



Zacharová, A., Vanek, M.

Zborník príspevkov doktorandov

zo 14. ročníka Študentskej vedeckej konferencie



**FAKULTA EKOLÓGIE A ENVIRONMENTALISTIKY
TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE**

**Andrea Zacharová
Miroslav Vanek**

**Zborník príspevkov doktorandov
zo 14. ročníka Študentskej vedeckej konferencie**

Ekológia a environmentalistika

**2017
Technická univerzita vo Zvolene**

Editori: Ing. Andrea Zacharová, PhD.
Ing. Miroslav Vanek, PhD.

EKOLÓGIA A ENVIRONMENTALISTIKA

Zborník príspevkov doktorandov
z 14. ročníka Študentskej vedeckej konferencie

Lektorovali:

prof. Ing. Dagmar Samešová, PhD.
Ing. Andrea Diviaková, PhD.

1. Vydanie v rozsahu 43 strán

Vydavateľ: Technická univerzita vo Zvolene

Rok vydania: 2017

Grafická úprava: Ing. Andrea Zacharová, PhD., Ing. Miroslav Vanek, PhD:

Za odbornú úroveň tejto publikácie zodpovedajú recenzenti a editori.
Rukopis neprešiel jazykovou úpravou.

© Fakulta ekológie a environmentalistiky
Technická univerzita vo Zvolene
Masaryka 24
960 53 Zvolen

ISBN 978-80-228-2970-0

Všetky práva vyhradené. Nijaká časť textu ani ilustrácie nemôžu byť použité na ďalšie šírenie akoukoľvek formou bez predchádzajúceho súhlasu autorov alebo vydavateľa.

OBSAH

JARMILA FIALOVÁ	7
Aplikačný potenciál tuhého zvyšku z termického spracovania komunálneho odpadu	
IVANA KNAPCOVÁ	15
Odpady z kyslej rafinácie ropy v životnom prostredí	
MONIKA OFFERTÁLEROVÁ	25
Identifikácia kľúčových nástrojov pre vykonávanie IMK v okrese Banská Štiavnica	
JOZEF SALVA	33
Modelovanie imisií oxidu uhoľnatého z vybraných zdrojov znečisťovania ovzdušia	

APLIKAČNÝ POTENCIÁL TUHÉHO ZVYŠKU Z TERMICKÉHO SPRACOVANIA KOMUNÁLNEHO ODPADU

Jarmila Fialová

ABSTRACT

APPLICATION POTENTIAL OF THE BOTTOM ASH FROM THE MUNICIPAL SOLID WASTE THERMAL TREATMENT.

Thermal treatment of municipal solid waste is currently a suitable alternative to the disposal of municipal waste, thereby ensuring a reduction in the amount of waste deposited in landfills. However, thermal treatment of municipal solid waste produces solid residues – bottom ash and fly ash, which require a responsible treatment and disposal at the landfill site. The bottom ash is the most important by-product in terms of the quantity produced during the energy recovery of municipal solid waste. The production of bottom ash per ton of incinerated municipal solid waste varies between 230-280 kg depending on the thermal treatment technology. This solid residue demonstrates suitable properties for further use. The specific use precedes the study of the properties – chemical (the content of carbon, heavy metals and oxides) and physical (particle size distribution, solid content, porosity, permeability) of the bottom ash from municipal solid waste thermal treatment. These properties demonstrate the suitability or unsuitability of bottom ash when used as a building material. Safe treatment and reuse of bottom ash from municipal solid waste incineration in construction materials is one of the ways to effectively use this waste.

Key words: municipal waste, thermal treatment, bottom ash, use, management

ÚVOD

Spracovanie tuhého zvyšku – popola z energetického využitia tuhého komunálneho odpadu sa uplatňuje prevažne v stavebníctve (Kokalj, 2005; Torgal, 2003). Všeobecne možno zhrnúť, že popol z energetického využitia tuhého komunálneho odpadu môže nahradiť nielen piesok a prírodný štrk, ale v súčasnosti sa rôzne výskumy pokúšajú využiť tento odpadový materiál aj v cementovom priemysle. Možnosť spracovania popola z energetického využitia TKO je obvykle určená:

- Obsahom organických zlúčenín v popole
- Celkovým obsahom ťažkých kovov v popole
- Vyluhovateľnosťou kovov, solí a ťažkých kovov z popola
- Fyzikálna vhodnosť, napr.: veľkosť častíc a odolnosť popola (Referenčný dokument o najlepších dostupných technológiách spaľovania odpadov, 2005)

Popol sa používa pri výstavbe ciest, v protihlukových stenách, ako kamenivo v asfalte a betóne, ako uzatváracia vrstva na skládkach odpadov ale aj v rôznych iných experimentálnych projektoch, ktoré skúmajú jeho využitie aj v iných odvetviach.

TEPELNÉ SPRACOVANIE ODPADOV

Technické zariadenie na spracovanie odpadov slúži na termickú úpravu odpadov s využitím alebo bez využitia tepla vznikajúceho pri spaľovaní (Obr.1). Ide o zariadenia na energetické využitie odpadov (Zaman, 2010):

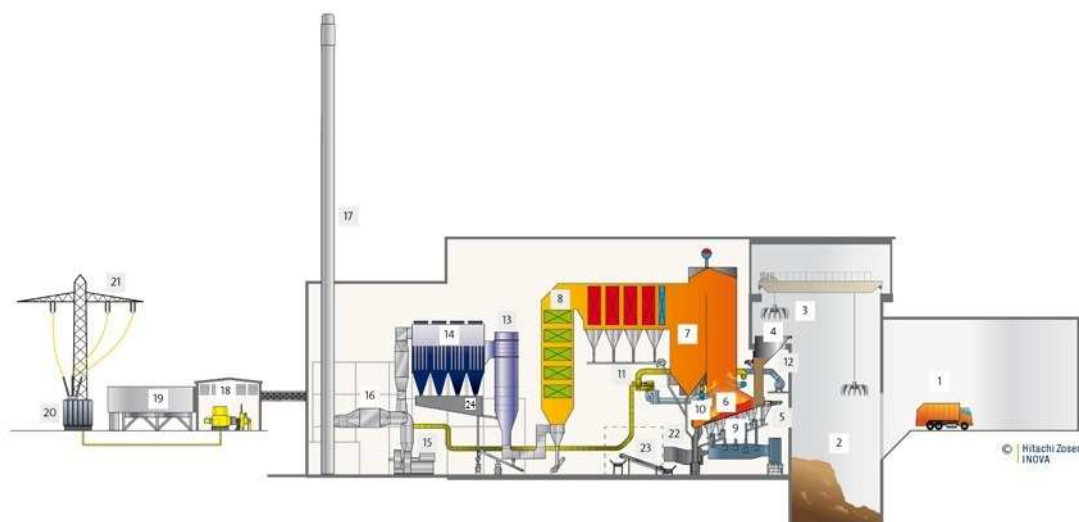
- oxidáciou
- zariadenia na iné postupy tepelnej úpravy odpadov, ako je:
 - pyrolýza,
 - splyňovanie,
 - plazmové procesy.

Oba spôsoby tepelného spracovania odpadov ponúkajú možnosť spracovania zvyškového odpadu s využitím energie. Technológie sa líšia v tom, ako je odpad spracovaný a spôsobom vznikajúcej energie, čiže spaľovanie oxidáciou priamo uvoľňuje energiu z odpadov, pričom pyrolýza a splyňovanie spracováva odpady tak, že generuje druhotný produkt (plyn, kvapalina alebo pevný produkt), ktorý je využívaný ako energia (Consonnia and Vigano, 2012; Kolektív autorov, 2013).

Termickým spracovaním tuhého komunálneho odpadu vznikajú nasledovné tuhé odpady:

- lôžkový popol zo spaľovania komunálnych odpadov v roštovej peci, ktorý tvorí významný podiel vzhľadom na veľký objem,
- kotlový popol, ktorého časť sa upravuje spolu s popolčekom,
- popolček.

Okrem hlavných produktov vznikajú pri termickom spracovaní odpadu aj ďalšie vedľajšie produkty ako troska (z vysokoteplotných procesov), kaly z čistenia odpadových vôd, ale aj zvyšky z čistenia spalín.



Prijímanie a ukladanie odpadu	Spaľovací priestor	Čistenie spalín	Získavanie energie	Tuhé zvyšky
1. Vykladací priestor 2. Zásobník odpadu 3. Žeriav	4. Násypka 5. Dávkovač 6. Rošt 7. Parný kotol 8. Ekonomizér 9. Vstup primárneho vzduchu 10. Vstup sekundárneho a recirkulovaného vzduchu 11. Sekundárny a recirkulovaný vzduch 12. Horáky	13. Polosuchý reaktor 14. Tkaninový filter 15. Ventilátor 16. Spomaľovač 17. Komin	18. Turbína 19. Chladenie vzduchu 20. Trafostanica 21. Elektrína	22. Odstraňovač popola 23. Dopravník popola 24. Zásobník popolčeka

Obr. 1 Schéma spaľovne tuhého komunálneho odpadu (Hitachi Zosen Inova, 2016)

POPOL Z ENERGETICKÉHO VYUŽITIA TUHÉHO KOMUNÁLNEHO ODPADU

Popol je z hľadiska množstva najvýznamnejším vedľajším produktom energetického zhodnocovania tuhého komunálneho odpadu. Produkcia popola na tonu spáleného komunálneho odpadu sa pohybuje medzi 230 – 280 kg (Ørnebjerg et al., 2006). Vzniká v spaľovacej komore tepelného zariadenia, odkiaľ je pohybujúcim sa roštovým zariadením odvádzaný do zásobníkov, prípadne okamžite odvádzaný na magnetickú separáciu (Højlund, 2010). Neopracovaný popol je zrnitý heterogénny materiál, obsahujúci rôzne podiely skla, kovov, keramiky, kameniva, popola zo spálených materiálov a zvyšky nespálených organických látok. Podiely týchto zložiek závisia od zloženia komunálneho odpadu využívaného v danom termickom zariadení (Ole et al., 2009). Tabuľka 1 znázorňuje približný obsah jednotlivých zložiek.

Tab. 1 Percentuálny podiel zložiek obsiahnutých v popole (Youcai, 2016)

Percentuálny podiel zložiek obsiahnutých v popole [%]	
Popol	64,09 – 66,42
Kamenivo	14,02 – 16,62
Keramika	7,33 – 7 36
Sklo	0,81 – 7,37
Kovy	3,67 – 4,10
Organické zvyšky	0,78 – 1,24
Iné	0,08 – 0,11

CHARAKTERIZÁCIA VLASTNOSTÍ POPOLA

Vlastnosti popola je možné rozdeliť na dve časti: fyzikálne vlastnosti a chemické vlastnosti. Poznaním týchto vlastností, hlavne chemických, môžeme zabezpečiť výber najvhodnejšieho spôsobu využitia popola z energetického využitia tuhého komunálneho odpadu (Lam et al., 2010).

Fyzikálne vlastnosti:

- Distribúcia veľkostí častíc
- Obsah vlhkosti
- Hustota
- Priepustnosť
- Pórovitosť
- Pevnosť v tlaku

Chemické vlastnosti:

- Chemické zloženie
- Obsah uhlíka
- Vyluhovateľnosť škodlivých látok (ťažké kovy)
- Obsah organických zložiek
- Obsah chloridov

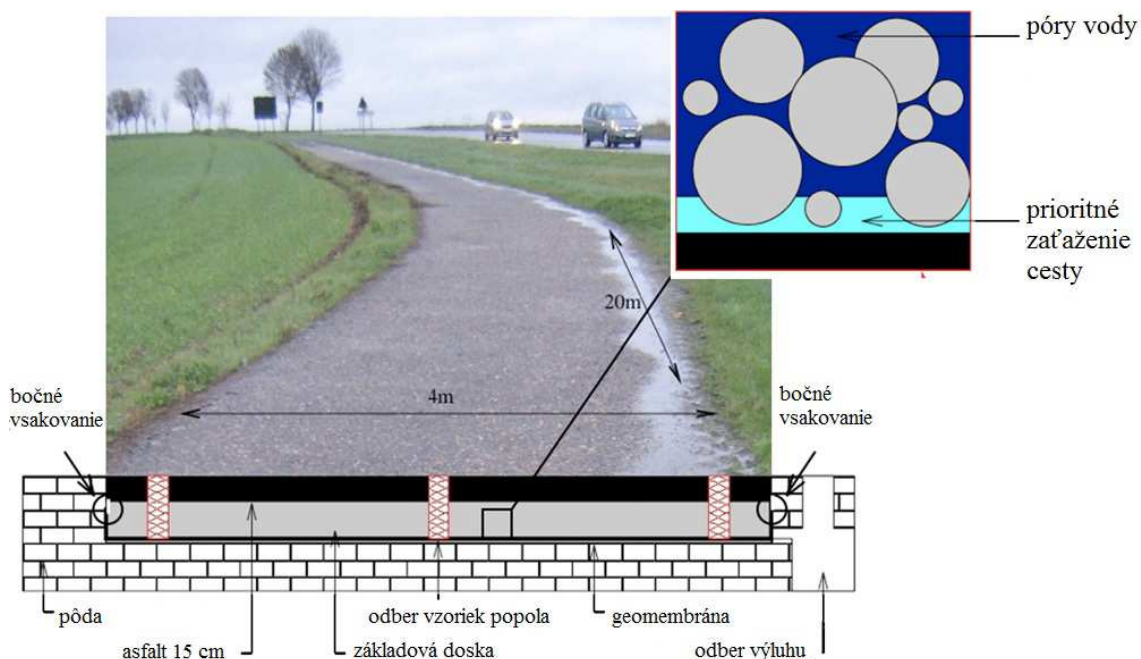
DISKUSIA – SPRACOVANIE POPOLA V STAVEBNÍCTVE

Cestné staviteľstvo

Z hľadiska cestného staviteľstva je popol z energetického využitia tuhého komunálneho odpadu vhodným materiálom pre zrnité vrstvy ciest. Pri aplikácii tohto materiálu je dôležité poznať jeho koeficient oderu, distribúciu častíc a taktiež jeho možný vplyv na environment. V súčasnosti sa mnohé výskumy venujú využitiu tohto materiálu ako podsypového materiálu vozoviek a chodníkov (Forteza et al., 2004).

Dabo a kol. sa zaoberali desaťročným skúmaním výluhu z cestnej komunikácie, ktorá obsahovala popol z energetického využitia TKO ako náhradu kameniva. Príspevok sa zameriava na dlhodobý vývoj výluhu z hľadiska chemických a mineralogických premien. Študovaná trasa sa skladá z malej cestnej komunikácie s nízkou intenzitou premávky (cca 10 vozidiel za deň), postavená v roku 1997 vo Francúzsku. Cesta je rozdelená do dvoch úsekov 4 m široká a 20 m dlhá. Prvá časť obsahuje 25 cm hrubú vrstvu podlažia popola z energetického využitia TKO (suchá hmotnosť 31,2 tony). Druhá časť cesty bola postavená za použitia

bežných vápenných agregátov (drveného prírodného vápenca). Túto druhú časť použili ako referenčnú. Z hľadiska fyzikálnych vlastností (granulometria, tvrdosť) vápnitý agregát predstavuje zhodu s použitým popolom. Na Obr. 2 je znázornená testovacia cesta s priečnym prierezom. Obe časti cesty sú pokryté mierne priepustnou asfaltovou vrstvou s hrúbkou 15 cm.



Obr. 2 Schematický priečný rez cesty (Dabo et al.,2009)

Chemické vlastnosti týchto dvoch typov výluhov (z popola a drveného prírodného vápenca) sú veľmi podobné: neutrálne pH, slabo mineralizované roztoky a nízke koncentrácie ťažkých kovov. Avšak SO_4 a koncentrácia Cu sú o niečo vyššie v prípade výluhu popola z energetického využitia TKO. Tento potenciálne nízky vplyv na životné prostredie je daný aj tým, že daný popol z energetického využitia TKO bol upravený pomocou separácie kovov a zrením (ponechanie čerstvého popola minimálne mesiac na voľnom priestranstve). Dlhodobým výskumom zistili, že výluh pH a koncentrácia hlavných prvkov (Ca, Na a Cl-), ako aj Al a ťažkých kovov (Cu, Pb a Zn) rýchlo klesli v priebehu prvých 2 rokov a z hľadiska ochrany životného prostredia nepredstavovali žiaden problém. Jediným problémom v rámci otázky životného prostredia môže byť nameraná maximálna koncentrácia prvkov vo výluhu počas prvých 3 mesiacov po stavbe ciest, a to najmä vysokých koncentrácie Al, Cu a Pb. Tento potenciálny dopad na životné prostredie by mal byť slabý, pretože ochranný asfaltový kryt zabráni značnej vyluhovateľnosti znečisťujúcich látok (Dabo et al.,2009).

Betonárstvo

Celosvetová problematika spracovania popola z energetického využitia TKO v súčasnosti rieši jeho využitie aj v betonárskom sektore stavebného priemyslu. Hlavnou úlohou je využitie tohto odpadového materiálu tak, aby sa nezmenili mechanické vlastnosti betónových a cementových zmesí a samozrejme ochrana životného prostredia znížením spotreby primárnych surovín a zníženie ukladania popola z energetického využitia TKO na skládky.

Výskumy a štúdie v tejto oblasti sa zamerali prevažne na mechanické vlastnosti (pevnosť) a reakcie prebiehajúce vo vnútri betónových a cementových zmesí, ktoré hrajú významnú rolu z hľadiska použitia tohto odpadového materiálu.

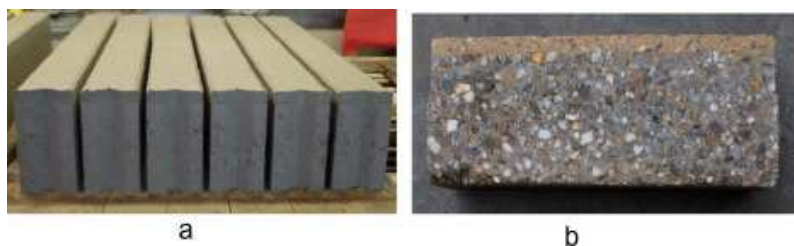
Müller a Rübner, 2006 a Roessler a kol., 2016 skúmali čiastočnú náhradu kameniva v betónovej zmesi týmto odpadovým materiálom, avšak len malé percento náhrady kameniva (< 25 %) preukázalo dobré vlastnosti. Z tohto dôvodu autori výskumných prác skonštatovali, že takéto negatívne vplyvy na pevnosti betónu má pravdepodobne vysoký obsah hliníka v popole z energetického využitia tuhého komunálneho odpadu.

Veľmi zaujímavú prácu vykonal Keulen a kol., 2016. Popol z energetického využitia TKO, ktorý používali bol spracovaný suchým aj mokrým čistiacim procesom, čím získali vysoko kvalitný granulát popola (Obr.3), ktorý spĺňa podmienky normy EN 12620 (kamenivo do betónu), a v porovnaní s prírodnými agregátmi nevykazuje veľké rozdiely. Mokrý čistiaci proces v komparácii so suchým procesom dokázal odstrániť oveľa väčšie množstvo nežiaducich látok (rozpuštné soli – chlorid sodný, ťažké kovy, organické štruktúry a nespálené časti). Vytvorený granulát je dokonca vhodný ako 100 % náhrada prírodného kameniva.



Obr. 3 Granulát z popola 8 – 16 mm (Keulen et al., 2016)

Autori výskumu vyrobili dve betónové zmesi, a to kamennú dlažbu s čiastočnou náhradou jemného kameniva popolom frakcie 2 – 8 mm a obrubníky s čiastočnou náhradou hrubšieho kameniva popolom frakcie 8 – 16 mm (Obr. 4). Obe zmesi so zvyšujúcim sa obsahom upraveného popola z energetického využitia TKO spĺňali potrebné mechanické, fyzikálne a chemické parametre, napr. spracovateľnosť zmesi, pevnosti, zmrazovacie a rozmrazovacie limity. Najmä popol frakcie 2 – 8 mm ukázal sľubné výsledky, v ktorých menšie veľkosti častíc majú lepšie výsledky v porovnaní s väčšími veľkosťami častíc 8 – 16 mm. Vyluhovacie výsledky oboch frakcií popola neboli úplne v súlade s holandskými kritériami (Soil Quality), kedy vyluhovateľnosť chloridov a antimónu sú tesne nad alebo tesne pod limitnými hodnotami. Záverom tejto štúdie je, že pre odstránenie nežiaducich látok z výluhu je potrebné optimalizovať mokrý čistiaci proces alebo použitie špecifických prísad pri použití popola z energetického využitia TKO, by mohli zlepšiť kvalitu výluhov (Keulen et al., 2016).



Obr. 4 Obrubníky s popolom frakcie 8 – 16 mm (a) a kamenná dlažba s popolom frakcie 2 – 8 mm (b) (Keulen et al., 2016)

ZÁVER

Aplikácia popola z termického spracovania tuhého komunálneho odpadu v stavebníctve, či už v cestnom staviteľstve alebo v betonárskom priemysle je v súčasnosti stále vo výskumnej fáze. Mnohé výskumy potvrdzujú, že pred priamym použitím popola z energetického využitia tuhého komunálneho odpadu je nutné daný materiál upraviť a to vo viacerých stupňoch úpravy. Tieto procesy úpravy zahŕňujú:

- oddelenie kovov,
- preosievanie a drvenie popola,
- spracovanie popola pomocou zrenia,
- spracovanie popola použitím suchých čistiacich systémov,
- a spracovanie popola použitím mokrých čistiacich systémov

Takáto úprava popola nielen zvýši kvalitu tohto materiálu, ale taktiež zníži nežiaduce účinky na životné prostredie. V súčasnosti je zariadenie na oddelenie kovov z popola povinnou výbavou všetkých zariadení na energetické využitie tuhého komunálneho odpadu. Avšak ostatné procesy úpravy tohto materiálu sa využívajú prevažne vo výskumných inštitúciách, prípadne je k základnému procesu oddelenia kovov pridružený ešte jeden z procesov.

Jednou z možností ako tento materiál využiť v stavebnom priemysle bez nákladných procesov úpravy, je možnosť použitia popola z energetického využitia tuhého komunálneho odpadu v nízkom alebo v strednom množstve ako náhrada kameniva v základovej doske ciest, kameniva v betóne alebo náhrada cementu.

POĎAKOVANIE

Autorka ďakuje agentúre IPA TUZVO 4/2016 za finančnú podporu pri riešení projektu, v rámci ktorého vznikol prezentovaný príspevok.

LITERATÚRA

CONSONNI, S., VIGANÒ, F. Waste gasification vs. conventional Waste-To-Energy: A comparative evaluation of two commercial technologies. In: *Waste Management*. 2012, 32(4): 653-666. ISSN 0956053x.

DABO, D. et al. Ten-year chemical evolution of leachate and municipal solid waste incineration bottom ash used in a test road site. In: *Journal of Hazardous Materials*. 2009, 172(2-3): 904-913. ISSN 03043894.

FORTEZA, R., et al. Characterization of bottom ash in municipal solid waste incinerators for its use in road base. In: *Waste Management*. 2004, 24(9): 899-909. ISSN 0956053x.

Herefordshire & Worcestershire / UK: Energy-from-Waste Plant. In: *Hitachi Zosen Inova* [online]. 2016 [cit. 2016-12-21]. Dostupné z: http://www.hz-inova.com/cms/wp-content/uploads/2015/08/H_W_online_E.pdf

HØJLUND CH., T., ed., 2010: *Solid waste technology and management*. Chichester: John Wiley and Sons. ISBN 978-1-405-17517-3.

Integrovaná prevence a omezování znečištění: Referenční dokument o nejlepších dostupných technologiích spalování odpadů [online]. Evropská kancelář IPPC, 2005 [cit. 2016-11-16]. Dostupné z: http://www.mpo.cz/assets/cz/prumysl/prumysl-a-zivotni-prostredi/ippc-integrovana-prevence-a-omezovani-znecisteni/referencni-dokumenty-bref/2017/1/20080407_BREF_WI_CZ_final.pdf

KEULEN, A., et al. High performance of treated and washed MSWI bottom ash granulates as natural aggregate replacement within earth-moist concrete. In: *Waste Management*. 2016, 49: 83-95. ISSN 0956053x.

KOKALJ, F. Utilization of bottom ash from the incineration of separated wastes as a cement substitute. In: *Waste Management & Research*. 2005, 23(5): 468-472.

Kolektiv autorov. *Incineration of Municipal Solid Waste* [online]. London, 2013 [cit. 2016-12-21]. Dostupné z: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/221036/pb13889-incineration-municipal-waste.pdf

LAM, CH.H.K. Use of Incineration MSW Ash: A Review. In: *Sustainability*. 2010, 2: 1943-1968.

MÜLLER, U., RÜBNER, K. The microstructure of concrete made with municipal waste incinerator bottom ash as an aggregate component. In: *Cement and Concrete Research*. 2006, 36(8): 1434-1443. ISSN 00088846.

OLE H., T. et al. 2009: *Treatment methods for waste to be landfilled*. Copenhagen: Nordic Council of Ministers. ISBN 978-928-9319-454.

ØRNEBJERG, H. et al. *Management of Bottom Ash from WTE Plants: An overview of management options and treatment methods*. ISWA, 2006.pdf.

ROESSLER, J., et al. Use of Waste to Energy Bottom Ash as an Aggregate in Portland Cement Concrete: Impacts of Size Fractionation and Carbonation. In: *Waste and Biomass Valorization*. 2016, 7(6): 1521-1530. ISSN 1877-2641.

TORGAL, F. P., ed., 2013: *Eco-efficient concrete*. Oxford: Woodhead Publishing, 624 s. ISBN 978-0-85709-424-7.

YOUCAI, Z., 2016: *Pollution control and resource recovery: Municipal solid wastes incineration: Bottom Ash and Fly Ash*. ISBN 978-0-12-812165-8.

ZAMAN, A. U.: Comparative study of municipal solid waste treatment technologies using life cycle assessment method. In: *J. Environ. Sci. Tech*. 2010, 7(2): 225-234. ISSN 17351472.

ADRESA AUTORKY

Ing. Jarmila Fialová, DiS.art, KEI, FEE, TU vo Zvolene, Ul. T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, xdrvarova@is.tuzvo.sk

ODPADY Z KYSLEJ RAFINÁCIE ROPY V ŽIVOTNOM PROSTREDÍ

Ivana Knapcová

ABSTRACT

THE ACID RAFINERY WASTES IN ENVIRONMENT

The accompanying product of sulphonation processing technologies is the production of acid refined residues, Goudron. These are by-products of crude oil processing using sulfuric acid. These products contain undesirable components removed from the refined oil. Goudron represents consist of high proportion of sulfuric acid, aromatic and heterocyclic sulphonic acids, as well as bitumen resins and various kinds of heavy metals. In the past, these wastes were deposited in landfills near refineries. Today's remediation of these landfills is a key issue. In the translated contribution, we are dealing with the characterization of landfill dumps in the Brezno district, the possibilities of use and ways of disposal of this waste.

Key words: The acid refinery wastes, goudron waste

ÚVOD

Sprievodným produktom sulfonačných technológií spracovania ropy je produkcia kyslých rafinačných zvyškov, tzv. gudrónov. Sú v nich obsiahnuté nežiadúce zložky odstránené z rafinovaného oleja a obsahujú vysoký podiel kyseliny sírovej (Samešová et al., 2007) a mnoho organických chemických látok (Horváthová, 2014).

Sulfonačné technológie patria k najstarším technologickým procesom spracovania ropy, ktorý sa využíva dodnes kvôli vysokej účinnosti odstraňovania nežiadúcich látok a zlepšenia oxidačnej stálosti rafinátu (Samešová et al., 2007). Podstatou technológie výroby v bývalom podniku Petrochema Dubová, a.s. bola rafinácia základných minerálnych olejov a opotrebovaných transformátorových olejov (Šalkovská, 2009), kedy surový biely olej sa podrobí rafinácii oleom alebo kyselinou sírovou za odpúšťania kyselinových smôl – gudrónov. Tieto odpady sú kvalitatívne tvorené zmesou sulfokyselín, minerálneho oleja, sulfonátov (Ca a Na), chloridov, voľnej kyseliny sírovej a vody (Horváthová, 2014).

Chemické zloženie gudrónov nie je rovnaké, je závislé od hĺbky, v ktorej je tento odpad uložený na skládke. Uložený odpad sa postupom času diferencuje na niekoľko vrstiev,

a to:

- I. Vrchná vrstva = olejová frakcia
- II. Stredná vrstva = vrstva kyseliny sírovej
- III. Spodná vrstva = vrstva kyslého kalu, ktorý postupne polymerizuje za vzniku plastickej a polotuhej látky a neskôr vedie až ku vzniku tuhej látky (Ostrolúcky et al., 1989).

V minulosti sa rafinačné kaly tzv. gudróny v súlade s vtedy platnou legislatívou skládkovali. Dnes gudrónové skládky predstavujú hrozbu pre životné prostredie a je nutné sa

s touto záťažou vysporiadať. Pokusy s rekultiváciou starých skládok prekryvom neboli úspešné (Samešová et al., 2007).

Skládky sú odkryté, preto do nich pribúdajú zrážky. Okrem rozpustených chemických neutrálnych látok obsahuje odpad aj voľnú kyselinu sírovú. V kvapalnej fáze sú rozpustené saponáty, zvyšujúce rozpustnosť olejov (Horváthová, 2014).

Takýmto spôsobom došlo ku vzniku skládok nebezpečného priemyselného odpadu kyslých gudrónov Predajná I a Predajná II. Tieto skládky predstavujú na území Slovenskej republiky vysoko rizikové lokality (Michaeli, Boltižiar, 2010).

Riziko šírenia kontaminácie zo skládok má vo všeobecnosti niekoľko migračných ciest, v tomto prípade možno považovať za najvýznamnejšie:

Povrchový odtok – šírenie povrchovým splachom, kedy kontaminované zrážkové vody tvoria povrchový splach zo skládky a infiltrujú sa do horninového prostredia (Ollerová, Samešová, 2008).

Podzemná voda – skládkové vody možno považovať za výluhy gudrónov s vysokou mineralizáciou a nízkymi hodnotami pH s nebezpečenstvom infiltrácie do podložia a odtiaľ s eventuálnym prestupom do podzemných vôd.

Prach/ plynné exhaláty – šírenie emisiami, kedy sa okolo skládky vytvorí oblasť označená ako imisná (Samešová et al., 2003).



Obr.1 Skládky gudrónov Predajná I. (zdroj: internet)

Charakteristika lokality

Obec Predajná sa nachádza v Stredoslovenskom kraji, okres Banská Bystrica, v ochrannom pásme Nízke Tatry (Michaeli, Boltižiar, 2010). Nádrže gudrónov sú umiestnené v údolí Hrona, na južnom svahu hrebeňa Hôrky medzi údoliami Jasenského potoka a Veľkého Grapela. Skládky Predajná I sa nachádza 800 m východne od obce Predajná. Asi 200 m západne od skládky Predajná I sa nachádza skládka gudrónov Predajná II (Samešová et al., 2007). Obe skládky sú založené na stredotriasových dolomitoch chočského príkrovu (Horváthová, 2014).

Najteplejším mesiacom je mesiac júl s dlhodobou priemernou teplotou od 16,6 do 18,1 °C. Teplota v niektorých rokoch dosiahla hodnotu viac než 34 °C (Ollerová, 2004). Teplota z hľadiska hodnotenia vplyvov gudrónových odpadov na životné prostredie je

dôležitá, pretože gudróny menia svoju viskozitu pri teplote cca 20 °C. Vyššie teploty hlavne v letných mesiacoch spôsobujú nielen zvyšovanie rizika zmenou viskozity odpadu ale aj únik prchavých látok, ktoré sú v gudrónoch obsiahnuté. Skládky gudrónov predstavujú zdravotné a environmentálne riziká pre biodiverzitu miestnej flóry. Hrozí vysoké riziko mutagenity a toxicity (Soldán, 2013).

V roku 1964 sa vybudovala zemná hrádza vo výške cca 10–15 m, čím vznikol priestor pre ukladanie 100 000 m³ tekutého až kašovitého odpadu z kyslej rafinácie ropy s plochou 10 577 m². Počas plnenia skládky bolo zaznamenané, že hladina odpadových produktov v skládke kolísala v rozmedzí cca ±1 m. Toto kolísanie bolo pravdepodobne spôsobené únikom gudrónov do podlažia skládky. Skládkovanie bolo ukončené v septembri 1974. V dôsledku intenzívnej zrážkovej činnosti a nedostatočného zabezpečenia odvádzania zrážkovej vody, hrozilo v roku 1975 pretečenie časti obsahu skládky ponad korunu hrádze na okolitý terén. Následne bol navrhnutý a realizovaný spôsob prekrytia skládky proti vnikaniu zrážkovej vody do odpadov. Bol použitý netradičný a neoverený spôsob prekrytia, ktorý je v súčasnosti nefunkčný. Krycia vrstva je zničená a ponorená pod hladinu. Petrochema a.s., Dubová, aby zabránila znečisťovaniu okolia kontaminovanou povrchovou vodou, túto zo skládky odčerpáva a odvádza do čistiarne odpadových vôd.

Skládka Predajná II bola vybudovaná v roku 1973 prehradením údolia hrádzou, čím sa vytvoril priestor pre deponovanie 125 000 m³ odpadu a začala sa naplňať v roku 1974. Na skládku sa vyvážali gudróny z Petrochemy Dubová a prečerpávaná tekutá zložka zo skládky Predajná I. V auguste 1978 až v januári 1979 bol pozorovaný únik uloženého materiálu zo skládky Predajná II. Za toto obdobie klesla hladina v skládke o 2,04 m, čo predstavuje objem 27 000 m³. V októbri 1982 došlo k podobnému, no menšiemu úniku. Vzhľadom na rozvrstvenie jednotlivých frakcií v depónii je možné predpokladať, že sa v týchto prípadoch jednalo o únik vodnej fázy z vrchného horizontu cez pukliny v telese skládky. Na skládku sa odpad nevyváža od roku 1984 (Samešová et al., 2007).

SPÔSOBY ZNEŠKODŇOVANIA GUDRÓNŮV

Spaľovanie

Vzhľadom na spomínané vlastnosti gudrónov by malo byť dominantné ich zneškodnenie prípadne využitie. Najrozšírenejší spôsob zneškodňovania gudrónov je priame spaľovanie.

Zloženie a vlastnosti gudrónového odpadu vyžadujú pred samotným spaľovaním vypracovanie ekonomicky a environmentálne prijateľnej technológie, pričom sa musí počítať nielen so samotným odpadom ale aj s v ňom sa nachádzajúcim odpadovým materiálom a taktiež so všetkou kontaminovanou zemínou a podlažím (Richter, M.).

Nehomogenita, korozívnosť, neštandardné zloženie a konzistencia gudrónového odpadu môžu spôsobiť problémy pri spaľovanom procese (Kreníková, V., 2014). Pokiaľ sa odpad správne homogenizuje emulguje alebo disperguje môže byť použitý ako sekundárne palivo.

Najjednoduchším spôsobom je spaľovanie v systémoch s neutralizáciou paliva alebo vypierkou kyslých spalín, za predpokladu, že kyselinové kaly neobsahujú polychlorované bifenyly. Podľa zákona o ochrane ovzdušia (č.350/2015) sú však tieto spôsoby obmedzené prísnyimi emisnými limitmi, ktorých dodržanie je náročné.

Nebezpečný odpad je zväčša spaľovaný v spaľovacích peciach pre nebezpečný odpad. Pre spaľovanie tuhých ropných odpadov sa osvedčila rotačná pec, kde sa odpad privádza do vrchnej časti pece a vnútro pece je vyplnené žiaruvzdorným materiálom. Avšak spaľovanie gudrónov je veľmi náročný proces pri ktorom dochádza k rýchlemu opotrebeniu súčastí spaľovacích pecí.

Po procese spaľovania gudrónov zostávajú nespáliteľné podiely, ktoré sa ukladajú na skládkach, pretože ich zužitkovanie nie je vhodným spôsobom vyriešené (Samešová et al., 2007).

Z hľadiska zneškodnenia ropného odpadu v gudrónových jamách Predajná I a II je spaľovanie ekonomicky náročné z hľadiska vysokého podielu zrážkovej vody ktorá tvorí podstatnú časť objemu týchto skládok.

Skládkovanie

Ďalší spôsob zneškodňovania gudrónov je ich skládkovanie. Pod skládkovaním gudrónov sa rozumie ich zneškodnenie uložením na skládku odpadov po predchádzajúcej úprave solidifikačným postupom.

Spôsoby chemickej úpravy a solidifikácie tvoria významnú skupinu postupov, ktoré podstatne znižujú stupeň environmentálnej nebezpečnosti gudrónov. Pri solidifikácii dochádza k zmiešaniu odpadu do anorganického pojiva (cement, vápno a pod.), ktoré s pridanou vodou chemicky zreaguje na tvrdú látku, nerozpustnú vo vode (Atlas sanačných metód). Pri tomto spôsobe zneškodňovania znečisťujúce látky nie sú odstránené z prostredia, nestávajú sa menej toxickými, iba sa rapídne znižuje ich mobilita.

Objem vzniknutého materiálu môže byť väčší ako pôvodný objem odpadu, ktorý je potrebné uložiť na skládku (atlas sanačných metód). Preto je vhodná pre úpravu odpadu pre skládky s menším objemom alebo pre úpravu kontaminovanej zeminy.

Pri solidifikácii možno postupovať 2 spôsobmi:

- ex situ: - odťazenie gudrónu zo skládky,
 - solidifikácia na linke priamo v danej lokalite,
 - zneškodnenie na skládke,
- in situ: - aplikácia hydraulického pojiva priamo v skládke gudrónov (Bienik, 1982).

Solidifikačný postup je relatívne rýchla a nízkonákladová metóda (Atlas sanačných metód), avšak z hľadiska množstva gudrónového odpadu nevhodná pre sanáciu skládok Predajná I a Predajná II. Táto metóda je využiteľná v prípade sanácie kontaminovanej pôdy z okolitého prostredia skládky gudrónov.

Biodegradačné metódy

Jednu z možností zneškodňovania predstavujú aj biodegradačné metódy. Pri biodegradačných metódach mikroorganizmy odbúravajú uhl'ovodíky tak v aeróbnych ako aj v anaeróbnych procesoch. Pri využití biodegradačných metód pre rozklad ropných látok je potrebné vybrať vhodný druh mikroorganizmov a taktiež dodržať podmienky pre rozklad, ako napr. optimálne pH, primeraný obsah živín, vhodná teplota rozkladu a pod. (Atlas sanačných metód).

Metóda biodegradácie ropných látok je založená na schopnosti určitých bakteriálnych kmeňov využívať nežiadúce organické zlúčeniny ako zdroj uhlíka a energie pre svoj rast. Zvolené mikroorganizmy musia byť schopné degradovať rôzne frakcie ropy, ako aj medziprodukty ich metabolizmu (Sanácia environmentálnej záťaže Bratislava).

Využitie biotechnológie je z hľadiska ekológie najvhodnejší spôsob zneškodňovania ropných kontaminantov, pretože nevznikajú žiadne cudzorodé odpadové látky a konečnými produktmi sú oxid uhličitý a voda.

Proces biologického rozkladu v prírodných podmienkach má však nedostatky, ku ktorým patrí pomerne dlhá doba procesu rozkladu, rôzna biologická rozložiteľnosť jednotlivých skupín a prípadná toxicita, potreba vhodného zastúpenia živín, veľké nároky na plochu a náročná kontrola celkového procesu (Ollerová, Samešová, 2008).

MOŽNOSTI VYUŽITIA GUDRÓNOV

Izolácia zložiek

Jednou z možností spracovania kyslých rafinačných kalov je izolácia obsahujúcich zložiek. Takýmto spôsobom je možné získať z gudrónov kyselinu sírovú, sulfokyseliny, resp. ich sodné soli ako povrchovo aktívne látky aplikovateľné napríklad ako pomocné kvapaliny pri ťažbe ropy a nakoniec i olejové podiely a asfaltické látky využiteľné ako prísady pre spracovanie ťažkých ropných zvyškov.

Ako technologické prostriedky pre izoláciu týchto látok sú:

- sedimentácia,
- fázová separácia,
- destilácia vodnou parou,
- nízкотеплотná pyrolýza a pod. (Kreníková, 2014).

Takéto využitie gudrónov je však v súčasnosti pre cenovú náročnosť technického vybavenia považované za nereálne (Ollerová, Samešová, 2008).

Výroba alternatívneho paliva

Veľmi populárnou technológiou, ktorá je využívaná hlavne v Českej republike pri odstraňovaní a spracovaní ropných lagún je technológia výroby alternatívneho paliva.

Technológia spočíva vo vytlačení ropného odpadu, ktorý sa následne neutralizuje rozomletým vápnom, mieša a homogenizuje s pomletým uhlím a drevnými pilinami.

Uvedeným postupom sa eliminuje prítomná, veľmi korozívna kyselina sírová, zvýši sa výhrevnosť a kašovitý materiál sa upraví tak, aby bol manipulovateľný ako tuhá sypká látka. Výrobu alternatívneho paliva, najmä fázu nekontrolovateľnej neutralizácie sprevádza produkcia plyných emisií a zápachu. Ako palivo sa môže takýto „produkt“ použiť výlučne v cementárenskej peci, ktorá slúži ako spaľovňa upraveného nebezpečného odpadu. Ekonomická hodnota „alternatívneho paliva“ je vzhľadom k výhrevnosti cca 15 MJ/kg pomerne nízka, ďalšou nevýhodou je obmedzenie výlučne v cementárenských peciach. (Maďar, 2010).

V zahraničných spoločnostiach je rozšírené aj spracovanie gudrónového odpadu na kvapalné palivo prostredníctvom homogenizácie odpadu, neutralizácie kyslej zložky odpadu, dávkovania emulgátorov a následnej separácia odpadu na ropný produkt a vodno-soľný kvapalný roztok. Posledným krokom je termické a katalytické spracovanie neutralizovaných kalov. Účelom je získanie kvapalných ropných produktov a neutralizovaného suchého zvyšku, ktorý má energetickú hodnotu (Šálková, 2009).

Recyklácia

V súčasnosti z hľadiska spracovania gudrónov je v počiatočnom štádiu využitia aj relatívne nová technológia BlowDec. Táto technológia je overená pri recyklácii odpadových látok s vysokým obsahom organických podielov, predovšetkým pri regenerácii odpadových ropných olejov, a pri skvapalňovaní odpadových zmesových plastov.

Ďalšou overenou oblasťou uplatnenia vynálezu je spracovanie - extrakcia oleja z uhl'ovodíkových kalov vznikajúcich pri ťažbe, doprave a spracovaní ropy a pri používaní výrobkov z nej (www.blowdec.sk).

Technológia Blowdec umožňuje rozdeliť – separovať jednotlivé zložky tvoriace odpad, to znamená, že uhl'ovodíky, ktoré sú obsiahnuté v gudrónovom odpade sa oddelia od vody a tuhej, minerálnej rázy. Takto získané recyklované kvapalné uhl'ovodíky je možné využiť ako kvalitný vykurovací olej, minerálna zložka zbavená ropných látok sa môže spracovať do stavebných hmôt alebo uložiť na skládku odpadov. Materiálová účinnosť tohto procesu pri separácii je takmer 100% (Maďar, 2010). V dôsledku prítomnosti agresívnej voľnej kyseliny sírovej a ostatných kyslých zložiek v gudrónov, je bezpodmienečne nutná neutralizácia gudrónov mletým vápencom, prípadne nehaseným vápnom pred ich spracovaním v separačnom procese.

Recyklované uhl'ovodíky zložením a vlastnosťami zodpovedajú ľahkému vykurovaciemu oleju z rafinérie a ich použitie ako paliva nie je obmedzené na špecializované zariadenie akým je cementárenská pec. Tým je hodnota vyššia ako hodnota „alternatívneho paliva“ využívaného napríklad v Českej republike (www.blowdec.sk).

METODIKA

Spôsob využitia, poprípade zneškodnenia závisí od konkrétneho zloženia gudrónov. Ide o špecifický druh odpadu, kde je potrebná podrobná analýza fyzikálno-chemických vlastností, analýza prítomných látok, toxikologické vlastnosti a pod.

Vzorku gudrónového odpadu sme analyzovali z hľadiska základných fyzikálno-chemických vlastností. Medzi základné fyzikálno-chemické ukazovatele zaraďujeme pH, vodivosť, stanovenie sušiny, straty po žíhaní a chemickú spotrebu kyslíka. Pred samotným stanovením bolo potrebné vzorku odobrať a pripraviť na analýzu. Analyzovali sme gudrónový odpad, ale aj zrážkovú odpadovú vodu z povrchu gudrónov.

Odber vzoriek

Vzorka gudrónov a vzorka zrážkovej odpadovej vody bola odoberaná zo skládky Predajná I. Vzorka gudrónov bola odoberaná z vrchnej vrstvy z hĺbky približne 0,5 m pod hladinou, čím sa minimalizoval vplyv pôsobenia zrážkovej vody na kvalitu, zloženie a jednotlivé vlastnosti odpadu.

Na odber vzorky gudrónov sa použilo UDS čerpadlo. Odber bol uskutočnený pracovníkom Petrochemy, ktorý disponuje odbornou spôsobilosťou. Odber vzorky odpadovej vody sa uskutočnil *podľa normy STN ISO 566-10 Kvalita vody. Odber vzoriek. Časť 10: Pokyny na odber vzoriek odpadových vôd*.

Vlastná laboratórna analýza

Príprava výluhu

Výluhy boli pripravené priamym navážením 50 g vzorky gudrónového odpadu predtým dokonale homogenizovaného v trecej miske a doplnením 0,5 l príslušného vylúhovadla (destilovaná voda). Takto pripravená vzorka bola premiešaná v časovom horizonte 24 h v laboratórnej trepačke.

Stanovenie sušiny

Stanovenie sušiny *podľa normy STN EN 143-46 Charakterizácia odpadov*. Výpočet sušiny pomocou stanovenia suchého zvyšku alebo obsahu vody. Stanovenie sušiny je

dôležitý parameter pri určovaní množstva kontaminantov na sušinu, taktiež pri určovaní možnosti zneškodňovania odpadu spaľovaním.

Približne 5 g vzorky sa sušilo pri teplote 105 °C percentuálne straty vodného podielu sme vypočítali ako podiel hmotnosti vysušenej vzorky a hmotnosti vzorky pred sušením. Výsledok sa hodnotí v %.

Stanovenie straty po žíhaní

Stanovenie straty žíhaním *podľa normy STN EN 151-69 Charakterizácia odpadov*. Stanovenie straty žíhaním v odpade, kale, sedimentoch. Stanovením straty žíhaním sme určili straty prchavých organických látok v sušine analyzovaného odpadu pri vysokej teplote.

Približne 5 g vzorky sa žíhalo v Mufflovej peci pri teplote 550 °C. Po dosiahnutí konštantnej hmotnosti sa vypočítala strata žíhaním ako rozdiel hmotnosti sušiny pri 105 °C a hmotnosti navážky po žíhaní pri 550 °C podelený hmotnosťou sušiny pri 105 °C. Výsledok sa hodnotí v %.

Stanovenie pH

Stanovenie pH *podľa normy EN 161-92 analýza výluhov Charakterizácia odpadov*. Stanovenie pH gudrónov je dôležité, pretože gudrón je silne alkalický odpad. Analýzou pH zisťujeme možný vplyv gudrónov na pH okolitého prostredia (povrchová voda, pôda). Alkalitu gudrónov a odpadovej vody z povrchu gudrónov sme zisťovali potenciometrickým meraním. Acidita nám hovorí o obsahu kyslých alebo bázických chemických látok.

Stanovenie pH odpadovej vody

Stanovenie pH odpadovej vody z povrchu gudrónov *podľa normy STN EN ISO 105-23 Kvalita vody. Stanovenie pH*.

Stanovenie pH odpadovej vody, nachádzajúcej sa na povrchu skládky je nevyhnutné z hľadiska rizika pre okolitú pôdu, povrchovú vodu a taktiež pre faunu (nálety vtákov, zdroj vody pre živočíchy). Vysoké riziko pretrhnutia hrádze a úplnej kontaminácie okolitého prostredia (odpadová voda predstavuje niekoľko tisíc m³).

Stanovenie množstva kyslíka (CHSK_{cr})

Stanovením CHSK_{cr} sme zistili množstvo kyslíka, potrebného pre úplnú oxidáciu všetkých látok, to znamená stanovenie znečistenia vzorky odpadu organickými aj anorganickými látkami *podľa normy STN ISO 757-368 stanovenie chemickej spotreby kyslíka (CHSK_{cr})*. Hodnota CHSK sa vyjadruje v jednotkách hmotnostnej koncentrácie (mg.l⁻¹). Metóda je založená na oxidácii organických látok dichrómanom draselným v prostredí kyseliny sírovej za prítomnosti strieborných a ortuťnatých iónov. Množstvo spotrebovaného dichrómanu draselného sa zistí titráciou roztoku síranu diamónno-železnatého na indikátor ferroin.

Stanovenie vodivosti

Vodivosť sme stanovovali *podľa normy STN EN 278-88 Kvalita vody. Stanovenie elektrolytickej vodivosti*. Stanovením elektrolytickej vodivosti sme zistili odhad koncentrácie rozpustených látok a celkovej mineralizácie vzorky. Vodivosť bola stanovovaná konduktometrom pri teplote 23,0 °C (koeficient vodivosti pri t_{23 °C} = 1,044).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Vyhodnotenie výsledkov nameraných hodnôt základných fyzikálno-chemických vlastností gudrónového odpadu a odpadovej vody

Tab. 1 Vybrané fyzikálno-chemické ukazovatele gudrónov

	Sušina [%]	Zvyšok po žihaní [%]	pH (výluh)	pH vrchnej vodnej vrstvy	ChSK _{cr} [mg.l ⁻¹] (výluh)	Vodivosť (výluh)
Analyzovaná vzorka	33,53	1,50	1,91	2,10	1970	9,22

Podiel sušiny vzorky odpadu zo skládky Predajná I sa pohybuje v hodnote 33,53 ±0,2 %. Z nízkej výslednej hodnoty sušiny vyplýva, že analyzovaná vzorka odpadu vykazuje vysokú mieru vlhkosti (cca 66,5%) a v prípade spaľovania, kedy sa vyžaduje obsah vlhkosti pod 50% je nutné odpad upraviť z hľadiska obsahu popolovín (1,5%) odpad vyhovuje podmienkam spaľovania, t.j. obsah popolovín menší než 60%.

Ďalšie parametre boli stanovené vo výluhu, ktorý vykazuje výraznú kyslosť (pH 1,91), čo je spôsobené zvyškami kyseliny sírovej. Obsah organických látok vo výluhu sme stanovili ako ChSK_{cr}, vysoká hodnota naznačuje (1970 mg.l⁻¹) schopnosť vyluhovať organické látky do vody. Nízka vodivosť výluhu gudrónového odpadu (9,22 mS.cm⁻¹) poukazuje na obsah rozpustených látok a celkovú mineralizáciu vzorky.

Z hľadiska možného ohrozenia okolitého prostredia je dôležitá aj analýza vrchnej vodnej vrstvy gudrónového odpadu, z predbežných výsledkov vyplýva, vysoká kyslosť pH=2,1), ktorá korešponduje s výluhom.

ZÁVER

Z rôznych zdrojov - vypracovaných štúdií je zrejmé, že rizikovosť jednotlivých látok obsiahnutých v gudrónových odpadoch je vysoká a záťaž neustále ohrozuje okolité prostredie. Obe skládky gudrónov boli zaradené do zoznamu lokalít s vysokou a strednou prioritou odporúčaných MŽP SR na monitorovanie (Štátny Program Sanácie Environmentálnych Zátŕaží, 2016–2021).

Stanovenie základných fyzikálno-chemických ukazovateľov je dôležitým prvotným krokom pre analýzu možností zneškodnenia popri prípade využitia gudrónového odpadu.

Pre zhodnotenie výsledkov a navrhnutia vhodných riešení využitia alebo zneškodnenia gudrónového odpadu z obce Predajná je potrebné vykonať podrobné analýzy zloženia tohto konkrétneho druhu odpadu. Prieskum je potrebné spracovať aj pre odpadovú zrážkovú vodu z povrchu gudrónových jám, z dôvodu vysokej rizikovosti pre okolité prostredie. Je vhodné doplnenie poznatkov z pohľadu biodegradability a ekotoxikologických vlastností gudrónov, ktoré v literatúre absentujú.

LITERATÚRA

Atlas sanačných metód dostupný na: <http://envirozataze.enviroportal.sk/atlassanmetod> [cit. 14.5.17]

BIENIK, J., 1982. Ropa, zemný plyn a životné prostredie. ALFA Bratislava. 23s.

HORVÁTHOVÁ, T., 2014. *Getechnical model of goudron landfills*. In: Nové poznatky v geotechnickom inžinierstve. Kočovce. STU Bratislava. 91–100 s. ISBN 978-80-227-41231.

KRENÍKOVÁ, V., 2014. *Odpady a druhotné suroviny*. Fakulta životního prostředí Univerzita J. E. Purkyně Ústí nad Labem. 70s. ISBN 978-80-7414-869-9

MAĐAR, I., 2010. *Spracovanie kyslých ropných kalov, gudrónov procesom Blowdec so súčasnou recykláciou uhľovodíkov*. Bratislava. Copyright

MICHAELI, E., BOLTIŽIAR, M., 2010. *Vybrané lokality environmentálnych záťaží v Slovenskej republike*. Košice: Geographia Cassoviensis IV. 114–117 s. ISSN 1337-6748.

MŽP SR Sekcia geológie a prírodných zdrojov, SAŽP: Štátny program environmentálnych záťaží (2016–2021). 109–129 s.

OLLEROVÁ, H., 2004. *Flóra a vegetácia stanovišť ovplyvnených ropnými látkami v oblasti Petrochema Dubová*. Zvolen: Technická Univerzita vo Zvolene–vedecká štúdia. 8–13 s. ISBN 80-228-1428-8.

OLLEROVÁ, H., SAMEŠOVÁ, D., 2008. *Revitalization of gudrons lanfill with the emphasis on the choice of plant species*. In: *Studia Oecologica*. Zvolen. TUZVO. 75 s. ISSN 1802-212

OSTROLUCKÝ, J., et al., 1986: *Predajná I a II – sledovanie zmien znečistenia*. Záverečná správa. Košice, 1986.

RICHTER, M., *Energetické využití ropných kalů*. Fakulta životního prostředí Univerzity J.E Purkyně. Ústí nad Labem. 1-4s.

SAMEŠOVÁ, D., et al., 2003. *Odpady z kyslej rafinácie ropy v životnom prostredí*. In: *Zborník príspevkov Banskštiavnické dni*. KCH Banská Bystrica. 216-217 s.

SAMEŠOVÁ, D., TOLGYESSY, J., PIATRIK, M., 2007. *Nakladanie s nebezpečným odpadom v petrochemickom kombináte*. 111-120 s.

SEKULA, P., *Projekt geologickej úlohy: Sanácia environmentálnej záťaže- kameňolom srdce*. Bratislava. Devínska Nová Ves.

SOLDÁN, M., 2013. *Analysis of surface layer of acid tar ponds in area Predajná I and Predajná II*. Science, education, production in solving environmental problems. Ufa State Aviation Technical University. 100 s. ISBN 978-5-4221-0498-1.

ŠÁLKOVSKÁ, Z., 2009. *Nakladanie s odpadmi zo spracovania ropy v a. s. Petrochema Dubová*. Zvolen. Technická Univerzita vo Zvolene, diplomová práca. 31–65 s.

Technológia BlowDec dostupná na: www.blowdec.sk [cit. 14.5.17]

ADRESA AUTORKY

Ing. Ivana Knapcová, Katedra Environmentálneho inžinierstva, Fakulta ekológie a environmentalistiky Technickej univerzity vo Zvolene; T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen; Slovensko; ivcanknapcova@gmail.com

IDENTIFIKÁCIA KĹÚČOVÝCH NÁSTROJOV PRE VYKONÁVANIE IMK V OKRESE BANSKÁ ŠTIAVNICA

Monika Offertálerová

ABSTRACT

IDENTIFICATION OF KEY TOOLS FOR ILM IMPLEMENTATION IN THE BANSKÁ ŠTIAVNICA DISTRICT

The paper is aimed on clarification of initial state of integrated landscape management (ILM) implementation in the model district Banská Štiavnica in context its key institutional tools and assumptions of comprehensive and whole-area spatial-organizational land care. The aspiration of the scientific paper is strengthen current position of the institutional tools of the integrated landscape management (especially of Territory Plan, Landscape-Ecological Plan, Sub-Basin Management Plan and following Flood Risk Management Plan, Land Consolidation Project, Forest Care Program, Territorial System of Ecological Stability Project, Program of Care for Protected Area) as the basic tools of spatial organization landscape and for securing sustainable development. The main result of the present paper is the identification of the cadastral areas in Banská Štiavnica district, which meet the conditions for a implementation of integrated landscape management.

Key words: landscape, geosystem, integrated management, spatial-planning tools, sustainable development.

ÚVOD

Integrovaný manažment krajiny (IMK) možno považovať za jeden z najaktuálnejších cieľov aplikovaných krajinnno-ekologických metód, založených na geosystémovom prístupe ku krajine. Teória geosystému znie: „je to súbor prvkov geografickej sféry a ich vzájomných vzťahov každého s každým“ (Drdoš et al. 1995). Ako uvádza Miklós (2009) nazerajúc na krajinu ako geosystém vieme pre IMK naformulovať základné tézy, ktoré možno zhrnúť nasledovne:

- Všetky činnosti človeka sa musia zmestiť na danej úrovni do toho istého priestoru.
- Ak činnosti poškodia jednu zložku životného prostredia, poškodia sa aj ostatné. Poškodí sa aj celková funkčnosť, celková ekologická kvalita, resp. stabilita krajiny.
- Ak uplatníme optimálne opatrenie na ochranu krajiny ako celku, chránime tým všetky zložky životného prostredia naraz, napr. ak uplatníme optimálne umiestnenie zelene, lúk, pasienkov, chránime tým súčasne biodiverzitu, pôdy pred eróziou, akumuláciou materiálu, odtok vody, kvalitu vody a pod.

Vychádzajúc z uvedených téz musí byť krajina manažovaná uplatnením integrovaného prístupu, ktorý ju poníma ako integráciu všetkých prírodných zdrojov v určitom priestore.

Priestor predstavuje zjednocujúci rámec, na ktorom sa tieto zdroje vyskytujú ako vzájomne sa prelínajúce vrstvy (Izakovičová, 2007). Definícia krajiny ako geosystému v súčasnosti napĺňa požiadavky odborných, vedeckých a tiež politických kruhov. V kontexte geosystémovej teórie je krajina výstižne definovaná zákonom č. 237/2000 Z. z. o územnom plánovaní a stavebnom poriadku v znení neskorších predpisov, a to nasledovne: „krajina je komplexný systém priestoru, polohy, georeliéfu a ostatných navzájom funkčne prepojených prirodzených a človekom pretvorených alebo vytvorených hmotných prvkov, najmä geologického podkladu a pôdotvorného substrátu, ovzdušia, vodstva, pôdy, rastlínstva a živočíšstva, umelých objektov a prvkov využitia územia, vrátane ich vzájomných vzťahov, ktoré vyplývajú zo sociálno-ekonomických javov v krajine“. Takáto definícia umožňuje využiteľnosť koncepcie IMK v priestorovo-plánovacej praxi.

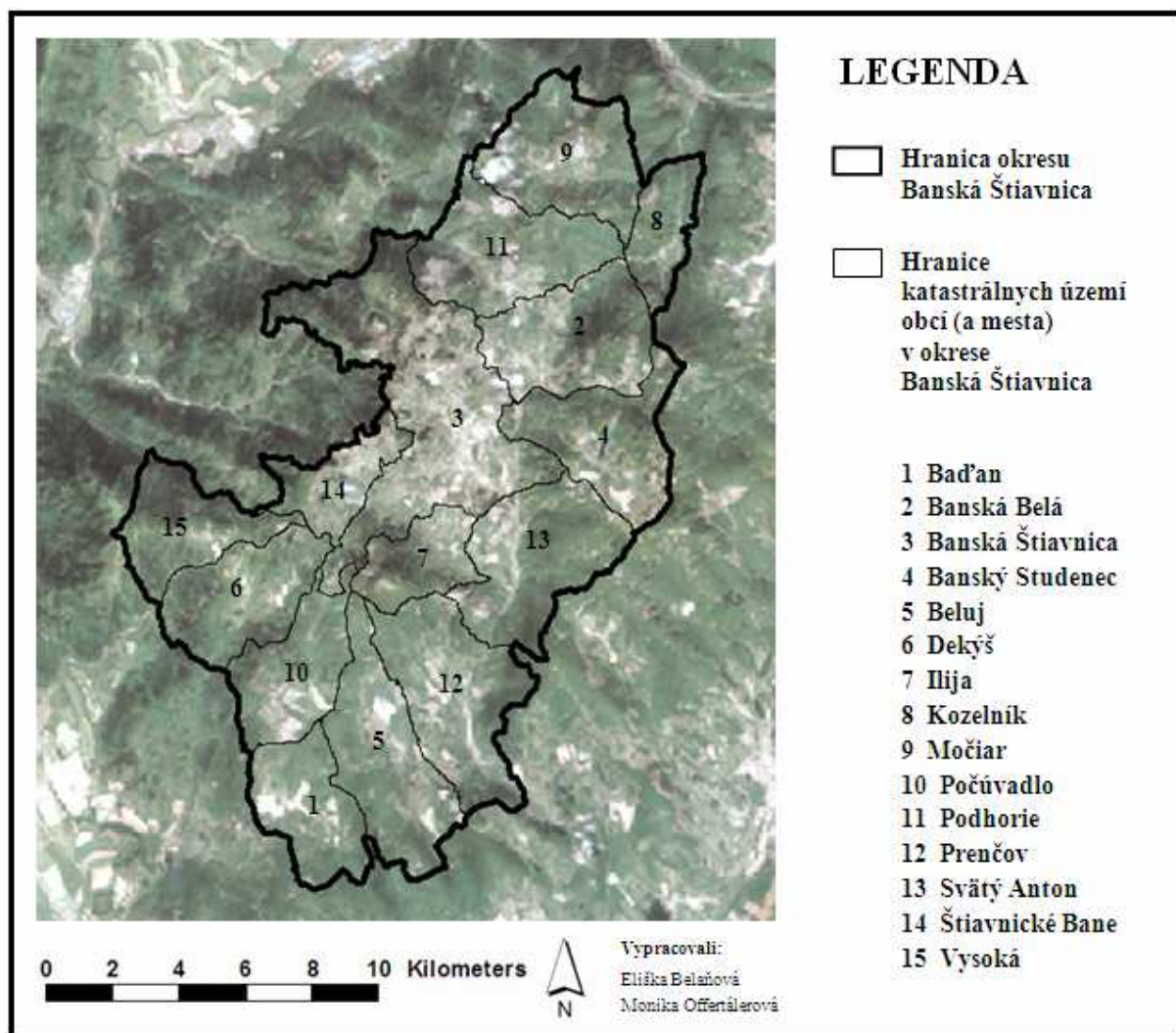
Na území Slovenska máme vhodné inštitucionálne nástroje na vykonávanie IMK, ktoré realizujeme prostredníctvom záväzných priestorovo-plánovacích dokumentácií. Avšak ako uvádzajú vo svojich publikáciách viacerí domáci autori (Miklós, Belaňová, Kočická, Diviaková, 2011; Miklós, Diviaková, Izakovičová, 2011), i napriek právnej podpore sú tieto nástroje v priestorovo-plánovacích procesoch nedostatočne uplatňované. Vychádzajúc z práce Diviaková (2010) základným predpokladom IMK ako aj prepojujúcim článkom jednotlivých dokumentov pre potreby priestorovo-plánovacej praxe je moderná koncepcia ÚSES, ktorá pozornosť upriamuje na krajinno-ekologické limity a regulatívy územného rozvoja. Práve uvedená koncepcia by mala byť premietnutá do všetkých nástrojov IMK.

Cieľom našej práce bolo identifikovať katastrálne územia v okrese Banská Štiavnica, ktoré spĺňajú požiadavky pre riadny výkon integrovaného manažmentu krajiny v praxi. Preto sme sa zameriavali na overenie existencie pre IMK rozhodujúcich priestorovo-plánovacích nástrojov (vrátane nástroja ÚSES) v jednotlivých obciach a meste okresu Banská Štiavnica.

MATERIÁL A METÓDY

Modelovým územím pre analýzu manažmentových nástrojov priestorovej organizácie krajiny je okres Banská Štiavnica o rozlohe 292,2 km², s výškovým rozpätím 210 m n. m. - 1009 m n. m. a počtom obyvateľov 16 367 (údaj platný ku dňu 31. 12. 2014), (Štatistický úrad Slovenskej republiky, 2014). V zmysle administratívneho členenia Slovenskej republiky je okres situovaný v juhozápadnej časti Banskobystrického kraja a susedí s 5 okresmi: Žarnovica, Žiar nad Hronom, Zvolen, Krupina a Levice. Tvorí ho 14 obcí a 1 mestské sídlo Banská Štiavnica, ktoré plní funkciu správneho sídla.

Mapové znázornenie vymedzenia záujmového územia vrátane jeho katastrálnych území, ktoré sme podrobili analýze rozhodujúcich nástrojov pre IMK, prezentuje nasledujúci obrázok (Obr. 1).



**Obr. 1: Vymedzenie modelového územia a jeho katastrálnych území
(Podklad pre vypracovanie mapovej ukážky: LGIS)**

V zmysle geomorfologického členenia SR (Mazúr, Lukniš, 1986) modelové územie leží v centrálnej časti Štiavnických vrchov, ktoré orograficky patria do sústavy stredoslovenských vulkanických pohorí. Ide o najväčšie sopečné pohorie Slovenskej republiky, ktoré spolu s okolitými krajinnými celkami, t. j. Krupinskou planinou a Pliešovskou kotlinou na juhu a juhovýchode, Pohronským Inovcom a Žiarskou kotlinou na západe, Kremnickými vrchmi a Zvolenskou kotlinou na severe tvoria časť subprovincie - vnútorné Západné Karpaty, predstavujúcu oblasť s názvom Slovenské stredohorie. Modelové územie je v strednej a južnej časti tvorené Sitnianskou vrchovinou so Štiavnickou a Prenčovskou brázdou, na východe Skalkou a na severe Hodrušskou hornatinou s Vyhnianskou brázdou.

Z hľadiska opisu hydrologických pomerov je modelové územie odvodňované Hronom a Ipľom. Európskou zvláštnosťou hydrografického významu je vodohospodársky systém umelých vodných nádrží tzv. tajchov, pričom asi zo 60-tich sa v minulosti pre potreby banskej prevádzky využívalo zhruba 50. Dnes predstavujú významné kultúrno-technické pamiatky s rekreačnou funkciou (Kelemen, Lehotský, 1986).

V správnom sídle okresu, v meste Banská Štiavnica a v jej okolí sa zachovali viaceré pamiatky z dôb ťažby drahých kovov, t. j. od prvej známky povrchovej ťažby z čias Keltov až po nedávnu minulosť ťažby polymetalických rúd s obsahom olova, medi, zinku, striebra či zlata. Historické mesto Banská Štiavnica a technické pamiatky v jej okolí boli 9. decembra

1993 zapísané do Zoznamu svetového kultúrneho a prírodného dedičstva UNESCO ako potvrdenie ich výnimočnej hodnoty, ktorá si zasluhuje ochranu v prospech celého ľudstva.

Na modelovom území sme sa zaoberali identifikáciou priestorovo-plánovacích nástrojov IMK, konkrétne analýzou všetkých katastrálnych území z hľadiska vypracovanosti rozhodujúcich dokumentácií. Reálnu dostupnosť nástrojov priestorovej organizácie krajiny sme zisťovali jednotlivo, pre každé katastrálne územie zvlášť, pričom v centre našej pozornosti boli nasledujúce nástroje IMK:

- platná územno-plánovacia dokumentácia,
- krajinno-ekologický plán,
- miestny územný systém ekologickej stability,
- program hospodárskeho a sociálneho rozvoja,
- program starostlivosti o lesy,
- projekt pozemkových úprav,
- plán manažmentu čiastkového povodia,
- regionálny územný systém ekologickej stability.

S cieľom zistiť, akými územno-plánovacími dokumentáciami, krajinno-ekologickými podkladmi, programami a projektmi tvorby a starostlivosti o krajinu jednotlivé katastrálne územia modelového okresu prakticky disponujú, sme oslovili jednak príslušné samosprávy (14 obecných úradov a 1 mestského), a jednak niektoré v tomto smere zainteresované inštitúcie (najmä pozemkový a lesný odbor v Žiari nad Hronom a Národné lesnícke centrum vo Zvolene). Ďalšie informácie sme preberali z dostupných relevantných zdrojov a informačných portálov, napr. Portál o obciach a mestách na Slovensku, Informačný portál rezortu Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky a Centrálny odborný portál pre samosprávu. Získané informácie sme považovali za primárny zdroj údajov. Vo výsledkoch práce sme uvedené poznatky spracovali formou tabuľky (Tab. 1) a následne sme vyhodnotili stav vo vypracovanosti dokumentácií pre IMK.

Treba doplniť, že vyššie uvedené inštitucionálne nástroje IMK sú právne podporené príslušnými legislatívnymi predpismi Slovenskej republiky:

- Zákon č. 50/1976 Zb. o územnom plánovaní a stavebnom poriadku (stavebný zákon) v znení neskorších predpisov, najmä v znení tzv. „zazeleneného“ zákona č. 237/2000 Z. z.,
- Zákon č. 543/2002 Z. z. o ochrane prírody a krajiny v znení neskorších predpisov,
- Zákon č. 326/2005 Z. z. o lesoch v znení neskorších predpisov,
- Zákon č. 330/1991 Zb. o pozemkových úpravách, usporiadaní pozemkového vlastníctva, pozemkových úradoch, pozemkovom fonde a o pozemkových spoločenstvách v znení neskorších predpisov,
- Zákon č. 364/2004 Z. z. o vodách v znení neskorších predpisov (vodný zákon),
- Zákon č. 7/2010 Z. z. o ochrane pred povodňami v znení neskorších predpisov.

Tieto predpisy vo svojich ustanoveniach ukladajú povinnosť pri vypracovaní jednotlivých dokumentov a podkladov rešpektovať krajinno-ekologické limity a regulatívy územného rozvoja, čím vytvárajú vhodné podmienky pre reálny výkon IMK. Právne nástroje sa tak bez pochyby zameriavajú na komplexnú starostlivosť o životné prostredie v zmysle krajinno-ekologickej optimalizácie priestorovej organizácie a využívania krajiny. V kontexte legislatívnej podpory pre jednotlivé priestorové nástroje IMK je potrebné poukázať i na skutočnosť, že zákon, ktorý by komplexne pokrýval túto problematiku na území Slovenskej republiky doposiaľ ešte nemáme prijatý. Z hľadiska integrovanej starostlivosti o krajinu ho potrebujeme, a preto je oprávnené zamýšľať sa nad prijatím samostatného zákona o krajinnom plánovaní, ktorý by predstavoval (Miklós, Špinerová, 2011):

- integrovaný priemet všetkých záujmov ochrany prírody, krajiny a životného prostredia,
- zjednotený súhrn záväzných regulatívov starostlivosti o životné prostredie pre správne konania,
- zjednotený podklad pre všetky druhy priestorových plánovacích procesov.

VÝSLEDKY

Výsledky analýzy 14 obcí a 1 mesta okresu Banská Štiavnica z hľadiska vypracovanosti rozhodujúcich dokumentácií pre reálne vykonávanie IMK, znázorňuje nasledujúci výstup (Tab. 1).

Tab. 1: Prehľad vo vypracovaní vybraných nástrojov IMK na území 14 obcí a 1 mesta okresu BŠ

Inštitucionálne nástroje IMK	platný ÚPN	LANDEP	MÚSES	PHSR	PSL	PPÚ	PMP	RÚSES
Katastrálne územia okresu BŠ								
Banská Štiavnica	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Banská Belá	✓	✓	✓	✓	✓	prebieha	✓	✓
Banský Studenec	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✓	✓
Baďan	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✓
Beluj	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✓
Dekýš	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✓	✓
Ilija	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✓
Kozelník	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✓
Močiar	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✓
Podhorie	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Počúvadlo	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✓
Prenčov	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓
Svätý Anton	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓
Štiavnické Bane	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Vysoká	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✓	✓

Vysvetlivky: IMK – integrovaný manažment krajiny, BŠ – Banská Štiavnica, ÚPN – územný plán, LANDEP – krajinno-ekologický plán, MÚSES – miestny územný systém ekologickej stability, PHSR – program hospodárskeho a sociálneho rozvoja, PSL – program starostlivosti o lesy, PPÚ – projekt pozemkových úprav, PMP – plán manažmentu čiastkového povodia, RÚSES – regionálny územný systém ekologickej stability.

Ďalšie tabuľky upresňujú stav vo vypracovaní jednak procesne časovo náročných Projektových dokumentácií pozemkových úprav (Tab. 2) a jednak nepretržite spracovávaných Programov starostlivosti o lesy (Tab. 3).

Tab. 2: Priebeh etáp v konaní pozemkových úprav vo vybraných katastrálnych územiach okresu BŠ

K. ú. okresu BŠ	Nariadenie PÚ	Schválenie RPS	Schválenie VZFÚ	Platnosť ZÚNP	Schválenie PPÚ	Vykonanie PPÚ
Banky (súčasť BŠ)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Štiavnické Bane	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Žakýl (súčasť obce Podhorie)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
extravilán k. ú. Banská Belá	✓	✓	✓	✓	✗	✗

Vysvetlivky: BŠ – Banská Štiavnica, PÚ – pozemkové úpravy, RPS – register pôvodného stavu, VZFÚ – všeobecné zásady funkčného usporiadania územia (predchádza im vypracovanie MÚSES), ZÚNP – zásady pre umiestnenie nových pozemkov, PPÚ – projekt pozemkových úprav, k. ú. – katastrálne územie.

Tab. 3: Platnosť programov starostlivosti o lesy pre lesné hospodárske celky nachádzajúce sa na území okresu BŠ

K. ú. okresu BŠ	LHC	platnosť PSL
Banská Štiavnica	Banská Štiavnica	2008 - 2017
	Antol	2011 - 2020
	Kysihýbeľ	2008 - 2017
	Hliník	2008 - 2017
Banská Belá	Banská Štiavnica	2010 - 2019
Banský Studenec	Kysihýbeľ	2008 - 2017
	Dobrá Niva	2010 - 2019
	Banská Štiavnica	2010 - 2019
Bad'an	Ladzany	2011 - 2020
Beluj	Ladzany	2011 - 2020
	Antol	2011 - 2020
Dekýš	Bohunice	2015 - 2024
Ilija	Antol	2011 - 2020
Kozelník	Banská Štiavnica	2010 - 2019
Močiar	Banská Štiavnica	2010 - 2019
	Jalná	2008 - 2017
	Hliník	2008 - 2017
Podhorie	Hliník	2008 - 2017
	Banská Štiavnica	2010 - 2019
Počúvadlo	Bohunice	2015 - 2024
	Antol	2011 - 2020
Prenčov	Antol	2011 - 2020
Svätý Anton	Antol	2011 - 2020
Štiavnické Bane	Banská Štiavnica	2008 - 2017
	Žarnovica	2008 - 2017
Vysoká	Žarnovica	2008 - 2017
	Devičany	2006 - 2015

Vysvetlivky: BŠ – Banská Štiavnica, LHC – lesný hospodársky celok, PSL – program starostlivosti o lesy, k. ú. – katastrálne územie..

Na základe výsledkov interpretovaných v Tab. 1 – Tab. 3 vieme demonštrovať, ktoré katastrálne územia v rámci modelového okresu, najviac vyhovujú požiadavkám koordinácie priestorových nástrojov starostlivosti o územie, uplatnením ktorých sa v praxi zabezpečuje vykonávanie IMK.

Kritériom, na základe ktorého sme vyseletovali územia s najväčším predpokladom pre reálne vykonávanie IMK bolo disponovať piatimi najintegrujúcejšími nástrojmi priestorovej organizácie krajiny, ktorými sú:

- územno-plánovacia dokumentácia,
- projekt pozemkových úprav,
- krajinno-ekologický plán,
- miestny územný systém ekologickej stability,
- program starostlivosti o lesy.

Uvedenému kritériu v rámci 14 obcí a 1 mesta v okrese Banská Štiavnica celkovo vyhovovali iba 3 katastrálne územia, t. j.:

- katastrálne územie Banky v meste Banská Štiavnica,
- katastrálne územie Žakýl v obci Podhorie,
- katastrálne územie obce Štiavnické Bane.

ZÁVER

Z výsledkov práce vyplýva, že len tri katastrálne územia modelového územia spĺňajú východiskový predpoklad pre vykonávanie integrovaného manažmentu krajiny. Prvým predpokladom toho, aby bol IMK reálne vykonávaný v každom katastrálnom území okresu Banská Štiavnica je zabezpečiť, aby daná obec disponovala dokumentáciami, o ktorých sme sa podrobne zmieňovali vo výsledkovej časti práce. V rámci modelového územia bude preto potrebné aj v ostatných katastrálnych územiach chýbajúce dokumenty dodatočne vypracovať. Po analýze rozhodujúcich nástrojov pre IMK môžeme uskutočniť druhú etapu výskumu, zameranú na kvalitatívne hodnotenie uplatnenia krajinno-ekologických limitov a regulatívov územného rozvoja v modelovom území. Reálnym výstupom efektívneho vykonávania IMK formou priestorovo-plánovacích nástrojov bude krajinno-ekologicky optimálne priestorové usporiadanie a funkčné využívanie záujmového územia.

LITERATÚRA

BELAŇOVÁ, E., 2014: Krajinno-ekologické aspekty integrovaného manažmentu krajiny v územnom pláne a v projekte pozemkových úprav. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 191 s.

DIVIAKOVÁ, A., 2010: Hodnotenie líniových formácií nelesnej drevinovej vegetácie pre potreby územných systémov ekologickej stability: modelové územie: kataster obce Žibritov - Štiavnické vrchy. Harmanec: VKÚ, 118 s.

DRDOŠ, J., MIKLÓS, L., et al. 1995: Základy krajinného plánovania. 1. vyd. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 172 s.

IZAKOVIČOVÁ, Z., 2007: K manažmentu krajiny treba pristupovať komplexne. Zvolen: EM DESIGN, 20-21 s.

KELEMEN, A., et al. 1986: Štiavnické vrchy, turistický sprievodca ŠSSR. 1. vyd. Bratislava: Slovenské telovýchovné vydavateľstvo, 255 s.

MIKLÓS, L., et al. 2011: Integrovaný manažment krajiny: inštitucionálne nástroje. Harmanec: VKÚ, 143 s.

MIKLÓS, L., IZAKOVIČOVÁ, Z., 1997: Krajina ako geosystém. 1. vyd. Bratislava: Veda, vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied, 152 s.

MIKLÓS, L., DIVIAKOVÁ, A., IZAKOVIČOVÁ, Z., 2011: Ekologické siete a územné systémy ekologickej stability. Zvolen: Vydavateľstvo TU vo Zvolene, 141 s.

MIKLÓS, L., ŠPINEROVÁ, A., 2011: Krajinnno-ekologické plánovanie LANDEP: Landscape atlas of the Slovak Republic. 1. vyd. Harmanec: VKÚ, 159 s.

OFFERTÁLEROVÁ, M., 2013: Integrovaný manažment krajiny (IMK) - novodobá koncepcia starostlivosti o krajinu. In: *Enviro [online]*. Bratislava: Verlag Dashöfer, [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: http://www.enviro.sk/33/integrovaný-manazment-krajiny-imk-novodoba-koncepcia-starostlivosti-o-krajinu-uniqueidmRRWSbk196Fv3xOw8VyVmMepLMEoaDmqSrW68_zQPX5kg9-bMPOX8w/

RUŽIČKA, M., MIKLÓS, L., 1982: Landscape Ecological Planning (LANDEP) in The Process of Territorial Planning. Bratislava: Ekológia (CSSR). 3(1), 297-312 s.

Zákon č. 50 zo dňa 27. apríla 1976 o územnom plánovaní a stavebnom poriadku (stavebný zákon). Dostupné z: http://jaspi.justice.gov.sk/jaspiw1/htm_zak/jaspiw_mini_zak_zobraz_clanok1.asp?kotva=k1&skupina=1

Zákon č. 330 zo dňa 12. júla 1991 o pozemkových úpravách, usporiadaní pozemkového vlastníctva, pozemkových úradoch, pozemkovom fonde a o pozemkových spoločenstvách. Dostupné z: http://jaspi.justice.gov.sk/jaspiw1/htm_zak/jaspiw_mini_zak_zobraz_clanok1.asp?kotva=k1&skupina=1

Zákon č. 364 zo dňa 13. mája 2002 o vodách a o zmene zákona Slovenskej národnej rady č. 372/1990 Zb. o priestupkoch v znení neskorších predpisov (vodný zákon). Dostupné z: http://jaspi.justice.gov.sk/jaspiw1/htm_zak/jaspiw_mini_zak_zobraz_clanok1.asp?kotva=k1&skupina=1

Zákon č. 543 zo dňa 25. júna 2002 o ochrane prírody a krajiny. Dostupné z: http://jaspi.justice.gov.sk/jaspiw1/htm_zak/jaspiw_mini_zak_zobraz_clanok1.asp?kotva=k1&skupina=1

Zákon č. 326 zo dňa 23. júna 2005 o lesoch. Dostupné z: http://jaspi.justice.gov.sk/jaspiw1/htm_zak/jaspiw_mini_zak_zobraz_clanok1.asp?kotva=k1&skupina=1

Zákon č. 71 zo dňa 01. mája 2015 ktorým sa mení a dopĺňa zákon č. 7/2010 Z. z. o ochrane pred povodňami v znení zákona č. 180/2013 Z. z. Dostupné z: <http://zakony.judikaty.info/predpis/zakon-71/2015>

ADRESA AUTORKY

Monika Offertálerová, Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta ekológie a environmentalistiky, Katedra UNESCO pre ekologické vedomie a trvalo udržateľný rozvoj, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, monika.off@centrum.sk

MODELOVANIE IMISIÍ OXIDU UHOĽNATÉHO Z VYBRANÝCH ZDROJOV ZNEČISŤOVANIA OVZDUŠIA

Jozef Salva

ABSTRACT

IMMISION LOAD MODELING OF CARBON MONOXIDE FROM SELECTED SOURCES OF AIR POLLUTION

The current trend in the area of heat management in the Slovak Republic is the gradual dismantling of housing units from centralized heat supply and the installation of separate gas boiler combustion natural gas as a standard fuel. This article deals with the problem of disconnection of residential units from the central heat source, and the negative impacts of this phenomenon are evaluated by the pollutants in the form of carbon monoxide for the different heat supply variants at the site of the selected city.

Key words: air pollution modeling, carbon monoxide, gas boiler, heating plant, MODIM

ÚVOD

Problémovou oblasťou v rámci tepelného hospodárstva v Slovenskej republike. Je naďalej pretrvávajúce odpájanie bytových domov od centrálneho zásobovania teplom (CZT) a inštalácia individuálnych panelákových (domových) kotolní, spaľujúcich zemný plyn naftový (ZPN) ako palivové médium.

Z dôvodu stále sa zvyšujúceho počtu takýchto domových kotolní v husto zastavaných územiach (najmä sídliskách väčších miest a obcí Slovenska) je potrebné analyzovať spôsoby zásobovania teplom na základe porovnania CZT a decentralizovaného systému individuálneho vykurovania bytových jednotiek a ich vplyvu na životné prostredie a ľudské zdravie prostredníctvom imisného modelovania.

Cieľom tohto príspevku je zhodnotiť vplyv odpájania sa bytových jednotiek od CZT a dopady zriaďovania individuálnych panelákových kotolní na úrovni imisií oxidu uhoľnatého (CO). Komparácia týchto dvoch variantov zásobovania teplom z hľadiska imisného zaťaženia znečisťujúcimi látkami vo forme CO je vykonaná pre zvolenú rezidenčnú zónu mesta Zvolen a to sídlisko Zvolen – Sekier.

MATERIÁL A METÓDY

Vymedzenie porovnávaných stacionárnych zdrojov znečisťovania ovzdušia

Miera imisného zaťaženia z dvoch porovnávaných zdrojov zásobovania teplom je modelovaná ako uvažovaný stav, kedy by všetky bytové domy nachádzajúce sa na sídlisku Zvolen – Sekier boli zásobované teplom výlučne z CZT, ktorým je Tepláreň B s výkonom 199 MW, ktorú prevádzkuje spoločnosť Zvolenská teplárenská a. s.. Druhým variantom

je stav kedy by obyvatelia všetkých bytových domov na tomto sídlisku pristúpili k odpojeniu od CZT a každý bytový dom by si zriadil vlastnú kotolňu so sústavou plynových kondenzačných kotlov.

Obidve modelové situácie sú aplikované na jestvujúcu rezidenčnú zónu. Za týmto účelom bola zvolená lokalita sídliska Sekier v rámci katastrálneho územia mesta Zvolen. Lokalita bola vybraná z dôvodu vhodnej lokalizácie, neďalekej teplárne prevádzkovej spoločnosťou Zvolenská Teplárenská a.s. (uvažovaný typický CZT), čo je výhodné z hľadiska vzájomného porovnania imisných koncentrácií v jednotlivých referenčných bodoch vo výpočtovej oblasti.

Z pohľadu legislatívy Slovenskej republiky v oblasti ochrany ovzdušia, ktorá je vykonávaná zákonom č. 137/2010 Z. z. o ovzduší, resp. vykonávacími predpismi toho zákona (najmä vyhláškou č. 410/2012 Z. z.) ide o porovnanie veľkého zdroja znečisťovania ovzdušia (CZT) a viacerých malých zdrojov znečisťovania ovzdušia, nakoľko menovitý tepelný príkon žiadneho z plynových kotlov inštalovaných v sústave neprekračuje 300 kW (uvedená hodnota predstavuje hraničný menovitý tepelný príkon pre stredné zdroje znečisťovania ovzdušia) [1, 2, 3].

Na veľké zdroje znečisťovania ovzdušia sa vzťahujú prísne legislatívne predpisy (najmä emisné limity) a kontroly zo strany kompetentných orgánov štátnej správy. V prípade malých zdrojov znečisťovania ovzdušia neexistuje v legislatíve Slovenskej republiky prakticky žiadny kontrolný mechanizmus regulácie a obmedzovania emisií škodlivín z týchto zariadení [2, 3].

Princíp imisného modelovania a použitý výpočtový program

Imisné modelovanie predstavuje štandardne využívaný nástroj v procese posudzovania vplyvov na životné prostredie (EIA), kedy sa ako prílohou dokumentácia vypracováva imisno-prenosové posúdenie danej stavby, ďalej pri stavebnom povolení procese, pri hodnotení rizík alebo plánovaní postupov v prípade nehôd na zdroji znečisťovania ovzdušia. V súčasnosti je k dispozícii viacero modelov, z ktorých medzi najpoužívanejšie možno zaradiť modely ISC a CFD. Model ISC umožňuje modelovanie rozptylu emisií znečisťujúcich látok pri využití princípov Gaussovskej rovnice rozptylu dymovej vlečky, Pasquill-Giffordových parametrov stability atmosféry a tiež Briggsových rovníc pre výpočet zdvihu dymovej vlečky [2].

Za účelom modelovania imisného zaťaženia z porovnaných zdrojov znečisťovania ovzdušia je použitý výpočtový program WINMODIM vo verzii MODIM - EXPERT, ktorý bol vyvinutý spoločnosťou ENVITECH. Program je založený na metodike US EPA – ISC2 (disperzný model ISC 2) [2].

Vstupné údaje imisného modelovania

Hodnotenie imisnej záťaže rezidenčnej zóny Zvolen – Sekier z dvoch variantov zásobovania teplom bytových domov (zdrojov znečisťovania ovzdušia), je realizované na úrovni znečisťujúcich látok vo forme CO.

Oxid uhoľnatý predstavuje toxický plyn, ktorý vzniká pri nedokonalom spaľovaní a je súčasťou spalín spaľovacích procesov fosílnych palív. Je toxický a preniká do krvi dýchacím traktom, viaže sa na červené krvné farbivo za vzniku tzv. karboxylhemoglobínu, ktorý stráca schopnosť prenosu kyslíka. Následkom je znížený prívod kyslíka do tkanív. Organizmus však dokáže tolerovať pomerne vysoké koncentrácie bez príznakov zdravotného poškodenia. Na CO sú najcitlivejšie tehotné ženy a ich plody, ďalej malé deti, osoby s ochoreniami srdcovo-cievneho aparátu a staré osoby [4].

Limitné a cieľové hodnoty imisí základných znečisťujúcich látok na ochranu zdravia ľudí a termíny ich dosiahnutia sú riešené v prílohe k vyhláške MŽP SR č. 244/2016 Z. z. o kvalite ovzdušia [5].

Pre proces imisného modelovania je vzhľadom na relatívnu nízku odstupovú vzdialenosť teplárne od riešenej rezidenčnej zóny (priemerná vzdialenosť sídliska Sekier predstavuje približne 1,5 km juhozápadným smerom) použitá výpočtová oblasť s rozmermi 2 500 x 2 500 m a krokom 250 m v oboch smeroch, čím dôjde k vytvoreniu uzlovej siete výpočtových bodov.

V rámci rezidenčnej zóny Zvolen – Sekier boli zvolené referenčné body s označením R1 až R6, vhodne umiestnené v sieti uzlových bodov. Pri umiestňovaní referenčných bodov sa berie do úvahy rozmiestnenie jednotlivých sídelných jednotiek v rámci sídliska Sekier, pričom cieľom je komplexné zhodnotenie imisných koncentrácií hodnotených znečisťujúcich látok v celom priestore rezidenčnej zóny.



Obr. 1 Umiestnenie referenčných bodov v rámci výpočtovej oblasti

Z hľadiska klimatologických podmienok sa územie nachádza v oblasti s prevládajúcim severným vetrom s priemernou rýchlosťou vetra $3,2 \text{ m.s}^{-1}$. Pre potreby modelového výpočtu je použitá veterná ružica meteorologickej stanice Sliach [6].

V procese modelovania imisného zaťaženia zvolenej rezidenčnej zóny sa modelovanie pre pole priemerných ročných koncentrácií vykonáva pri neutrálnych rozptylových podmienkach a priemernej rýchlosti vetra počas roka v zmysle údajov použitej veternej ružice. Nakoľko ide o priame porovnanie miery imisného zaťaženia z uvažovaných zdrojov znečisťovania ovzdušia (variantov zásobovania teplom) požadované koncentrácie ako vstupný údaj imisného modelovania nie sú potrebné.

Z hľadiska vstupných parametrov modelovania pre CZT (Tepláreň B) je možné tieto získať napr. z verejne dostupných integrovaných povolení vzťahujúcich sa na túto prevádzku, resp. na základe poskytnutej dokumentácie prevádzkovateľa.

Vzhľadom na variácie technického prevedenia rôznych plynových kondenzačných kotlov je potrebné pristúpiť k zadefinovaniu vzorových parametrov na základe dostupných údajov výrobcov týchto zariadení a vytvoriť tak model domovej kotolne, ktorý sa pre zjednodušenie následne aplikuje na všetky bytové domy situované na sídlisku Sekier.

Potrebný tepelný výkon pre jednu bytovú jednotku zodpovedá $6,5 \text{ kW}$. Pre určenie plynových kondenzačných kotlov vhodných pre bytový dom uvažujeme s počtom 96 bytových jednotiek v štandardnom modelovom bytovom dome. Minimálny tepelný výkon kotla potrebný pre vykurovanie a prípravu TUV pre takýto počet bytových jednotiek určíme ako $96 \times 6,5 \text{ kW} = 624 \text{ kW}$ [7].

Výška v prípade uvažovaného 8. poschodového prevedenia bytového domu dosahuje štandardne asi 27 m , čo pri legislatívnej požiadavke na prevýšenie (bod č. 4 Prílohy č. 9 k vyhláške č. 410/2012 Z. z.) vyhovuje minimálnemu prevýšeniu $\geq 4,0 \text{ m}$ nad okolitým terénom. Z hľadiska výšky vyústenia komína plynového spotrebiča nad plochou strechou (do sklonu strešnej plochy $< 20^\circ\text{C}$ sa strecha považuje za plochú) musí táto zodpovedať minimálne požiadavke na prevýšenie $1,0 \text{ m}$ [3].

Hydraulický priemer vyústenia spalín a teplota spalín je stanovený na základe dostupných údajov výrobcov plynových kondenzačných kotlov. Množstvo spalín vytvorených sústavou kondenzačných kotlov s celkovým tepelným výkonom 640 kW bolo určené na základe hodinovej spotreby ZPN pre tieto kotly ($64,4 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$) a spaľovacej rovnice:



Pričom sa ale uvažuje s nadbytkom spaľovacieho vzduchu na úrovni $\lambda = 1,2$, nakoľko spaľovacie zariadenia sú štandardne prevádzkované za určitého nadbytku vzduchu za účelom lepšieho priebehu horenia paliva. Na základe vypočítaného objemu spalín a určeného hydraulického priemeru výduchu komína domovej kotolne bola stanovená výstupná rýchlosť spalín.

V nasledujúcom tabuľkovom prehľade sú prezentované vstupné parametre pre proces imisného modelovania jednotlivých variantov zásobovania teplom.

Tab. 1 Vstupné parametre modelovania [8, 9, 10, 11]

Vstupný parameter	Tepláreň B (CZT)	Domová kotolňa
Výška vyústenia komína nad terénom	183,0 m	28,0 m
Hydraulický priemer komína v mieste vyústenia spalín	Ø 4,85 m	Ø 0,25 m
Rýchlosť spalín na výstupe z komína	12,94 m.s ⁻¹	3,785 m.s ⁻¹
Teplota spalín	156°C	78°C
Hmotnostný tok CO	64,26 kg.h ⁻¹	0,041 kg.h ⁻¹

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Priemerné ročné koncentrácie imisií CO

Pre znečisťujúce látky vo forme CO nie je stanovená limitná hodnota na ochranu zdravia podľa vyhlášky č. 244/2016 Z. z. pre priemerné koncentrácie tejto škodliviny [5]. Numerické výsledky priemerných ročných koncentrácií CO pochádzajúcich z CZT (Tepláreň B) a modelových domových kotolní (tieto boli modelované ako bodové a pre porovnanie aj ako plošné zdroje znečisťovania ovzdušia) sú zdokumentované v nasledujúcom tabuľkovom prehľade.

Tab. 2 Porovnanie CZT – domové kotolne pre CO (priemerné ročné koncentrácie imisií)

Referenčný bod	CZT [µg.m ⁻³]	Domové kotolne [µg.m ⁻³]	
		Bodové zdroje	Plošné zdroje
R1	0,010	0,640	1,443
R2	0,110	1,200	0,511
R3	0,200	0,550	0,784
R4	0,150	0,830	1,454
R5	0,190	0,850	0,508
R6	0,150	0,270	0,364

Na základe údajov vo vyššie uvedenej tabuľke vidíme v prípade priemerných koncentrácií CO, že imisie pochádzajúce z CZT sú výrazne nižšie než pri decentralizovanom zásobovaní teplom rezidenčnej zóny prostredníctvom domových kotolní.

Najnižšiu zistenú priemernú koncentráciu CO vo výpočtovej oblasti možno pripísať variantu zásobovania sídliska Sekier teplom z CZT a táto je lokalizovaná v referenčnom bode „R1“ (teda najbližší bod z hľadiska vzdialenosti od komína teplárne). Pri neutrálnych

atmosférických podmienkach, pri ktorých boli priemerné ročné koncentrácie znečisťujúcich látok modelované je oblasť v okolí referenčného bodu „R1“ (lokalita Záhonok) najmenej exponovanou časťou rezidenčnej zóny. Najvyššie koncentrácie imisií CO sa v zmysle prevládajúceho prúdenia vetra v danej oblasti nachádzajú južným smerom od komína teplárne, teda mimo rezidenčnú zónu Zvolen – Sekier, pričom časť zasahuje na západný a južný okraj sídliska, kde sa v prípade imisií z CZT vyskytujú maximálne hodnoty v referenčných bodoch „R3“ a „R5“ (asi $0,20 \mu\text{g.m}^{-3}$, maximum vo výpočtovej oblasti dosahuje úroveň niečo vyše $0,3 \mu\text{g.m}^{-3}$).

Z hľadiska hodnotenia koncentrácií imisií CO pochádzajúcich z domových kotolní sa minimálne hodnoty nachádzajú v oblasti referenčného bodu „R6“ (platí pre bodové aj plošné zdroje znečisťovania ovzdušia), naopak maximálne imisné koncentrácie boli zistené v priestore zástavby bytových domov, kde boli umiestnené referenčné body „R2“ a „R4“. Celkové maximálne hodnoty imisných koncentrácií CO vo výpočtovej oblasti boli pre domové kotolne ako bodové zdroje znečisťovania ovzdušia stanovené na $1,161 \mu\text{g.m}^{-3}$. Zistené maximum vo výpočtovej oblasti bolo pre domové kotolne ako plošné zdroje znečisťovania ovzdušia zistené na úrovni $4,311 \mu\text{g.m}^{-3}$. Obidve tieto hodnoty sa vyskytujú v blízkosti referenčného bodu „R2“.

Uvedené vyššie hodnoty priemerných imisií CO pochádzajúcich z uvažovaných domových kotolní možno prisúdiť predovšetkým zhoršeným rozptylovým podmienkam, spôsobených pomerne nízkou výškou vyústenia spalín, nižšou teplotou odvádzaných spalín a tiež pomerne nízkou výstupnou rýchlosťou odpadovej vzdušniny z komínov, ktoré spolu vplývajú na efektívnu výšku komínov domových kotolní. Uvedené sa vzťahuje najmä na modelovanie bodových zdrojov znečisťovania ovzdušia, aj keď je potrebné poukázať, že odchýlky od modelovania domových kotolní ako plošných zdrojov nie sú výrazne odlišné.

Maximálne krátkodobé koncentrácie imisií CO

V prípade maximálnych krátkodobých koncentrácií CO sú v legislatíve Slovenskej republiky na rozdiel od priemerných ročných koncentrácií definované limitné hodnoty imisií. Tieto limitné hodnoty sú ustanovené ako najväčšia priemerná 8-hodinová hodnota. Výpočtový program MODIM poskytuje v rámci svojich numerických a grafických výstupov maximálne krátkodobé koncentrácie imisií znečisťujúcich látok vyjadrené ako 1-hodinové priemery. Uvedenú skutočnosť je potrebné pri ďalšej analýze výsledkov zohľadniť. Za účelom prepočtu koncentrácie imisií CO na 8-hodinové priemery musíme tieto prenásobiť koeficientom 0,66 [5].

Tab. 3 Porovnanie CZT – domové kotolne pre CO (max. krátkodobé koncentrácie imisií)

Referenčný bod	CZT $[\mu\text{g.m}^{-3}]$	Domové kotolne $[\mu\text{g.m}^{-3}]$	
		Bodové zdroje	Plošné zdroje
R1	3,126	5,581	8,923
R2	3,912	4,261	1,900
R3	4,392	3,215	3,237
R4	4,004	5,141	6,126
R5	5,058	4,404	2,218
R6	3,974	1,826	2,124

Najnižšie koncentrácie imisií CO pochádzajúcich z CZT možno nájsť v oblasti referenčného bodu „R1“ (lokalita Záhonok), naopak najvyššia koncentrácia bola zistená v referenčnom bode „R5“, ktorý je najvzdialenejší od zdroja znečisťovania (komína teplárne). Najnižšie zistené hodnoty imisií pochádzajúce z decentralizovaného zásobovania teplom prostredníctvom domových kotolní sa vyskytujú v oblasti referenčného bodu „R6“ situovaného v severnej časti sídliska Sekier. Najvyššie hodnoty imisií boli zistené v oblasti referenčného bodu „R1“, pre ktorý sú typické aj najvyššie rozdiely z hľadiska porovnania imisií pochádzajúcich z CZT a domových kotolní.

Pri porovnaní s legislatívne stanovenými limitmi na ochranu zdravia ľudí boli porovnávané najvyššie vypočítané hodnoty koncentrácií CO v celej výpočtovej oblasti. V prípade imisií pochádzajúcich z CZT je táto hodnota na úrovni $6,310 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, čo zodpovedá 0,06 % imisného limitu. Pre domové kotolne ako bodové zdroje znečisťovania ovzdušia bola zistená hodnota $6,633 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, ktorá predstavuje 0,07 % limitu. Najnepriaznivejšie z hľadiska porovnania s imisným limitom hodnotíme vypočítanú imisnú koncentráciu pochádzajúcu z domových kotolní ako plošných zdrojov znečisťovania ovzdušia, pri ktorých bola zistená maximálna koncentrácia vo výpočtovej oblasti na úrovni $16,21 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, čo predstavuje 0,16 % limitnej hodnoty. Vo vzťahu k imisnému limitu možno teda konštatovať, že v prípade odpojenia bytových domov od CZT nedôjde k významnej zmene kvality ovzdušia v rezidenčnej zóne Zvolen – Sekier. Výsledky však naznačujú, že najmä v husto zastavanej časti v oblasti referenčných bodov „R2“ a „R4“ by mohlo dôjsť k vplyvom odpojenia bytových domov od CZT k nárastu krátkodobých koncentrácií CO, ktoré by mohli negatívne vplývať na zdravie miestnych rezidentov.

ZÁVER

Tepláreň ako veľký zdroj znečisťovania ovzdušia podlieha prísnyim ustanoveným emisným limitom, ktoré sa budú vplyv vývoja technológií a tlakom zákonodarcov s určitou sprísňovať. V prípade malých zdrojov znečisťovania ovzdušia (plynových kotlov) nemožno predpokladať rapidný nárast ďalšej ekologizácie týchto zariadení, nakoľko tieto by znamenali zvýšené náklady investované do vývoja zariadenia, čo by sa v konečnom dôsledku prejavilo na rastúcej obstarávacej cene. Výrobcovia navyše nie sú zo strany štátu (legislatívy) motivovaní k zvyšovaniu ekologizácie plynových spotrebičov.

Určitú výhodu domových kotolní v porovnaní s CZT predstavuje fakt, že tieto produkujú len minimálne množstvá emisií znečisťujúcich látok vo forme TZL a SO_2 , nakoľko tieto zložky sú v plynnom palive, ktorým je ZPN prítomné len v minimálnej miere. Problémom veľkých spaľovacích zariadení využívajúcich ako palivo uhlie boli najmä v minulosti negatívne dopady na zdravie obyvateľstva a životné prostredie vplyvom vysokých emisií SO_2 . Postupne sa aj v prípade konkrétnej prevádzky Tepláreň B pristúpilo k nahradeniu uhlia s vysokým obsahom sírnych zložiek, nízko-sírnym hnedým uhlím a čiastočnou jeho náhradou prostredníctvom spoluspaľovania biomasy (drevnej štiepky). Pri podrobnejšej analýze vplyvu porovnaných variantov zásobovania teplom by bolo potrebné tiež brať do úvahy vplyv dopravy s skladovania paliva pri prevádzke teplárne a tiež vyhodnotenie vplyvu potrubnej prepravy ZPN pre domové kotolne.

Na základe výsledkov modelovacieho procesu, teda analýzou numerických a grafických výstupov programu MODIM možno skonštatovať, že decentralizované zásobovanie teplom nie je pre rezidenčnú zónu Zvolen – Sekier vhodnejší variant oproti CZT (zásobovanie teplom prostredníctvom miestnej teplárne). Pri priemerných ročných koncentráciách imisií škodlivín CO boli v prípade CZT zistené nižšie koncentrácie imisného

zaťaženia vo zvolených referenčných bodoch, ako aj v celej výpočtovej oblasti než pri variante decentralizovaného zásobovania teplom.

V prípade hodnotenia výsledkov maximálnych krátkodobých koncentrácií znečisťujúcich látok CO možno opätovne hodnotiť decentralizované zásobovanie teplom ako menej priaznivé pre environment a ľudské zdravie. Do úvahy boli brané najmä zistené maximálne krátkodobé hodnoty imisných koncentrácií CO v husto zastavanej časti sídliska Sekier, ku ktorým je ešte potrebné zahrnúť predpokladané zvýšené koncentrácie imisií na horných fasádach bytových domov, ktoré môžu mať potenciálny negatívny dopad na zdravie rezidentov riešeného sídliska.

Podľa zistených údajov je potrebné venovať problematike tepelného hospodárstva na Slovensku náležitú pozornosť, nakoľko masívne odpájanie odberateľov od CZT sa najmä v mestských aglomeráciách môže odzrkadliť na zdravotnom stave miestnych rezidentov a zhoršenom komforte bývania.

Výsledky imisnej štúdie je potrebné zohľadniť aj v kontexte geografickej polohy mesta Zvolen, ktoré je situované v kotline s častým výskytom inverzných situácií umocňujúcich negatívne rozptylové podmienky a teda v ich dôsledku dochádza k ešte zvýšeným koncentráciám imisií znečisťujúcich látok.

LITERATÚRA

- [1] Zákon č. 137/2010 Z. z. Národnej rady Slovenskej republiky z 3. marca 2010 o ovzduší.
- [2] SALVA, J. 2014. *Modelovanie rozptylu škodlivín z vybraného stacionárneho zdroja znečisťovania ovzdušia* : diplomová práca. Technická univerzita vo Zvolene, 2014. 96 s.
- [3] Vyhláška č. 410/2012 Z. z. Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky z 30. novembra 2012 ktorou sa vykonávajú niektoré ustanovenia zákona o ovzduší.
- [4] SHMÚ. *Negatívne účinky monitorovaných znečisťujúcich látok*. [online]. [cit. 2017-05-11]. Dostupné na internete: <<http://www.shmu.sk/sk/?page=229>>.
- [5] Vyhláška č. 244/2016 Z. z. Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky o kvalite ovzdušia z 19. augusta 2016.
- [6] SHMÚ. *Ročenka poveternostných pozorovaní meteorologických staníc na území SR v roku 2008*. [online]. [cit. 2014-04-20]. Dostupné na internete: <http://www.shmu.sk/File/Klima/rocenky/rocenka_2008_klima.pdf>.
- [7] SIEA. *Výpočet ceny tepla z domovej kotolne*. [online]. [cit. 2015-11-15]. Dostupné na internete: <http://www.siea.sk/oldweb/energeticke_aktivity/zasobovanie_teplom/vypocet_ceny_tepla.pdf>.
- [8] ZVOLENSKÁ TEPLÁRENSKÁ A. S.. 2012. *Program znižovania emisií zo zdroja znečisťovania ovzdušia Zvolenská teplárenská, a.s.* Vypracovaný v zmysle vyhlášky č. 314/2010 Z.z.. 2012. 13 s.
- [9] IMMERGAS. *Victrix Zeus 261*. [online]. [cit. 2015-11-17]. Dostupné na internete: <<http://immergas.cz/produkty-prilohy/3-victrix-zeus-26-kw-navod.pdf>>.
- [10] GEMINOX. *Zem 2-17 M 50H – Technické podklady*. [online]. [cit. 2015-11-17]. Dostupné na internete: <http://www.atria.sk/soubory/355/technicke_parametre_ZEM.pdf>.

[11] JUNKERS. *Prehľad typov, popis kotla*. [online]. [cit. 2015-11-17]. Dostupné na internete: <http://www.junkers.sk/files/201103181336230.PP_CerapurModul.pdf>.

ADRESA AUTORA

Ing. Jozef Salva, Katedra environmentálneho inžinierstva, Fakulta ekológie a environmentalistiky Technickej univerzity vo Zvolene T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, Slovensko, Tel: (+421) 045/5206 830, Mob: (+421) 907 475 988,
e-mail: jsallva@gmail.com

ISBN 978-80-228-2970-0