

WASTE FORUM



RECENZOVANÝ ČASOPIS PRO VÝSLEDKY VÝZKUMU A VÝVOJE
PRO ODPADOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ

ROČNÍK 2012

číslo 2
strana 60 – 99

Patron čísla

8. ročník česko-slovenského symposia
Výsledky výzkumu a vývoje pro odpadové hospodářství
ODPADOVÉ FORUM 2013 (17. – 19. 4. 2013, Kouty nad Desnou)

OBSAH

Úvodní slovo šéfredaktora	62
Pro autory	63
Nabídka organizátorům odborných setkání	63
Waste management system for the road infrastructure in the Czech Republic	64
Systém hospodaření s druhotnými materiály do pozemních komunikací v ČR <i>Dušan STEHLÍK</i>	
Prieskum záujmu občanov na východnom Slovensku o separovanie komunálneho odpadu	71
Research of interest of citizens in the Eastern Slovakia about separation of municipal waste <i>Erika LIPTÁKOVÁ, Michal STRIČÍK</i>	
Vodík a methan z nakládání s popílky ze spalování vyříděných odpadů nebo tuhých alternativních paliv	78
Hydrogen and methane in the handling of ash from the incineration of sorted waste or solid alternative fuels <i>Petr BURYAN, Zdeněk BEŇO</i>	
Za sucha lisovaný keramický střep s obsahem fluidního popílku a lomových odprašků	85
Dry pressed ceramic body based on fluidized fly ash and granite dust <i>Radomír SOKOLÁŘ, Simona GRYGAROVÁ, Lucie VODOVÁ</i>	
Zníženie produkcie jemnozrnných odpadov pri spracovaní magnezitu a nové technológie ich spracovania	91
Fine granular magnesite waste thermal treatment <i>Imrich KOŠTIAL, Eva ORAVCOVÁ, Ján GLOČEK, Ján SPIŠÁK, Katarína MIKULOVÁ POLČOVÁ, Ján MIKULA</i>	
Seminář SPALOVÁNÍ TUHÝCH KOMUNÁLNÍCH ODPADŮ (6. – 7. 12. 2012) – Call for papers	98
Symposium ODPADOVÉ FÓRUM 2013	99

WASTE FORUM – recenzovaný časopis pro výsledky výzkumu a vývoje pro odpadové hospodářství

ISSN: 1804-0195; www.WasteForum.cz. Vychází čtvrtletně.

Ročník 2012, číslo 2

Vydavatel: CEMC – České ekologické manažerské centrum, IČO: 45249741, www.cemc.cz

Adresa redakce: CEMC, Jevanská 12, 100 31 Praha 10, ČR, fax: +420/274 775 869

Šéfredaktor: Ing. Ondřej Procházka, CSc., tel.: +420/274 784 448, 723 950 237, e-mail: prochazka@cemc.cz

Redakční rada: Prof. Ing. Dagmar Juchelková, Ph.D., prof. Ing. František Kaštánek, CSc., prof. Ing. Mečislav Kuraš, CSc.,
prof. Ing. Karel Obroučka, CSc., doc. RNDr. Jana Kotovicová, Ph.D., doc. Ing. Vladimír Čablík, CSc.,
doc. Dr. Ing. Martin Kubal, doc. Ing. Lubomír Růžek, CSc., doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.,
Ing. Vratislav Bednařík, CSc.

Web-master: Ing. Vladimír Študent

Redakční uzávěrka: 8. 4. 2012. Vychází: 20. 6. 2012



Úvodní slovo šéfredaktora

Vážení čtenáři,

stále zjišťuji, že mnozí autoři se příliš neorientují, jaký je rozdíl mezi elektronickým recenzovaným časopisem WASTE FORUM a tištěným odborným měsíčníkem ODPADOVÉ FÓRUM. K těmto nejasnostem pochopitelně přispívá personální propojení jejich redakcí, které představuje má osoba. Pokusím se to vysvětlit, i když jsem tak v minulosti (možná i víckrát) již učinil. Současně si jsem vědom, že stále přetrvávají jedinci, ke kterým se tato informace nedostane, nepochopí ji či neudrží v paměti.

Tak především WASTE FORUM není elektronickou verzí časopisu ODPADOVÉ FÓRUM, jedná se o dvě zcela odlišná periodika s jiným určením a hlavně jinou čtenářskou obcí!

Elektronické WASTE FORUM je časopis určený pro publikování především původních vědeckých prací a cílovou čtenářskou skupinou jsou opět výzkumní a vývojoví pracovníci, v menší míře pak i ostatní odborníci z oboru mající o výsledky výzkumu zájem. Časopis vychází (zatím) čtvrtletně, publikační jazyk je čeština, slovenština či angličtina. Příspěvky se do redakce posílají v elektronické podobě v kompletně zalomené podobě, jejich rozsah není nijak omezen a jsou podrobovány externímu recenznímu řízení. Počet příspěvků na číslo není nijak omezen, zařazení každého příspěvku záleží pouze na výsledcích recenzního řízení a hotové číslo je umístěno na volně přístupných internetových stránkách www.wasteforum.cz.

Naproti tomu časopis ODPADOVÉ FÓRUM je tištěný, jeho rozsah je omezen na 36 plnobarevných stran. Vychází měsíčně, publikační jazyk je pouze čeština a slovenština a časopis je distribuován výhradně na předplatné (plné činí 980 Kč/11 čísel, snižené pro nepodnikatelské subjekty, jako školy, ústavy AV ČR, úřady, a studenty je 390 Kč). Čtenářskou obec tvoří především odborníci z firem nakládajících s odpady, podniků-původců odpadů, veřejné a státní správy atd. v ČR i SR. Rozsah příspěvků je podle jejich významnosti omezen na půl až max. dvě tiskové strany. O přijetí příspěvku do tisku, jeho rozsahu a termínu uveřejnění rozhoduje redakce. Roční ediční plán s hlavními tématy, termíny uzávěrek a expedic jednotlivých čísel je k dispozici na www.odpadoveforum.cz. V Odpadovém fóru jsou uveřejňovány souhrny v českém či slovenském jazyce všech příspěvků čerstvě zveřejněného čísla Waste Fora, abychom na nové číslo upozornili i širší odbornou veřejnost.

Uveřejnění stejných výsledků v obou časopisech se nevyklučuje. Je to možné a doporučeno v případě, že výsledky výzkumu mají širší význam pro obor odpadového hospodářství a dá se předpokládat, že by mohly zajímat širší odbornou veřejnost. Toto rozhodnutí je na redakci Odpadového fóra a zde je velkou výhodou personální propojení obou redakcí. V tom případě doporučujeme nejprve uveřejnit kompletní článek ve WASTE FORUM a poté (či současně jen s malým zpožděním) připravit krátký článek shrnující nejdůležitější poznatky pro uveřejnění v Odpadovém fóru, přičemž místo kompletního seznamu literatury se uvede pouze odkaz na článek ve Waste Foru.

Nyní zpátky k časopisu WASTE FORUM. Nabízíme všem organizátorům z akademické sféry (vysoké školy a univerzity, v. v. i. v Česku i na Slovensku) ve WASTE FORUM **bezplatně** uveřejnění pozvánek na jimi organizovaná odborná setkání určená pro prezentování výsledků jejich výzkumných pracovišť. Nejsou tím myšleny celé 1. či 2. cirkuláře, ale jednostránkové pozvánky s možností hypertextových odkazů. Ty je potřeba dodat do redakce hotové buď ve WORDu nebo jako obrázek ve formátu JPG a tyto budou umístěny do nejbližšího čísla. Podobně, jako je na konci tohoto čísla uveřejněna pozvánka na příští ročník symposia ODPADOVÉ FÓRUM 2013, které redakce Odpadového fóra a Waste Fóra pořádají a kam všechny řešitele projektů výzkumu a vývoje srdečně zvou.

Pokud jde o správné načasování uveřejnění pozvánek na vaše akce, tak uzávěrky jednotlivých čísel jsou 8. 7., 8. 10., 8. 1. a 8. 4., hotové číslo pak je na internetu vystaveno zhruba 2 měsíce poté. V případě akcí pořádaných podnikatelskými subjekty budeme požadovat nějakou platbu či sponzorský příspěvek na vydávání tohoto časopisu.

Ondřej Procházka

Pro autory

České ekologické manažerské centrum (CEMC) na vydávání časopisu WASTE FORUM nedostává žádnou podporu z veřejných zdrojů. Proto se snažíme minimalizovat náklady spojené s vydáváním tohoto časopisu. Proto je časopis vydáván pouze v elektronické podobě a čísla jsou zveřejňována na volně přístupných internetových stránkách www.WasteForum.cz.

Pro snížení pracnosti přípravy jednotlivých čísel požadujeme, aby autoři příspěvků je posílali do redakce v kompletně zalomené podobě i se zabudovanými obrázky a tabulkami, tak zvané „**printer-ready**“. Pokyny k obsahovému členění a grafické úpravě příspěvků spolu s přímo použitelnou **šablonou grafické úpravy** ve WORDu jsou uvedeny na www-stránkách časopisu v sekci **Pro autory**.

Publikační jazyk je čeština, slovenština a angličtina, přičemž kvůli snaze, aby se časopis WASTE FORUM dostal do mezinárodních databází vědeckých časopisů, což je nezbytný předpoklad, aby mohl získat časem i impakt-faktor, je upřednostňována angličtina. V tomto případě však je nezbytnou součástí článku na konci název a abstrakt v českém či slovenském jazyce, jehož rozsah není v rozsahu shora nijak omezen.

Uveřejnění příspěvků v časopisu WASTE FORUM je v zásadě bezplatné. Nicméně abychom příjmově pokryli alespoň nezbytné externí náklady spojené s vydáváním časopisu (odměny recenzentům, poplatky za webhosting, softwarová podpora), vybíráme symbolický poplatek za uveřejnění poděkování grantové agentuře či konstatování, že článek vznikl v rámci řešení určitého projektu. Tento poplatek činí 200 Kč za každou stránku u příspěvků v anglickém jazyce, u ostatních je 500 Kč za stránku.

Uzávěrka dalšího čísla časopisu WASTE FORUM je 8. července.

Nabídka organizátorům odborných setkání

Redakce nabízí všem, kteří organizují konference, symposia či semináře určené/otevřené k publikování původních výsledků výzkumných a vývojových prací, **bezplatné** uveřejnění pozvánky na jejich akci v rámci nejbližšího čísla tohoto časopisu. Tím není míněno zařazení celého cirkuláře či podobného objemnějšího materiálu do čísla, nýbrž pouze jednostránkové pozvánky či výzvy, podobně jako jsou dvě na konci tohoto čísla.

Termínově je třeba brát v úvahu harmonogram vydávání časopisu. Nové číslo bývá vystaveno na internetu obvykle dva až dva a půl měsíce po redakční uzávěrce.

Waste management system for the road infrastructure in the Czech Republic

Dušan STEHLÍK

Institute of Road Structures, Brno University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Brno, Czech Republic, e-mail: stehlik.d@fce.vutbr.cz

Abstract

The article gives the information about the research project for the Ministry of Transportation „Secondary materials management system for the roads in Czech Republic“. The results of this project should complete the knowledge and revise some of the today technological directives about these materials and further tries to simplify the access to the knowing on their use for the road constructions at the regional level.

Key words: *waste materials, roads, pavements, recycled building materials, recycled asphalt and tar, catalogue of the waste materials for road construction.*

Introduction

In 2007, with the help of the Ministry of Transportation of the Czech Republic, the project CG712-043-910 titled as “Secondary Materials Management System for the Road Infrastructure in the Czech Republic” was initiated. The main purpose of the project is to establish and maintain the information system for the management of secondary materials that are potentially appropriate for use in the development of road communications. Attention is especially paid to secondary materials available in huge amounts for the road constructions in all regions of the Czech Republic. The most significant secondary materials (in terms of the volume) are construction-demolition waste that is treated and converted to recycled demolition material – based on the latest researches this material represents about 85 % of the total production of secondary materials. Also there is waste from industrial production, such as ash from power plants, foundry sand, waste rock, slag, etc. The use of these materials for the road constructions may represent a significant relief to environment, both as a reduction of construction waste generation and the decrease of the volume of exploited primary mineral resources.

Current secondary materials management issues in the Czech Republic

Recently we face a boom of development projects especially aimed at almost uncontrolled deposition of building and demolition waste. We often see various landscape recultivation or reclaiming projects consuming thousands of tons of this waste. In this respect the waste producers often rank (due to a lack of qualification or intentionally) premium material suitable for production of recycled concrete, mixed walling or used mortar material to the category referred to as „excavated soil“ – this is a consequence of rather benevolent approach and indolence by some state authorities. Such incorrectly declared waste that is deposited in the backfill material is not traceable anymore. This procedure is not only advantageous for the waste producer, but especially for the project investor. With at least a minimum level of discipline and rational approach by the involved parties, the sorted and treated material from demolitions may be used as a suitable material for development of road communications and not disposed thoughtlessly. Moreover, when such a material is introduced (in a backfill) in some “undefined” ground construction, the basic technological adaptations are often not performed (such as moistening of material to optimum humidity, maximum consolidation, etc.). A big disadvantage is impossibility to develop such area (with improper backfilling) for decades and also there is a risk of deposition of hazardous waste that may contaminate surrounding soils and underground water. [1]

One of the key issues experienced in relation to processing of construction-demolition waste is the presence of hazardous waste due to technological mistakes during processing and especially sorting of demolition material. Such hazardous waste may - amongst others – include old roofing (fibrocement roof

tiles or waved roof panels) containing asbestos – in case of their rupture and exposure of their core, human health may be considerably jeopardized. Also older building constructions impregnated by tar insulation materials, etc. Monitoring of tar presence in the construction-demolition waste may considerably reduce risks related to the use of the uncontrolled demolition waste as an “excavated soil”.

Currently there is no special legislation in the Czech Republic that would deal with hazardous substances in building materials. In future it should be based on the EU legislation that is currently in process of preparation. The existing European regulations contain generally binding obligations for the waste producers to mitigate health risks (both risks to public health and the occupational health). These regulations were adapted to Czech legislation too; however they are often not followed.

Management of demolition waste is covered in the methodical guideline of the Waste Department of the Ministry of Environment, concerning handling waste coming from construction activities and waste from reconstructions and demolitions of structures. The guideline contains measures and recommendations aimed at mitigation of risks of contamination or jeopardy to environment and human health, resulting from improper handling and management of construction and demolition waste. One of the recommendations is to carry out a detailed survey of the construction prior to demolition by some authorized expert. Such expert should determine possible risks of hazardous attributes of future waste, take samples and recommend the most appropriate and efficient way for demolition of the hazardous sections of the construction step by step. Such hazardous sections shall be always removed separately and the resulting waste sorted right in the construction site. Then the waste should be handed over to some authorized company for further processing or disposal. [2]

Another issue are the technologies for the conversion of construction-demolition waste to a usable recycled material – because of a lack of awareness of the environmental benefits, waste disposal in dumping places is still the preferred and cheaper way than its recycling. The price of the recycled material is then comparable with the exploited material. Considering the geometric, physical, mechanical and other attributes, the use of recycled material is comparable with the use of primary natural resources of lower quality, despite the available testing procedures. In the current building practice it is very hard to enforce more extensive use of the recycled materials in construction parts of road communications. Recycled materials are then often produced with a stress on the lowest possible price and finally they end up as inferior backfilling materials - nevertheless many completed tests, especially those aimed at the modern functional attributes of the mixtures of sorted and treated recycled material from demolitions, proved how good recycled materials are. As recycled materials produced from walling, concrete, asphalt layers or recycled aggregate from road sub-layer have their specific attributes that may be utilized in these constructions (e.g. great compression capacity, etc.). It would be appropriate to prepare a generally binding regulation for evaluation and assessment of quality of recycled materials. These are the proposed technical conditions aimed at verification of usability of secondary materials in the road infrastructure development as well as determining their important building-technical parameters. Such technical conditions covered in the above mentioned project are based on the valid EN standards for the proposal and evaluation of mixtures of such materials. Moreover, they resolve the issues of technological processing and application of layers of such materials in more details. [3]



Experimental part – Methodology and main goals of the project

Project implementation was divided into two parts. The first part is focused on monitoring and testing of the most exposed construction-demolition and industrial wastes and a successive revision of the particular technical conditions for the use of products developed by processing/ adaptation of these waste materials. Another part of the research project is aimed at establishment of the information system for the management of secondary materials suitable for the development of road infrastructure. Such information system should provide technical information on the usable secondary materials that are suitable for development of road communications in the territory of particular districts and regions. It should improve the level of knowing on the usability of such materials for petty investors and general vocational public as well as facilitate the communication amongst project designers, investors and implementing companies who make use of local resources of such secondary materials. The output of this second part should be a brief and transparent catalogue of secondary materials usable for road infrastructures with particular catalogue (material data) sheets (see Figure 1).

Catalogue sheet

Secondary material Reg. No. Region	Foundry sand 123456/369 Moravskoslezský
---	--

Originator Address ID No./ VAT No. ID No./ VAT No. Contact person Phone	Sand Team s.r.o. Sadová 224 Ostrava 765 02 255 266 255 CZ 255 266 255 Ing. Josef Kropáček 606 111 222
---	---

Map 	Detail 
--	--

Production (years)	2004	2005	2006	2007	2008
tons	189000	199000	205000	252000	265000

Environmental aspects of secondary material	
Are there any environmental issues connected to the material? If yes, please, specify in details?	Yes Risk of phenol leaching in case of organic foundry sands

Application in road constructions	
a) subbase of pavement	Note: only inorganic sands with the required grain size may be used
b)	Note:
c)	Note:

Secondary material technical parameters	
Unit grain size (mm)	
Treated material grain size	
Fraction	
0/2	No
0/4	Yes
4/8	No
8/11	No
8/16	No
16/22	No

Material photo documentation

Figure 1: Example of the secondary material catalogue (material data) sheet

A significant part of the information system for the management of secondary materials for road communications development is the use of waste and some other already used materials in road engineering with regard to REACH directive and the obligations/ requirements related to waste at pre-registration and a subsequent registration.

At the moment the information on the use of secondary materials in other countries of the European Union as well as in Czech Republic is being collected. The information mainly pertains to legislative conditions for the use of construction-demolition wastes, capacity data, financial flows and basic technical parameters of recycling lines. In details the issue of usability of secondary materials with a certain tart content or tar binder is resolved/ assessed. In the next years of the implementation the revisions of the actually valid technical conditions for the use of slag aggregates, waste rock powder, etc. should be executed.

Important is also the assessment of the tested secondary materials in mixtures (e.g. with natural rock aggregates, etc.) by monitoring and reviewing the functional attributes of these materials. Simulation of specific conditions of load of the suggested mixtures (layers of road communication) in laboratory environment is necessary to verify the usability of the materials. Such functional testing is carried out in the excellently equipped road laboratories of two universities (Brno University of Technology and Czech Technical University in Prague) fitted with a complex system of functional testing of road construction materials in accordance with the latest European standards.

Some frequently discussed issues related to the use of secondary materials for road communications

For the more frequent use of recycled materials in road communications a common consensus amongst representatives of building industry and environmental protection is necessary. A common goal should be the maximum use of these materials in the suggested building mixtures and compounds as well as in building parts of line constructions that would not mean such a risk to environment as brings deposition of the same materials in open dumps (the most frequent way of disposal of construction-demolition wastes and other waste or treated secondary materials in the Czech Republic). For this purpose it is of course also necessary to eliminate some problematic aspects and eliminate the related risks, such as:

Presence of tar or asphalt-tar binders in recycled material

Roads with some layers containing tar binder are governed by the methodical guideline MDS-OPK, ref. No. 30011/99/120 by the Ministry of Transport of the Czech Republic, dated November 20th, 1999, determining the conditions for registration of roads with tar or asphalt-tar binders. In accordance with the Act No. 185/2001 Coll., (Waste Act), as amended by the Act No. 188/2004 Coll., Act No. 7/2005 Coll., Act No. 314/2006 Coll. and Act No. 34/2008 Coll., including the implementing regulations, especially the ministerial regulation No. 351/2008 Coll., on the details of waste handling, as amended and based on the

valid waste catalogue (regulation No. 381/2001 Coll.), the material obtained from the road that contains tar binders shall be classified as hazardous waste (No. 17 03 01). Registration of the roads with tar binders shall be assured by the administrators of particular road communications within the area of their responsibility.

As for the use of the exploited material from the road constructions that contains tar or asphalt-tar binder, it is necessary to assure that the contractor/ builder is authorized to dispose and handle with the material in accordance with the terms and conditions set by the above mentioned regulations and legislation. In case that this material is managed as a recycled material and intended to be used for road communication development, such use is only possible if the material is processed in the site and the appropriate technology of cold recycling (see the technical conditions for the cold recycling of construction layers of non-rigid road communications, 2009) is applied – this procedure will assure an adequate immunization of hazardous substances contained in tar binder that are considered as harmful to environment and human health. In this respect “immunization” especially means encasement of grains with tar binder by appropriate asphalt emulsion or reinforced asphalt. Such material may be processed by similar technologies in the suitable stirring unit. In case of necessity of transport from the place of origin (milling or demolition of old road communication), the material must be handled in accordance with the regulation No. 374/2008 Coll. on waste transport.

Use of the material recovered from the old road communications with tar content or asphalt-tar binder by means of hot technologies is not allowed because of the risk of emissions of contaminants and hazardous substances.

The issue of recycling of road layers with tar content or asphalt-tar binders will be subject of the revised technical conditions (TC) 150.

Use of recycled material from demolitions (such as aggregate) in asphalt layers

As for the use of recycled aggregate from demolitions in asphalt mixtures, most often the premium recycled concrete, the definition of the remark to the subject of the European Standard ČSN EN 13043 - Aggregate for asphalt mixtures and surface layers of road communications, airports and other transport surfaces (2003) is unclear. It says that “some recycled aggregates or aggregates obtained from some industrial side products that should fulfill all requirements set by this EN standard, may have other characteristics that do not correspond to the mandate M 125. This EN document from 1998 determines – besides the standard geometric and physical-mechanical tests, such as testing of granularity, shape index and volumetric weight – the appropriate micro-texture for the most efficient adhesion to asphalt, resistance against crushing, resistance to drop of temperature, good resistance to temperature shocks, volumetric stability, constantly low level of sulphur, minerals sensitive to humidity fluctuations, etc. Special requirements must be determined for recycled aggregates from experimental building materials such as foam-silicate bricks that are known because of rather high content of radioactive substances – in this case the level of radioactivity in the aggregates must be determined as well as the content of heavy metals, poly-aromatic hydrocarbons, etc.

Therefore it is important to know what materials is the recycled aggregates made of, respectively to know the composition of the constructions of demolished road constructions.

Use of slag aggregates in construction layers of roads and sub-layers of road communications

The revision of TC138 should be focused on the suitable chemical composition of blast furnace slag intended to be used in the sub-layer of road communications and construction layers of roads. The revised technical conditions (TC) should especially adjust the composition of SiO₂ and CaO in accordance with the new production outlets and slag aggregates application.

It is expected that for the use of the slag aggregates, especially for the sub-layers of road communications, the range of use of the above mentioned compounds will be adjusted (extended).

Revised TC138 shall be then linked to the valid EN standards, especially in terms of use of the secondary materials in unbounded or bounded sub-layers of road communications.

Application of results in practice

One of the planned outputs of the project (until 2011), as indicated by the article, is the preparation of new technical conditions (TC) or the revision of the existing ones, aimed at the use of secondary materials in road communications, particularly:

- TC 210 Recycled construction-demolition materials for road communications (new);
- Revision of TC 150 Permanent maintenance and repairs of road communications containing tar binders;
- Revision of TC 105 Handling of waste produced by technologies using tar-free asphalt emulsion;
- Revision of TC 138 Use of slag aggregates for road communications development;
- Revision of TC 176 Waste rock powder in the road communication body;

and the related methodological guideline of the Ministry of Transport of the Czech Republic.

By creation of catalogue of the usable secondary materials with a brief specification of their attributes and possibility of their use in construction parts of road communications in form of catalogue sheets (see the example in figure 1), the particular regions and especially the industrial areas in the Czech Republic would be better informed on their use and methods of application.

Conclusion

By determining technical and legislative conditions for effective use of secondary materials in constructions of road communications, including their classification (in form of catalogue), drafting of sample solutions of road compositions (layers) and by creating new/revising the existing technical regulations, the relevant information will become available to general vocational public which may help to more purposeful and economic management of secondary materials at development of road communications.

References

1. Svoboda, K. *The use of building and demolition waste, Final project report VaV 720/2/03 for the year 2004*. Client: Ministry of Environment, 100 pages, VTEI VÚV T. G. M, issued in Prague, 2004
2. Křenek, L., Týlová, M., Changes in the existing legislation and the forthcoming waste management regulations. In *Recycling 2006* text book, pages 96 – 99, issued by Brno University of Technology, Brno, 2006.
3. The Czech Republic Waste Management Plan. *Bulletin of the Ministry of Environment*, Issued by the Ministry of Environment in Prague, volume 13, statement 33, pages 1-66, Prague.
4. Stehlík D., *Use of recycled material in road constructions*, text book of the International Workshop RECYCLING 2007, Brno.
5. Stehlík, D. *Verification of use of secondary materials in road communications*, DÚ 5, research project No. 1F45B/066/120 „Implementation of European standards on specification of materials for improvement of operating capability, lifetime and safety of transport”, supported by the Ministry of Transport, 2002-2007, Brno
6. Auerstad J. et al. Evaluation of unbound crushed concrete as road building material – A field and laboratory study. Available here: <http://www.minalab.org/upload/126.pdf> (October 2006)

Systém hospodaření s druhotnými materiály do pozemních komunikací v ČR

Dušan STEHLÍK

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemních komunikací, Veveří 331/95, 60200 Brno; e-mail: stehlik.d@fce.vutbr.cz,

Souhrn

Příspěvek podává základní informaci o výsledcích výzkumného projektu Ministerstva dopravy ČR pod názvem „Systém hospodaření s druhotnými materiály do pozemních komunikací v ČR“. Výsledky projektu byly hlavním zdrojem výstupů – tvorbě nových předpisů a revizí stávajících předpisů v oblasti použití nejfrekventovanějších druhotných surovin do pozemních komunikací. Hlavní cíl projektu je směřován k větší informovanosti a dostupnosti informací o použití těchto materiálů do pozemních komunikací na úrovni krajských regionů ČR. Informace se budou předávat prostřednictvím pravidelných seminářů a dále se předpokládá vydání odborné publikace se zaměřením na použití těchto materiálů.

Klíčová slova: *druhotné suroviny, silnice, vozovky, recyklované stavební materiály, asfaltový recyklát a dehet, katalog druhotných materiálů použitelných v pozemních komunikacích.*

Prieskum záujmu občanov na východnom Slovensku o separovanie komunálneho odpadu

Erika LIPTÁKOVÁ, Michal STRIČÍK

Podnikovohospodárska fakulta v Košiciach Ekonomickej univerzity v Bratislave,
Tajovského 13, 041 30, Košice, Slovenská republika

e-mail: erika.liptakova@euke.sk, michal.stricik@euke.sk

Súhrn

Na zistenie súčasného stavu povedomia a osobného angažovania sa obyvateľstva v oblasti separácie komunálneho odpadu v mestách a obciach na východnom Slovensku sme v Košickom a Prešovskom samosprávnom kraji v roku 2011 uskutočnili dotazníkový prieskum, ktorého výsledky prezentujeme v tomto príspevku. Až 48 % respondentov sa vyjadrilo, že občania nie sú dostatočne motivovaní k separovaniu komunálneho odpadu. Zároveň navrhujeme niekoľko opatrení, ktoré by mali napomôcť k zvýšeniu záujmu o separovanie komunálneho odpadu. Za najdôležitejšie opatrenia považujeme zníženie poplatku za odvoz odpadov, častejší vývoz separovaného odpadu a propagáciu separovania.

Kľúčové slová: separácia, komunálny odpad, občania, dotazníkový prieskum

Úvod

Jednou z možností zníženia množstva komunálneho odpadu (KO) je separovaný zber. Pri separovanom zbere sa nepotrebná vec nepovažuje za odpad, ale za surovinu, ktorá môže znova vstúpiť do výrobného procesu. Šetrí sa tým množstvo prírodných zdrojov, znižujú sa negatívne vplyvy na zdravie ľudí a životné prostredie, a to nielen vo výrobných procesoch, ale aj na skládkach, kde neseperovaný komunálny odpad môže vytvárať nekontrolovateľné procesy. Preto sa separácia stáva stále aktuálnejšou témou zástupcov samospráv.

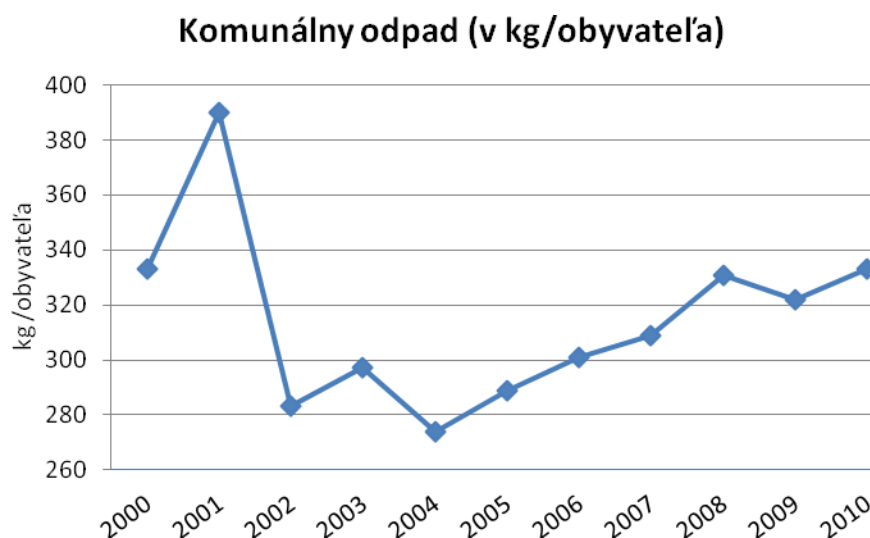
Separovaný zber je zameraný najmä na sklo, papier, kov a plasty. Hlavným cieľom rozbehnutia fungujúceho separovaného zberu je zaviesť vhodný systém zberu, zvozu, triedenia a koncového zhodnotenia vytriedených odpadov. Jedným z faktorov ovplyvňujúcich tento cieľ je aj motivácia obyvateľstva k separovaniu odpadov.[1]

Medzi najdôležitejšie formy motivácie pre tých, ktorí poctivo separujú, by mohlo patriť nasledujúce:

- poskytovanie finančných príspevkov,
- zníženie poplatkov za odvoz odpadu,
- nastavenie systému s databázou informácií, na základe ktorej sa budú dané finančné úľavy spravodlivo poskytovať.

V Českej republike bol zistený veľký rozdiel v separovaní odpadu medzi domácnosťami a obcami, u ktorých je zavedený systém poplatkov PAYT (Pay-As-You-Throw) a medzi tými, u ktorých tento systém nie je zavedený. V obciach a domácnostiach, ktoré majú daný systém PAYT zavedený, občania vyseparujú viac odpadu a produkujú menej zostatkového odpadu. Naopak v obciach a domácnostiach, kde tento systém nemajú, občania separujú menej. [2]

V nasledujúcom grafe (Graf 1) je zaznamenaný vývoj množstva KO v prepočte na jedného obyvateľa SR za obdobie rokov 2000 – 2010. Priemerne to v tomto období bolo 315 kg na obyvateľa.



Graf 1: Množstvo KO v kg na obyvateľa za obdobie 2000-2010

Zdroj: Výročné správy Ministerstva životného prostredia SR 2000 – 2010

V SR bol prijatý dokument *Program odpadového hospodárstva na roky 2006 - 2010*. [3] Podľa tohto dokumentu mal byť trend množstva vyseparovaného odpadu na obyvateľa stúpajúci, a to:

- 40 kg v roku 2005,
- 45 kg v roku 2008,
- 50 kg v roku 2010.

Dosiahnutá hodnota v roku 2010 (24,8 kg/obyvateľa) však nenapĺňa plán ani na 50 %.

V roku 2010 bolo dominantnou činnosťou nakladania s KO skládkovanie so 78 % podielom. Významný podiel na nakladaní s KO mali ešte nasledujúce činnosti:

- energetické zhodnocovanie (9,4 %),
- recyklácia alebo spätné získavanie organických látok – kompostovanie a zhodnocovanie plastov (5,0 %),
- recyklácia alebo spätné získavanie iných anorganických materiálov (3 %). [4]

Z hľadiska zloženia KO v SR v roku 2010 mal najväčšie zastúpenie zmesový KO (67 %), nasledoval objemný odpad (12 %), drobný stavebný odpad (5 %), biologicky rozložiteľný odpad (5 %), papier a lepenka (3 %), sklo (2 %) a iný (6 %).

Mestá a obce boli **povinné od 01. 01. 2010** zaviesť separovaný zber štyroch zložiek KO: papier, plasty, sklo a kovy. [5] V tomto prvom roku danej povinnosti bolo vyseparovaných 134 662 ton KO (papier, plasty, sklo, kovy a v niektorých obciach už aj bioodpad), čo predstavuje 24,8 kg na obyvateľa. Z celkového množstva KO to však bolo iba 7,4%.

Vyseparovaný odpad v roku 2010	absolútne	podiel na celkovom množstve KO
celkový (v tonách)	134 662 t	7,4%
na obyvateľa (v kg)	24,8 kg	

Tabuľka 1: Vyseparovaný odpad v roku 2010 v Slovenskej republike

Aj na základe uvedených čísel je vidieť, že podiel vyseparovaného množstva komunálneho odpadu bol v roku 2010 malý a je v danej oblasti čo zlepšiť. K tomu by mali prispieť aj výsledky nášho prieskumu.

Dotazníkový prieskum

Predmetom skúmania bolo analyzovať a zhodnotiť informovanosť a záujem obyvateľstva na východnom Slovensku o separáciu odpadu.

Cieľom prieskumu bolo analyzovať súčasný stav povedomia a osobného angažovania sa obyvateľstva v oblasti separácie KO v mestách a obciach, odkiaľ pochádzali respondenti a navrhnúť opatrenia, ktoré by podporili a zvýšili záujem o separáciu odpadu.

Čiastkovými cieľmi prieskumu bolo:

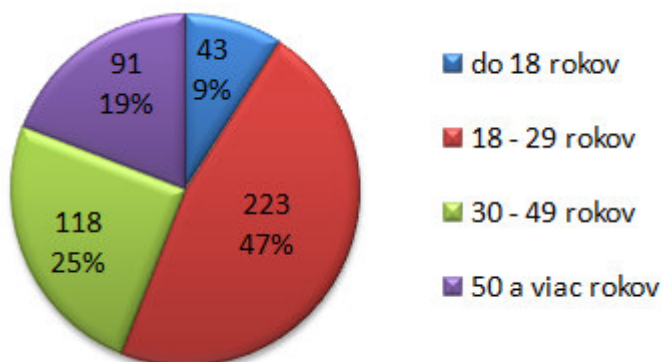
- zistiť, či je v mestách alebo obciach na východe Slovenska organizovaný separovaný zber KO,
- získať informácie ohľadom zapájania, respektíve nezapájania sa obyvateľstva do separovaného zberu,
- zistiť dôvody, ktoré odrádzajú občanov od separovania odpadov,
- identifikovať jednotlivé položky KO, ktoré občania separujú (v prípade zapájania sa do separovaného zberu),
- zistiť povedomie občanov o poplatkoch za vývoz KO v mestách a obciach, v ktorých bývajú,
- identifikovať faktory, ktoré by motivovali občanov k vyššiemu záujmu o separáciu odpadu.

Po stanovení cieľov práce bol vypracovaný dotazník, ktorý slúžil na získanie primárnych informácií potrebných na spracovanie výsledkov práce. Dotazník bol rozdelený do dvoch častí:

- prvá časť - všeobecné údaje o respondentovi,
- druhá časť - otázky týkajúce sa problematiky separácie KO.

Dotazník bol umiestnený na internetovom portáli *google.com*, pričom respondenti sa o možnosti vyplnenia dotazníka dozvedeli prostredníctvom regionálnych novín *MICHALOVČAN* a regionálnej televízie *MISTRÁL*, ako aj osobným oslovením a oslovením prostredníctvom e-mailu.

Prieskumu sa zúčastnilo **475 respondentov**. Ich rozdelenie podľa veku je zobrazené v grafe 2. Najviac respondentov zúčastnených na tomto prieskume bolo vo veku 18 – 29 rokov (takmer 47 %), najmenej respondentov bolo z kategórie do 18 rokov (9 %).



Graf 2: Respondenti podľa vekovej kategórie

Miesto bydliska (mesto/obec) a spôsob bývania respondentov (obytný blok/rodinný dom) sú zaznamenané v nasledujúcej tabuľke (tabuľka 2). Prevažovali občania bývajúci v mestách (takmer 60 %) a z pohľadu spôsobu bývania mierne prevažovali tí, ktorí bývajú v rodinných domoch (56 %).

Bývanie respondentov	obytný blok	rodinný dom	spolu
Mesto	42%	17%	59%
Obec	2%	39%	41%
spolu	44%	56%	100%

Tabuľka 2: Bývanie respondentov

Výsledky a diskusia

Odpovede respondentov na otázku „**Realizuje sa vo vašom meste resp. obci separovaný zber komunálneho odpadu?**“ sú zaznamenané v tabuľke 3. Až 96 % z nich na otázku odpovedalo kladne.

Separácia odpadu	ÁNO	NIE
Mesto	58,5 %	0,6 %
Obec	37,6 %	3,0 %
spolu	96,4 %	3,6 %

Tabuľka 3: Existencia separovaného zberu v sídlach respondentov

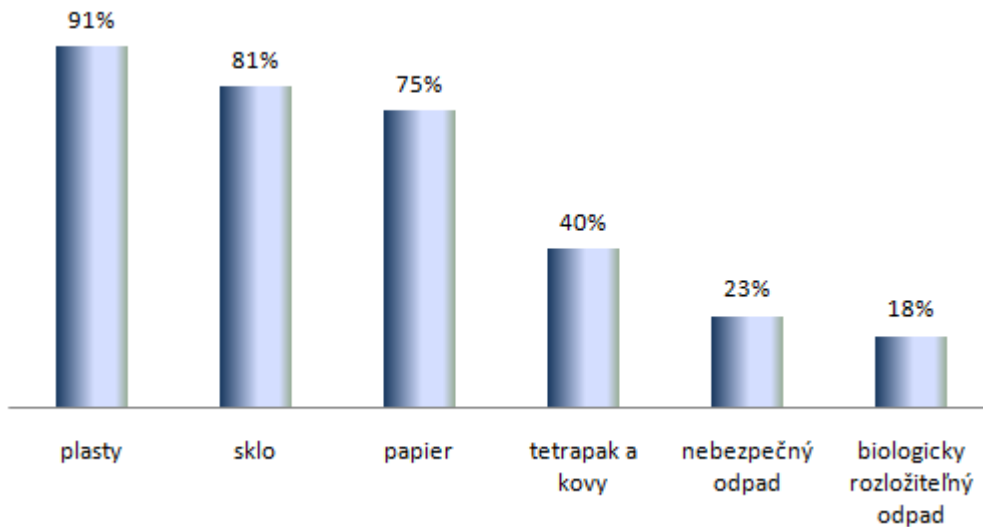
Ďalej respondenti odpovedali na otázku, či **sa zapájajú do separácie komunálneho odpadu**. Kladne na túto otázku odpovedalo **87 %** respondentov.

Respondenti, ktorí sa nezapájajú do separácie, v rámci otvorenej možnosti odpovede uviedli nasledujúce **dôvody, prečo odpad neseparujú** (graf 3).



Graf 3: Dôvody neseparovania komunálneho odpadu

Ďalšou otázkou sme zisťovali, **aké položky komunálneho odpadu respondenti separujú**. Odpovede sú zaznamenané v grafe 4. Najviac respondentov separuje plasty (91 %), najmenej biologicky rozložiteľný odpad (18 %).

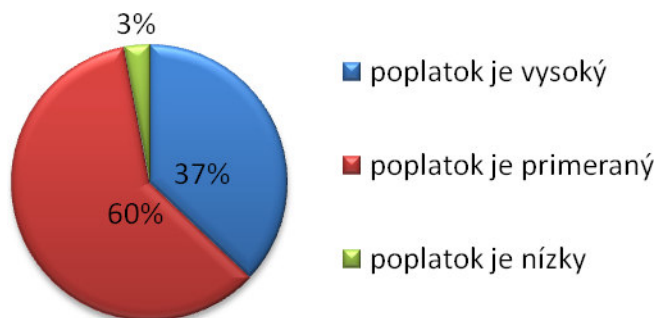


Graf 4: Položky separovaného komunálneho odpadu

Výšku poplatku za vývoz komunálneho odpadu na osobu pozná iba 35 % respondentov.

Ročná priemerná výška poplatku za vývoz komunálneho odpadu v meste bola **28,13 €** (724,35 CZK¹) na osobu, v obci predstavovala priemerná výška poplatku sumu **16,02 €** (412,52 CZK) na osobu.

Odpovede na otázku **vnímania výšky poplatku za komunálny odpad** sú uvedené v grafe 5: 60 % respondentov, ktorí odpovedali na predmetnú otázku, považujú výšku poplatku za primeranú, 37 % opýtaných respondentov uviedlo, že poplatok je príliš vysoký a pre necelé 3 % respondentov je dokonca nízky.



Graf 5: Vnímanie výšky poplatku za komunálny odpad

Na otázku, či **sú občania vášho mesta/obce dostatočne motivovaní k separovanému zberu**, kladne odpovedalo iba 13 % respondentov. Takmer polovica respondentov (48 %) si, naopak, myslí, že nie je dostatočná motivácia občanov. Až 39 % respondentov to nevedelo posúdiť.

¹ Kurz zo dňa 1. 6. 2012: 25,75 CZK/EUR

Otázka: „**Aké faktory by zvýšili Váš záujem o separáciu odpadu?**“ bola otvorená. Respondenti na ňu uviedli tieto najčastejšie odpovede:

- zníženie poplatku za odvoz odpadov,
- bonusy vo forme zliav v obchode, knižnici, MHD, ...,
- dostatočné množstvo kontajnerov a vriec na separovaný odpad,
- masívna propagácia separovaného zberu (akcie, prednášky, billboardy, médiá, ...),
- častejší vývoz separovaného odpadu,
- zodpovednejší prístup pracovníkov verejnoprospešných služieb,
- poskytovanie vriec na separovaný odpad pre občanov bez poplatkov,
- nízke ceny výrobkov zo separovaného odpadu.

Na základe zhodnotenia zhromaždených informácií by sme mohli konštatovať, že:

- záujem o separovanie je väčší v mestách ako v obciach,
- občania nie sú dostatočne motivovaní k separovaniu KO,
- napriek vysokému percentu občanov, ktorí sú zapojení do separácie odpadu, je množstvo vyseparovaného odpadu nízke (v porovnaní s plánom – viď Úvod).

Záver

Aj na základe vyššie uvedených skutočností si dovoľujeme navrhnúť nasledujúce opatrenia, ktoré by mali napomôcť k zvýšeniu záujmu o separovanie KO:

1. **Upraviť poplatok** za vývoz KO tak, aby tí, čo separujú, platili menej, alebo mali iné výhody zo separácie. To platí aj o poplatkoch v obciach, aby sa zvýšila motivácia vidieckych občanov, nakoľko ich záujem o triedenie odpadu je na nižšej úrovni ako v meste.
2. Zlepšiť organizáciu nakladania s odpadom tak, aby občania mali **dostatok vriec** na vyseparované zložky odpadu v rodinných domoch a pri obytných blokoch **dostatok kontajnerov**. Zabezpečiť pravidelný zvoz týchto vyseparovaných zložiek, aby nedochádzalo k prepĺňaniu zberných nádob.
3. **Zaviesť separáciu** KO v tých mestách a obciach, kde tento zber zatiaľ nebol zavedený, alebo nebol zavedený primerane.
4. V mestách a obciach, kde sa separuje len malý počet zložiek KO, **zvýšiť počet týchto položiek**, hlavne lepšou prípravou a vytvorením podmienok a väčším počtom zberných nádob. Tu sa vytvára priestor hlavne pre biologicky rozložiteľný KO.
5. **Zvýšiť osvetu** a propagáciu medzi občanmi ohľadom dôležitosti separovania KO.

Nutnosť zvyšovania miery separovania a zhodnocovania KO je veľmi potrebná. Dosiagnuť sa to dá len zvýšenou aktivitou v oblasti triedeného zberu priamo u pôvodcov jednotlivých zložiek odpadu. Aj napriek jasným environmentálnym, ekonomickým a sociálnym prínosom sú na Slovensku kvalitné a účinné systémy triedeného zberu len málo rozšírené. Z toho dôvodu je potrebné vykonať zmeny, ktoré sú v súlade s cieľmi a legislatívou Slovenskej republiky a Európskej únie. Potreba týchto zmien, hlavne v oblasti motivácie občanov, vyplynula aj z nášho prieskumu.

Literatura

1. STRIČÍK, M., ANDREJOVSKÝ, P., BOSÁK, M.: *Udržateľnosť prírodných zdrojov*. Vyd. Bratislava: EKONÓM Bratislava 2011, 300 s. ISBN 978-80-225-33616-4.
2. ŠAUER, P., PAŘÍZKOVÁ, L., HADRABOVÁ, A.: Charging systems for municipal solid waste: Experience from the Czech Republic. In: *Waste Management*. 2008, roč. 28, č. 12. p. 2772 – 2777. ISSN 0556 053X.
3. *Program odpadového hospodárstva Slovenskej republiky na roky 2006 – 2010*.
4. KLINDA, J., LIESKOVSKÁ, Z. a kol.: *Správa o stave životného prostredia na Slovensku v roku 2010*. Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky a Slovenská agentúra životného prostredia. Hermann Armin – creative marketing agency, Nikara, 2011. s. 136. ISBN 978-80-89503-19-3.

5. Zákon č. 409/2006 Z. z. o odpadoch v znení neskorších predpisov.
6. ŠAUER, P., MILDEOVÁ, S.: Risk Reduction of Household Waste: Contingent Valuation Analysis. *Prague Economic Papers*, 1998, roč. VII, č. 1, s. 67 – 77. ISSN 1210-0455.
7. ŠAUER, P. a kol.: *Výsledky statistických analýz o spôsoboch platieb za domovní odpad v Českej republike*. PAYT 2003. 120 s. ISBN 80-245-0639-4.
8. Kolektív: *Metódy, technológie a stratégie nakladania s biologicky rozložiteľnými odpadmi*, Vyd. Bratislava : EPOS, 253 s. ISBN 978-80-8057-913-5.

Research of interest of citizens in the Eastern Slovakia about separation of municipal waste

Erika LIPTÁKOVÁ, Michal STRIČÍK

Podnikovohospodárska fakulta v Košiciach Ekonomickej univerzity v Bratislave, Tajovského 13, 041 30 Košice, Slovenská republika

Summary

To determine the current state of awareness and personal involvement of the population in the separation of municipal waste in towns and villages in East Slovakia in Košice and Prešov region. In 2011 we conducted a questionnaire survey. The results are presented in this paper. Up to 48% of respondents said that people are not motivated enough to separate the municipal waste. We also propose several measures that should help to increase interest in the separation of municipal waste. The most important measures are to reduce the fees for waste disposal, more frequent export of separated waste and promote separation.

Keywords: *separation, municipal waste, citizens, questionnaire survey*

Vodík a methan z nakládání s popílky ze spalování vyříděných odpadů nebo tuhých alternativních paliv

Prof. Ing. Petr BURYAN, DrSc., Ing. Zdeněk BEŇO

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze

E-mail: buryanp@vscht.cz

Souhrn

Odpadní produkty z energetického využívání, tzn. spalování tuhých alternativních paliv získávaných ze zpracování odpadů, jež nejsou klasifikovány jako nebezpečné či toxické obsahují v řadě případů hliník a karbid hliníku. Tyto při reakcích s vodou v alkalickém prostředí doprovázející různé technologické využití vytvářejí třaskavé plyny.

Klíčová slova: vodík, methan, popílek, TAP

1. Úvod

Řada dnes vyvíjených technologií souvisejících se zpracováním odpadů je zaměřena na tvorbu tzv. tuhých alternativních paliv (TAP). Terminologie, definice či současné podmínky pro oblasti jejich výroby a obchodu jsou specifikovány v řadě norem [1 – 4].

Skladba TAP je v současnosti vytvářena z velkého množství různých syntetických organických látek, jakými jsou polyethylen, polypropylen, polyuretany, polystyren, polyethylentereftalát atd., z textilu, biomateriálů – dřevo, listí, papír různé provenience, obalových plastopapírových kompozitů, vyříděného tuhého komunálního nebo průmyslového odpadu nebo hliník obsahujících komponent. Vyloučit zde nelze ani hliník obsažený v různých kovových (hliníkových) odpadních předmětech – viz obrázek 1.



Obrázek 1: Příklad typického TAP

Protože množství těchto odpadních materiálů, nyní převážně skládkovaných, narůstá, je v mnoha případech realizováno jejich energetické využití, které je však spojeno s deponováním vznikajících tuhých produktů spalování.

Vliv TAP na životní prostředí při jejich energetickém využití je sledován zejména prostřednictvím spalovacích zkoušek spojených s měřením emisí a jejich vlastním rozbohem respektujícím mnoho legislativních pravidel a nařízení. Týká se to především zákona o ochraně ovzduší včetně ustanovení požadavků na kvalitu paliv č. 13/2009 Sb.

TAP jako výrobek, který je uplatňován na trhu s prohlášením o shodě ve smyslu zákona č. 22/1997 Sb., ve znění zákona č. 71/2000 Sb., o technických požadavcích na výrobky musí respektovat všechna zákonná ustanovení týkajících se mj. i odpadů.

Při energetickém využití TAP při spalování nebo spoluspalování v různých typech stacionárních středních, velkých a zvláště velkých zdrojů znečištění ovzduší jsou sledovány zejména správné podmínky spalovacího procesu a složení spalin. Již málo jsou sledovány možné vedlejší reakce tuhých vedlejších energetických produktů vznikajících z jejich spalování či spoluspalování – viz obrázek 2, při jejich exploatacích nebo deponování.



Obrázek 2: Ložový popílek ze spoluspalování TAP a hnědého uhlí

Zde je pozornost zaměřena zejména na složení popele a jeho vyluhovatelnost či granulometrii. Vznik plyných produktů spojených s tvorbou možných plyných hořlavých a výbušných směsí při deponování je sledován výjimečně.

2. Hliník a vznik třaskavých plynů

Parametry TAP, které jsou povinně klasifikované a sledované, jsou: třída paliva zahrnující hodnoty výhřevnosti, obsah chloru a rtuti a původ odpadu, tzn. geneze, resp. šestimístná klasifikace dle Katalogu odpadů.

Z nepovinných údajů, které však mnohý uživatel TAP vyžaduje uvést, to jsou většinou: výhřevnost, obsah popele, obsah vlhkosti, obsah vybraných a stopových prvků, hrubé složení, obsah plastů, biomasy, textilu, papíru atd.

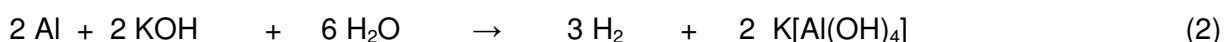
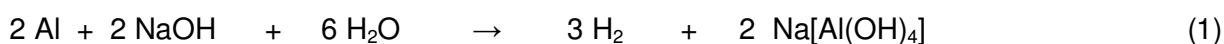
Při spalování TAP nebo při jejich spalování s uhlím nebo biomasou vznikají různé tuhé vedlejší energetické produkty, ať již se jedná o popílkou z různých filtrů, nebo zařízení snižujících koncentraci tuhých znečišťujících látek ze spalin nebo ložové popílkou a škvára. Tyto jsou sledovány zejména z pohledu oxidů. Typickým příkladem jsou data získaná RTG analýzou pro vedlejší energetické produkty ze spalování hnědého uhlí a biomasy – tabulka 1 [5, 6]. U TAP se aplikují normy [7, 8]. Obsah kovového hliníku se nesleduje. Pro jeho stanovení v TAP lze např. aplikovat [9].

Tabulka 1: Porovnání složení popelů

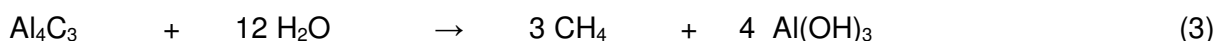
Vzorek	Hnědé uhlí	Rostlinné peletky	Dřevní peletky	Filtrový popílek ze spalování TAP produkující vodík
Na ₂ O	0,94	0,15	0,92	1,41
MgO	0,87	13,33	5,87	2,65
Al ₂ O ₃	31,50	0,08	0,96	10,02
SiO ₂	53,60	1,61	2,40	33,86
P ₂ O ₅	0,21	48,67	2,64	4,44
SO ₃	0,63	0,11	1,28	9,55
K ₂ O	1,32	31,57	12,08	4,61
CaO	1,79	3,44	71,09	23,88
TiO ₂	2,41	-	0,07	1,03
Cr ₂ O ₃	0,05	-	-	0,04
MnO	0,03	0,36	1,35	0,36
Fe ₂ O ₃	6,32	0,35	0,43	4,22
CuO	0,01	0,03	0,03	0,12
ZnO	0,01	0,24	0,36	0,13
SrO	0,02	0,02	0,28	0,05

Jak dokumentují data z této tabulky, obsahy oxidů alkalických kovů a vápníku v popelech z biomasy jsou proti popelu z uhlí výrazně vyšší. Proto i výluhy mají výrazně alkalický charakter. Týká se to i produktů obsahujících tzv. volný (neboli reaktivní) CaO zapouzdřený slinky nebo i různými oxidy [10]. Oxid vápenatý po přeměně na hydroxid po účinku vody zde např. zvětší svůj objem více než trojnásobně, čímž nastává i narušení sklovitých povrchů zrn a zlepšení styku s vodou a jeho rozpouštění v ní.

Reakcí oxidů alkalických kovů s vodou ve skládkových tělesech vznikají hydroxidy, které dále reagují s hliníkem za vzniku vodíku a rozpustných hydroxokomplexů a to dle reakcí:



Protože za termodynamických podmínek panujících v mnohých stacionárních zdrojích hliník vzhledem ke svým vlastnostem nebude plně vytvářet oxid hlinitý, ale bude vytvářet taktéž karbid, lze při navazujícím skládkování popílkou z TAP očekávat vznik methanu dle reakce



Vedle uvedené reakce (1) jsme nezanedbatelný vznik vodíku taktéž prokázali při ponoření různých typů hliníkových kompozitů či obalových materiálů obsahujících hliník do roztoku hydroxidu sodného nebo sody a potaše. Ke stejnému závěru jsme dospěli při smíchání běžných vedlejších energetických produktů, které netvoří třaskavé plyny, s popely vzniklými ze spalování různých obalů potravin, léků, atd., tj. obalů obsahujících hliník, s vodou.

3. Experimentální data

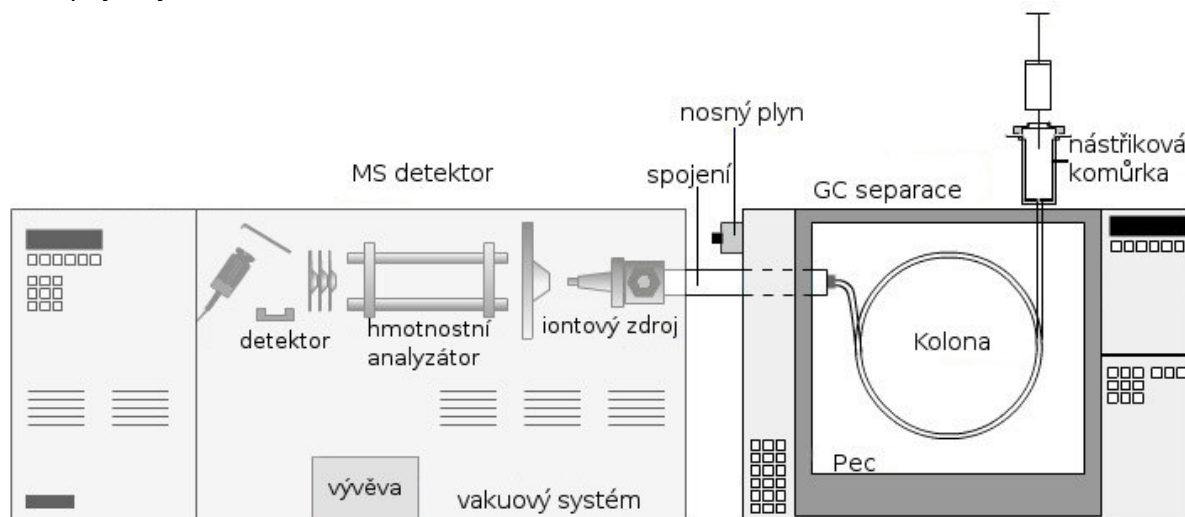
Opakovanými laboratorními rozbory zaměřenými na studium chování vedlejších energetických produktů ze spalování a spalování TAP jsme zaznamenali i případy, že ponořením 50 g filtrového popílku do 100 ml destilované vody se uvolnilo 100 ml plynu. Jeho plynově chromatografickým rozborem jsme zjistili, že je z 99,9 % obj. tvořen vodíkem a z 0,1 obj. % methanem.

Dle stechiometrického vyjádření reakce (1) z 1 mg hliníku vznikne asi 2,6 ml vodíku. V případě výše uvedené navážky 50 gramů to odpovídá asi 19,2 mg hliníku.

V přepočtu na jednu tunu popílku ze spáleného TAP obsahujícího hliníkové kompozity se po jeho styku s vodou v alkalickém prostředí za dobu od několika minut až po několik týdnů uvolní v max. případě až 2000 litrů plynu. Vezmeme-li v úvahu, že dolní mez zápalnosti vodíku ve vzduchu za normálních podmínek jsou 4 % obj., potom uvedený objem představuje 50 m³ směsi, která může být nežádoucím směrem iniciována.

Při 200 °C a normálním tlaku je dolní mez zápalnosti vodíku ve směsi se vzduchem ještě nižší – 3,2 % obj. Není zde vůbec nereálné tyto podmínky za různých technologických situací při skládkování docílit. Totéž se týká i horní meze zápalnosti, která za normální teploty u vodíku je 72,4 % obj., za teploty 200 °C 77,8 % obj.

Uvedené složení bylo stanoveno prostřednictvím plynového chromatografu se dvěma detektory (plamenoionizační, teplotněvodivostní), třemi kapilárními křemennými kolonami, dávkovací smyčkou, vícecestnými kohouty za programového nárůstu teploty separace. Identifikace plyných komponent byla provedena sériovým propojením plynového chromatografu a hmotnostního spektrometru. Schéma tohoto zapojení je na obrázku 3.



Obrázek 3: Schéma propojení plynového chromatografu a hmotnostního spektrometru

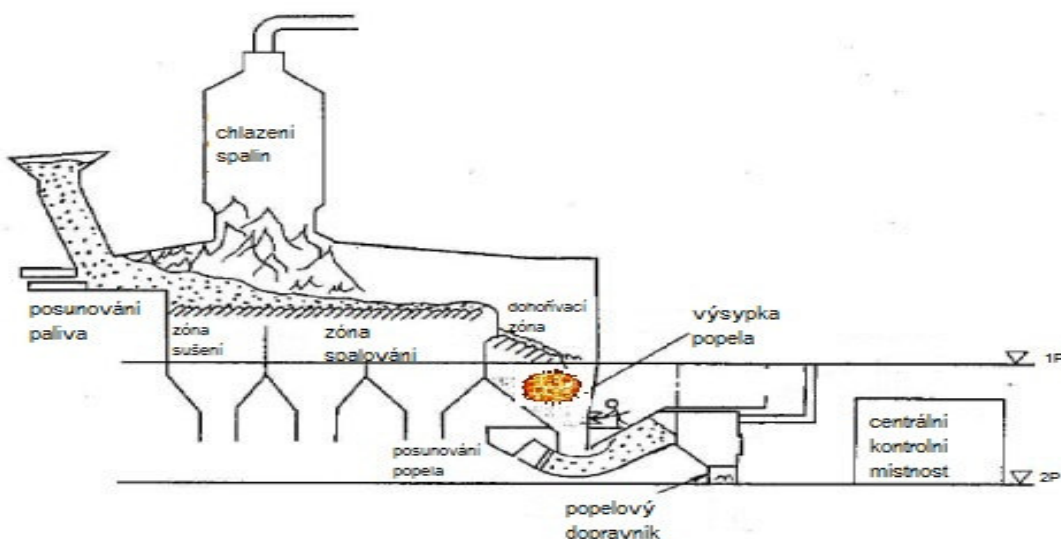
Příklad identifikace hliníku a jeho karbidu v diskutovaných vedlejších produktech ze spalování TAP získaný XRF analýzou související se vznikem třaskavých plynů v typickém vodném prostředí o pH > 10 je uveden v tabulce 2.

Tabulka 2: XRF analýza krystalické části filtrového popílku ze spoluspalování TAP

Minerál	Vzorec	Semikvant. [%]
Křemen	SiO ₂	27
Anhydrid	CaSO ₄	18
Oxid vápenatý	CaO	3
Hematit	Fe ₂ O ₃	3
Hliník	Al	1
Vápenec	CaCO ₃	1
Mullit	Al _{4,64} Si _{1,36} O _{9,68}	10
Albit	Na(AlSi ₃ O ₈)	15
Sanidin	K _{0,42} Na _{0,58} Ca _{0,03} (AlSi ₃ O ₈)	5
Annit	K _{0,99} (Fe _{2,868} Al _{0,12})(Al _{1,15} Si _{2,85})O ₁₀ (OH) ₂	9
Gehlenit	2CaO·Al ₂ O ₃ ·SiO ₂	4
Karbid hliníku	Al ₄ C ₃	3

4. Publikovaná data

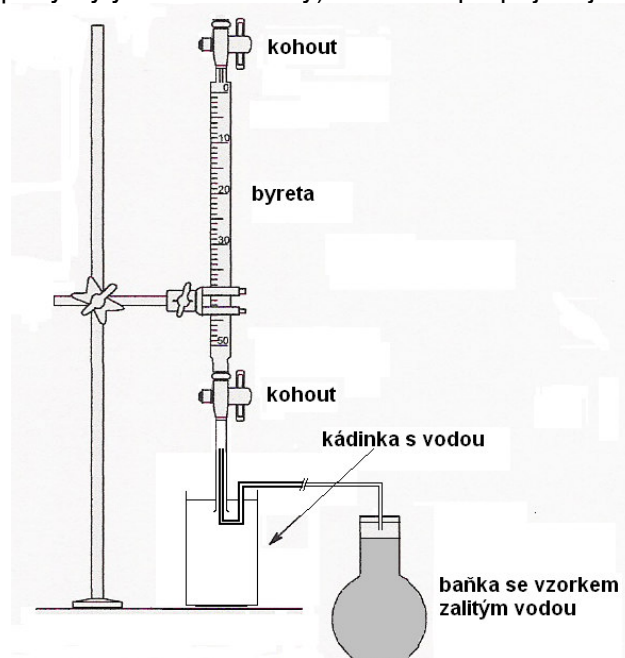
Při literární studii námi presentovaného nemilého zjištění vodíku bylo podchyceno následující zveřejnění nežádoucí události, ke které došlo 6. 7. 1995 ve městě Isehara v Japonsku [11]. Zde nastala exploze vodíku ve spalovně, která mimo jiné spalovala vyříděný odpad s relativně velkým zastoupením hliníkových materiálů. Při spalování (obrázek 4) byly zaznamenány provozní problémy v místě odvodu horkého popílku, resp. začalo docházet k jeho nežádoucímu hromadění. Provoz byl odstaven na několik hodin s cílem ochlazení systému. Poté mělo dojít k otevření prostoru, odvodu popela a k nápravě. Po odstavení a vizuální kontrole bylo zjištěno, že došlo k vytvoření vrstvy slinku, která zcela zablokovala odvod popela. K odstranění nežádoucího materiálu byla použita mechanizace, k jejímuž chlazení a rovněž k jeho odstranění byla použita voda. Ta se společně s popelem a částicemi slinku začala hromadit ve spodní části prostoru. Vlivem přítomnosti zásadotvorných oxidů začalo docházet k tvorbě hydroxidů a jejich následné reakci s hliníkem přítomným v popelu za tvorby vodíku. Po určité době došlo k nahromadění plynu a účinkem iniciace k explozi, která měla za následek úmrtí jednoho z členů personálu a těžká zranění dalších dvou.



Obrázek 4: Schéma spalovací technologie

5. Návrh nenáročné metodiky

Za snadno aplikovatelnou, nenáročnou a ekonomicky přijatelnou laboratorní metodiku v běžných provozních podmínkách pro ověření možnosti vyloučení vzniku třaskavých plynů při skládkování popelů ze spalování TAP lze považovat aparaturu skládající se ze zábrusové baňky opatřené výstupní trubičkou s hadičkou spojenou s byretou naplněnou vodou, do které je hadička zavedena. Po navážení sledované substance do zábrusové baňky nalijeme do ní vodu (nebo vodný roztok hydroxidu sodného – např. 1 molární při sledování možnosti účinku bazických skládkových vod) tak, aby zbylý vzduchem zaplněný prostor byl co nejmenší. Po jejím uzavření a propojení prostřednictvím hadičky s byretou poté sledujeme v čase objem vznikajícího plynu. Sledování podle závažnosti lze realizovat 8, 16 nebo 24 hodin, resp. i jeden až dva týdny (i tyto případy byly zaznamenány). Schéma propojení je uvedeno na obrázku 5.



Obrázek 5 Laboratorní zkušební aparatura

6. Závěr

Při studiu vlastností vedlejších energetických produktů vznikajících při spalování nebo spoluspalování TAP vyráběných z obalových nebo rozličných spalitelných recyklovaných odpadů či jejich podílů obsahujících v různých formách hliník bylo prokázáno, že při jejich styku s vodou v alkalickém prostředí se vytváří vodík a v malém množství i methan. Tyto komponenty vytvářejí se vzduchem třaskavé směsi a mohly by být v řadě případů zdrojem nežádoucích nebezpečných situací. Toto zjištění se týká jak spalování TAP v typických roštových, či fluidních energetických zařízeních, spalovnách, komunálních energetických zařízeních, tak i odsávacích a odprašovacích zařízení, mísících zařízení, terénní a dopravní techniky, atd. a je v souladu se zahraničními zkušenostmi spojených s nežádoucími událostmi.

V intencích uvedených zjištění je nezbytné upozornit na možný vývoj třaskavých plynů při společném skládkování různých popelů z lokálních topenišť, zejména těch, kde byla spalována biomasa a komunální tříděný, či netříděný odpad obsahující nedostatečně zoxidovaný hliník (alobal, tetrapakové obaly, obalové kompozity z čokolád, cukrovinek, sýrů, z léků, atd.).

Souvisejícím doporučením je i doplnění současných analytických zkoušek TAP a z nich vzniklých popelů o rozборы postihující vznik třaskavých plynů při jejich exploataci nebo při samostatném či smíšeném deponování.

Poděkování

Práce byla realizovaná s podporou, kterou autoři obdrželi v rámci úkolů MPO ČR FR-TI1/219 a MPO ČR FR-TI1/539.

Literatura:

1. ČSN EN 15357 (838300)
2. ČSN EN 15358
3. CEN/TS 15359
4. <http://www.lemonta.cz/kategorie/tap-tuhe-alternativni-palivo/>.
5. Buryan P., Skoblia S.: Vliv přídavku biomasy na odsiřovací schopnosti vápence při fluidním spalování, *Paliva* 4, (1) 15-20 (2012).
6. Buryan P.: *Ochrana ovzduší 1*, (2012) - v tisku.
7. [ČSN P CEN/TS 15410](#).
8. [ČSN P CEN/TS 15411](#).
9. [ČSN P CEN/TS 15412](#). (838316).
10. Buryan P., Vejvoda J., Krátký J., Veverka L.: Nežádoucí reakce vápenců při odsíření fluidních kotlů, *Ceramics – Silikaty* 54, (1) 85-88 (2010), ISSN 0862-5468.
11. Wakakuru Masahide, Masamitsu Tamura: Hydrogen Gas Explosion in Non-industrial Refuse Incineration Facility, [online], s. 7 [cit. 2012-02-15]. Dostupné z: <http://www.sozogaku.com/fkd/en/hfen/HC1200025.pdf>

Hydrogen and methane in the handling of ash from the incineration of sorted waste or solid alternative fuels

Petr BURYAN, Zdeněk BEŇO

Department of Gas, Coke and Air Pollution Control, Institute of Chemical Technology Prague

Abstract

By-products generated during combustion of solid alternative fuels derived from waste, which is not classified as hazardous or toxic, contain in many cases aluminum and aluminum carbide. The reaction of these compounds with water used in different technological processes in alkaline environment is accompanied with release of explosive gases.

Keywords: *Hydrogen, methane, ash, RDF, sorted waste, alternative fuels*

Za sucha lisovaný keramický střepek s obsahem fluidního popílku a lomových odprašků

Radomír SOKOLÁŘ, Simona GRYGAROVÁ, Lucie VODOVÁ

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců, Veveří 95, 602 00 Brno, e-mail: sokolar.r@fce.vutbr.cz

Souhrn

Článek se zabývá možnostmi využití těžebního odpadu ze zpracování žuly a fluidního popílku v keramickém střepu připraveném suchým lisováním. Uvedeno je chování tří odlišných typů střepů (lišících se poměrem fluidního popílku a žulových odprašků) po výpalu na tři teploty. Popílek zvyšuje pórovitost střepu, snižuje jeho délkové změny pálením a střepek po výpalu zesvětluje.

Klíčová slova: lisování za sucha, keramický střepek, lomové odprašky, fluidní popílek

Úvod

Technologie za sucha lisovaného keramického střepu se standardně používá při výrobě keramických obkladových prvků. Pro jejich výrobu se používá výrobní směs složená obecně z jílu, křemene, vápence (dolomit, mastek) a živců.

Lomové odprašky jsou v současné době velmi omezeně využívány například jako jemná frakce v betonářské technologii nebo při návrhu asfaltových směsí. V keramické technologii se výjimečně používají do cihlářské surovinové směsi, kde působí jako ostřivo, které nahrazuje doposud běžné křemenné písky. Procento takto využívaných odprašků je však velmi nízké. Především v zahraniční literatuře se objevuje mnoho možností využití zejména žulových odprašků v keramickém střepu [1] – [3].

Principem fluidního spalování je míchání mletého paliva s vápencem a následné hoření ve vlnosku. Tento způsob spalování je ekologicky velmi výhodný (vznikající SO_2 se váže a nevznikají kyselé deště). Ale chemické složení se liší od popílku klasických, a to zejména vysokým podílem CaO . Díky obsahu oxidu vápenatého má obsah fluidního popílku ve střepu příznivý vliv na délkové změny během výpalu (vznik minerálu anortit). [4]

Cílem příspěvku je ověřit, zda fluidní popílek pozitivně ovlivňuje smrštění výpalem ve střepu na bázi kameninového jílu a odprašků. Byly posuzovány především fyzikálně mechanické vlastnosti vypáleného střepu v závislosti na teplotě výpalu.

Experimentální část

Použité suroviny a jejich vlastnosti

Jíl B1 – jedná se o žárovzdorný kaolinitický jíl. Je jemnozrný s dobrou vazností a slínavostí. Používá se k výrobě žárovzdorných materiálů, k výrobě dlaždic a stavební kameniny. K experimentům byl použit ve vysušeném a pomletém stavu. Chemické složení jílu je uvedeno v tabulce č. 1.

Žulové odprašky (ZAO) jsou jemnozrným odpadním produktem vznikajícím při drcení granodioritu v lomu u obce Zárubka. Vzniklá kamenná drť je vhodná zejména pro stavbu železničního svršku, do betonu, podsypy pod zámkové dlažby, do nestmelených asfaltových vrstev, do nátěrů atd. Dobývání probíhá ve 3 etážích. Odprašky jsou odsávány a zachytávány filtry a následně ukládány na skládku v lomu. Ročně se těchto odprašků vyprodukuje kolem 500 tun. [5] Odprašky obsahují křemen, živce (mikroklin, albit), slídu (muskovit) a v menší míře kaolinit. Díky vhodné granulometrii (zbytek na síti 0,063 mm do 10 %) nebylo nutné tento odpad dále domílat.

Použitý fluidní popílek (FP) vzniká jako odpad při fluidním spalování nejmladšího fosilního paliva lignitu v elektrárně Hodonín. Fluidní technologie je založena na spalování pomleté směsi paliva a vápence. Proto popílek obsahuje vyšší podíl CaO (tabulka 1) a méně SiO₂ než bývá u klasických popílků. Oxid vápenatý je obsažen ve formě kalcitu, jako volné CaO a jako produkt odsiřovacího procesu - anhydrit (CaSO₄). Dále se v popílku vyskytuje křemen. Stejně jako žulové odprašky nebyl popílek pro prováděné experimenty domílán.

Tabulka 1: Chemická analýza vstupních surovin

SUROVINA	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	ZŽ
B1	48,6	33,5	2,7	0,0	0,8	0,1	0	2,2	2,2	-	1,8
ZAO	65,6	15,0	3,5	0,0	0,0	5,1	2,2	3,4	3,01	-	1,4
FP	27,4	15,2	6,9	0,0	0,5	31,4	4,3	0,6	< 1	8,0	5,0

Příprava zkušebních vzorků a metodika experimentů

Zkušební vzorky byly vyrobeny ze tří surovinových směsí (tabulka 2) s odlišným poměrem mezi použitými neplastickými složkami (fluidní elektrárenský popílek a žulové odprašky). Homogenizace vstupních surovin byla prováděna v laboratorním homogenizátoru po dobu 24 hod s následným ovlhčením směsi cca 9 % vody. Z takto připravených směsí byl vyroben granulát protlačením směsi přes síto o průměru oka 1 mm a 24 hodinovou homogenizací vlhkosti. Zkušební vzorky o rozměrech 100×50×15 mm byly lisovány tlakem 20 MPa.

Tabulka 2: Složení výrobních směsí

	B1	ZAO	FP
Referenční		60 %	0 %
+ 10 % FP	40%	50 %	10 %
+ 20 % FP		40 %	20 %

Sušení vytvořených vzorků probíhalo volným uložením v laboratorních podmínkách při běžné teplotě cca 20 °C a před výpalem byly zkušební vzorky dosušeny v laboratorní sušárně teplotou 105±5 °C, tj. do konstantní hmotnosti. Vzorky byly vypáleny v laboratorní elektrické peci na tři různé vypalovací teploty – 1080 °C, 1120 °C a 1180 °C, vypalovací režim 10 °C/min s izotermickou výdrží na nejvyšší teplotě po dobu 30 minut. Chlazení vzorků po výpalu probíhalo samovolně v peci.

Na vypálených střepích byly stanovovány fyzikálně-mechanické vlastnosti: nasákavost Ev, zdánlivá pórovitost P, zdánlivá hustota T a objemová hmotnost B byly stanoveny podle ČSN EN ISO 10 545-3. Pevnost v ohybu R podle ČSN EN ISO 10 545-4. Stanovení délkových změn bylo prováděno v souladu s ČSN 72 1073. Na vzorcích bylo stanoveno mineralogické složení metodou rentgenové difrakční analýzy.

Výsledky a diskuse

Pórovitost vypálených střepů závisí v první řadě na výši vypalovací teploty. S rostoucí teplotou výpalu lineárně klesá nasákavost (obrázek 1) i zdánlivá pórovitost (tabulka 3) vypáleného střepu. Rostoucí obsah fluidního popílku v surovinové směsi má za následek výrazné zvýšení pórovitosti, resp. nasákavosti (obrázek 1) a s tím související pokles objemové hmotnosti (tabulka 3). S pórovitostí střepu souvisí i jeho pevnost v ohybu, která výrazně klesá s růstem obsahu fluidního popílku, který lze proto označit za lehčivo. Například pro výrobu za sucha lisovaných keramických obkládaček skupiny BIII podle

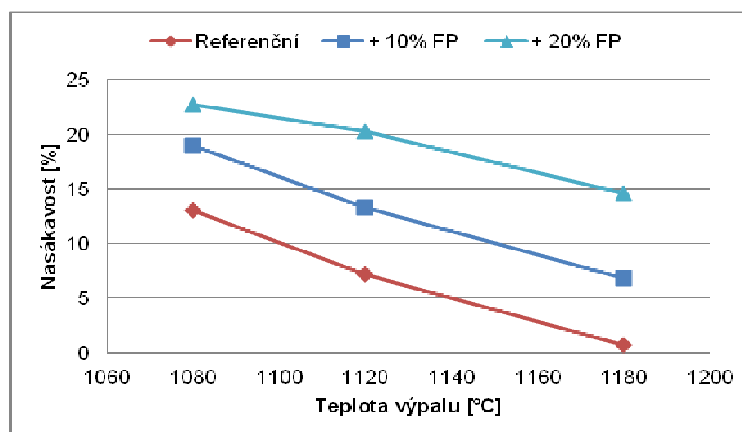
ČSN EN 14411 je požadována pevnost v ohybu minimálně 12 MPa při nasákavosti 10 – 20 %. Této podmínce vyhovují střepek s obsahem fluidního popílku vypálené na teploty 1120 °C.

Zajímavé je výrazné zvýšení pevnosti střepeku s obsahem 10 % fluidního popílku po výpalu na 1120 °C, který při nižší objemové hmotnosti (1874 kg.m⁻³) než střepek referenční (2096 kg.m⁻³) vykazuje o více než 5 MPa vyšší pevnost v ohybu R (tabulka 3). Tato skutečnost má souvislost se vznikem minerálu (vápenatého živce) anortitu CaO.Al₂O₃.2SiO₂ (obrázek 2) ve střepeku obsahujícím zdroj CaO, což je v tomto konkrétním případě fluidní popílek. To potvrzuje publikovanou skutečnost [6], že vznik anortitu ve střepeku během výpalu vápenatých surovinových směsí zvyšuje jeho pevnost. Kombinace obsahu 10 % fluidního popílku a teploty výpalu 1120 °C se zdá být z pohledu pevnosti v ohybu střepeku optimální v důsledku vzniku určitého množství anortitu (obrázek 2) a nepřilíš výrazného poklesu objemové hmotnosti střepeku díky přítomnosti fluidního popílku v surovinové směsi. Důkaz o příznivém vlivu anortitu na pevnost střepeku v ohybu přináší srovnání střepeku referenčního po výpalu 1080 °C a střepeku obsahujícího 10 % FP po výpalu na 1120 °C, kdy mají střepek srovnatelnou pórovitost, resp. objemovou hmotnost, ale naprosto odlišnou pevnost v ohybu.

Vyšší obsah fluidního popílku ve střepeku (20 %) již vede k výraznému zvýšení pórovitosti střepeku (obrázek 1) a tomu odpovídajícímu snížení pevnosti (tabulka 3). Naopak lze počítat s výrazným snížením délkových změn pálením (obrázek 3). Téměř shodnou pórovitost vykazují střepek referenční po výpalu na 1080 °C a střepek s obsahem 20 % fluidního popílku po výpalu na teplotu o 100 °C vyšší (tabulka 3). I v tomto případě je pevnost v ohybu střepeku s fluidním popílkem o 16 MPa vyšší.

Tabulka 3: Fyzikálně mechanické vlastnosti vypálených střepek

	Teplota výpalu	P (%)	B (kg.m ⁻³)	T (kg.m ⁻³)	R (MPa)
Referenční	1080 °C	26,30	1823	2473	9,4
	1120 °C	15,15	2096	2470	18,0
	1180 °C	1,68	2257	2295	33,4
+ 10 % FP	1080 °C	31,55	1661	2427	8,3
	1120 °C	25,00	1874	2499	23,1
	1180 °C	14,02	2055	2390	25,6
+ 20 % FP	1080 °C	37,62	1587	2544	5,6
	1120 °C	34,01	1680	2546	14,8
	1180 °C	26,75	1832	2501	25,4

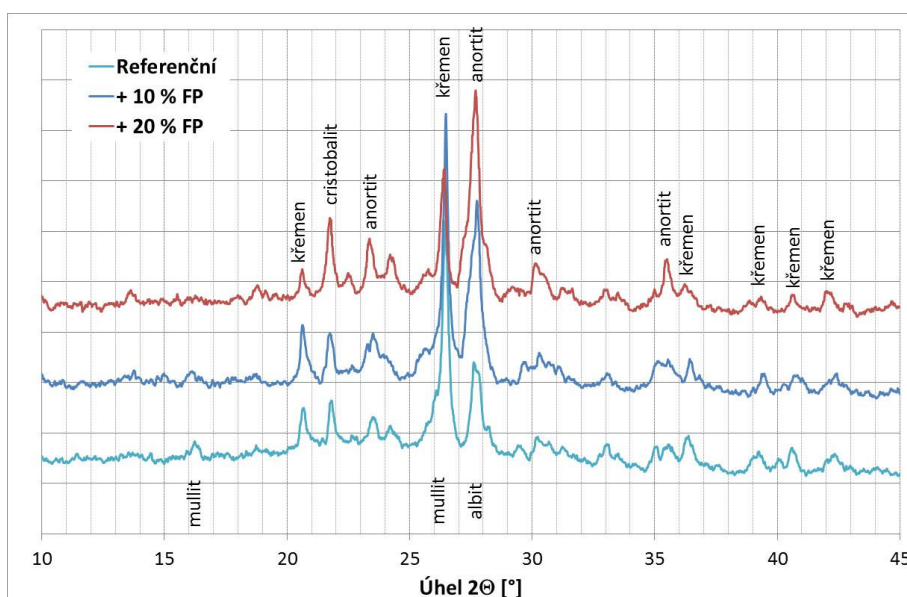


Obrázek 1: Nasákavost vypáleného střepeku

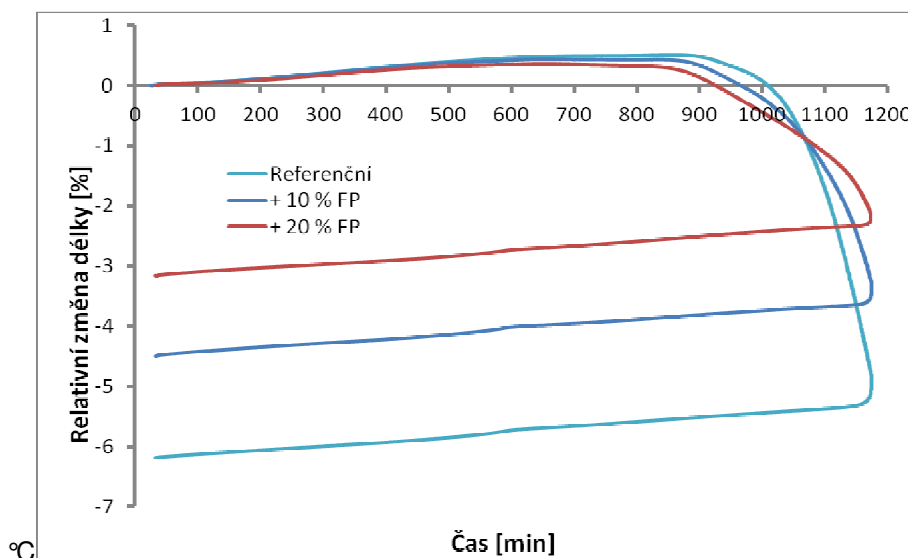
Rentgenová difrakční analýza (obrázek 2) potvrdila výskyt anortitu ve střepech s obsahem fluidního popílku. S rostoucím obsahem fluidního popílku v surovinové směsi roste obsah anortitu ve střepech za současného poklesu křemene, který se tak zřejmě účastní tvorby anortitu. Minerál mullit byl detekován jen ve střepech referenčních, tedy v případě surovinové směsi s obsahem CaO mullit nevzniká.

Termodilatometrická analýza (obrázek 3) potvrdila předpoklad příznivého vlivu fluidního popílku na smrštění střepek – s rostoucím obsahem fluidního popílku v surovinové směsi se snižují délkové změny pálením (smrštění). Popílek působí částečně i jako tavivo, kdy je patrné zhutňování střepek již od teploty cca 800 °C (obrázek 3), které se poté od teploty asi 950 °C na rozdíl od referenčního střepek zpomaluje. Vysvětlení je třeba hledat v tvorbě krystalů anortitu (obrázek 2), které omezují proces slinování a tím snižují celkové smrštění střepek výpalem.

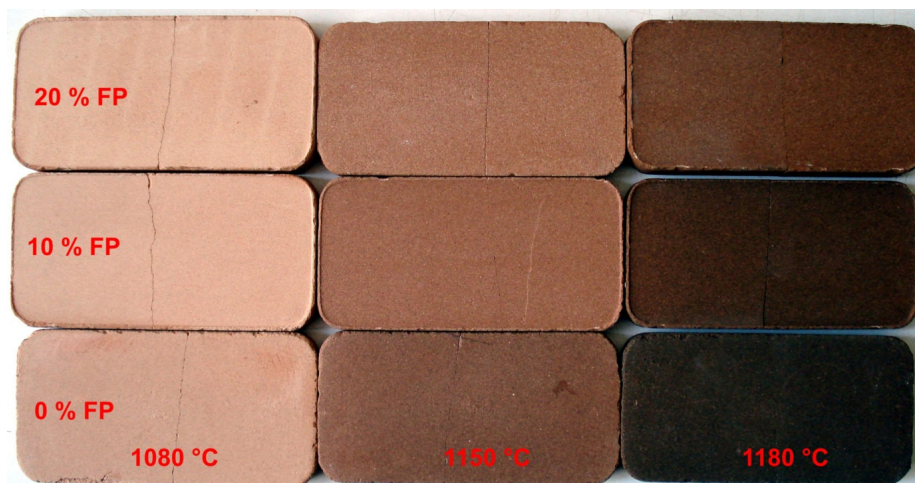
Fluidní popílek způsobuje světlejší odstín hnědé barvy vzorků po výpalu. S rostoucí teplotou výpalu dochází ke zvýšení intenzity hnědé barvy, která přechází až na odstíny tmavě hnědé (obrázek 4).



Obrázek 2 Rentgenová difrakční analýza vzorků vypálených při 1180 °C



Obrázek 3: Dilatačně-kontrakční analýza (DKTA) zkušebních vzorků (10 °C/min)



Obrázek 4: Vzhled vypálených vzorků v závislosti na množství fluidního popílku a na teplotě výpalu

Závěr

Cílem experimentů bylo ověřit vliv fluidního popílku na vlastnosti keramického střepeku na bázi odprašků vznikajících při drcení kameniva (granodioritu). Ze stanovených mechanicko-fyzikálních vlastností střepeku je patrné, že přidavek fluidního popílku má za následek především zvýšení pórovitosti střepeku a tedy ve většině případů snížení jeho pevnosti v ohybu. Fluidní popílek má pozitivní vliv na délkové změny během výpalu, oproti referenčnímu vzorku se smrštění výpalem sníží téměř o polovinu při obsahu fluidního popílku 20 %. Nižší zkoušený podíl fluidního popílku v surovinové směsi (10 %) může při vhodně zvolené teplotě přinést i určité zvýšení pevnosti v ohybu střepeku v porovnání se střepekem referenčním díky vzniku anortitu při snížení délkových změn pálením téměř o 30 %.

Na základě uvedených výsledků lze na fluidní popílek nahlížet jako na vhodnou alternativní surovinu, která je zdrojem především oxidu vápenatého. Ten je nezbytný pro tvorbu anortitu během výpalu, jehož vznik je provázen zvýšením objemu střepeku. Tento princip je využíván v moderní technologii výroby např. keramických obkladových prvků skupiny BIII (nemrazuvzdorných pórovinových obkládaček s nasákavostí střepeku 10 – 20 %) s velmi nízkými délkovými změnami výpalem, tedy bez nutnosti kalibrace jejich rozměrů. Pórovinové obkládačky jsou vypalovány ve válečkových pecích rychlovýpalem (cca. 45 min) na teploty kolem 1100 – 1130 °C. Otázkou ovšem stále zůstává nebezpečí rozkladu anhydritu obsaženého ve fluidním popílku a tedy možnost úniku oxidu siřičitého během výpalu. Možnosti vázání SO₂ ve střepeku v nerozpustné formě pro omezení výkvětovitosti jsou předmětem dalšího výzkumu.

Poděkování

Příspěvek byl vytvořen s podporou projektu GAČR P104/10/0885 „Analýza vlivu kamenných odprašků a kalů na vlastnosti keramického střepeku a jeho mikrostrukturu“

Literatura

- [1] MOSTAFA, A., A., NOUR, W., M., N., IBRAHIM, D., M., ABOU-MAATTY, M., A., Granite wastes as the Main Constituent in Tile Recipes. *InterCeram* 57 (1) (2008) 26-30.
- [2] SEGADČES, A. M., CARVALHO, M. A., ACCHAR W. Using marble and granite rejects to enhance the processing of clay products. *Applied Clay Science* 30 (1) (2005) 42-52.
- [3] VIEIRA, C., M., F. Incorporation of granite waste in red ceramics. *Materials science and Engineering* 2004. Vol. 373, no. 1-2.

Radomír SOKOLÁŘ, Simona GRYGAROVÁ, Lucie VODOVÁ: Za sucha lisovaný keramický střep s obsahem fluidního popílku a lomových odprašků

[4] SOKOLAR, R., VODOVA, L. The effect of fluidized fly ash on the properties of dry pressed ceramic tiles based on fly ash-clay body. *Ceramics international* 37 (2011) 2879-2885.

[5] Českomoravský štěrk: Heidelbergcement group [online]. [2007] Dostupný z WWW: <<http://www.heidelbergcement.cz/aggregates/>>.

[6] TAI, W.; KIMURA, K.; JINNAI, K. A new approach to anorthite porcelain bodies using nonplastic raw materials. *Journal of the European Ceramic Society* 22 (4) (2002) 463-470.

Dry pressed ceramic body based on fluidized fly ash and granite dust

Radomír SOKOLAR, Simona GRYGAROVÁ, Lucie VODOVÁ

Brno University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Institute of Technology of Building Materials and Components, Veveri 95, 602 00 Brno, Czech Republic

Summary

The article deals with the possibility of recovery of waste dust from the process of granite crushing and fluidized fly-ash in the dry-pressed ceramic body. The behavior of three different types of ceramic bodies (differing in the ratio of granite dust and fly ash) after firing at three temperatures is presented. Fly ash increases the porosity of the body and reduces its firing shrinkage and lightens the body after firing.

Keywords: dry pressed ceramic body, granite dust, fluidized fly ash

Zníženie produkcie jemnozrnných odpadov pri spracovaní magnezitu a nové technológie ich spracovania

Imrich KOŠTIAL, Eva ORAVCOVÁ, Ján GLOČEK, Ján SPIŠÁK,
Katarína MIKULOVÁ POLČOVÁ, Ján MIKULA

Technical University of Košice, BERG Faculty, Košice, Slovak Republic,
e-mail: imrich.kostial@tuke.sk, eva.oravcova@tuke.sk, jan.glocek@tuke.sk,
jan.spisak@tuke.sk, katarina.mikulova.polcova@tuke.sk, jan.mikula@tuke.sk

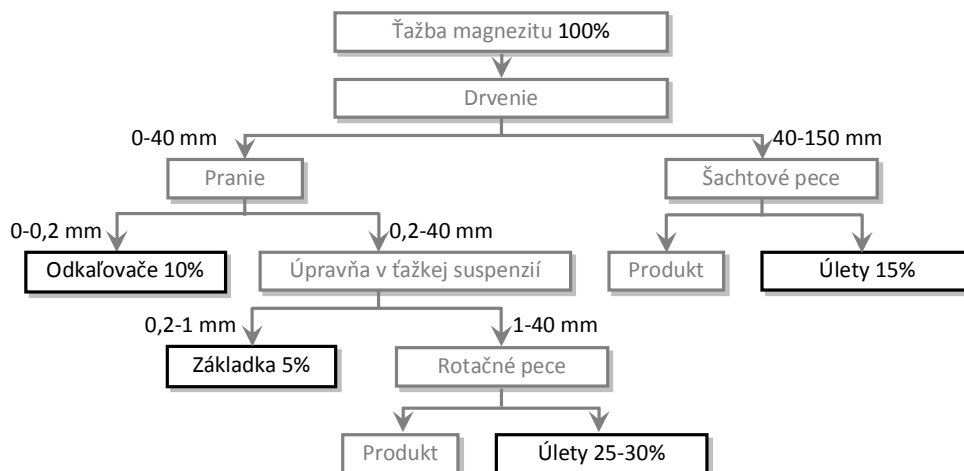
Súhrn

Magnezit je základná karbonátová surovina, ktorá sa používa vo forme kaustickej magnézie v poľnohospodárstve a priemysle a ako základná surovina pre výrobu slinutej magnézie. Ako zásaditý žiaruvzdorný materiál sa používa predovšetkým pre vysokoteplotné agregáty v ťažobnom a spracovateľskom priemysle. Pri mechanickom spracovaní a pri tepelnom spracovaní magnezitu v dôsledku dekrepitácie vzniká veľké množstvo jemnozrnných a prachových častíc. V súčasnej dobe je spracovávaná len časť týchto materiálov. Najjemnejšia frakcia surového magnezitu je aktuálnou technológiou nespracovateľná, respektíve nemá primerané využitie a predstavuje odpad.

V príspevku sú prezentované nové možnosti znižovania a spracovania jemnozrnných odpadov. Riešenie je zamerané na šachtové pece (ŠP) a rotačné pece (RP), pre ktoré navrhnuté riešenia umožňujú významné zníženie odpadov. Boli tiež navrhnuté nové technologické agregáty, ktoré sú určené na spracovanie jemnozrnných odpadov. Uskutočnené experimenty potvrdzujú efektívnosť navrhnutých riešení, čím sa vytvárajú možnosti ich efektívneho zhodnocovania.

Úvod

Magnezit je bázická surovina s obsahom 75 – 95 % $MgCO_3$. Jeho prímesi tvoria predovšetkým dolomit ($CaMg(CO_3)_2$), kalcit ($CaCO_3$), Fe, ktoré je pravdepodobne v štruktúre uvedených troch karbonátov a SiO_2 . Úpravou a tepelným spracovaním magnezitu dochádza ku vzniku značného množstva jemnozrnných odpadov, ktorých štruktúra je na obrázku 1. Uhličitanové odpady zo všetkých frakcií magnezitu vznikajúce v procese úpravy magnezitu v ťažkých suspenziách majú chemické zloženie uvedené v tabuľke 1. [1]



Obrázok 1: Zdroje jemnozrnných frakcií magnezitu

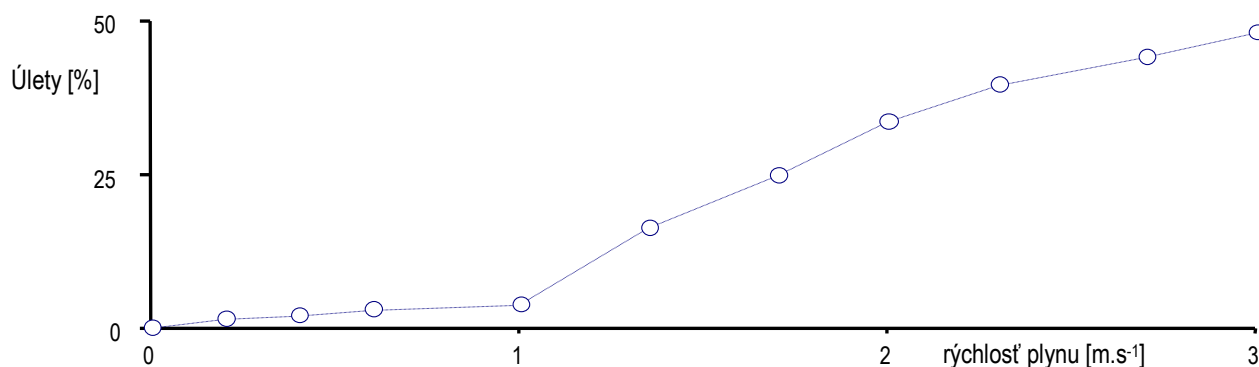
Tabuľka 1: Kvalitatívne parametre frakcií odpadov pri úprave magnezitu

Frakcia	CaO [%]	Fe ₂ O ₃ [%]	SiO ₂ [%]	Al ₂ O ₃ [%]	Strata žíhaním
0 – 0,2	5 – 7,5 %	4,5 – 6 %	2,0 – 7 %	1,5 – 3,0 %	47 – 49 %
0,2 – 1	3 – 5 %	3,6 – 4,0 %	0,3 – 2,0 %	0,1 – 0,3 %	48 – 50 %
1 – 5	8 – 12 %	3,5 – 3,8 %	0,3 – 0,8 %	0,2 – 0,3 %	48 – 50 %
5 – 10	10 – 16 %	3,4 – 3,7 %	0,5 – 1,5 %	0,4 – 0,8 %	48 – 50 %
10 – 40	14 – 20 %	3,0 – 3,5 %	0,5 – 1,2 %	0,3 – 0,6 %	48 – 50 %

Oxidické odpady vznikajú pri výrobe magnezitového slinku v šachtových (ŠP) a rotačných peciach (RP). Proces rozkladu magnezitu sa uskutočňuje pri teplotách do 1000 °C a vzniká pri ňom kaustická magnézia. Úlety vzniknuté pri spracovaní magnezitu v šachtových peciach sa pohybujú v rozmedzí 15 – 20 % a v rotačných peciach 20 – 30 %. Obsahujú zbytkové uhličitany, ktoré predstavujú stratu žíhaním v RP medzi 10 až 20 % a 30 až 33 % v ŠP. Z hľadiska reaktivity, negatívny vplyv majú častice, ktoré prešli teplotami nad 1000 °C. Štandardné spracovanie súčasných odpadov sa uskutočňuje ich kompakciou -briketovaním a slinovaním brikiet pri teplotách do 1700 °C. Značná časť magnezitových odpadov sa vyskytuje v hydrátovej forme Mg(OH)₂, ktorý vzniká pôsobením vlhkosti na odpady uložené na skládkach. Súčasné úsilie je zamerané na zníženie odpadov klasických agregátov a na ich efektívne spracovanie. [3]

1. Experimentálna časť

Náplňou experimentálnej časti bolo riešenie znižovania prachových odpadov v súčasných agregátoch (rotačných a šachtových peciach) a spracovanie úletov v nových typoch zariadení (integrovany tepelný agregát, mikrofluidná pec a rýchlootáčková rotačná pec). Zníženie odpadov v šachtových a rotačných peciach je založené na zmene objemu spalín a charakteru pohybu vsádzky, v ktorej klesá podiel jemnozrnných a prachových frakcií, znížením rýchlosti médií a ich stykom s časticami. Z obrázku 2 získaného laboratórnym experimentom vyplýva, že pece môžu pracovať do rýchlosti spalín okolo 1 m/s s nižším podielom úletov. Maximálny únos prachových častíc determinuje prietok plynného média a tým aj možný výkon agregátu na jednotku plochy jeho prierezu.



Obrázok 2: Laboratórny experiment - závislosť únosu prachových častíc od rýchlosti prúdiaceho média

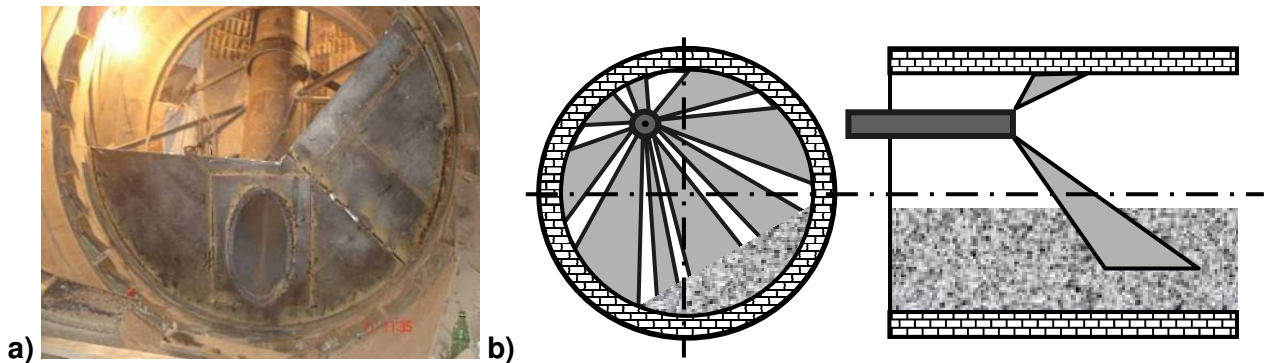
1.1 Zníženie úletov v rotačných peciach

Pre rotačné pece bol vyvinutý samoregulačný dávkovač a difúzny radiálny horák. Zníženie úletov bolo dosiahnuté zväčšením hrúbky vrstvy materiálu prechádzajúceho pecou a zvýšením intenzity procesu použitím radiálneho difúzneho horáka.

Samoregulačný kontinuálny dávkovač vsádzky (obrázok 3a) zabezpečuje požadovanú hrúbku vrstvy vsádzky na vstupnej strane pece. Hrúbka vrstvy však klesá smerom k výstupnej strane. Dosiahnutie

požadovanej hrúbky vrstvy materiálu po dĺžke pece možno pomocou zádržných krúžkov. Ich umiestnením na konci a po dĺžke pece dôjde k zvýšeniu hladiny na úroveň, pri ktorej dochádza k prevaľovaniu vsádzky. Pritom nemôžu byť prekročené technické obmedzenia ako je statická záťaž pece a záťaž pohonu.

Konštrukčné usporiadanie horáka je v súčasnej dobe riešené tak, aby do procesu spaľovania vstúpilo čo najväčšie množstvo sekundárneho vzduchu získaného ochladzovaním slinku. Dosahuje sa to vírivým usporiadaním prúdenia, pri ktorom je sekundárny vzduch vťahovaný do plameňa a plameň preniká do spaľovacieho vzduchu. Konceptne odlišným riešením je radiálne rozloženie paliva a sekundárneho vzduchu tak, aby došlo k ich efektívnemu miešaniu a horeniu. Radiálne usporiadanie vytvára priečny plameň (obrázok 3b), ktorý v pozdĺžnom smere je veľmi krátky. Takto usporiadaný plameň vytvára intenzívny tepelný tok na povrch materiálu. [2, 3]



Obrázok 3: Rotačná pec a) samoregulačný kontinuálny podávač vsádzky; b) radiálny difúzny horák

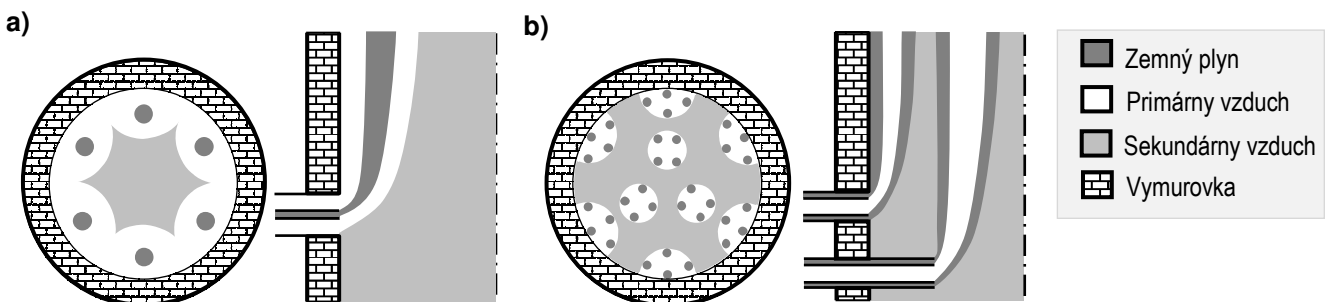
1. 2 Zníženie úletov v šachtových peciach

Množstvo úletov v šachtových peciach závisí predovšetkým od rýchlosti prúdenia spalín v kalcinačnom pásme. Rýchlosť prúdenia možno znížiť zväčšením prierezu pece, alebo znížením množstva spalín v dôsledku lepšieho využitia sekundárneho vzduchu.

V súčasnosti množstvo sekundárneho vzduchu dosahuje cca 30 % celkového objemu privádzaného spaľovacieho vzduchu do pece. Pri využití sekundárneho vzduchu na spaľovanie sa zníži množstvo potrebného primárneho vzduchu. V dôsledku zníženia celkovo privedeného vzduchu sa znižuje rýchlosť spalín a množstvo úletov poklesne približne o 50% pri zachovaní pôvodného výkonu pece.

Prierez šachtovej pece možno ovplyvniť rozširovaním profilu v kalcinačnej časti. V súčasných peciach rozšírenie dosahuje 2 – 3 %, plocha sa zvýši o 6 %, rýchlosť klesne o 6 % a kvadrát rýchlosti plynu poklesol o 12 %.

Využitie sekundárneho vzduchu na spaľovanie sa zvýšilo použitím vnorených horákov (obrázok 4), ktorými sa dosiahlo zrovnomenenie spaľovania po priereze pece. [4]

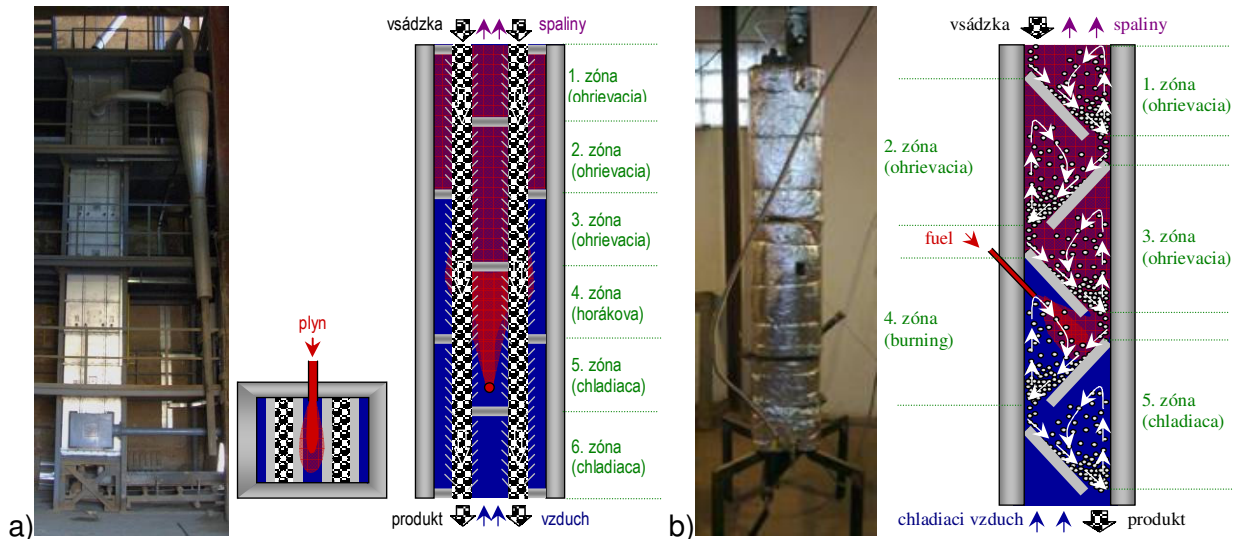


Obrázok 4: Usporiadanie prúdenia v šachtovej peci a) štandardné; b) vsunuté horáky

1.3 Tepelné spracovanie úletov a jemnozrnných odpadov

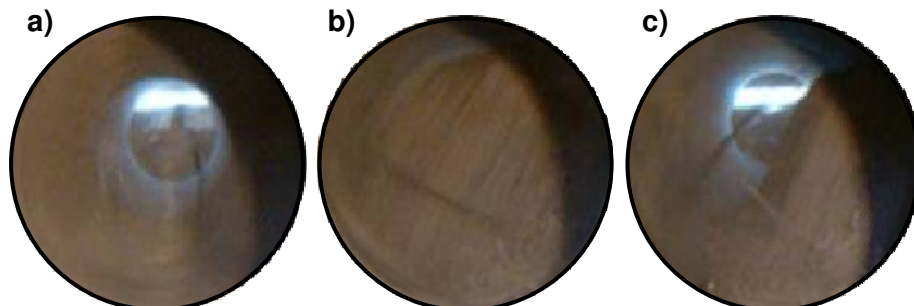
Pre tepelné spracovanie jemnozrnných a prachových materiálov boli navrhnuté nasledovné spôsoby spracovania:

- Pec v kompaktnej tenkej vrstve (obrázok 5a) pracuje na princípe krížového prúdenia plynného média cez vertikálne usporiadanú vrstvu materiálu. Rozmery vrstvy možno dosiahnuť požadovanú rýchlosť a odpor prúdenia, čo umožňuje spracovanie jemnozrnných frakcií,
- Mikrofluidná pec (obrázok 5b) pracuje na princípe hydrodynamickej fluidizácie a umožňuje spracovať veľmi jemné frakcie ako napr. úlety z rotačných a šachtových pecí,



Obrázok 5: Výskumné agregáty VRP a) poloprevádzkový integrovaný agregát; b) experimentálna mikrofluidná pec

- Rýchlootáčková rotačná pec (RORP) pracuje na princípe mechanickej fluidizácie (obrázok 6). K mechanickej fluidizácii dochádza pri rovnováhe odstredivých a gravitačných síl. Vtedy sú častice rovnomerne rozložené po priereze pece. Intenzívny prenos tepla a látok medzi časticami a plynným médiom sa dosahuje veľkou výmennou plochou ktorá sa približuje ploche jednotlivých častíc a priečnym pohybom častíc ktorý má charakter horizontálneho prúdenia disperzným prostredím priečne na pohyb častíc. Experimenty boli realizované na pilotnom zariadení na spracovanie jemných frakcií magnezitu a úletov (obrázok 7).



Obrázok 6: Rozloženie materiálu pri mechanickej fluidizácii a) nízke; b) optimálne; c) vysoké otáčky



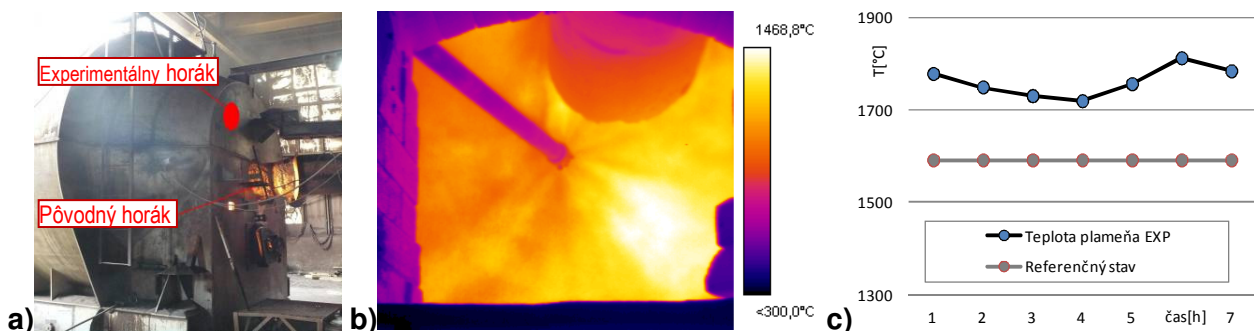
Obrázok 7: Pilotná RORP- celkový pohľad

2 Výsledky a diskusia

2.1 Znižovanie úletov na súčasných agregátoch

Únos prachových častíc v rotačných peciach je významne ovplyvňovaný hrúbkou vrstvy materiálu v peci. Pri tenkej vrstve, so stupňom zaplnenia okolo 12 %, dochádza v dôsledku kĺzavého pohybu materiálu intenzívnemu únosu častíc. Pri hrubej vrstve, so stupňom zaplnenia pece okolo 30 %, sa namiesto kĺzavého pohybu materiál pohybuje prevaľovaním, čím sa dosiahne zvýšený prenos tepla na spracovávaný materiál a predĺži sa doba jeho pobytu v peci. Zvýšenie hrúbky vrstvy na vstupnej strane pece z 0,4 m na 1,2 m bolo dosiahnuté zabudovaním dávkovača (obrázok 3a). Doba pobytu materiálu v peci sa predĺžila o 30 – 50 %. Zvýšením hrúbky vrstvy sa znížil počet otáčok pece. Pomalší pohyb materiálu má významný vplyv na podiel jemných častíc, ktoré sa dostávajú do vzduchu a sú unášané spalinami. Zabudovaním dávkovača došlo k zníženiu prachových podielov v spalinách o cca 25%, čo spôsobilo, že do slinovacej časti prešiel vyšší objem kvalitnej jemnozrnej vsádzky. Zvýšená kvalita sa prejavuje zníženým obsahom CaO o 0,4%. Táto prachová frakcia je ako súčasť úletov v súčasnosti bez separácie využívaná na výrobu špeciálnych nástrekových izolačných hmôt.

Radiálny difúzny horák (obrázok 8) zabezpečil zvýšenie intenzity prenosu tepla na spracovávaný materiál a zvýšenie využitia tepla slinku. Dosiahnutým znížením mernej spotreby paliva sa znížilo množstvo spalín. Znížením objemu spalín sa znížila rýchlosti prúdenia a boli dosiahnuté nižšie úlety.



Obrázok 8: Radiálny difúzny horák a) umiestnenie; b) termovízia; c) priebeh teplôt plameňa

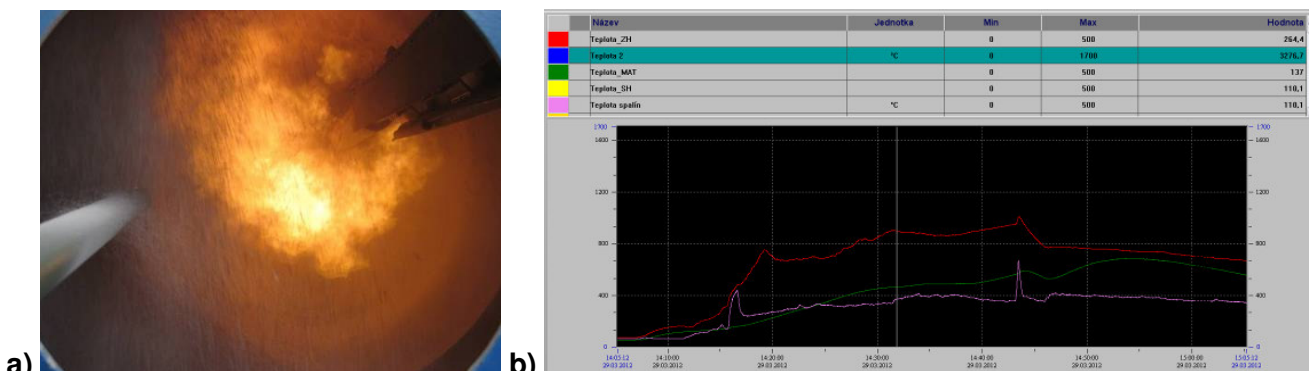
Na šachtovej peci bola experimentálne overená úprava spaľovacej sústavy. Počas experimentu sa dosiahli nasledujúce prínosy:

- **Výrobné a technologické ukazovatele**
 - nárast výroby o 1,36 %,
 - pokles mernej spotreby paliva o 3,13 Nm³/t produktu,

- pokles mernej spotreby primárneho vzduchu o 91,8 Nm³/t produktu. Spotreba sekundárneho (chladiaceho) vzduchu zostala zachovaná,
- pokles nekvality výroby o 4 %, pri zachovaní kvality produktu.
- **Prevádzkové ukazovatele**
 - bolo dosiahnuté lepšie rozdelenie plynu po priečnom priereze pece v páliacom pásme, a tým zrovnomenie teploty a rovnomernosť kvality po polomere z 95 na 99 %,
 - podiel výskytu zlepencov klesol o 33 % a výstupná zrnitosť klesla zo 120 na 100 mm, čo prispieva k zníženiu opotrebenia roštu,
 - teplota spalín na sádzobni (kychte) stúpla o 51 °C a odpor vsádzky podľa podtlaku na odsávaní o 0,3 kPa, čo svedčí o lepšom ohreve vsádzky v osi pece. Pritom teplota na výstupe pece mierne klesla, čo svedčí o lepšom využití tepla slinku.
 - teplota steny pece rozšírením zóny horenia viac k osi pece klesla v páliacom pásme o 95 °C a v kalcinačnom pásme o 18,2 °C,
 - poklesol obsah kyslíka v spaliniách, čo je dôsledkom zvýšenia spaľovania chladiaceho - sekundárneho vzduchu.
- **Ekologické ukazovatele**
 - zníženie priemerného obsahu CO v spaliniách o 1880 ppm,
 - zníženie objemu spalín odpovedajúce zníženiu spotreby paliva a spaľovacieho vzduchu,
 - zníženie tepelného a teplotového zaťaženia pracovného a životného prostredia znížením tepelných strát stenami pece.

2. 2 Výsledky na rýchlootáčkovej rotačnej peci

Bolo uskutočnené funkčné overenie pilotnej RORP, ktoré potvrdilo vhodnosť technológie mechanickej fluidizácie. Overenie bolo uskutočnené s frakciou materiálu 0-2 mm na procesoch sušenia a ohrevu pri výkone pece 1,2 t/h. Počas experimentu pec optimálne pracovala pri 27 ot./min. Na obrázku 10a je pohľad do horákovej časti pece, kde bola kvôli zviditeľneniu plameňa znížená fluidizácia. Pribeh teplôt v monitorovacom systéme počas experimentu ja na obrázku 10b.



Obrázok 10: Experiment na pilotnej RORP a) horák; b) priebeh teplôt materiálu a spalín

3 Záver

Navrhnuté a prevádzkovo overené spôsoby znižovania úletov pri spracovaní magnezitu v rotačných a šachtových peciach prispeli k podstatnému zlepšeniu využitia vstupnej suroviny a zvýšeniu kvality produktu. V rotačnej peci úpravou hrúbky vrstvy vsádzky na vstupnej strane pece boli znížené úlety o 25%. Neunesený materiál s nižšou frakciou, ktorý zostal vo vsádzke bol zoslinovaný a vzhľadom na chemické zloženie tvorí kvalitatívne hodnotnú časť slinku. V šachtových peciach znižovanie úletov bolo dosiahnuté opatreniami zameranými na zníženie mernej spotreby paliva, čím sa znížila rýchlosť spalín v peci. Riešenie bolo uskutočnené použitím vsunutých horákov, čím sa dosiahla zvýšená rovnomernosť slinovacích teplôt po priereze pece.

Novo vyvinuté zariadenia boli funkčne úspešne overené a sú vhodné pre tepelné spracovanie jemných frakcií magnezitu. Každý z agregátov je určený pre iné rozpätie granulometrie. Integrovaný tepelný agregát je vhodný pre zrnité materiály a mikrofluidná pec pre prachové a jemnozrnné materiály. Integrovaný tepelný agregát a mikrofluidná pec sú predmetom výskumu a vývoja, bude potrebné na nich vykonať ďalšie experimenty zamerané na tepelné spracovanie odpadov s určením ich efektivity. Na základe doterajších experimentov považujeme rýchlootáčkovú rotačnú pec za najvhodnejšie riešenie spracovania úletov a odpadov vzhľadom na najväčšie rozpätie granulometrie, ktoré môže spracovávať. Je vhodná pre prachové, jemnozrnné a zrnité materiály.

Pod'akovanie

Tento článok bol vytvorený realizáciou projektu Centrum excelentného výskumu získavania a spracovania zemských zdrojov – 2. etapa na základe podpory operačného programu Výskum a vývoj financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja. (Kód ITMS: 26220120038)

Literatúra

1. Košťial, I., et al.: Possibilities of using a magnesite fines waste as an important mineral resource, *Mineralia Slovaca*. Roč. 42, č. 3 (2010), s. 349 – 353. - ISSN 0369-2086
2. Košťial, I., et al.: *Advanced process manipulation*. In: ICCO'2007 Štrbské Pleso, May 24-27, 2007. - Košice : TU, FBERG, 2007. - ISBN 978-80-8073-805-1. - pp. 342 – 354.
3. Babjaková, A, Repiský, R. Dorčák, D.: *Bilančný optimalizačný model procesu úpravy magnezitu v SMZ Jelšava*, 14th Conference on Environment and Mineral Processing: Part 2 : 3. – 5. 6. 2010, VŠB-TU, Ostrava, Czech Republic. - Ostrava : VŠB-TU, 2010, pp. 213 – 219. - ISBN 978-80-248-2209-9
4. Mikula, J., et al.: Mathematical modelling of lumpy and granular material thermal treatment. In: *Acta Metallurgica Slovaca*. - ISSN 1335-1532. - vol. 15, no. 1 (2009), pp. 197 – 204.

Fine granular magnesite waste thermal treatment

Imrich KOŠTIAL, Eva ORAVCOVÁ, Ján GLOČEK, Ján SPIŠÁK, Katarína MIKULOVÁ POLČOVÁ, Ján MIKULA

Technical University of Košice, BERG Faculty, Košice, Slovak Republic,
e-mail: imrich.kostial@tuke.sk, eva.oravcova@tuke.sk, jan.glocek@tuke.sk,
jan.spisak@tuke.sk, katarina.mikulova.polcova@tuke.sk, jan.mikula@tuke.sk

Summary

In the framework of this paper new approaches to the magnesite waste decreasing and treatment are presented. The principal producers of the magnesite waste are rotary and shaft furnaces. For the rotary furnaces the new charging device was developed by which the charge layer thickness was increased more than two times. By this measure 25 % flue dust quantity decreasing was achieved. Further flue dust decreasing was achieved by the increasing of the furnace intensity. For this purpose radial burner was developed. Burner arrangement enables effective combustion of the secondary air.

Flue dust decreasing in the shaft furnaces was achieved by sintering temperature homogenisation through the furnace cross section. By application of the new immersed burner significant flue gas volume decreasing was achieved.

Flue dust thermal treatment enables its revaluation. For this purpose compact thin layer, furnace, microfluid and high revolution rotary furnaces were developed. Their verification proved high availability and effectiveness.

Keywords: magnesite treatment, rotary furnace, shaft furnace, microfluid furnace, compact thin layer

:

CALL FOR PAPERS

Ústav energetiky Fakulty strojní ČVUT v Praze a Masarykova akademie práce
pořádají
ve dnech 6. a 7. 12. 2012 seminář

SPALOVÁNÍ TUHÝCH KOMUNÁLNÍCH ODPADŮ

Témata semináře:

Energetické využití TKO u nás a ve světě
Problematika skládkování TKO
Legislativa spalování TKO ve spalovnách
Problematika budování spaloven
Parametry páry pro sdruženou výrobu tepla a elektřiny
Materiálová problematika spalovenských kotlů
Zkušenosti se spalováním TKO v našich spalovnách

Termíny:

Zaslání abstraktu příspěvků do:	12. 7. 2012
Pokyny pro písemnou formu přijatých příspěvků do:	24. 7. 2012
Zaslání příspěvků v elektronické formě do:	12. 10. 2012
Sestavení programu pro pozvánky do:	27. 7. 2012
Z příspěvků bude sestaveno CD	

Přípravný výbor:

Prof. Ing. František Jirouš, DrSc.
Doc. Ing. Tomáš Dlouhý, CSc.
Ing. Jan Hrdlička, Ph.D.
Ing. Monika Vitvarová

Abstrakty příspěvků zasílejte na e-mail:

Frantisek.Jirous@fs.cvut.cz



CEMC

České ekologické manažerské centrum

**ODPADOVÉ
FÓRUM**

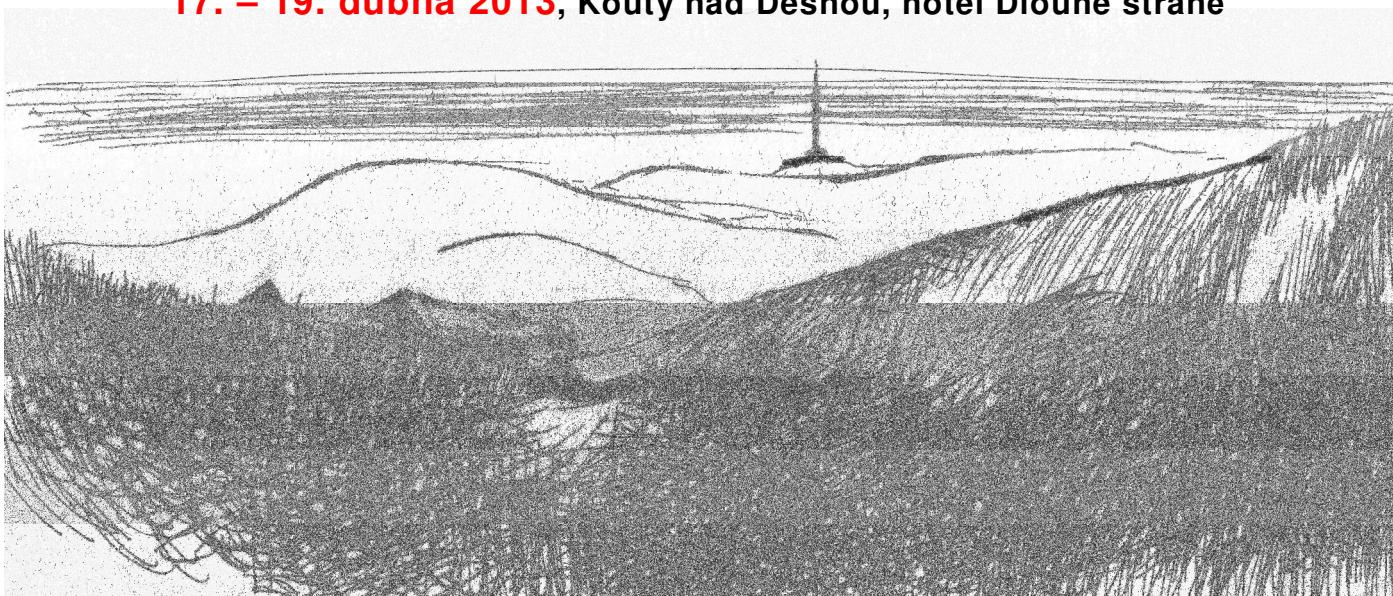
Redakce odborného měsíčníku ODPADOVÉ FÓRUM

zvou na

**8. ročník česko-slovenského symposia
Výsledky výzkumu a vývoje
pro odpadové hospodářství**

ODPADOVÉ FÓRUM 2013

17. – 19. dubna 2013, Kouty nad Desnou, hotel Dlouhé stráně



Mediálními partnery symposia jsou:

ODPADOVÉ FÓRUM

odborný měsíčník o odpadech
a druhotných surovinách

www.odpadoveforum.cz

WASTE FORUM

recenzovaný elektronický časopis
pro výsledky VaV o odpadech

www.wasteforum.cz

Termín pro přihlášky příspěvků: 15. 1. 2013

Přihlášky příspěvků a dotazy směrujte na: symposium@cemc.cz

Osobní dotazy: tel.: +420/274 784 448, 723 950 237

*Program uplynulého 7. ročníku symposia najdete na www.odpadoveforum.cz/symposium2012;
podrobnou zprávu o jeho průběhu najdete v prázdninovém čísle 7-8 měsíčníku ODPADOVÉ FÓRUM*