktoré neboli odlúčené v mechanickom filtri. Na účinnejšie eliminovanie dioxínov možno doplniť adsorpčné zariadenie s aktívnym uhlím. Ďalej prúdia spaliny do komína, kde sú kontinuálne merané, (<http://www.gec.jp/>).



Obrázok 2 Schéma zariadenia na znižovanie emisií dioxínov s využitím katalyzátora

VS – vstup spalín, CH – chladič, F – filter, VT – výmenník tepla,
DF – dioxínový filter s katalyzátorom, V – ventilátor, K – komín

Na elimináciu emisií PCDDs/ PCDFs, ako aj TZL, HCl, SO_x, Hg možno využiť aj iné technologické linky, napr. systém s adsorpčným zariadením. Takáto linka (obr. 3) sa skladá z chladiča spalín (CH), reaktora (ZK - zmiešavacej komory), mechanického filtra (F). Na konci môže byť zaradený ešte výmenník tepla (VT) pre spätné ohriatie spalín, potom nasleduje odťahový ventilátor (V) a komín (K).



Obrázok 3 Schéma zariadenia na znižovanie emisií dioxínov
s využitím aktívneho uhlia

VS – vstup spalín, CH – chladič, DA – dávkovanie aditív, ZK – zmiešavacia komora, F – filter, VT – výmenník tepla, V – ventilátor, K - komín

Najskôr spaliny prechádzajú cez chladič, ktorý ich ochladí na požadovanú teplotu. Ochladené spaliny potom vstupujú do reaktora (zmiešavacej komory) do ktorého sú pridávané pomocou dávkovacieho zariadenia aditíva (aktívne uhlie, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ a špeciálne prísady). Reaktor, ktorého súčasťou je aj mlyn s miešacím zariadením, musí zabezpečiť dôkladné premiešanie spalín s prísadami. Pri tomto procese dochádza k fyzikálno-chemickým dejom. Zložky kyslého charakteru sú neutralizované pomocou $\text{Ca}(\text{OH})_2$, ostatné škodlivé zložky (Hg, PCDDs/ PCDFs) sú adsorbované aktívnym uhlím.

Potom spaliny vstupujú do filtračnej jednotky, ktorá slúži na odlučovanie TZL. Za filtrom môže byť zaradený výmenník tepla na spätné ohriatie spalín a cez odťahový ventilátor spaliny vstupujú do komína (<http://www.gec.jp/>).

4 ZÁVER

Zlepšovanie kvality životného prostredia je závislé a limitované ekonomickými možnosťami spoločnosti, pričom samotná realizácia tohto procesu vyžaduje hlbokú znalosť dejov prebiehajúcich v sledovanom prostredí, znalosť technológií a technických prostriedkov pre riešenie spomínaných problémov (Černecký, 2005).

Príspevok bol zameraný na poukázanie dôležitosti využívania odlučovacích zariadení pri spaľovaní odpadov a zhrnutie základných poznatkov v oblasti technických zariadení na znižovanie emisií vybraných znečisťujúcich látok.

Aj napriek dostupným technológiám na znižovanie emisií PCDDs/ PCDFs nemožno úplne zabrániť, aby sa nedostávali do jednotlivých zložiek životného prostredia. Ak sa neuvoľnia do ovzdušia a zachytia ich odlučovacie zariadenia v spaľovni, dôjde k zvýšeniu obsahu PCDDs/ PCDFs v popolčeku a niekedy aj v odpadových vodách. Veľká časť PCDDs/ PCDFs končí v tuhých odpadoch, ktoré sú nebezpečné pre životné prostredie (<http://www.bozpo.sk/>).



Ohrozenie životného prostredia môže byť veľmi závažne pri priemyselných haváriách, preto je dôležité zabezpečiť všetky podmienky pre zlepšenie bezpečnosti prevádzky zariadení, vrátane kvalifikovanej obsluhy.

LITERATÚRA

- [1] ČERNECKÝ, J.: 2005. *Technické prostriedky merania a monitorovania*. Zvolen: ES TU Zvolen, 2005, 92 s. ISBN 80-228-1439-3.
- [2] HERČÍK, M.: 2003. *Životní prostředí*. Ostrava: ES VŠB Ostrava, 2003, 134 s. ISBN 80-7078-0107-8.
- [3] JANDAČKA, J. – MALCHO, M. – MIKULÍK, M.: 2008. *Ekologické aspekty zámeny fosílnych palív za biomasu*. Vydavateľstvo a tlač: Jozef Bulejčík, 2008. ISBN 978-80-969595-5-6.
- [4] LEGÁTH, J., LEŠNÍK, F.: 2000. *Problematika dioxínov v životnom prostredí*. In. Slov. vet. čas. 25, 2000, s. 317-320.
- [5] http://www.gec.jp/JSIM_DATA/Contents/Contents_AIR_5.html [cit. 2009-09-03].
- [6] http://www.sazp.sk/slovak/struktura/COH/pchb/projekt_2004_01/informacne_listy/47.pdf [cit. 2009-09-10].
- [7] <http://enviroportal.sk/clanok.php?cl=11953> [cit. 2009-09-08].
- [8] http://www.bozpo.sk/public/poradna/zp/05_ekoporad0110.htm [cit. 2009-09-11].

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

Lektoroval: Ing. Zuzana Brodnianská

Kontaktná adresa:

Ing. Koniar Ján, PhD, Katedra environmentálnej techniky, Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky, TU Zvolen, Študentská 26, 960 53 Zvolen, e-mail: koniar@vsld.tuzvo.sk

Mgr. Králová Kristína, Ústav cudzích jazykov, TU Zvolen, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, e-mail: kralova@vsld.tuzvo.sk



TECHNOLÓGIE ZHODNOCOVANIA BIOLOGICKY ROZLOŽITELNÝCH ODPADOV

TECHNOLOGIES OF ASSESSING OF BIOLOGICALLY DECOMPOSABLE WASTES

KRUŽLIAK Ondrej

ABSTRACT: The contribution briefly deals about opportunities and procedures for assessing of biologically decomposable waste and its subsequent use. Item responds to questions about why it is necessary and beneficial assessing biowaste, which has the largest percentage of the municipal waste.

Key words: biologically decomposable waste, biowaste, waste composting, biogas, biogas station.

ABSTRAKT: Príspevok v stručnosti poukazuje na možnosti a postupy zhodnocovania biologicky rozložiteľného odpadu a jeho následné využitie. Článok odpovedá aj na otázky, prečo je potrebné a tiež výhodné zhodnocovať bioodpad, ktorý má najväčšie percentuálne zastúpenie v komunálnom odpade.

Kľúčové slová: biologicky rozložiteľný odpad, bioodpad, kompostovanie, bioplyn, bioplynová stanica.

1 ÚVOD

Biologicky rozložiteľné odpady (bioodpady) sú podľa § 23 ods. 5 vyhlášky MŽP SR č. 283/2001 Z.z. definované ako odpady, ktoré sú schopné rozložiť sa anaeróbnym alebo aeróbnym spôsobom [1]. V zásade sa jedná o všetky organické látky, z ktorých je možné v kratšom alebo dlhšom časovom úseku získať kvalitné organicko–minerálne hnojivo, v prípade anaeróbného spôsobu vrátane získania obnoviteľného zdroja energie – bioplynu.

Bioodpad tvorí až 45 % všetkých komunálnych odpadov. Bioodpad ako súčasť tuhých komunálnych odpadov je zatiaľ prevažne likvidovaný buď ukladaním na skládky alebo spaľovaním. Jeho likvidácia môže pozitívne, ale aj veľmi negatívne ovplyvniť životné prostredie. Uložením netriedeného komunálneho odpadu na skládku dochádza však nielen k likvidácii organických látok a ďalších živín dôležitých pre rastlinnú výrobu, ale aj k zamorovaniu životného prostredia [2]. Sám o sebe je neškodný, ale jeho zmiešaním s ostatnými druhmi odpadu na skládkach dochádza k nekontrolovateľným reakciám (skleníkové plyny, zápach, znečistenie vôd organickými látkami), ktoré v takomto odpade začnú po jeho uložení prebiehať.

2 TECHNOLÓGIE ZHODNOCOVANIA BIOLOGICKY ROZLOŽITELNÝCH ODPADOV

Ešte pred samotnými úvahami ako čo najefektívnejšie zhodnotiť bioodpad v závislosti od jeho množstva musíme poznať charakter jednotlivých zložiek, ktoré sú v ňom zastúpené. Vo všeobecnosti pri súhrnom pohľade na tieto dva aspekty bioodpad pozostáva z niekoľkých hlavných zložiek a to z kuchynského a reštauračného odpadu (odpad z potravín), odpadu z verejných trhovísk, odpadu zo záhrad a parkov, v neposlednom rade taktiež z dreveného odpadu.



Technológie zhodnocovania biologicky rozložiteľných odpadov možno podľa vyššie uvedeného spôsobu spracovania rozdeliť na dva základné spôsoby – za prístupu kyslíka (aeróbne) – kompostovanie a bez prístupu kyslíka – anaeróbna fermentácia [3].

2.1 Kompostovanie odpadov

Kompostovanie je možné definovať ako riadenú biologickú výrobu humusu. Premenou organickej hmoty bioodpadu na humusné látky obsiahnuté v komposte zabezpečujú prevažne aeróbne mikroorganizmy, ktoré potrebujú k prežitiu kyslík. Z tohto dôvodu sa vo všeobecnosti snažíme zakladať komposty kypré a čo najviac ich prevzdušňujeme.

Kompostovanie je najstarší, najrozšírenejší a najlacnejší spôsob zhodnocovania biologicky rozložiteľných odpadov, z ktorého je možné pri nízkych prevádzkových nákladoch a dodržaní správneho technologického postupu získať kvalitné organické hnojivo v podobe kompostu, ktorý napriek svojim pozitívnym vlastnostiam na pôdu nenachádza adekvátne uplatnenie. Napriek tomu je na úrovni európskeho spoločenstva vytýčený jednoznačný cieľ, podľa ktorého je za účelom trvalo udržateľnej ochrany pôdy kompost nenahraditeľným zdrojom živín. Vychádzajúc zo súčasných právnych predpisov, v nadväznosti na tematickú stratégiu o predchádzaní a obmedzovaní vzniku odpadov a recyklácie možno kompostovanie z hľadiska množstva spracovávaného bioodpadu rozdeliť na:

- malé kompostovanie (domové alebo záhradné),
- stredné kompostovanie (obecné, resp. komunitné) – do 10 ton,
- veľkokapacitné kompostovanie (priemyselné alebo farmové) – nad 10 ton.

Všetky uvedené typy kompostovania výrazne napomáhajú predchádzať ukladaniu biologicky rozložiteľných odpadov na skládky odpadov, pričom na stredné a veľkokapacitné kompostovanie je smerovaná i finančná podpora z prostriedkov Európskej únie a vnútroštátnych zdrojov – Environmentálneho fondu.

Jednotlivé spôsoby kompostovania sa medzi sebou výrazne odlišujú aj využitím rôznej technológie a techniky. Článok sa nezaobera malými formami kompostovania, ako je domáce a komunitné kompostovanie, kde vo väčšine prípadov používame na kompostovanie rôzne kompostovacie zásobníky a záhradné náradie, akými sú fúrik, vidly alebo lopata. Táto kapitola sa však zaoberá jednotlivými technológiami predovšetkým z hľadiska komunálneho kompostovania, ich výhodami, nevýhodami a k čomu je možné jednotlivé technológie použiť [1].

2.2 Základné podmienky kompostovania

Aeróbne kompostovanie má celý rad technologických variánt - od prekopávaných kompostovacích základok na voľnej ploche, využívania rôznych kompostérov pri domacom a komunitnom kompostovaní, cez rôzne systémy intenzívneho prevzdušňovania kompostov za pomoci nútenej aerácie tlakovým odsávaním vznikajúcich plynov, až po biofermentory, kde celý proces je možné riadiť počítačom.

Pri všetkých týchto technológiách však musíme zabezpečiť optimálne podmienky na rozvoj a činnosť mikroorganizmov premieňajúcich organickú hmotu. Ide o mikroorganizmy aeróbne s vysokým nárokom na kyslík. Technológia musí umožňovať výmenu plynov medzi zrejúcim kompostom a okolím. Ďalej je potrebné zaistiť maximálne premiešanie zložiek a umožniť optimálny teplotný režim zrejúceho kompostu.



Potrebné podmienky pre kompostovanie sa dajú dosiahnuť:

- úpravou vlhkosti,
- úpravou pH,
- úpravou zrnitosti a homogenity substrátu,
- prevzdušňovaním substrátu,
- reguláciou teploty v priebehu kompostovania.

O úspešnom priebehu kompostovania a o výslednej kvalite kompostu rozhoduje zostavenie správnej surovínovej skladby čerstvého kompostu, čo je výber odpadov a stanovenie ich hmotnostného pomeru. Vzájomným pomerom rôznych druhov biodegradovateľných odpadov musíme dosiahnuť požadované akostné znaky vyzretého kompostu, vrátane neprekročenia maximálneho prípustného množstva cudzorodých látok.

Vlhkosť čerstvo namiešaného kompostu optimalizujeme na hodnotu, pri ktorej je 70 % objemu pórov zaplnených vodou. Nedostatočná vlhkosť spôsobuje vývoj nekompletnej mikrobiológie s prevahou plesní a aktinomycét, nadbytočná vlhkosť spôsobuje anaeróbne podmienky fermentácie a dochádza ku skysnutiu kompostu.

Požiadavka na minimálnu prítomnosť fosforu v substráte (aspoň 0,2% P₂₀₅ v sušine) je nutná pre vznik energeticky bohatých väzieb pri premene organických látok. Pre kompostovanie je výhodná neutrálna výmenná reakcia substrátu. Pre výrobu a používanie kompostu platí STN 46 5735 "Priemyselné komposty", ktorá stanovuje hlavné akostné znaky kompostu (Tab. 1) [4].

Tabuľka 1 Akostné znaky priemyselného kompostu (STN 46 5735)

Znak akosti	Hodnota
Vlhkosť [%]	40 – 65
Spaliteľné látky v sušine [%]	Min. 25
Celkový dusík v sušine [%]	Min. 0,6
Pomer C:N	Max. 30
pH	6 – 8,5
Nerозložené prímesi [%]	Max. 2

2.2.1 Kompostovanie na hromadách

Kompostovanie na hromadách je najstarší a doteraz najviac používaný spôsob. Stretnúť sa s ním môžeme na záhradách, v malých komunitných kompostárňach využívajúcich malú mechanizáciu, ale aj vo veľkokapacitných kompostárňach. Tento systém je používaný hlavne na kompostovanie odpadov z údržby verejnej zelene, záhrad, parkov, cintorínov (tzv. zeleného bioodpadu). K prevádzke potrebujeme dostatočne veľkú plochu na kompostovanie, úpravu a uskladnenie surovín. Podľa platných zákonov SR by mali byť kompostárne využívajúce túto technológiu s kapacitou väčšou ako 10 ton kompostu ročne prevádzkované na vodohospodársky zabezpečenej ploche.



2.2.2 Prevzdušňovanie hromady pomocou mechanického prekopávania

Mechanizácia na prevzdušňovanie / prekopávanie kompostovanej hromady môže byť veľmi rozdielna predovšetkým v závislosti na množstve kompostovaných odpadov.

Čelné nakladače

Najjednoduchším a najľahšie dostupným mechanizačným prostriedkom pre prekopávanie kompostovaných hromád sú čelné nakladače. Tie sú potrebné aj pre manipuláciu so surovinou a finálnym kompostom. Kvalita prekopávania pomocou čelného nakladača nie je veľmi dobrá a do značnej miery závisí na zručnosti obsluhy stroja. Výrazné skvalitnenie prekopávania pomocou čelných nakladačov prináša špeciálna ALLU lopata (Obr. 1), ktorá má na svojom dne dva rotujúce valce, ktoré dokážu bioodpad dokonalejšie premiešať, čiastočne podrvit' a v prípade potreby aj preosiť.

Prekopávače kompostu

Na malé kompostárne s kapacitou do cca 500 m³/rok sa hodia malé traktorom nesené prekopávače (Obr. 2). Sú určené na prekopávanie hromád do výšky 100 – 150 cm a šírky v závislosti na pracovnej šírke záberu nastavca (150 – 280 cm). S rastúcou kapacitou kompostárne vzrastá aj potreba používať väčšie, výkonnejšie stroje. Vyskytujú sa dve varianty strojov – samostatné a pripojiteľné k energetickému prostriedku. Tieto stroje sú schopné prekopávať hromady vysoké aj viac ako 3 m. Ich zriaďovacia cena vzrastá s ich výkonnosťou a výbavou.



Obrázok 1 Špeciálny nastavac na čelný nakladač



Obrázok 2 Frézový prekopávač ALLU lopata SM

2.2.3 Prevzdušňovanie hromady pomocou nútenej aerácie

V niektorých prípadoch sa k prevzdušňovaniu kompostovanej hromady využíva tzv. nútená aerácia. Do hromady je vháňaný respektíve vysávaný vzduch pomocou sústavy perforovaných trubiek alebo hadíc uložených pod samotnou kompostovanou hromadou. K tomuto účelu môžeme použiť rôzne materiály. Niekde sa môžeme stretnúť aj napr. s vyradenými požiarnymi hadicami, inde sa používajú drenážne trubky. K vháňaniu alebo vysávaniu vzduchu sa používajú najrôznejšie kompresory alebo vývevy. Tento spôsob výrazne šetrí energiu. Nevýhodou je, že v priebehu fermentácie kompost klesá a zanikajú tak póry, ktorými vzduch prechádza. Preto sa odporúča hromady s nútenou aeráciou tiež prekopávať.



Ďalším dôvodom prečo prekopávať je, že na povrchu a predovšetkým na dne kopy je materiál silne ochladzovaný a fermentácia v tejto časti neprebíha dostatočne intenzívne. Vďaka nižšej teplote nemusí byť preto zaistená dostatočná hygienizácia.

2.2.4 Kompostovanie vo vakoch

Jednou z novších technologických variant kompostovania na hromadách je kompostovanie vo vakoch (Obr. 3). Ide o plastové vaky, ktoré majú priemer 1,5 m a 2,4 m a ich základná dĺžka je 60 m. Tieto vaky sa plnia pomocou kompostovacích lisov s vopred upraveným a namiešaným biologickým materiálom. Spoločne s biologickým odpadom sa do vaku vkladá aj perforovaná hadica, ktorou sa pomocou ventilátorov v pravidelných intervaloch do vaku vháňa vzduch. Kompost uložený vo vaku je chránený pred poveternostnými vplyvmi, nemusí sa v lete zavlažovať, je chránený pred nadbytočnou vlhkosťou. Z vaku neunikajú žiadne výluhy a ani zápach. Asi po 8 týždňoch sa kompost vyberá z vakov a dozrieva na voľnej ploche.



Obrázok 3 Kompostovanie vo vakoch

2.2.5 Prikrývanie kompostovanej hromady geotextíliou

Niekedy sa pri kompostovaní na hromadách používa k zakrývaniu hromád špeciálna kompostovacia textília. Je potrebné zdôrazniť, že musí ísť vždy o textíliu, ktorou môže prechádzať vzduch. Tieto textílie znižujú ochladzovanie kompostovanej hromady, čo prispieva k dôkladnejšej hygienizácii a čiastočne tým celý proces kompostovania urýchľujú. Textília tiež čiastočne zabraňuje vyparovaniu vody a teda prílišnému vysušovaniu kompostu. Dôležitou funkciou je zabránenie vnikaniu nadbytočnej vlhkosti do kompostu v prípade dlhotrvajúcich dažďov. Rovnako chráni kompost pred UV – žiarením. Na stenách textílie dochádza ku kondenzácii vznikajúcich plynov, vďaka čomu je potlačený možný zápach.

2.2.6 Vermikompostovanie

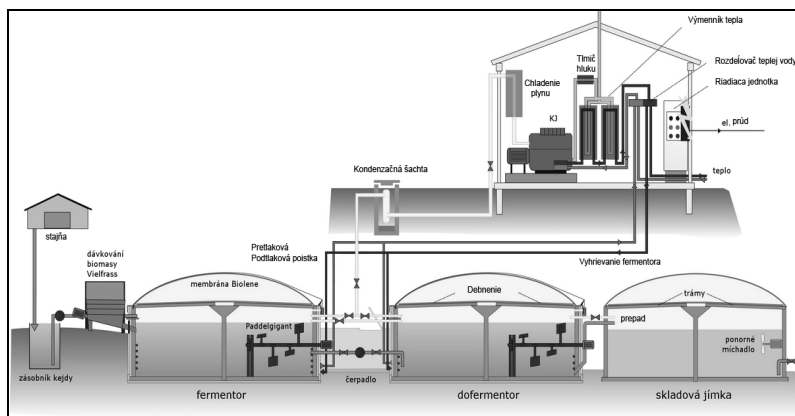
Vermikompostovanie využíva schopnosť niektorých druhov dážďoviek (*Eisenia foetida*, *E. andrei*, *Lumbricus rubellus*, *Eudrilus eugenie*, *Perionyx excavatus* atd.) zintenzívňovať mikrobiálne procesy v organickej hmote.



Klasická metóda vermikompostovania spočíva v pridávaní 2 až 3 cm substrátu (najlepšie predkompostovaného), každý týždeň na vermikompostovacie lôžko, ktoré musí byť umiestnené v uzavretej a hlavne v zime dobre tepelne izolovanej nádobe, aby sa k dážďovkám nedostali ich prirodzení predátori a aby násada dážďoviek nevymrzla. Existujú rôzne metódy výroby vermikompostu napr. v na sebe poskladaných boxoch, či v automatických vermikompostéroch s násypkou substrátu v hornej časti a cyklickým odoberaním vermikompostu zo spodku vermikompostéru pomocou pohyblivého síta [3].

2.3 Anaeróbna fermentácia

Anaeróbna fermentácia je proces, pri ktorom anaeróbne mikroorganizmy postupne rozkladajú organický substrát za vzniku bioplynu. Bioplyn je produktom látkovej výmeny metánových baktérií, ku ktorej dochádza, keď baktérie rozkladajú organickú hmotu. Bioplyn je zmesou plynov a obsahuje 55–75% metánu, 25 – 40% oxidu uhličitého, a 1–3% ďalších plynov ako je dusík, vodík, sírovodík, vodné pary a stopové množstvo vzácnych plynov. Nie všetky organické odpady sú pre biofermentáciu vhodné, principiálne však platí, že členité tuhé materiály (konáre, tráva a pod.) sú vhodné pre kompostovanie, zatiaľ čo kvapalný a mokrá materiál ako je hnojovica, zvyšky jedál, tuky sa hodia pre anaeróbny proces. Čím vyšší je totiž obsah sušiny, tým sú potrebné vyššie náklady na prevádzku (dodávka vody), čo by malo za následok nevhodnosť prevádzky. Základné ciele bioplynovej technológie sú: získanie cennej energie, zníženie pachového zaťaženia, zníženie zaťaženia vzduchu metánom a čpavkom, zabránenie stratám na živinách, hygienizácia substrátu, spracovanie organických zvyškov [4].



Obrázok 4 Schéma bioplynovej stanice

3 ZÁVER

Pri úvahách o použití konkrétnej technológie spracovania bioodpadu by sa malo myslieť hlavne na množstvo spracovávaných odpadov, ďalej ich charakter vo vzťahu ku kontaminácii podzemných a povrchových vôd a vo vzťahu k možnosti vzniku zápachu.

V prípade, že budeme kompostovať materiály, u ktorých je reálne riziko tvorby zápachu a hlavne v prípade, že sa uvažovaná kompostáreň má nachádzať v blízkosti obytných zón, volíme uzavreté boxy, kde je problém vzniku zápachu eliminovaný. Uzavreté systémy kompostovania bude nevyhnutné používať aj pri kompostovaní živočíšnych vedľajších produktov (patrí medzi ne aj kuchynský a reštauračný bioodpad).



Vyplýva to z nariadenia Európskej komisie č. 1774/2002, ktorým sa stanovujú zdravotné predpisy týkajúce sa živočíšnych vedľajších produktov určených pre ľudskú spotrebu. Oproti tomu pre menšie kompostárne, ktoré majú spracovávať materiál charakteru záhradných odpadov, volíme jednoduchú a finančne, čo najmenej náročnú, kompostovaciu technológiu a techniku.

LITERATÚRA

- [1] Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky: Technológie na zhodnocovanie biologického odpadu v komunálnej sfére. Enviro.gov.sk [online]. 2007-02-27. Dostupné na internete: <http://www.enviro.gov.sk/servlets/files/16038>.
- [2] Černecký, J. – Kvasnová, P.: Technika odpadového hospodárstva. Vydavateľstvo TU vo Zvolene, 2007, ISBN: 978-80-228-1855-1, 160 s.
- [3] Kropáček, I. – Habart, J.: Mechanicko – biologická úprava odpadov. Biom.cz [online]. 2004-10-06. Dostupné na internete: <http://biom.cz/index.shtml?x=205534>. ISSN: 1801-2655.
- [4] Kružliak, O.: Techniko – konštrukčné riešenie bioplynových staníc, Zvolen, 2008, 116s.

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

Lektoroval: doc. Ing. Jozef Černecký, CSc.

Kontaktná adresa:

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



VPLYV PRÍDAVKOV MONTMORILLONITU, DREVNÝCH PILÍN A DREVNÉHO POPOLA NA SORPCIU FENOLU V DNOVÝCH SEDIMENTOCH

EFFECT OF ADDITION OF MONTMORILLONITE, WOOD SAWDUST AND FLY ASH ON SORPTION OF PHENOL IN BOTTOM SEDIMENTS

KUPKOVÁ Veronika – SIROTIK Maroš

ABSTRACT: Phenol is one of many dangerous substances and it is often used as source substance in many industries. From these sources it can be enlarge in environment. Phenol can be eliminate by sorption, biodegradation, oxidation or extraction, but economically best profitable is stabilization of phenol in soils and sediments. This contribution is attended to effect of addition of montmorillonite, wood sawdust and fly ash on sorption of phenol in bottom sediments of chosen water basin.

Key words: phenol, bottom sediments, sorption, montmorillonite.

ABSTRAKT: Fenol patrí medzi nebezpečné látky a je často používaný ako východisková látka v priemysle živíc, farieb, plastov, mazív aj agrochemikálií. Z týchto zdrojov sa môže ďalej dostať do okolitého prostredia. V prípade sedimentov sú nebezpečné najmä výluhy, ktoré vznikajú pri kontakte sedimentu s okolitým vodným prostredím. Fenol je možné odstrániť biodegradáciou, sorpciou, oxidáciou alebo extrakciou, ale ekonomicky najvýhodnejšia je jeho stabilizácia v pôdach/sedimentoch. V tomto príspevku sa venujeme vplyvu prídavku montmorillonitu, drevného prachu a drevného popola na sorpciu fenolu dnovými sedimentmi z vybraných vodných nádrží.

Kľúčové slová: fenol, dnové sedimenty, montmorillonit, sorpcia.

1 ÚVOD

Fenol patrí medzi východiskové látky používané v priemysle živíc, plastov, mazív, farieb ale aj farmaceutík a agrochemikálií [1]. Z týchto zdrojov sa ďalej môže dostávať do okolitého prostredia. Fenol patrí medzi nebezpečné látky. Pri práci s ním dochádza k vdychovaniu pár alebo sa absorbuje cez kožu, kde potom pôsobí toxicky. Boli popísané prípady, kedy došlo k intoxikácii organizmov pri kontakte s kontaminovanou pôdou [2].

V prípade sedimentov sú rizikové predovšetkým výluhy, ktoré vznikajú pri kontakte sedimentu s okolitým vodným prostredím. Z odpadových vôd (a aj výluhov) sa fenol odstraňuje rôznymi metódami ako sú napr. sorpcia [3,13], biodegradácia [4], oxidácia [5] alebo extrakcia [6]. Všetky tieto metódy, ktoré predstavujú urýchlené a zvýraznené prírodné procesy na prírodných zložkách sú využiteľné aj pre remediáciu dnových sedimentov. Ekonomicky najvýhodnejšia je však jeho stabilizácia v pôdach / sedimentoch, kde po určitom čase dôjde k odbúraniu fenolu mikroorganizmami. Ako sorpčné materiály sa využívajú najmä priemyselné (sadze, popolček) a poľnohospodárske odpady (kaly, piliny, jemne nasekaná biomasa), ktoré nahrádzajú účinný, ale pomerne drahý sorbent – aktívne uhlie [7,12]. Na odstraňovanie fenolu z vôd / stabilizáciu v pôdach a dnových sedimentoch je možné použiť aj ílové minerály, predovšetkým ich monominerálne alebo organicky modifikované formy [8,11]. V predkladanom príspevku sa venujeme vplyvu prídavkov ílového minerálu – montmorillonitu, drevných pilín a popola z drevných pilín na sorpciu fenolu dnovými sedimentmi z VD Ružín (na prítoku Hornád a Hnilec), VD Zemplínska Šírava a VD Veľké Kozmálovce.



2. MATERIÁL A METÓDY

V práci sa použil fenol s analytickou čistotou (p.a.). Základné fyzikálnochemické vlastnosti fenolu sú uvedené v Tab. 1.

Tabuľka 1 Základné fyzikálno-chemické vlastnosti fenolu [9]

CAS č.	108-95-2	Tlak nas. pár (20 °C)	0,2 hPa
Molekulová hmotnosť	94,11 g mol ⁻¹	Rozp. v H₂O (15 °C)	82 g l ⁻¹
Teplota topenia [°C]	40,9	pKa	9,95
Teplota varu [°C]	181,7	Log K_{ow} (BCF)	1,46

Ako skúmané sorbenty boli použité vzorky priehradných sedimentov (S1 – VD Ružín na prítoku rieky Hnilec, S2 – VD Ružín na prítoku rieky Hornád, S3 – VD Zemplínska Šírava, S4 – VD Veľké Kozmálovce). Vybrané vlastnosti študovaných materiálov sa nachádzajú v Tab. 2. Montmorillonit (frakcia pod 10µm) sa získal úpravou bentonitu z ložiska Stará Kremnička – Jelšový potok postupom uvedeným v [10]. Drevné piliny sa získali brúsením bukového dreva a sitovaním prachu na frakciu pod 0,5 mm. Drevný popol sa získal pálením drevných pilín pri 560°C v Muflovej peci po dobu 4 hod.

Tabuľka 2 Základné agrochemické vlastnosti študovaných sorbentov

	AKTÍVNA PÔDNA REAKCIA pH H₂O	VÝMENNÁ PÔDNA REAKCIA pH KCl	CaCO₃ (%)	NASÝTENIE SORP. KOMPLEXU V (%)	Cox (%)	HUMUS (%)
S1	6,08	5,28	0	86,94	4,902	8,451
S2	7,56	6,44	3,8	99,08	3,05	5,258
S3	7,46	6,51	2,2	94,76	1,64	2,827
S4	6,45	5,68	0	92,7	6,385	11,01

Stanovenie sorpčných závislostí sa vykonávalo rovnovážnymi nádobkovými, tzv. „batch“ experimentmi. Do série zábrusových Erlenmayerových baniek (100 ml) sa navážilo po 4 g danej, štandardne upravenej vzorky sedimentu resp. pôdy (sušenie pri laboratórnej teplote, drvenie pod frakciu 2 mm a homogenizácia) a prídavok 0,02 resp. 0,04 g skúmaného adsorbentu (piliny, popol, montmorillonit). Obsah prímеси tak predstavuje 0,5 resp. 1% z hmotnosti vzorky.

Zmes sa zaliata 40 ml 0,01 mol dm⁻³ vodného roztoku CaCl₂ s presne známou počiatočnou koncentráciou fenolu a s prídavkom NaN₃ pre zabránenie biologickej aktivity (tak, aby sa dosiahla koncentrácia azidu 0,0001 mol dm⁻³).

Erlenmayerove banky sa uzavreli a premiešavali 48 hodín na horizontálnej trepačke rýchlosťou 120 kmitov / minútu pri laboratórnej teplote 22±2 °C.

Po uplynutí času kontaktu sa suspenzia zliata do centrifugačných nádobiek, centrifugovalo sa (2000 ot. min⁻¹) a v čírom roztoku sa stanovila rovnovážna koncentrácia fenolu (C_{eq}) spektrofotometricky s 4-aminoantipyrínom ako činidlom vo viditeľnej oblasti.



Postup analytického stanovenia je v zhode s STN ISO 6439. Od stanovenej hodnoty bol vždy odčítaný prevádzkový blank.

Všetky realizované experimenty sa vykonávali v dvoch, najčastejšie však v troch paralelných meraniach. Sorbované množstvo (S_{eq} v mg kg^{-1}) sa vypočítalo z rozdielu počiatočnej C_0 (mg kg^{-1}) a rovnovážnej C_{eq} (mg kg^{-1}) koncentrácie v roztoku podľa vzťahu:

$$S_{eq} = \frac{(C_0 - C_{eq}) \cdot V}{m} \quad (1)$$

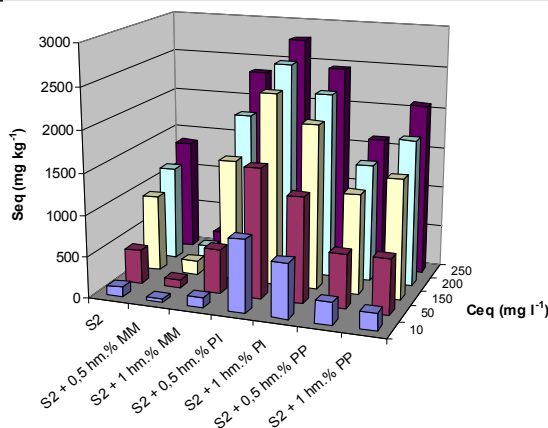
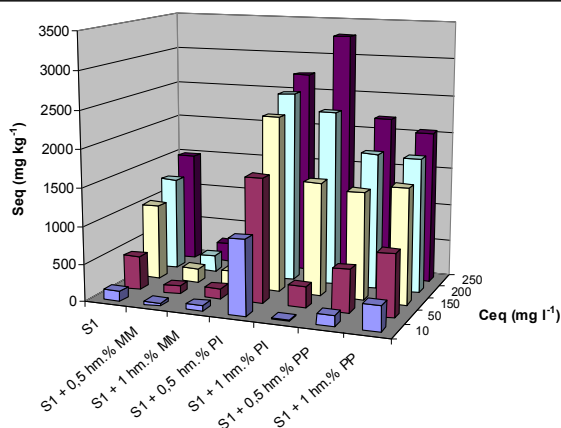
$V (\text{dm}^3)$ - použitý objem vodného roztoku,
 $m (\text{kg})$ - hmotnosť pôdy.

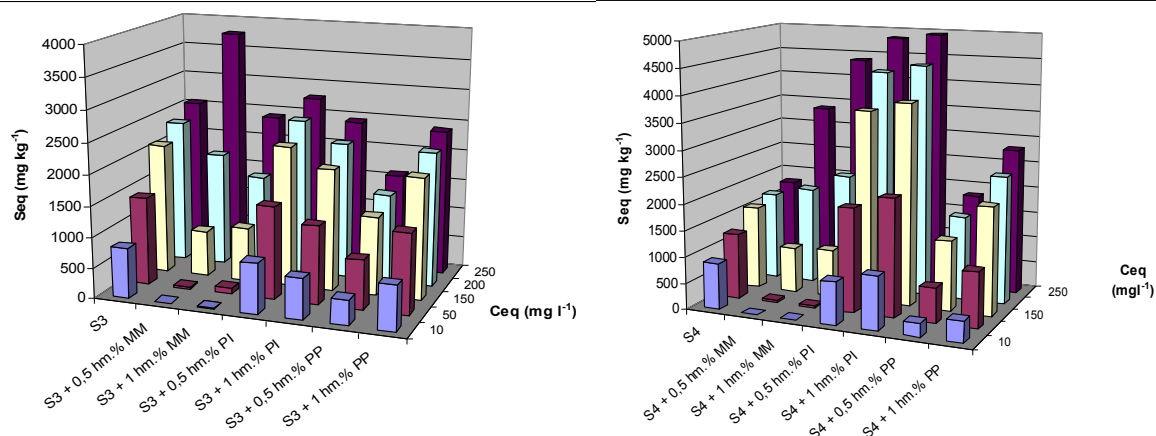
Závislosť sorbovaného množstva (S_{eq}) od rovnovážnej koncentrácie fenolu v roztoku sa vyhodnotila Freundlichovou adsorpčnou izotermou.

3 VÝSLEDKY A DISKUSIA

Najvyššiu sorpčnú kapacitu v študovanom rozsahu rovnovážnych koncentrácií (C_{eq}) spomedzi všetkých študovaných sorbentov vykazuje sediment S3 (VD Zemplínska Šírava). V prípade sedimentu S1 (VD Ružín na prítoku Hnilca) sa prídavok montmorillonitu na sorpčnú kapacitu prejavil negatívne. Naopak, prídavky pilín (neprepracovanej organickej hmoty) a popola (tzv. „black carbon“) sa prejavili zvýšením sorpčnej kapacity.

Sediment S2 (VD Ružín na prítoku Hornádu) podobne ako sediment S1 vykazuje zníženie sorpčnej kapacity pri prídavku 0,5 hm. % montmorillonitu, no pri prídavku 1 hm. % dochádza k jej zvýšeniu. Vplyv prídavkov pilín a popola je pozitívny. Prídavok montmorillonitu v prípade sedimentov S3 (VD Zemplínska Šírava) a S4 (VD Veľké Kozmálovce) sa pri nízkych rovnovážnych koncentráciách fenolu prejavuje negatívne a naopak pri vyšších rovnovážnych koncentráciách fenolu pozitívne. Pozitívny vplyv prídavkov pilín na sorpčnú kapacitu je viditeľný najmä v prípade sedimentu S4.





Obrázok 1 Vplyv prídavkov montmorillonitu (MM), drevných pilín (PI) a popola (PP) na sorpciu fenolu v dnových sedimentoch

4 ZÁVER

Experimentálnym štúdiom vplyvu prídavkov rôznych, v prírode sa vyskytujúcich materiálov na sorpciu fenolu dnovými sedimentmi sa potvrdil predpoklad preferencie sorpcie tohto hydrofilného organického polutantu do „neprepracovanej“ organickej hmoty (drevných pilín).

Vplyv prídavku montmorillonitu na sorpčnú kapacitu dnových sedimentov závisí nielen od jeho obsahu, ale aj od rovnovážnej koncentrácie fenolu v okolítom prostredí. Ukazuje sa, že tento adsorbent je účinný najmä pri vyšších rovnovážnych koncentráciách fenolu. Pozitívny vplyv prídavku popola na sorpčnú kapacitu sa prejavuje v celom rozsahu študovaných koncentrácií fenolu.

LITERATÚRA

- [1] GRUŠKO, J.M. Škodlivé organické látky v průmyslových odpadních vodách. Praha: STNL, 1983
- [2] RAHMAN, M.A. SKOWRONSKI, G.A. a TURKALL, R.M. 2006: Impact of Aging Time on the Dermal Penetration of Phenol in Soil. *Soil & Sediment Contamination* 15, 47 - 60
- [3] JUANG, R.S., SU-HSIA, L. a KUNG-HSUEN 2004: Sorption of phenols from water in column systems using surfactant – modified montmorillonite. *J. Colloid and Interface Sci.*, 269, 46 – 52
- [4] HAGHIGHI-PODEH, M.R., BATTACHARYA, S.K. A QU, M. 1995: Effects of nitrophenols on acetate utilizing methanogenic systems. *Water Res.* , 29, 391 – 399
- [5] SOLDÁN, M. 2007: Nebezpečné vlastnosti fenolu a jeho derivátov, ich monitorovanie a odstraňovanie zo zložiek životného prostredia. Dangerous properties of phenol and its derivatives, monitoring and removal from environmental. - 1. vyd. - Trnava : AlumniPress, - 71 s. - (Vedecké monografie; 8/2007). – ISBN 978-80-8096-023-0



- [6] ASHUNTOSH, D A SHARMA, D.K. 1998: Adsorption of phenol from aqueous solutions by oxidized and solvent-extracted residual coal. *Energy res.*, 20, 821-830.
- [7] UDDIN, M.T., ISLAM, M.S. A ABEDIN, M.Z. 2007: Adsorption of phenol from aqueous solution by water hyacinth ash. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2, 11 – 17
- [8] ISAACSON, P.I. A SAWHNEY, B.L. 1983: Sorption and transformation of phenols on clay surfaces: effect of exchangeable cations. *Clay Minerals*, 18, 253-265
- [9] ChemDAT. Chemická databáza MERCK na CD, 2006
- [10] JASENÁK, K., KUČTA, L., GULLER, L. a FÚSKOVÁ, J. 1997: Physico – Chemical Properties of Bentonite „Stará Kremnička – Jelšovský Potok“ I. *Mineralia Slovaca*, 29, s. 439 – 442
- [11] NG S.L., SENG C.E., LIM P.E. 2009: Quantification of bioregeneration of activated carbon and activated rice husk loaded with phenolic compounds. *Chemosphere* 75, 1392-1400
- [12] LIU H., LIANG M.Y., LIU C.S., GAO Y.X., ZHOU J.M. 2009: Catalytic degradation of phenol in sonolysis by coal ash and H₂O₂/O₃. *Chemical Engineering Journal* 153, 131-137
- [13] YAHIA A. ALHAMED 2009: Adsorption kinetics and performance of packed bed adsorber for phenol removal using activated carbon from dates' stones. *Journal of Hazardous Materials* 170, 763-770.

Tento príspevok je prezentovaný v rámci riešenia grantovej úlohy VEGA č. 1/0352/09.

Lektoroval: Ing. Andrea Neupauerová, PhD.

Kontaktná adresa:

Ing. Kupková Veronika , MTF STU, Ústav bezpečnostného a environmentálneho inžinierstva,
Katedra Environmentálneho inžinierstva, Botanická 49, 917 24 Trnava.

RNDr. Sirotiak Maroš , MTF STU, Ústav bezpečnostného a environmentálneho inžinierstva,
Katedra Environmentálneho inžinierstva, Botanická 49, 917 24 Trnava.



WASTE PLYWOOD RECYCLING POSSIBILITIES - A SURVEY OF STUDIES

KUROWSKA Agnieszka – BORYSIUK Piotr

ABSTRACT: The text is a survey of potential possibilities of waste plywood use (plywood edging industrial waste, post consumer plywood). Waste plywood, including other wood wastes, can be used for production of particleboards. Composting can make an alternative of waste burning or storage on landfill. Research on wood waste materials (containing UF resin) recycling possibilities, through decomposition by fungi, is carried out. It should be presumed that a variety of waste plywood use methods now being worked out will contribute to its effective use from both qualitative and quantitative point of view.

Keywords: waste plywood, burning, recycling, particleboards, composting.

1 INTRODUCTION

Generation of various kinds of waste is an inseparable phenomenon accompanying wood processing. Materials and ready made products whose Life Cycle Assessment (LCA) is completed belong to this category also. The waste including technological additives (resins, varnishes, films) is especially onerous with regard to its use. In production process of this kind of plywood, the waste is generated in the process of board edging and the boards themselves when their Life Cycle Assessment is completed. Basically three ways of waste plywood use can be distinguished: burning to gain energy, re-use (material recycling) and biological decomposition (organic recycling). In accordance with the laws now in force, burning and storage of waste matter on landfill is not considered a form of recycling (EC Directive 99/31/UE of 26 April 1999 on waste storage, Journal of EC L 182 of 16 July 1999; Act of 27 April 2001 on waste: Journal no. 62 item 628 of 20 June 2001 and no. 41, item 365 of 2002 with subsequent amendments).

2 POTENTIAL POSSIBILITIES OF WASTE PLYWOOD USE

In underdeveloped and developing countries, significant amounts of waste plywood (post consumer kind especially) are burnt in households together with other waste matter or stored on landfill.

Table 1 Pilot-scale burning tests: selected flue gas emission values (Tatàno et al. 2009)

Selected flue gas emission values	Raw woods (mix)	Particleboard (raw)	MDF	Plywood
CO (mg Nm ⁻³)	1693	1240	1854	1234
HCl (mg Nm ⁻³)	122,9	52,3	87,3	91,5
SO ₂ (mg Nm ⁻³)	105,0	33,8	100,5	95,2
NO _x (mg Nm ⁻³)	42,6	75,2	79,8	138,8



This kind of practice is in contradiction with the laws ordering their burning in appropriate furnaces (possible harmful emissions with regard to the presence of technological additives like resins, varnishes, films) or limiting the amounts of stored waste subject to biological decomposition (wood waste contains about 90% organic matter).

The research carried out by Tatàno and others (2009).

shows that in the process of plywood burning out of control, three times as much amount of nitrogen oxides is emitted to atmosphere than during burning of raw wood (tab. 1) which, as a result, leads to increase of greenhouse effect. Emission of harmful compounds can be avoided by burning in modern furnaces, ensuring supply of adequate amounts of oxygen, in temp. above 850 °C.

Composting can make a rational method of waste plywood use. With respect to wood as an organic material it is an alternative of burning. Compost made of wood waste, not containing environment harmful substances, can be used for fertilization of sterile soil or growing of plants. Wróblewska and others (2008) show that addition of exterior plywood compost in mineral soil stimulates the growth of willow *Salix alba L.* It has been found that subsoil containing 25% interior plywood waste compost has negative impact on willow growth due to very large content of mineral nitrogen. The researchers stress also that because of possible content of harmful substances (heavy metals, formaldehyde etc.) in composts made of wood waste its amount should be limited in subsoil provided for growing of consumer plants (Wiltcher et al. 2000, Wróblewska et al. 2008). One should take note however that preparing compost of waste plywood is a long lasting process (www.finnforest.com).

The new approach of research with respect to possible recycling of wood waste materials (produced with UF resin) is presented by American researchers. Gusse and others (2006) show that *Phanerochaete chrysosporium* fungus has UF resin decomposition properties. A commercial application of this solution can be inhibited however by low efficiency of the process.



Figure 1 Thin particleboard from GreenTech Panels made of 100% post consumer waste wood. (www.woodsymposium.wsu.edu)



Dynamic development of wood processing branch makes the producers search for new sources of raw material. Care of natural environment and new laws resulting from it have caused that wood derived panel industry of the last decade uses more and more post consumer wood wastes (elements of buildings, furniture, pallets and packages). Waste plywood, in combination with other wood wastes can make a full quality raw material for production of particleboards. For example, a German Company GreenTech Panels have produced thin fire retardant, moisture resistant, laminated decorative particleboards, made in 100% of post consumer wood wastes for several years (Fig. 1). Application of this kind of material permits 20% decrease in drying costs. Lower energy consumption in drying process is compensated however by higher consumption of energy in wastes cleaning process. Logistic conditions related to accumulation and transport of this kind of material make the biggest problem at present.

Demirkir and others (2007) have examined formaldehyde emission in particleboards (with UF glue, thickness 18 mm, density 680 kg/m³) made of peeling cores, dried veneer residues and plywood edging waste. Waste particles coming from plywood edging were obtained by direct chipping and chipping preceded by hydrothermal processing (110°C, 20 min.) in a digester. It was found that the particleboards made of wastes subject to previous hydrothermal process emitted smaller amount of formaldehyde (perforator method) than the one made of wastes obtained by direct chipping. Simultaneously both variants of particleboards acquired lower value of formaldehyde emission as compared with the control particleboards or those made of chipped peeling cores or veneer waste.

3 CONCLUSIONS

Potential possibilities of the use of waste plywood have been presented in this study. Commercial application of particular solutions will surely depend on logistic and technological conditions, efficiency of given process or potential market of the manufactured products. It should be presumed that the most rational and hopeful solution will be plywood chipping and its use in production of particleboards.

At present, research on the use of waste plywood for manufacturing of thin, mid thickness particleboards useful in furniture and construction industry, is carried out at the Faculty of Wood Products, University of Life Sciences in Warsaw. The scope of works comprises chipping of waste plywood and making boards varying by thickness, structure (single and three layer), amount of waste particles additive, kind of glue (UF, PF, MUF) and glue loads.

REFERENCES

- [1] Act of 27 April 2001 on waste: Journal no. 62 item 628 of 20 June 2001 and no. 41, item 365 of 2002 with subsequent amendments)
- [2] Asaria M., Takatsukia H., Yamazakib M., Azumab T., Takigamic H., Sakaic S., 2004: Waste wood recycling as animal bedding and development of bio-monitoring tool using the CALUX assay. *Environment International*, No 30, s. 639– 649
- [3] Demirkir C., Çolakoğlu G., 2007: Formaldehyde emission from particleboards manufactured with waste materials from plywood industry. *Holz Roh Werkst*, No 65, s. 483 – 484



-
- [4] EC Directive 99/31/UE of 26 April 1999 on waste storage, Journal of EC L 182 of 16 July 1999
 - [5] Gusse A., Miller P., Volk T.J., 2006: White-rot fungi demonstrate first biodegradation of phenolic resin. Environmental Science & Technology, No 40, s. 4196 – 4199
 - [6] Tatàno F., Barbadoro L., Mangani G., Pretelli S., Tombari L., Mangani F., 2009: Furniture wood wastes: Experimental property characterisation and burning tests. Waste Management, No. 29, s. 2656 – 2665
 - [7] Wiltcher D., Borazjani H., Diehl S.V., Stewart H.A., 2000: Composting of phenolic - bonded softwood plywood waste. Forest Products Journal, Vol. 50, No. 10, s. 82 - 85
 - [8] Wróblewska H., Kozik E., Czajka M., 2008: Effect of composts from wood waste material on the growth and nutritional status of willow *Salix alba* L. Journal of Research and Application in Agricultural Engineering, Vol. 53, No 4, s. 143 - 147
 - [9] www.finnforest.com
 - [10] www.woodsymposium.wsu.edu/Proceedings05/Session%20II%20pdf%20files/Kessin.pdf

The issue of waste plywood usefulness in production of particleboards is the subject of research carried out in the framework of doctoral dissertation at the Faculty of Wood Technology, University of Life Sciences in Warsaw.

Lectured: Ing. Eva Ružinská, PhD.

Address:

Kurowska Agnieszka, Borysiuk Piotr - Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Faculty of Wood Technology, 159 Nowoursynowska St., 02-787 Warsaw, Poland.



DREVNÝ PRACH A MERANIE JEHO POVRCHOVÝCH VLASTNOSTÍ

WOOD DUST AND MEASURING ITS SURFACE PROPERTIES

KVASNOVÁ Petra

ABSTRACT: This paper presents the problematic of measuring wood dust surface properties. Deals with the wood dust which is generated by the transverse and longitudinal grinding oak and beech. Results of labor can be applied for increasing of work environment ecology and their fire safety.

Key words: Wood dust, beech, oak, grain, bulk angle, tilt angle.

ABSTRAKT: Príspevok prezentuje problematiku merania povrchových vlastností drevného prachu. Pojednáva o drevnom prachu, ktorý vzniká pri priečnom a pozdĺžnom brúsení duba a buka. Výsledky môžu byť využité na zlepšenie pracovného prostredia, ekológie a požiarnej bezpečnosti.

Kľúčové slová: Drevný prach, buk, dub, zrnitosť, sypný uhol, uhol sklzu.

1 ÚVOD

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

Tvar a veľkosť častíc patria medzi najdôležitejšie vlastnosti prachových častíc, ktoré charakterizujú častice a stanovujú stupeň ich odlúčenia z plynného prostredia. Rovnako od nich závisia aj pohybové vlastnosti, ktoré pri odlučovačoch rozhodujú o odlučovacích rýchlostiach a teda aj o ich konečnom stupni odlúčenia. Veľkosť a tvar častíc teda ovplyvňujú fyzikálne vlastnosti sypkej hmoty (sypnú hustotu, sypný uhol, uhol sklzu, aerodynamické vlastni častíc v potrubí systému odsávania) ako aj podmienky odlúčenia alebo filtrácie v odlučovacom zariadení.

Sypná hmota má väčšinou nehomogénne zloženie čo do veľkosti a počtu jednotlivých častíc. Frakčné zloženie partikulárnej látky je preto možno stanoviť niektorou z metód disperzného rozboru. Zrnitosť hrubších sypkých hmôt, napr. odlúčeného prachu pri mechanických odlučovačoch, možno jednoducho zisťovať pomocou sitovej analýzy. Sitovaním pritom nezisťujeme priamo rozmer častice, ale triedime súbor častíc do jednotlivých veľkostných intervalov, odkiaľ sa potom príslušným postupom odvodí kumulatívna krivka zrnitosti (krivka zvyškov alebo prepádov).

2 VÝBER, CHARAKTERISTIKA A PRÍPRAVA VZORIEK

Pri stanovovaní povrchových vlastností sypnej hmoty je nutné vychádzať z toho, že chovanie častíc laminárnych a fibrilárnych (neizometrických) v aerodynamike prúdu pri pohybe v plynnom prostredí sa nedá presne definovať, pretože ich pohyb závisí od polohy častice voči smeru ich relatívneho pohybu vzhľadom k okolitému prostrediu. Preto v teoretických riešeniach pohybu častíc v aerodynamike prúdu sa vychádza z izometrického tvaru častíc, čo predstavuje častica guľovitého tvaru.



Na základe daného konštatovania sme vychádzali aj pri meraní a vyhodnocovaní vzoriek použitých na sitovú analýzu a pri meraní sypného uhla a uhla sklzu. Pre prípravu kompaktných vzoriek sa vybrali dve dreviny: dub a buk s modelom brúsenia pozdĺž vlákien (0°) a modelom brúsenia kolmo na vlákna (90°).

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

Na meranie sypného uhla sa použilo zariadenie, ktoré vlastní Katedra environmentálnej techniky. Z výškovo nastaviteľného lievika sa materiál voľne sype cez násypku na násypnú kruhový terčik. Nastaviteľný držiak s násypkou sa v priebehu merania postupne dvíha tak, aby výstupný otvor násypky bol stále tesne nad vrcholom tvoreného kužeľa. Po prekrytí celej plochy kruhového terčika a prepádávaní prebytočného materiálu z násypného kruhového terčika sa meranie ukončí a následne sa zmeria uhlomerom sypný uhol materiálu.

Na uvedených vzorkách dubového a bukového prachu sa meral aj uhol sklzu. Merania sa uskutočnili rovnako na zariadení, ktoré vlastní Katedra environmentálnej techniky. Vzorka sa naniesie z minimálnej výšky na sklznú plochu, ktorá je vo vodorovnej polohe. Prebytočný materiál sa odhrnie šablónou. Počas merania sa sklzná doska pomaly dvíha až do okamihu, keď sa všetok materiál, resp. jeho podstatná časť dá do pohybu. Vtedy sa dvíhanie sklznej dosky ukončí a odčíta sa uhol sklzu na uhlovej stupnici.

3 VYHODNOTENIE MERANÍ

Merania povrchových vlastností dreveného prachu sa uskutočnili v laboratóriách Katedry environmentálnej techniky. Na kompletizáciu výsledkov, resp. možnosti merania zrnitosti častíc bolo z Katedry obrábania dreva DF zapožičané vibračné sitovacie zariadenie. Zariadenia na meranie sypného uhla a uhla sklzu vlastní Katedra environmentálnej techniky.

3.1 Meranie zrnitosti

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

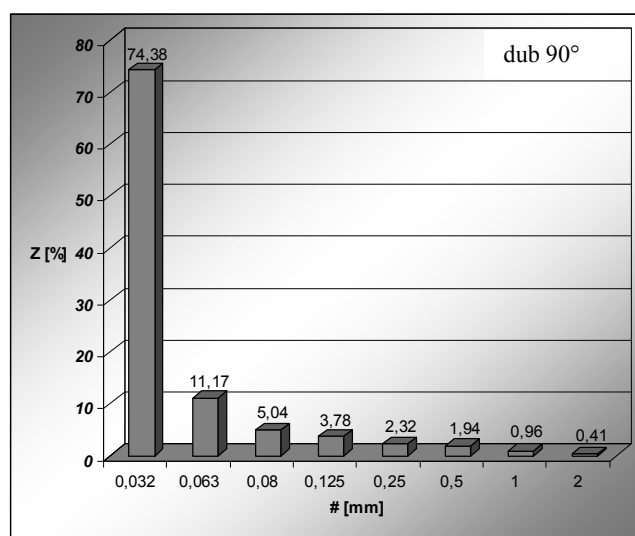
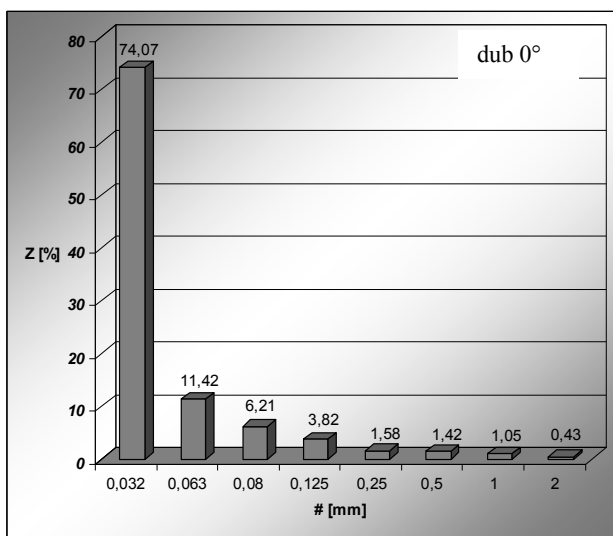
V tab. 1 sú uvedené výsledky z merania zrnitosti dubového prachu pri brúsení pozdĺž vlákien a kolmo na vlákna. Uvedené výsledky sú znázornené aj graficky (graf 1 a 2).



Tabuľka 1 Granulometrické zloženie dubového prachu

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

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



Graf 1 a 2 Krivky zvyškov z granulometrickej analýzy dubového prachu z pozdĺžneho (0°) a kolmého (90°) modelu brúsenia

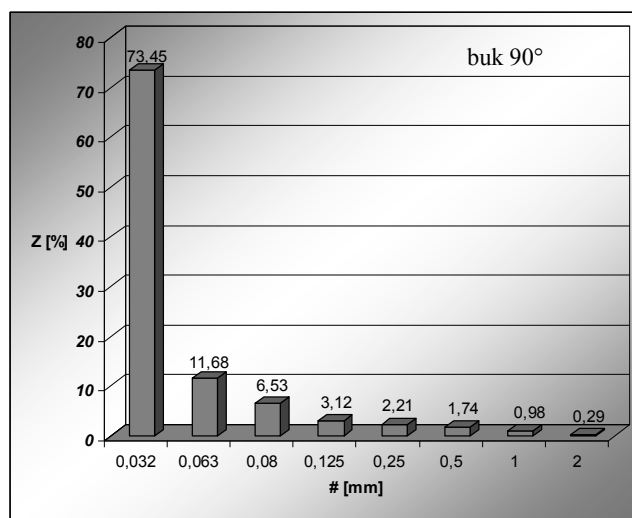
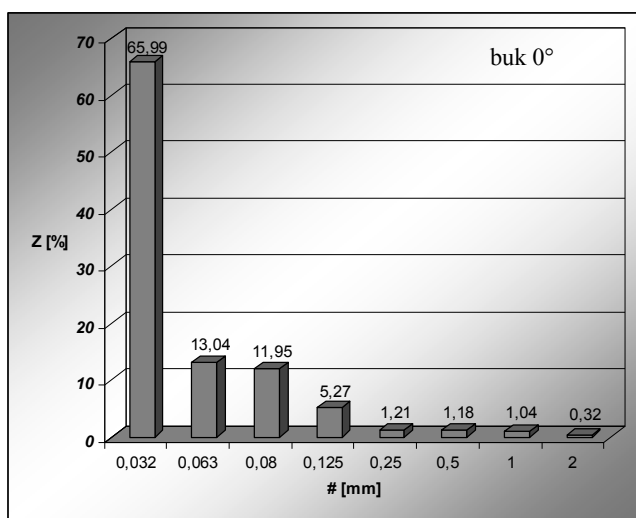
Na základe sitovej analýzy boli ďalej zostrojené krivky zvyšku priemerného zastúpenia frakcií pri pozdĺžnom a kolmom modeli brúsenia buka (tab. 2, graf 3 a 4).



Tabuľka 2 Granulometrické zloženie bukového prachu

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

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



Graf 3 a 4 Krivka zvyšku z granulometrickej analýzy bukového prachu z pozdĺžneho (0°) a kolmého (90°) modelu brúsenia

3.2 Meranie sypného uhla

Sypný uhol je definovaný ako uhol odklonu voľne sypaného materiálu od vodorovnej podložky a je teda vyjadrením miery stability nestlačenej vrstvy častíc. Pre každú vzorku prachu sa uskutočnilo 10 meraní, z ktorých sa vypočítala priemerná hodnota sypného uhla. Pri meraní sa dospelo k záverom, že vyššie hodnoty sypného uhla dosahujú materiály s jemnejšou zrnitosťou. Zároveň je možné konštatovať, že sypaná vrstva týchto častíc bola stabilnejšia ako pri časticiach s väčšou zrnitosťou. Výsledky sú zhrnuté v tab. 3.



Tabuľka 3 Sypný uhol drevného prachu

	Sypný uhol (°)			
	Dub 0°	Dub 90°	Buk 0°	Buk 90°
$\bar{x}$	49,8	50,7	48,0	48,7

Dubový a bukový prach z kolmého modelu brúsenia mali v priemere vyššie hodnoty sypného uhla v porovnaní s pozdĺžnym modelom brúsenia. Najvyššiu hodnotu sypného uhla mal dubový prach (kolmý model brúsenia) a najnižšiu hodnotu mal bukový prach s pozdĺžneho modelu brúsenia.

3.3 Meranie uhla sklzu

Uhol sklzu, rovnako ako sypný uhol patrí medzi vlastnosti, ktoré vyjadrujú určitú mieru stability vrstvy prachu. Pre každú vzorku prachu sa uskutočnilo 10 meraní, z ktorých sa vypočítala priemerná hodnota uhla sklzu. Výsledky sú zhrnuté v tab. 4.

Tabuľka 4 Uhol sklzu drevného prachu

	Uhol sklzu (°)			
	Dub 0°	Dub 90°	Buk 0°	Buk 90°
$\bar{x}$	41,5	42,8	35,4	37,2

Pri meraní sa dospelo k záverom, že najvyššiu hodnotu uhla sklzu (rovnako ako sypného uhla) má dubový prach z kolmého modelu brúsenia. Pri bukovom prachu je to obdobné, pri kolmom modeli brúsenia je hodnota uhla sklzu vyššia ako pri priečnom modeli brúsenia.

4 ZÁVER

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

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

Ďalšou sledovanou vlastnosťou bol sypný uhol. Dubový prach z kolmého modelu brúsenia mal v priemere najvyššiu hodnotu sypného uhla 50,7°, pri pozdĺžnom modeli brúsenia bol priemerný sypný uhol 49,8°. Bukový prach mal hodnotu sypného uhla pri kolmom modeli brúsenia 48,7°, pri pozdĺžnom 48°, čo bola najmenšia priemerná hodnota sypného uhla.

Poslednou sledovanou vlastnosťou bol uhol sklzu. U vzoriek dubového prachu z kolmého modelu brúsenia sa namerala hodnota 42,8°, pri priečnom modeli 41,5°. Hodnoty uhla sklzu bukového prachu sú o niečo menšie, pre kolmý model brúsenia 37,2° a pre priečny rez 35,4°. Meranie uhla sklzu je veľmi významné hlavne pri návrhu konštrukcií výsypiek.



Treba však brať do úvahy hlavne materiál, resp. druh a kvalitu povrchu materiálu, z ktorého bude daná výsypka konštruovaná.

V súčasnosti sa Katedra environmentálnej techniky zaoberá monitorovaním úniku popolčeka zo závodov vo Zvolenskom regióne a meraním jeho povrchových vlastností. Na uvedenú problematiku je podaný aj projekt KEGA, na základe ktorého mohol tento článok vzniknúť.

LITERATÚRA

- [1] DOLNY, S.: Transport pneumatyczny i odpylanie w przemyśle drzewnym, Poznań, Wydawnictwo akademii rolniczej w Poznaniu, 1993, s. 141-143.
- [2] HEJMA, J. a kol.: Vzduchotechnika v dřevozpracovávajícím průmyslu, Praha, SNTL Nakladatelství technické literatury, 1981, s. 34, 36, ISBN 04-829-81.
- [3] HORÁK, M.: Technika ochrany ovzdušia, Bratislava, ES STU, 1996, s. 26, 29, 60-62.
- [4] LONGAUER, J. – SUJOVÁ, E.: Vybrané vlastnosti tuhých častíc. Vedecké štúdie, TU vo zvolene, 2000, s. 10-11, 14, 34-35, ISBN 80-228-1022-3.
- [5] STN 83 4501: Ochrana ovzdušia.
- [6] Zákon 478/2002 Z. z. - Zákon o ochrane ovzdušia a ktorým sa dopĺňa zákon č. 401/1998 Z. z. o poplatkoch za znečisťovanie ovzdušia v znení neskorších predpisov (zákon o ovzduší).

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

Lektoroval: doc. Ing. Jozef Černecký, CSc.

Kontaktná adresa:

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



VYUŽITIE SILOVÝCH ÚČINKOV ELEKTROSTATICKÉHO POĽA NA SEPARÁCIU ZMESI UHLÍKA A CEMENTU

UTILIZING THE FORCE OF STATIC ELECTRIC FIELD ON THE SEPARATION OF CARBON AND CEMENT MIXTURE

MAKOVÍNY Ivan

ABSTRACT: I was realised elektrostatic drum separator on the separation of carbon and cement mixtures. Separator test determines carbon separator efficiency 69 % and cement separator efficiency 93 %.

Key wood: drum separator, mixture, carbon, cement, efficiency.

ABSTRAKT: Realizovaný bol elektrostatický valcový separátor na separáciu zmesi uhlíka a cementu. Skúšky separátora ukázali, že pracuje s účinnosťou separácie uhlíka 69 % a cementu 93 %.

Kľúčové slová: valcový separátor, zmes, uhlík, cement, účinnosť.

1 ÚVOD

Význam separácie v priemyselnej praxi narastá s rastúcou potrebou recyklácie materiálov. Cieľom separácie je zvýšiť koncentráciu jednej alebo viacerých zložiek v pôvodnej zmesi. V zariadeniach vykonávajúcich separáciu - v separátoroch sa využívajú rôzne fyzikálne princípy. Dôležitú skupinu separátorov pre práškové materiály predstavujú elektrostatické separátory.

Cieľom tejto práce je opísať realizáciu elektrostatického valcového separátora a uviesť výsledky overenia účinnosti separácie elektricky vodivých a nevodivých práškových častíc - zmesi uhlíka a cementu.

2 SEPARÁCIA V ELEKTROSTATICKOM POLI

Separáciou sa rozumie rozdelenie zmesi látok na jednotlivé zložky. Tieto zložky zmesi sú v interakcii resp. vo väzbách, ktoré sa musia v procese separácie prerušiť.

Proces prerušenia väzieb sa uskutočňuje rôznymi spôsobmi – chemicky, biologicky alebo fyzikálne. Elektrostatické separátory pracujú na fyzikálnom princípe, pričom využívajú silové účinky elektrostatického poľa. Okrem elektrických síl v pracovnom priestore separátora však na častice pôsobia aj ďalšie sily, najmä je to gravitačná sila a Stokesova trecia sila odporu vzduchu.

Elektrická sila v elektrostatickom poli pôsobí len na elektricky nabité častice. Čiastočka akejkoľvek látky, nedotýkajúca sa ostatných, je schopná prijímať v elektrickom poli k svojmu povrchu elektrický náboj a držať ho až do doby, kedy bude vonkajšími silami prinútená ho uvoľniť. Drobné čiastočky sa môžu nabiť rôznymi spôsobmi, najmä dotykom s vodivou elektródou kontaktne alebo tzv. korónovým nabíjaním. V oboch prípadoch sa dosahuje nabitie častíc v elektrickom poli.

Spôsob nabíjania absorbovaním voľných priestorových nábojov z korónového výboja sa uskutočňuje v korónovom priestore, difúziou iónov alebo bombardovaním iónmi.



Tento proces je nezávislý od vodivosti látok, takže sa môžu nabíjať ako vodiče tak aj nevodiče. K nabíjaniu v oblasti korónového výboja dochádza prednostne bombardovaním iónmi. Po absorbovaní iónov sa mení elektrické pole v okolí častice a zároveň sa mení aj rýchlosť nabíjania.

K nabíjaniu neutrálnych častíc dochádza po ich priblížení sa k elektróde, resp. po vstupe do korónového priestoru. Častice v separátore získavajú náboj opačného znamienka, ako je polarita elektródy. Sila, ktorou je jedna nabitá častica pridržovaná na elektróde (ktorej nosič náboja pre nedostatočnú vodivosť pri dotyku s elektródou nemôže odtečť), je identická so silou medzi nábojom a zrkadlovým obrazom tohto náboja, platí vzťah:

$$F = \frac{Q^2}{4\pi \cdot a^2 \cdot \varepsilon}, \quad (1)$$

Q - veľkosť náboja častice,

ε - permitivita,

a - vzdialenosť stredu ťažiska nosiča náboja od povrchu elektródy, [1, 2, 4, 5].

Separácia častíc je podmienená rozdielnou elektrickou vodivosťou častíc zmesi. V procese separácie sa nabité častice vplyvom elektrickej sily pohybujú k elektróde s opačnou polaritou. Častice s vysokou elektrickou vodivosťou ľahko odovzdávajú svoj náboj a odskakujú od elektródy. Častice s nízkou elektrickou vodivosťou (pod 10^{-2} pm^{-1}) sa vybíjajú pomaly. Usadzujú sa na elektróde (prilipnú) a vytvárajú vrstvu ktorá sa musí v procese separácie z elektródy stierať.

3 NÁVRH A REALIZÁCIA LABORATÓRNEHO SEPARÁTORA

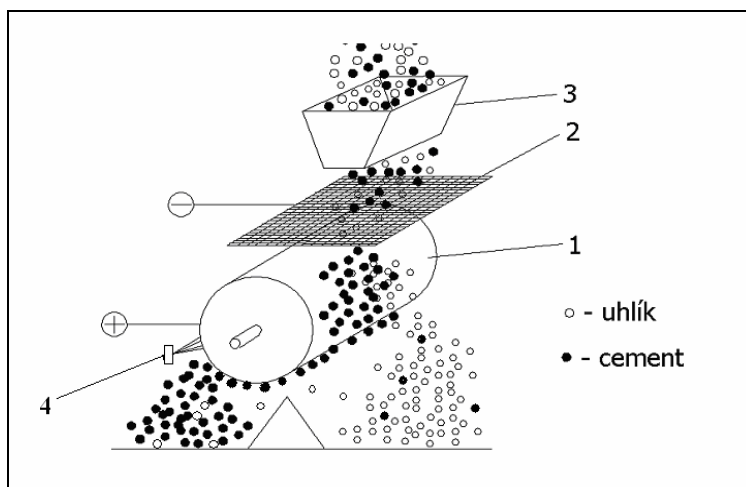
Na obr. 1 je načrtnutý princíp realizovaného separátora. Zmes elektrických častíc vodivých spoločne s nevodivými časticami sa z násypky vysypáva cez sieťkovú elektródu a dopadajú na otáčajúci sa valec. Vysoké jednosmerné napätie je pripojené na sieťkovú elektródu a valec.

Z dávkovača, násypky sú uvoľňované častice na ktoré pôsobí sila na dráhe medzi ústím násypky a sieťkovou elektródou gravitačná sila F_g a Stokessova sila F_s . Po prechode sieťkovou elektródou vstupujú častice do priestoru, ktorý je približne vymedzený obomi elektródami (sieťkovou valcovou) do elektrického pola. Tu pôsobí ešte sila elektrická F_e , ktorá má smer dotyčnice v každom mieste siločiar.

Silochiary čiary intenzity elektrostatického pola predstavujú krivky medzi obomi elektródami. Elektrické pole závisí od geometrického tvaru elektród a od vzájomného geometrického usporiadania elektród. Preto aj elektrická sila bude mať podľa polohy častice v priestore obecné rôznu veľkosť a tiež aj smer.

Pre výslednú silu $\vec{F}$ pôsobiacu v elektrickom poli separátora tu platí:

$$\vec{F} = \vec{F}_g - \vec{F}_s + \vec{F}_e \quad (2)$$



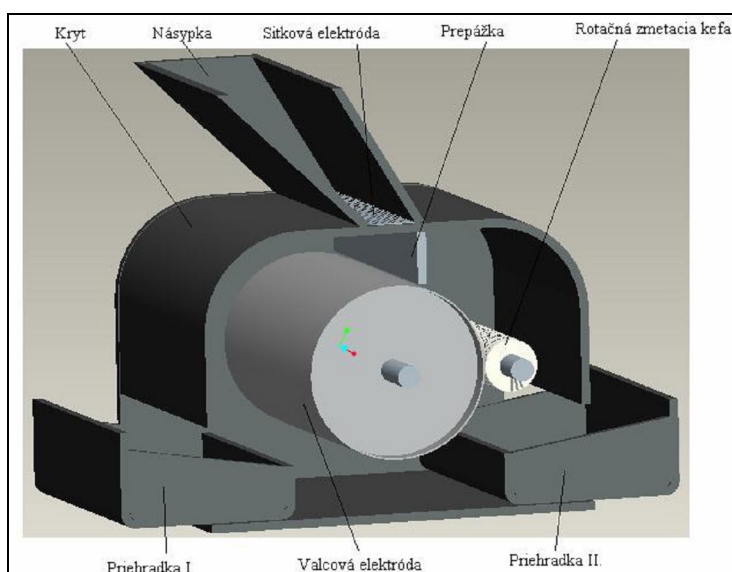
Obrázok 1 Princíp usporiadania realizovaného elektrostatického valcového separátora
1 – valcová elektróda, 2 – sieťková elektróda, 3 – násypka, 4 – rotačná kefka

3.1 Opis separátora

Návrh laboratórneho separátora vychádza z usporiadania systému načrtnutého na obr. 1. Vysoké napätie je privádzané zo zdroja vn na elektródy separačného zariadenia. Mínusový pól je pripojený na sieťkovú elektródu a plusový pól na valcovú elektródu.

Napätie pri experimente bolo 15 kV. Realizovaný separátor pozostáva z dvoch hlavných častí - zdroja vysokého jednosmerného napätia (vn) a zariadenia pre separáciu. Hlavné časti vn zdroja sú: zdroj impulzov, vn transformátor, usmerňovač a násobič.

Zdroj sme realizovali podľa známych riešení obvodov. Zariadenie pre separáciu pozostáva z týchto častí: dvoch elektród (pohyblivej – valca a elektródy pevnej – sieťky), násypky, dvoch priehradiek, rotačnej - zmetacej kefky a krytu, obr. 2.

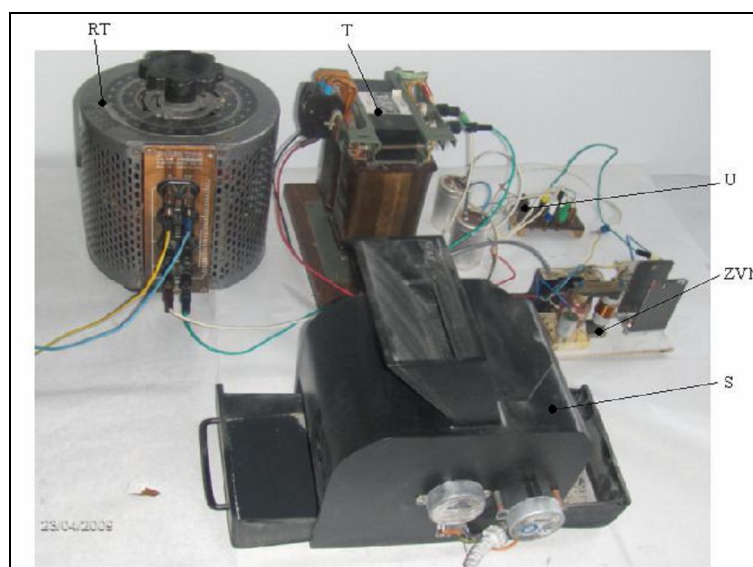


Obrázok 2 Počítačový model separačného zariadenia

3.2 Činnosť navrhnutého separátora

Častice zmesi ktorá sa vsypáva medzi elektródy, pripojené na vysoké napätie. Pri prechode sieťkovou elektródou sa častice nabíjajú. V elektrickom poli vytvorenom medzi sieťkovou a valcovou elektródou pôsobí na nabité častice elektrická sila.

Vodivé častice po dotyku s valcom strácajú svoj elektrický náboj a pohybujú sa ďalej len vplyvom gravitačnej sily. Nevodivé častice sa prichytia, prilepia na valec a odstraňujú sa mechanicky kefkami, obr. 3.



Obrázok 3 Realizovaný separátor S, vn zdroj ZVN a napájací obvod so sieťovým regulačným transformátorom RT, usmerňovač U a transformátor T.

4 EXPERIMENTÁLNE OVERENIE ČINNOSTI SEPARÁTORA

4.1 Materiál a postup práce

Činnosť separátora sme overovali pri separácii zmesi portlandského cementu a práškoveho uhlíka.

Prvé pokusy boli realizované vsypávaním čistého cementu a čistého uhlíka do násypky separátora. Pri prechode cementu cez sitovú elektródu sa čiastočky cementu nabili a získali zápornú polaritu a následne boli pritiahnuté na valcovú elektródu s opačnou polaritou. Vybíjanie častíc cementu prebiehalo veľmi pomaly a preto bol cement z valca stieraní pomocou kefky do priehradky I. Pri vsypávaní čistého uhlíka v dôsledku ich vysokej vodivosti rýchlo strácali náboj a padali do priehradky II.

Tabuľka 1 Stredné hodnoty fyzikálnych vlastností častíc cementu a uhlíka

Vlastnosti častíc	Plošný obsah	Dĺžka	Šírka	Merná elektrická vodivosť
Cement	45 μm	8 μm	4 μm	10^{-9} S.m^{-1}
Uhlík I	3,4 μm	2 μm	1 μm	$10^{-2}-10^{-4} (\text{S.m}^{-1})$



Z tab. 1, vyplýva, že merná vodná elektrická vodivosť cementu je až o $5 \div 7$ rádov nižšia ako uhlíka preto sa častice cementu podstatne pomalšie vybíjajú.

V ďalších pokusoch sa vsypávala zmes cementu a uhlíka a zisťovali sme účinnosť separátora. Účinnosť separačnej metódy je definovaná ako podiel množstva separovanej zložky v produkte ku množstvu tejto zložky v zmesi.

Použili sme vzťahy:

$$\eta_c = \frac{\text{uhlík(separovaný)}}{\text{uhlík(pôvodný v zmesi)}} \cdot 100 [\%], \quad (3)$$

$$\eta_{ce} = \frac{\text{cement (separovaný)}}{\text{cement (pôvodný v zmesi)}} \cdot 100 [\%] . \quad (4)$$

4.2 Výsledky a vyhodnotenie

Výsledky testovania účinnosti separátora sú zhrnuté do tab. 2. Zistilo sa, že priemerná účinnosť odlúčenia uhlíka bola 69 % a cementu 93 %.

K zdokonaleniu navrhovaného riešenia separátora môže pomôcť výskum dynamiky priestorového náboja v nehomogénnom elektrickom poli pomocou počítačového modelovania a simulovania.

Takýto postup umožní na základe poznania kinematiky hmotných častíc prípadne aj grafického zobrazenia ich trajektórie optimálne zvoliť geometriu elektród separátora a rýchlosť pohybu valca a množstvo vysypávanej zmesi uhlíka a cementu.

Tabuľka 2 Účinnosť separácie zmesi cementu a uhlíka

Zmes pred separáciou [obj.%]	Výsledky separácie [obj.%]		Účinnosť separácie η [%]	
	Priehradka I. pre uhlík	Priehradka II. pre cement	Priehradka I. pre uhlík	Priehradka II. pre cement
Násypka				
cement + uhlík	cement uhlík	uhlík cement	cement	uhlík
70 + 30	5 20	10 65	93	67
60 + 40	3 28	12 57	95	70
50 + 50	3 35	15 47	94	70
40 + 60	3 42	18 37	93	70



5. ZÁVER

Výsledky separácie potvrdili, dobrú účinnosť separátora. Navrhnuté konštrukčné riešenie a realizácia laboratórneho separátora predstavuje východisko pre realizáciu priemyselného typu separátora.

Vytvorili sa tiež podmienky pre experimentálne overovanie separácie ďalších zmesí s využitím silových účinkov elektrostatického poľa.

LITERATÚRA

- [1] CONRAD, H., KRAMPÍZ, R.: 1989. Elektrotechnologie. VEB Berlín, 1983, 399 s.
- [2] MAKIN, B.: 1984. Pulverbeschichtungsanlagen unter dem Aspekt Leistungsfähigkeit. Industrie Lackbetrieb, 1984, č.4, s. 143-149
- [3] MAKOVINY, I.: 2008 Elektrické vlastnosti hlavných zložiek modifikovaných drevocementových kompozitov. Acta facultatis technicae Zvolen XII, 1/2008, s 221-227
- [4] NIELS, J.: 1998. Elektrostatic. Chapman and Hall, New York, 1998, 194 s.
- [5] ŠLESÁRIK, P.: 2009, Využitie silových účinkov elektrostatického poľa pri spracovaní drevocementových kompozitov. Diplomová práca, TU vo Zvolene 2009, 76 s.

Príspevok vznikol za podpory Agentúry na podporu výskumu a vývoja v rámci riešenia projektu APVV-0229-06 „Aplikovaný výskum drevocementových dosiek pre tienie elektromagnetických polí a pre zvýšenie požiarnej odolnosti“.

Lektoroval: doc. Ing. Jozef Černecký, CSc.

Kontaktná adresa:

prof. Ing. Makovíny Ivan, CSc., Katedra drevárskych strojov a zariadení, Fakulta environmentálnej a výrobnéj techniky, Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen.



HODNOTENIE BEZPEČNOSTNÝCH POŽIADAVIEK PRI PRÁCI S AZBESTOM

MINIMIZATION OF COMMUNAL WASTE IN A ROTATING- DRUM COLLECTOR VEHICLE

MARKOVÁ Iveta - MUŽÍKOVÁ Marianna

ABSTRACT: Paper deals with evaluation of asbestos as chemical and carcinogen factor, which is concerning to work environment. Law novels in field of safety and health work protection stop Works and activities with asbestos to 1. 1. 2005 (Public notice MH SR 67/2002 in register chosen chemical substances and chosen chemical products, which introducing and using are delimited or stopped 31.12.2004). For all that places of work or environments exist, where we can contact with asbestos. Asbestos as carcinogen has very negative incidence on human body. In conclusion paper are showed actualities of action asbestos on human body.

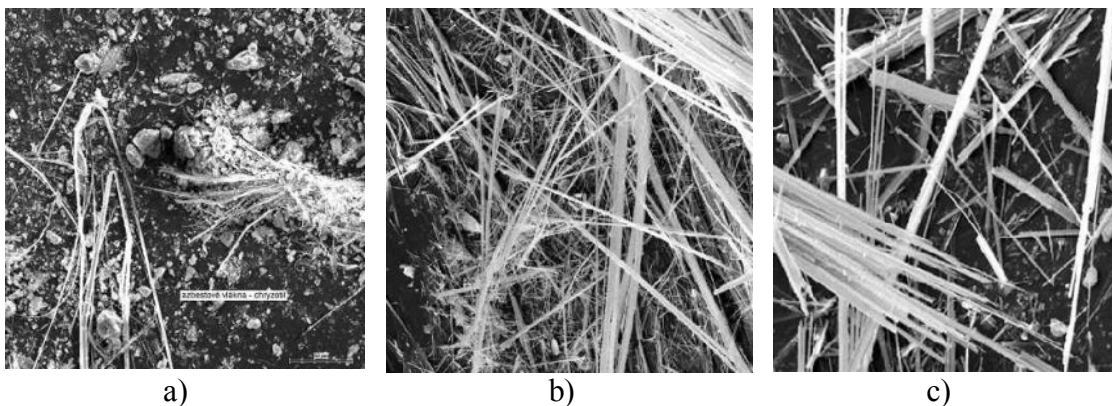
Key words: asbestos, safety and health work protection, dangerous wastes.

ABSTRAKT: Príspevok sa zaoberá hodnotením azbestu ako chemického a karcinogénneho faktora, ktorý sa nachádza na niektorých pracoviskách. Novela zákonov z oblasti ochrany zdravia a bezpečnosti pri práci zakazuje aktivity v súvislosti s nakladaním s azbestom od 1. 1. 2005 (Nariadenie MH SR 67/2002 o registrácii vybraných chemických zlúčenín a chemických produktov, ktoré sa používali alebo boli pozastavené 31.12.2004). Azbest ako karcinogén má veľmi negatívne účinky na ľudské telo. V príspevku sú uvedené podrobnejšie účinky azbestu na človeka.

Kľúčové slová: azbest, ochrana zdravia pri práci, nebezpečné odpady.

1 ÚVOD

Azbest je názov pre skupinu vláknitých minerálov prirodzene sa vyskytujúcich v zemskej kôre. Mineralogicky je zaradený medzi kryštalické silikáty s dvomi základnými formami: serpentínovou a amfibolovou. Chryzotil (biely azbest – obr. 1) je jediný zástupca serpentínov s hospodárskym využitím a má viac ako 95% zastúpenie v súčasnej celosvetovej spotrebe azbestu. Hlavnými zástupcami amfibolovej skupiny sú krocidolit (modrý azbest – obr. 2), amozit (hnedý azbest – obr. 3), antofylit, tremolit a aktinolit. Hospodársky význam majú iba chryzotil, krocidolit a amozit. Antofylit bol vo väčšom rozsahu používaný v minulosti vo Fínsku [2].



Obrázok 1 Príklady minerálnych vlákien azbestu pod elektrónovým mikroskopom

- a) Chryzotil (biely azbest) CAS: 12001-29-5, b) Krocidolit (modrý azbest) CAS: 12001-28-4,
c) Amozit (hnedý azbest) CAS: 12172-73-5



Na Slovensku sa v minulosti ťažil chryzotil v lome Dobšiná. Priemyselne sa spracovával azbest vo Ferenite Nitra. V súčasnosti je ťažba a spracovávanie azbestu v Slovenskej republike zakázaná. Vlastnosti azbestov sú výsledkom ich vláknitej povahy. Vo všeobecnosti azbestové minerály nie sú prchavé a sú chemicky stabilné. Majú vysokú pevnosť v ťahu, ohybnosť, trvanlivosť, taktiež vykazujú vysokú tepelnú izoláciu a odolnosť voči plameňu [2]. Majú schopnosť vytvárať voľne polietavé submikroskopické častice - respirabilná frakcia.

Z hľadiska ochrany zdravia je najdôležitejšia respirabilná frakcia definovaná hrúbkou a dĺžkou vlákna. Hrúbka vlákna musí byť menšia ako 3µm, dĺžka väčšia ako 5 µm a ich vzájomný pomer musí byť rovný alebo väčší ako 3 : 1. Dlhodobé štúdie organizácie pre výskum rakoviny (IARC) a svetovej zdravotníckej organizácie (WHO) dokázali karcinogénne vlastnosti azbestových vlákien. Preto boli všetky druhy azbestov bez rozdielu chemického zloženia zaradené do kategórie 1 - dokázaných karcinogénov pre ľudí (Nariadenie vlády 356/2006 Z. z.).

Napriek vyššie uvedeným skutočnostiam naďalej existujú miesta, kde sa ešte dnes môžeme s azbestom stretnúť (tab. 1). Azbest je možné nájsť vo veľkom množstve výškových budov, škôl, telocviční, úradov a budov určených na verejné používanie postavených v období rokov 1970 až 1990 obsahuje nespočetné množstvo materiálov s obsahom azbestu. Tieto materiály sú veľmi často v zlom stave a sú neustále zdrojom uvoľňovania azbestových vlákien do okolia. Ku kontaminácii prostredia a expozícii zamestnancov často prichádza pri búracích prácach, stavebných úpravách, rekonštrukciách a neodborných demontážach. Na základe uvedenej skutočnosti bolo vypracované nariadenie vlády 356/2006 Z.z, kde sú uvedené limitné hodnoty výskytu respirabilných frakcií (polietavé submikroskopické častice azbestu) ako aj spôsoby a postupy pri práci s azbestom. Výrazná pozornosť sa venuje zdravotnému dohľadu zamestnancov, ktorí sú vystavení pôsobeniu azbestu.

2 RIZIKÁ PÔSOBNIA AZBESTU

Riziká spojené s prítomnosťou azbestu v prostredí boli od úvodu minulého storočia postupne sledované. Experimenty a výsledky štúdií poukazujú na latentnú dobu medzi začiatkom expozície azbestu a vznikom ochorení 20 až 40 rokov.

Neexistuje nijaká známa bezpečná úroveň vystavenia sa účinkom azbestu. Nie je určená prahová dávka azbestovej expozície (nie je určené neškodné množstvo nadýchania sa azbestových vlákien). Čím viac je osoba vystavená azbestovej expozícii, tým väčšie je riziko, že vás postihne choroba súvisiaca s azbestom

V súvislosti so vznikom ochorení z azbestu je významná predovšetkým profesionálna expozícia. Nie je však zanedbateľné ani sekundárne profesionálne, paraprofesionálne, neprofesionálne riziko a potencujúce rizikové faktory. V kombinácii s nimi je vplyv azbestu na ľudský organizmus multiplikačný.



Bonnefoy [3] prostredníctvom príkladov prezentuje profesionálne, sekundárne profesionálne, paraprofesionálne a neprofesionálne riziko a potencujúce rizikové faktory v dôsledku vystavenia pôsobeniu azbestu.

Príklady profesionálnej expozície azbestom [1]:

- dobývanie hornín obsahujúcich azbest v hlbinných a povrchových baniach,
- preprava a mletie azbestu,
- priemyselné spracúvanie azbestových vlákien,
- výroba azbestocementových textílií, ochranných odevov pre hasičov a pracovníkov hutníckych prevádzkarní,
- výroba strešných krytín,
- výroba vodovodných a odpadových potrubí, obkladových dosiek,
- výroba postrekovej azbestovej malty,
- výroba brzdového a spojového obloženia, izolačných dosák, tesniacich zariadení, protipožiarnych obložení,
- výroba cigaretových filtrov pridávaním azbestových vlákien (príklad neobvyklého použitia – potenciácia karcinogénneho účinku),
- stavba lodí,
- inštalačné práce,
- demolačné práce, pri ktorých sa vyskytujú materiály obsahujúce azbest (ohrození sú údržbári, opravári, inštalatéri, elektrikári a podobne),
- kabíny vodičov nákladných automobilov a kamiónov (kúrenia pokrýva izolačná vrstva sa dostávajú otvormi motora, prúdom vzduchu do kabíny,
- výroba čistiacich prostriedkov s obsahom azbestu,
- výroba farbív s obsahom azbestu.

Nadalej existujú povolania pri ktorých je riziko vystavenia azbestu stále prítomné. Ide o nasledujúce prípady [6]:

- klampiari,
- vykurovací technici,
- elektrikári,
- stolári,
- pokladači kobercov a pokladači iných podlahových krytín,
- dielenský montéri,
- pracovníci údržby, vrátane zmluvných pracovníkov a strážnej služby,
- pokrývači,
- pracovníci, ktorých náplňou je čistenie a upratovanie,
- iné povolania, ktoré potrebujú získať prístup k otvorom na streche a k priestorom pod panelmi a k podobným „skrytým“ miestam.



Na základe danej skutočnosti, naďalej je možné charakterizovať príklady sekundárnej profesionálnej expozície a paraprofesionálne riziko [1]:

- únik spracovaného azbestu do ovzdušia zo závodov – riziko pre obyvateľov v okolí závodu,
- úradníci v azbestových závodoch, ktorí prichádzajú do styku s robotníkmi alebo s príbuznými exponovaných azbestu,
- pranie bielizne a oblečenia rodinným príslušníkom exponovaných azbestu.

Potenciujúce rizikové faktory vplyvu azbestu [2]:

- životné prostredie (napríklad polycyklické uhl'ovodíky, splodiny výfukov),
- rizikové faktory z pracovného prostredia (napríklad práca v prostredí s rizikom expozície karcinogénnymi látkami),
- fajčenie.

Práve v súvislosti s faktorom fajčenia údaje z literatúry a klinická prax potvrdzujú, že silný fajčiar bez profesionálneho rizika expozície azbestu má pri porovnaní s nefajčiarom 20- až 25-násobnú pravdepodobnosť výskytu zhubného ochorenia priedušiek. Ak však silný fajčiar pracuje v prostredí s rizikom expozície azbestu, pravdepodobnosť tohto ochorenia sa zvyšuje na 50- až 90-násobok v porovnaní s nefajčiarom neprichádzajúcim do styku s azbestom. Preto je fajčenie zaradené ako kontraindikácia pre prácu s rizikom expozície azbestu.

Pri minerálnych vlákniťých prachoch sú stanovené prípustné limity počtom vlákien v 1 cm³ vzduchu. Je to dané predovšetkým tým, že pre karcinogénne účinky je rozhodujúca prítomnosť vlákien a ich koncentrácia. Limitná hodnota koncentrácie azbestových vlákien v pracovnom prostredí je pre chryzotil 0,6/cm³ vzduchu. Najpatogénnejšie častice sú 30 – 50 dlhé (nariadenie vlády 356/2006).

3 NEGATÍVNE PÔSOBNIE AZBESTU NA ĽUDSKÝ ORGANIZMUS - OCHORENIA SPÔSOBNÉ AZBESTOM

Akútne účinky (prudké) azbestu na ľudský organizmus nie sú známe. Ide o chronické účinky (dlhotrvajúce) v podstate o dlhodobú expozíciu azbestu. Vplyvom dlhodoobej expozície azbestu môžu vzniknúť nenádorové i nádorové ochorenia.

Pôsobenie azbestu na ľudský organizmus je spojené s inhaláciou azbestových vlákien. Inhalácia je spojená s tromi hlavnými zdravotnými poruchami:

- azbestózou pľúc, Pleurálna hyalínóza ako nenádorové ochorenia,
- rakovinou pľúc,
- mezoteliómom.

Azbestóza

Azbestóza (vytvorenie depozitov anorganického azbestového prachu v pľúcnom tkanive). Je výsledkom vdychovania azbestových vlákien rozmerov respirabilnej frakcie, ktoré sa ukladajú do pľúc a vedú k tvorbe jaziev v pľúcnom parenchyme a k tvorbe pohrudnicových zhrubnutí. Pľúcna fibróza vedie k poškodeniu pľúcnych funkcií až k smrti. Vyskytuje sa u robotníkov dlhodobo exponovaných vysokým koncentráciám azbestového prachu.



Výrazné klinické prejavy sa nezriedka prejavujú až po 20 - tich rokoch od začiatku expozície, avšak pri veľmi závažnej expozícii sa môžu objaviť po troch rokoch od začiatku expozície. Môže byť pozorovaná tiež v bežnej populácii žijúcej v oblasti vysokých emisií prachu produkovaného pri ťažbe azbestu.

Pleurálna hyalinóza (ukladanie a vytvorenie ložísk hyalínu – sklovitej substancie v pohrudnici za súčasného nahromadenia solí vápnika). Akútna pleuritída (zápal pohrudnice).

Rakovina pľúc

Prvé prípady rakoviny pľúc u pracovníkov s azbestom boli popísané v roku 1930 a príčinný vzťah medzi azbestom a týmto ochorením bol potvrdený v polovici päťdesiatych rokov. Priemerná doba medzi prvou expozíciou azbestovým vláknom a vznikom rakoviny pľúc predstavuje 20 až 40 rokov. Fajčiari exponovaní azbestu sú v omnoho závažnejšom riziku vzniku rakoviny pľúc než nefajčiari exponovaní tejto škodlivine. Azbest a chemické zlúčeniny obsiahnuté v cigaretovom dyme majú synergické účinky, ktoré sú omnoho závažnejšie než izolované expozície azbestovému prachu a cigaretovému dymu.

Mezotelióm

Mezotelióm je rakovina obalov pľúc a hrudníka (pohrudnice) alebo brušnej dutiny (pobrušnice). Väčšina mezoteliómov spôsobených azbestom sa vyskytuje na pohrudnici. Táto forma smrteľnej rakoviny sa objavuje po 30-tich až 50-tich rokoch od začiatku expozície. Vyskytuje sa u osôb profesionálne exponovaných azbestu. Zvýšený výskyt bol však pozorovaný i pri neprofesionálnej expozícii u ľudí žijúcich v spoločnej domácnosti s pracovníkmi v riziku azbestu alebo žijúcich v okolí zdrojov azbestového prachu ako sú lodenice alebo závody na výrobu azbestových izolačných materiálov.

Podľa Reichrtovej [8] Mezoteliom je relatívne zriedkavá forma zhubného nádoru. Iné lokalizácie rakoviny (žalúdok, črevný trakt, obličky, hrtan a hltan) po expozícii azbestu sú podľa nových epidemiologických štúdií pochybné. [8]. Epidemiologicke studie potvrdili [8], že v kolektívoch s amfibolovou expozíciou je vyššia potenciálna možnosť vzniku mezoteliomov v porovnaní s podobnou skupinou s chryzotilovou expozíciou. Všeobecne sa predpokladá, že je to spojené s trvácnosťou, resp. odolnosťou amfibolových vlákien. Žiaľ, prachové analýzy nestačujú na to, aby sa tato otázka celkom jasne rozhodla. Ale pri posudzovaní rizika sa musia vziať do úvahy aj tieto faktory [8]. Azbest patri do malej skupiny látok s potvrdenými karcinogénnymi účinkami priamo na človeka aj v životnom prostredí (mezoteliomove prípady v okolí juhoafrických krocidolitových bani), v prevádzkach – v pracovnom prostredí, kde sa spracúva azbest, napr. v Hamburgu, resp. u žien v domácnostiach, ktoré prali azbestové odevy a pod. [8].

4 SPRÁVNÝ POSTUP PRI IDENTIFIKOVANÍ PRACOVISKA S VÝSKYTOM AZBESTU

Podľa § 10 ods. 7 písm. b) zákona č. 126/2006 Z. z. o verejnom zdravotníctve a o zmene a doplnení niektorých zákonov, ktorý vstúpil do platnosti ku dňu 1. 6. 2006 sa menia požiadavky na BOZP pri práci s azbestom podľa nasledovných požiadaviek [13].



Právnická alebo podnikajúca fyzická osoba je povinná podať **Žiadosť na vydanie oprávnenia na odstraňovanie azbestových materiálov musí obsahovať** [13]:

- a) obchodné meno, právnu formu, sídlo, ak ide o právnickú osobu; meno, priezvisko a bydlisko, ak ide o fyzickú osobu,
- b) doklad o oprávnení na podnikanie a identifikačné číslo (IČO), ak bolo pridelené,
- c) meno, priezvisko a bydlisko alebo sídlo osoby zodpovednej za prevádzkovanie (riadiaci pracovník) s údajmi o vzdelaní,
- d) dokumentáciu s opisom činnosti, resp. technológie odstraňovania azbestových materiálov, ktorá musí obsahovať nasledovné údaje **o technickom vybavení**:

Súvisiace podmienky s úpravou pracoviska pri odstraňovaní azbestu [13]:

I. Pri odstraňovaní azbestových materiálov zo stavieb bez súvisu s vnútornými priestormi slúžiacimi na pobyt ľudí, v ktorých nie je možné z technického hľadiska vytvoriť kontrolované pásmo s podtlakovým systémom:

- priemyselný vysávač prachu s filtrom o minimálnej zachytnosti prachových častíc 99,99 % (priložiť fotodokumentáciu)
- vysokotlaké bezvzduchové striekacie zariadenie na aplikáciu materiálov (prípravkov) používaných pri sanačných prácach materiálov s obsahom azbestu
- názov a zloženie prípravku na fixáciu zostatkových vlákien v objektoch s certifikátom preukázania zhody (priložiť kartu bezpečnostných údajov)
- názov a zloženie prípravku na stabilizáciu azbestového odpadu (priložiť kartu bezpečnostných údajov)
- názov a zloženie prípravku na fixáciu a zapúzdrenie materiálov s obsahom azbestu pri ponechaní týchto materiálov v stavbe s certifikátom preukázania zhody (priložiť kartu bezpečnostných údajov)

II. Pri odstraňovaní azbestových materiálov v interiéroch budov s použitím podtlakového systému vrátane zabezpečenia opláštenia fasády budov slúžiacich na pobyt ľudí:

- odsávacie zariadenie s elektrickou pohonnou jednotkou a s HEPA filtrom o zachytnosti minimálne 99,99 % a predfiltrom, o výkone zabezpečujúcom minimálne 5-násobnú výmenu vzduchu v kontrolovanom pásme pri kontinuálnom vytvorení podtlaku v rozmedzí 20 – 50 Pa počas sanačných prác a jednu hodinu po skončení prác, a ďalej minimálne 10 Pa počas prestávok dlhších ako jedna hodina (priložiť fotodokumentáciu),
- zariadenie na kontinuálne meranie a zaznamenávanie podtlaku v kontrolovanom pásme počas celej doby zriadenia kontrolovaného pásma (priložiť fotodokumentáciu),
- technické zariadenie na vzduchotesné oddelenie pracovného priestoru (kontrolovaného pásma) s použitím materiálov odolných proti nasávacej sile podtlaku do 50 Pa s otvormi na privádzanie čistého vzduchu, ktoré sa pri vyrovnaní tlaku automaticky uzatvoria,
- optický, alebo zvukový signalizátor poklesu podtlaku pod 20 Pa,



- trojkomorový systém vstupu a výstupu z kontrolovaného pásma s regulovaným vstupom a výstupom v poslednej komore smerom von z kontrolovaného pásma (s obmedzovačom otvorenia dverí a svetelnou signalizáciou),
- priemyselný vysávač s filtrom o minimálnej zachytnosti prachových častíc 99,99 % (priložiť fotodokumentáciu),
- vysokotlaké bezvzduchové striekacie zariadenie na aplikáciu materiálov (prípravkov) používaných pri sanačných prácach materiálov s obsahom azbestu,
- názov a zloženie prípravku na fixáciu zostatkových vlákien v objektoch s certifikátom preukázania zhody (priložiť kartu bezpečnostných údajov),
- názov a zloženie prípravku na stabilizáciu azbestového odpadu (priložiť kartu bezpečnostných údajov),
- názov a zloženie prípravku na fixáciu a zapúzdenie materiálov s obsahom azbestu pri ponechaní týchto materiálov v stavbe s certifikátom preukázania zhody (priložiť kartu bezpečnostných údajov).

e) ďalšie doklady potrebné na vydanie rozhodnutia, [13]:

- zoznam zamestnancov: meno, priezvisko, profesia,
- doklad o absolvovaní odbornej prípravy zamestnancov od oprávnenej fyzickej alebo právnickej osoby na vykonávanie výchovy a vzdelávania (§4 ods. 1 písm. i) zákona č. 95/2000 Z.z. o inšpekcii práce, resp. § 6 ods. 1 písm. d) zákona č. 125/2006 Z.z. o inšpekcii práce) v rozsahu § 9 ods. 2 nariadenia vlády SR č. 253/2006 Z.z. o ochrane zamestnancov pred rizikami súvisiacimi s expozíciou azbestu pri práci
- doklad o zdravotnej spôsobilosti zamestnancov podľa § 11 nariadenia vlády SR č. 253/2006 Z. z. o ochrane zamestnancov pred rizikami súvisiacimi s expozíciou azbestu pri práci,
- doklad o odbornej spôsobilosti pre činnosti podľa § 9 ods. 4 písm. a) a d) zákona č. 126/2006 Z. z. o verejnom zdravotníctve a o zmene a doplnení niektorých zákonov v súvislosti s azbestom (meranie, hodnotenie a odber vzoriek),
- doklad o spôsobe likvidácie azbestového odpadu na skládke nebezpečných odpadov.

Úrad verejného zdravotníctva SR upozorňuje [13], že použitie deklarovaného technického vybavenia musí byť súčasťou plánu práce, ktorý je potrebný predložiť pred začiatkom prác príslušnému regionálnemu úradu verejného zdravotníctva a bude kontrolovaný v rámci výkonu štátneho zdravotného dozoru.

5 ZDRAVOTNÉ RIZIKÁ SÚVISIACE S EXPOZÍCIOU AZBESTU

Pôsobenie azbestu na ľudský organizmus - Ochorenia spôsobené azbestom:
Akútne účinky (prudké) azbestu na ľudský organizmus nie sú známe. Ide o chronické účinky (dlhotrvajúce) v podstate o dlhodobú expozíciu azbestu.

Vplyvom dlhodobej expozície azbestu môžu vzniknúť nenádorové i nádorové ochorenia.



Pôsobenie azbestu na ľudský organizmus je spojené s inhaláciou azbestových vlákien. Inhalácia je spojená s tromi hlavnými zdravotnými poruchami:

- azbestózou pľúc, Pleurálna hyalinóza ako nenádorové ochorenia,
- rakovinou pľúc,
- mezoteliómom.

Azbestóza (vytvorenie depozitov anorganického azbestového prachu v pľúcnom tkanive).

- je výsledkom vdychovania azbestových vlákien rozmerov respirabilnej frakcie, ktoré sa ukladajú do pľúc a vedú k tvorbe jaziev v pľúcnom parenchyme a k tvorbe pohrudnicových zhrubnutí. Pľúcna fibróza vedie k poškodeniu pľúcnych funkcií až k smrti.
- vyskytuje sa u robotníkov dlhodobo exponovaných vysokým koncentraciám azbestového prachu. Výrazné klinické prejavy sa nezriedka prejavujú až po 20 - tich rokoch od začiatku expozície, avšak pri veľmi závažnej expozícii sa môžu objaviť po troch rokoch od začiatku expozície.
- môže byť pozorovaná tiež v bežnej populácii žijúcej v oblasti vysokých emisií prachu produkovaného pri ťažbe azbestu.

Pleurálna hyalinóza (ukladanie a vytvorenie ložísk hyalínu – sklovitej substancie v pohrudnici za súčasného nahromadenia solí vápnika).

Akútna pleuritída (zápal pohrudnice).

Rakovina pľúc

- Prvé prípady rakoviny pľúc u pracovníkov s azbestom boli popísané v roku 1930 a príčinný vzťah medzi azbestom a týmto ochorením bol potvrdený v polovici päťdesiatych rokov.
- Priemerná doba medzi prvou expozíciou azbestovým vláknám a vznikom rakoviny pľúc predstavuje 20 až 40 rokov.
- Fajčiari exponovaní azbestu sú v omnoho závažnejšom riziku vzniku rakoviny pľúc než nefajčiari exponovaní tejto škodlivine.
- Azbest a chemické zlúčeniny obsiahnuté v cigaretovom dyme majú synergické účinky, ktoré sú omnoho závažnejšie než izolované expozície azbestovému prachu a cigaretovému dymu.

Mezotelióm

- je rakovina obalov pľúc a hrudníka (pohrudnice) alebo brušnej dutiny (pobrušnice).
- Väčšina mezoteliómov spôsobených azbestom sa vyskytuje na pohrudnici. Táto forma smrteľnej rakoviny sa objavuje po 30 - tich až 50 - tich rokoch od začiatku expozície.
- Vyskytuje sa u osôb profesionálne exponovaných azbestu. Zvýšený výskyt bol však pozorovaný i pri neprofesionálnej expozícii u ľudí žijúcich v okolí zdrojov azbestového prachu ako sú lodenice alebo závody na výrobu azbestových izolačných materiálov.



Podľa Reichrtovej [7] mezoteliom je relatívne zriedkava forma zhubného nádoru. Iné lokalizácie rakoviny (zaludok, črevný trakt, obľický, hrtan a hltan) po expozícii azbestu sú podľa nových epidemiologických štúdií pochybné. Karcinogénny účinok azbestu sa vysvetľuje genotoxickým účinkom na úrovni chromozómov.

Pri posudzovaní rizika vzniku rakoviny sa beru do úvahy aj iné vlastnosti mineralných vlákien, ako napr. ich dlhodobé pretrvávajúce v tkanive, stiepanosť, dĺžka azbestových vlákien, povrchové vlastnosti a chemické zloženie. V tomto sa umele mineralné vlákna odlišujú od azbestových. I v rámci azbestových typov vlákien sú potenciálne rizika vzniku rakoviny rozdielne, čo možno nazvať ich biologickou dispozíciou. Z tohto pohľadu sa považuje chryzotil za menej nebezpečný [7]. Iné epidemiologické štúdie potvrdili, že v kolektívoch s amfibolovou expozíciou je vyššia potenciálna možnosť vzniku mezoteliomov v porovnaní s podobnou skupinou s chryzotilovou expozíciou. Všeobecne sa predpokladá, že je to spojené s trvanosťou, resp. odolnosťou amfibolových vlákien. Ziaľ, prachové analýzy nedostávajú na to, aby sa táto otázka celkom jasne rozhodla. Ale pri posudzovaní rizika sa musia vziať do úvahy aj tieto faktory. Azbest patrí do malej skupiny látok s potvrdenými karcinogennými účinkami priamo na človeka aj v životnom prostredí (mezoteliomové prípady v okolí juhoafrických krocidolitových bani, v prevádzkach kde sa spracováva azbest, napr. v Hamburgu, resp. u žien v domácnostiach, ktoré práli azbestové odevy) [7].

5.1 Zdravotný dohľad

V zmysle §11 nariadenia vlády 253/2006 Z.z. zamestnávateľ musí realizovať pre zamestnancov, ktorí prišli do kontaktu s azbestom zdravotný dohľad. Zamestnávateľ zabezpečí primeraný zdravotný dohľad pre zamestnancov pred začiatkom práce v expozícii prachu z azbestu alebo z materiálov obsahujúcich azbest, ak na základe posúdenia rizika podľa § 2 nariadenia vlády 253/2006 Z.z. zistí riziko pre ich zdravie.

Súčasťou zdravotného dohľadu sú lekárske preventívne prehliadky (článok 1, § 11 nariadenia vlády 253/2006 Z.z.).

(2) Pred začiatkom práce v expozícii prachu z azbestu alebo z materiálov obsahujúcich azbest je zamestnávateľ povinný zabezpečiť každému zamestnancovi lekársku preventívnu prehliadku, ktorá musí obsahovať vyšetrenia uvedené v prílohe č. 2. (článok 2 §11 nariadenia vlády 253/2006 Z.z.).



Tabuľka 1 Náplň lekárskej preventívnej prehliadky (príloha č. 2. nariadenia vlády 253/2006 Z.z.).

Základné postupy	Doplnkové postupy
Lekárska preventívna prehliadka sa vykonáva v súlade s najnovšími dostupnými poznatkami pracovného lekárstva.	Lekár vykonávajúci zdravotný dohľad rozhodne o ďalších vyšetreniach, ako sú
a) osobný pohovor, b) zdravotnú a pracovnú anamnézu, c) celkové klinické vyšetrenie s osobitným zameraním na hrudník a pľúca, d) testy pľúcnych funkcií (objemy vdychu a výdychu a ich pomery).	a) cytologické vyšetrenie spúta, b) rtg. snímky hrudníka, prípadne tomodenzitometria, c) prípadne ďalšie vyšetrenia podľa najnovších poznatkov pracovného lekárstva.

Lekárska preventívna prehliadka zameraná na prácu s azbestom, ktorá má byť kvalitná a dostačujúca, aby chránila zamestnanca a súčasne zamestnávateľa, musí obsahovať to čo definuje zákon aj keď niektorí lekári navrhujú vyšetrovať u klientov aj krv – krvný obraz a dif. (KO), sedimentáciu, a elektrogardiografické vyšetrenie (EKG).

Výsledky vyšetrení lekárskej preventívnej prehliadky a výsledok posúdenia zdravotnej spôsobilosti sa uchováva počas 40 rokov od skončenia práce v riziku expozície prachu z azbestu alebo z materiálov obsahujúcich azbest (článok 4 §11 nariadenia vlády 253/2006 Z.z.). Na základe výsledku lekárskej preventívnej prehliadky, lekár vykonávajúci zdravotný dohľad môže odporučiť zamestnávateľovi individuálne ochranné opatrenia alebo organizačné preventívne opatrenia; ak je to potrebné, aj vyradenie zamestnanca zo všetkých činností, pri ktorých je predpoklad expozície prachu z azbestu alebo z materiálov obsahujúcich azbest (článok 4 §11 nariadenia vlády 253/2006 Z.z.).

Ak trvá expozícia prachu z azbestu alebo z materiálov obsahujúcich azbest a zamestnanec vykonáva činnosť predstavujúcu riziko expozície azbestovými vláknami, zamestnávateľ je povinný zabezpečiť zamestnancovi lekársku preventívnu prehliadku každé tri roky, ak o kratšom intervale nerozhodne orgán verejného zdravotníctva (článok 3 §11 nariadenia vlády 253/2006 Z.z.).

6 ZÁVER

Európska únia podľa [2] zakázala použitie všetkých druhov azbestových vlákien v členských štátoch najneskôr do 1. januára 2005 (Smernica EÚ č. 77, 1999). Tento zákaz zahŕňa použitie chryzotilu v azbestocementových a trečích materiáloch, ako i tmelov a tesnení. Vedecký výbor Európskej komisie zvažil, že väčšina náhradných alternatív za chryzotil (celulóзовé vlákna, polyvinilové a aramidové vlákna) predstavuje v súčasnosti nižšie riziko pľúcnej rakoviny a fibrózy pľúc než chryzotil. Jedinou výnimkou zo zákazu sú azbestové membrány používané pri elektrolytickej výrobe chlóru v niektorých závodoch.



V týchto prípadoch v súčasnosti neexistuje technická náhrada za chryzotil bez vylúčenia bezpečnostného rizika (nebezpečie výbuchu). Na druhej strane riziko pre zdravie ľudí z tohto použitia chryzotilu je mimoriadne nízke, pretože sa používa v uzatvorenom systéme priamo na mieste. Tieto membrány nie sú voľne predajné.

V prípade prítomnosti azbestu na pracovisku zamestnávateľ je povinný zabezpečiť pravidelné meranie azbestu v ovzduší na mieste výkonu práce referenčnou metódou alebo akoukoľvek inou metódou, ktorá poskytne rovnaké výsledky (zákon 355/2007 Z. z.). Výsledky merania musia zodpovedať osobnému vystaveniu zamestnanca prachu z azbestu alebo z materiálov obsahujúcich azbest. Ak nemožno účinne obmedziť pôsobenie prachu z azbestu alebo z materiálov obsahujúcich azbest, zamestnávateľ je povinný poskytnúť zamestnancom osobné ochranné pracovné prostriedky na ochranu dýchacích orgánov a výkon práce zabezpečiť technickými a organizačnými opatreniami, znížiť expozíciu zamestnancov na najnižšiu mieru, tak, aby tieto prostriedky zamestnanci používali len v nevyhnutne potrebnom a prísne obmedzenom čase. (zákon 355/2007 Z. z.).

Fajčenie je pri práci s azbestom kontraindikované – nefajčiť!

LITERATÚRA

- [1] Hurbánková, M.: Azbestová expozícia - minulosť súčasnosť.
- [2] http://www.sazp.sk/slovak/periodika/enviromagazin/enviro1_3/azbest22.html (28.3. 2005)
- [3] Bonnefoy X. 2000 (preložil Miroslav Machata,): Azbest a zdravie. Štátny zdravotný ústav SR v rámci programu NEHAP 2000. 28 s. ISBN 80-88743-45-1
- [4] www.bozpinfo.cz/win/clanky/chemicke_latky/azbest_rijen031106.html (5.4.2004)
- [5] <http://www.chempor.sk/> (17.3. 2006)
- [6] <http://www.aaservice.sk/cojeazb.htm> (17. 3. 2006)
- [7] Azbest v stavebníctve (<http://osha.eu.int/publications/factsheets/51/fact51-sk.pdf>) (27.3.2006)
- [8] Azbest, ktorý už neškodí
[http://hnonline.sk/?s1=k&s2=0&s3=4&s4=4&s5=0&s6=0&m=detail&article\[area_id\]=10025660&article\[id\]=17744160&p=k04400_detail](http://hnonline.sk/?s1=k&s2=0&s3=4&s4=4&s5=0&s6=0&m=detail&article[area_id]=10025660&article[id]=17744160&p=k04400_detail) (28.3.2006)
- [9] Reichrtova, E. 1997: Asbestos in Buildings and Environment. Zivot. Prostr., Vol. 31, No.3, 1997.
- [10] Nariadenie vlády 356/2006 Z. z. o minimálnych bezpečnostných požiadavkách pri práci s karcinogénnymi a mutagénnymi faktormi.
- [11] Nariadenie vlády 355/2007 o minimálnych bezpečnostných požiadavkách pri práci s chemickými faktormi.
- [12] Zákon 355/2007 Z.z o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a o zmene a doplnení niektorých zákonov.



-
- [13] Nariadenie vlády SR č. 253/2006 Z. z. o ochrane zamestnancov pred rizikami súvisiacimi s expozíciou azbestom pri práci.
 - [14] Vyhláška MH SR č.67/2002 Z. z., ktorou sa vydáva zoznam vybraných chemických látok a vybraných chemických prípravkov, ktorých uvedenie na trh a používanie je obmedzené alebo zakázané (čiastka 28/2002).
 - [15] <http://www.uvzsr.sk/> (22. 1. 2007).

Lektoroval: Ing. Eva Ružinská, PhD.

Kontaktná adresa:

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

PhDr. Mužíková Marianna, Nemocnica Kosice-Šaca a.s. 1. Súkromná nemocnica, Košice - Šaca, mmuzikova@nemocnicasaca.sk



ALTERNATÍVNE MOŽNOSTI ČISTENIA ODPADOVÝCH VÔD

ALTERNATIVE POSSIBILITIES OF WASTE WATER CLEANING

MICHALÍKOVÁ Anna - GERULOVÁ Kristína - HANZELOVÁ Adriana

ABSTRACT: Vegetation waste water treatment plant introduces full-value process of waste water cleaning. It is suitable according to functionality and low costs. Different processes such as physical, chemical and biological share for the reducing of pollution in vegetation waste water treatment plant. This treatment plant was suggested with a two steps mechanism containing mechanical-biological waste water treatment from communal zone. The outlet concentration after mechanical and biological treatment will be 27,15 mg l⁻¹ BOD and 12,57 mg l⁻¹ IC (insoluble compounds).

Key words: waste water, vegetation root waste water treatment plant, an equivalent citizen.

ABSTRAKT: Vegetačná koreňová čistiareň odpadových vôd predstavuje plnohodnotný spôsob čistenia odpadových vôd. Je perspektívna z hľadiska prevádzkovania a nízkych investičných nákladov. Na odstraňovanie znečistenia vo vegetačnej čistiarni sa podieľajú procesy fyzikálne, chemické a biologické. Navrhovaná vegetačná koreňová čistiareň na Farárskom bola navrhnutá ako dvojstupňová s mechanicko- biologickým čistením odpadových vôd, pochádzajúcich výlučne z individuálnej zástavby. Koncentrácia znečistenia na odtoku po mechanickom a biologickom prečistení odpadových vôd bude 27,15 mg l⁻¹ BSK₅ a 12,57 mg l⁻¹ NL.

Kľúčové slová: odpadové vody, vegetačná koreňová čistiareň odpadových vôd, ekvivalentný obyvateľ.

1 ÚVOD

Potreba riešenia narastajúcich problémov s odpadovými vodami vytvára vhodné podmienky pre aplikáciu alternatívnych spôsobov čistenia odpadových vôd s využitím procesov prebiehajúcich v prírodných ekosystémoch na základe autoregulačných dejov. Prírodné ekosystémy (rastlinné a živočíšne spoločenstvá) môžu v budúcnosti pri vhodnej koordinácii a intenzifikácii človekom doplniť konvenčné technológie úprav a čistenia odpadových vôd, hlavne v podmienkach, kde nie je zaručená efektívnosť klasických metód a tým prispieť k zlepšeniu kvality životného prostredia. Z tohto pohľadu a aj z ekonomického hľadiska sú považované za veľmi perspektívne.

2 ALTERNATÍVNE ČISTENIE ODPADOVÝCH VÔD

Alternatívne čistiarene odpadových vôd predstavujú vhodnú alternatívu všade tam, kde nie je možné využiť klasický spôsob čistenia odpadových vôd, avšak vyžadujú vhodné klimatické podmienky. Ich aplikácia je tiež podmienená aj územnými požiadavkami a vhodnosťou reliéfu. Sú perspektívne z hľadiska prevádzkovania a nízkych investičných nákladov. Zakladajú sa na využití samočistiacich procesov prírodných ekosystémov, pričom prírodný samočistiaci proces spočíva v komplexnom fyzikálno- chemickom deji, ktorého výsledkom je mineralizácia organického znečistenia a väzba rastlinných živín a stopových prvkov do rastlinnej biomasy a pôdy. Potrebný kyslík pre tento proces sa získava pri styku vody a ovzdušia, počas fotosyntézy, prísunom dutým stebлом do koreňovej sústavy mokradových rastlín alebo umelým prevzdušňovaním.



Podľa technologického usporiadania čistiaceho procesu sa prírodné spôsoby čistenia odpadových vôd rozdeľujú do skupín:

- anaeróbne a aeróbne nízko a vysoko zaťažované biologické nádrže,
- oxidačné biologické nádrže, septiky,
- dočist'ovacie biologické rybníky s osádkou rýb,
- vegetačné koreňové čistiarne s vertikálnym alebo horizontálnym prúdením,
- prietochné nádrže a žľaby s plávajúcimi vodnými rastlinami,
- prietochné nádrže a žľaby s prepážkami z nárastov rias, štrbinové nádrže,
- pôdne filtre bez vegetácie a s vegetáciou, filtračné pole, drenážne podmoky, biofiltre,
- závlahy mestskými, priemyselnými a poľnohospodárskymi odpadovými vodami [1].

1.1 Vegetačné koreňové čistiarne

Vegetačné koreňové čistiarne odpadových vôd (VKČOV) sú definované ako umelé mokrade vytvorené komplexom zavodneného alebo plytko zaplaveného lôžka so skupinou emerzných (vynorený na vode, vodný, rastúci nad vodou), submerzných (ponorený vo vode, vodný, rastúci pod vodou) alebo plávajúcich rastlín, živočíchov a samozrejme odpadovej vody, ktoré napodobňujú prirodzené mokrade používané pre praktické využitie pri čistení znečisťujúcich látok. Sú to vodné ekologické stavby využívajúce samočistiace procesy prebiehajúce v pôdnom, vodnom a mokradnom prostredí.

Vegetačné koreňové čistiarne nachádzajú uplatnenie hlavne pri :

- čistení splaškových odpadových vôd jednotlivých domov, čistení splaškových odpadových vôd hotelov, rekreačných zariadení a letných táborov,
- čistení a dočistení splaškových vôd menších obcí,
- dočistení odpadových vôd pri ich situovaní za malými mechanicko-biologickými čistiarnami,
- čistení odpadových vôd zo školských zariadení, rôznych sociálnych ústavov a pod.,
- čistení odpadových vôd z malých priemyselných závodov,
- dočistení znečistených povrchových vôd,
- čistení filtrátu vody zo skládok komunálneho odpadu,
- čistení organických nízkozaťažených poľnohospodárskych OV.

Ich použitie je nevhodné pri vysokom obsahu organického znečistenia, pri kyslých, zásaditých a silne mineralizovaných OV, pri nevhodných polohách a pri čistení OV zo stredných a veľkých obcí [2].

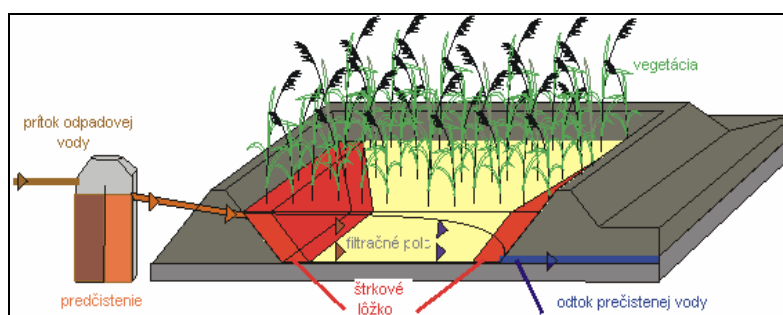
Je prírodnou koreňovou čistiarnou, bez nadzemných betónových konštrukcií, kapacitne rovnaká ako mestská ČOV, na nerozoznanie splyvajúca s okolitým prostredím. Na odstraňovaní znečistenia vo vegetačných čistiarnach sa podieľajú procesy fyzikálne, chemické a biologické. Medzi fyzikálne procesy patrí sedimentácia, filtrácia a fyzikálna adsorpcia. K chemickým procesom patrí zrážanie, chemická adsorpcia a rozklad.

K biologickým zasa bakteriálny metabolizmus, rastlinný metabolizmus, rastlinná absorpcia a prirodzený úhyn.

Jedná sa o sústavu zariadení pozostávajúcu z viacerých vedľajších zariadení, ktoré tvoria mechanické prečistenie, v prípade potreby lapač ropných látok, zariadení na prívod, rozvod a odvod vody a pod. Mechanické predčistenie je pre tento typ čistenia veľmi dôležité, nakoľko z dôvodu nedokonalého predčistenia by mohlo prísť k upchatiu filtračného lôžka.

Pozostáva z usadzovacej nádrže, ktorej objem je minimálny a nezávislý od počtu napojených EO. Tu sú zachytávané hrubé nečistoty, ktoré sa pri biologickom čistení neodbúrajú (napr. úlomky skla, kovov a pod.).

Následne voda z usadzovacej nádrže preteká do biologického filtra. Biologický filter je plytká zemná nádrž s hĺbkou 60 cm na strane prítoku a na strane odtoku o niečo hlbšia. Hlavný čistiaci stupeň je tvorený z jedného alebo viacerých koreňových polí, ktoré sú vyplnené triedeným štrkom alebo kamenivom. Zrornosť štrkového filtra sa v smere od vtoku ku odtoku znižuje až po piesok. Podmienkou je použiť materiály zbavené prachu, prípadne zeminy. Od okolitej pôdy je koreňové pole oddelené nepriepustnou pevnou polyvinylchloridovou, alebo polyetylénovou fóliou (PVC, PE), aby nedochádzalo k nekontrolovaným priesakom do podlažia a následnému znehodnocovaniu podzemných vôd. Plastová fólia je položená na geotextíliu, aby bola chránená pred poškodením. Odpadová voda preteká koreňovým poľom pomocou systému drenážnych rúr, ktoré sú vyvedené nad povrch terénu, aby bol zabezpečený prívod kyslíka pre mikroorganizmy. Zberné potrubie je uložené na dne filtračného lôžka a je spojené v odtokovej šachte s výpustným mechanizmom, ktorým sa nastavuje výška vodného stĺpca vo filtračnom lôžku (na princípe spojených nádob). Do štrkového filtra sa zasadia vhodné rastliny a ihneď sa napustí splašková voda, aby sa rastliny nedostatkom vlhky nezničili. Časť prečistenej vody z filtra sa odparí a časť vytečie samospádom do terénu, potoka, príp. je zachytávaná v ďalšej nádrži, odkiaľ ju možno spätne využiť ako úžitkovú vodu (napr. na polievanie trávnikov) [4]. Najbežnejšie vegetačné koreňové čistiarne sú horizontálne a vertikálne pretekané (obr.1).



Obrázok 1 Horizontálna VKČOV [4]

Pre koreňové čistiarne sú najvhodnejšie rastliny predovšetkým trstiny a iné močiarne druhy rastlín, ktoré rastú v prirodzenom prostredí v plytčinách vôd. Medzi tieto druhy najčastejšie patria:

- Trst' obyčajný (*Phragmites australis*),
- Chrastica trsteníkovitá (*Phalaris Baldingera arundinacea*),
- Pálka úzkolistá (*Typha angustifolia*),



- *Pálka širokolistá (Typha latifolia),*
- *Škripinec jazerný (Scripus= Schoenoplectus lacustris),*
- *Steblovka vodná (Glyceria maxima= Glyceria aquatica),*
- *Žaburinka trojbrázdová (Lemna trisulca),*
- *Hyacint vodný (Eichhornia crassipes).*

Hlavnou úlohou rastlín pri VKČOV je to, že svojou prítomnosťou pripravujú vhodné podmienky pre mikroorganizmy, vyrovnávajú teplotu zatienením povrchu a ich zvyšky tvoria v zime izoláciu proti mrazu. Prekorenením pôdy udržiavajú horizontálnu priepustnosť pôdy a ekologicky pôsobia na svoje okolie. Okrem močiarnych druhov rastlín sa do koreňovej čistiarene môžu vysádzať aj rýchlorastúce výby, ktoré sa následne dajú využiť aj ako palivo.

Prevádzka VKČOV je celoročná, nepretržitá v zimnom aj v letnom období. Súčasťou prevádzky čistiarene je priebežné sledovanie hladiny čistenej vody vo filtri. Optimálne je, ak hladina čistenej vody je udržiavaná mierne nad filtrom.

Súčasťou prevádzky VKČOV sú rozbory odpadovej vody. Vzorky prečistenej odpadovej vody sa z koreňovej ČOV odoberajú 4 x ročne. Analytická kontrola sa robí podľa platných Slovenských technických noriem. V skúšobnej prevádzke je potrebné robiť rozbory 1 x za kvartál zo zlievanej vzorky na výusti.

Správne vybudovaná VKČOV dobre zapadne do krajiny ako jej súčasť, nepáchne a na jar a v lete pôsobí dojmom zarastenej lúky, prípadne môže plniť aj okrasnú funkciu (obr.2).



Obrázok 2 VKČOV s okrasnou funkciou [4]

Vegetačná koreňová čistiareň odpadových vôd je plnohodnotný spôsob čistenia odpadových vôd podľa súčasných platných noriem a zároveň nie je v rozpore so súčasnou úrovňou technického rozvoja ľudstva. Možno ju vybudovať pre jednu alebo aj niekoľko sto domácností [3]. Podmienečne vhodné sú pre obce s počtom obyvateľov nad 1500 EO, v ktorých je zastúpená priemyselná a živnostenská sféra výrazne ovplyvňujúca skladbu odpadových vôd z obce.

Výstavba koreňových čistiární je rozšírená v celom svete, v Českej republike asi 160, v Európe sa využívajú takmer všade, ich počet sa odhaduje cca na 50 000 a ďalej rastie. V niektorých krajinách (USA, Veľká Británia, Dánsko, Nemecko) sú považované za rovnocennú alternatívu klasických čistiarenských spôsobov a ich použitie je bežne povolované vodohospodárskymi organizáciami.



Vývoj a skúsenosti s vegetačnými koreňovými čistiarnami odpadových vôd majú už krajiny Anglicko, Austrália, Belgicko, Brazília, Egypt, Francúzsko, India, Izrael, Juhoafrická republika, Holandsko, Nórsko, Nový Zéland, Poľsko, Rakúsko, Slovinsko, Švédsko a Švajčiarsko [5].

Na Slovensku sa výstavba koreňových čistiarní odpadových vôd realizuje v menšej miere ako v Európe a v ČR. Ich realizácia sa začala od roku 1993. Na celom území SR bolo zaevidovaných 9 funkčných a 5 nefunkčných VKČOV. Celkovo sa dá určiť ako najvhodnejšie územie pre budovanie VKČOV územie Prešovského, Banskobystrického a Nitrianskeho kraja.

3 NÁVRH TECHNICKÉHO RIEŠENIA ČISTENIA ODPADOVÝCH VÔD

Na základe predchádzajúceho štúdia alternatívnej možnosti čistenia odpadových vôd, obhliadky jestvujúcej VKČOV v obci Hontianske Moravce, ako aj samotnej obhliadky lokality Farárske sa pristúpilo k vypracovaniu návrhu technického riešenia vodnej stavby-Vegetačnej koreňovej čistiare odpadových vôd Trnava- Farárske.

V tejto lokalite mesta by bolo možné tak po technickej ako i legislatívnej stránke zrealizovať vegetačnú koreňovú čistiareň odpadových vôd, ktorou by sa vyriešil doposiaľ trvajúci problém tejto lokality s absenciou kanalizácie s následným čistením odpadových vôd. Úspech samotnej realizácie VKČOV bude však závislý od presvedčenia odbornej a laickej verejnosti o efektívnosti tohto typu čistiarní pre malé zdroje znečistenia.

Navrhovaná Vegetačná koreňová čistiareň na Farárskom bola navrhnutá v zmysle platných technicko- právnych noriem, v súlade s nariadením vlády SR č. 296/2005 Z.z., ako dvojestupňová s mechanicko- biologickým čistením odpadových vôd, pochádzajúcich výlučne z obydľí od 143 obyvateľov. Mechanický stupeň čistenia bude tvoriť nátokový kôš a viackomorový septik. Po mechanickom predčistení sa odpadové vody odvedú cez prečerpávaciu šachtu do biologického stupňa čistiarene, ktorý budú tvoriť vegetačné koreňové polia. Navrhnutý biologický stupeň čistiarene bude pozostávať z troch koreňových polí, jedného s vertikálnym prietokom a dve polia s horizontálnym prietokom odpadových vôd. Povrch polí sa vysadí trstinou *Baldingera arundinace* v počte 10 ks na m². Súčasťou koreňovej ČOV bude gravitačná kanalizácia, ktorou budú na koreňovú čistiareň privádzané odpadové vody z obydľí. Koreňová čistiareň bola dimenzovaná pre 140 EO s dennou potrebou vody pre obyvateľov 21 m³ deň⁻¹.

Na základe potreby vody bol vypočítaný denný prítok odpadových vôd pritekajúcich do čistiarene (31,5 m³ deň⁻¹). Znečistenie splaškov na prítoku do čistiarene odpadových vôd bolo vypočítané na základe špecifickej produkcie znečistenia, ktorú udáva STN 75 6401: Čistiarene odpadových vôd pre viac ako 500 EO. Výpočtom sa zistilo, že na prítoku do čistiarene bude množstvo organického znečistenia BSK₅ 8,4 kg deň⁻¹, CHSK 16,8 kg deň⁻¹ a NL 7,7 kg deň⁻¹, koncentrácia pritekajúceho znečistenie po mechanickom čistení bude 280 mg l⁻¹ BSK₅ a 109,9 mg l⁻¹ NL. Koncentrácia znečistenia na odtoku z vegetačnej koreňovej čistiarene po mechanickom a biologickom prečistení odpadových vôd bude 27,15 mg l⁻¹ BSK₅ a 12,57 mg l⁻¹ NL.

Vyčistená voda z filtračných polí bude gravitačným potrubím odvedená do trativodu. Súčasťou navrhnutej čistiarene bude oplotenie celého areálu so vstupnou bránou pre obsluhu a vozidlá zabezpečujúce vývoz prebytočného kalu ako aj napojenie areálu na jestvujúcu miestnu komunikáciu.



4 ZÁVER

Hlavnými dôvodmi pre zváženie výstavby VKČOV sú predovšetkým stavebná nenáročnosť, nízke prevádzkové náklady, dlhodobá funkčnosť a investícia a to, že nevzniká čistiarenský kal a problém s jeho likvidáciou. Dobré sa vyrovnávajú s kolísaním množstva a kvality odpadových vôd, môžu pracovať prerušovane, čo u klasických čistiarní nie je možné. Ďalšou výhodou je to, že ju možno pri dostatku vhodnej plochy rozširovať.

Vyžadujú si minimálnu, ale pravidelnú údržbu bez potreby elektrickej energie, čím sa minimalizuje ich náchylnosť k havárii systému. Perspektívnou výhodou je aj fakt, že vysadené rastliny sa môžu využívať ako zdroj biomasy na ďalšie energetické spracovanie.

Za nevýhodu sa považujú nároky na väčšiu plochu (veľkosť plochy závisí od počtu EO) a jej citlivosť na nadmerné množstvá uhlíkovodíkov, ktoré spôsobujú zničenie potrebných mikroorganizmov. V žiadnom prípade však nemôžu byť čistené odpadové vody z priemyselných prevádzok, ktoré obsahujú ropné látky a ťažké kovy.

LITERATÚRA

- [1] CHMIELEWSKÁ, E.: 2004. Ochrana vôd. Bratislava: EPOS, 2004, 110 s., ISBN 80-8057-620-3
- [2] Vegetačné koreňové čistiare odpadových vôd. SAŽP. [online], [cit. 2009-03-09; 18:53 SEČ]. Dostupné na internete: <<http://www.sazp.sk/slovak/struktura/crzo/VKCOV.htm>>
- [3] Koreňová čistička. EkoProdukt. [online], [cit. 2009-02-13; 21:47 SEČ] Dostupné na internete: <<http://www.ekoprodukt.sk/dom/korenova-cisticka>>
- [4] Pre obce a priemysel. Aquašport. [online], [cit. 2009-02-16; 11:47 SEČ] Dostupné na internete: <<http://www.korenovacistiaren.sk/>>
- [5] CIFERA, K.: Kořenové čistírny odpadních vod pro obce. [online], [cit. 2009-01-04; 16:25 SEČ] Dostupné na internete: <<http://www.rybnikar.cz/obecni-korenove-cistirny/>>

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. LPP-0171-07.

Lektoroval: Ing. Petra Kvasnová, PhD.

Kontaktná adresa:

Ing. Michalíková Anna, CSc., Ústav bezpečnostného a environmentálneho inžinierstva, MTF STU so sídlom v Trnave, Botanická 49, 917 08 Trnava



POROVNANIE SEPARÁCIE ODPADU V MESTÁCH TRNAVA A HOLÍČ

COMPARISON OF THE WASTE SEPARATION IN THE TOWN TRNAVA AND HOLÍČ

MORÁVKOVÁ Ivana – HRUŠECKÁ Jana – SOLDÁN Maroš

ABSTRACT: In contribution is the characterization of the communal waste and his possibilities of separation. There is also comparison result of the possible waste separations in the towns Trnava and Holíč.

Key words: communal waste, recycling, waste recovery.

ABSTRAKT: V príspevku je charakterizovaný komunálny odpad a jeho možnosti separácie. Tiež sú uvedené výsledky porovnania spôsobov separácie týchto odpadov v mestách Trnava a Holíč.

Kľúčové slová: komunálne odpady, recyklácia, recyklácia odpadu.

1 ÚVOD

Vzrastajúce množstvo odpadov poškodzuje ľudské zdravie a kvalitu životného prostredia. Tieto odpady zvyšujú priame a nepriame náklady, ktoré spoločnosť a jednotlivci vynakladajú v dôsledku ich vzniku, manipulácie a zneškodňovania. Napriek tomu však musíme hľadať možnosti ako nášmu životnému prostrediu pomôcť. Napríklad aj tým, že budeme dôslední pri separovaní odpadov. Budeme ich triediť a odovzdávať na recykláciu.

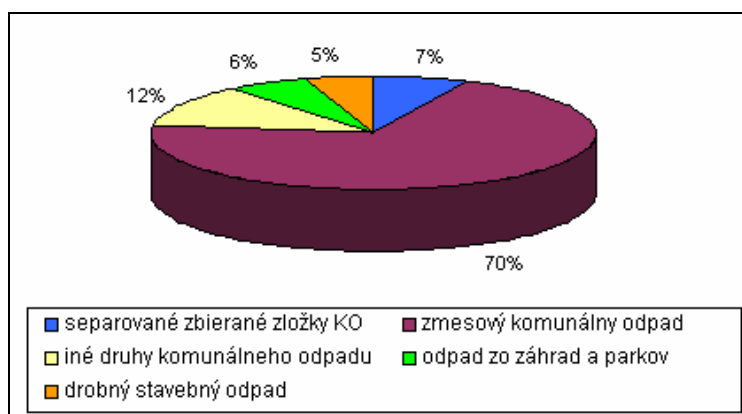
Preto treba skvalitniť poznatky a informácie týkajúce sa predchádzania a nakladania s odpadmi, vrátane ich vplyvov na životné prostredie. Jednou z prvých priorít v nakladaní s odpadmi je ich minimalizácia a rovnakou prioritou je aj zhodnocovanie odpadov a ich premena na užitočné materiály.

1.1 Komunálne odpady

Opad je jedným z najväčších nebezpečenstiev pre životné prostredie. Neustále zvyšovanie produkcie rôznych druhov odpadu, vrátane komunálneho odpadu predstavuje problém ekologického, ekonomického i spoločenského charakteru (SMELKOVÁ, 2009).

Pojmom tuhý komunálny odpad rozumieme látky tuhého a polotuhého skupenstva organického a anorganického pôvodu, vznikajúce činnosťou človeka v domácnostiach, službách, obchode, občianskej a technickej vybavenosti, administratíve v mestách a obciach. Komunálne odpady sú zmesou odpadov z domácností, odpadov z komunálnych zariadení, objemového odpadu, odpadov z verejných priestranstiev, odpadov z rekreačných stredísk a iných druhov odpadov z oblasti komunálneho hospodárstva. Charakteristickým znakom tuhého komunálneho odpadu je jeho rôznorodosť (SOLDÁN, 2005).

Komunálny odpad tvorí okolo 10 % z celkového množstva odpadu vyprodukovaného za rok na Slovensku, pričom v jeho zložení dominuje zmesový komunálny odpad (obrázok 1). (SMELKOVÁ, 2009).



Obrázok 1 Zloženie komunálneho odpadu v SR v roku 2007 (SMELKOVÁ, 2009)

Do skupiny tuhých komunálnych odpadov nezahrňame (SOLDÁN, 2005):

- hlinu a demolačný materiál pochádzajúci z inžinierskej činnosti,
- popol, škvaru, kovový šrot z väčších priemyselných podnikov,
- infekčné odpady z nemocníc a mäso priemyslu,
- rádioaktívne odpady z výskumných ústavov a nemocníc,
- odpady, ktoré pre svoju veľkosť nemôžu odvážať štandardné zberné vozidlá.

1.1.1 Prehľad súčasného stavu v legislatíve

V súčasnosti je platnou legislatívou v oblasti nakladanie s komunálnymi odpadmi zákon č. 223/2001 Z. z. o odpadoch a zmene a doplnení niektorých zákonov. Bol vypracovaný na základe Smerníc Rady Európskych spoločenstiev, niektoré úseky sú dokonca takmer zhodné, takže je v súlade s Európskou legislatívou.

Tento zákon bol niekoľko krát novelizovaný, posledná novela má číslo 519/2008. Novela zákona upravuje evidenčné povinnosti subjektov vykonávajúcich zber vrátane výkupu odpadov z farebných kovov.

Novela číslo 571/2005 Z. z. obsahuje viaceré drobné spresnenia a niekoľko významnejších zmien. Patrí k nim napr. uprednostnenie zhodnocovania nebezpečného odpadu v Slovenskej republike, spresnenie platenia príspevku do Recyklačného fondu za elektrozariadenia vo väzbe na plnenie záväzných limitov zhodnocovania a recyklácie (GAŠPARÍKOVÁ, 2005).

Rozsiahlejšia novela má číslo 733/2004 a bola ňou doplnená nová siedma časť zaoberajúca sa elektrozariadeniami a elektroodpadom (GALLOVIČ, 2005).

Podľa novely 24/2004 tohto zákona sa § 39, ktorý upravuje nakladanie s komunálnymi odpadmi a drobnými stavebnými odpadmi, dopĺňa piatimi odsekmi, kde sa definuje množstvový zber, povinnosti obce ohľadom tohto zberu a separovaný zber. Tu sa v odseku 14 uvádza: Obce sú povinné zaviesť separovaný zber papiera, plastov, kovov, skla, biologicky rozložiteľných odpadov, tým nie je dotknutá povinnosť obce podľa odseku 3 písm. b). Avšak táto povinnosť nadobúda účinnosť až 1. januára 2010. Najaktuálnejším podnetom je od 1. januára 2006 zákaz skládkovania biologicky rozložiteľných odpadov z obcí.

Ďalšia dotknutá legislatíva a komentáre k niektorým predpisom sa uvádzajú aj v rozsiahlej publikácii od Gašparíkovej, Gojdičovej a Galloviča (GAŠPARÍKOVÁ, 2004).



1.2 Separácia a recyklácia komunálneho odpadu

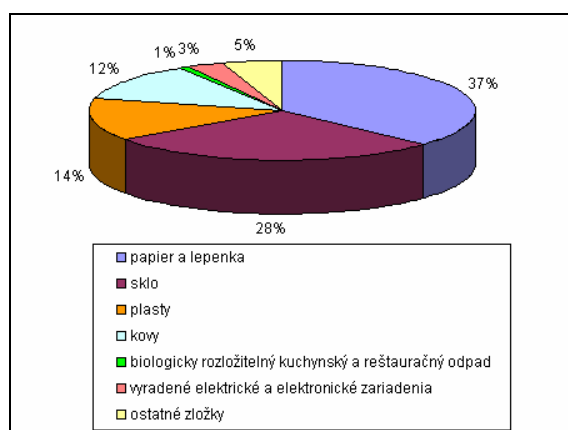
Recyklácia je znovupoužitie materiálov pri výrobe, ekonomicky účelné šetrenie zdrojov s využitím odpadov pri výrobe alebo znovupoužitím opotrebovaných výrobkov. Podľa inej definície je recyklácia opätovné vrátenie odpadu do výrobného procesu, pri ktorom sa odpad alebo jeho časť využíva na výrobu rovnakých alebo obdobných výrobkov, z akých vznikol, bez potreby úpravy odpadu (WITTLINGER, 1999).

Väčšina komunálneho odpadu skončí na skládkach. Nevyhnutné znižovanie množstva odpadu ukladaneho na skládky a ich redukovanie je možné dosiahnuť hlavne dôsledným triedením recyklovateľných a kompostovateľných zložiek odpadu. Vďaka separovaniu odpadu a jeho opätovnému využitiu – recyklácii sa tiež šetia prírodné zdroje, keďže vyseparovaný odpad sa mení na surovinu, ktorá môže znova vstúpiť do výrobného procesu a znižuje sa spotreba energie. Pod pojmom separovaný zber rozumieme zber oddelených zložiek komunálneho odpadu, kde zložka komunálneho odpadu je časť, ktorú možno mechanicky oddeliť a zaradiť ako samostatný druh odpadu. Medzi najvýznamnejšie separovane zbierané zložky odpadu patria papier a lepenka, plasty, sklo, kovy, biologicky rozložiteľný kuchynský odpad, vyradené elektrické a elektronické zariadenia, batérie a akumulátory atď. (SMELKOVÁ, 2009).

Separácia zahŕňa nasledujúce procesy:

- triedenie (rozdeľovanie) komunálneho odpadu,
- lisovanie a odovzdávanie na recykláciu.

Ako už bolo spomenuté, jednou z výhod separovania odpadu je možnosť jeho opätovného zhodnotenia, čím sa predchádza jeho ukladaniu na skládky. Na Slovensku sa v súčasnosti zhodnocuje približne 60 % separovaného odpadu, najviac materiálovo a kompostovaním. Zvyšná časť tohto odpadu sa zhromažďuje, teda na dočasnú dobu uloží, kým sa s ním nebude ďalej nakladať. Iba zanedbateľný podiel separovaného odpadu sa dostáva na skládky odpadu alebo spaľuje. Vyše 90 % všetkého separovaného odpadu tvoria 4 zložky – papier, sklo, plasty a kovy (obrázok 2).



Obrázok 2 Zloženie separovaného komunálneho odpadu v SR v roku 2007 (SMELKOVÁ, 2009)



Najväčší rozvoj zaznamenal separovaný zber plastov – z približne 4 tisíc ton vyseparovaných plastov v roku 2003 vzrástlo ich množstvo na približne 15 tisíc ton v roku 2007.

Plasty je možné recyklovať len po ich dôkladnom pretriedení, lebo vlastnosti granulátu získaného z odpadového plastu sa líšia od vlastností novej suroviny. Recyklovaním získaný polyetylén PE možno použiť na výrobu sáčkov na odpad a odpadových košov, z polyvinylchloridu PVC sa vyrábajú tyče, rúrky, plastový nábytok. Plastové fľaše z PET sa v prevažnej miere zvlákňia, výsledkom recyklačného procesu sú textilné výrobky vrchného a spodného ošatenia, stany, spacie vaky, tašky, tenisky a pod. Menej rozšírenou na Slovensku je recyklácia zmesných odpadových plastov. Vykonáva sa väčšinou technológiou J.E.T. Recycling. Výsledkom je materiál s vynikajúcimi vlastnosťami, vyrobený vo forme profilových výrobkov, ako sú dosky, hranoly, guľatiny a pod., alebo vo forme hotových výrobkov, ako sú napríklad zatravnňovacie dielce, kábové a drenážne žľaby, prepravné palety a iné (CSADI, 2005).

Papier predstavuje významnú zložku komunálneho odpadu. Jeho separovaním sa získava veľmi dôležitá druhotná surovina. Použitím zberového papiera pri výrobe sa šetrí primárna surovina -drevo. Použité obaly a zmiešaný zberový papier sa využívajú pri výrobe baliacich a obalových papierov. Odpady z obalov z vlnitej lepenky sa používajú predovšetkým pri výrobe polotovarov pre výrobu vlnitej lepenky. Noviny, časopisy, tlačiarenské odrezky, kancelársky papier sú dôležitou druhotnou surovinou pri výrobe hygienických papierov (MILOVÁ, 2004).

2 PRIESKUM V OBLASTI SEPARÁCIE ODPADOV

Cieľom tohto prieskumu bolo porovnanie poznatkov verejnosti v oblasti separácie a recyklácie odpadov a zhodnotenie verejnej mienky. Porovnávali sa mestá Trnava a Holíč. Väčšie mesto zastupuje Trnava, kde žije vyše sedemdesiat tisíc ľudí a menšie mesto Holíč s počtom obyvateľov takmer dvanásť tisíc ľudí. V každom meste odpovedalo päťdesiat obyvateľov rôznych vekových kategórií na pripravený dotazník, ktorý sa skladal z jedenásť otázok.

2.1 Vyhodnotenie dotazníka

Prvé dve otázky sa zaoberali charakteristikou respondentov ako vek a vzdelanie. V obidvoch mestách najčastejšou vekovou skupinou boli respondenti vo veku od 31 - 45 rokov – 55% a výrazne prevládali respondenti so stredoškolským vzdelaním – 70 %. V obidvoch mestách odpovedalo takmer rovnaké množstvo ľudí rovnakého veku a vzdelania, čo umožňuje lepšie porovnanie informovanosti obyvateľov týchto dvoch miest.

Bydlisko

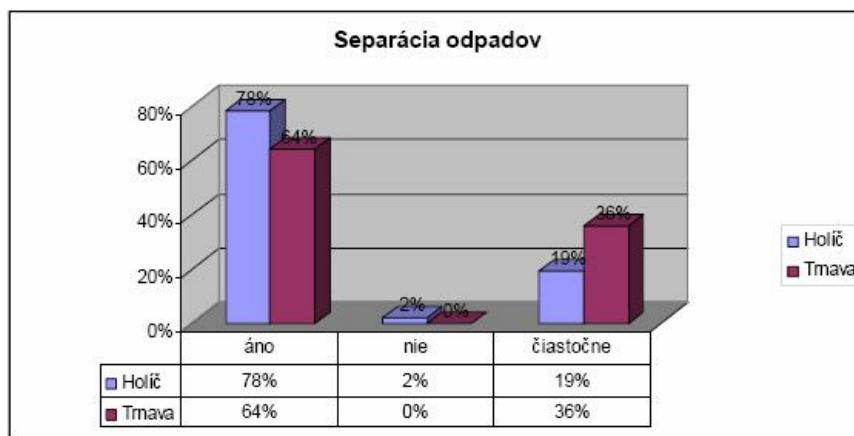
Tabuľka 1 Porovnanie bydliska obyvateľov v mestách Holíč a Trnava

	Holíč	Trnava
rodinný dom	78 %	57 %
sídlisko	22 %	43 %



Porovnaním možno vidieť, že ľudia v menších mestách žijú vo väčšej miere v rodinných domoch, na rozdiel od ľudí vo väčších mestách, ktorí bývajú väčšinou na sídliskách. Z toho vyplýva, že budú produkovať odlišné odpady a inak s nimi nakladať.

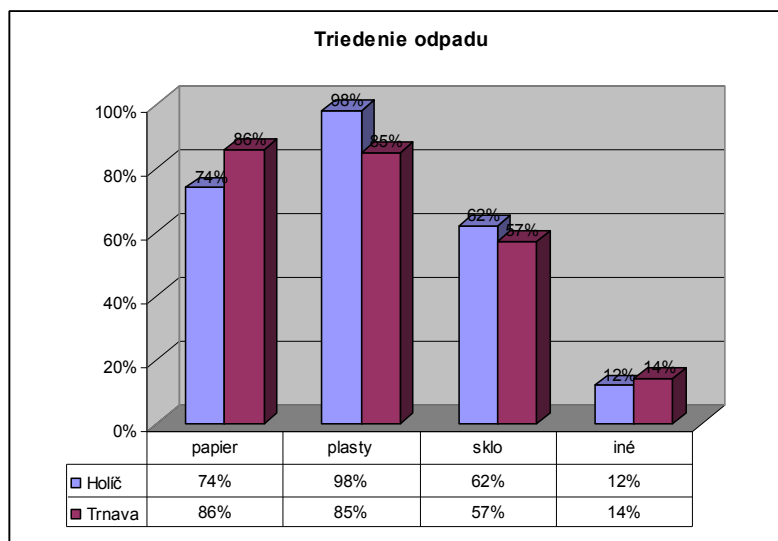
Triedite odpady?



Obrázok 3 Porovnanie miery separácie v mestách Trnava a Holič

Z nasledujúceho grafu vyplýva, že veľká väčšina odpad separuje a len malá časť čiastočne separuje a neseparuje len malé množstvo ľudí. Triedenie odpadu na rodinných domoch je jednoduchšie ako na sídlisku, priestorové možnosti na odpad na bytoch sú obmedzené, preto obyvatelia bývajúci v bytoch separujú len čiastočne a obyvatelia bývajúci v rodinných domoch separujú oveľa viacej odpadov a aj rôznych druhov. Keďže v ankete odpovedalo viacej ľudí bývajúcich v rodinných domoch, preto aj výsledok úplnej separácie je najvyšší.

Aké druhy odpadov najčastejšie triedite?



Obrázok 4 Najčastejšie triedené odpady v mestách Trnava a Holič



Obyvatelia, ktorí triedia, najviac triedia plasty, papier a sklo. Sú to najrozšírenejšie materiály a nádoby na tieto odpady sú najlepšie dostupné, či už pre obyvateľov žijúcich v rodinných domoch alebo obyvateľov bývajúcich v bytoch. Iné odpady, ako sú kovy, textil a pod., triedi len malé percento obyvateľov.

Viete, ktoré druhy odpadov z domácnosti sa dajú recyklovať?

Tabuľka 2 Porovnanie znalostí odpadov z domácností v mestách Trnava a Holíč

	Holíč	Trnava
áno	100 %	93%
nie	-	7%

V meste Holíč boli všetci opýtaní oboznámení s odpadmi z domácností, no aj tak sa našlo malé percento, čo odpad netriedilo, napriek tomu, že poznali jednotlivé druhy, ktoré sa dajú separovať. V meste Trnava až 7 % nepoznalo, ktoré odpady z domácnosti sa dajú separovať a keďže všetci odpovedali, že odpad triedia buď úplne alebo čiastočne, vyplýva z toho, že odpady síce triedia, ale nesprávne a nevedia, ktoré materiály môžu zaradiť k recyklovateľným a ktoré medzi ne nepatria.

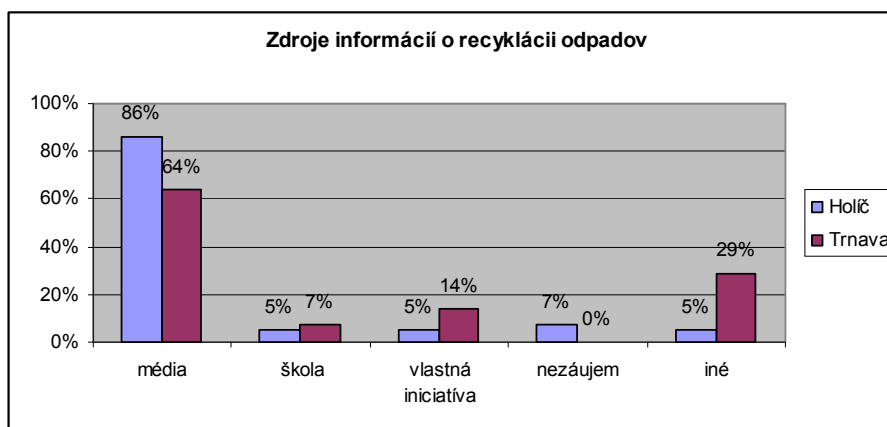
Máte možnosť v mieste vášho bydliska triediť odpad?

Tabuľka 3 Porovnanie možností triedenia odpadov v mestách Trnava a Holíč

	Holíč	Trnava
áno	100 %	100%
nie	-	-

Všetci opýtaní v oboch mestách odpovedali, že majú možnosť triediť odpad v miestach bydliska, čím sa preukazuje aj snaha miest poskytnúť občanom možnosť triedenia odpadov.

Odkiaľ získavate informácie o recyklácii odpadov?



Obrázok 5 Porovnanie zdrojov informácií v oblasti recyklácie odpadov v mestách Trnava a Holíč



Z týchto informácií sa dá usudzovať, že v menších mestách sú ľudia ovplyvňovaní médiami a vlastná iniciatíva upadá, dokonca sa vyskytuje až nezáujem. Vo väčšom meste majú média taktiež veľký vplyv, no zvyšuje sa vlastná iniciatíva a iné zdroje informácií a nezáujem sa vytratil.

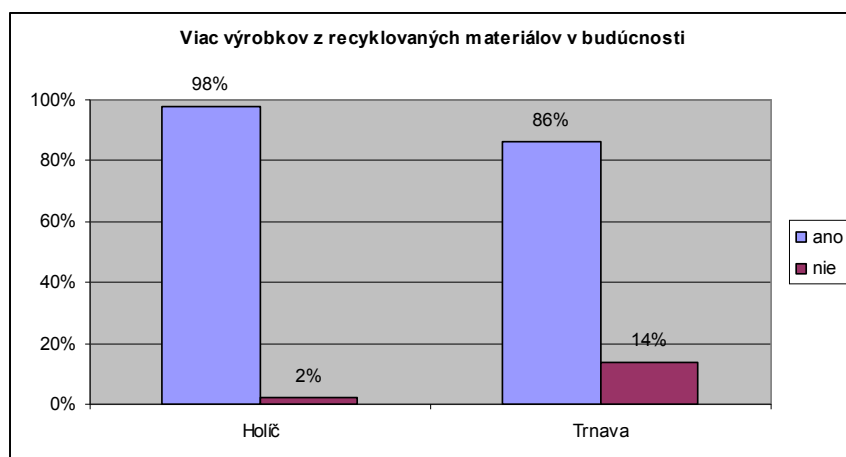
Kupujete výrobky z recyklovaných materiálov?



Obrázok 6 Porovnanie nákupu výrobkov z recyklovaných materiálov v mestách Trnava a Holič

V meste Holič ľudia občas nakupujú výrobky z recyklovaných materiálov, nemá však pre nich veľký význam ani dostupnosť ani cena a odpor k týmto výrobkom je tiež zarážajúci. Pre obyvateľov Trnavy dostupnosť a cena už hrajú určitú úlohu a odpor k týmto výrobkom sa nevyskytol v žiadnom počte.

Myslíte si, že by malo byť na trhu viac výrobkov z recyklovaných materiálov?



Obrázok 7 Porovnanie verejnej mienky v oblasti výskytu výrobkov z recyklovaných materiálov v mestách Trnava a Holič



Väčšina by uvítala viac výrobkov z recyklovaných materiálov. V menšom rozpore je, že obyvatelia mesta Holíč kupujú menej výrobkov recyklovaných materiálov, no v budúcnosti by chceli, aby na trhu bolo viac takýchto výrobkov. Na rozdiel od obyvateľov mesta Trnava, ktorí nakupujú viac výrobkov z recyklovaných materiálov, ale do budúcnosti sa objavilo aj množstvo ľudí, ktorí nechcú viac takýchto výrobkov na trhu.

Myslíte si, že recyklácia prospieva životnému prostrediu?

V oboch mestách majú všetci opýtaní rovnaký názor, že recyklácia prospieva životnému prostrediu. Keďže, ale nerecyklujú všetci opýtaní a možnosti mali všetci opýtaní, vyplýva z toho, že nie každému záleží na životnom prostredí. Tento názor treba zmeniť, vyplýva zo slabej alebo nedostatočnej informovanosti obyvateľov. Aj keď informácie sa dajú získať na rôznych miestach a z rôznych zdrojov, je potrebné zabezpečiť, aby sa k nim dostal každý a aby poskytovali správne, jasné a úplné informácie.

3 ZÁVER

Porovnávaním sa zistilo, že nie všetci obyvatelia sú správne informovaní, no aj keď sú, nie vždy dodržia správne zaobchádzanie s odpadmi. Je to dôležité, aby verejnosť bola nielen informovaná, ale aby bola sama presvedčená, že môže svojim konaním niečo zmeniť a je dôležité, aby každý z nás prispieval k ochrane životného prostredia.

LITERATÚRA

- [1] SOLDÁN, M. a kol.: 2005. *Ekologické nakladanie s materiálmi a odpadmi*. Bratislava: STU, 2005, 103 s, ISBN 80-227-2223-5
- [2] SMELKOVÁ, E., TESLIK, P.: 2009. Bilancia separovaného zberu komunálneho odpadu. *Enviromagazín*. 2009,14(1), 30 s, ISSN 1335-1877
- [3] GAŠPARÍKOVÁ, B., GOJDIČOVÁ, M., GALLOVIČ, P.: 2004. *Odpadové hospodárstvo Slovenskej republiky po vstupe do EÚ*. Bratislava: EPOS, 2004, 783 s, ISBN 80-610-6
- [4] GAŠPARÍKOVÁ, B.: 2005. Prehľad legislatívnych zmien v oblasti životného prostredia. *21. storočie-magazín pre priemyselnú ekológiu*.. 2005,8 (4), 16 s, ISSN 1335-874X
- [5] GALLOVIČ, P.: 2005. Elektrozariadenia a elektroodpad - Novela zákona o odpadoch. *21. storočie-magazín pre priemyselnú ekológiu*.. 2005,8 (2), 47 s, ISSN 1335-874X
- [6] WITTLINGER, V., KOTRAS, P.: 1999. *Technika a životné prostredie*. . Bratislava: STU, 1999, 139 s, ISBN 80-227-1179-9
- [7] CSADI, T.: 2005. Transform - Presadzujú sa kvalitou. *21. storočie-magazín pre priemyselnú ekológiu*. 2005,8 (3), 68 s, ISSN 1335-874X
- [8] MILOVÁ, D.: 2004. Systém funguje pokrívka ešte pracovná etika. *21. storočie-magazín pre priemyselnú ekológiu*.. 2004,7(1), 58-60 s, ISSN 1335-874X



Ďakujeme grantovej agentúre VEGA za finančnú podporu (projekt VEGA 1/0352/09).

Lektoroval: Ing. Zuzana Brodnianská

Kontaktná adresa:

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



VYUŽITIE ČISTIARENSKÉHO KALU AKO ZDROJA ENERGIE

USE OF SEWAGE SLUDGE AS AN ENERGY SOURCE

MRAČNA Viliam

Abstract: Annually produces in terms of SR 50 - 60 tonnes of dry matter tisíc Sewage Sludge. The current commitments under the EU can be expected to triple its growth. Tipping is not possible and therefore necessary to explore possibilities of its processing and use as secondary raw material

Key words: thermal energy, cleaning sludge.

Abstrakt: Ročne sa vyprodukuje v podmienkach SR 50 – 60 tisíc ton sušiny čistiarenského kalu. Pri súčasných záväzkoch v rámci EU je možné predpokladať jeho nárast na trojnásobok. Jeho skládkovanie nie je možné a preto je potrebné hľadať možnosti jeho spracovania a využívania ako druhotnej suroviny.

Kľúčové slová: tepelná energia, čistiarenský kal.

1 ÚVOD

Odpad a odpadové hospodárstvo sú významnou záležitosťou životného prostredia. Tepelné spracovanie odpadu sa môže teda chápať ako odozva na environmentálne hrozby, ktoré predstavujú slabo regulované alebo vôbec neregulované prúdy odpadov. Tepelné spracovanie je zacielené na zabezpečenie celkového zníženia dopadov na životné prostredie, ktoré by odpady inak vyvolali. Pri prevádzke spaľovacích zariadení však vznikajú emisie a spotreba energií, ktorých existenciu a rozsah ovplyvňuje konštrukcia a prevádzkovanie zariadenia. Medzi odpady je súčasnosti možné zaradiť aj čistiarenské kaly, pretože väčšina sa skladuje na skládkach.

Čistiarne odpadových vôd produkujú ročne 50 – 60 tisíc ton sušiny čistiarenského kalu. ako vyplýva z Európskej smernice dá sa predpokladať, že množstvo čistiarenského kalu bude stúpať. Čistiarenský kal obsahuje zmes organických a anorganických látok. Okrem toho môže obsahovať ťažké kovy, perzistentné organické látky a rôzne ďalšie organické škodlivé látky. V zmysle Metodického pokynu MŽP SR č. 4646/2004-4 je potrebné postupovať pri voľbe technológie spracovania čistiarenských kalov tak, aby sa minimalizovali negatívne účinky na životné prostredie.

V súčasnosti je najčastejší spôsob využívania čistiarenského kalu je jeho aplikácia do poľnohospodárskej a lesnej pôdy ako hnojiva. Pričom samotný kal je potrebné stabilizovať a odvodniť spolu s jeho hygienizáciou. Aplikácia čistiarenského kalu aj po jeho stabilizácii je obmedzená.

2 ENERGIA ČISTIARENSKÉHO KALU

V niektorých lokalitách sa čistiarenské kaly spaľujú v špecializovaných zariadeniach oddelene od iného odpadu, v iných lokalitách sa čistiarenský kal zmiešava s inými druhmi odpadu (napr. komunálnymi odpadmi) na spaľovanie.



Potenciálne dopady samotných prevádzok spaľovania čistiarenských kalov spadajú do týchto hlavných kategórií:

- celkové emisie z procesu do ovzdušia a vôd (vrátane zápachu),
- celková tvorba zvyškov v procese,
- hluk a vibrácie vytvárané v procese,
- spotreba a produkcia energie,
- spotreba surovín (reagentov),
- fugitívne emisie – hlavne zo skladovania odpadu,
- znižovanie rizík pri skladovaní (manipulácii) spracovaní nebezpečných odpadov.

Ďalšie dopady ktoré však môžu výrazne ovplyvniť celkový dopad celej reťaze odpadového hospodárstva na životné prostredie vznikajú pri týchto činnostiach:

- preprava prichádzajúceho odpadu a odchádzajúcich zvyškov,
- rozsiahla predúprava odpadu (napr. príprava palív z odpadu).

Uplatňovanie a presadzovanie moderných emisných noriem a používanie moderných technológií odľudčovania znečistenia viedlo k zníženiu emisií do ovzdušia na úroveň, pri ktorých sa v súčasnosti riziká znečisťovania životného prostredia spaľovaním odpadov vo všeobecnosti považujú za veľmi nízke. Pokračujúce a účinné používanie takýchto techník kontroly emisií do ovzdušia predstavuje kľúčovú záležitosť životného prostredia.

Popri úlohe zabezpečovania účinného spracovania inak potenciálne znečisťujúcich nespracovaných odpadov, mnohé zariadenia na spaľovanie odpadu zohrávajú významnú úlohu aj v procese zhodnocovania energie z odpadu. Ak sa zavádzajú zásady zvyšovania schopnosti prevádzok spaľovania odpadu (najbežnejšie komunálneho) zhodnocovať energetickú hodnotu odpadu, zvyšuje sa tým využívanie tohto pozitívneho environmentálneho príspevku. Významnou príležitosťou tohto priemyslu zlepšiť životné prostredie je teda zvýšenie jeho schopnosti byť dodávateľom energie.

Energetické využitie domového odpadu sa môže uskutočniť dvomi hlavnými spôsobmi: spaľovaním za účelom získania tepelnej, prípadne elektrickej energie, alebo anaeóbnou digesciou a následným využitím bioplynu ako paliva. Jednou z podob bioplynu je aj skládkový plyn. Energetický potenciál komunálnych odpadov je možné priamo využiť na výrobu tepla, alebo elektrickej energie.

Pri nakladaní s čistiarenskými kalmi z čističiek komunálnych odpadových vôd je treba pri voľbe technológie zhodnocovania kalov postupovať tak, aby sa minimalizovali účinky negatívnych vplyvov na životné prostredie.

Za najefektívnejší spôsob nakladania s čistiarenskými kalmi sa vo všeobecnosti považuje ich aplikácia do pôdy po predchádzajúcej stabilizácii a odvodnení. Aplikácia do poľnohospodárskej a lesnej pôdy je obmedzená množstvom ako aj spôsobom aplikácie. Do poľnohospodárskej pôdy je možné čistiarenské kaly aplikovať len na prihnojovanie trvalých trávnych porastov a to v množstve max. 5 ton po dobu 15 rokov. V lesnom hospodárstve je MŽP povolené prihnojovanie len plantáže rýchlorastúcich drevín, semenné plantáže a plantáže určené na pestovanie vianočných stromčekov.



Vhodnou technologickou úpravou čistiarenských kalov pred ich spaľovaním je peletizácia [2]. Ako preukázal výskum popol po spálení samotného čistiarenského kalu je na úrovni 38 % pri pomerne malej produkcii tepla ($11,4 \text{ MJ.kg}^{-1}$). Preto je vhodné čistiarenský kal určený na výrobu tepla zmiešavať s drobnou dendromasou, čím sa dosiahne optimálna produkcia tepla pri znížení množstva popola.

U peliet z čistiarenských kalov, smrekových pilín a zmesi smrekových pilín bolo stanovované spaľovacie teplo, množstvo popola a v peletách z čistiarenských kalov aj obsah anorganických prvkov. [2]



A – pelety zo pilín smrekového dreva

B – pelety z pilín smrekového dreva a smrekovej kôry v pomere 1:2

C – pelety z pilín smrekového dreva a smrekovej kôry v pomere 1:4

D – pelety z čistiarenských kalov

Tabuľka 1 Prehľad spaľovacieho tepla a množstva popola vo vybraných vzorkách peliet

	Vlhkosť %	Spaľovacie teplo (MJ.kg^{-1})	Popol %
peleta z čist. kalov	0	11,46	38,76
	7,2	11,175	37,84
peleta zo sm	0	19,562	0,22
	7,8	18,687	1,15
peleta sm+kôra 1:2	0	19,195	1,15
	6,4	18,793	1,35
peleta sm +kôra 1:4	0	18,793	1,35
	6,2	18,385	2,53
čist.kal+piliny 1:1	7,5	14,937	18,77



3 ZÁVER

Produkcia čistiarenských kalov bude v blízkej budúcnosti rásť v dôsledku budovania verejnej kanalizačnej siete a komunálnych čistiarní odpadových vôd. Ako vyplýva zo záväzku EU do roku 2010 má byť dobudovaná verejná kanalizácia a čistiarne odpadových vôd pre aglomerácie nad 10 000 obyvateľov a do konca roku 2015 pre aglomerácie nad 2 000 obyvateľov.

Správy miest a obcí v rámci povinnosti spracovať koncepciu tepelnej sebestačnosti by mali zohľadniť aj tepelnú kapacitu upraveného čistiarenského kalu a jeho spoluvyužívania s miestne dostupnou fyto popr. dendromasou.

Environmentálny aspekt spaľovania čistiarenských kalov je hlavne v tom, že dochádza k zisku tepelnej energie a zároveň sa minimalizuje množstvo odpadu. Uvedeným spôsobom je možné znížiť popr. úplne vylúčiť skládkovanie čistiarenského kalu.

LITERATÚRA

- [1] Demko, J.: Environmentálne aspekty zhodnocovania a zneškodňovania čistiarenských kalov. Výskumný ústav vodného hospodárstva, 2003, 1. vydanie, ISBN 80-89062-30X
- [2] Geffert, P., Geffertová, J.: Energetické využitie odpadov – fikcia či realita.
- [3] Karkulár, D.: Čistiarenske kaly pre niekoho hodnotné hnojivo, pre iných nebezpečný odpad, [www. agromagazín.sk/data/05/cele/cela02.php](http://www.agromagazín.sk/data/05/cele/cela02.php)

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

Lektoroval: Ing. Andrea Neupauerová, PhD.

Kontaktná adresa:

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



MATERIÁLOVÉ ZHODNOCOVANIE ŽIARUVZDORNÝCH ODPADOV PODĽA NORIEM EÚ PRE OCHRANU OVZDUŠIA

MATERIAL ASSESSING OF HEAT-RESISTANT WASTES ACCORDING TO EU REGULATIONS FOR AIR PROTECTION

NEUPAUEROVÁ Andrea

ABSTRACT: The paper solves a material assessing of heat-resistant wastes. It characterizes the heat-resistant wastes, preferences for their recycling and technologies their assessing by normative EU.

Key words: air, heat-resistant wastes, recycling, EU, technologies of assessing.

ABSTRAKT: Príspevok rieši problematiku materiálového zhodnocovania žiaruvzdorných odpadov. Charakterizuje žiaruvzdorné odpady, priority pre ich recykláciu a technológie ich zhodnotenia podľa legislatívy EÚ.

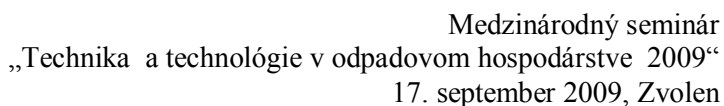
Kľúčové slová: ovzdušie, žiaruvzdorné odpady, recyklácia, EÚ, technológie zhodnocovania.

1 ÚVOD

Vážny problém intenzívneho znečisťovania ovzdušia predstavuje hutnícky priemysel a priemysel výroby žiaruvzdorných materiálov, nakoľko vo výrobných procesoch produkuje veľké množstvo vedľajších produktov, ktoré môžeme charakterizovať ako odpady, alebo ako druhotné suroviny (ak ich vieme zužitkovať priamo, alebo po prepracovaní vo vlastnom alebo akomkoľvek inom technologickom procese). Hlavnými hutníckymi prevádzkami produkujúcimi tuhé odpady je výroba surového železa (vysoké pece a aglomerácia), výroba ocele (konvertory), zlievárne, výroba zliatiny, výroba ferozliatin, pomocné prevádzky (koksovne a generátory) a výroba neželezných kovov. Do kategórie odpadov a druhotných surovín v hutníctve zaraďujeme predovšetkým prachové úlety, po čistení zachytávané vo forme prachu alebo kalu, trosky, okoviny, odpady žiaruvzdorných materiálov, odpadné oleje a mazadlá, kovové odpady a iné. Základná schéma hutníckeho kombinátu s vyznačením zdrojov odpadov je znázornená na obrázku 1.

K odpadom vznikajúcim celoplošne a vo veľkých množstvách patria stavebné odpady a odpady z demolácií (skupina 17), predovšetkým odpady podskupiny 17 01 betón, tehly, dlaždice, obkladačky a keramika, ako aj odpady ďalších skupín: 10 11 odpady z výroby skla a sklenných výrobkov, 10 12 odpady z výroby keramiky, tehál, obkladačiek, dlaždíc a stavebných výrobkov, 10 13 odpady z výroby cementu, páleného vápna a sádry a výrobkov z nich, 16 11 odpadové výmurovky a žiaruvzdorné materiály. Mnohé z nich sa bezproblémovo recyklujú na mieste vzniku, t.j. vracajú sa späť do výroby (Vadász, 2007).

Odpadové výmurovky a žiaruvzdorné materiály, ktoré sa využívajú vo výrobe kovov, skla, cementu a keramiky, môžu patriť medzi nebezpečné odpady, čo zásadným spôsobom ovplyvňuje náročnosť recyklácie odpadových stavebných materiálov. Z uvedených dôvodov treba zabezpečiť demoláciu ako riadený proces, ktorého hlavnou úlohou je zabrániť zmiešavaniu nebezpečného odpadu z demolácií s odpadom kategórie „ostatný“ v mieste vzniku. V prípade, že ide o nekontaminované stavebné odpady, obmedzujú sa technológie recyklácie na postupy pozostávajúce z drvenia, mletia a následného delenia získanej drviny na požadované frakcie.



The diagram illustrates the steel production process with the following components and flows:

- Inputs:** RUDA (Iron Ore), PRÍSADY (Additives), KOKS (Coke), VODA (Water), ŠROT (Scrap), and VZDUCH (Air).
- AGLOMERAČNÝ PÁS (Agglomeration Belt):** Receives RUDA and PRÍSADY. It produces AGLOMERÁT (Agglomerate) and releases EO (Exhaust Gas).
- VYSOKÁ PEC (Blast Furnace):** Receives AGLOMERÁT and KOKS. It produces LIATINA (Cast Iron) and releases MO (Molten Slag). It also has a VODA cirkulačné chladenie (Water circulation cooling) system.
- USADZOVACIA NÁDRŽ (Settling Tank):** Receives LIATINA and releases MO.
- KONVERTOR (Converter):** Receives LIATINA and produces TRUSKA (Steel). It releases EO and is connected to a KOTOL NA ODPADOVÉ TEPLLO (Waste Heat Boiler).
- TRUSKA (Steel):** Produced by the converter, it goes to the MLYN (Milling) stage.
- MLYN (Milling):** Produces CEMENTÁREŇ (Cementation) and releases EO.
- CEMENTÁREŇ (Cementation):** Receives TRUSKA and releases EO.
- KUPLOVÁ PEC (Open Hearth Furnace):** Receives TRUSKA, KOKS, ŠROT, and VZDUCH. It produces LIATINA and releases EO.
- REKUPERÁTOR (Reheater):** Receives LIATINA and releases EO.
- VALCOVNÁ (Rolling Mill):** Receives LIATINA and produces ŽIHANIE (Annealing).
- ŽIHANIE (Annealing):** Releases EO.
- USADZOVACIE NÁDRŽE (Settling Tanks):** Receive LIATINA and release EO.
- Energy Flows:** EO (Exhaust Gas) is shown as a byproduct at various stages, often being recycled or used in other parts of the process.

MO - mechanický odlučovač, MoO - mokrý odlučovač, EO - elektrický odlučovač
(Havlík, 1996)

Žiaruvzdorné materiály v priemyselnej výrobe vykazujú vysokú termodynamickú stabilitu pri vysokých teplotách a v extrémnom prostredí (napr. mechanické opotrebenie, korózia).



Využívajú sa najmä ako vnútorné povrchy nádob pri termo-chemických procesoch, konštrukčné dielce, tepelné izolátory alebo naopak ako vodič tepla. Podmienky, ktorým sú žiaruvzdorné materiály vystavené pri použití sú veľmi rôznorodé.

Doba, počas ktorej je žiaruvzdorná výmurovka vystavená prevádzkovým podmienkam sa pohybuje od krátkodobého - jednorázového použitia cez niekoľko hodínovú prevádzku až po niekoľko desaťročí. Životnosť výmuroviek nezávisí len od kvality žiaruvzdorných materiálov, ale tiež od podmienok, ktorým sú počas prevádzky vystavené a od konštrukčných riešení výmuroviek (Vadász, 2007). Pri použití sú žiaruvzdorné materiály vystavené mechanickému, chemickému a fyzikálnemu pôsobeniu okolitého prostredia. Pri vysokých teplotách prebiehajú vzájomné reakcie medzi žiaruvzdornou výmurovkou a kvapalnými, tuhými alebo plynými látkami. Rozhodujúci vplyv na koróziu žiaruvzdorných materiálov majú reakcie na fázovom rozhraní s plynými a kvapalnými fázami. Znalosť procesov prebiehajúcich na fázovom rozhraní je dôležitým faktorom pyrometalurgickej výroby. Medzifázové reakcie žiaruvzdorných materiálov môžeme definovať ako chemické, elektrochemické, termochemické, príp. biochemické pôsobenie kvapalín, plynov a tuhých látok na žiaruvzdorný materiál v širokom intervale teplôt (od teploty okolia až 2000 °C), pričom dochádza k celkovému opotrebeniu žiaruvzdorných materiálov. Odolnosť proti opotrebeniu je dôležitá materiálová vlastnosť žiaruvzdornej výmurovky a je charakterizovaná ako schopnosť materiálu odolávať účinkom vonkajších vplyvov, ktoré komplexne pôsobia na jej životnosť v procese výroby. Mechanizmus opotrebenia (korózie) je funkciou:

- **vlastností žiaruvzdorného materiálu** (napr. mikroštruktúra, chemické a fázové zloženie, veľkosť a kvalita kontaktného povrchu, väzba a iné),
- **charakteru korózneho prostredia** (napr. chemická reaktivita, fyzikálnochemické a mechanické vlastnosti),
- **technologických podmienok** (teploty, času, tlaku, rýchlosti prúdenia korodujúceho média, atď.)

Podľa miesta, kde dochádza k vzniku žiaruvzdorných odpadov, rozoznávame:

- žiaruvzdorný odpad ***in situ*** - je to odpad vznikajúci priamo na mieste vzniku žiaruvzdorného materiálu, napr. priamo u výrobcu žiaruvzdorných materiálov, v prípade že sa vyrobí nezhodný výrobok, ktorý sa vráti späť do výrobného cyklu,
- žiaruvzdorný odpad ***off situ*** - je to odpadný žiaruvzdorný materiál vznikajúci u spotrebiteľa žiaruvzdorných materiálov, v prípade výmeny výmurovky hutníckeho zariadenia výrobcovia žiaruvzdorných materiálov odkupujú „vybúraný“ odpad a následne ho spracujú, prípadne ho využívajú sami (napr. v primárnej recyklácii, alebo ako druhotnú surovinu – troskotvornú prísadu).

Podľa času vzniku môžeme žiaruvzdorný odpad rozdeliť na:

- ***odpad vznikajúci pri tvorbe žiaruvzdornej výmurovky pecných agregátov*** – je charakterizovaný ako odpad zo stavebných základných a prípravných procesov inštalácie výmurovky,



- **odpad vznikajúci pri využívaní a likvidácii opotrebovanej výmurovky** – tento je charakterizovaný ako odpad z priebežných opráv a demolácie žiaruvzdornej výmurovky (obr.2).



Obrázok 2 Údržba žiaruvzdornej výmurovky

Vyhláškou MŽP SR č. 284/2001 Z.z., ktorou je ustanovený katalóg odpadov, sú odpadové výmurovky a odpadové žiaruvzdorné materiály zaradené do skupiny 16 11 a do podskupín s označením kategórie odpadu (O – ostatný odpad, N – nebezpečný odpad) nasledovne:

- 16 11 01 - výmurovky a žiaruvzdorné materiály na báze uhlíka z metalurgických procesov obsahujúce nebezpečné látky- kategória (N),
- 16 11 02 - výmurovky a žiaruvzdorné materiály na báze uhlíka z metalurgických procesov iné ako uvedené v 16 11 01 - kategória (O),
- 16 11 03 - iné výmurovky a žiaruvzdorné materiály z metalurgických procesov obsahujúce nebezpečné látky - kategória (N),
- 16 11 04 - iné výmurovky a žiaruvzdorné materiály z metalurgických procesov iné ako uvedené v 16 11 03 – kategória (O),
- 16 11 05 - výmurovky a žiaruvzdorné materiály z nemetalurgických procesov obsahujúce nebezpečné látky - kategória (N),
- 16 11 06 - výmurovky a žiaruvzdorné materiály z nemetalurgických procesov iné ako uvedené v 16 11 05 – kategória (N).

3 RECYKLÁCIA ŽIARUVZDORNÝCH ODPADOV

Európska federácia výrobcov žiaruvzdorných materiálov uvádza, že 80 až 82 % použitých žiaruvzdorných materiálov je spotrebovaných, znovu použitých a recyklovaných. Zostávajúcich 18 % nie je v súčasnosti spracovaných vzhľadom na rôzne ekonomické, hygienické a iné regulácie. Z ročnej spotreby žiaruvzdorných materiálov je cca 27 % odpadných žiaromateriálov absorbovaných samotnými procesmi (napr. začlení sa do trosky pri výrobe ocelí). Zvyšok je regenerovaný v priebehu údržby a opravy zariadenia, čo spôsobuje ďalší a väčší problém, a to ako nakladať s touto značne veľkou skupinou „sekundárnych žiaruvzdorných odpadov“. Nutné je preto zvážiť argumenty v prospech recyklovania odpadov žiaruvzdorných materiálov, ktoré sú nasledovné:



- **ekonomické dôvody:** regenerovaný materiál, ktorý môže mať zaujímavé vlastnosti, napr. kryštalografická stabilita nadobudnutá v priebehu prerušovaného ohrevu, nepravidelný ohrev na vysokú teplotu, môže byť znovu včlenený do nových žiaruvzdorných výrobkov, alebo môže byť využívaný v inej ekonomicky výhodnej sfére procesu; môže to viesť k zníženiu importu surovín, a za týchto podmienok môže recyklovanie vyzeráť ako zaistenie "novej suroviny",
- **environmentálne dôvody:** európske smernice, vnútroštátne zákony a regionálne nariadenia o regulácii a obmedzovaní skládkovania, ako spôsobu likvidácie odpadu, vedú k zvýšeniu vlastných nákladov, čo robí cestu skládkovania menej príťažlivou,
- **komerčné dôvody:** opätovné získanie a recyklácia odpadov môže vytvoriť "zelený" obraz spoločnosti, ktorý môže predstavovať jeden z významných parametrov v oblasti marketingovej politiky spoločnosti.

Zlepšenia situácie v oblasti recyklácie a spracovania opotrebovaných žiaruvzdorných materiálov sa očakávajú po realizácii selektívneho odstránenia (vybúrania) a znovu vybudovania výmuroviek, efektívnejšej separácii a selektívnom skladovaní opotrebovaných žiaruvzdorných materiálov a po neutralizácii nebezpečných odpadov, aby sa viac podporila užitočná recyklácia (Vadász, 2007). Priemysel žiaruvzdorných materiálov bude pokračovať v investovaní do výskumu a vývoja s cieľom zvýšenia špecifikácie žiaruvzdorných materiálov pre jednotlivé procesy, dosiahnutia vyšších operačných teplôt a účinnosti procesov, minimalizovania absorpcie žiaruvzdorných materiálov, čo môže negatívne vplyvať na znovu využitie a recykláciu a zvýšené využitie a aplikáciu druhotných surovín. Zvyšovanie špecifikácie žiaruvzdorných materiálov z fyzikálneho hľadiska, ale aj z chemického a fázového zloženia, pre jednotlivé výmurovky pecí a agregátov, výrazne zhoršuje možnosti efektívnej a ekonomickej recyklácie. Aplikácia viac vrstvových a viac zónových výmuroviek v jednom pecnom agregáte vyžaduje vysoko selektívnu demoláciu a uskladnenie vybúraných odpadov žiaruvzdorných materiálov. Ak sa chceme zaoberať recykláciou vzniknutých odpadov, je potrebné poznať ich fázové a chemické zloženie, mechanické vlastnosti a spôsob kontaminácie. Na základe znalosti týchto údajov je potom možné navrhovať spôsoby ich ďalšieho využitia, recyklácie alebo regenerácie. Potrebne je pritom posúdiť možnosti ich využitia priamo v procese výroby (napr. ako troskotvorná prísada), alebo aj pre iné odvetvia hospodárstva (napr. výroba cementov, kameniva, a pod). S uvažovaním všetkých frakcií demolovaného odpadu žiaruvzdorných materiálov je možné konštatovať, že opätovné využitie je reálne u takmer 80 % odpadového materiálu. Napriek tomu, že využívanie odpadových žiaruvzdorných materiálov je v rôznych oblastiach využívania a technológiách rôzne, nevyhnutné je koncentrovať príslušné opatrenia na predchádzanie a redukciu samotnej produkcie odpadu a na kontrolu jeho škodlivosti.

Kvalita materiálu s recyklovanými komponentmi musí byť rovnaká ako kvalita materiálu s prírodnými zložkami nižších tried (napr. čistoty). Žiaruvzdorný materiál s recyklovanými komponentmi bude preferovaný, ak cena týchto komponentov bude porovnateľne nižšia ako prírodné zložky pri zachovaní požadovaných technických ukazovateľov (Vadász, 2007). Pri riešení toho ktorého prípadu využitia recyklovaného žiaruvzdorného materiálu je treba zvažovať optimálnu alternatívu, ktorá berie do úvahy environmentálny ako aj ekonomický prínos recyklácie. Cieľom recyklácie je obnoviť kvalitu opotrebovaného žiaruvzdorného materiálu, ale metodicky nesprávna je požiadavka na porovnávanie recyklátu s novým žiaruvzdorným materiálom.



Kvalitu recyklátu je možno definovať ako súbor vlastností, ktoré umožňujú čo najvyššiu koncentráciu týchto druhotných surovín v novej zmesi, bez toho aby došlo k zhoršeniu kvality produktu. Požiadavky na kvalitu recyklátu sú rozdielne podľa jednotlivých technológií a zároveň aj typu žiaruvzdorného materiálu.

Na základe toho sa volia vhodné metódy hodnotenia kvality žiaruvzdorných recyklátov, ktoré zahŕňajú bežné operatívne skúšky, ktoré je možné robiť pri štandardnom vybavení pracoviska prevádzkovej kontroly kvality; väčšinou sa jedná o skúšky vlastností, ktoré sú zásadné pre hodnotenie kvality recyklátu a ktoré je nutné robiť pravidelne a špeciálne skúšky, ktoré vyžadujú zvláštne vybavenie; väčšinou ide o skúšky vlastností, ktoré je nutné sledovať len v špeciálnych prípadoch (napr. skúšky a hodnotenie recyklačných metód a zariadení, výskumné a vývojové práce). **Nová smernica o odpadoch**, schválená v roku 2008 odporúča, aby členské krajiny EÚ do roku 2020 zabezpečili recyklovanie minimálne polovice komunálneho a aspoň 70 % stavebného odpadu. V nadväznosti na prijatie dokumentu musí Európska komisia do roku 2011 predložiť vnútornú správu o odpadovej prevencii Rade a Parlamentu a na jej základe sa najneskôr v roku 2014 načrtnú ciele odpadovej prevencie a „ak to bude vhodné“, aj ich vynútiteľnosť (Geist, 2009). Legislatíva sprehľadňuje doterajšie platné smernice, zlučuje smernice o odpadoch, odpadových olejoch a nebezpečnom odpade. Stanovuje rebríček prioritného spracovania odpadov, ktorý predstavuje nakladanie s odpadom v poradí: **prevencia, opätovné použitie, recyklácia, obnovenie a likvidácia environmentálnym spôsobom**.

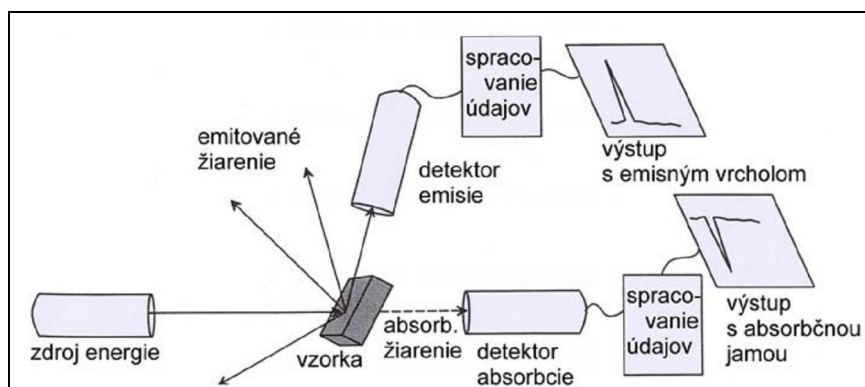
4 TECHNOLÓGIE ZHODNOCOVANIA ŽIARUVZDORNÝCH ODPADOV

Pri metódach zhodnocovania odpadov sa uplatňuje použitie širokého spektra fyzikálnych, chemických, fyzikálno-chemických, termických, biochemických a iných procesov používaných za účelom úpravy odpadu pred použitím niektorej z metód R1 až R11. Technológie zhodnocovania odpadov prakticky vždy využívajú viacero procesov a uskutočňujú sa na strojoch a zariadeniach známych z chemickej technologickej praxe (Ružinská, 2008). Najdôležitejšie metódy úpravy odpadov sú založené na fyzikálnych, chemických, fyzikálno-chemických a biochemických procesoch, pričom ich klasifikácia je stále zložitejšia, nakoľko stále viac sa uplatňujú postupy založené na súčasnom využití viacerých princípov. Vysoká teplotná stabilita žiaruvzdorných materiálov umožňuje zbaviť sa organického znečistenia termickou desorpciou znečisťujúcich látok (prevažne ropných látok) a ich následným spaľením. Odstraňovanie ropných nečistôt extrakčnými postupmi (vhodnými organickými rozpúšťadlami) je nákladnejšie, a navyše vzniká ďalší odpad – znečistené rozpúšťadlo, ktoré treba zneškodniť. Navrhované extrakčné technológie: pyrometalurgické, hydrometalurgické, elektrochemické a kombinácia uvedených metód umožňujú odstránenie ropných látok zo žiaruvzdorných odpadov znečistených napríklad olejmi z brúsnych a rezných nástrojov. Na získavanie žiaruvzdorných materiálov z polykomponentných zmesí je potrebné voliť postupy podľa konkrétnej situácie, t.j. v závislosti od zloženia zmesi a zastúpenia jednotlivých zložiek v zmesi. Niekedy kovy predstavujú znečisťujúcu látku a je potrebné ich odstrániť od zhodnocovaného odpadu. Metódy, ktoré sa pritom zvolia závisia od konkrétnych okolností, pričom v technickej praxi ide najmä o odstránenie ťažkých kovov.

V prípade, že nosným žiaruvzdorným materiálom je inertný materiál, aplikujú sa najmä **chemické metódy**, pri ktorých prevažuje detoxikácia iných zložiek odpadu nad recykláciou kovov, avšak aplikované princípy môžu byť cielene využité pre iné prípady na recykláciu kovov.

Metódy, ktoré je potrebné použiť na sledovanie procesov recyklácie a hodnotenie konečných produktov sú rôzne a závisia od účelu analýzy, ktorým môže byť stanovenie nečistoty v recyklovanom kove, obsahu kovov v kovových zmesiach, obsahu zvyškových kovov v spracúvanom odpade a pod. Voľba analytických metód je určovaná škálou prvkov, ktoré je potrebné stanoviť a požiadavkami na presnosť a citlivosť stanovení.

Ak inštrumentálne metódy využívajú schopnosť atómov emitovať alebo absorbovať špecifickú časť elektromagnetického spektra, označujú sa ako spektroskopické metódy. Obrázok 3 znázorňuje schému usporiadania spektroskopického prístroja. Okrem inštrumentálnych metód, najmä atómová emisná spektroskopia s indukčne viazanou plazmou ICP-AES, uplatňujú sa aj menej náročné metódy klasickej chemickej analýzy.



Obrázok 3 Schéma usporiadania spektroskopického prístroja

Pre získanie kvalitných produktov z recyklácie žiaruvzdorných materiálov sú nutné kvalitné **fyzikálne úpravnícke technológie**. Rozsah úpravníckych postupov sa stále rozširuje a modifikuje. Súčasná úprava a spracovanie druhotných žiaruvzdorných surovín vychádza z klasických úpravníckych postupov aplikovaných pri spracovaní uhlia, rudných a nerudných surovín. Cieľom úpravy je oddeliť úžitkové zložky a získať produkty s ich vyšším obsahom. Voľba postupov a zariadení k zaisteniu tohto cieľa musí vždy rešpektovať stav a pôvod druhotnej suroviny, ako aj spôsob ďalšieho spracovania produktov úpravy. V súčasnosti využívané zariadenia pre recykláciu žiaruvzdorných odpadov sú totožné so zariadeniami používanými pri úprave a triedení kameniva v lomoch, štrkovniach a pieskovniach. Z hľadiska recyklácie žiaruvzdorných materiálov tieto zariadenia nie vždy v plnej miere vyhovujú. Pre úpravu odpadov sa v súčasnosti vo svete využívajú recyklačné linky, ktoré sú podľa mobilnosti rozdelené na mobilné, semimobilné a stacionárne. Každé z týchto zariadení má svoje opodstatnenie pre špecifické pracovné podmienky (Černecký, 2007).

5 ZÁVER

Pri klasifikácii a kvantifikácii odpadov v oblasti žiaruvzdorných materiálov je potrebné vychádzať z druhovosti a ich technologického postupu spracovania. Tuhé odpady vznikajúce najmä pri búracích prácach, možno stanoviť z technickej dokumentácie inštalácie výmurovky.



Pre ich ďalšie spracovanie recykláciou je potrebné triedenie podľa druhovosti materiálov a ich ďalšieho využitia, úprava vytriedeného materiálu pred recykláciou a určenie využitia po recyklácii, od čoho bude závisieť spôsob úpravy recykláciou.

Predpokladom pre zužitkovanie materiálov získaných recykláciou je ich kvalita. Z tohto dôvodu nesmú konštrukčné prvky výmurovky obsahovať produkty, ktoré v procese jej exploatácie môžu spôsobiť značné materiálne škody v dôsledku degradácie mechanických, fyzikálno-chemických a technicko-konštrukčných vlastností prvkov výmurovky.

LITERATÚRA

- [1] VADÁSZ, P.: 2007. Recyklácia žiaruvzdornej keramiky. Košice: TU, 2007, 86 s. [online]. [cit. 2009-08-20; 10:00 SEČ]. Dostupné na internete: <<http://web.tuke.sk/hf-kk/Keramika/RZVM/RZVM.pdf>>
- [2] HAVLÍK, T.: 1996. Spracovanie a detoxikácia odpadov. Košice: TU, 1996, 121 s. [online]. [cit. 2009-05-13; 16:00 SEČ]. Dostupné na internete: <[http:// web.tuke.sk/hf-knkaslo/slovak/U-text/SaDO/sado1.doc](http://web.tuke.sk/hf-knkaslo/slovak/U-text/SaDO/sado1.doc)>
- [3] GEIST, R.: 2009. Odpad: prevencia a recyklácia. [online]. [cit. 2009-06-30; 11:56 SEČ]. Dostupné na internete: <http://www.euractiv.sk/zivotne-prostredie/zoznam_liniek/odpad-prevencia-a-recyklacia>
- [4] RUŽINSKÁ, E.: 2008. Zhodnocovanie priemyselných odpadov pre prípravu ekoprogresívnych materiálov. Zborník príspevkov z 2. medzinárodného seminára „Technika odpadového hospodárstva“. FEVT TU Zvolen, 2008, s. 122-130, CD. ISBN 978-80-228-1914-5.
- [5] ČERNECKÝ, J., KVASNOVÁ, P.: 2007. Technika odpadového hospodárstva. Zvolen: Vydavateľstvo TU vo Zvolene, 2007, 161 s. ISBN 978-80-228-1855-1.

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

Lektoroval: doc. Ing. Jozef Černecký, CSc.

Kontaktná adresa:

Ing. Andrea Neupauerová, PhD., Katedra environmentálnej techniky, Fakulta environmentálnej a výrobnnej techniky, Technická univerzita Zvolen, Študentská 26, 960 53 Zvolen, SR, telefón: 045/52 06 879, e-mail: neupauerova@vsld.tuzvo.sk



SUCHÉ MECHANICKÉ ODLUČOVANIE DEZINTEGROVA - NEJ DREVNEJ HMOTY

DRY MECHANICAL SEPARATION OF WOOD MATERIAL DESINTEGRATING

PLANDOROVÁ Katarína

ABSTRACT: Document is monitoring technology of mechanical separation with wood waste from wood processing. It is describing technological process to creation wood waste, transportation inside the air-technical system up separation with mechanical separator. Radical studies operating with cyclone separator (cyclone) and his unconventional design solution.

Key words: wood waste, separation, cyclone.

ABSTRAKT: Príspevok sa venuje technológií mechanického odlučovania drevného odpadu z procesov spracovania dreva. Popisuje technologický proces od vzniku drevného odpadu, transportu vzduchotechnickým systémom až po samotnú separáciu v mechanických odlučovačoch. Rozoberá princíp činnosti vírového odlučovača (cyklóna) a poukazuje na jeho netradičné konštrukčné riešenie.

Kľúčové slová: drevný odpad, odlučovanie, cyklón.

1 ÚVOD

V súčasnom období sa výskum sústreďuje na vývoj nových technológií pre znovu užívanie odpadov a technológií, ktoré menej ovplyvňujú životné prostredie. Komplexný a systematický prístup k riešeniu problematiky odpadov, sleduje smery ako: znižovať produkciu odpadov, manipulovať s odpadmi a ukladať ich, aby neohrozovali životné prostredie, čo najviac využívať odpady ako druhotnú surovinu, zdroj energie.... Do kategórie priemyselných odpadov môžeme zaradiť aj odpad z drevárskej výroby, ktorý tvorí pestrú zmes najrôznejších látok, od prakticky neškodných až po vysoko toxické.

2 VZNIK ODPADU V DREVOSPRACUJÚCOM PRIEMYSLE

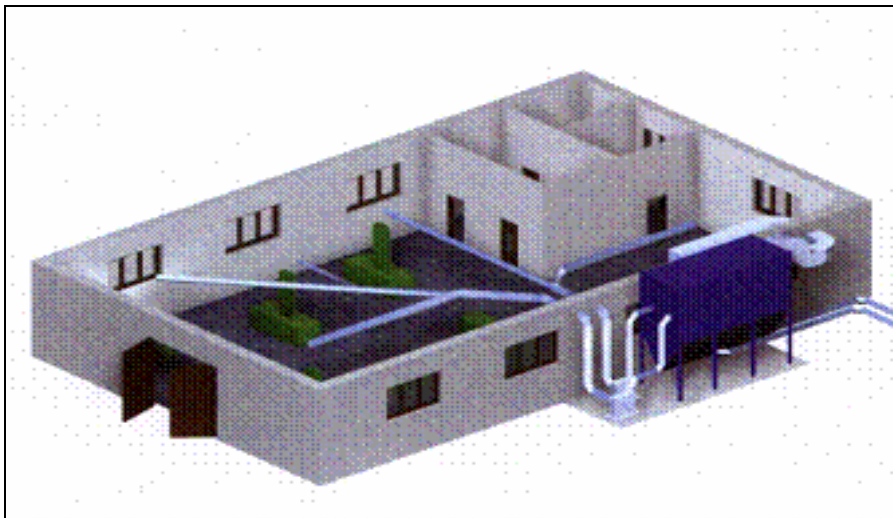
Pri strojnom opracovaní dreva vzniká okrem samotného výrobku aj vedľajší produkt - odpad. Vzniknutý odpad môže mať skupenstvo tuhé, kvapalné a plynné. Kvapalný odpad vzniká napr. pri povrchovej úprave striekaním, plynný odpad môže vzniknúť napr. pri odparovaní prchavých zložiek z lakov a lepidiel, spojív. Vzniknutý tuhý odpad môže mať formu kusového dreva, dezintegrovanej drevnej hmoty (pilina, štiepka, trieska, hoblina) alebo drevného prachu [1].

Častice dezintegrovanej drevnej hmoty sú odsávané priamo z miesta jej vzniku od drevoobrábacích strojov či celých strojovo-technologických zariadení, následne sú transportované vzduchotechnickým dopravným systémom do odlučovacích zariadení, kde sa zachytia a ďalej likvidujú.

Otvorený vzduchotechnický dopravný systém je systém, ktorý odovzdáva odsatý vzduch z výrobných priestorov haly, priamo do atmosféry. Vo výrobných halách sa vytvárajú lokálne podtlaky, ktoré sú vyrovnané zvýšeným prúdením vzduchu v hale.



Odsávaním teplého vzduchu v zimnom období dochádza k tepelným stratám v priestoroch výrobného objektu. Jedným z technických riešení uvedených nedostatkov je recirkulácia transportovaného vzduchu do priestorov výrobného objektu (obr. 1).



Obrázok 1 Vzduchotechnický systém odsávania od drevoobrábacích strojov

Vzduchotechnická doprava a odsávanie dezintegrovanej drevnej hmoty má tieto

výhody:

- pohotovosť na okamžité pracovné nasadenie,
- ľahké zachytávanie čiastočiek priamo pri ich zdroji,
- jednoduchý transport častíc dezintegrovanej drevnej hmoty
- relatívne jednoduché odlúčenie častíc od transportného vzduchu
- malé nároky na údržbu vzduchotechnického zariadenia,
- čistota pracovných miest a celej trasy.

nedostatky:

- transport vzduchu obsahuje len niekoľko gramov dezintegrovanej drevnej hmoty,
- malá dopravná rýchlosť transportného vzduchu,
- kinetická energia transportného vzduchu sa pri mechanickom odlučovaní nevyužíva,
- hluk, spôsobený prúdením častíc drevnej hmoty v potrubí a činnosťou ventilátora,
- vzduchotechnická doprava je energeticky náročnejšia, ako napr. mechanická doprava.



3 SUCHÉ MECHANICKÉ ODLUČOVAČE (CYKLÓNY)

K jedným z najrozšírenejších zariadení, používaných v technologickom vzduchotechnike na separáciu dezintegrovanej drevnej hmoty patrí aj suchý mechanický odlučovač, označovaný ako cyklón. Cyklóny sú technické zariadenia slúžiace na odlučovanie častíc sypkej hmoty od dopravného plynu s využitím gravitačných a zotrvačných síl.

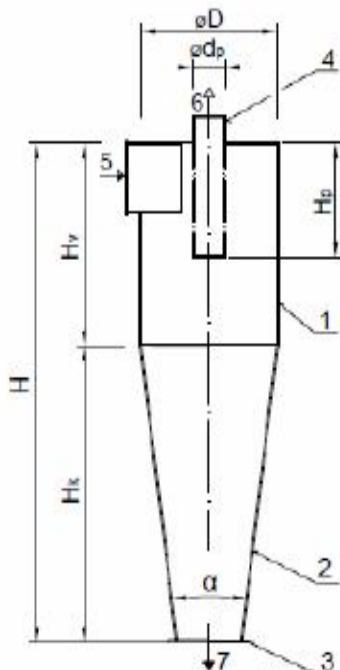
Pre zabezpečenie činnosti cyklóna sa využíva silový účinok odstredivého poľa, ktoré je spôsobené vírivým pohybom častíc sypkej hmoty v nepohyblivých častiach príslušného cyklóna. Na vynútenie vírivého pohybu sa využíva mechanická forma energie prúdiacej heterogénnej zmesi [1].

Z konštrukčného hľadiska je cyklón pomerne jednoduchý element, pozostávajúci z dlhšej časti kužeľovitého tvaru, zužujúceho sa smerom k spodnej časti výsypného (vypúšťacieho) otvoru. Médium je po vstupe do valcovej časti odlučovača uvedené do zostupného rotačného pohybu smerom k dolnej kužeľovej časti, v ktorej však odlučovaný materiál už nemá tendenciu ďalej klesať. Vplyvom odstredivých síl a záporne naklonenej roviny kužeľového plášťa je naopak materiál nútený sa dvíhať proti novoprichádzajúcemu materiálu, s ktorým sa vzhľukuje a nadobúda objem. To, že materiál odchádza výsypným otvorom je spôsobené nárastom objemu, spomalením jeho rotácie trením o plášť, gravitačnou silou a tlakom ďalšieho materiálu vstupujúceho do odlučovača. Kužeľový tvar spodnej časti odlučovača je potrebný z dôvodu postupného uzatvárania stredového vzostupného podtlakového prúdu, ktorý vzniká rotáciou a zmenou smeru prúdenia média bližšie k osi odlučovača. Z toho vyplýva, že v osi rotácie nie je možné mať z dôvodu spätného strhávania odlučovaného materiálu veľký priemer otvoru [2].

3.1 Konštrukcia cyklónov

Pre správnu činnosť cyklóna sú rozhodujúce jeho rozmery (obr.2), najmä priemer jeho valcovej časti D , výška H a tvar cyklóna. Väčšia výška a menší prierez cyklóna zodpovedá vyššej hodnote účinnosti odlučovania. Pre odlúčivosť je tiež podstatný tvar vstupného prierezu do cyklónu. Cyklóny s tangenciálnym vtokom obdĺžnikového prierezu dosahujú vyššiu účinnosť odlučovania, ak vtok je úzky a vysoký. U cyklónov so špirálovým vstupom je vyššia účinnosť odlučovania dosahovaná pri vtokovom potrubí tvaru štvorca.

Na tlakové straty cyklóna a podmienky odlučovania má značný vplyv „stupeň otvorenia cyklóna“, čo je pomer súčtu vstupného prierezu potrubia S_e a výstupného prierezu S_a k prierezu cyklóna S_D . Nižšie hodnoty stupňa otvorenia cyklóna odpovedajú vyšším hodnotám tlakových strát a lepšej odlúčivosti. Hĺbka zasunutia H_p výstupnej rúry by mala byť riešená tak, aby jej ústie končilo tesne pod spodnou stenou vstupu. Vrcholový uhol kužeľa cyklóna α býva v rozmedzí 10 až 20°. Cyklóny s nižšou hodnotou vrcholového uhla kužeľovej časti, asi do 15° majú lepšiu odlúčivosť [3].



Obrázok 2 Základné rozmery a časti odlučovača

D – priemer valcovej časti, ØD – priemer cyklóna, Ødp – priemer odťahovej rúry,
H – celková výška cyklóna, Hk – výška kužeľovej časti cyklóna, Hv – výška valcovej časti
cyklóna, 1 – dutý valec, 2 – dutý kužeľ, 3 – výsypný otvor, 4 – odťahové potrubie, 5 – vstup
heterogénnej zmesi, 6 – výstup vyčisteného vzduchu, 7 – výstup odlučovaného materiálu

Pri výbere cyklóna je potrebné zohľadniť prietok heterogénnej zmesi cyklónom, vlastnosti odlučovanej sypkej hmoty, vstupnú koncentráciu sypkej hmoty, požiadavky na mieru odlučovania častíc sypkej hmoty od dopravovaného vzduchu (mieru vyčistenia vzduchu). Na prevádzkovú spoľahlivosť cyklónov vplyva nie len konštrukcia odlučovača, ale aj spôsob prevádzky. Preto je potrebné pri návrhu vychádzať z predpokladu, že proces odlučovania začína vstupom do cyklóna a končí až odsunom odlúčeného materiálu z výsypky. Výsypka, v ktorej sa odlúčený materiál hromadí musí byť navrhnutá tak, aby mala dostatočný objem pre uskladnenie nahromadeného odlúčeného materiálu. Pri návrhu výsypky treba brať do úvahy, že jej celý objem nemôže byť využitý, pretože pod výsypným otvorom cyklóna sa vytvára sypný kužeľ a z toho dôvodu je potrebné zabezpečiť minimálnu voľnú výšku 1 m [4].

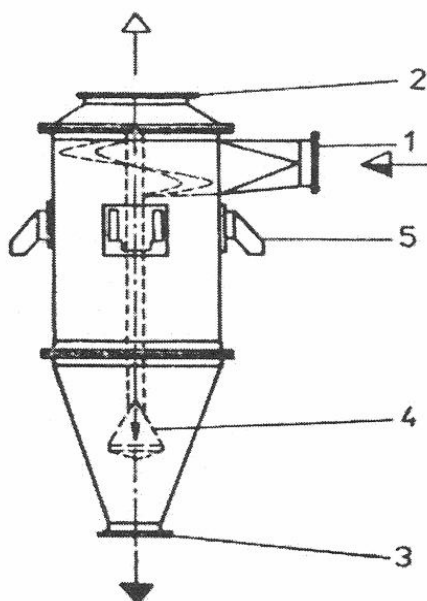
3.1.1 Vybrané typy cyklónov používané v drevospracujúcom priemysle

Výrobcovia sa zvyčajne snažia pokryť požiadavky odberateľov a to rôznymi typizovanými radmi cyklónov. Pre zvýšenie variabilnosti montáže ako aj funkčných vlastností výrobku sa vyrábajú jednotlivé časti cyklónov tak, aby dovoľovali určitý stavebnicový systém ich montáže, ktorý projektant navrhuje podľa konkrétnych výrobných, ekonomických a ekologických požiadaviek [5].

Suchým mechanickým odlučovačom môže byť jeden cyklón, zvyčajne s veľkým priemerom, alebo niekoľko spolu spojených cyklónov v prevedení multicyklónov, cyklónových batérií alebo cyklónových zostáv.

Príkladom dvoch typových radov samostatných cyklónov používaných v drevospracujúcom priemysle je starší sovietský cyklón LIOT a netradičné riešenie cyklóna pozostávajúce iba z valcovej časti.

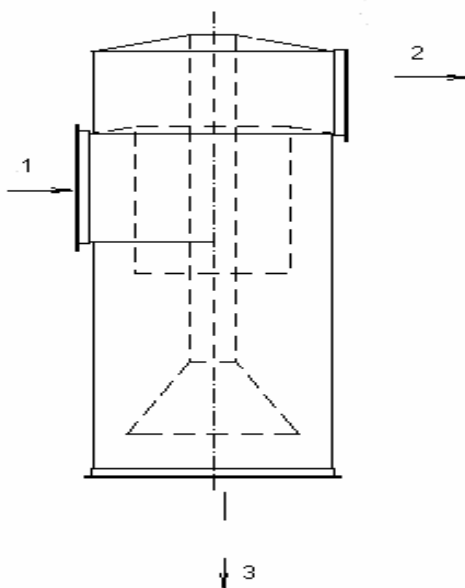
Na separáciu dezintegrovanej drevnej hmoty dosiahol pomerne široké uplatnenie cyklón LIOT (obr.3), ktorý je vhodný pre odlučovanie hrubšieho drevného odpadu. Je konštrukčne zaujímavý tým, že v ose má zasunutý regulačný kúžeľ (hrušku) a jej nastavením v zvislom smere reguluje hodnotu odporu cyklóna a odlučivosti. V súčasnej dobe môžeme tento mechanický odlučovač pokladať za zastaralý.



Obrázok 3 Odlučovač LIOT

1 – vtokové potrubie, 2 – výdych pre odvod vyčisteného vzduchu, 3 – odsun odlúčenej sypkej drevnej hmoty, 4 – hruška, 5 pätky

Novým riešením je odlučovač, ktorý pozostáva iba z valcovej časti, bez dolnej, kužeľovej časti (obr. 4). K uzatvoreniu vzostupného prúdu je použité aerodynamické kužeľové teleso, ktoré v dolnej časti odlučovača uzatvára stredovú oblasť podtlaku, čím nahrádza riešenie klasického cyklónu, ale nepreberá jeho nedostatky. Dezintegrovaná drevná zmes po vstupe do odlučovača pokračuje v zostupnom rotačnom pohybe, pričom odlučovaný materiál je bez zhlukovania voľne unášaný na okraj výpadového otvoru, ktorý je po obvodě plášťa cyklónu, v mieste pod úrovňou aerodynamického telesa. Tu za pomoci odstredivej sily opúšťa odlučovač [6].



Obrázok 4 Nové riešenie cyklóna

1 - vstup heterogénnej zmesi, 2 - výstup vyčisteného vzduchu, 3 - výstup odlučovaného materiálu

Výhody:

- zmenšenie výšky odlučovača rovnakého priemeru približne o 1/4,
- dvojnásobný odlučovací výkon pri umiestnení na zásobníky,
- v zásobníkoch nevzniká sypný kužeľ smerom k výsypnému otvoru cyklóna,
- lepšie využitie kapacity zásobníka,
- znižovanie opotrebovania dolnej časti vplyvom abrazivity.

4 ZÁVER

Odpady z drevospracujúceho priemyslu sú špecifické pre každý výrobný závod, vyžadujú si systematický prístup na spracovanie, zúžitkovanie, recykláciu, príp. skladovanie. Nové technológie nakladania s tuhými odpadmi vedú k zníženiu množstva odpadov vnášaných do prostredia, sú založené na koncepčnom riešení celého cyklu od samotného vzniku odpadu, dopravy, separácie, až po samotnú likvidáciu. K jedným z vhodných technických riešení separácie dezintegrovanej drevnej hmoty patrí zavádzanie nových konštrukčných riešení cyklónov pre zvýšenie účinnosti odlučovania.

LITERATÚRA

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



- [2] LONGAUER, J: 1991. *Hydraulika a vzduchotechnika v drevospracujúcom priemysle*. Bratislava: Vydavateľstvo ALFA, 1991. 384 s. ISBN 80-05-00835-X.
- [3] HEJMA, J., BUDINSKÝ, K: 1981. *Vzduchotechnika v dřevozpracovávajícím průmyslu*. Praha: Vydavatelství SNTL, 1981. 400 s. L19-B2-IV-31/82144.
- [4] Horák, M: 1993. *Technika ochrany ovzdušia I*. Bratislava: Vydavateľstvo STU, 1993. 171 s. ISBN 80-227-0830-5.
- [5] LONGAUER, J: 2001. *Technika ochrany ovzdušia - Konštrukčné návody*. Zvolen: vydavateľstvo TU vo Zvolene, 2001. 100 s. ISBN 80-228-1015-0.
- [6] Dostupné na internete: <http://www.lisnice.com/basic1.php?a=3#kuk>.

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

Lektoroval: Ing. Petra Kvasnová, PhD.

Kontaktná adresa:

Ing. Plandorová Katarína, Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta environmentálnej
a výrobnjej techniky, Katedra environmentálnej techniky, Študentská 26, 960 53 Zvolen.



EFEKTÍVNE ZHODNOCOVANIE ODPADOV PRE PRÍPRAVU MATERIÁLOV SO ZNÍŽENÝM OBSAHOM POLUTANTOV

EFFECTIVE APPRECIATION OF WASTES FOR PREPARATION OF MATERIALS WITH DECREASING CONTENT OF POLLUTANTS

RUŽINSKÁ Eva – JABŁOŃSKI Marek – KŁOSIŃSKA Teresa

ABSTRAKT: Príspevok sa zaoberá problematikou efektívneho využitia priemyselných odpadov - sulfátových výluhov, ktoré možno aplikovať po rôznych modifikačných úpravách, ako recipročnú náhradu polykondenzačných adhezív pri príprave drevných materiálov. Vo všetkých navrhnutých a pripravených lepidlových zmesiach bolo indikované zníženie obsahu emisií polutantov – voľného fenolu a formaldehydu. Navrhnuté adhezíva boli aplikované pri laboratórnej príprave drevných materiálov.

Kľúčové slová: zhodnocovanie odpadov, drevné materiály, plynné polutanty, fenol, formaldehyd.

ABSTRACT: The article deals with the problem of effective utilization of industrial wastes - kraft black liquors, which are applied in various modified treatments as reciprocal replacement of polycondensative adhesives for preparation of wood based materials. All suggested and prepared adhesive mixtures were indicated decreasing of emission of pollutants – free phenol and formaldehyde. Suggested adhesives were applied for laboratory preparation of wooden materials.

Key words: appreciation of wastes, wooden materials, fluid pollutants, phenol, formaldehyde.

1 ÚVOD

Efektívne využitie odpadov ako druhotných surovín nadobúda v súčasnosti narastajúci význam. Prehodnocujú sa postoje pri využívaní v minulosti nezužiteľných zložiek odpadov ako vhodnej alternatívy pri získavaní deficitných surovín a zároveň aj ako nové zdroje energie. Nárast odpadov má výrazne negatívny vplyv na životné prostredie, čím nakladanie a hospodárenie s odpadmi nadobúda prioritné postavenie pri riešení ekologických problémov.

Inovatívny spôsob využitia odpadov predstavuje predovšetkým ich materiálové zhodnotenie, napr. prípravu materiálov s vyššou pridanou hodnotou, s požadovanými kvalitatívnymi parametrami a environmentálne akceptovateľnými hygienickými charakteristikami vo vzťahu k životnému i pracovnému prostrediu.

Špecifickou skupinou odpadov sú priemyselné odpady vznikajúce pri príprave buničiny v celulózo-papierenskom priemysle, kde dochádza v dôsledku prebiehajúcich delignifikačných procesov k tvorbe množstva odpadových produktov, napr. čiernych sulfátových výluhov. Organické zložky sulfátových výluhov sa zužitkujú v tzv. regeneračnom procese, (spaľujú sa), poskytujúc tak tepelnú energiu a uhlík, ktorý slúži na redukciu síranu sodného na sulfid, ako jednu zo zložiek varného roztoku. Takého zhodnocovanie vzniknutých odpadov neprináša ich efektívne materiálové zhodnotenie [3, 4, 13].

Nové spôsoby efektívneho využitia sulfátových výluhov, ako špecifických priemyselných odpadov, smerujú k aplikáciám pri príprave environmentálne akceptovateľných drevných kompozitných materiálov, v ktorých sa využívajú tieto odpady ako recipročná náhrada toxických polykondenzačných adhezív práve prírodnými polyfenolovými zložkami obsiahnutými vo výluhoch, majúcich lepiace vlastnosti [9].



V dôsledku snahy o zlepšenie životného prostredia, avšak pri zachovaní požadovaných kvalitatívnych charakteristík, smeruje globálny vývoj v oblasti drevných materiálov k vývoju nových, alebo účelnej úprave existujúcich technológií so zameraním na zníženie emisie formaldehydu a ďalších toxických komponentov, ktoré obsahujú polykondenzačné adhezíva (močovinoformaldehydové - UF a fenolformaldehydové živice - PF), aplikované pri príprave kompozitných drevných materiálov - aglomerovaných, preglejovaných [11].

Polykondenzačné živice, ktoré sa používajú v súčasnosti pri príprave mnohých drevárskych výrobkov (drevotrieskovské dosky, preglejované materiály) sú emitormi znečistenia ovzdušia, rovnakou mierou zaťažujú aj vnútorné prostredie budov, čím výrazne zhoršujú pracovné prostredie tým, že obsahujú toxické komponenty (formaldehyd, fenol), patriacich do skupiny prchavých organických zlúčenín (VOC) [7, 8, 11, 12].

Naznačená problematika znamená recipročnú náhradu toxických zložiek v súčasnosti používaných polykondenzačných adhezív (najmä fenolformaldehydových - PF), napr. sulfátovými výluhmi, ktoré je možné izolovať ako sekundárnu odpadovú surovinu po priemyselnom spracovaní buničiny. Výsledkom ich aplikácie je návrh a príprava nových typov drevných materiálov s atribútom environmentálnej akceptovateľnosti vzhľadom na znížený obsah emisií polutantov [10].

Príspevok sa zaoberá návrhom a prípravou nových variantov adhezív s aplikáciou modifikovaných sulfátových výluhov, ako špecifických priemyselných odpadov, ktoré možno aplikovať do PF živíc pri príprave environmentálne akceptovateľných drevných materiálov. Pozornosť je venovaná aj hodnoteniu emisií polutantov (emisie voľného fenolu, formaldehydu) v experimentálne pripravených adhezívach.

2 EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

V prvej etape experimentálnych prác bola pozornosť venovaná modifikačným úpravám odpadových produktov – sulfátových lignínov. Následne boli pripravené rôzne varianty lepidlových zmesí, kde bola postupne recipročne nahrádzaná pôvodná fenolformaldehydová živica upravenými sulfátovými výluhmi. V rámci druhej etapy experimentálnych prác boli vykonané hodnotenia hygienických charakteristík pripravených lepidlových zmesí – stanovenie obsahu voľného fenolu a emisií voľného formaldehydu v pripravených lepidlových zmesiach. V tretej – finálnej etape boli experimentálne pripravené drevné materiály s použitím navrhnutých lepidlových zmesí.

2.1 Modifikačné úpravy priemyselných odpadov

Sulfátové výluhy, ktoré boli využité na prípravu experimentálnych drevných materiálov, predstavovali špecifickú skupinu priemyselných odpadov, boli odobraté za odparkou v technologickom reťazci v SCP Ružomberok. Vzhľadom na ich relatívne nízku reaktivitu k formaldehydu (formaldehyd ako jedna z hlavných zložiek PF adhezív) nedochádza k ich požadovanému zabudovaniu do polymérnej matrice zmesového lignín-fenolformaldehydového polykondenzátu. Z uvedeného dôvodu je potrebné upraviť reaktivitu pôvodných sulfátových výluhov modifikačnými reakciami:

- metyloláciou odpadových sulfátových výluhov,
- acidifikáciou metylovaných sulfátových výluhov,
- hydroxymetyláciou sulfátových lignínov izolovaných zo sulfátových výluhov,



- demetyláciou sulfátových lignínov izolovaných zo sulfátových výluhov.

Metylolácia sulfátových výluhov bola experimentálne vykonaná upraveným postupom podľa DOLENKA a CLARKA (1978) [1]. Podstatou metylolačnej reakcie bola reakcia formaldehydu s odpadovým sulfátovým výluhom pri laboratórnej teplote počas 72 hodín. Týmto spôsobom bol pripravený metylovaný sulfátový výluh, ktorý bol ďalej aplikovaný do lepidlových zmesí spolu s fenolformaldehydovým adhezívom (PF) s postupnom proporcionálnou náhradou PF adhezíva od 10 do 60 hm. %.

Acidifikácia metylovaných sulfátových výluhov spočívala v dodatočnej úprave predchádzajúcim postupom pripravených metylovaných výluhov. Acidifikácia bola vykonaná silnou minerálnou kyselinou za intenzívneho miešania na hodnotu pH = 5.

Demetylácia sulfátových lignínov (po izolácii sulfátových lignínov z pôvodných sulfátových odpadových výluhov) bola uskutočnená postupom podľa OLIVARESA a XINNANA (1995) [2, 6]. Podstata demetylačnej reakcie spočíva v reakcii lignínového preparátu s demetylačnými činidlami. Vzorka demetylovaného lignínu sa homogenizovala v trecej miske do kompaktnej práškovej konzistencie.

Hydroxymetylácia sulfátových lignínov (izolovaných zo sulfátových výluhov) bola experimentálne vykonaná modifikovaným postupom podľa (SHIMATANIHO, K., SANA, Y., 1995) [5]. Podstatou hydroxymetylačnej modifikačnej úpravy bola reakcia izolovaného sulfátového lignínu s fenolom, formaldehydom, metanolom a hydroxidom sodným počas 2 hodín pri teplote 80 °C.

2.2 PRÍPRAVA LEPIDLOVÝCH ZMESÍ S VYUŽITÍM UPRAVENÝCH ODPADOV

Jednotlivé varianty (celkovo 30) zmesových adhezív boli experimentálne pripravené tak, aby postupne recipročne nahrádzali pôvodnú PF živicu postupne 10, 20, 30, 40, 50 a 60 hm. % modifikovanými výluhmi (metylovanými, acidifikovanými) a upravenými sulfátovými lignínmi izolovanými zo sulfátových výluhov (demetylovanými, hydroxymetylovanými).

Celkovo bolo navrhnutých a pripravených 5 typov lepidlových zmesí pre aplikáciu do drevných kompozitných materiálov:

- PF živica + nemodifikovaný sulfátový výluh (neupravený),
- PF živica + metylovaný sulfátový výluh,
- PF živica + acidifikovaný sulfátový výluh,
- PF živica + hydroxymetylovaný lignín, izolovaný z odpadových sulfátových výluhov,
- PF živica + demetylovaný lignín, izolovaný z odpadových sulfátových výluhov.

3 HODNOTENIE EMISIÍ POLUTANTOV V LEPIDLOVÝCH ZMESIACH

V rámci tejto etapy experimentálnych prác boli vykonané hodnotenia týchto polutantov v pripravených lepidlových zmesiach:

- hodnotenie obsahu voľného fenolu,
- hodnotenie obsahu voľného formaldehydu.



3.1 Hodnotenie obsahu voľného fenolu v lepidlových zmesiach

Fenol (monohydroxybenzén) patrí do skupiny aromatických látok, ktoré patria k toxikologicky nebezpečným polutantom. Monomolekulárne fenoly sú vysokotoxické zlúčeniny, ktoré spôsobujú degradáciu proteínov a opotrebovanie tkanív. Vstup fenolu do organizmu je možný tromi cestami: *perorálne* (škodlivina sa dostane do zažívacieho traktu ústami - zriedkavý spôsob), *perkutálne* (fenol sa „vstrebáva“ pokožkou), *inhalačne* (pri inhalácii dochádza k lokálnemu poleptaniu slizníc, bolestiam hlavy, závratom, nepravidelnému dýchaniu až zastaveniu srdcovej činnosti). Fenol vniknutý do organizmu podlieha čiastočnej kumulatívnej biodegradácii, čiastočne sa oxiduje a niektoré medzi produkty tejto biotransformácie môžu mať účinky mutagénne a leukemické.

Pri výrobe, ale aj používaní PF lepidiel existuje potenciálne zdravotné riziko spôsobené toxicitou voľných monomérov formaldehydu. Pre posúdenie rizika spojeného pri práci s PF lepidlami (počas výroby, miešania lepidlových zmesí, lisovania) je nutné presne rozlišovať medzi surovinou, oligomérmi živíc a vytvrdnutými PF lepidlami [11].

Novolaky neobsahujú voľný formaldehyd a majú nízky obsah voľného fenolu, naproti tomu rezoly majú vyšší obsah týchto zložiek. Vytvrdnuté PF lepidlá sú takmer neškodné a napr. Úrad pre potraviny a lieky USA (FDA) povoľuje, aby nátery na báze PF lepidiel prichádzali do styku s potravinami. Lepidlové zmesi na báze PF lepidiel sa pokladajú za netoxické vtedy, keď je obsah voľného fenolu nižší ako 0,2 %.

Obsah voľného fenolu - v prvej etape bola vykonaná izolácia voľného fenolu (v pripravených lepidlových zmesiach) destiláciou vodnou parou podľa STN 64 0336. Následne sa stanovil obsah voľného fenolu bromatometrickou metódou.

Postup skúšky je nasledovný: do zábrusovej 500 ml destilačnej banky sa naváži $3 \pm 0,3$ g vzorky. Po pridaní destilovanej vody sa banka zasadí do aparatury na prehánanie vodnou parou. Destilácia sa ukončí, keď je takmer 500 ml destilátu, ktorý po vytemperovaní na teplotu 20 °C sa doplní vodou po značku a dôkladne premieša. Z tohto roztoku sa odpipetuje 50 ml do titračnej banky so zábrusom, pridá sa 50 ml bromid-bromičnanového roztoku (pripraví sa rozpustením 1,392 g bromičnanu draselného a 10 g bromidu draselného v 1 l demineralizovanej vody), následne 5 ml koncentrovanej HCl a po zazátkovaní sa obsah premieša a nechá 15 minút reagovať. Potom sa pridá 10 ml 10 % KI, banka sa ihneď uzavrie a po dvoch minútach sa uvoľnený jód titruje $0,1 \text{ mol.l}^{-1}$ roztokom tiosíranu sodného (na škrobový maz, ktorý sa pridá pred koncom titrácie) do odfarbenia roztoku. Súčasne sa robí pri rovnakých podmienkach slepý pokus.

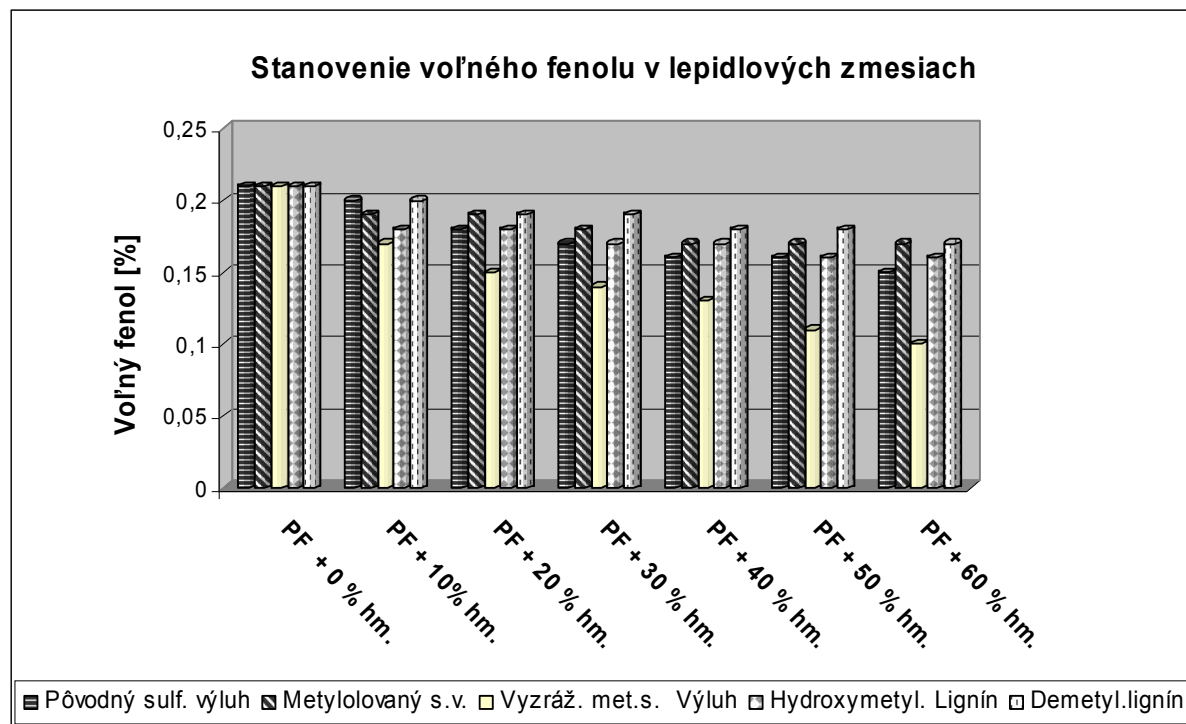
Obsah voľného fenolu x (%) sa vypočíta podľa vzorca:

$$x = \frac{(a - b) \cdot 0,156 \cdot 10}{n} \quad (1)$$

a - spotreba $0,1 \text{ mol.l}^{-1} \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ na slepý pokus (ml),
 b - spotreba $0,1 \text{ mol.l}^{-1} \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ na vzorku (ml),
 n - návažok lepidla v (g).



Vyhodnotené výsledky zo stanovenia obsahu voľného fenolu v pripravených lepidlových zmesiach sú zobrazené na Obr. 1.



Obrázok 1 Stanovenie obsahu voľného fenolu v experimentálne pripravených lepidlových zmesiach

Z vyhodnotenia obsahu voľného fenolu v experimentálne pripravených lepidlových zmesiach vyplynulo, že všetky varianty upravených sulfátových výluhov po recipročnej náhrade pôvodného PF lepidla znižujú obsah voľného fenolu, čím sa jeho hodnota posunula pod hranicu 0,20 % a dosiahla sa hranica hygienickej akceptovateľnosti pripravených adhezív. Zníženie obsahu voľného fenolu je pri jednotlivých variantoch pripravených adhezív rôzne, najväčší pokles obsahu voľného fenolu bol zaznamenaný pri adhezívach pripravených s aplikáciou acidifikovaného sulfátového výluhu – pri recipročnej náhrade 60 % hm. až na hodnotu 0,10 %, čo predstavuje 50 % zníženie v porovnaní s tradičnou PF živicom. Aj ostatné pripravené lepidlové zmesi s aplikáciou modifikovaných odpadov (sulfátových výluhov) zaznamenali čiastočné zníženie obsahu voľného fenolu, druhý najväčší pokles sledovaného polutanta bol indikovaný pri adhezívach pripravených s pôvodným, neupraveným sulfátovým výluhom.

3.2 Hodnotenie obsahu voľného formaldehydu v lepidlových zmesiach

Formaldehyd patrí medzi plynné znečisťujúce látky (polutanty), ktoré sa vyskytujú v ovzduší, ale aj v pracovnom a obytnom prostredí. Významným zdrojom expozície formaldehydu je únik tejto škodliviny z hotových výrobkov počas ich používania. Najintenzívnejším zdrojom expozície formaldehydu sú drevotrieskové dosky (DTD) alebo kompozitné drevné materiály lepené močovinoformaldehydovými (UF), prípadne fenolformaldehydovými živicami (PF) [11, 12].



Formaldehyd (alddehyd – metanál) patrí k toxikologicky významným látkam, je rýchlo absorbovaný cez respiračný a gastrointestinálny trakt. Už nízka úroveň formaldehydu môže u ľudí zapríčiniť podráždenie očí, nosa, hrdla a kože. Pri veľmi vysokých koncentráciách formaldehydu vo vzduchu a dlhšej dobe expozície nastáva pľúcny edém a krvácanie v pľúcach. Pri chronickom pôsobení vznikajú chronické toxické kontaktné dermatitidy, degenerácia a zafarbenie nechťov, kožná i pľúcna alergia. Dlhotrvalá inhalácia formaldehydu v nízkych koncentráciách vyvoláva chronickú bronchitídu, poruchy činnosti obličiek, pečene, centrálneho nervového systému.

Medzinárodná agentúra pre výskyt rakoviny IARC (International Agency for Research of Cancer) zaradila formaldehyd medzi látky s limitovanými dôkazmi karcinogénnych účinkov. Požiadavky na obsah formaldehydu v drevných materiáloch sa líšia v závislosti od toho, či sa posudzuje únik tohto polutantu z hotových výrobkov, alebo či sa jedná o hodnotenie komponentov, napr. lepidlových zmesí [11].

Stanovenie obsahu voľného formaldehydu z pripravených lepidlových zmesí, aplikovaných následne pri laboratórnej príprave drevných materiálov, bolo hodnotené potenciometrickou titráciou hydroxylamínsíranovou metódu podľa STN EN ISO 9397. Skúšobná vzorka sa analyzovala s použitím potenciometra (s platinovou a nasýtenou kalomelovou elektródou), typ OP-204/01 Radelkis, uvedený na Obr.3.

Postup skúšky je nasledovný: do 100 ml kadičky sa naváži 0,5 – 1 g vzorky (návažok sa volí tak, aby obsah formaldehydu bol 3 až 15 mg), rozpustí sa v 40 ml odmerného roztoku NaOH (1 mol.l⁻¹) a pridá sa 20 ml destilovanej vody. Pri vzorke nerozpustnej v uvedenom odmernom roztoku sodného sa návažok rozpustí v 20 ml 96 % roztoku etanolu a potom sa pridá 40 ml odmerného roztoku NaOH. Vzorka sa následne titruje odmerným roztokom hydroxylamínsíranu pri potenciometrickej indikácii bodu ekvivalencie.

Obsah voľného formaldehydu x (%) sa vypočíta podľa vzorca:

$$x = \frac{b \cdot 0,3}{a} \quad (2)$$

a - hmotnosť návažku vzorky (g),

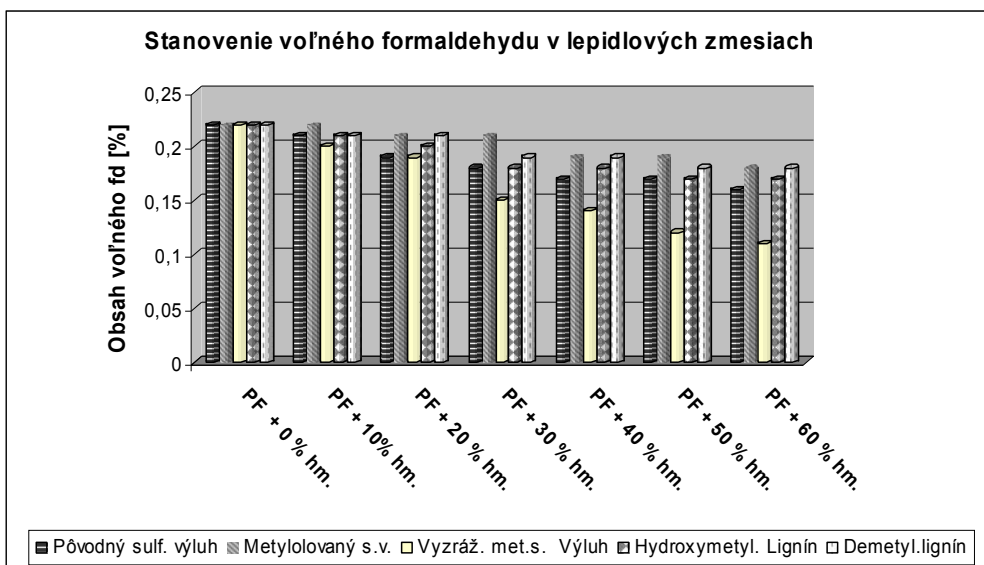
b - spotreba 0.1 mol.l⁻¹ roztoku hydroxylamínsíranu (ml).

Vyhodnotené výsledky zo stanovenia obsahu voľného formaldehydu v pripravených lepidlových zmesiach sú zobrazené na Obr. 2. Z vyhodnotenia obsahu sledovaného polutanta (voľného formaldehydu) v experimentálne pripravených lepidlových zmesiach vyplynulo, že všetky varianty upravených sulfátových výluhov po recipročnej náhrade pôvodného PF lepidla znižujú obsah voľného formaldehydu, čím sa jeho hodnota posunula pod hranicu 0,20 % a dosiahla sa požadovaná hranica pre hodnotenie vybraných hygienických charakteristík pre polykondenzačné adhezíva, akceptovateľné pre prípravu drevných materiálov.

Zníženie obsahu voľného formaldehydu je pri jednotlivých variantoch pripravených adhezív rôzne, najväčší pokles bol opäť zaznamenaný pri adhezívach pripravených s aplikáciou acidifikovaného sulfátového výluhu – pri recipročnej náhrade 60 % hm. až na hodnotu 0,11 %, čo predstavuje zníženie sledovaného polutantu takmer o polovicu v porovnaní s obsahom voľného formaldehydu v pôvodnej PF živici (0,23 %).



Aj ostatné pripravené lepidlové zmesi s aplikáciou modifikovaných odpadov – sulfátových výluhov zaznamenali čiastočné zníženie obsahu voľného fenolu, druhý najväčší pokles sledovaného polutanta bol indikovaný pri adhezívach pripravených s pôvodným, neupraveným sulfátovým výluhom.



Obrázok 2 Stanovenie obsahu voľného formaldehydu v experimentálne pripravených lepidlových zmesiach



Obrázok 3 Potenciometer OP-204/01 Radelkis použitý pri potenciometrickej titracii bodu ekvivalencie

4 LABORATÓRNA PRÍPRAVA DREVNÝCH MATERIÁLOV

Experimentálne boli pripravené rôzne varianty drevných materiálov (trojvrstvových bukových preglejovaných materiálov) s aplikáciou lepidlových zmesí s nemodifikovaným, resp. s modifikovanými výluhmi a lignínmi za nasledovných podmienok pri ich tepelnom vytvrdzovaní: teplota lisovania 150 °C, manometrický tlak 7,6 MPa, špecifický tlak 1,8 MPa, lisovací čas 4,5 min, hrúbky bukových dýh (3x 1,8 mm), vlhkosť dýh 6,58 %, plocha lisovaného materiálu 1225 mm².



Pre porovnanie bol pripravený aj variant kompozitných drevných materiálov iba s použitím čistej PF živice (bez prídavku sulfátových výluhov), čím sa získala referenčná vzorka. Po 14 dňovej klimatizácii boli pripravené preglejované dosky hodnotené vybranými kvalitatívnymi charakteristikami, ktoré sa požadujú pri štandardne produkovaných preglejkách.

Následne boli hodnotené vybrané kvalitatívne vlastnosti experimentálne pripravených drevných materiálov – preglejovaných dosák: ohybové pevnosti, šmykové pevnosti preglejok za sucha a po expozičnom teste EW-100 [10]. Súčasťou hodnotenia bolo aj sledovanie hygienických charakteristík – emisií formaldehydu z hotových výrobkov [11, 12].

Výsledky vybraných kvalitatívnych vlastností pripravených preglejovaných materiálov preukázali, že využitie odpadov v podobe modifikovaných sulfátových výluhov predstavuje efektívny spôsob ich zhodnocovania, nakoľko viedlo k príprave materiálov s vyššou pridanou hodnotou, s porovnateľnými kvalitatívnymi charakteristikami a pri značnej ekonomickej úspore.

Pri porovnaní ekonomických ukazovateľov [13], spojených s modifikačnými úpravami sulfátových výluhov (ako odpadového produktu) vyplynulo, že cena samotného odpadového čierneho sulfátového výluhu je 50 násobne nižšia, než cena komerčne produkovanej PF živice. Započítaním nákladov, spojených s modifikačnými úpravami je cena najvhodnejšieho variantu: acidikovaného sulfátového výluhu o 64 % nižšia než cena samotnej PF živice, ktorá sa používa na prípravu preglejovaných dosák a drevných kompozitných materiálov, určených do vonkajšej expozície, resp. do prostredia so zvýšenou vlhkosťou.

5 ZÁVER

Účelná úprava priemyselných odpadov, napr. sulfátových výluhov sa javí ako vhodná alternatíva pre ich efektívne zhodnotenie pri príprave produktov s vyššou pridanou hodnotou, nakoľko sa jedná o ich materiálové zhodnotenie.

Pri komparácii výsledkov, vyhodnotených v experimentálnej časti príspevku, s údajmi publikovanými v odborných periodikách možno konštatovať, že pri aplikácii modifikovaných sulfátových výluhov, substituovaných metyloláciou s následnou acidifikáciou do fenolformaldehydových lepidiel, je možné pripraviť progresívne adhezíva, ktoré pri svojej aplikácii umožňujú pripraviť perspektívne environmentálne akceptovateľné drevné materiály s porovnateľnými kvalitatívnymi charakteristikami (ako komerčne produkované drevné materiály), ale so zlepšenými hygienickými parametrami, s výraznou ekonomickou úsporou.

LITERATÚRA

- [1] DOLENKO, A.J., CLARKE, M.R.: Methylolated kraft lignin base resins. Can. Pat. Appl. 243,397.
- [2] OLIVARES, M. et al.: Lignin – modified phenoli adhesives for bonding radiata pine plywood. For. Prod. Journal, 45, 1995, p. 63-67.
- [3] SADA, E., ASOAKA, H. (1989): Effective Utilization of Lignin. *Japan Tappi Journal*, Vol. 43, No. 2, p. 751-767.
- [4] SARKANEN, K.V. (1971): *Lignin - Occurrence, Formation, Structure and Reactions*. Eds. Wiley - Interscience, N. York, 456 pp.



- [5] SHIMATANI, K., SANO, Y. (1995): Preparation of softwood kraft lignin-based cold-setting wood adhesives. *Holzforschung*, Vol. 49, No. 4, p. 351-357.
- [6] XINNAN, A., SCHROEDER, H.A., THOMPSON, G.E. (1995).: Demethylated Kraft Lignin as a Substitute for Phenol in Wood Adhesive. *Chemistry and Industry of Forest Products*, Vol. 15, No. 3, p. 36-42.
- [7] NEUPAUEROVÁ, A.: Vplyv fyzikálnych faktorov vnútorného vzduchu na koncentráciu formaldehydu v budovách. *Acta Facultatis Technicae*, Vol. 12, 2008, č.1, s. 127–134. ISSN 1336-4472.
- [8] BRODNIANSKÁ, Z. – ČERNECKÝ, J.: Vizualizácia plynných znečisťujúcich látok pomocou interferometrie. In: *Trendy ve vzdělávání 2008*: UP PdF, KTIV Olomouc, 2008, s. 533 – 536, CD, ISBN 978-80-7220-311-6.
- [9] RUŽINSKÁ, E.: The Study of Thermal Characteristics of Modified Products Isolated from Kraft Black Liquor for Formulation of New Type of Adhesive Mixtures. *Wood Research*, 48(1/2): 2003, 22-35. ISSN 0012-6136.
- [10] RUŽINSKÁ, E - JABŁOŃSKI, M. (2008): Thermal characteristics of components for preparation of environmental wood based composites. *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Forestry and Wood Technology*, No. 64, p. 232-237. ISSN 1898-5912.
- [11] RUŽINSKÁ, E.: Možnosti zníženia plynných znečisťujúcich látok z kompozitných materiálov s využitím odpadov. Monografia z medzinárodnej konferencie „*Trendy ve vzdělávání – Informační technologie a technické vzdělávání 2009*“. UP PdF, KTIV Olomouc, 2009. s. 199- 203, CD. ISBN 978-80-7220-316-1.
- [12] RUŽINSKÁ, E.: Hodnotenie emisií vybraných prchavých organických zlúčenín (VOCs) z drevárskych výrobkov. In: *Zborník príspevkov z odborného seminára „Technika ochrany ovzdušia 2009“*. FEVT TU Zvolen, 2009. ISBN 978-80-228-200-5.
- [13] RUŽINSKÁ, E.: Modifikácia vlastností priemyselných odpadov pre ich bezpečné aplikácie. In: *Zborník príspevkov z odborného seminára „Technika odpadového hospodárstva 2008“*. FEVT TU Zvolen, 2008, s. 139- 146. ISBN 978-80-228-1914-5.

Príspevok je riešený v rámci grantového projektu KEGA MŠ SR, č. projektu 3/6431/08.

Lektoroval: doc. RNDr. Iveta Marková, PhD.

Kontaktná adresa:

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

Dr. Jabłoński Marek, Dr. Kłosińska Teresa, Faculty of Wood Technology, Warsaw University of Life Science – SGGW, Poland, marek_jablonski@sggw.pl, teresa_klosinska@sggw.pl



HODNOTENIE EMISÍÍ POLUTANTOV A KVALITATÍVNYCH CHARAKTERISTÍK DREVNÝCH MATERIÁLOV PRIPRAVENÝCH S VYUŽITÍM ODPADOV

EVALUATION OF EMISSION POLLUTANTS AND QUALITATIVE CHARACTERISTICS OF WOODEN MATERIALS PREPARED WITH UTILIZATION OF WASTES

RUŽINSKÁ Eva – JABIOŃSKI Marek – KIOSIŃSKA Teresa

ABSTRAKT: Príspevok sa zaoberá hodnotením emisií polutantov (formaldehydu) a vybraných kvalitatívnych charakteristík drevných materiálov pripravených s využitím odpadov – sulfátových výluhov, vznikajúcich pri priemyselnom spracovaní biomasy – výrobe buničiny. Po modifikačných úpravách sulfátových výluhov boli pripravené zmesové adhezíva, kde bola recipročne nahradená pôvodná PF živica za účelom zlepšenia hygienických charakteristík (zníženie emisií formaldehydu) experimentálne pripravených drevných materiálov – drevotrieskových dosák.

Kľúčové slová: zhodnocovanie odpadov, drevné materiály, formaldehyd.

ABSTRACT: The article deals with the evaluation of pollutant emission (formaldehyde) and selected qualitative characteristics of wooden materials are prepared with utilization of wastes – kraft black liquors incipient for industrial processing of biomass – manufacturing of cellulose. By modified treatment of kraft black liquors are prepared adhesive mixtures where are replacement reciprocal origin PF resin with aim improving of hygienical characteristics (release of formaldehyde emission) of experimental prepared wooden materials – particleboards.

Key words: declining of wastes, wooden composites, formaldehyde.

1 ÚVOD

Príprava environmentálne akceptovateľných materiálov je v súčasnosti podmienená zachovaním požadovaných kvalitatívnych charakteristík produkovaných materiálov pri dodržaní predpísaných hygienických limitov, ktoré sú v súlade s aktuálnymi legislatívnymi požiadavkami EÚ.

Monitorovanie obsahu nebezpečných plynných znečisťujúcich látok je jedným z opatrení ako sledovať kvalitu pracovného i obytného prostredia práve v interakcii s materiálmi, použitými na vnútorné vybavenie týchto priestorov. Jedným z riešení ako skĺbiť prípravu nových materiálov je inovácia v technológiách prípravy environmentálne akceptovateľných materiálov, ktoré by priniesli zníženie, resp. úplnú náhradu tých komponentov, ktoré klasifikujú mnohé materiály do pozície hygienicky problematických, vzhľadom na prítomnosť rizikových chemických látok – polutantov [1, 4].

Efektívne využitie odpadov ako druhotných surovín nadobúda v súčasnosti narastajúci význam. Prehodnocujú sa postoje pri využívaní v minulosti nezužiteľných zložiek odpadov ako vhodnej alternatívy pri získavaní deficitných surovín a zároveň aj ako nové zdroje energie. Nárast odpadov má výrazne negatívny vplyv na životné prostredie, čím nakladanie a hospodárenie s odpadmi nadobúda prioritné postavenie pri riešení ekologických problémov [6].



Nové spôsoby efektívneho využitia sulfátových výluhov, ako špecifických priemyselných odpadov vznikajúcich pri priemyselnom spracovaní biomasy – pri príprave buničiny, smerujú k aplikáciám pri príprave environmentálne akceptovateľných drevných kompozitných materiálov, v ktorých sa využívajú tieto odpady ako recipročná náhrada toxických polykondenzačných adhezív prírodnými polyfenolovými zložkami obsiahnutými vo výluhoch, vykazujúcich potrebné adhézne vlastnosti [4, 6].

Polykondenzačné živice, ktoré sa používajú v súčasnosti pri príprave mnohých drevárskych výrobkov (drevotriekovské dosky, preglejované materiály) sú emitormi znečistenia ovzdušia aj vnútorného prostredia budov tým, že obsahujú toxické komponenty (formaldehyd, fenol), patriacich do skupiny prchavých organických zlúčenín (VOCs) [5].

V dôsledku snahy o zlepšenie životného prostredia, avšak pri zachovaní požadovaných kvalitatívnych charakteristík smeruje globálny vývoj v oblasti drevných materiálov k vývoju nových, alebo účelnej úprave existujúcich technológií so zameraním na zníženie emisií formaldehydu a ďalších toxických komponentov (fenol), ktoré obsahujú polykondenzačné adhezíva (močovinoformaldehydové - UF a fenolformaldehydové živice - PF), aplikované pri príprave kompozitných drevných materiálov - aglomerovaných, preglejovaných [2, 3].

Naznačená problematika znamená recipročnú náhradu toxických zložiek v súčasnosti používaných polykondenzačných adhezív (najmä fenolformaldehydových - PF), napr. sulfátovými výluhmi, ktoré je možné izolovať ako sekundárnu odpadovú surovinu po priemyselnom spracovaní buničiny. Výsledkom ich aplikácie je návrh a príprava nových typov drevných materiálov s atribútom environmentálnej akceptovateľnosti, vzhľadom na znížený obsah emisií polutantov [4, 6].

Príspevok sa zaoberá hodnotením vybraných kvalitatívnych charakteristík drevných materiálov, ktoré boli laboratórne pripravené s využitím upravených modifikovaných sulfátových výluhov pri vytváraní zmesových adhezív. Pozornosť je venovaná aj problematike hodnotenia emisií vybraného polutanta – formaldehydu z experimentálne pripravených drevných materiálov pomocou perforátorovej metódy FESYP.

2 EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

V prvej etape experimentálnych prác bola pozornosť venovaná modifikačným úpravám odpadových produktov – sulfátových výluhov [6]. Následne boli pripravené rôzne varianty lepidlových zmesí, kde bola postupne recipročne nahrádzaná pôvodná fenolformaldehydová živica upravenými sulfátovými výluhmi.

V druhej etape boli experimentálne pripravené drevné materiály s použitím navrhnutých a vytvorených lepidlových zmesí. Hodnotili sa vybrané kvalitatívne charakteristiky drevných kompozitných materiálov: pevnosť v ťahu kolmo na rovinu dosky, hrúbkové napúčanie laboratórne pripravených drevotriekových dosiek (DTD) po 2 a 24 hodinách pôsobenia vody (20 ± 2 °C).

V tretej záverečnej etape experimentálnych prác boli vykonané hodnotenia hygienických charakteristík pripravených drevných materiálov (DTD) – stanovenie emisií voľného formaldehydu pomocou perforátorovej metódy FESYP.



2.1 ÚPRAVY PRIEMYSELNÝCH ODPADOV

Sulfátové výluhy, ktoré boli využité na prípravu experimentálnych drevných materiálov, predstavovali špecifickú skupinu priemyselných odpadov, boli odobraté za odparkou v technologickom reťazci v SCP Ružomberok.

Vzhľadom na relatívne nízku reaktivitu odobratých zahustených sulfátových výluhov (obsah sušiny 54,05 %) k formaldehydu (formaldehyd ako jedna z hlavných zložiek PF adhezív) nedochádza k ich požadovanému zabudovaniu do polymérnej matrice zmesového lignín-fenolformaldehydového polykondenzátu. Z uvedeného dôvodu je potrebné upraviť reaktivitu pôvodných sulfátových výluhov modifikačnými reakciami [6] :

- metyloláciou odpadových sulfátových výluhov,
- acidifikáciou metylolovaných sulfátových výluhov,
- pre komparáciu boli experimentálne vyhodnocované aj priemyselné odpady – neupravené sulfátové výluhy.

2.2 PRÍPRAVA LEPIDLOVÝCH ZMESÍ S VYUŽITÍM UPRAVENÝCH ODPADOV

Jednotlivé varianty zmesových adhezív boli experimentálne pripravené tak, aby postupne recipročne nahrádzali pôvodnú PF živicu postupne 10, 20, 30, 40, 50 a 60 hm. % modifikovanými výluhmi (metylolovanými, acidifikovanými) a pôvodnými, neupravenými sulfátovými výluhmi.

Celkovo boli navrhnuté a pripravené 3 typy lepidlových zmesí pre aplikáciu do drevných kompozitných materiálov – trojvrstvových drevotrieskových dosiek:

- PF živica + nemodifikovaný sulfátový výluh (neupravený),
- PF živica + metylolovaný sulfátový výluh,
- PF živica + acidifikovaný sulfátový výluh.

3 HODNOTENIE OBSAHU VOĽNÉHO FORMALDEHYDU V LEPIDLOVÝCH ZMESIACH

Formaldehyd patrí medzi plynné znečisťujúce látky (polutanty), ktoré sa vyskytujú v ovzduší, ale aj v pracovnom a obytnom prostredí. Významným zdrojom expozície formaldehydu je únik tejto škodliviny z hotových výrobkov počas ich používania. Najintenzívnejším zdrojom expozície formaldehydu sú drevotrieskové dosky (DTD) alebo kompozitné drevné materiály lepené močovinoformaldehydovými (UF), prípadne fenolformaldehydovými živicami (PF) [4, 5].

Formaldehyd (alddehyd – metanál) patrí k toxikologicky významným látkam, je rýchlo absorbovaný cez respiračný a gastrointestinálny trakt. Už nízka úroveň formaldehydu môže u ľudí zapríčiniť podráždenie očí, nosa, hrdla a kože. Pri veľmi vysokých koncentráciách formaldehydu vo vzduchu a dlhšej dobe expozície nastáva pľúcny edém a krvácanie v pľúcach. Pri chronickom pôsobení vznikajú chronické toxické kontaktné dermatitídy, degenerácia a zafarbenie nechtov, kožná i pľúcna alergia. Dlhodrvajúca inhalácia formaldehydu v nízkych koncentráciách vyvoláva chronickú bronchitídu, poruchy činnosti obličiek, pečene, centrálneho nervového systému.



Medzinárodná agentúra pre výskyt rakoviny IARC (International Agency for Research of Cancer) zaradila formaldehyd medzi látky s limitovanými dôkazmi karcinogénnych účinkov [4].

Požiadavky na obsah formaldehydu v drevných materiáloch sa líšia v závislosti od toho, či sa posudzuje únik tohto polutantu z hotových výrobkov, alebo či sa jedná o hodnotenie ich komponentov, napr. lepidlových zmesí [6].

Drevárske výrobky majú v súčasnosti stanovené hodnoty pre obsah voľného formaldehydu max. $0,025 \text{ mg.m}^{-3}$, ak majú byť takéto výrobky považované v kategórii environmentálne akceptovateľných, jedná sa o hodnotenie s využitím komorovej metódy (STN EN 717-1).

Ďalšou veľmi často používanou metódou na stanovenie obsahu formaldehydu uvoľňovaného z hotových výrobkov je perforátorová metóda, využívaná pri hodnotení emisií tohto závažného polutanta z kompozitných drevných materiálov – drevotrieskových dosiek, lepených najmä močovinoformaldehydovými živiciami.

Vzhľadom na absenciu obdobnej metódy pre hodnotenie emisií voľného formaldehydu zo zmesových, resp. iných polykondenzačných živíc sme aplikovali túto metódu pri stanovení hygienických charakteristík laboratórne pripravených drevotrieskových dosiek s využitím zmesových adhezív (fenolformaldehydové živice recipročne nahrádzané modifikovanými aj pôvodnými sulfátovými výluhmi – ako odpadové produkty vo funkcii komponentu živíc).

Stanovenie obsahu emisií formaldehydu z laboratórne pripravených drevotrieskových dosiek *perforátorovou metódou FESYP* (podľa STN EN 312:2003) je založené na extrakcii formaldehydu z malých vzoriek drevotrieskových dosiek horúcou kvapalinou (toluénom), pričom formaldehyd sa stanovuje v roztoku buď jodometricky v % alebo v mg na 100 g a. s. (absolútne suchej) DTD.

Priebeh analýzy zahŕňa tieto operácie:

- *príprava skúšobných telies* (z experimentálne vyhotovených drevotrieskových dosiek),
- *príprava aparatury* – perforátorov,
- *stanovenie obsahu sušiny* – hmotnostnou metódou,
- *perforácia* – na začiatku experimentu sa stanoví destilačná rýchlosť (30 ml. min^{-1}). Presne odvážené skúšobné telesá v banke s guľatým dnom sa zalejú 600 ml čerstvo predestilovaného toluénu. Do perforačného nástavca sa vleje 1000 ml destilovanej vody. Nasadí sa Dimrotovej chladič a zapojí sa voda. Na chladič sa pripojí absorpčná nádoba so 100 ml destilovanej vody, v ktorej sa zachytávajú unikajúce pary formaldehydu. Banka s guľatým dnom s toluénom a skúšobnými telesami sa pripojí na perforačný nástavec, potom sa začne zahrievať počas 2 hodín od prvého spätného refluxu. Teplota v perforačnom nástavci nesmie prekročiť teplotu 40°C . Po ukončení perforácie sa odstaví vyhrievanie, nechá sa pretekať kvapalina z predlohovej banky cez rúrku späť do Dimrotovej chladiča, následne nastáva niekoľkonásobné preplachovanie do predlohy. Voda so zachyteným formaldehydom (po extrakcii zvyškov toluénu) sa následne analyzuje spektrofotometricky;



- *stanovenie obsahu formaldehydu* (spektrofotometricky), na Obr. 1 je zobrazený spektrofotometer UNICAM Helios Alpha, použitý na vyhodnocovanie obsahu polutanta (formaldehydu) uvoľneného z experimentálne pripravených DTD;
- *regenerácia toluénu* – na odstránenie extrahovaných látok z dreva a zbavenie stôp vody.

V Tab. 1 je uvedené stanovenie obsahu formaldehydu uvoľneného z pripravených drevotrieskových dosák pomocou perforátorovej metódy FESYP.



Obrázok 1 Spektrofotometer UNICAM Helios Alpha

Tabuľka 1 Stanovenie obsahu formaldehydu uvoľneného z pripravených drevotrieskových dosák pomocou perforátorovej metódy FESYP

PERFORÁTOROVÉ ČÍSLO [mg formaldehydu/100 g a.s. dosky]				
Č. vzorky	Zloženie lepidlovej zmesi	Pôvodný sulfátový výluh	Metyloloovaný sulfátový výluh	Vyzrážaný metylol. sulfát. výluh
1.	PF + 0 % hm.	1,76	1,76	1,76
2.	PF + 10% hm.	1,74	1,84	1,73
3.	PF + 20 % hm.	1,71	1,91	1,68
4.	PF + 30 % hm.	1,66	1,94	1,54
5.	PF + 40 % hm.	1,62	1,97	1,42
6.	PF + 50 % hm.	1, 60	1,97	1,38
7.	PF + 60 % hm.	1,57	1,98	1,31

Emisná trieda E0 stanovuje obsah uvoľneného formaldehydu pod 5 mg formaldehydu/100 g a.s. dosky, trieda E1 v limite 5 – 10 mg formaldehydu/100 g a.s. dosky, ale len pre DTD lepené s močovinoformaldehydovými lepidlami. Pre drevotrieskové dosky pripravené s fenolformaldehydovými lepidlami nie je normou záväzne stanovený obsah uvoľneného formaldehydu, nakoľko tieto lepidlá uvoľňujú oveľa nižší obsah tohto toxického komponentu.



Z nameraných a vyhodnotených výsledkov v Tab. 1 vyplynulo, že obsah formaldehydu uvoľneného z pripravených drevotrieskových dosiek, pripravených s pôvodným, nemodifikovaným sulfátovým výluhom mierne klesá s narastajúcim obsahom sulfátového výluhu v PF živici.

Drevotrieskové dosky pripravené s metylovaným sulfátovým výluhom vykazujú vyšší obsah uvoľneného formaldehydu so zvyšujúcou sa náhradou PF lepidla týmto modifikovaným výluhom, než v prípade recipročnej náhrady pôvodným nemodifikovaným sulfátovým výluhom, dokonca aj pri porovnaní s tradičnou PF živicom. Je to podmienené pravdepodobne tým, že pri príprave tohto modifikovaného sulfátového výluhu sa pridáva formaldehyd (ako 37 % formalín v množstve až 160 g na 1000g výluhu). Pridaný formaldehyd sa nenaviaže úplne pri vytvrdzovaní lepidlovej zmesi na sulfátový výluh, nevytvorí tak stabilný komplex zmesovej polymérnej živice, čím dochádza k uvoľňovaniu emisií formaldehydu, čo sa následne indikuje zvýšeným obsahom.

Pri aplikácii vyžrážaného metylovaného sulfátového výluhu, pri laboratórnej príprave drevotrieskových dosiek, sa obsah uvoľneného formaldehydu z DTD, stanovený perforátorovou metódou, výrazne znížil v porovnaní s metylovaným sulfátovým výluhom. Pri komparácii s pôvodným výluhom je obsah uvoľneného formaldehydu z DTD mierne nižší. Zníženie obsahu uvoľneného formaldehydu v lepidlových zmesiach, pripravených v kombinácii PF lepidla s acidifikovaným sulfátovým výluhom, je pravdepodobne podmienené zafixovaním formaldehydu prídavkom kyseliny sírovej pri modifikácii metylovaného sulfátového výluhu, kde pri pH = 8 – 9 a následne aj hodnote pH = 5 – 6, sa intenzívne uvoľnili plynné produkty (H_2S , CH_3SH , CH_3SCH_3 , CO_2 a CH_2O), čo potvrdili aj výsledky elementárnej analýzy [2].

4 LABORATÓRNA PRÍPRAVA DREVNÝCH MATERIÁLOV

Experimentálne boli pripravené rôzne varianty drevných materiálov (trojvrstvových drevotrieskových dosiek) s aplikáciou lepidlových zmesí s nemodifikovaným, resp. s modifikovanými výluhmi a lignínmi za nasledovných podmienok pri ich tepelnom vytvrdzovaní: teplota lisovania 195 °C, špecifický tlak 1,8 MPa, celkový lisovací čas 480 s, vlhkosť triesok – povrchové 5,01 %, stredové 3,64 %, nánosy lepidlovej zmesi – na povrchy 10 %, na stredy 7 %, nánosy parafrínovej emulzie na hydrofobizáciu – na povrchy 0,7 %, na stredy 0,7 %, pomer hmotnosti povrchových triesok k stredovým = 3:5, rozmery pripravených DTD: 280 x 360 x 16 mm.

Po vylisovaní sa dosky klimatizovali 14 dní v klimatizačnej komore, následne sa z nich vyhotovili skúšobné telesá a hodnotili sa vybrané kvalitatívne charakteristiky:

- pevnosť v ťahu kolmo na rovinu dosky (podľa STN EN 319),
- hodnotenie hrúbkového napúčania vo vode (20 ± 2 °C) po 2 a po 24 hodinách (podľa STN EN 317).

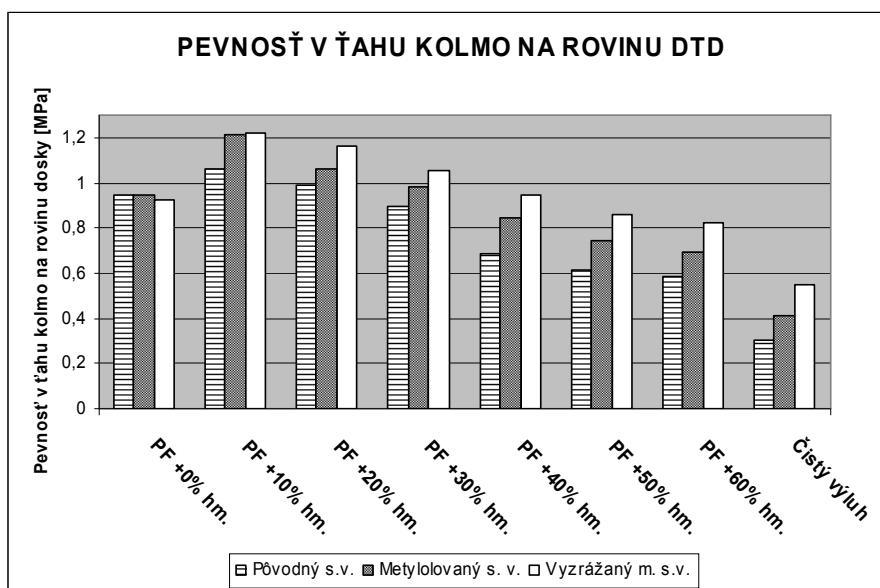
Na Obr.1 je zobrazená pevnosť v ťahu kolmo na rovinu dosky laboratórne pripravených DTD. Z nameraných a vyhodnotených údajov vyplynulo, že pripravené DTD zaznamenali výrazne zlepšenie tohto kvalitatívneho ukazovateľa, a to najmä pri aplikácii acidifikovaných sulfátových výluhov, ktorými bola recipročne nahrádzaná komerčne produkovaná PF živica.



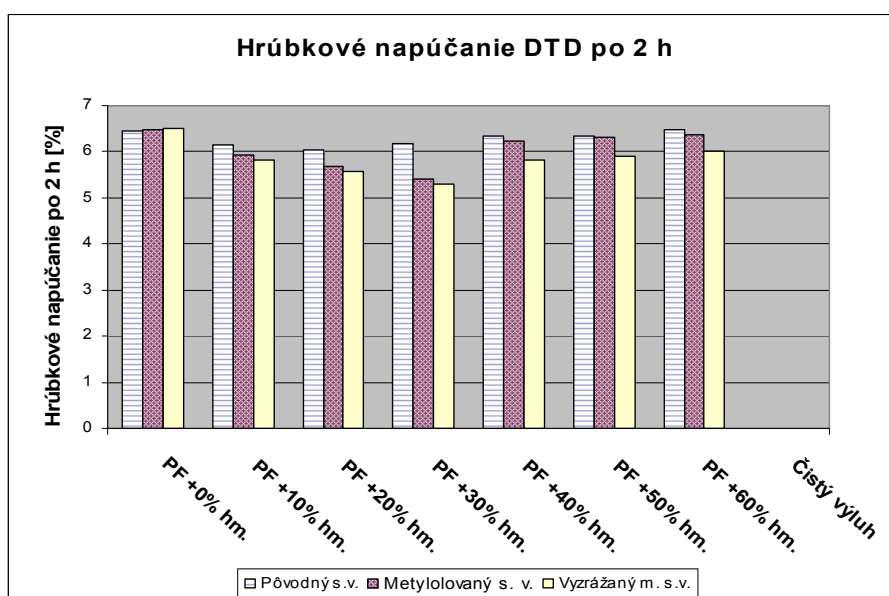
Aplikácia acidifikovaných sulfátových výluhov do PF živice preukázala nárast pevností DTD v ťahu kolmo na rovinu dosky v rozsahu až do 40 % hm. pri porovnaní s DTD lepenými len s použitím štandardnej PF živice.

DTD pripravené s použitím metylolovaných sulfátových výluhov zaznamenali kvalitatívny nárast sledovaných pevností do 30 % hm. náhrady pôvodnej PF živice tak, aby dosiahli porovnateľné výsledky štandardnej PF živice.

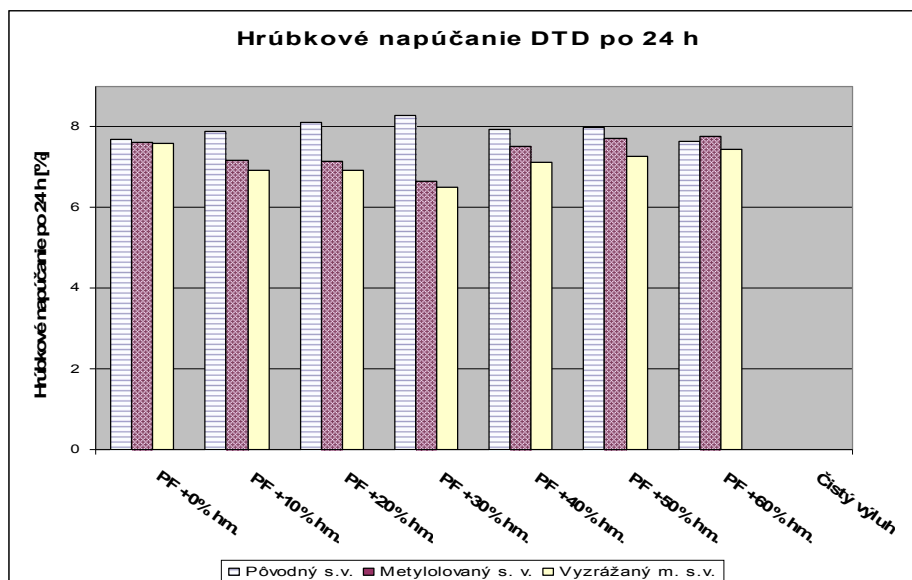
Aplikácia pôvodných nemodifikovaných sulfátových výluhov pri laboratórnej príprave DTD preukázala, že iba 20 % hm. týchto výluhov možno zastúpenie pôvodnej PF živice, ak sa majú dosiahnuť porovnateľné pevnosti v ťahu kolmo na rovinu dosky ako s použitím pôvodnej PF živice.



Obrázok 2 Pevnosť v ťahu kolmo na rovinu dosky laboratórne pripravených DTD



Obrázok 3 Hrúbkové napúčanie po 2 hodinách laboratórne pripravených DTD



Obrázok 4 Hrúbkové napúčanie po 24 hodinách laboratórne pripravených DTD

Pre komparáciu boli pripravené aj varianty DTD s aplikáciou len samotných sulfátových výluhov – pôvodných, metylovaných, acidifikovaných, ale bez použitia PF živice ako adhezíva. Z vyhodnotenia pevnostných charakteristík takto pripravených DTD vyplynulo, že prírodné polyfenolové komponenty v sulfátových výluhoch majú adhézne vlastnosti, ale laboratórne pripravené varianty takto pripravených DTD nedosahujú porovnateľné kvalitatívne vlastnosti ako DTD lepené s PF živicom.

Na Obr. 2 a Obr. 3 je uvedené hrúbkové napúčanie laboratórne pripravených DTD, hodnotené po 2 a po 24 hodinách pôsobenia vo vode ($20 \pm 2^\circ\text{C}$). Z vyhodnotenia hrúbkového napúčania laboratórne pripravených DTD po 2 hodinách pôsobenia vo vode vyplynulo, že všetky pripravené DTD s aplikáciou modifikovaných, ale aj pôvodným výluhov preukázali zlepšenie kvalitatívnych vlastností, teda zníženie hrúbkového napúčania v celom rozsahu nahrádzanej pôvodnej PF živice. Toto zníženie sa číselne prejavilo rôzne, najlepšie výsledky boli pozorované pri DTD s aplikáciou acidifikovaného sulfátového výluhu v celom rozsahu recipročnej náhrady, avšak najvýraznejšie zníženie bolo indikované pri 30 % hm. náhrade.

DTD pripravené s metylovaným sulfátovým výluhom tiež zaznamenali zníženie hrúbkového napúčania pri 30 % hm. náhrade, čím dochádza k zlepšeniu ich kvality. Variant DTD pripravený s pôvodnými, neupravenými sulfátovými výluhmi preukázal najväčšie zníženie hrúbkového napúčania po 2 hodinách pôsobenia vody pri 20 % hm. recipročnej náhrade.

Obdobné výsledky boli zaznamenané aj pri hodnotení hrúbkového napúčania DTD po 24 hodinách pôsobenia vo vode, kde opäť variant laboratórne pripravených DTD s aplikáciou acidifikovaného sulfátového výluhu preukázal najlepšie výsledky z pohľadu sledovanej kvalitatívnej vlastnosti.

Pri recipročnej náhrade 30 % hm. došlo k najväčšiemu zníženiu hrúbkového napúčania po 24 hodinách pôsobenia vo vode aj pri variante s aplikáciou metylovaného sulfátového výluhu.



Odlišné výsledky v porovnaní s hrúbkovým napúčaním DTD po 2 hodinách pôsobenia bol indikovaný pri variante s použitím neupravených sulfátových výluhov, kde bol pozorovaný nárast tejto kvalitatívnej charakteristiky, najvýraznejší pri 30 % hm. recipročnej náhrady, ale v celom rozsahu náhrady PF živice bolo pozorované zvýšenie hrúbkového napúčania, čo indikuje, že bez modifikačnej úpravy pôvodné sulfátové výluhy sa nevyznačujú potrebnou odolnosťou proti pôsobeniu účinkom vody a nedosahujú porovnateľné výsledky ako štandardne produkované DTD lepené PF živicou.

Z komplexného vyhodnotenia hrúbkového napúčania po 2 hodinách pri všetkých variantoch laboratórne pripravených DTD vyplynulo, že kvalitatívne vlastnosti zaznamenali nárast a v porovnaní s hodnotami požadovanými príslušnou normou (STN EN 317 – požaduje sa max. 10 %) ich vysoko prekročili.

Obdobné výsledky vyplynuli aj z komplexného hodnotenia hrúbkového napúčania po 24 hodinách, kde sa požaduje hodnota max. hrúbkového napúčania 18 %, čo všetky pripravené varianty splnili. Vyhodnotené výsledky hrúbkového napúčania po 2 aj po 24 hodinách v prípade aplikácie acidifikovaného sulfátového výluhu preukázali výrazné zlepšenia v porovnaní s komerčne používanou PF živicou.

5 ZÁVER

Výsledky vybraných kvalitatívnych vlastností laboratórne pripravených aglomerovaných materiálov – drevotrieskových dosiek preukázali, že využitie odpadov v podobe modifikovaných sulfátových výluhov predstavuje efektívny spôsob ich zhodnocovania, nakoľko viedlo k príprave materiálov s vyššou pridanou hodnotou, s porovnateľnými kvalitatívnymi charakteristikami a pri zlepšení hygienických vlastností, teda zníženiu obsahu emisií nebezpečného polutanta – formaldehydu.

Účelná úprava priemyselných odpadov, napr. sulfátových výluhov sa javí ako vhodná alternatíva pre ich efektívne zhodnotenie pri príprave produktov s vyššou pridanou hodnotou, predstavuje jednu z alternatív pri príprave environmentálne akceptovateľných drevných materiálov.

LITERATÚRA

- [1] BRODNIANSKÁ, Z. – ČERNECKÝ, J.: Vizualizácia plynných znečisťujúcich látok pomocou interferometrie. In: *Trendy ve vzdělávání 2008*: UP PdF, KTIV Olomouc, 2008, s. 533 – 536, CD, ISBN 978-80-7220-311-6.
- [2] RUŽINSKÁ, E.: The Study of Thermal Characteristics of Modified Products Isolated from Kraft Black Liquor for Formulation of New Type of Adhesive Mixtures. *Wood Research*, 48(1/2): 2003, 22-35. ISSN 0012-6136.
- [3] RUŽINSKÁ, E - JABŁOŃSKI, M. (2008): Thermal characteristics of components for preparation of environmental wood based composites. *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Forestry and Wood Technology*, No. 64, p. 232-237. ISSN 1898-5912.



- [4] RUŽINSKÁ, E.: Možnosti zníženia plynných znečisťujúcich látok z kompozitných materiálov s využitím odpadov. Monografia z medzinárodnej konferencie „*Trendy ve vzdelávání – Informační technologie a technické vzdelávání 2009*“. UP PdF, KTIV Olomouc, 2009. s. 199- 203, CD. ISBN 978-80-7220-316-1.
- [5] RUŽINSKÁ, E.: Hodnotenie emisií vybraných prchavých organických zlúčenín (VOCs) z drevárskych výrobkov. In: *Zborník príspevkov z odborného seminára „Technika ochrany ovzdušia 2009“*. FEVT TU Zvolen, 2009. ISBN 978-80-228-200-5.
- [6] RUŽINSKÁ, E.: Modifikácia vlastností priemyselných odpadov pre ich bezpečné aplikácie. In: *Zborník príspevkov z odborného seminára „Technika odpadového hospodárstva 2008“*. FEVT TU Zvolen, 2008, s. 139- 146. ISBN 978-80-228-1914-5.

Príspevok je riešený v rámci grantového projektu KEGA MŠ SR, č. projektu 3/6431/08.

Lektoroval: doc. RNDr. Iveta Marková, PhD.

Kontaktná adresa:

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

Dr. Marek Jabłoński , Dr. Teresa Kłosińska, Faculty of Wood Technology, Warsaw University of Life Science – SGGW, Poland, marek_jablonski@sggw.pl, teresa_klosinska@sggw.pl



VÝSKYT, DISTRIBÚCIA A PRAVDEPODOBNÉ ZDROJE ORGANOCHLÓROVÝCH PESTICÍDOV V DNOVÝCH SEDIMENTOCH VYBRANÝCH VODNÝCH DIEL

OCCURRENCE, DISTRIBUTION AND POSSIBLE SOURCES OF ORGANOCHLORINE PESTICIDES IN BOTTOM SEDIMENTS FROM SELECTED WATER RESERVOIRS

SIROTIK Maroš - MICHALÍKOVÁ Anna

ABSTRACT: Bottom sediments are specific type of water management waste. Mainly hydrophobic organic mater reported in sediments and particles with high surface area can leach more of persistent organic pollutants. Thirty-four bottom sediments samples was collected from three water reservoirs – Zemplinska Sirava, Ruzin (at Hnilec and Hornad puller) and Velke Kozmalovce. There were analyzed 10 organochlorinated pesticides (OCPs). The concentrations in dry weight samples of p,p'- DDT was in ranges of 0,40 ng/g (Velke Kozmalovce, Ruzin/Hornad,Hnilec) – 15,10 ng/g (VD Ruzin/Hornad), o,p'- DDT 0,30 (Ruzin/Hnilec,Hornad) – 5,30 ng/g (Zemplinska Sirava), p,p'- DDE 1,27 (Zemplinska Sirava) – 410,00 ng/g (Zemplinska Sirava), o,p'- DDE 0,17 (Ruzin/Hnilec) – 7,57 ng/g (Zemplinska Sirava), p,p'- DDD 0,30 (Ruzin/Hornad, Velke Kozmalovce, Velke Kozmalovce) – 53,30 ng/g (Zemplinska Sirava), o,p'- DDD 2,00 (all water reservoirs) – 41,20 ng/g (Zemplinska Sirava). Hexachlorbenzene was reported in ranges of 0,27 (Zemplinska Sirava) – 9,24 ng/g (Velke Kozmalovce). Lindan, Heptachlor and Mirex was under the detection limit. Sources of these OCPs are mainly agriculture and forestry in their catchments.

Key words: Organochlorine pesticides, bottom sediments, pollution assessment.

ABSTRAKT: Dnové sedimenty sú špecifickým typom vodohospodárskeho odpadu. Najmä hydrofóbná organická hmota prítomná v sedimente a čiastočky s veľkým povrchom zachytávajú množstvo perzistentných organických polutantov. V troch vodných dielach na Slovensku – VD Zemplínska Širava, Ružín (na prítoku Hornádu a Hnilca) a Veľké Kozmálovce bolo odobraných 34 vzoriek dnových sedimentov, v ktorých sušine bolo stanovených 10 organochlórových pesticídov. Koncentrácie p,p'- DDT sa pohybovali v rozsahu 0,40 (Veľké Kozmálovce, Ružín/Hornád,Hnilec) – 15,10 ng/g (VD Ružín/Hornád), o,p'- DDT 0,30 (Ružín /Hnilec,Hornád) – 5,30 ng/g (Zemplínska Širava), p,p'- DDE 1,27 (Zemplínska Širava) – 410,00 ng/g (Zemplínska Širava), o,p'- DDE 0,17 (Ružín /Hnilec) – 7,57 ng/g (Zemplínska Širava), p,p'- DDD 0,30 (Ružín /Hornád, Veľké Kozmálovce) – 53,30 ng/g (Zemplínska Širava), o,p'- DDD 2,00 (všetky sledované vodné diela) – 41,20 ng/g (Zemplínska Širava). Hexachlorbenzén sa vyskytoval v rozsahu 0,27 (Zemplínska Širava) – 9,24 ng/g (Veľké Kozmálovce).Lindan, Heptachlór a Mirex boli zaznamenané na hranici medze stanoviteľnosti. Zdrojmi organochlórových pesticídov sú prevažne poľnohospodárska a lesnícka výroba v povodí vodných diel.

Kľúčové slová: organochlórové pesticídy, dnové sedimenty, hodnotenie znečistenia.

1 ÚVOD

Perzistentné organické zlúčeniny (POPs) sú látky s vysokou mierou bioakumulácie, toxicity a zotrávania v prostredí. (Jones a Voogt 1999) V ich globálnom kolobehu hrajú významnú rolu dnové sedimenty, kde sa sorbciou do sedimentárnej organickej hmoty a sorpciou na jemné čiastočky anorganického a organického materiálu akumulujú často v značných množstvách (Hiller a Bartal' 2005). Nánosy sedimentov však nepriaznivo vplyvajú na hydrológiu vodných diel, a preto ako vodohospodárske odpady musia byť odstraňované (Slaninka et al. 2006).



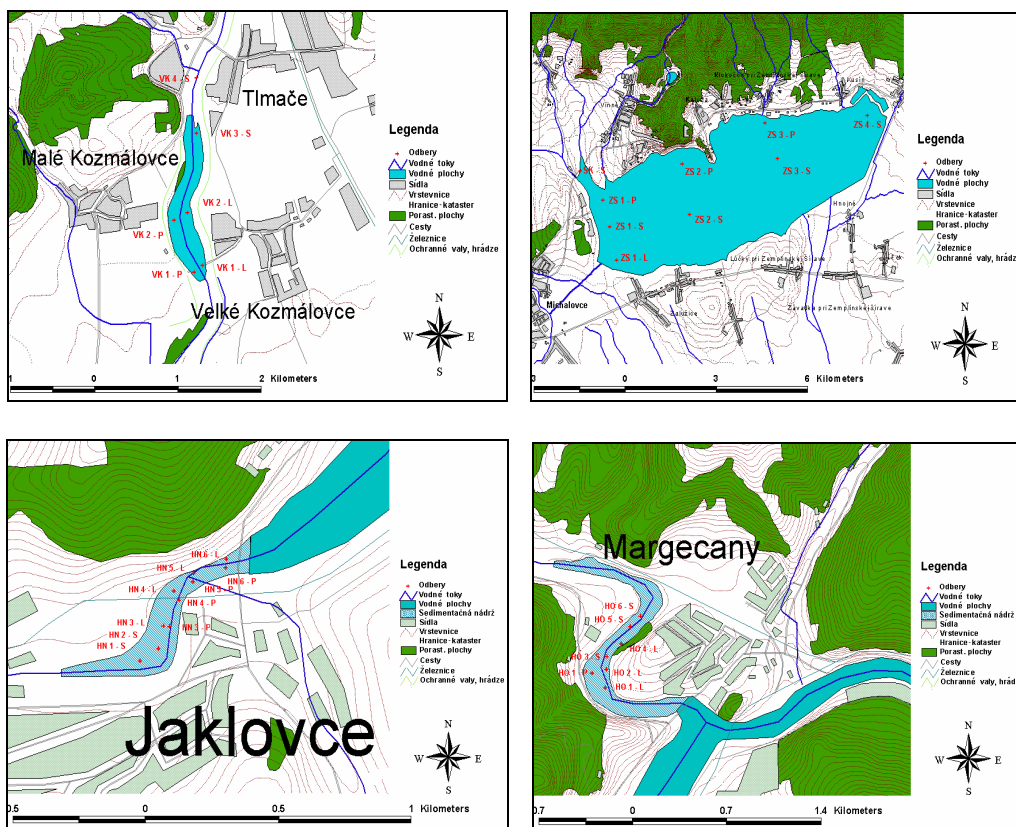
Perzistentné organochlórové pesticídy (OCPs) sú jedným typom POPs. Niektoré boli identifikované ako látky schopné nepriaznivo ovplyvniť endokrinný a reprodukčný systém organizmov (Lee et al. 2007). Znečistené sedimenty vodných tokov a nádrží sa stávajú zdrojom kontaminácie bentických organizmov. Potravovým reťazcom sa ich koncentrácia v jednotlivých trofických úrovniach zvyšuje. Konzumáciou rýb z takto kontaminovaných oblastí môže byť ohrozené aj ľudské zdravie. (Nakata et al. 2002, Ross a Birnbaum 2003)

Najväčšie množstvá OCP (v celosvetovom merítke) sa používali v 70-tych rokoch. Postupne sa viaceré z nich – aldrin, dieldrin, endrin, chlordan, heptachlór, hexachlórbenzén a DDT objavili na zozname nežiaducich pesticídov podľa Štokholmskej konvencie o POPs (UNEP). Neskôr, na základe svojej perzistencie, potenciálnemu diaľkovému prenosu a toxicite bol Svetovým fondom na ochranu prírody zoznam doplnený o hexachlorocyclohexán (HCH vrátane Lindanu), metoxychlór a endosulfán (WWF 2005). Legislatíva postupne donútila zastaviť výrobu a používanie týchto látok, no aj v súčasnosti sa v prostredí nachádzajú vo zvýšených množstvách.

2 MATERIÁL A METÓDY

Odber vzoriek bol realizovaný v súlade s STN ISO 5667-12: *Kvalita vody. Odber vzoriek. Časť 12: Pokyny na odber dnových sedimentov*. Bolo použité odberové zariadenie firmy UWITEC, Rakúsko resp. odberové zariadenie ČGS, Brno. Odberové miesta boli zaznamenané pomocou systému GPS prístrojom e-trex (GARMIN, Taiwan). V sedimente sa ihneď po odbere stanovilo pH, Eh prenosným prístrojom JENWAY 3150 (Veľká Británia) a opísali senzorické vlastnosti. Sediment bol po odbere uskladnený v sklenených nádobách a v prenosnej chladničke bol prenesený do ČGS Brno. Vzorky boli vysušené pri laboratórnej teplote, podrvené a presitované cez nerezové sito (priemer ôk 2mm). Takto upravená vzorka sa uschovala v hermeticky uzavretých sklenených fľašiach pri teplote 5 °C. Časť vzorky určená na analýzy bola upravená štandardným spôsobom (sušenie pri 105 °C do konštantnej hmotnosti). Postup je v zhode s normou STN ISO 11464 „Kvalita pôdy. Predúprava vzoriek na fyzikálno-chemické rozbor“.

Organochlórové polutanty sa stanovili vo vzorke extrahovateľnej organickej hmoty (TEC), ktorá sa pripravila extrakciou vzorky sedimentu zmesou n-hexánu a acetónu (1:1 v/v) so sonifikáciou ultrazvukom. Extrakt sa chromatograficky purifikoval na kolóne s silikagélom impregnovaným koncentrovanou H₂SO₄, NaOH a AgNO₃. Pentánový eluát, skoncentrovaný s využitím zariadenia TurboVap evaporator (Zymark, USA) sa analyzoval na plynovom chromatografe HP 5890 (Hewlett-Packard, USA) s detektorom elektrónového záchytu, pričom výsledky sa interpretovali so softvérom HP ChemStation. Základné parametre experimentálneho usporiadania GC pre analýzu halogénových látok boli: kapilárna kolóna HP-5 (dĺžka 60m, vnútorný polomer 0,25 mm, hrúbka filmu stacionárnej fázy 25 µm), nosný plyn vodík, automatické dávkovacie zariadenie. Týmto spôsobom sa stanovilo 10 organochlórových pesticídov heptachlór, HCB (hexachlórbenzén); γ-HCH / Lindan (γ-hexachlorocyclohexán); p,p'-DDT (1,1,1-trichloro-2,2-bis(4-chlorofenyl)etán), o,p'-DDT (1,1,1-trichloro-2,2-bis(2-chlorofenyl)etán), p,p'-DDE (1,1-dichloro-2,2-bis(4-chlorofenyl)etylén), o,p'-DDE (1,1-dichloro-2,2-bis(2-chlorofenyl)etylén), p,p'-DDD (1,1-dichloro-2,2-bis(4-chlorofenyl)etán), o,p'-DDD (1,1-dichloro-2,2-bis(2-chlorofenyl)etán) a Mirex (dodekachlórpentacyklodekan). Medza stanoviteľnosti je 0,5 ng/g pre p,p'-DDT, 0,3 ng/g pre o,p'-DDE a p,p'-DDE, a 0,1 ng/g pre všetky ostatné organochlórové zlúčeniny s štandardnou odchýlkou ± 15 %.



Obrázok 1 Orientačná mapka odberových miest vo VD Veľké Kozmálovce, VD Zemplínska Šírava a VD Ružín na prítoku Hnilca a Hornádu

3 VÝSLEDKY A DISKUSIA

Tabuľka 1 Koncentrácie sledovaných OCP v dnových sedimentoch (v ng/g)

	VD Veľké Kozmálovce				VD Zemplínska Šírava				VD Ružín - prítok Hnilca				VD Ružín - prítok Hornádu			
	min.	max.	priem.	med.	min.	Max.	priem.	med.	min.	max.	priem.	med.	min.	max.	priem.	Med.
p,p'-DDT	2,25	13,00	6,58	4,35	0,40	8,50	3,38	3,00	0,40	1,70	0,69	0,50	0,40	15,10	2,77	0,50
o,p'-DDT	0,38	0,92	0,69	0,73	0,50	5,30	1,03	0,50	0,30	0,30	0,43	0,30	0,30	0,70	0,36	0,30
p,p'-DDE	5,51	9,79	8,47	8,95	1,27	410,00	54,46	9,92	2,36	8,60	6,35	6,88	4,60	13,20	10,18	10,70
o,p'-DDE	0,20	0,22	0,21	0,21	1,00	7,57	1,73	1,00	0,17	0,23	0,21	0,21	0,20	0,54	0,32	0,29
p,p'-DDD	0,31	1,29	0,60	0,47	0,30	53,30	6,58	0,70	0,30	0,50	0,32	0,30	0,30	6,00	1,57	0,50
o,p'-DDD	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	41,20	6,36	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
HCB	0,66	9,24	3,44	2,59	0,27	2,64	1,09	1,01	0,53	9,00	1,73	1,06	0,90	2,80	2,29	2,51
Lindan	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
Hepta-chlor	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
Mirex	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40

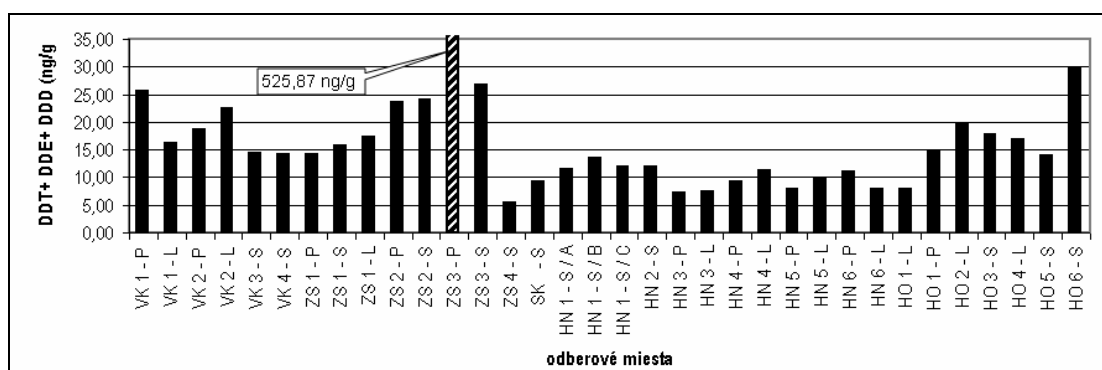


3.1 DDT

DDT resp. p,p'-DDT bol ako účinný insekticíd popísaný v roku 1939. Jeho výroba a používanie sa začalo zhruba v roku 1944 a do začiatku sedemdesiatych rokov sa jeho celosvetová produkcia odhaduje na 2 milióny ton.

Behom sedemdesiatych rokov bolo jeho používanie vo vyspelých štátoch zakázané. Československu došlo k zákazu používania DDT v roku 1974, v obmedzenej miere sa však stále používal, napríklad pre likvidáciu vší vlasovej. K významnému poklesu množstva DDT životnom prostredí však nedošlo ani po zákaze jeho používania vzhľadom na vysokú perzistenciu tejto látky, nelegálnemu využívaniu zásob, existencii starých záťaží a taktiež z dovozu niektorých krmív z rozvojových zemí, kde k takémuto zákazu nedošlo (Holoubek et al. 2006).

Vo 34 vzorkách sedimentov z troch vodných nádrží na Slovensku sa suma DDT (p,p'-DDT + o,p'-DDT + p,p'-DDE + o,p'-DDE + p,p'-DDD + o,p'-DDD) vyskytovala v rozsahu 5,47 do 525,87 ng/g. Vo vodnom diele Veľké Kozmálovce sa hodnoty ukazovateľa suma DDT pohybovali v rozsahu 14,08 – 25,68 ng/g (priemerná hodnota 18,55; medián 17,39). Vyššie hodnoty sa dosahovali v blízkosti priehradného múru, kde dochádza k zvýšenej sedimentácii najmä organických látok (sediment je hutný, jemnozrnný, TOC 7,14 – 8,72 %). Vo VD Zemplínska Šírava sa stanovené koncentrácie pohybovali v rozsahu 5,47 – 525,87 ng/g (priemerná hodnota 73,53; medián 17,22). Nízka hodnota DDT vo vzorke ZS-4S je spôsobená prítokom Porubského potoka, ktorý priteká z relatívne neznečistenej oblasti a pravdepodobne zrieduje/vymýva znečistenie zo sedimentu. To je naopak zachytávané v hrubej vrstve jemnozrnného, riedkeho a na organickú hmotu bohatú vzorku ZS 3-P (TOC 2,64%), Vodné dielo Ružín bolo postavené na sútoku Hornádu a Hnilca. Vo vtokových častiach boli vybudované sedimentačné nádrže na zabránenie zanášania diela. V nánosoch sedimentačnej nádrže na rieke Hnilec sa DDT vyskytovalo v rozsahu koncentrácií 7,09 – 11,83 ng/g (priemerná hodnota 10,00, medián 10,34). Vyššie hodnoty sa vyskytovali v sedimentačnej nádrži na rieke Hornád 7,80 – 29,78 ng/g (priemerná hodnota 17,20, medián 16,84).



Obrázok 2 Celkové koncentrácie DDT v jednotlivých odberových miestach (v ng/g)

V porovnaní s dostupnými údajmi o obsahu DDT v sedimentoch riek a nádrží na Slovensku možno jeho obsah hodnotiť ako nízky. Podľa Chriateľ et al. (2003) v oblasti Spišsko - gemerského rudohoria bolo v predchádzajúcich obdobiach analyzovaných 73 vzoriek, z toho u 9 vzoriek bol pozitívny výsledok. Maximálna hodnota bola 208 ng/g.



Aj v okresoch v okresoch Sobrance, Vranov, Michalovce a Trebišov s bohatou poľnohospodárskou činnosťou je obsah DDT v sedimentoch je nízky. Zo 125 vzoriek boli len dve nad detekčný limit – 90 a 20 ng/g. Najvyššia nájdená hodnota DDT v okrese Levice - 940 ng/g bola vo vzorke odobratej pod osadou Horša.

Vzťah medzi pôvodným DDT a jeho metabolitmi DDE a DDD (sú hlavnými produktmi dechlorácie) môže naznačiť pôvod znečistenia. Pomer p,p' -DDT / (p,p' -DDE + p,p' -DDD) nižší ako 1 indikuje starú záťaž prostredia. Vo všetkých nami sledovaných vodných dielach (vychádzajúc z priemerných hodnôt) sa prejavuje stará environmentálnu záťaž prostredia a to najstaršia vo VD Zemplínska Širava (pomer 0,06), VD Ružín / prítok Hnilca (0,10) VD Ružín / prítok Hornádu (0,24) a najmladšia vo VD veľké Kozmálovce (0,73).

Okrem využívania technického DDT sa v praxi osvedčilo aj používanie pesticídnych látok odvodených od DDT. Vznikajú nahradením vodíka na uhlíkovom reťazci za hydroxylovú funkčnú skupinu. Pesticíd sa v zahraničí používal pod názvom Dicofol, prípadne sa pridával do rôznych pesticídnych prípravkov. Pomer koncentrácií o,p' -DDT / p,p' -DDT v rozsahu 0,2 – 1,3 naznačuje používanie technického DDT, v rozsahu 1,3 – 9,3 používanie dicofolu (Qiu et al. 2005). V sledovaných vodných dielach sa tieto pomery nachádzajú v rozsahu 0,10 – 0,61, dá sa teda predpokladať používanie technického DDT.

3.2 Hexachlórbenzén

Hexachlórbenzén (HCB) sa vyrába katalytickou chloráciou benzénu alebo oxidáciou odpadového hexachlórcyklohexánu (HCH) z výroby lindanu. HCB je vedľajší produktom pri výrobe priemyselných chemikálií ako sú tetrachlórmétan, perchlóretylén, trichlóretylén či pentachlórbenzén. HCB tiež vzniká pri elektrolytickej výrobe chlóru spolu s oktachlórstyrénom. HCH sa využíva ako fungicíd, dezinfekčný prostriedok a ako vstupná surovina či medziprodukt pri výrobe niektorých chemikálií (pentachlórfenol, niektoré chlórované aromáty). Ako priemyselná chemikália sa používa napríklad pri výrobe pyrotechniky, syntetického kaučuku a hliníku. Jeho fungicídnych vlastností sa využíva pri ošetrovaní pšenice, cibule a ako moridlo osiva (Holoubek et al. 2006).

Vo vzorkách sedimentov z troch vodných nádrží na Slovensku sa suma HCB vyskytoval v rozsahu 0,27 do 9,24 ng/g. Vo vodnom diele Veľké Kozmálovce sme zaznamenali koncentráciu HCB v rozsahu 0,66 – 9,24 ng/g (priemer 3,44, medián 2,59). Najvyššia koncentrácia sa vyskytovala vo vtokovej časti. V prípade VD Zemplínska Širava sa namerané koncentrácie HCB pohybovali v rozsahu 0,27 – 2,64 ng/g (priemer 1,09; medián 1,01). Jeho distribúcia v rámci nádrže je analogická ako v prípade DDT. V sedimentačnej nádrži VD Ružín na rieke Hnilec sa HCB vyskytoval v rozsahu 0,53 – 9,00 ng/g (priemer 1,73, medián 1,06). Vysoká koncentrácia HCB sa nachádza v odberovom mieste HN - 4P, ktorý sa nachádza v blízkosti obydli a železničnej trate. Jedná sa pravdepodobne o lokálne znečistenie na malej ploche. V sedimentačnej nádrži na rieke Hornád dosahuje hodnoty 0,90 – 2,80 ng/g (priemer 2,29, medián 2,51).

Pre porovnanie, hexachlórbenzén v sedimentoch bol stanovovaný v okolí Chemka Strážske, vodných nádržiach Domaša a Širava a v riekach Laborec a Ondava. Najvyššie koncentrácie (120 ng/g) boli nájdené v odpadovom kanáli Chemka Strážske (Chriaštel' et al. 2003).



3.3 Hexachlórcyklohexán (Lindan), heptachlór a mirex

Hexachlórcyklohexán (HCH) sa využíval v poľnohospodárstve k hubeniu zvieracích a ľudských parazitov, na ošetrovanie lesných a iných porastov. Z piatich stereoizomérov, ktoré pri výrobe chloráciou benzénu vznikajú má najvýznamnejšie insekticídne vlastnosti γ -HCH a preto sa surový reakčný produkt čistil frakčnou kryštalizáciou. γ -HCH s čistotou 99 % sa nazýva Lindan.

V bývalom československu sa γ -HCH používal v kombinácii s DDT (prípravky Lydikol a Gamadyn), po zákaze používania DDT sa naďalej používal k moreniu osiva. V súčasnosti je jeho používanie zakázané (Holoubek et al. 2006).

Heptachlór sa využíval predovšetkým k hubeniu pôdneho hmyzu a mravcov. Čiastočne sa používal aj na hubenie hmyzu v domácnostiach, hospodárskych priestoroch a k ošetrovaniu osiva. Aplikovaný bol väčšinou priamo do pôdy, niekedy aj na listy. Jeho insekticídne vlastnosti boli popísané začiatkom 50-tych rokov po tom, čo bol izolovaný z technického chlórdanu. V Československu sa nevyrábal a jeho používanie pre poľnohospodárske účely bolo zakázané v roku 1989 (Holoubek et al. 2006).

Mirex sa používal na hubenie mravcov a hmyzu požierajúceho zelené časti poľnohospodárskych plodín. V 60-tych rokoch sa pridával aj do stavebných hmôt ako retardér horenia plastov. V Československu sa nevyrábal a jeho používanie bolo zakázané (Holoubek et al. 2006).

Koncentrácie lindanu, heptachlóru a mirexu sa v sledovaných vzorkách dnových sedimentov vyskytovali v koncentráciách na / pod hranicou stanoviteľnosti. Tieto OCP podľa nášho názoru nepredstavujú významnejšie ohrozenie kvality dnových sedimentov. Podobné hodnoty zaznamenali aj Chriateľ et al. (2003). Napríklad, heptachlór bol stanovovaný v okresoch Sobrance, Vranov, Michalovce a Trebišov a v Spišsko-gemerskom Rudohorí. Zo 169 vzoriek je len jeden pozitívny výsledok 4 ng/g.

4 ZÁVER

V dnových sedimentoch troch vodných diel na Slovensku sa potvrdilo predpokladané znečistenie organochlórovými pesticídmi – najmä DDT a hexachlórbenzénom. Jedná sa o staršie znečistenie viazané na sedimentárnu organickú hmotu. Koncentrácie lindanu, heptachlóru a mirexu dosahovali len minimálne hodnoty na hranici stanoviteľnosti.

LITERATÚRA

- [1] JONES, K.C. DE VOOGT, P.: Persistent organic pollutants (POPs): state of science, Environ. Pollut. 100 (1999) 209–221.
- [2] HILLER, E., BARTAL, M.: Sorpčné správanie polycyklických aromatických uhlíkovodíkov v pôdach, Odborný článok, Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského – katedra geochemie, Výskumný ústav vodného hospodárstva – Národné referenčné laboratórium pre oblasť vôd na Slovensku, J. Hydrol. Hydromech., 53, 2005, 2, Bratislava 2005
- [3] SLANINKA, I., JURKOVIČ, L. A KORDÍK, J.: Ekologická záťaž vodného ekosystému arzénom v oblasti odkaliska Poša (východné Slovensko). In: Vodní hospodářství. - ISSN 1211-0760. - Roč. 56, č. 11 (2006), s. 385-387



- [4] LEE, S.A., DAI, Q., ZHENG, W., GAO, Y.T., BLAIR, A., TESSARI, J.D., JI, B.T., A SHU, X.O.: Association of serum concentration of organochlorine pesticides with dietary intake and other lifestyle factors among urban Chinese women. *Environment International* 33, (2007), 157-163
- [5] NAKATA, H. KAWAZOE, M. ARIZONO, K. ET AL.: Organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyl residues in foodstuffs and human tissues from China: status of contamination, historical trend, and human dietary exposure, *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 43 (2002) 473–480.
- [6] ROSS, P.S., BIRNBAUM, L.S., 2003. INTEGRATED human and ecological risk assessment: a case study of persistent organic pollutants (POPs) in humans and wildlife. *Hum. Ecol. Risk Assess.* 9, 303–324.
- [7] WORLD WIDE FOUNDED, Stockholm Convention “New POPs”: screening additional POPs candidates, April 2005, 38 pp.
- [8] ABAFFY, D. et al. *Vodné diela na Slovensku. Príroda*, 1979. 321 s.
- [9] HOLOUBEK, I. ET AL.: Národní implementační plán Stockholmské úmluvy v České republice (2006). [online]. [cit. 2009-04-09; 21:15 SEČ]. Dostupné na internete: <<http://www.recetox.muni.cz/projekty/Unido/unido-NIP.htm>>
- [10] QIU, X., ZHU, T., YAO, B.: Contribution of dicofol to the current DDT pollution in China, *Environ. Sci. Technol.* 39 (2005) 4385–4390.
- [11] CHRIAŠTEL et al.: Monitoring POPs v Slovenskej republike. Záverečná správa k projektu SLO/01/G31 „Počiatočná pomoc Slovenskej republike pri plnení záväzkov vyplývajúcich zo Štokholmského dohovoru o perzistentných organických látkach (POPs)“ (2003).

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. LPP-0171-07. Zároveň ďakujeme VUVH v Bratislave za pomoc pri odbere vzoriek a ČGÚ v Brne za vykonané analýzy dnových sedimentov.

Lektoroval: Ing. Eva Ružinská, PhD.

Kontaktná adresa:

RNDr. Sirotiak Maroš, MTF STU, Ústav Bezpečnostného a Environmentálneho inžinierstva, Katedra Environmentálneho inžinierstva, Botanická 49, 917 24 Trnava.



MONITOROVANIE SKLÁDKOVÉHO PLYNU NA VYBRANEJ SKLÁDKKE ODPADOV A JEHO VPLYV NA ŽIVOTNÉ PROSTREDIE

MONITORING OF LANDFILL GAS ON CHOSEN LANDFILL AND THE INFLUENCE ON THE ENVIRONMENT

SOLDÁN Maroš - BÁTOROVÁ Renata – SOLDÁNOVÁ Zuzana

ABSTRACT: Goal of this article was the analysis of qualitative and quantitative sides of production of the landfillgas on the chosen components of waste and to investigate the influence of landfillgas on the environment. Releasing the landfillgas negatively affects the environment. Landfillgas needs to be stored with the support of the ventilating areas and then to be used for the production of heating and electrical energy, or to be burned.

Keywords: waste, landfill gas, environment.

ABSTRAKT: Cieľom príspevku bolo analyzovať kvantitatívnu a kvalitatívnu stránku tvorby skládkového plynu na vybranej skládke odpadov a posúdiť vplyv skládkového plynu na životné prostredie. Pretože uvoľňovaný skládkový plyn negatívne vplyva na životné prostredie, je nutné skládkový plyn zachytávať sústavou odvetrávacích zariadení a spaľovať alebo ho využívať na výrobu tepelnej a elektrickej energie.

Kľúčové slová: odpad, skládkový plyn, životné prostredie.

1 ÚVOD

Odpady na skládkach prebiehajú mnohými procesmi, ktoré sú chemické, fyzikálne, biologické. Z nich najdôležitejšie sú:

- aeróbny a anaeróbny rozklad,
- chemická oxidácia látok,
- vylúhovanie organických a anorganických látok,
- pohyb výluhu skládkou,
- nerovnomerné usadzovanie vyvolané komprimáciou materiálu do puklín.

Emisie skládkového plynu a ich nepriaznivé pôsobenie na životné prostredie možno zhrnúť do troch hlavných skupín negatívnych javov:

1. nepriaznivé ovplyvnenie rastlinných porastov na skládke a jeho blízkom okolí, kam sa plyny dostávajú migráciou v pôdnych vrstvách,
2. nebezpečenstvo explózie, či udusenie v uzavretých priestoroch v okolí skládky, kde môže skládkový plyn prenikať, prípadne obdobné nebezpečenstvo priamo na skládke v okolí silnejších výronov plynov,
3. nepríjemný zápach vznikajúceho skládkového plynu, jeho minoritných častí.

Negatívne vplyvy skládok odpadu na ekosystémy sú odstrániteľné správnym riadením skládky odpadov, rekultiváciou, uzatvorením skládky a revitalizáciou územia.



Za normálnych podmienok tvorbe plynu skládkového plynu, najmä metánu v skládke nemožno zabrániť, ale je možné tento proces kontrolovať a riadiť. Skládkový plyn sa bude tvoriť všade tam, kde sa bude skládkovať biodegradovateľná organická hmota. V poslednej dobe vzrastá snaha zužitkovať skládkový plyn ako zdroj tepla a energie, čo si vyžaduje uplatnenie technológie špeciálne vyvinutej na tieto účely. Účinný program na zmiernenie negatívnych vplyvov skládkového plynu by mal obsahovať :

- o aktívnu extrakciu plynu z odpadu, na zabránenie stúpania tlaku a vzniku migračného potenciálu,
- o použitie nízkopriepustných bariér , ktoré zabráňujú laterálnej migrácii do okolia skládky,
- o monitorovanie aj mimo územie skládky, musí byť jednoznačné, kto zodpovedá za systém, ako má prebiehať monitorovanie a postup v prípade nebezpečenstva alebo havárie odplynovacieho zariadenia.
- o bioodpad tvorí až 45 % komunálneho odpadu, na skládke ako súčasť komunálneho odpadu spôsobujú viaceré problémy, kompostovaním z nich môžeme získať kvalitné hnojivo, kompost.

Bezprostredne po ukončení skládkovania musí nasledovať technická a biologická rekultivácia, umožňujúca vhodné začlenenie devastovaných plôch do okolitej krajiny. Využitie rekultivovaného pozemku môže byť na poľnohospodárske, lesnícke, parkovacie, prípadne rekreačné účely. Avšak prenikajúce plyny zo skládky narušujú aeróbnu pôdnu vrstvu a stenčuje jej prirodzenú hrúbku. Dochádza k obmedzenej funkcii korienkov, pri poklese kyslíka pod 10 % potom k im poškodeniu a odumieraniu. Niekedy je poškodenie aeróbnej vrstvy také, že sa úplne stráca a priamo nad terénom sú merateľné vysoké koncentrácie metánu aj oxidu uhličitého. Kultúrne plodiny tu hynú a degenerujú.

Rekultivácia skládky sa urýchlí, inštalovaním zariadení na zlepšenie ventilácie skládky (šachty, drenáže, pomocné vrty), alebo zariadenia na zachytávanie skládkového plynu a jeho následné využívanie alebo spaľovanie.

2 EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Základné údaje o skládke Veronika Dežerice

objem skládky:	pôvodná	323 174 m ³
	nová	456 850 m ³
	celková	780 024 m ³
	maximálna dĺžka skládky	350 m
	maximálna šírka skládky	170 m
	maximálna výška skládky	25 m
	výška jednotlivých etáží	7,5 m

Pri výpočte hmotnosti sa vychádza z predpokladanej hustoty odpadu, ktorý je uložený na skládke, teda 0,7 t/ m³, z toho vyplýva, že hmotnosť skládky bude mať 546 016,8 t odpadu.



Predpokladaná produkcia plynu: bola vypočítaná na základe empirických vzťahov pre množstvo organického uhlíka v odpade priemerne 200 kg/tonu odpadu a pri teplote v skládke približne 20 °C. Za dlhý časový úsek sa vytvorí 209,2 m³ plynu z tony odpadu. Teoretická produkcia plynu bola vypočítaná na základe použitia 5 ročného odbúravacieho cyklu odbúrateľných organických látok je 4,11 m³/hod. Na meranie CO₂, CH₄, O₂ bol použitý analyzátor skládkových plynov GA-2000 a analyzátor plynov CROWCON Triple Plus na meranie CO, H₂S, NH₃, NO₂.

Pred vlastným vyhodnotením procesu tvorby a zloženia skládkových plynov za obdobie 2008 je treba uviesť, že základným ukazovateľom intenzity procesu tvorby skládkového plynu je to, aký podiel z celkového zloženia skládkového plynu pripadá na tzv. redukčné plyny (metán, oxid uhličitý) a aký podiel na vzdušný kyslík. V kvalitnom skládkovom plyne je podiel obsahu kyslíka minimálny, prípadne úplne absentuje. V prípade, že podiel redukčných plynov v skládkovom plyne je nízky, nemusí v danej skládke dochádzať k tvorbe skládkového plynu, prípadne je proces tvorby skládkového plynu utlmený v dôsledku aerobizácie telesa skládky, a to či už pridávaním vzdušného kyslíka k odpadom z hrán skládky alebo z jej povrchu.

Tabuľka 1 Výsledky meraní zloženia skládkových plynov emitovaných z odplyňovacích vrtov 2008

Vrt	Dátum	CH ₄ (obj. %)	CO ₂ (obj. %)	O ₂ (obj. %)	NO ₂ (ppm)	H ₂ S (ppm)	NH ₃ (ppm)	CO (ppm)
OV1	18.6.2008	41,5	32,7	0,3	1,3	37	2	3
	11.11.2008	29,5	24,1	0,3	1,1	31	1	6
OV2	18.6.2008	42,2	33,4	0,3	1	18	0	7
	11.11.2008	26,4	21,9	0,4	2,0	17	0	0
OV	18.6.2008	41,3	31,7	0,4	0	0	0	0
	11.11.2008	25,7	22,9	0,4	0	0	0	0
OV4	18.6.2008	43,1	29,9	0,2	0	0	0	0
	11.11.2008	27,2	23,7	0,3	0	0	0	0
OV	18.6.2008	45,2	30,5	0,2	0,9	25	1	5
	11.11.2008	28,3	26,1	0,3	1	21	0	0
OV6	18.6.2008	49,5	33,3	0,2	0	0	0	0
	11.11.2008	27,7	21,5	0,3	0	0	0	0
OV7	18.6.2008	20,7	21,7	2,3	0	0	1	0
	11.11.2008	16,1	18	2,5	0	0	0	0
OV8	18.6.2008	50,1	32,8	0,2	1,1	22	1	6
	11.11.2008	28,3	22,5	0,4	0	0	0	0
OV9	18.6.2008	49,5	31,3	0,3	0,2	0	1	0
	11.11.2008	27,3	23,1	0,5	0	0	1	1

Ako vyplýva z tabuľky, v priebehu roka 2008 v prevažnej časti telesa skládky TKO Veronika Dežerice bol proces tvorby skládkových plynov rozvinutý v štádiu stabilnej metanogenézy. Dokumentujú to veľmi nízke obsahy vzdušného kyslíka (0,2 až 0,5 obj. %) namerané v skládkových plynach emitovaných odplyňovacími vrtmi OV-1 až OV-6, OV-8 a OV-9. V uvedených vrtach sa obsah metánu v júni 2008 pohyboval v rozmedzí 41,3 až 50,1 obj. %, obsah oxidu uhličitého v rozmedzí 29,9 až 33,4 a obsah vzdušného kyslíka na úrovni 0,2 až 0,4 obj. %.



V novembri bol však zaznamenaný pokles metánu na úroveň 25,7 až 29,5 obj. % a pri oxide uhličitom na úroveň 21,5 až 26,1 obj. %, obsah kyslíka bol minimálny. Výrazná prevaha metánu a oxidu uhličitého v júni a v novembri 2008 poukazujú na to, že v okolí vrtov OV-1 až OV-6, OV-8 a OV-9 bolo počas celého roka 2008 prostredie v telese skládky anaeróbne t.j. priaznivé pre syntézu metánu prostredníctvom metánových baktérií. V prípade vrtu OV-7 bol v jeho okolí proces tvorby skládkového plynu rozvinutý na nižšej úrovni, vzhľadom na vyššiu prítomnosť kyslíka od 2,3 až 2,5 obj. % sa dá usudzovať, že rozklad biologického odpadu prostredníctvom metánových baktérií bol v jeho okolí mierne tlmený nasávaním kyslíka odpadom z povrchu telesa skládky.

Emisia skládkových plynov prostredníctvom odplyňovacích vrtov mala v priebehu roka 2008 regresívny trend, na čo poukazuje aj priemerný obsah metánu v skládkovom plyne emitovanom predmetnou skládkou, ktorý dosahoval v júni 2008 úroveň 42,57 obj. % a v novembri 2008 úroveň 26,27 obj. %. Z hľadiska priemerného obsahu metánu v skládkovom plyne predmetná skládka patrila v období roka 2008 do kategórie skládok so strednou emisiou skládkových plynov.

Návrh odplynenia skládky

Návrh pasívneho odplynenia skládky bral do úvahy, že:

- o bez uzavretia skládky povrchová difúzia plynu je dostatočná na odvodvytvoreného plynu na dodržanie bezpečnosti,
- o s uzavretím skládky je potrebné vytvorený plyn odvádzať záchytnými zariadeniami (vŕtanými studňami), na voľný ale usmerný výron skládkového plynu,
- o ak je zvýšený výskyt skládkového plynu, je vhodné vybudovať studne aj počas výstavby skládky.

Návrh aktívneho zachytenia skládkového plynu:

Na aktívnych skládkach je potrebné predísť nekontrolovateľnému úniku skládkového plynu do okolia technickými opatreniami (vybudovanie vrtaných studní, do ktorých sa vkladá potrubie a vrt sa vyplní štrkom. Po dosiahnutí maximálnej koty ukladaného materiálu sa odpad dôkladne zhutní, povrch sa vyrovná, uloží sa geotextília a štrková vrstva – plynová drenáž). Kvôli bezpečnosti sa zabezpečuje pravidelné meranie výskytu metánu a stanovujú sa hraničné hodnoty vhodné pre vykonávanie prác. Technickými prostriedkami sa zabezpečuje zníženie koncentrácie skládkového plynu.

Komunálny odpad, ktorý je uložený na skládke na Veronike, tvorí zmes minerálnych a organických látok s vlhkosťou okolo 30 %. Procesy, ktoré prebiehajú pri rozklade organických látok sú zložité, najskôr vznikajú kyseliny, alkoholy, aldehydy, oxid uhličitý a voda. Táto rozkladná výmena látok vytvára novú bunečnú hmotu, disimilačné produkty v anaeróbných podmienkach bývajú napadnuté metánovými baktériami, ktoré za prítomnosti oxidu uhličitého, vodíka a oxidu uhoľnatého a určitých krátko reťazových organických zlúčenín produkujú metán, ktorý je hlavným produktom.

3 ZÁVER

Obsah metánu v skládkovom plyne emitovanom v roku 2008 odplyňovacími vrtmi je už významný z hľadiska jeho možnej využiteľnosti na likvidáciu spaľovaním prípadne aj na výrobu energie.



Pre rozhodnutie či sa skládkový plyn bude využívať alebo spaľovať je nutné overiť množstvo metánu produkovaného telesom skládky a to čerpacími pokusmi v odplynovacích vrtoch.

LITERATÚRA

- [1] GOLLOB, Michael. *Entgassung von Deponiekorpern*. Wien : Gmbh.U.Co.KG., 1997. 111 s. ISBN 3-900324-65-4
- [2] HORBAJ, Peter. Teoretický výpočet vzniku metánu z komunálneho odpadu. *Chemické listy* 3, 2004 str.123-125 .
- [3] STRAKA, Frančíšek. *Metódy likvidace tuhých odpadov*. Praha 6 : CA, 237 s. ISBN 80-85122-07-3
- [4] *Enviromagazín* [online]. Skládkovanie - stále najpoužívanější spôsob zneškodňovania odpadu 2/2005 [cit. 2009-01-20]. Dostupné na internete: <http://www.sazp.sk/slovak/periodika/enviromagazin/enviro2005/enviromc2/06_skladky.pd>

Ďakujeme grantovej agentúre VEGA za finančnú podporu výskumu (projekt VEGA 1/0352/09).

Lektoroval: Ing. Andrea Neupauerová, PhD.

Kontaktná adresa:

Doc. Ing. Soldán Maroš, PhD., Ústav bezpečnostného a environmentálneho inžinierstva MTF STU, Botanická 49, 917 24 Trnava.



Názov TECHNIKA A TECHNOLOGIE V ODPADOVOM HOSPODÁRSTVE 2009

Rozsah 173 strán

Vydanie I. - 2009

Tlač Katedra environmentálnej techniky, Fakulta environmentálnej a výrobnéj techniky, Technická univerzita vo Zvolene

Editor Ing. Zuzana Brodnianská

Grafická úprava Ing. Zuzana Brodnianská

ISBN 978-80-228-2027-1