

Porovnání kvality TAP a produktů po spalení s ohledem na výskyt vybraných stopových prvků

Ing. Vladimíra Brzáková¹, Mgr. Eva Pertile, Ph.D.²

¹Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s., Most; brzakova@vuhu.cz

²Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Institut environmentálního inženýrství; pertile@vsb.cz

Přijato: 17. 1. 2014, recenzováno: 9. a 11. 2. 2014

Abstrakt

Práce se zabývá problematikou používání neobnovitelných přírodních zdrojů a snahou o jejich nahrazení tuhými alternativními palivy (TAP), která se vyrábějí z běžných komunálních odpadů a jejichž využíváním v průmyslu a energetice lze docílit snížení spotřeby neobnovitelných přírodních zdrojů. Jsou zde uvedeny a popsány vybrané druhy alternativních paliv a jejich jednotlivé složky a charakteristika nebezpečných vlastností. Práce popisuje distribuci vybraných stopových prvků – olova, chromu a arsenu – mezi jednotlivými produkty spalování tuhých alternativních paliv. Hlavní náplní experimentální části práce bylo sledování distribuce vybraných prvků v původním vzorku a ve vzniklých popelovinách. Vzniklý úbytek stopových prvků vznikl přechodem těchto prvků do spalin, popřípadě úletového popílku.

Comparison of the quality of the solid alternative fuels (TAP) and the products after their combustion with regard to the occurrence of selected trace elements

The article is focused on the utilisation of non-renewable natural resources and an effort to replace them with solid alternative fuels that are produced from the normal municipal waste. Their exploitation in industry and the energy sector is the current topic for the investigation of non-renewable natural resources. The article gives the list of various types of alternative fuels and their various components and describes their characteristics and hazardous properties. The work describes the distribution of selected trace elements - lead, chromium and arsenic - between the products of combustion of solid alternative fuels. The main aim of the experimental part of the work was to monitor the content of the selected elements in the original samples and in the ashes after burning. The resulting loss of trace elements originated in the transition of these elements in the combustion gases and fly ashes.

Vergleich der Qualität von TAP und Verbrennungsprodukten in Hinblick auf das Vorkommen ausgewählter Spurenelemente

Die Arbeit beschäftigt sich mit der Nutzung von nichterneuerbaren Naturressourcen und mit dem Streben nach deren Ersatz durch feste alternative Brennstoffe (TAP), die aus üblichen Kommunalabfällen hergestellt werden und durch ihre Nutzung können nichterneuerbare Naturressourcen gespart werden. Hier werden die ausgewählten Arte von alternativen Brennstoffen und deren einzelne Komponenten sowie Charakteristik gefährlicher Stoffe angeführt und beschrieben. Die Arbeit beschreibt die Verteilung von Spurenelementen – Blei, Chrom und Arsen – unter einzelnen Verbrennungsprodukten fester alternativer Brennstoffe. Der Hauptinhalt des experimentellen Arbeitsteiles war die Verfolgung von Verteilung der ausgewählten Elemente in ursprünglicher Probe und in entstandenen Aschen. Der festgestellte Verlust von Spurenelementen entstand durch Übergang dieser Elemente in die Abgasen, bzw. in die Flugasche.

Klíčová slova: tuhá alternativní paliva, TAP, těžké kovy, stopové prvky, atomová absorpční spektrometrie.

Keywords: solid alternative fuel, heavy metals, trace elements, atomic absorption spectrometry.

1 Tuhá alternativní paliva

Tuhá alternativní paliva (TAP) se vyrábějí z odpadů, které nejsou klasifikovány v souladu s legislativou jako nebezpečné. Mohou se vyrábět například z odpadů z výroby, ze staveb a demolic, z tuhého komunálního odpadu, živnostenského a průmyslového odpadu, čistírenského kalu atd. TAP tudíž patří mezi různorodé skupiny paliv určených k energetickému využití a zužitkování ve spalovnách (spalovacích zařízeních) nebo zařízeních pro spoluspalování, a splňujících požadavky na třídění a specifikaci stanovené v CEN/TS 15359. [1]

V členských zemích EU je stále více preferováno používání TAP jako alternativy ke stále se snižujícímu množství fosilních paliv, ale je také zohledňován finanční přínos spojený s využíváním těchto paliv, jelikož náklady na klasická fosilní paliva stále rostou. [2]

TAP a odpady se mohou spalovat pouze při dodržení platných právních předpisů, které vyžadují větší rozsah měření emisí.

Tuhá alternativní paliva obsahují velké množství různých chemických prvků, jež mohou při vlastním procesu spalování způsobovat různé potíže, což je často nutné řešit finančně nákladnými úsporami provozních podmínek, mnohdy úpravou zařízení používaného ke spalování. Například obsah síry nebo chloru v palivech způsobuje nalepování materiálu ve vstupu do rotační pece a ve výměňkovém systému. [3]

1.1 Komunální odpady

Po vytřídění různých částí komunálního odpadu tyto lze přeměnit na formu alternativních paliv. Výhoda jejich zhodnocení spočívá hlavně v bezodpadové destrukci organických látek a v intenzivním a velice účinném zachycení kyselých škodlivin a také těžkých kovů. Tím dochází k šetření přírodních neobnovitelných zdrojů paliva a surovin, zároveň ke snížení objemu odpadů pro uložení na skládku, a také k minimalizaci rizika pro životní prostředí [4]. Složení směsného komunálního odpadu je

velmi různorodé a mění se v širokém intervalu, tudíž i obsah těžkých kovů v něm výrazně kolísá [5].

1.2 Plast

Základní surovinou pro výrobu plastů je ropa. Na výrobu asi jedné tuny termoplastu se spotřebuje průměrně zhruba 2,5 t ropy. Je všeobecně známo, že plasty jsou velmi odolné proti přirozenému rozkladu [6,7]. Ukládání plastů na skládku je z ekologického i ekonomického hlediska nežádoucí.

Plasty mají různorodé složení a obsahují plno složek nebezpečných pro životní prostředí a zdraví lidí. Například u plastů vyřazených z vyřazených elektronických zařízení byl zjištěn výskyt olova, arsenu, chromu, niklu, antimonu, fosforu nebo rtuti. Nové elektrospotřebiče uváděné na trh již tyto nebezpečné látky podle evropské legislativy smějí obsahovat pouze v koncentracích nepřesahujících 0,1 % hm. (u kadmia je to dokonce 0,01 % hm.) [8].

Jednou z variant omezování množství plastových odpadů ukládaných na skládky je právě jejich energetické využití, a to díky poměrně vysokým hodnotám výhřevnosti polymerů (PE 43,3 MJ/kg; PP 44 MJ/kg; PVC 18-26 MJ/kg; PS 44 MJ/kg; PET 23 MJ/kg; PA 30 MJ/kg) [7]. Bohužel ne každý typ tohoto odpadu je pro technologie spalování vhodný, protože při spalování plastů, vznikají toxické látky [6].

1.3 Syntetický textil

Textilní odpad (vyhozené oděvy, povlečení, prostěradla) může obsahovat karcinogenní aminy, toxické těžké kovy, volný formaldehyd a jiné škodlivé látky, které jsou obsaženy v barvivech a finišerech, jež se používají při barvení a potiskování textilu. Zejména černé barvení nylonu a vlny se provádí za použití šestimocného chromu, který je karcinogenní. Nicméně používání kovů a komplexních barviv není v textilním průmyslu zakázáno, protože jejich vyřazení by mělo za následek ztrátu některých důležitých odstínů, například tyrkysové, fialové, modré, zelené a dalších. [9]

1.4 Pryžové odpady

Opatřované pneumatiky a jejich odřezky tvoří největší podíl z produkce pryžového odpadu v ČR (61 %) a odpad z pryže tvoří 39 % [10]. Další pryžové odpady, které se dají využít jako tuhé alternativní palivo, vznikají při výrobě, zpracování nebo používání pryžových surovin, polotovarů a výrobků, jako jsou například těsnění, hadice aj. [11]

Použité pneumatiky a odpady vznikající při jejich výrobě jsou pro životní prostředí stále větším problémem, jelikož nejsou biologicky rozložitelné a jejich komponenty nelze snadno navrátit do výroby. [12]

Ekologické nebezpečí odpadů z pneumatik a pryže spočívá hlavně v jejich vysokém obsahu toxických látek (sloučeniny Ba, Pb, Sb, Zn, Se aj.), v pomalé biodegradaci a v neposlední řadě v jejich hořlavosti, při které se do ovzduší uvolňují vznikající toxické plyny. [10]

Pro svou vysokou výhřevnost (34 MJ/kg) se začala odpadní pryž používat jako možné alternativní palivo například v cementár-

nách, protože obsahuje řadu oxidů a prvků, které v cementářské výrobě naopak pomáhají a zbylou popelovinu zabudují do tzv. slínkových minerálů.

Naše cementárny nahrazují v současnosti pouze cca 7 % spotřebovaného tepla energií ze spalování pneumatik. Využívání použitých pneumatik v cementárnách přispívá k úspoře fosilních paliv. Jde vlastně o bezodpadové materiálové a energetické využití odpadu. [4]

Na skládkách použitých pneumatik se potvrdily zvýšené hodnoty těžkých kovů (Pb, Cr, Cd, Ba, Zn, Se) v průsacích. [13]

1.5 Papír

Pokud není zájem o recyklaci papíru, je možné jej buď spálit nebo sládkovat. Skládkování starého papíru je však nejméně výhodnou technologií z hlediska životního prostředí, vzhledem k tomu, že neposkytuje žádný přínos, naopak hnilobné plyny na bázi metanu zvyšují obsah skleníkových plynů v ovzduší. Při spalování papíru lze získat z 1 kg sběrového papíru 12 - 15 MJ energie.

Při spalování papíru je velmi důležité vybrat správný papír s minimálním obsahem plnidel a barviv. Nevhodné jsou zejména reklamní letáky a časopisy, které jsou vytištěny na zčásti umělém papíře a barviva použitá k tisku obsahují těžké kovy. Křídové papíry zase obsahují hodně plnidel a ta vytvářejí velké množství popela. Nejvhodnější pro briketování jsou tedy především kartony a novinový papír. Balicí papír se někdy potahuje vrstvou PE, který výrazně zvyšuje výhřevnost papíru a tento malý obsah PE pro vlastní spalování nepředstavuje žádný závažný problém. Největší z výrobců nápojových kartonů Tetrapak má dokonce schválenou jako alternativní technologii recyklace možnost spalování nápojových kartonů v průmyslových teplárnách.

Výhodou papíru je, že vlhkost u něj není při výrobě briket tak důležitá jako při výrobě briket ze dřeva. Vysoká vlhkost je ale nežádoucí z hlediska výhřevnosti, která se s rostoucím obsahem vody v papíru výrazně snižuje. [14]

1.6 Dřevo

Dřevěný materiál vyskytující se v odpadech je povrchově neošetřený i ošetřený dřevo a různé druhy stavebních desek jako jsou překližky a dřevotřískové desky. Většinou pocházející ze stavebních demolicí.

Tab. 1: Přehled testovaných materiálů.

Označení vzorku	Materiálové složení
1	směsný komunální odpad
2	směsný komunální odpad
3	směsný komunální odpad
4	pneumatiky se separovanou tkaninou
5	pneumatiky
6	směsné palivo
7	nadrcené pražce

U vzorku č. 6 se jednalo o směsné palivo, které se používá jako palivo pro cementárny a je vyrobené z vyřazeného komunálního odpadu. Obsahoval složky gumy, plastu, papíru a dřeva. Jedná se o certifikovaný výrobek tuhého alternativního paliva.

Tab. 2: Materiálové složení jednotlivých vzorků TAP z komunálního odpadu.

Označení vzorku	Vzorek č. 1	Vzorek č. 2	Vzorek č. 3
Složka	[% hm.]	[% hm.]	[% hm.]
Papír	40	50	5
Plasty	50	30	40
Syntetický textil	0	10	50
Dřevo	10	10	5

Z těchto materiálů je možným zdrojem těžkých kovů pouze povrchově upravené a konzervačně ošetřené dřevo. Povrchovou úpravou je myšleno pokrytí dřeva konzervačními nátěry, tmely, barvami. Takto povrchově ošetřené dřevo může obsahovat Zn, Cd, Pb, Hg aj. [15]

Samostatnou kapitolu představují železniční dřevěné pražce. Ty jsou podle katalogu odpadů (Vyhláška MŽP č. 381/2001 Sb. - Katalog odpadů, Seznam nebezpečných odpadů a seznamy odpadů a států pro účely vývozu, dovozu a tranzitu odpadů a postup při udělování souhlasu k vývozu, dovozu a tranzitu odpadů) zařazeny mezi nebezpečný odpad a je nutné s nimi podle toho také nakládat. Důvodem jejich zařazení mezi nebezpečný odpad je jejich impregnace chlorovanými uhlovodíky či fenolickými látkami vyrobenými při destilaci hnědouhelných dehtů. [16]

2 Experimentální část

Experimentální část práce je zaměřena na testování vybraných druhů tuhých alternativních paliv s cílem zjistit obsah vybraných prvků a porovnat jejich množství v analytickém vzorku a ve vzorku po jejich spálení.

Celkem bylo testováno 7 druhů tuhého alternativního paliva (viz tabulka č. 1).

2.1 Metodika přípravy a úpravy vzorků

2.1.1 Vzorky TAP v původním stavu

Všechny vzorky TAP byly vysušeny v laboratorní sušárně BMT Venticell 111 při teplotě 105 °C do konstantní hmotnosti a následně zrnitostně upraveny pomocí nožového mlýnu FRITSCH.

Analytické (vysušené) vzorky tuhých alternativních paliv bylo nutné před vlastním stanovením vybraných těžkých kovů nejprve převést mikrovlnným rozkladem podle ČSN EN 13656 (TNI 83 8014 Charakterizace odpadů – Mikrovlnný rozklad směsí kyselin fluorovodíkové HF, dusičné HNO₃ a chlorovodíkové HCl k následnému stanovení prvků) do kapalného stavu. [17]

2.1.2 Vzorky TAP po spálení

Vzorky tuhých alternativních paliv v analytickém stavu o známé navážce byly spáleny v muflové peci MLW 112/20 za podmínek daných normou ČSN EN 15403 při teplotě 550 ± 10 °C. Po vyžhání byly umístěny do exsikátoru k vychladnutí. Takto spálený vzorek byl poté opět rozložen v mikrovlnném systému Multiwave 3000. Teplota byla zvolena v souladu s normou ČSN EN 15403 Tuhá alternativní paliva – Stanovení obsahu popela, která pro spalování uvádí teplotu 550 ± 10 °C. Tato teplota se bude lišit od teploty v reálném spalovacím procesu, kde se dají očekávat teploty v rozmezí 850 až 1 000 °C. Při těchto teplotách se bude chování sledovaných prvků lišit, a to zřejmě tak, že bude jejich vyšší podíl přecházet do spalin. [18]

2.2 Metodika analýzy

Veškeré laboratorní testy byly prováděny v akreditované Laboratoři paliv, odpadů a vod VÚHU a.s. Most. V připravených vzorcích byly stanoveny vybrané stopové prvky metodou atomové absorpční spektrometrie na přístrojích Varian SpectraAA – 220 FS pro plamenovou techniku, Varian SpectraAA – 220 pro hydridovou techniku a Varian SpectraAA 240 pro grafitovou techniku podle podmínek stanovených v ČSN EN 15411. [19]

Stanovení Pb a Cr bylo provedeno plamenovou a elektrotermickou atomizací (ETA), technikou podle koncentrací daných

Tab. 3: Výsledné koncentrace sledovaných kovů v analytickém vzorku a v popelu přepočteném na analytický vzorek.

Vzorek č.	Koncentrace					
	Pb [mg/kg sušiny]		Cr [mg/kg sušiny]		As [mg/kg sušiny]	
	analytický	popel	analytický	popel	analytický	popel
1	365,6	217,2	170,0	146,9	0,42	0,242
2	493,4	330,4	105,6	80,1	0,66	0,398
3	1 068,6	755,9	1 800,0	1430,1	0,08	0,043
4	265,0	138,3	85,0	70,5	1,41	0,840
5	101,4	51,4	28,4	16,7	0,37	0,258
6	995,2	646,8	127,7	108,5	0,10	0,051
7	2,1	1,4	8,0	6,2	1,06	0,578

prvků ve vzorcích, a to jak v plameni acetylen-vzduch, tak v plameni acetylen – oxid dusný. Měření arsenu bylo provedeno technikou hydridovou. Před každým měřením byla sestrojena kalibrační křivka pro jednotlivé prvky v předpokládaném koncentračním rozsahu.

3 Výsledky měření

Analytické vzorky a vzorky po spálení byly analyzovány atomovým absorpčním spektrometrem dle postupu uvedeného výše.

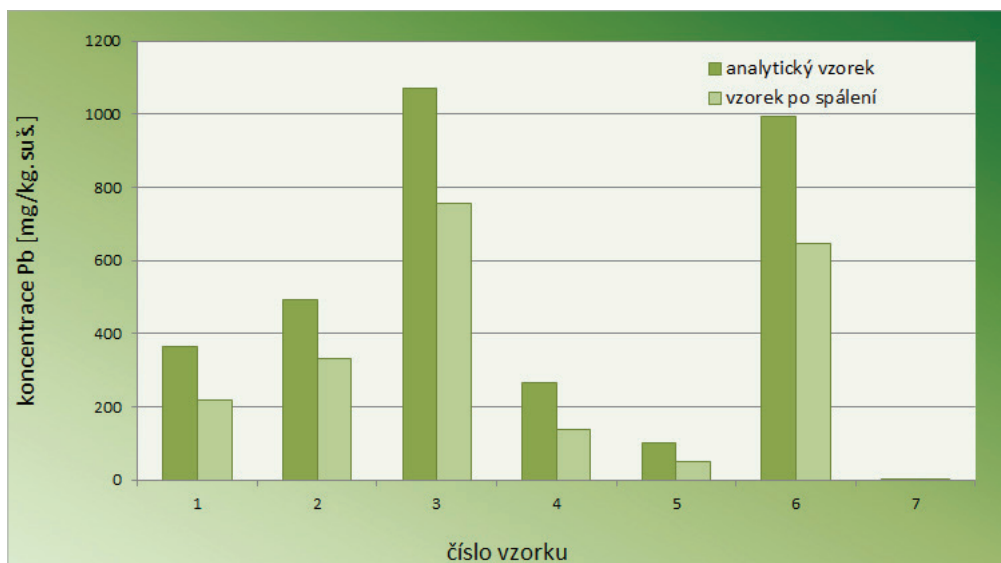
Po změření všech tří stanovovaných prvků v analytickém vzorku i v popelu po spálení byly vyhodnoceny výstupní koncentrace, s ohledem na navážky vzorků a jejich ředění. Výsledné

koncentrace v analytickém vzorku v porovnání s popelem přepočteným na analytický vzorek jsou uvedeny v tabulce č. 3.

Grafické znázornění testovaných vzorků vyjadřuje: srovnání koncentrací sledovaného prvku v analytickém vzorku a v popelu přepočteném na analytický vzorek a též procentuální podíl sledovaného prvku v popelu, což umožnilo kromě základního porovnání získat navíc také celkový přehled o chování těchto prvků během spalování při teplotě 550 °C.

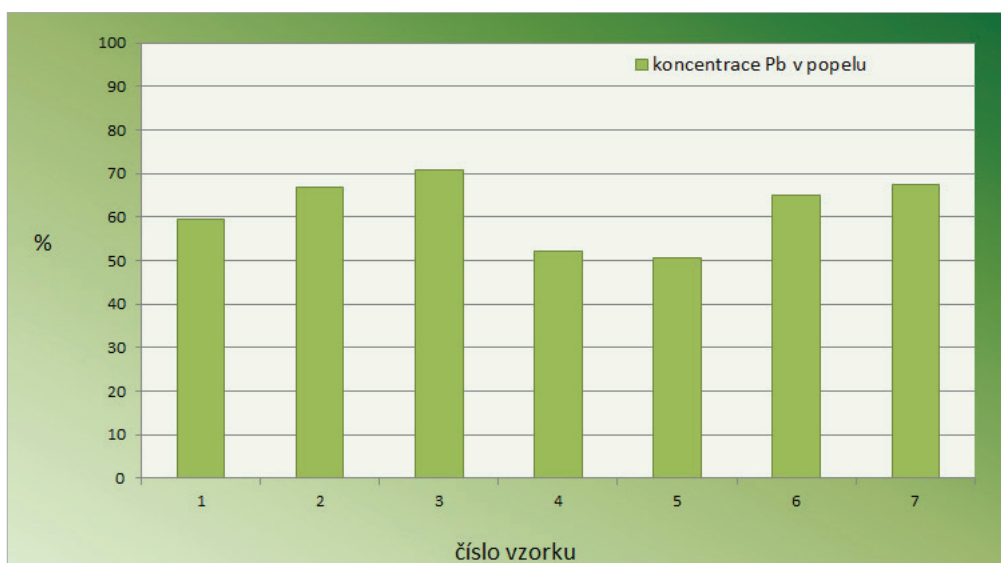
3.1 Vyhodnocení měření Pb

V grafu č. 1 jsou znázorněny naměřené hodnoty koncentrací Pb (uvedené v tabulce č. 2) v analytickém vzorku a v popelu, který



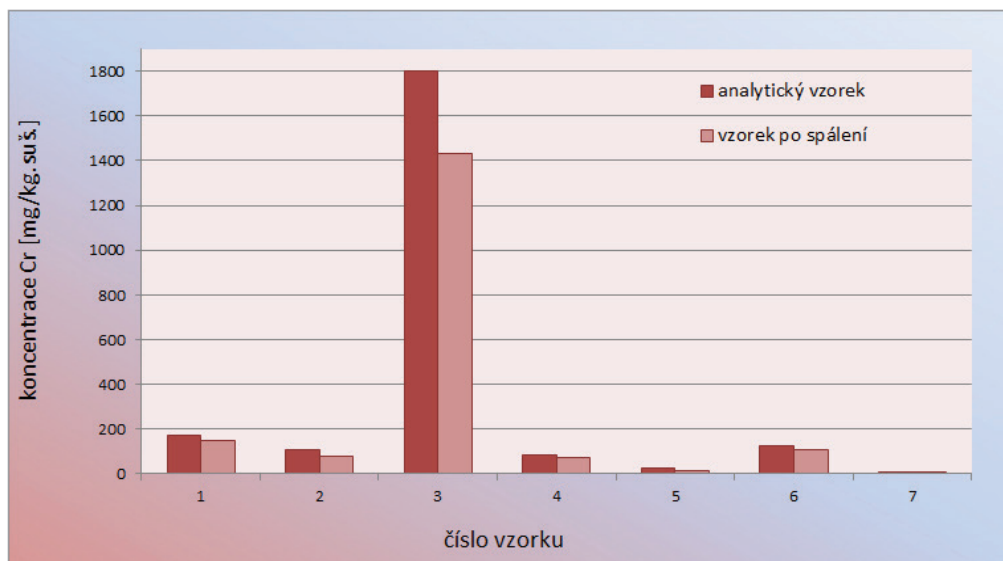
Graf 1: Srovnání koncentrací sledovaného Pb v analytickém vzorku a vzorku po spálení (v popelu).

Vysvětlivky: vzorek č. 1, 2, 3 – TAP s obsahem směšného komunálního odpadu, vzorek č. 4 – TAP s obsahem pneumatik se separovanou tkaninou, vzorek č. 5 – TAP s obsahem pryžového granulátu z pneumatik, vzorek č. 6 – TAP směsné palivo, vzorek č. 7 – TAP nadrcené pražce.



Graf 2: Procentuální podíl Pb v popelu.

Vysvětlivky: vzorek č. 1, 2, 3 – TAP s obsahem směšného komunálního odpadu, vzorek č. 4 – TAP s obsahem pneumatik se separovanou tkaninou, vzorek č. 5 – TAP s obsahem pryžového granulátu z pneumatik, vzorek č. 6 – TAP směsné palivo, vzorek č. 7 – TAP nadrcené pražce.



Graf 3: Srovnání koncentrací sledovaného Cr v analytickém vzorku a vzorku po spálení (v popelu).

Vysvětlivky: vzorek č. 1, 2, 3 – TAP s obsahem směsného komunálního odpadu, vzorek č. 4 – TAP s obsahem pneumatik se separovanou tkaninou, vzorek č. 5 – TAP s obsahem pryžového granulátu z pneumatik, vzorek č. 6 – TAP směsné palivo, vzorek č. 7 – TAP nadrcené pražce.



Graf 4: Procentuální podíl Cr v popelu.

Vysvětlivky: vzorek č. 1, 2, 3 – TAP s obsahem směsného komunálního odpadu, vzorek č. 4 – TAP s obsahem pneumatik se separovanou tkaninou, vzorek č. 5 – TAP s obsahem pryžového granulátu z pneumatik, vzorek č. 6 – TAP směsné palivo, vzorek č. 7 – TAP nadrcené pražce.

zůstal po spálení analytického vzorku vyjádřený v miligramech na kilogram sušiny. Je zde rovněž znázorněno srovnání výsledných koncentrací, ze kterých je patrný úbytek Pb v popelu oproti analytickému vzorku.

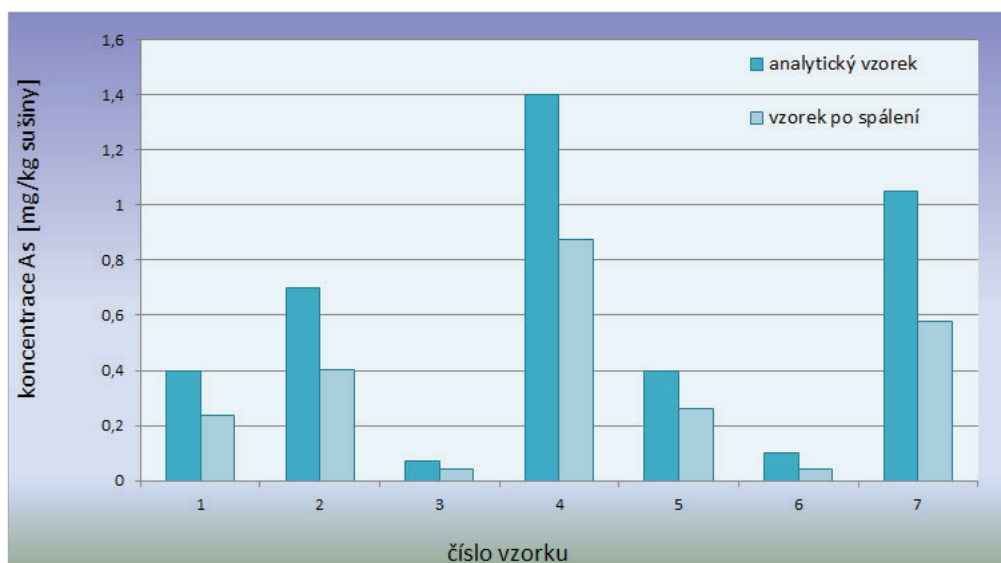
V analytickém vzorku bylo naměřeno nejméně Pb ve vzorku 7, tj. v drcených pražcích, naopak nejvíce ho bylo obsaženo ve vzorku 3, který byl ze směsného komunálního odpadu. Z grafu č. 1, kde je znázorněna koncentrace olova v původním vzorku a po spálení, je velmi dobře patrné, že spálením vzorku dochází k úbytku olova v popelu.

Procentuální obsah stanovovaného prvku, tedy Pb, který zůstal v popelu po spálení analytického vzorku, je pak znázorněn v grafu č. 2.

Největší úbytek olova byl zaznamenán u vzorku 5 z drce-ných pneumatik se separovanou tkaninou, kde do popela přešlo cca 50 % olova. Průměrný úbytek olova byl tedy 38 %.

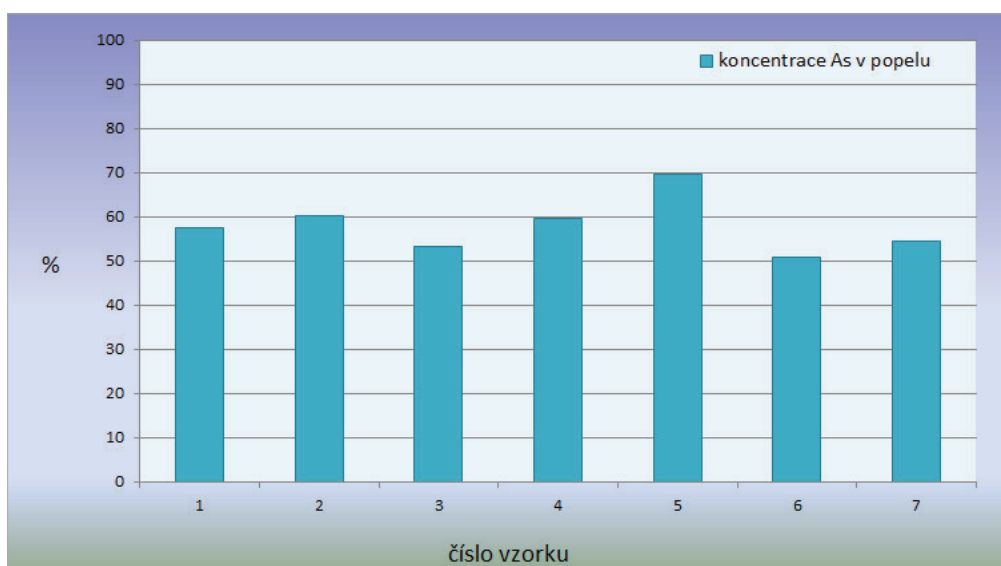
3.2 Vyhodnocení měření Cr

V grafu č. 3 jsou zaneseny naměřené hodnoty koncentrací Cr (uvedené v tabulce č. 2) v analytickém vzorku a v popelu přepočteném na analytický vzorek, který zůstal po spálení analytického vzorku. Je zde znázorněno srovnání výsledných koncentrací, ze kterých je patrný úbytek Cr v popelu oproti analytickému vzorku.



Graf 5: Srovnání koncentrací sledovaného As v analytickém vzorku a vzorku po spálení (v popelu).

Vysvětlivky: vzorek č. 1, 2, 3 – TAP s obsahem směsného komunálního odpadu, vzorek č. 4 – TAP s obsahem pneumatik se separovanou tkaninou, vzorek č. 5 – TAP s obsahem pryžového granulátu z pneumatik, vzorek č. 6 – TAP směsné palivo, vzorek č. 7 – TAP nadrcené pražce.



Graf 6: Procentuální podíl As v popelu.

Vysvětlivky: vzorek č. 1, 2, 3 – TAP s obsahem směsného komunálního odpadu, vzorek č. 4 – TAP s obsahem pneumatik se separovanou tkaninou, vzorek č. 5 – TAP s obsahem pryžového granulátu z pneumatik, vzorek č. 6 – TAP směsné palivo, vzorek č. 7 – TAP nadrcené pražce.

Nejmenší úbytek chromu byl pozorován u vzorku 1, ze směsného komunálního odpadu, kdy došlo jen ke zhruba 14% úbytku. Naopak nejvyšší úbytek chromu byl zaznamenán u vzorku 5, který byl tvořený pryžovým granulátem z pneumatik, kdy došlo k 41% úbytku. Jedná se o různé vzorky tuhých alternativních paliv a podíl jednotlivých komponent je v něm rozdílný, proto dochází ke změnám v obsahu jednotlivých prvků. Průměrně došlo k úbytku přibližně 22 % chromu v popelu oproti původnímu vzorku.

Procentuální obsah stanovovaného prvku, tedy chromu, který zůstal v popelu po spálení analytického vzorku, je znázorněn v grafu č. 4.

3.3 Vyhodnocení měření As

Ze sedmi testovaných vzorků byl arsen nejvíce obsažen ve vzorku 4, který obsahoval pryžový granulát. Nejnižší koncentrace naopak byla stanovena u vzorku 3 ze směsného komunálního odpadu. Spálením vzorku docházelo k úbytku koncentrace arsenu v popelu (viz graf č. 5).

V grafu č. 6 je procentuálně vyjádřen úbytek. Nejmenší úbytek arsenu byl zaznamenán u vzorku 5, tvořeného pryžovým granulátem z pneumatik, kdy úbytek byl cca 30 %. Naopak největší úbytek byl zaznamenán u vzorku 6, tvořeného směsným odpadem, kdy do popela přešlo cca 50 % arsenu. Průměrně přešlo do popela 42 % arsenu.

4 Závěr

Ve vybraných sedmi vzorcích tuhých alternativních paliv byly stanoveny tři různé stopové prvky (Pb, Cr a As). Výběr těchto prvků byl zvolen s ohledem na jejich výrazně nepříznivý vliv na životní prostředí i zdraví člověka.

Z výsledků je patrné, že spaláním vzorku dochází k poklesu koncentrace sledovaných prvků v popelu. Největší pokles byl zaznamenán u arsenu, v průměru o 42 %. Tento pokles byl způsoben vysokou těkavostí sloučenin arsenu. Nejstabilnějším ze tří stanovovaných prvků byl chrom, kde pokles koncentrace v popelu byl 22 %. Sloučeniny chromu jsou málo těkavé, a proto přecházejí do popelovin. U olova byl zaznamenán průměrný úbytek 38 %. Vzniklý úbytek stopových prvků je způsoben přechodem těchto prvků do spalin nebo úletového popílku. V případě spalování tuhých alternativních paliv ve velkých energetických zdrojích lze tyto úletové popílky zachytávat na zařízeních pro úpravu spalin, např. na filtrech.

Množství prvků v popelovinách ovlivňuje nejen koncentrace těchto prvků ve vstupním materiálu, ale i technologie spalování a celkové nastavení spalovacího režimu. Je nutné proto sledovat koncentraci prvků v popelovinách a při překročení platných limitů s nimi zacházet jako s nebezpečným odpadem. Z hlediska ekonomiky by pak vyrobené TAP byly znevýhodněné, jelikož by zde rostly náklady na likvidaci produktů po spalování.

Lze očekávat, že náhrada dnes užívaných fosilních zdrojů tuhými alternativními palivy je i do budoucna jednou z vhodných metod nejen vzhledem k šetrnějším přístupům k životnímu prostředí, ale také pro ekonomickou stránku dané problematiky.

Literatura

- [1] ČSN EN 15359 (TNI 83 8302). *Tuhá alternativní paliva - Specifikace a třídy*. Praha: Český normalizační institut, Červen 2012.
- [2] Alternativní paliva. Kotelfluid.ic.cz [online]. 1999 [cit. 2013-04-20]. Dostupné z: <http://kotelfluid.ic.cz/?page_id=82>.
- [3] HOLAS, V.: *Využívání paliva TAP z tříděného odpadu*. Hospodářské Noviny IHNE: Odpady [online]. 11. 9. 2006 [cit. 2013-04-19]. ISSN 1213 - 7693. Dostupné z: <<http://odpady.ihned.cz/cl-19260510>>.
- [4] GEMRICH, J., JUNGSMANN, J.: *Současná paliva v cementářském průmyslu*. Mimořádná příloha časopisu Odpadové Fórum. In: [online]. Praha: České ekologické manažerské centrum, Únor 2009 [cit. 2013-04-19]. ISSN 1212 - 7779. Dostupné z: <<http://www.odpadoveforum.cz/priloha/Priloha3.pdf>>.
- [5] KARÁSEK, R.: *Transfer těžkých kovů při spalování odpadů*. In: [online]. Sborník Energie z biomasy V. Brno: VUT Brno, 2006. [cit. 2013-04-18]. ISBN 80-214-3310-8. Dostupné z: <http://oei.fme.vutbr.cz/konfer/biomasa_v/papers/10-Karasek.pdf>.
- [6] LEDERER, J. a kol.: *Transformace odpadních plastů na alternativní palivo*. Odpadové Fórum. Sborník referátů. 3. ročník APROCHEM 2008 In: [online]. Praha: České ekologické manažerské centrum, 2008. [cit. 2013-04-18]. ISSN 1212 - 7779. Dostupné z: <http://www.petroileum.cz/upload/aprochem2008_ap_03.pdf>.
- [7] Odpadní plasty – odstraňování a recyklace In: [online]. [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: <http://www.komunalweb.cz/archiv-novinek/Odpadni-plasty-odstranovani-a-recyklace__s317x55042.html>.
- [8] ŠTASTNÁ, J., HOME - EKOLAMPOV.CZ. In: *Proč není možné některé plasty z elektrošrotu recyklovat* - Články - Ekolampov.cz [online]. Praha, 2010 [cit. 2013-04-20]. Dostupné z: <<http://ekologie.ekolampov.cz/268-proc-neni-mozne-nektre-plasty-z-elektrosrotu-recyklovat>>.
- [9] TONETTI, C.; INNOCENTI, R.: *Determination of heavy metals in textile materials by atomic absorption spectrometry: Verification of the test method*. In: Autex Research Journal, [online]. 2009, 9: 66-70. [cit. 2013-04-20]. Dostupné z: <http://www.autexrj.com/cms/zalaczone_pliki/0301.pdf>.
- [10] SOVA, M.: *Pneumatiky a životní prostředí*. Pardubice, 2004. [cit. 2013-04-20]. Dostupné z: <http://envi.upce.cz/pisprace/ks_pha/04/sova.pdf>. Semestrální práce. Univerzita Pardubice.
- [11] Dílčí zpráva projektu VEZPOM, Etapa 5: Výzkum technologické vhodnosti POM, 2004. Dostupné z: <www.msmt.cz/file/16857_1_1/download/>.
- [12] ŠPAČEK, J.: *Recyklace pneumatik není příliš rozšířená*. Hospodářské Noviny IHNE: Odpady [online]. 14. 11. 2003 [cit. 2013-04-19]. ISSN 1213 - 7693. Dostupné z: <<http://odpady.ihned.cz/cl-13640750-recyklace-pneumatik-neni-prilis-rozsirena>>.
- [13] Pneumatiky. Odpadové Fórum. In: [online]. Praha: České ekologické manažerské centrum, 6. 1. 2004, roč. 2004, č. 01. [cit. 2013-04-18]. ISSN 1212 - 7779. Dostupné z: <<http://www.odpadoveforum.cz/obsah04.html>>.
- [14] Brikety ze starého papíru pro energetické využití [online]. [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: <<http://www.chemax.cz/index.php?LA=CS&MN=Brikety+ze+star%EDru+pro+energetick%ED&ProdID=00028F0667F06486000E8C6&DT=4097&TXTID=2033&PHPSESSID=76fa4895b1dd798a91abe3df722b307>>.
- [15] KROOK, J., MÅRTENSSON, A., EKLUND, M.: *Sources of heavy metal contamination in Swedish wood waste used for combustion*. In: Waste management [online]. 2006, 26.2: 158-166. [cit. 2013-04-20]. Dostupné z: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd43/wood2.pdf>>.
- [16] Česká republika. Vyhláška MŽP č. 381/2001 Sb. In: *Katalog odpadů, Seznam nebezpečných odpadů a seznamy odpadů a států pro účely vývozu, dovozu a tranzitu odpadů a postup při udělování souhlasu k vývozu, dovozu a tranzitu odpadů (Katalog odpadů)*. 2001, 145/2001. Dostupné z: <<http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-381>>.
- [17] ČSN EN 13656 (TNI 83 8014). *Charakterizace odpadů - Mikrovlivný rozklad směsí kyselin fluorovodíkové HF, dusičné HNO₃ a chlorovodíkové HCl k následnému stanovení prvků*. Praha: Český normalizační institut, Červen 2003.



- [18] ČSN EN 15403 (TNI 83 8307). Tuhá alternativní paliva – Stanovení obsahu popela. Praha: Český normalizační institut, Srpen 2011.
- [19] ČSN EN 15411 (TNI 83 8315). Tuhá alternativní paliva – Metody stanovení obsahu stopových prvků – As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Mn, Ni, Pb, Sb, Se, Tl, V a Zn. Praha: Český normalizační institut, Duben 2012.