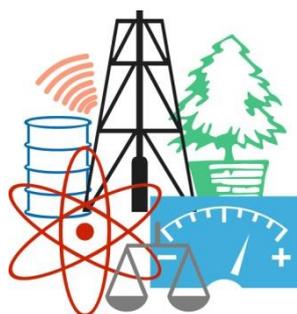


WASTE FORUM



ELECTRONIC PEER-REVIEWED JOURNAL ON ALL TOPICS
OF INDUSTRIAL AND MUNICIPAL ECOLOGY

RECENZOVANÝ ČASOPIS PRO VÝSLEDKY VÝZKUMU A VÝVOJE
Z OBLASTI PRŮMYSLOVÉ A KOMUNÁLNÍ EKOLOGIE

YEAR 2022

No. 2

Pages 60 – 148

Patron od the issue / Patron čísla

Týden výzkumu a inovací pro praxi a životní prostředí 2022

zahrnující

*symposium ODPADOVÉ FÓRUM 2022 a
konferenci APROCHEM 2022*

20. – 22. 9. 2022, Hustopeče

www.tvip.cz

OBSAH / INDEX

Úvodní slovo šéfredaktora / Editorial	62
Pro autory / For authors	63
Staré skládky komunálního odpadu inventarizované v Systému evidence kontaminovaných míst	64
Old municipal waste landfills inventoried in the Contaminated Sites Registration System Zdeněk SUCHÁNEK, Jaroslav ŘEŘIČHA	
Urban Waste: Challenges and Opportunities in Tourism Destinations	87
Komunální odpady: výzvy a příležitosti v cestovních destinacích Marinela Krstinić NIŽIĆ, Zvonimira Šverko GRDIĆ, Stefani-Katarina Dilenardo ZAMLJIĆ	
Rozbor produkcie zmesového komunálneho odpadu vo vybraných obciach Slovenska	103
Communal waste production assessment in selected municipalities of Slovakia Janka ŠEVČÍKOVÁ, Jana NEKYOVÁ, Pavol MIDULA, Marek DRÍMAL, Nikola BENKOVÁ	
Výskum materiálového zhodnocovania komunálneho odpadu technológiou briketovania	116
Research of Municipal Waste Material Recovery by Briquetting Technology Peter KRÍŽAN, Ľubomír ŠOOŠ, Ľudovít KOLLÁTH	
Kofermentácia kuchynských odpadov na komunálnych ČOV – dobrý nápad (?)	133
Co-fermentation of food waste on municipal WWTP - a good idea (?) Dóra VARJÚOVÁ, Katarína ČEGIŇOVÁ, Miloslav DRTIL, Štefan SOJKA, Igor BODÍK	
Komerční prezentace / Commercial presentation	
Týden výzkumu a inovací pro praxi a životní prostředí TVIP 2022 – 1. Cirkulář	146
TVIP 2022 Research and Innovation Week for Practice and the Environment – Call for papers	

WASTE FORUM – recenzovaný časopis pro výsledky výzkumu a vývoje pro průmyslovou a komunální ekologii
ISSN: 1804-0195; www.WasteForum.cz. Vychází čtvrtletně.

Vychází od roku 2008, od roku 2017 je indexován v databázi SCOPUS..

Ročník 2022, číslo 2

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

Adresa redakce: CEMC, ul. 28. pluku 524/25, 101 00 Praha 10, ČR, fax: (+420) 274 775 869

Šéfredaktor: Ing. Ondřej Procházka, CSc., tel.: (+420) 723 950 237, e-mail: prochazka@cemc.cz

Redakční rada: Ing. Vratislav Bednařík, CSc.; doc. Ing. Vladimír Čablík, Ph.D.; prof. Dr. Ing. Miroslav Černík, CSc.; prof. Ing. Tomáš Havlík, DrSc.; prof. Ing. František Hrdlička, CSc.; Ing. Slavomír Hredzák, CSc.; doc. Ing. Emília Hroncová, Ph.D.; prof. Ing. Dagmar Juchelková, Ph.D.; prof. Ing. František Kaštánek, CSc.; prof. Ing. Mečislav Kuraš, CSc.; prof. Mgr. Juraj Ladomerský, CSc.; prof. Ing. Petr Mikulášek, CSc.; prof. Norbert Miskolczi; prof. Ing. Lucie Obalová, Ph.D.; Ing. Miroslav Punčochář, CSc., DSc.; Ing. Klára Slezáková, Ph.D.; Ing. Lenka Svecova, Ph.D.; doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.; prof. Ing. Lubomír Šooš, Ph.D.; prof. dr. hab. inž. Barbara Tora, Ing. Hana Urbancová, Ph.D., Ing. Pavla Vrabcová, Ph.D.

Web-master: Ing. Vladimír Študent

Redakční uzávěrka: 8. 4. 2022 Vychází: 8. 6. 2022

Patronem tohoto čísla je Týden výzkumu a inovací pro praxi a životní prostředí TVIP 2022 (20. – 22. 9. 2022, Hustopeče)



Úvodní slovo šéfredaktora

Vážení čtenáři,

vždy, když je nové číslo WASTE FORUM vystaveno, informuji o tom jednak SCOPUS a EBSCO, kde je časopis indexován, jednak informaci o tom rozešlu všem, kteří mi dříve poskytli souhlas k zasílání této informace.

Předpokládám, že naprostá většina vás, kteří čtete tyto řádky, zmíněnou informaci dostává. Nicméně ti, kteří ji nedostávají a chtěli by, mohou o to požádat [ZDE](#).

Vedle informace o vystavení nového čísla spolu s připomenutím nejbližší uzávěrky zasílám ještě novinky týkající se [Týdne výzkumu a inovací pro praxi a životní prostředí \(TVIP\)](#), který pořádá vydavatel tohoto časopisu a jehož odborným i mediálním partnerem WASTE FORUM je. Těmi novinkami myslím vyhlášení termínu konání dalšího ročníku, připomenutí uzávěrek přihlášek příspěvků a posléze účasti a vystavení jeho programu. Celkově to bývá obvykle tak cca 8x v roce.

Ubezpečuji vás, že váš případný souhlas nebudeme zneužívat, využijeme jej jen pro výše uvedené upozornění/připomenutí a takto shromážděné kontakty neposkytneme nikomu dalšímu! Svůj souhlas pochopitelně můžete také kdykoli odvolat!

Pokud si je někdo jist, že nám svůj souhlas dal či o zasílání zmíněných novinek požádal prostřednictvím [formuláře](#) na internetových stránkách časopisu, a přesto je nedostává (například v první polovině června u příležitosti vystavení tohoto čísla), tak jsme v tom nevinně. Důvod je ten, že jeho podnikový server či provider blokuje/odmítá zprávy přicházející z domény cemc.cz a s tím my nic nenaděláme. Buď kontaktujte vašeho správce sítě, aby naši doménu odblokoval, nebo řada lidí to řeší tím, že si mé zprávy nechává posílat na soukromou, místo na služební adresu.

Ondřej Procházka

Editorial

Dear readers,

Wondering why to publish in the WASTE FORUM magazine, which is in SCOPUS but does not have an impact factor? It's because:

1. The paper, if it is of good quality and passes the review, is published no later than 10 weeks after the editorial deadline;

2. The journal is Open access, which means that it can be accessed by your colleagues from all over the world and we have verified that this is indeed the case. Regularly, most downloads of all issues are from readers from the largest countries in the world, here the USA, Russia and China.

Finally, I would like to remind you that papers submitted for publication must be the author's own work and may not have been previously published elsewhere or sent to another publisher at the same time. For more, see [Publication Ethics](#) on www.WasteForum.cz.

Regards

Ondřej Procházka

Pro autory

WASTE FORUM je časopis určený pro publikování původních vědeckých prací souvisejících s průmyslovou a komunální ekologií. Tj. nejen z výzkumu v oblasti odpadů a recyklace, jak by mohl naznačovat název časopisu, ale i odpadních vod, emisí, sanací ekologických zátěží atd. Vychází pouze v elektronické podobě a čísla jsou zveřejňována na volně přístupných internetových stránkách www.WasteForum.cz.

Do redakce se příspěvky zasílají v kompletně zalomené podobě se zabudovanými obrázky a tabulkami, tak zvaně „**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](#). Ve snaze dále rozšiřovat okruh možných recenzentů žádáme autory, aby současně s příspěvkem napsali tři tipy na možné recenzenty, samozřejmě z jiných pracovišť než je autor či spoluautory. Je vždy dobré mít rezervu.

Publikační jazyk je čeština, slovenština a angličtina. Preferována je angličtina a v tom případě je nezbytnou součástí článku na konci název, kontakty a abstrakt v českém či slovenském jazyce, přičemž rozsah souhrnu není shora nijak omezen.

Vydávání časopisu není nikým dotované. Proto, abychom příjmově pokryli náklady spojené s vydáváním časopisu, vybíráme publikační poplatek ve výši 500 Kč za každou stránku (bez DPH). V případě nepublikování příspěvku v důsledku negativního výsledku recenzního řízení je tato částka poloviční.

Uzávěrka nejbližšího čísla časopisu WASTE FORUM je 8. července 2022, další pak 8. října 2022.

For authors

WASTE FORUM is an open access electronic peer-reviewed journal that primarily publishes original scientific papers from scientific fields focusing on all forms of solid, liquid and gas waste. Topics include waste prevention, waste management and utilization and waste disposal. Other topics of interest are the ecological remediation of old contaminated sites and topics of industrial and municipal ecology.

WASTE FORUM publishes papers in English, Czech or Slovak. Papers submitted for publication must be the author's own work and may not have been previously published elsewhere or sent to another publisher at the same time. For more, see [Publication Ethics](#).

Manuscripts for publication in the journal WASTE FORUM should be sent only in **electronic form** to the e-mail address prochazka@cemc.cz. Manuscripts must be fully formatted (i.e. printer-ready) in MS WORD. The file should have a name that begins with the surname of the first author or the surname of the corresponding author.

All articles submitted for publication in WASTE FORUM undergo assessment by two independent reviewers. The reviews are dispatched to authors anonymously, i.e. the names of the reviewers are not disclosed to the authors. **The paper, if it is of good quality and passes the review, is published no later than 10 weeks after the editorial deadline.**

All papers that was not subjected to a peer-review are labeled in a header of each page by the text **Not peer-reviewed and commercial papers**.

Revenue to cover at least the costs associated with the issuance of the magazine, we select a publication fee **500 CZK per each new page of the paper**.

The deadline of the next issue is on July 8, 2022, more on October 8, 2022.

Staré skládky komunálního odpadu inventarizované v Systému evidence kontaminovaných míst

Zdeněk SUCHÁNEK, Jaroslav ŘEŘIČHA

Česká informační agentura životního prostředí, Moskevská 63, 101 00 Praha 10,
e-mail: zdenek.suchanek@cenia.cz

Souhrn

Databáze Systému evidence kontaminovaných míst (SEKM) naplněná ke konci roku 2021 v rámci Národní inventarizace kontaminovaných míst na počet 10 134 záznamů hodnocených kontaminovaných a potenciálně kontaminovaných míst obsahuje mj. 4619 lokalit evidovaných jako typ „skládky TKO“. Tato část databáze spolu s doplňkovými informačními zdroji byla podrobena analýze z pohledu parametrů, jako jsou délka skládkování, datum uzavření skládky, velikost (plocha) skládky, lokalizace (územní reprezentativnost), stav poznatků o skládce, o její rizikovosti a o časové naléhavosti pro případná nápravná opatření. Získaná historická i aktuální data o starých skládkách komunálního odpadu jsme interpretovali a použili pro přípravu kritérií multikriteriálního výběru hlavních typů starých skládek a konkrétních lokalit pro odběry vzorků a technické práce připravované v rámci následného výzkumného projektu. Výběr skládek pro odběry bude reprezentativní, pokud půjde o staré skládky komunálního odpadu, které se nacházejí v krajích Jihočeském, Jihomoravském, Středočeském a Kraji Vysočina, mají rozlohu nad 100 m², jsou kategorie P a A, nebyla pro ně stanovena nápravná opatření, nemají zajištěné financování nápravných opatření, skládkovalo se na nich 5 až 55 let a skládkování bylo ukončeno v devadesátých letech.

Klíčová slova: odpady, skládky tuhého komunálního odpadu, komunální odpad, nelegální skládky, inventarizace kontaminovaných míst, evidence kontaminovaných míst, kritéria pro multikriteriální analýzu

Obsah

1 Úvod

2 Podklady a metody

2.1 Systém evidence kontaminovaných míst (SEKM)

2.2 Národní inventarizace kontaminovaných míst (NIKM)

2.3 Další databázové zdroje a dokumenty

2.3 Použité termíny, definice a zkratky

3 Výsledky

3.1 V současnosti provozované skládky ostatního odpadu

3.2 Informace o KM/PKM typu „skládky TKO“ obsažených v SEKM a jejich analýza

3.2.1 Rozsah analýzy dat SEKM

3.2.2 Regionální distribuce KM/PKM typu „skládky TKO“

3.2.3 Analýza časových údajů v záznamech KM/PKM typu „skládky TKO“

3.2.4 KM/PKM typu skládky TKO z pohledu nápravných opatření a zajištění jejich financování

3.2.5 Období provozování starých skládek

3.2.6 Regulatorní impulsy pro uzavírání, sanaci a rekultivaci starých skládek

4 Diskuze

5 Závěry

1 Úvod

Po dokončení Národní inventarizace kontaminovaných míst (NIKM, 2018-2021) je v databázi Systému evidence kontaminovaných míst (SEKM)¹ obsaženo k 31. 12. 2021 celkem 10 134 aktualizovaných a validovaných záznamů kontaminovaných míst (KM) a potenciálně kontaminovaných míst (PKM). Z tohoto počtu je **4619 lokalit** evidováno jako typ „skládky TKO“. Mimo to jsou další skládky (vč. skládek TKO) zaneseny i pod jinými typy KM, např. „ukončený povrchový důl“ (7), „střelnice / vojenské výcvikové prostory“ (28) a „obchodní /logistický areál“ (4), celkem minimálně 39 skládek, které jsme do zkoumaného souboru nezahrnuli.

V tomto článku se zaměříme na možnosti, jak získat, interpretovat a použít historická i aktuální data o skládkách skupiny S-ostatní odpad vedených jako (KM/PKM) v databázi Systému evidence kontaminovaných míst (SEKM) pro analýzy nakládání s komunálními odpady. Příkladem takové analýzy je příprava identifikace typických lokalit pro historickou analýzu uzavřených, resp. „starých“ skládek TKO na základě multikriteriální analýzy.

Článek má za cíl na základě dat existujících informačních zdrojů, a především databáze SEKM, identifikovat a prozkoumat možná kritéria pro multikriteriální výběr hlavních typů skládek TKO pro následné odběry vzorků a technické práce. Jako vhodná kritéria byly vytipovány: délka skládkování, datum uzavření skládky, velikost (plocha) skládky, lokalizace (územní reprezentativnost), stav poznatků o skládce, o její rizikovosti a o časové naléhavosti pro případná nápravná opatření.

2 Podklady a metody

Základní vstupní databázi představuje SEKM a datová vrstva PreKM s indiciemi KM/PKM zjištěnými pomocí metod DPZ^{2,3}. Dílčí databáze starých skládek (následně integrované do SEKM) byly analyzovány v části, kde převodem do SEKM došlo k částečně ztrátě strukturovaných dat. Z veřejných informačních zdrojů byla použita data z ISOH (Informační systém odpadového hospodářství)⁴ formou interního exportu (CENIA) a data Informačního systému integrované prevence (<https://ippc.mzp.cz/>)⁵. Další vstupy představovaly mapové podklady (atlasy skládek) a tabulkové údaje výsledků VaV Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka (VÚV)⁶, publikace CENIA (Statistické ročenky životního prostředí ČR)⁷, databáze zdrojů rizik (interní dokument CENIA). Pro vytěžování dat byly využity nastavené databázové vyhledávací nástroje SEKM a poté jsme pokračovali analýzou dat v exportovaných tabulkách EXCEL v kombinaci s fulltextovým vyhledáváním ve sloupcích/řádcích/buňkách obsahujících zájmové parametry.

Výsledky statistických šetření byly zobrazeny v tabulkách a grafech. Interpretace a diskuse získaných poznatků byla zaměřena na formulování požadavků a parametrů (kritérií, faktorů) pro následný multikriteriální výběr typických starých skládek.

2.1 Systém evidence kontaminovaných míst (SEKM)

Hlavním datovým zdrojem pro studovanou problematiku je Systém evidence kontaminovaných míst, který je součástí agendy Ministerstva životního prostředí ČR (MŽP). Vznikl v polovině devadesátých let 20. století, především v souvislosti s potřebou shromažďovat a vyhodnocovat informace o starých ekologických zátěžích (SEZ), zejména pak informace z ekologických auditů k privatizačním projektům a ze sanačních projektů hrazených v rámci garancí státu za tyto zátěže vzniklé před privatizací. Postupně zahrnuje starší dílčí databáze, jako jsou „staré skládky“ a „skládky ČGS“ (seznam „Skládky na území ČR“ vytvořený Českou geologickou službou v letech 1985 až 1996, týkající se připravovaných a provozovaných skládek a KM).

Stávající SEKM ve verzi SEKM3 navazuje na starší verze SEKM(1) a SEKM2, které navázaly na předchozí starší systém SESEZ (Systém evidence starých ekologických zátěží), rovněž založený MŽP. SEKM zahrnuje postupně přibývajících záznamy kontaminovaných míst, tak, jak je přinášely různé tematicky zaměřené programy a projekty – dílčí inventarizační a pasportizační projekty, projekty sanací a monitoringu starých ekologických zátěží. Datový obsah byl kompletně aktualizován a doplněn v období 2018 – 2021 projektovými pracemi Národní inventarizace kontaminovaných míst, o které podrobněji pojednává následující kapitola tohoto článku.

Základním účelem SEKM je sloužit pro evidenci, sledování a posuzování priorit KM/PKM a rovněž pro evidenci lokalit s řešenou ekologickou újmou. Data byla ze SEKM vytěžována standardními postupy, které jsou v SEKM zavedeny. Systém vyhledává ve všech metadatech souhrnného formuláře a území lokalit, a to v kombinacích přednastavených vyhledávacím menu s možným exportem výběrů do tabulek EXCEL nebo formátu JSON v případě map. Nástroj filtrování má pro řešené téma menší využitelnost, neboť neobsahuje, s výjimkou ploch lokality, námi zpracovávané parametry. S vytěžováním databáze standardizovaným strukturovaným dotazovacím jazykem (např. SQL) se nepočítá. Autorům není známo, že by se pro databázi SEKM, kdy použily sofistikovanější formy vytěžování dat (data mining).

Po provedené národní inventarizaci jsou ve stávající databázi po revizi zapracovány starší datové zdroje SEKM "Staré skládky" a jejich prověrka z roku 2015.

Podobně SEKM „Staré skládky“ se stal v únoru 2019 součástí vstupní databáze SEKM pro NIKM a byl dále spolu s dalšími zdroji prověřen a aktualizován do inventarizované podoby. Jeho záznamy byly pořízeny nebo aktualizovány v letech od cca 1994 do roku 2021. Odlišná původní struktura záznamu neumožnila převzít některé informace, především roky založení a ukončení skládky, a proto byl tento podobně v podobě zálohy vstupu do NIKM a poskytnutý administrací SEKM podroben separátní analýze časových údajů „života skládky“.

Prověrka starých skládek (tj. skládek z doby před 1995 – 1996) byla provedena týmem Ernst & Young⁸ pro MŽP a OPŽP v roce 2015. Tato dílčí účelová (pro OPŽP) inventarizace po krajích přinesla zpřesnění počtů a lokalizace starých skládek. Ve vyhodnocení datumů aktualizace údajů o starých skládkách se projevila pouze malým navýšením v roce 2015 a přispěla 10 lokalitami do finálního výstupu inventarizace KM/PKM v ČR.

2.2 Národní inventarizace kontaminovaných míst (NIKM)

Kompletní databáze kontaminovaných a potenciálně kontaminovaných míst v dnešní podobě SEKM3 vychází z důkladné inventarizace na celém území ČR. Do dokončení NIKM měla databáze spíše přírůstkový charakter s nejednotně zpracovanými záznamy. Pořízení odpovídající informační základny o kontaminovaných a potenciálně kontaminovaných místech bylo základním cílem projektu NIKM. Inventarizace se týkala jak kontaminovaných, tak potenciálně kontaminovaných míst.

Předmětem inventarizace byla plošně ohraničená místa s kontaminací nebo potenciální kontaminací horninového prostředí zapříčiněnou aktivitami člověka. Předmětem inventarizace nebyly difúzní zdroje kontaminace způsobující velkoplošné (regionální) znečištění složek horninového prostředí. Kontaminovaným místem či potenciálně kontaminovaným místem, a tudíž ani předmětem inventarizace dále také nejsou:

- provozované, tj. povolené skládky jakéhokoliv druhu,
- dnes již uzavřené skládky, které byly vybudovány, provozovány a uzavřeny v souladu s odpadovou legislativou od roku 1992 dále (od nabytí účinnosti prvního zákona o odpadech č. 238/1991 Sb.)⁹ mimo skládky provozované na základě tzv. zvláštních podmínek podle § 15,
- vypouštění odpadních vod jakéhokoliv druhu,
- vypouštění důlních vod,
- poddolovaná území, která nebyla prokazatelně využívána k ukládání kontaminantů,
- lokality se zvýšenými pozadovými koncentracemi škodlivin přírodního původu,
- přírodní radioaktivní emance.

Mimo aktualizované záznamy datového skladu SEKM (na začátku plošné inventarizace v únoru 2019 sestávajícího ze záznamů databáze SEKM2), lokalit ze seznamu pro územně analytické podklady (povinnost MŽP je shromažďovat je dána požadavkem stavebního zákona) a indicií KM/PKM zjištěných s pomocí metod dálkového průzkumu Země (DPZ), byly další indicie a lokality získávány přímým pozorováním v terénu (viditelné znečištění, stresovaná vegetace, výskyt odpadů, zápach apod.) nebo z různých dokumentů, z komunikace s úřady, různými organizacemi a veřejností.

V průběhu projektu byly sestavovány mapové a tabulkové podklady jednak z dat v prostředí GIS (použit byl open source SW QGIS), jednak z exportů z databáze SEKM (obvykle tabulky EXCEL).

Vybraná data byla zpracována v podobě tabulek a grafů v krajských zprávách a celostátní zprávě o plošné inventarizaci, které do tohoto článku byly výběrově použity.

2.3 Použité termíny, definice a zkratky

V článku je pro **tuhý komunální odpad** použita zavedená zkratka **TKO**. „**Skládka TKO**“ je jako typ lokality použita v číselníku SEKM. TKO se skládá především z odpadu z domácností, ale též z odpadu vzniklého při úpravách zeleně a zahrad a z odpadu z veřejných prostranství.

Termín „**komunální odpad**“ (**KO**) je použit ve významu stanoveném v zákonu č. 541/2020 Sb., o odpadech¹⁰. Termín se vyskytuje ve většině statistických a informačních zdrojů využívajících data získávaná s odkazem na právní předpisy ČR. Je to směsný a tříděný odpad z domácností, zejména papír a lepenka, sklo, kovy, plasty, biologický odpad, dřevo, textil, obaly, odpadní elektrická a elektronická zařízení, odpadní baterie a akumulátory, a objemný odpad, zejména matrace a nábytek, a dále směsný odpad a tříděný odpad z jiných zdrojů, pokud je co do povahy a složení podobný odpadu z domácností.

„**Ostatní odpad**“ je odpad, který není nebezpečným odpadem.

Termín „**směsný komunální odpad**“ je použit ve významu definovaném v zákonu o odpadech, kde je považován za ostatní odpad, i když obsahuje nebezpečný odpad, nebo je s ním smíchán nebo znečištěn.

Skládkou se v pojetí zákona o odpadech rozumí zařízení pro odstranění odpadů pomocí jejich řízeného povrchového nebo podpovrchového ukládání.

Skládky ostatního odpadu dle vyhlášky č. 273/2021 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady¹¹ jsou určeny pro odpady kategorie ostatní odpad. Pro účely evidence a ohlašování odpadů a zařízení se skládky této skupiny označují **S-OO**; tato skupina se dále dělí na podskupiny S-OO1 a S-OO3.

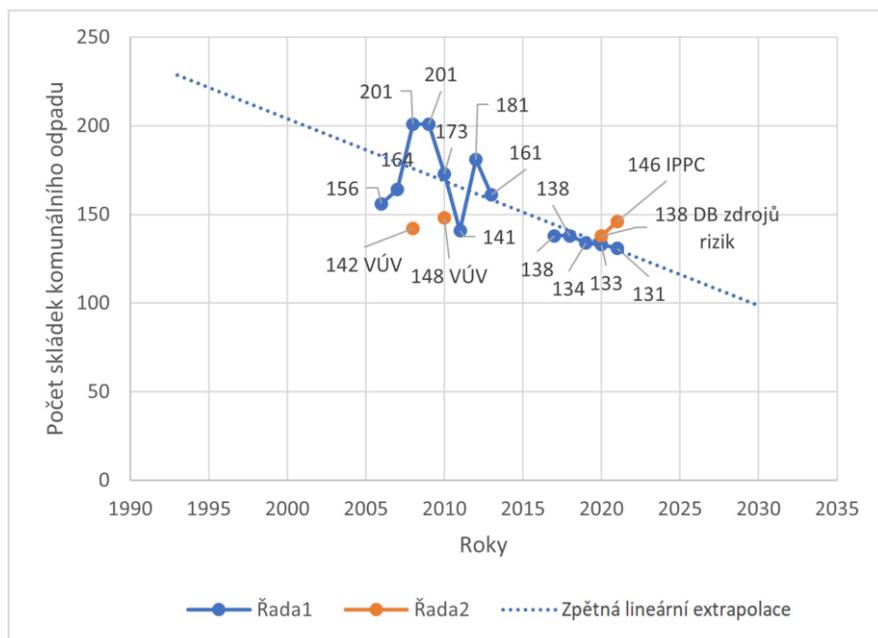
3 Výsledky

V článku se zabýváme především historií evidence a lokalizace starých skládek a analýzou dostupných dat o nich, jak z pohledu původních dílčích databází starých skládek, tak interpretací dat o skládkách (TKO) evidovaných v systému SEKM3 po dokončení inventarizace k 31. 12. 2021 jako hodnocené lokality (KM/PKM).

3.1 V současnosti provozované skládky ostatního odpadu

Jako úvod do analýzy starých skládek přinášíme pohled na dnešní situaci v počtech a územní distribuci provozovaných skládek ostatního odpadu (komunálního, směsného komunálního), ať těch, na které se t.č. ukládají odpady kategorie ostatní, tak těch, které jsou v režimu následné péče. Hlavním informačním zdrojem pro tuto problematiku je Informační systém odpadového hospodářství (ISOH)⁴. Získané údaje o počtech skládek v letech 2006 – 2021 z ISOH a dalších zdrojů jsou vyneseny do grafu na obrázku 1.

Hodnověrné údaje o povolených skládkách v ČR za předchozí léta se z veřejných informačních zdrojů nepodařilo zjistit. Traduje se, že v první polovině 90. let bylo v ČR na 250 provozovaných skládek skupiny S-ostatní odpad. V grafu proložená zpětná lineární extrapolace s tím není v rozporu. Pokud bude trend uzavírání skládek beze změny pokračovat, lze očekávat okolo roku 2030 počet cca 100 skládek ostatního odpadu, vč. skládek uzavřených, bez ukládání odpadu, tj. skládek v následné péči. Pod tlakem regulačních opatření v souvislosti s trendy a prognózami radikálního snižování objemu skládkování komunálního a směsného komunálního odpadu popsány v Plánu odpadového hospodářství ČR pro období 2015-2024¹² a v souladu s Státní politikou životního prostředí České republiky 2030¹³ je pravděpodobné, že k roku 2030 bude počet skládek S-OO nižší - v řádu nízkých desítek.

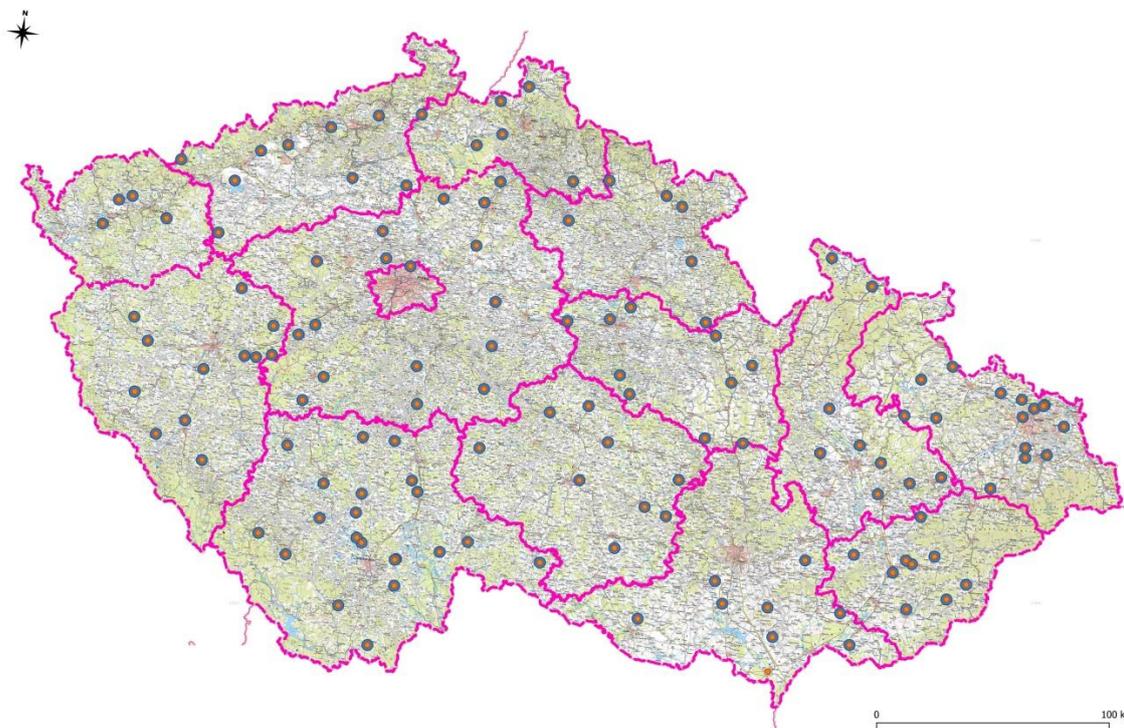


Legenda: řada 1 - data ISOH, řada 2 – data VÚV a registr IPPC

Zdroje: Statistické ročenky životního prostředí České republiky 2006-2021, Atlas skládek odpadů – VÚV, databáze rizik, registr zařízení IPPC, ISOH.

Obrázek 1: Počty povolených skládek komunálního odpadu v ČR od roku 2006, vč. zpětné lineární extrapolace

Pro dokreslení stávajícího stavu je níže na obrázku 2 uvedena územní distribuce skládek skupiny S-ostatní odpad v roce 2021. Označeny jsou nejen skládky ostatního odpadu, ale také skládky, kde se ukládá spolu s ostatním odpadem i inertní odpad (dva případy) nebo nebezpečný odpad (6 případů). Na rozdíl od částečně nehomogenní územní distribuce starých skládek evidovaných v SEKM, diskutované v další části článku, je u stávajících skládek ostatního odpadu evidentní rovnoměrné pokrytí území ČR.



Zdroj: databáze zdrojů rizik (interní databáze CENIA)

Obrázek 2: Lokalizace skládek skupiny S-ostatní odpad (komunální odpad, TKO) (138 skládek)

Patronem tohoto čísla je Týden výzkumu a inovací pro praxi a životní prostředí TVIP 2022 (20. – 22. 9. 2022, Hustopeče)

Sklárky s integrovaným povolením, vč. uzavřených skládek v následné péči

Z celkem 1834 zařízení s integrovaným povolením v ČR je 340 zařízení kategorie 5 - nakládání s odpady. V kategorii 5.4 *Sklárky, které přijímají více než 10 t denně nebo mají celkovou kapacitu větší než 25 000 t, s výjimkou skládek inertního odpadu* je v roce 2022 evidováno 157 zařízení. Z toho skládek určených pouze pro nebezpečný odpad je 11. Skládek skupiny S-ostatní odpad vč. kombinací se skládkami nebezpečného odpadu je tedy 146. To koresponduje s počty uváděnými v ISOH, kde pro rok 2021 je evidováno 131 skládek ostatního odpadu. Rozdíl v počtu skládek je dán tím, že integrované povolení se vydává podle množstevního limitu (viz výše) a v evidenci ISOH jsou i sklárky s parametry pod limity pro integrované povolení. Dalším důvodem rozdílného počtu skládek je skutečnost, že v některých krajích ČR byly sklárky ve fázi následné péče povoleny jako nová, samostatná zařízení, i když došlo pouze ke změně v režimu provozování.

3.2 Informace o KM/PKM typu „skládka TKO“ obsažených v SEKM a jejich analýza

Inventarizované lokality (KM/PKM) a jejich záznamy lze nahlížet a studovat v SEKM po zaregistrování se do systému. Pro základní vyhledávání lze volit z řady parametrů a jejich kombinací, např. územní jednotka, typ lokality, kategorie priority, typ původce znečištění, rozměr kontaminované plochy, skupina látek. Vyhledávat lze také nástrojem filtrování, kde je možné kombinovat 19 parametrů. Výstupy vyhledávání mimo rozklikávací seznam záznamů jsou v podobě souboru EXCEL nebo v mapě a souboru formátu JSON.

V databázi SEKM jsou po inventarizaci záznamy KM/PKM vyhodnoceny podle Metodického pokynu MŽP č. 1/2021¹⁴. Každá hodnocená lokalita je jednoznačně zařazena do kategorie podle toho, jaký další postup vyžaduje v závislosti na její předpokládané či ověřené kontaminaci a na důsledcích či možných důsledcích této kontaminace pro lidské zdraví a životní prostředí. Jsou rozlišovány tři základní kategorie lokalit – lokality kontaminované (A), potenciálně kontaminované (P) anebo nekontaminované (N). Každá z těchto tří základních kategorií je ještě podrobněji členěna. Lokality kategorie A1, nebo A2 či A3 jsou ty, u nichž kontaminace znamená existující a potvrzený problém. U lokalit P1 až P4 znamená kontaminace problém potenciální, tzn., že u nich není dostatek informací pro definitivní závěry. Skutečnou závažnost kontaminace musí u této kategorie ověřit průzkum a/nebo analýza rizik. Lokality kategorie N0, N1, N2 nevyžadují žádný zásah.

3.2.1 Rozsah analýzy dat SEKM

V tomto článku se zabýváme skládkami skupiny S-ostatní odpad odstraňujících zejména komunální (a obdobný) odpad, nikoli skládkami skupin S-inertní a S-nebezpečný odpad. Ve stávající verzi SEKM 3 jsou sklárky komunálního odpadu vedeny pod typem lokality „skládka TKO“.

Sklárky TKO podle velikosti kontaminované plochy

Použitím kombinace vyhledávacích parametrů „skládka TKO“ a „rozměr kontaminované plochy“ získáme představu o variabilitě velikosti skládek podle jejich ploch – viz tabulka 1.

Tabulka 1: Složení souboru záznamů KM typu skládka TKO podle rozlohy v databázi SEKM

Rozloha sklárky TKO	Počet a podíly záznamů v SEKM					
	Počet	%	Počet	%	Počet	%
Do 100 m ²	558	12,1	3240	70,1	558	12,1
100 m ² až 2000 m ²	2682	58,1			3999	86,6
Nad 2000 m ²	1317	28,5	1317	28,5		
Bez kontaminace	62	1,3	62	1,3	62	1,3
Celkem	4619	100,0	4619	100,00	4619	100,00

Zdroj: SEKM

Z uvedených dat je zjevné, že dominantní část (cca 87 %) skládek TKO má rozlohu větší než 100 m². Pouze 12 % skládek má rozlohu do 100 m². Cca 28,5 % skládek má rozlohu nad 2000 m². Mírně nadpoloviční část skládek - 58 % - má velikost 100 m² až 2000 m².

Skládky TKO podle vyhodnocených priorit

Z pohledu vyhodnocených priorit jen cca 1 % skládek TKO spadá do kategorie A. Dominují skládky TKO kategorie P (cca 97 %) – viz tabulka 2.

Tabulka 2: Skládky TKO v databázi SEKM v členění podle kategorie priority

Kategorie	Počet KM/PKM	% podíl
A	44	0,95
P	4464	96,64
N	111	2,40
Celkem	4619	100,00

Zdroj: SEKM

Pro ucelení pohledu na „rizikovost“ skládek TKO evidovaných jako KM/PKM je třeba přihlídnout k vyhodnocení nejvyšší naléhavosti pro přijetí nápravných opatření (vč. časové prioritizace a počtu potenciálně ohrožených osob). Tuto naléhavost signalizuje číslo 3 na třetí pozici kódu priority. Pro skládky TKO jsou počty lokalit v kategorii nejvyšší naléhavosti Ax.3, Px.3, Nx.3 uvedeny v tabulce 3.

Tabulka 3: Počty lokalit – skládek TKO - v kategoriích nejvyšší naléhavosti Xx.3

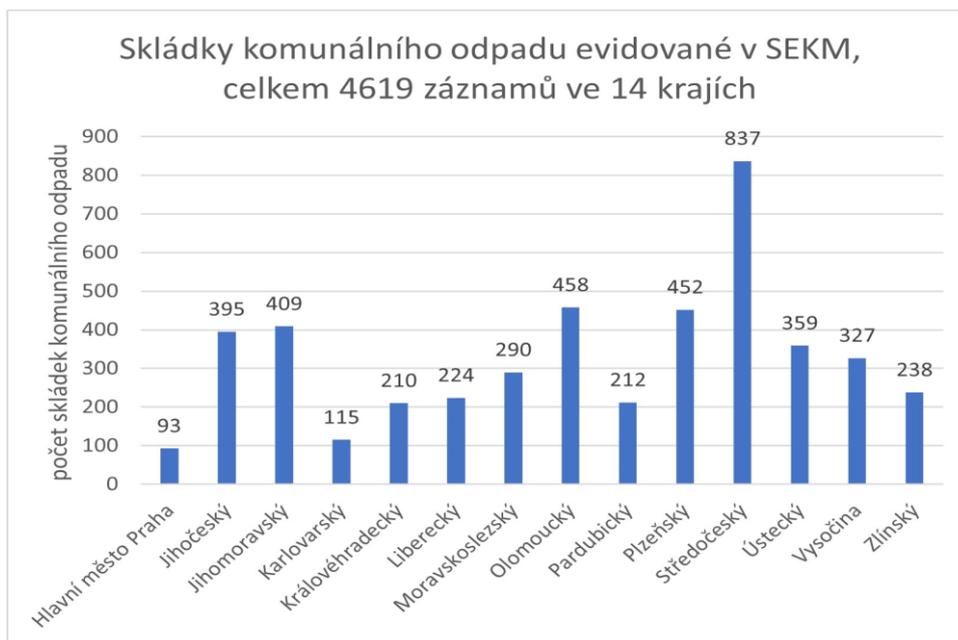
Kategorie	Počet KM/PKM	% podíl	
A3.3	4	12,6	
A2.3	8		
A1.3	1		
P4.3	49	86,4	
P3.3	25		
P2.3	13		
P1.3	2		
N2.3	1	1,0	
Celkem	103	103	100,0

Zdroj: SEKM

Skládky kategorií Px.3 mají dominantní podíl 86,4 % z celkového počtu 103 skládek TKO s nejvyšší naléhavostí pro přijetí nápravných opatření.

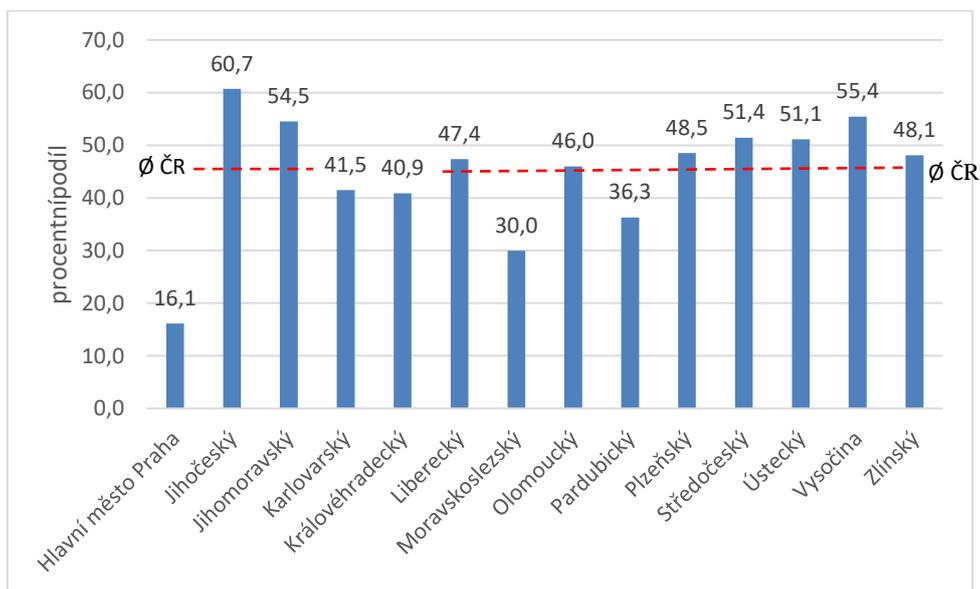
3.2.2 Regionální distribuce KM/PKM typu „skládka TKO“

Skládky TKO evidované v SEKM nemají rovnoměrné rozložení na území ČR. Jejich počty v jednotlivých krajích jsou v závislosti na socio-ekonomických a geografických podmínkách krajů různé, ať v absolutním počtu lokalit, tak z pohledu podílu skládek TKO na počtu KM/PKM v kraji – viz obrázky 3 a 4.



Zdroj: SEKM, NIKM - Zpráva o plošné inventarizaci na území ČR

Obrázek 3: Počty skládek tuhého komunálního odpadu (KM/PKM) evidovaných v SEKM, 4619 záznamů ve 14 krajích ČR



Zdroj: SEKM, NIKM - Zpráva o plošné inventarizaci na území ČR

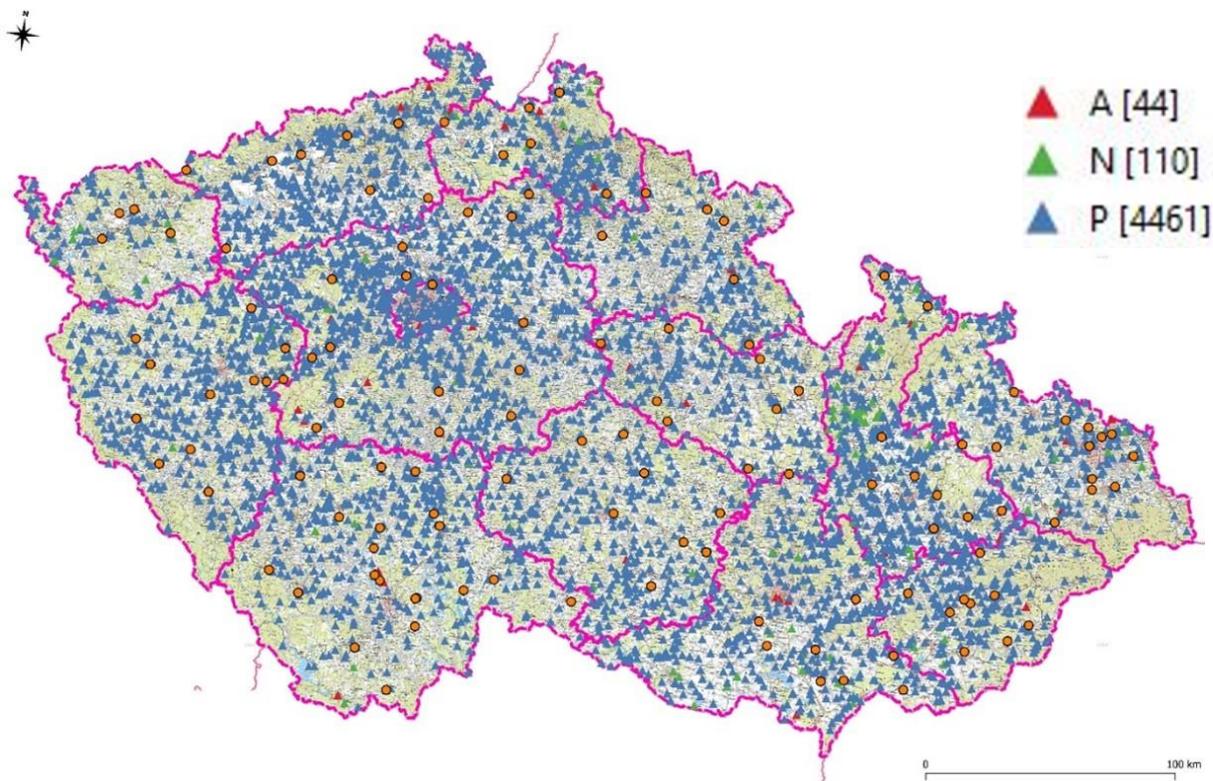
Obrázek 4: Podíl skládek TKO na počtu všech KM/PKM ve 14 krajích ČR, průměrný podíl v ČR je 45,6 %

Z počtu 4619 skládek TKO (komunálních či domovních odpadů) evidovaných jako KM/PKM na území ČR jich je nejméně - 93 - na území Hlavního města Prahy, nejvíce je jich pak na území Středočeského kraje¹⁵ (837). Z pohledu podílu na počtu všech KM/PKM je nejnižší podíl rovněž v Hlavním městě Praze (16,1 %), nejvyšší pak je v Jihočeském kraji (60,7 %), Nad průměrem pro celou ČR (45,6 %) je tento podíl u 9 krajů, pod průměrem u 5 krajů. Území Hlavního města Prahy s nízkými počty i podílem evidovaných skládek TKO je specifické, neboť zde proběhlo několik inventarizačních akcí a kampaní vyklizení starých skládek, takže v systému SEKM zůstalo jen minimum nesanovaných a nerekvizovaných lokalit¹⁶. Pokud celostátní data očistíme o nízké hodnoty pro území Hlavního města

Prahy, bude průměrný podíl na celkovém počtu KM/PKM v ČR vyšší – 47,4 %. Ve srovnání s průměrem pak vyšší podíly budou u 8 krajů a nižší u 6 krajů. Přestože rozdíly v distribuci podle typů území krajů nejsou výrazné, je zde náznak toho, že vyšší podíly jsou v krajích s vyšším podílem zemědělské a přírodní krajiny – Jihočeský, Jihomoravský, Liberecký, Plzeňský, Středočeský, Ústecký a Zlínský kraj. Výjimkou je Karlovarský kraj s nízkým podílem skládek TKO na celkovém počtu KM/PKM, přestože kraj má převažující charakter přírodně-zemědělského území.

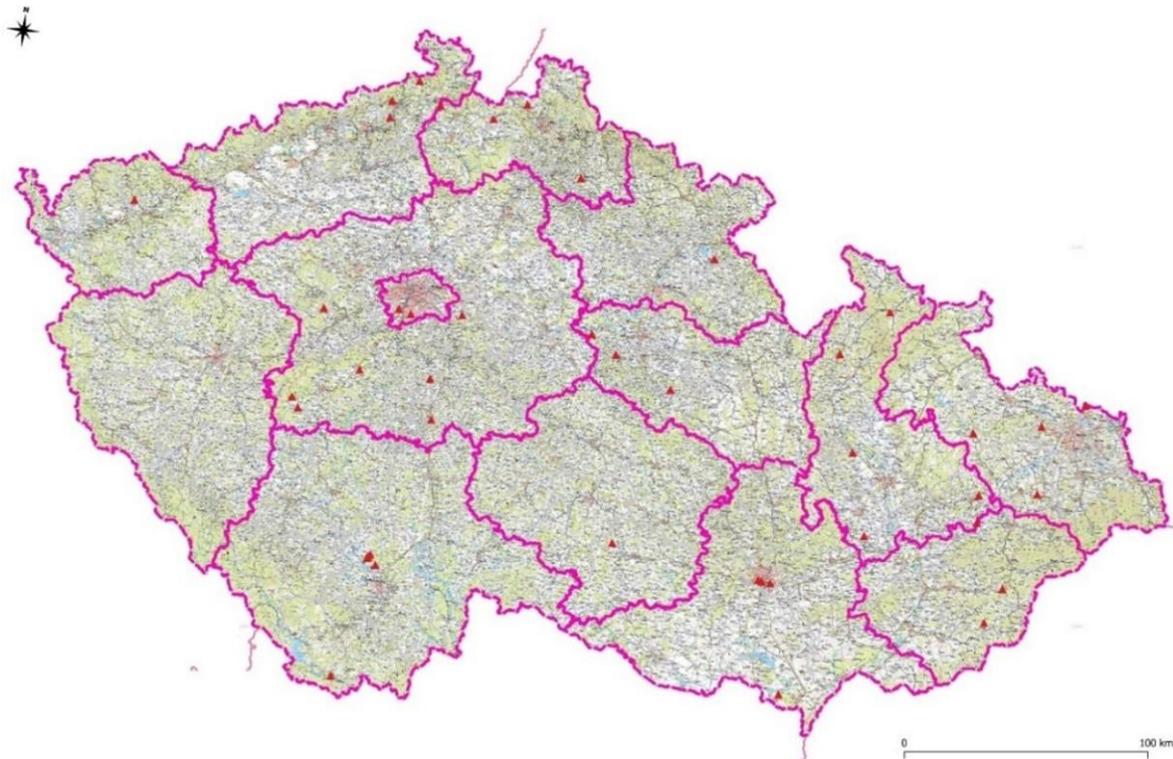
Závěry Zprávy o plošné inventarizaci za ČR¹⁵ komentují počty a podíly skládek TKO takto: „Největší zastoupení skládek TKO mezi kontaminovanými, resp. potenciálně kontaminovanými místy je logické. Problematika odpadů nebyla před rokem 1989 řešena jinak než ukládáním odpadů z domácností do terénních nerovností, vytěžených lomů a zemníků. Protože skládky TKO neměly vazbu na žádnou ekonomickou činnost, nakládání s látkami apod., ale vznikaly prakticky v okolí všech sídel, kde obyvatelům vznikla potřeba zbavit se odpadů z jejich života (z jejich spotřeby, stavebních odpadů apod.). Skládky TKO jsou dominantní ve všech krajích kromě Hlavního města Prahy, kde převažuje typ lokalit označený v SEKM jako kontaminovaný areál. Podíl skládek TKO na celkovém počtu hodnocených lokalit v krajích je větší v jižních krajích republiky, jako jsou Jihočeský kraj, Vysočina a Jihomoravský kraj s převažující zemědělskou výrobou. Naopak v krajích, kde převažuje průmyslová výroba, je relativní podíl skládek TKO na celkovém počtu hodnocených lokalit v kraji nižší. Příkladem může být již zmíněné Hlavní město Praha, Moravskoslezský kraj, Olomoucký kraj nebo kraje v severní části republiky.“

Lokalizace KM/PKM typu skládka TKO na území ČR je nerovnoměrná převážně z důvodu vazby na různé socio-ekonomické a geografické podmínky, což ilustruje jejich rozložení znázorněné pro všechny tři kategorie priorit na obrázku 5. Mimo nižší výskyt těchto lokalit v horských, podhorských a obecně a přírodních typech krajiny jsou patrná území s vyšší hustotou evidovaných lokalit, což interpretujeme jako výsledek důkladněji vedených dílčích inventarizačních akcí (Plzeňsko, Kladensko, Semilsko, Olomoucko, Šumpersko) v uplynulých 25 letech. V mapce zanesené současné provozované skládky ostatního odpadu (oranžové terčíky) jsou oproti distribuci KMPKM skládky TKO poměrně rovnoměrně rozloženy na celém území ČR.

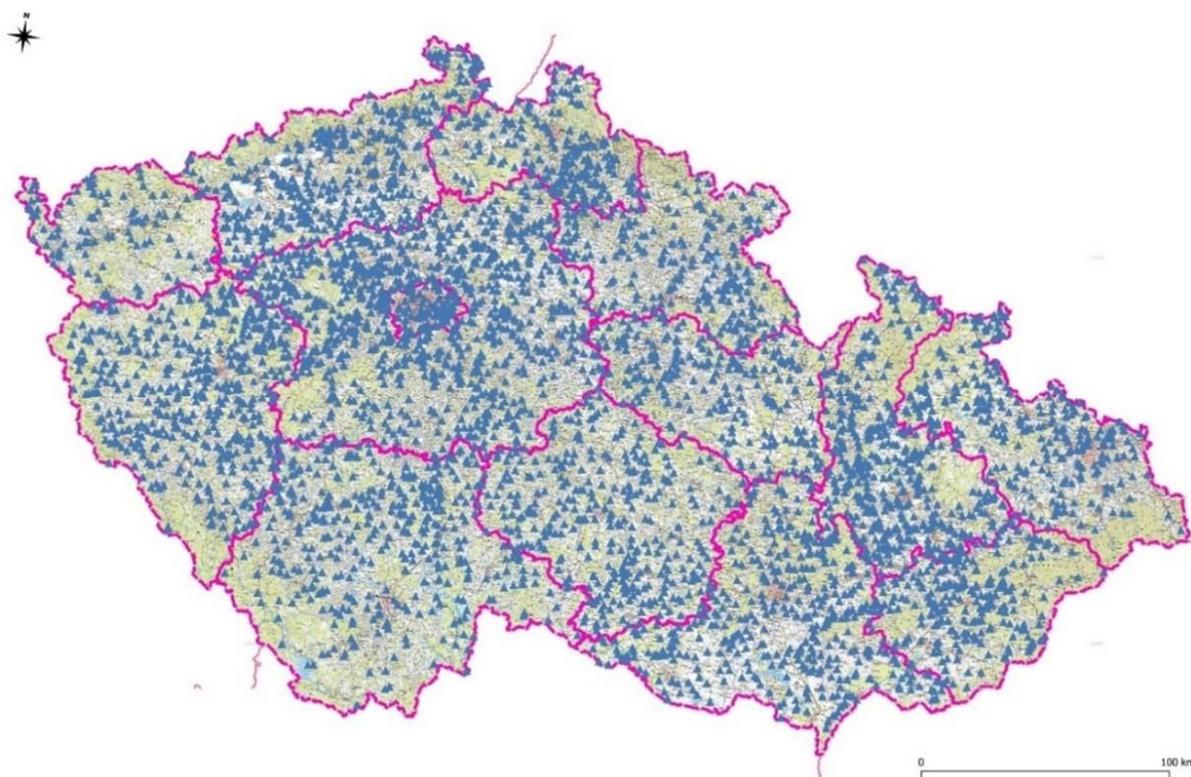


Obrázek 5: Distribuce KM/PKM typu skládka TKO, 4615 lokalit všech kategorií (A, P, N) a lokalizace provozovaných skládek S-OO (oranžové terčíky)

Distribuce 44 KM/PKM typu skládka TKO kategorie A zjevně není vázána na charakteristiky území – viz obrázek 6. U 4461 lokalit kategorie P, kterých je 86,4 všech skládek TKO, je územní distribuce znázorněná v obrázku 7 pochopitelně obdobně podobná distribuci skládek TKO všech tří kategorií.

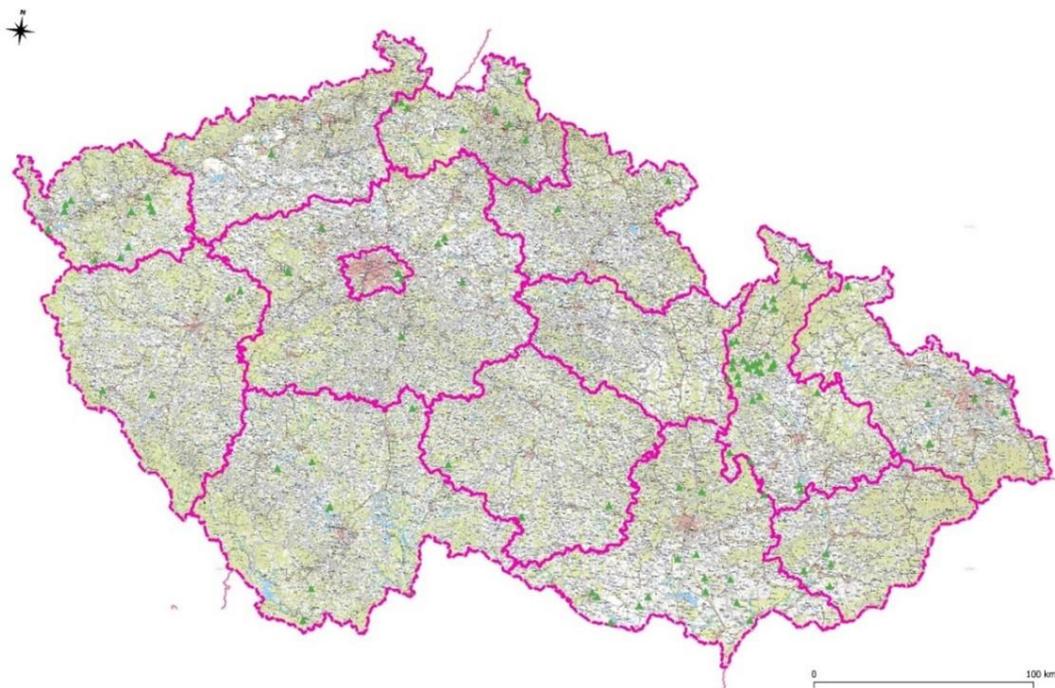


Obrázek 6: Distribuce KM/PKM typu skládka TKO, 44 lokalit kategorie A



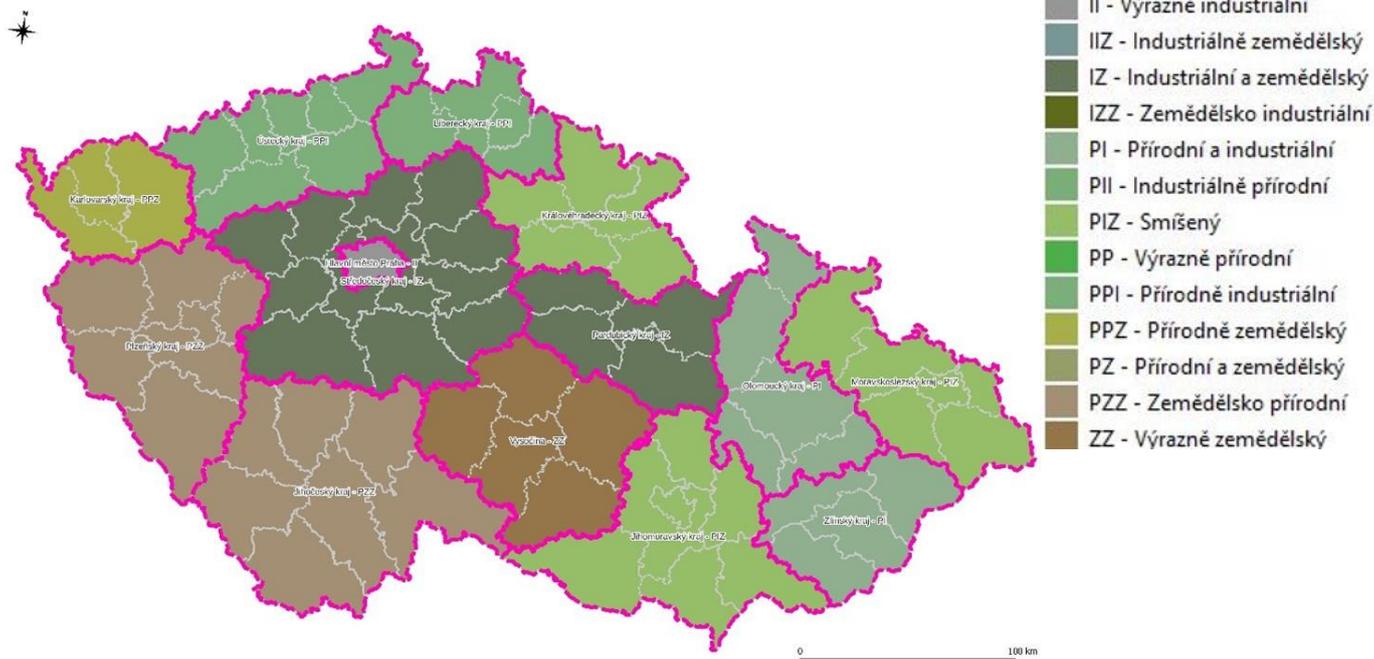
Obrázek 7: Distribuce KM/PKM typu skládka TKO, 4461 lokalit kategorie P

Územní distribuce 110 lokalit kategorie N (viz obrázek 8) naznačuje, že zvýšené výskyty lokalit kategorie N jsou patrně výsledkem důkladnějších prací dílčích inventarizací - např. ve střední a v severní části Olomouckého kraje – než důsledkem geografických či socio-ekonomických poměrů (viz obrázek 9).



Obrázek 8: Distribuce KM/PKM typu skládka TKO, 110 lokalit kategorie N

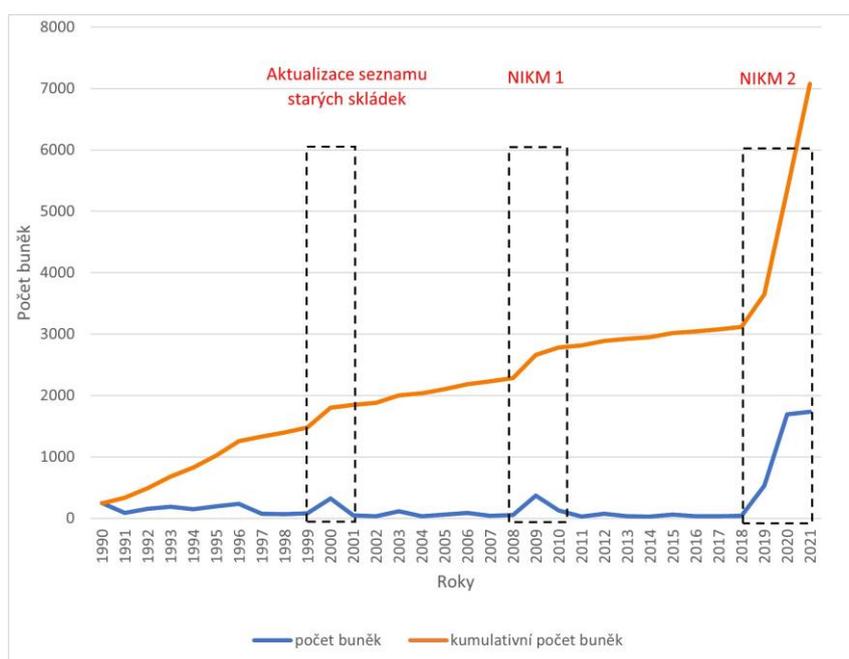
Typologie správních území ČR zobrazená v obrázku 9 byla vyvinuta v projektu NIKM 1. etapa zejména na základě dat CORINE (krajinný pokryv), ČSÚ (hustota obyvatelstva), DMÚ25 (vojenské digitální státní mapové dílo), AOPK (chráněné oblasti)¹⁷. V projektu NIKM slouží pro objasnění územní distribuce zjištěných KM/PKM z pohledu socio-ekonomických a geografických charakteristik. Generalizace na úroveň krajů je použita pouze pro účel stanovení kritéria „typ území“ pro multikriteriální analýzu územní distribuce starých skládek TKO.



Obrázek 9: Generalizované typy území jednotlivých krajů

3.2.3 Analýza časových údajů v záznamech KM/PKM typu „skládky TKO“

Výše prezentovaná pozorování jsou interpretací výsledku celostátní inventarizace provedené v projektu NIKM. Jednotnou metodikou^{18,19} byly v terénu rekognoskovány všechny lokality, které byly na začátku inventarizace v únoru 2019 shromážděny v datovém skladu SEKM. Inventarizované lokality byly projednány se správními orgány (a dalšími institucemi včetně ČIŽP) a s obecními úřady a informace o nich byly konfrontovány s dokumentací různých fondových zdrojů. Výsledky šetření byly zpracovány do jednotného formátu záznamu v SEKM. Z těchto záznamů je možno zpětně analyzovat postupné úpravy výchozí databáze staré skládky. Anotovaný obsah tzv. souhrnného formuláře je možné exportovat jako soubor formátu PDF. Přestože datum, resp. rok založení skládky, jejího uzavření a následných aktualizací původních záznamů není v aktuálním záznamu SEKM předepsaným parametrem, je možné fulltextovým vyhledáváním v rubrice charakteristika kontaminovaného místa zjistit počty citovaných letopočtů a usoudit na periody úprav záznamů. Jak je interpretováno v obrázku 10, projevují se především tři aktualizací akce: první v letech 1999 - 2001, druhá v 1. etapě NIKM (2009 - 2011) a třetí v 2. etapě NIKM (2018 - 2021).



Obrázek 10: Analýza výskytu jednotlivých letopočtů v SEKM, skládky TKO, v rubrice charakteristika KM, počet buněk v tabulce EXCEL s konkrétním letopočtem "xxxx" (rok)

3.2.4 KM/PKM typu skládky TKO z pohledu nápravných opatření a zajištění jejich financování

Nápravná opatření

V informačním systému SEKM je pro každou hodnocenou lokalitu zaznamenávána informace o stavu nápravných opatření a o způsobu financování. Nápravná opatření nepředstavují jen aktivní sanaci zemin nebo podzemních vod případně dalšího media (např. půdní vzduch, stavební konstrukce). Nápravným opatřením u lokalit, kde je doporučeno sledování šíření kontaminace, je např. provádění monitoringu. Přehled počtu a podílu lokalit podle stavu nápravného opatření pro typ skládky TKO a pro všechny inventarizované hodnocené lokality uvádí tabulka 4.

Ve srovnání dat pro soubor skládek TKO s celkovým obsahem inventarizované databáze vyplývá, že podíl skládek TKO, u nichž není nápravné opatření nutné provádět, nebo je již ukončeno s vyhovujícím výsledkem, je dvakrát nižší, než je tomu u všech hodnocených lokalit SEKM (10,4 % vs. 20,9 %).

Podíl skládek TKO, u nichž není zatím jisté, jaká nápravná opatření, anebo zda vůbec nějaká, bude nutné realizovat (v SEKM zapsáno jako „neznámo“) je vyšší než u všech hodnocených lokalit SEKM

(87,6 % vs 72,5 %). Tyto lokality jsou většinou neprozkoumanými a nedostatečně prozkoumanými místy, na kterých je nutný další průzkum znečištění horninového prostředí.

Zbývající lokality, na nichž nápravné opatření probíhá, nebo je před zahájením, nebo nápravné opatření nebylo úspěšné, je u typu skládek TKO cca 3x nižší než u všech hodnocených lokalit SEKM (2,0 % vs. 6,6 %).

Tabulka 4: Počty skládek TKO a všech hodnocených KM/PKM v ČR z pohledu nápravných opatření

Nápravné opatření	Počet skládek TKO		Podíl z počtu všech skládek TKO		Počet všech hodnocených KM/PKM v ČR		Podíl z počtu hodnocených KM/PKM v ČR	
Není nutné	143	481	3,1	10,4	979	2115	9,7	20,9
Ukončeno - vyhovující	338		7,3		1136		11,2	
Nezahájeno	45	94	1,0	2,0	290	667	2,9	6,6
Probíhá	41		0,9		290		2,9	
Ukončeno/přerušeno - nevyhovující	8		0,2		87		0,9	
Neznámo	4045	4045	87,6	87,6	7352	7352	72,5	72,5
Celkem	4620	4620	100,0	100,0	10134	10134	100,0	100,0

Zdroj: SEKM, NIKM - Zpráva o plošné inventarizaci na území ČR¹⁵.

Vysvětlivka: červená čísla - vyšší podíl, modrá čísla - nižší podíl.

Financování nápravných opatření

S realizací nápravných opatření (NO), případně s realizací průzkumů znečištění horninového prostředí úzce souvisí i zajištění financování. To je z celkového počtu 10 134 hodnocených lokalit všech typů potřeba zajistit pro 8024 lokalit (u zbývajících 2110 lokalit financování není financování třeba, neboť buď NO není nutné, nebo již bylo úspěšně dokončeno). U 1267 lokalit bylo financování alespoň některé etapy procesu odstranění starých ekologických zátěží (SEZ) z různých zdrojů zajištěno (průzkum, analýza rizik, sanace). Financování je tedy třeba zajistit minimálně pro zbývajících 6757 lokalit, na kterých je nutné provést průzkum znečištění a/nebo nápravné opatření. Financování bývá nejčastěji zajištěno z Ministerstva financí (ekologické smlouvy), z Evropských fondů (obvykle z Operačního programu životního prostředí), z rozpočtů obcí, měst a krajů a z prostředků dalších ministerstev, státních podniků nebo ze soukromých zdrojů.

Pro studovaný soubor skládek TKO (SEKM) jsou počty a podíly skupin s různou mírou potřeby nebo zbytnosti financování odlišné, než jsou u celého souboru hodnocených KM/PKM všech typů obsažených v SEKM. V tabulce 5 je uvedeno srovnání mezi soubory skládek TKO a celou databází KM/PKM.

Tabulka 5: Počty skládek TKO a všech hodnocených KM/PKM v ČR z pohledu stavu zajištění financování nápravných opatření

Stav zajištění / nezajištění financování	Skládky TKO		Hodnocená KM/PKM		KM/PKM bez skládek TKO	
	Počty lokalit	% podíl	Počty lokalit	% podíl	Počty lokalit	% podíl
Financování není nutné	36	0,8	2110	20,8	2074	37,6
Financování není zajištěno	3872	83,8	6757	66,7	2885	52,3
Financování již zajištěno nebo je alespoň pro některé etapy	712	15,4	1267	12,5	555	10,1
Celkem	4620	100,0	10134	100,0	5514	100,0

U skládek TKO je minimální zastoupení lokalit, kde se nepředpokládá financování (0,8 %) oproti podílu u všech hodnocených KM/PKM (20,8 %). Při srovnatelném podílu již zajištěného financování je podíl nezajištěného financování o cca čtvrtinu vyšší než u celého souboru KM/PKM (83,8 % vs 66,7 %). Vzhledem k tomu, že skládky TKO tvoří 45,6 % všech KM/PKM v SEKM, je míra nezajištěnosti financování NO pro skládky TKO ještě markantnější. Po odečtu skládek TKO z celého souboru KM/PKM není u zbývajících lokalit financování nutné pro 37,6 % lokalit a podíl s nezajištěným financováním je pouze 52,3 %.

Pro soubor skládek TKO jsme vyčíslili počty lokalit podle zdrojů financování – viz tabulka 6. Převážná část nápravných opatření (cca 61 %) je financována nebo předurčena k financování obcemi a městy. Nápravná opatření u čtvrtiny skládek TKO lokalit jsou financována z fondů EU (dominantně OPŽP), u části v kombinaci s dalšími zdroji a vlastními prostředky. Nezanedbatelná cca 10% část nápravných opatření je financována soukromými subjekty, obvykle vlastníky (podniky i osobami). Nízké procento (1,9 %) nápravných opatření je financováno Ministerstvem financí, což není překvapivé, neboť dominantní část starých skládek vč. skládek TKO obvykle nebyla předmětem privatizace a nebyly na ně uzavírány „ekologické smlouvy“.

Tabulka 6: Zdroje financování nápravných opatření pro skládky TKO

Financující subjekt	Počty a podíly lokalit podle zdrojů financování u skládek TKO	
	Počet	% podíl
Ministerstvo financí	15	1,9
Evropské fondy / OPŽP	204	25,5
Další OP resortů	5	0,6
Obce a města	486	60,7
Kraje	6	0,7
Státní podniky	4	0,5
Soukromé subjekty (podniky i osoby)	81	10,1
Celkem	801	100,0
Po odečtu kombinací zdrojů financování	712	

3.2.5 Období provozování starých skládek

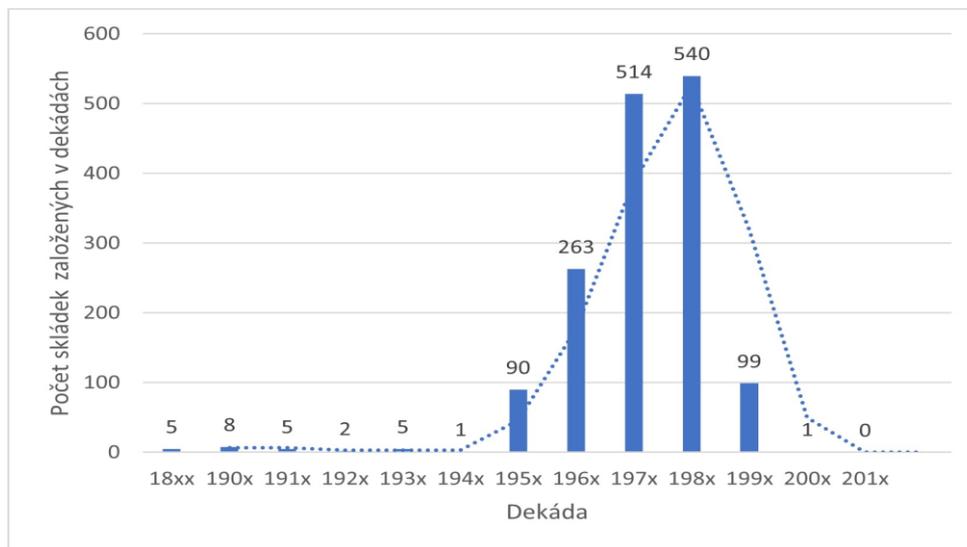
Samostatně byl analyzován dílčí datový zdroj "Staré skládky", který obsahoval i některé informace, které nebylo možno převést do SEKM. Zejména šlo o data zahájení a ukončení ukládání na skládkách. Z analýzy těchto dat lze vyvodit zajímavá zjištění, které ilustrují obrázky 12, 13 a 14.

Podobně jako SEKM Staré skládky obsahuje celkem 2739 skládek s datací vzniku záznamu. U 175 záznamů datum není uvedeno. V období 1996 – 2001 vzniklo 81,7 % datovaných záznamů, z toho v letech 1999 - 2001 70,7 % datovaných záznamů. V jediném roce – 2000 - vzniklo 55,4 % datovaných záznamů. V dalších letech po „inventarizační akci 1997-2001“ nízké počty datovaných anotací ukazují na nevelké průběžné aktualizování a případné doplňování databáze, a to i malými aktualizacími akcemi – v roce 2009 - 2012 to bylo 207 záznamů (1. etapa NIKM s pilotní inventarizací na cca 10 % území ČR) a v letech 2015 - 2016 to bylo 77 aktualizovaných záznamů, z nichž část se evidentně týká aktualizace databáze pro OPŽP týmem Ernst & Young⁸.

Vlastní pořízení této databáze se v letech 1996 - 2001 zjevně odehrálo ve dvou fázích, první v roce 1997 (268 záznamů) a druhé v letech 1999 - 2001 (1813 záznamů), přičemž druhá fáze počtem evidovaných lokalit cca 7x převyšuje první fázi.

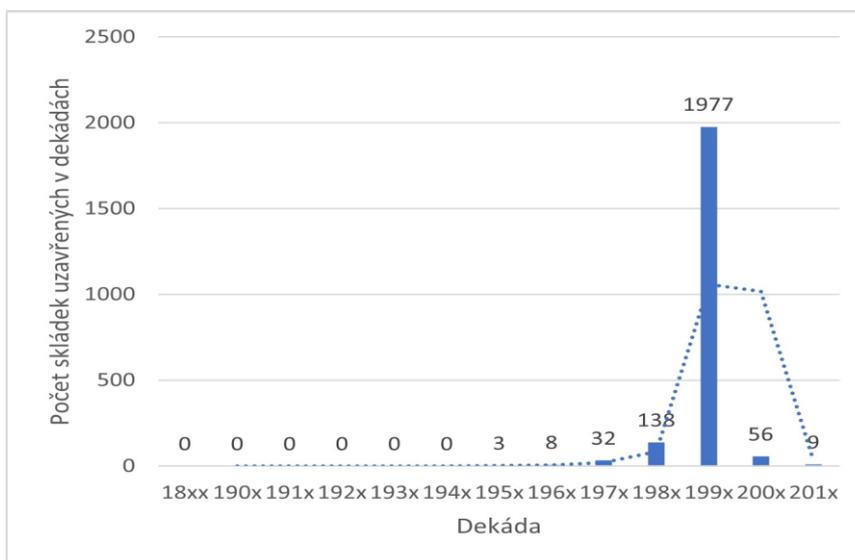
Zajímavé údaje analyzované původní databáze je možné získat přiřazením datumů založení skládek do dekád 20. století (s přesahem do sousedních dekád 19. a 21. století) – viz obrázek 11. Dominantní část 1533 evidovaných skládek s datem založení (56 % ze všech záznamů) byla založena od

padesátých do devadesátých let, s vrcholy v sedmdesátých a osmdesátých letech. Mezi nejstarší evidované skládky patří mj. skládky a laguny Ostramo s připsaným rokem založení 1888.



Obrázek 11: Analýza počtů starých skládek podle založení v dekáдах 20. století
(tečkovaná spojnice - klouzavý průměr pro dvě období)

Datумы uzavírání starých skládek v dekáдах 20. století jsou vyhodnoceny v obrázku 12. Dominantní část - 1977 skládek (89 %) z 2223 evidovaných skládek s datem uzavření - byla uzavřena v devadesátých letech.



Obrázek 12: Analýza počtů starých skládek podle roku uzavření v dekáдах 20. století
(tečkovaná spojnice - klouzavý průměr pro dvě období)

U 1230 starých skládek (45 % ze všech 2739 záznamů) jsou k dispozici jak roky založení, tak roky uzavření. V obrázku 13 jsou v grafu vyneseny počty skládek se stejnou délkou skládkování a hlavní rys rozložení hodnocených dat. Průměrná délka skládkování pro celý analyzovaný soubor je 19,8 let.

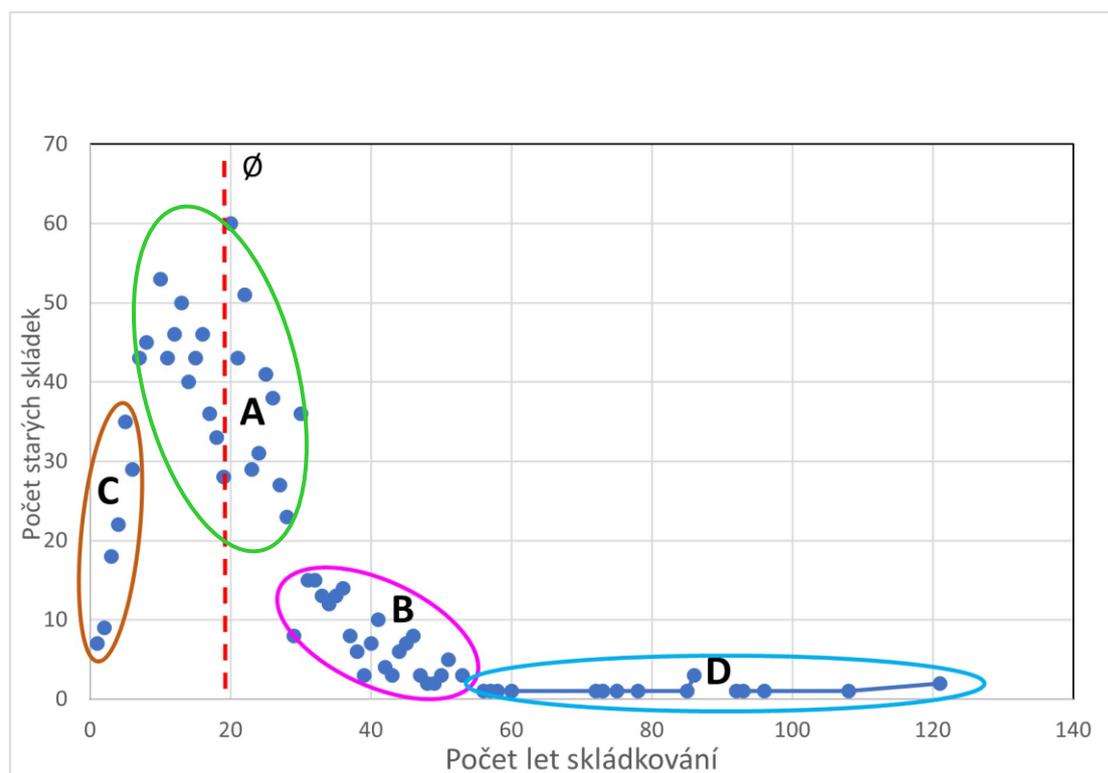
První výrazná skupina skládek (v obrázku označena A) má délku skládkování mezi 5 a 30 roky a v jednotlivých letech jich je mezi 20 a 60, přičemž s počtem let skládkování klesá i počet skládek s daným počtem let skládkování.

Druhá výrazná skupina (B) má délku skládkování mezi 30 a 55 roky a v jednotlivých letech je jich mezi 2 a 15, přičemž opět s počtem let skládkování klesá i počet skládek s daným počtem let skládkování.

Třetí skupina (C) je méně početná, má délku skládkování mezi 1 a 7 roky a v jednotlivých letech je jich mezi 8 a 35, přičemž s počtem let skládkování roste počet skládek s daným počtem let skládkování.

Podružná čtvrtá skupina (D) má délku skládkování mezi 55 a 120 lety a v jednotlivých letech má nízké počty – mezi 1 a 3 skládkami.

Při případném výběru typických skládek pro účely např. studia jejich technického zabezpečení nebo složení uložených odpadů je uvedená typologie jedním z možných parametrů vícekritériálního výběru.



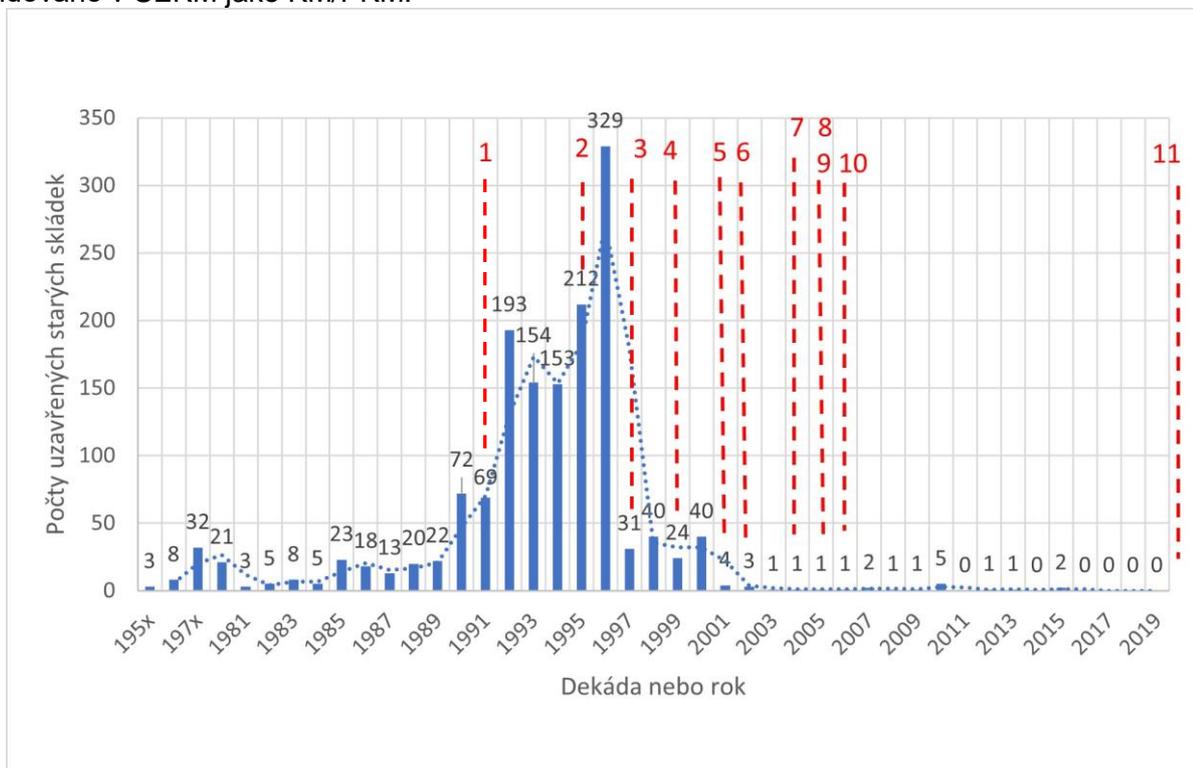
Obrázek 13: Délky skládkování u souboru 1230 starých skládek, průměr 19,8 let, 68 ročníků

3.2.6 Regulatorní impulsy pro uzavírání, sanaci a rekultivaci starých skládek

K uzavírání starých skládek založených ještě před rokem 1990 docházelo postupně již od roku 1990 a pokračovalo až do roku 2000 s vrcholem v roce 1996. V grafu - v obrázku 14 - jsou počty uzavřených skládek v jednotlivých letech dány do souvislosti s přijímáním moderních legislativních, technických a organizačních opatření (milníků), které vytvořily právní rámec pro povolování skládek a jejich provozování v souladu s politikou odpadového hospodářství ČR a regulatorními požadavky právních předpisů ČR a EU.

Již v roce 1990 se ztrojnásobil počet uzavírání skládek (72) oproti předchozímu roku. Hlavním impulzem pro razantní nárůst počtu uzavíraných skládek bylo přijetí zákona č. 238/1991 Sb., o odpadech⁹. Normou ČSN 83 8030 Skládkování odpadů – základní podmínky pro navrhování a výstavbu²⁰⁹ se dostalo správním a kontrolním orgánům technické opory po posuzování způsobilosti existujících skládek odpadů pro jejich další provozování. V roce 1996 bylo uzavřeno rekordních 329 starých skládek. V následujících letech 1997 – 2000 pak bylo uzavřeno 135 starých skládek evidovaných v podobjektu Staré skládky. Svou regulatorní roli pro provoz a uzavírání starých skládek sehrál i zákon č. 125/1997 Sb., o odpadech²¹ a inspirace pro českou legislativu z ustanovení Směrnice 1999/31/ES o skládkách odpadů²². Po roce 2000 až do současnosti byly uzavřeny zbývající 24 staré skládky analyzovaného souboru, a to v ročních počtech 0 až 5 skládek.

Další významné milníky pro odpadové hospodářství a problematiku skládkování (viz seznam v obrázku 14) se na tomto finálním uzavírání starých skládek analyzovaného souboru již neprojeví. Jejich vliv byl však dominantní pro do té doby provozované skládky (vč. provozu „na výjimku“) a vedl k přezkumu a k postupnému uzavírání skládek nevyhovujícím právním předpisům, především v souvislosti se vstupem ČR do EU. I tyto uzavřené skládky jsou v mnohých případech evidovány jako KM/PKM v SEKM pod typem skládky TKO. Uzavřené skládky s integrovaným povolením jsou stále vedeny v registru integrovaných povolení jako skládky v následné péči (po 30 let od uzavření) a nejsou evidovány v SEKM jako KM/PKM.



Milníky: 1 Zákon č. 238/1991 Sb., zákon o odpadech; 2 ČSN 83 8030 Skládkování odpadů – základní podmínky pro navrhování a výstavbu; 3 Zákon č. 125/1997 Sb., o odpadech; 4 Směrnice 1999/31/ES o skládkách odpadů; 5 Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech. Vyhláška č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady; 6 Zákon č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci; 7 Vstup ČR do EU 1. 5. 2004; 8 SEKM 2005; 9 Vyhláška č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu; 10 Zákon č. 183/2006 Sb., stavební zákon; 11 Zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech

Obrázek 14: Počty starých skládek uzavřených v letech 1980-2019 ve vztahu k právním a organizačním opatřením přijatých po roce 1990

4 Diskuze

Odpadová praxe ukazuje, že žádná skládka není úplně stejná jako jiná, a že se více nebo méně liší v řadě parametrů. Vyšli jsme z předpokladu, že ze základních charakteristik a parametrů anotovaných v záznamech relevantních databází je možné provést určitou typizaci těchto skládek odpadů, v našem případě starých skládek komunálního odpadu, resp. TKO.

Využitelnost SEKM a NIKM

Využitelnost dat databáze SEKM v její podobě po ukončení inventarizace (k 31. 12. 2021) je vysoká. Chybějící rubrika Financování v souhrnném formuláři, a tudíž i absence číselníku, je sice pro naši analýzu omezující, ale tento nedostatek je překonatelný pracnějším fulltextovým vyhledáváním, doplňujícím převodem na omezenou škálu typových výroků a jejich statistickým vyhodnocením v exportovaných záznamech v podobě tabulky EXCEL. Úprava – zavedení rubriky s číselníkem do souhrnného formuláře již byla v závěrech z projektu NIKM navržena.

Interpretace výsledků projektu NIKM významně přispívá k pochopení problematiky starých skládek odpadů, především z pohledu územní distribuce KM/PKM a statistických vyhodnocení typů a kategorií KM/PKM obsažených v závěrečných zprávách NIKM.

Územní distribuce starých skládek TKO (územní reprezentativnost)

Historický vývoj starých skládek jsme analyzovali ve vztahu k počtům a územní distribucí stávajících (povolených) skládek komunálních odpadů. Počet povolených skládek ostatního odpadu v druhé polovině 90. let a po přizpůsobení provozovaných skládek podle zákonných požadavků ČR a předpisů EU rapidně klesl z počtu 160 -200 při vstupu ČR do EU (2004) na počet 130 -140 v posledních pěti letech (2017-2022) s trendem dalšího snížení na počet cca 100 v roce 2030 (viz obrázek 1). Provozované skládky ostatních odpadů v současnosti poměrně rovnoměrně pokrývají území ČR (viz obrázek 2), oproti nerovnoměrné územní distribuci starých skládek TKO (viz obrázky 5, 6, 7). Je to dáno také tím, že některá území byla včas - v 90. létech – zmapována dílčími inventarizacemi, a to v době, kdy staré zátěže (především skládky TKO) byly ještě zjevné a v povědomí lidí, a proto je tam i více evidovaných KM (vč. kategorie N, kde není nutný zásah - příkladem je střed a sever Olomouckého kraje - viz obrázek 8). Pro charakterizování územní distribuce celého studovaného souboru starých skládek TKO byl zvážen počet skládek TKO v jednotlivých krajích (viz obrázek 3), jejich podíl na všech KM/PKM v kraji (viz obrázek 4) a převažující charakter území (přírodní, zemědělský, průmyslový – viz obrázek 8).

Z hlediska počtu je pro tvorbu kritéria pro výběr hlavních typů skládek TKO zařaditelný Středočeský kraj (nejvyšší počet 837 skládek TKO), Olomoucký kraj (druhý nejvyšší počet 458 skládek TKO) a Plzeňský kraj (třetí nejvyšší počet – 452). Z hlediska podílu na počtu KM/PKM (kraj/ČR) je možno vybírat z krajů s výrazněji nadprůměrným podílem, což je Jihočeský kraj (60,7 %), Kraj Vysočina (55,4 %) a Jihomoravský kraj (54,5 %). Průměrný podíl ve 14 krajích je 45,6 %.

V tabulce 7 je uvedeno vyhodnocení variant územní distribuce starých skládek TKO. Červeným písmem jsou označeny kraje s nejvyšším skóre pro výběr typických starých skládek TKO. Kritérium typu území je odvozeno od typologie území generalizované pro jednotlivé kraje tak, jak je znázorněno v obrázku 9. Byla zvolena škála od výrazně industriálního typu s hodnotou 9, přes výrazně zemědělský typ s hodnotou 5 po výrazně přírodní typ s hodnotou 1. Plná škála uvedená v legendě k obrázku 9 se uplatňuje v členění teprve na úrovni ORP. Na úrovni kraje jsme vyhodnotili ve škále 9 – 5 – 1 hlavní typy a mezitypy takto: typ II – výrazně industriální je na území Hl. m. Prahy (hodnota 9), typ IZ – industriální a zemědělský na území Středočeského a Pardubického kraje (hodnoty po 8), typ ZZ – výrazně zemědělský (Kraj Vysočina), typ PIZ smíšený (kraje Jihomoravský, Moravskoslezský, Královéhradecký) a typ PPI přírodně-industriální (kraje Liberecký a Ústecký) vždy s hodnotou 5, typ PI přírodní a industriální (kraje Olomoucký a Zlínský) s hodnotami po 4, typ PZZ zemědělsko-přírodní (kraje Plzeňský a Jihočeský) s hodnotami po 3 a typ PPZ zemědělsko-přírodní v Karlovarském kraji s hodnotou 2.

Tabulka 7: Vyhodnocovací matice pro kritérium územní distribuce starých skládek TKO

Kritérium - distribuce Varianty	Počet skládek TKO (pořadí mezi kraji)	Podíl na všech KM/PKM v kraji (pořadí mezi kraji)	Typ území Prům. 9; Zem. 5; Přír. 1	Součet
Váha	1	3	2	
Jihočeský kraj	1 x 10 = 10	3 x 14 = 42	2 x 3 = 6	58
Kraj Vysočina	1 x 8 = 8	3 x 13 = 39	2 x 5 = 10	57
Jihomoravský kraj	1 x 11 = 11	3 x 12 = 36	2 x 5 = 10	57
Středočeský kraj	1 x 14 = 14	3 x 11 = 33	2 x 8 = 16	63
Ústecký kraj	1 x 9 = 9	3 x 10 = 30	2 x 5 = 10	47
Plzeňský kraj	1 x 12 = 12	3 x 9 = 27	2 x 3 = 6	45
Zlínský kraj	1 x 6 = 6	3 x 8 = 24	2 x 4 = 8	38
Liberecký kraj	1 x 5 = 5	3 x 7 = 21	2 x 5 = 10	36
Olomoucký kra	1 x 13 = 13	3 x 6 = 18	2 x 4 = 8	39
Karlovarský kraj	1 x 2 = 2	3 x 5 = 15	2 x 1 = 2	19
Královéhradecký kraj	1 x 3 = 3	3 x 4 = 12	2 x 5 = 10	25
Pardubický kraj	1 x 4 = 4	3 x 3 = 9	2 x 8 = 16	29
Moravskoslezský kraj	1 x 7 = 7	3 x 2 = 6	2 x 5 = 10	23
Hl. město Praha	1 x 1 = 1	3 x 1 = 3	2 x 9 = 18	22

Rozlohy starých skládek TKO

Z dat SEKM pro skládky TKO můžeme u rozlohy konstatovat, že cca 87 % skládek TKO má rozlohu větší než 100 m². Jako typické můžeme označit skládky s rozlohou 100 m² až 2000 m² (58,1 % všech skládek TKO) a skládky s rozlohou nad 2000 m² (28,5 % všech skládek TKO) – viz tabulka 1. V tabulce 8 je uvedeno vyhodnocení variant rozlohy starých skládek TKO. Červeným písmem jsou označeny skládky TKO s nejvyšším skóre podle rozlohy pro výběr typických starých skládek TKO.

Tabulka 8: Vyhodnocovací matice pro kritérium rozlohy starých skládek TKO

Kritérium - rozloha Varianty	Počet skládek TKO (řády 10 ^x)		Podíl na všech KM/PKM (jednotky, desítky, stovky)		Součet	
	Váha	1	3	3		
Do 100 m ²		558	1 x 2 = 2	12,1	3 x 2 = 6	8
100 m ² až 2000 m ²		2682	1 x 3 = 3	58,1	3 x 2 = 6	9
Nad 2000 m ²		1317	1 x 3 = 3	28,5	3 x 2 = 6	9
Bez kontaminace		62	1 x 1 = 1	1,3	3 x 1 = 1	2
Celkem		4619		100,0		

Kategorie priorit skládky TKO („rizikovost“ skládek)

Podle vyhodnocených priorit dominují ve studovaném souboru skládek typu TKO skládky kategorie P – cca 97 % (viz tabulka 2). Zohledněno je i zařazení lokalit do kategorií nejvyšší naléhavosti Xx.3 (viz tabulka 3). Vzhledem k tomu, že lokality kategorie N nejsou pro následné vzorkování relevantní, do výběru variant podle kategorie priority jsou zařazeny jen skládky kategorií P (červené písmo v tabulce 9) a, přes malý počet/podíl, i skládky kategorie A (modré písmo).

Tabulka 9: Vyhodnocovací matice pro kritérium kategorie priority starých skládek TKO

Kritérium – kategorie priority Varianty	Počet skládek TKO (řády 10 ^x)		Podíl na všech skládkách TKO (jednotky, desítky, stovky)		Podíl skládek TKO kategorie nejvyšší naléhavosti Xx.3		Součet	
	Váha	1	2	3	3	3		
Kategorie A		44	1 x 1 = 1	1,0	2 x 1 = 2	12,6	3 x 2 = 6	9
Kategorie P		4464	1 x 3 = 3	96,6	2 x 2 = 4	86,4	3 x 3 = 9	16
Kategorie N		110	1 x 2 = 2	2,4	2 x 1 = 2	1,1	3 x 1 = 3	7
Celkem		4619		100,0		100,0		

Nápravná opatření (NO)

Pro výběr tohoto kritéria vzhledem k účelu analýzy je nejvýznamnější počet a podíl lokalit, kde NO nebylo stanoveno (položka „neznámo“ v tabulce 4) nebo kde nebylo zahájeno či bylo nevyhovující. Tam kde NO není nutné, bylo ukončeno nebo probíhá, se zamýšlené technické vzorkování a následné analýzy složení mívají s hlavním účelem výzkumu – přinést informace o stavu doposud sanačními pracemi nedotčených starých skládek TKO. Červené písmo v tabulce 10 označuje vybranou variantu.

Tabulka 10: Vyhodnocovací matice pro kritérium nápravná opatření u starých skládek TKO

Kritérium – kategorie nápravná opatření Varianty	Počet skládek TKO (řády 10 ^x)		Podíl na všech skládkách TKO (jednotky, desítky, stovky)		Součet	
	Váha	1	2	2		
Není nutné		143	1 x 2 = 2	3,1	2 x 1 = 2	4
Nebylo zahájeno		45	1 x 1 = 1	1,0	2 x 1 = 2	3
Nebylo stanoveno		4045	1 x 3 = 3	87,6	2 x 2 = 4	7
Ostatní - nerelevantní		427	-	8,3	-	-
Celkem		4620		100,0		

Financování nápravných opatření

Stav financování NO opatření starých skládek TKO je pojednán v tabulkách 5 a 6. Pro výběr kritéria vzhledem k účelu analýzy je relevantní pouze ta část souboru dat pro skládky TKO, kde financování není zajištěno, což je 83,8 % skládek TKO (viz červené písmo v tabulce 11). Tam kde financování není nutné, nebo je, byť částečně, zajištěno, nebude vzorkování a výzkum složení skládky přínosné. Zdroj financování není pro uvažovaný výběr relevantní.

Tabulka 11: Vyhodnocovací matice pro kritérium financování nápravných opatření u starých skládek TKO

Kritérium – kategorie financování NO Varianty	Počet skládek TKO (řády 10 ^x)		Podíl na všech skládkách TKO (jednotky, desítky, stovky)		Součet
Váha	1		2		
Financování není nutné	36	1 x 2 = 1	0,8	2 x 0 = 0	1
Financování není zajištěno	3872	1 x 1 = 3	83,8	2 x 2 = 4	7
Financování je zajištěno nebo je alespoň pro některé etapy	712	1 x 3 = 2	15,4	2 x 2 = 4	6
Celkem	4620		100,0		

Časové faktory - délka skládkování

Po stanovení významu staré skládky jako typické lokality pro záměr vzorkování je délka skládkování velmi důležitým parametrem, neboť krátkodobé skládkování znamená také nereprezentativní, resp. netypické složení skládkovaného odpadu. U části studovaného souboru záznamů starých skládek, kde jsou k dispozici jak roky založení, tak roky uzavření, jehož velikost je 1230 skládek (45 % ze počtu 2739 všech skládek podobjektu staré skládky) jsme mj. vyhodnotili charakteristické 4 skupiny skládek (A, B, C, D) z pohledu vztahu mezi počtem skládek a počtem let skládkování – viz obrázek 14. Průměrná délka skládkování je 19,8 let. Červené písmo v tabulce 12 označuje vybrané varianty.

Tabulka 12: Vyhodnocovací matice pro kritérium délky skládkování

Kritérium – kategorie délka skládkování Varianty	Délka skládkování v letech / průměr ve skupině		Počty skládek TKO v jednotlivých letech		Počet průniků počtu v ročníku a délky skládkování (ve skupině X, celkem 66 bodů) / % podíl		Součet
Váha	2		2		3		
Skupina A	5 – 30 / 17	2 x 2 = 4	20 - 60	2 x 4 = 8	22 / 33	3 x 3,5 = 10,5	22,5
Skupina B	30 – 55 / 42	2 x 3 = 6	5 - 15	2 x 2 = 4	23 / 35	3 x 3,5 = 10,5	20,5
Skupina C	1 – 7 / 4	2 x 1 = 2	8 - 35	2 x 3 = 6	6 / 9	3 x 1 = 3	14
Skupina D	50 - 120 / 85	2 x 4 = 8	1 - 3	2 x 1 = 2	15 / 23	3 x 2 = 6	16
Celkem	1 – 120 / 20		1 - 55		66 / 100		

Časové faktory - doba od ukončení skládkování

Datum ukončení skládkování, resp. uzavření skládky (viz obrázek 13) je pro zamýšlený výběr rovněž významným faktorem. V členění po dekádách jasně dominují 90. léta s počtem 1977 skládek z 2739 záznamů, tj. s 89 % podílem – viz tabulka 13.

Tabulka 13: Vyhodnocovací matice pro kritérium doby od uzavření skládky

Kritérium – kategorie doba od uzavření Varianty	Počet skládek TKO uzavřených v dekádách (řády 10 ^x)		Podíl na všech uzavřených skládkách TKO v dekádách (jednotky, desítky)		Součet
Váha	1		2		
Do 1980	43	1 x 1 = 1	1,9	2 x 1 = 2	3
198x	138	1 x 2 = 2	6,2	2 x 1 = 2	4
199x	1977	1 x 3 = 3	88,9	2 x 2 = 4	7
Po 2000	65	1 x 1 = 1	2,9	2 x 1 = 3	4
Celkem	2223		100,0		

Varianty výběru

Finální výběr reprezentativních / typických starých skládek by na základě výše uvedených rozborů kritérií mohl být proveden ze starých skládek TKO, které se

- nacházejí v krajích Jihočeském, Jihomoravském, Středočeském a v Kraji Vysočina;
- mají rozlohu nad 100 m²;
- jsou kategorie P a A;
- nebyla pro ně stanovena nápravná opatření;
- nemají zajištěné financování nápravných opatření;
- skládkovalo se na nich 5 až 55 let a
- skládkování bylo ukončeno v devadesátých letech.

5 Závěry

V článku popsané vybrané informační zdroje, zejména SEKM, obsahují využitelné informace, umožňující identifikovat a prozkoumat některá kritéria multikriteriálního výběru hlavních typů starých skládek TKO pro následné odběry vzorků a technické práce, připravované v rámci výzkumného projektu CEVOOH (úloha Rešerše kontaminovaných míst vhodných pro analýzu složení historických odpadů)²³.

Provedené rozborů dat umožňují následně formulovat a hodnotit kritéria jako jsou

- územní distribuce starých skládek TKO
- velikost (rozloha) skládky;
- časové charakteristiky skládkování:
 - datum zahájení skládkování,
 - datum uzavření skládky,
 - délka skládkování;
- lokalizace (územní reprezentativnost);
- stav poznatků o skládce:
 - o její rizikovosti,
 - o časové naléhavosti pro případná nápravná opatření,
- zdroj financování provedených, prováděných nebo již plánovaných nápravných opatřeních.

Poznání historie a obsahu evidence starých skládek komunálního odpadu v ČR umožní při plánování opatření k nápravě stavu jednotlivých lokalit zvažovat rozsah nutných podrobných průzkumů k určení reálné míry rizika znečištění horninového prostředí, podzemních a povrchových vod. V dalším období budou po provedených průzkumech počty potenciálně kontaminovaných lokalit (kategorie P) zákonitě klesat a počty nekontaminovaných lokalit (kategorie N) narůstat. Neznamená to, že evidované lokality kategorie N budou z evidence vypuštěny. Mezi běžná nápravná opatření patří mj. následný monitoring nebo institucionální dohled nad využitím lokality.

V SEKM evidované lokality představují podklad pro územně analytické podklady (jev 64), které je podle stavebního zákona²⁴ povinno Ministerstvo životního prostředí poskytovat obcím s rozšířenou působností, které je využijí při aktualizacích plánů územního rozvoje. Po dokončení inventarizace NIKM mají ORP poprvé k dispozici ucelenou databázi podchycující maximum reálně získatelných dat o kontaminovaných místech.

Poděkování

Děkujeme České informační agentuře životního prostředí za umožnění publikování tohoto příspěvku vypracovaného za podpory Technologické agentury České republiky, Program Prostředí pro život, projekt SS02030008 Centrum environmentálního výzkumu: Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost (CEVOOH), řešený v letech 2021 - 2026.

Podkladové analýzy byly vypracovány v rámci projektu 2. etapa Národní inventarizace kontaminovaných míst (NIKM 2, 2018 – 2021) spolufinancovaného z fondů Evropské unie – z Fondu soudržnosti – z Operačního programu Životní prostředí (oblast podpory 4.2. - Odstraňování starých ekologických zátěží).

Literatura

1. Databáze SEKM: <https://www.sekm.cz/>
2. Doubrava P., Jirásková L., Petruřchová J., Roušarová Š., Řeřicha J., Suchánek Z.: *Metody dálkového průzkumu v projektu Národní inventarizace kontaminovaných míst*. CENIA, česká informační agentura životního prostředí, ISBN: 978-80-85087-91-8, Praha 2011, s. 1 - 96.
3. Doubrava P., Suchánek, Z., Roušarová, Š., Řeřicha, J.: *Možnosti využití historické ortofotomapy pro vizuální interpretaci současné ortofotomapy v rámci metodické fáze přípravy terénních prací projektu Národní inventarizace kontaminovaných míst (NIKM)*. Sborník konference Sanační technologie XIII (bez editora). Třeboň, Vodní zdroje Ekomonitor, ISBN 978-80-86832-51-7, Chrudim 2010, s. 17 – 22.
4. Ministerstvo životního prostředí: *Informační systém odpadového hospodářství (ISOH)*. <https://isoh.mzp.cz/>
5. Ministerstvo životního prostředí: *Informační systém integrované prevence* (<https://ippc.mzp.cz/>).
6. Bartáčková L.: *Atlas zařízení pro nakládání s odpady, 2. díl, Skládky ostatních odpadů (aktualizovaná verze)*. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka v.v.i., Praha 2010. s. 1 - 173. https://www.ceho.cz/files/pdf/skladky_odpadu/atlas_odpady_2.pdf, staženo 25. 3. 2022.
7. CENIA: *Statistická ročenka životního prostředí České republiky*. <https://www.cenia.cz/publikace/statisticka-rocenka-zivotniho-prostredi-cr/>, staženo 25. 3. 2022.
8. Ernst & Young: *Zmapování starých skládek odpadů provozovaných obcemi před rokem 1995 – 1996*. Kapitola 5.1 Zpráva pro MŽP a SFŽP zpracovaná v rámci Prioritní osy 8 - Technická pomoc financovaná z Fondu soudržnosti. Manuskript. Praha 2015, s. 1 -29.
9. Zákon č. 238/1991 Sb., *o odpadech*. Sbírka zákonů 1991, částka 57, str. 1087 - 1093.
10. Zákon č. 541/2020 Sb., *o odpadech*. Sbírka zákonů 2020, částka 222, str. 6082 - 6192.
11. Vyhláška č. 273/2021 Sb., *o podrobnostech nakládání s odpady*. Sbírka zákonů 2021, částka 119, str. 2826 - 3027.
12. Ministerstvo životního prostředí: *Plán odpadového hospodářství České republiky pro období 2015-2024*. Praha 2014. [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/poh_cr_prislusne_dokumenty/\\$FILE/OODP-POH_CR_2015_2024_schvalena_verze_20150113.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/poh_cr_prislusne_dokumenty/$FILE/OODP-POH_CR_2015_2024_schvalena_verze_20150113.pdf), staženo 25. 3. 2022.
13. Ministerstvo životního prostředí: *Státní politika životního prostředí České republiky 2030 s výhledem do 2050*. Praha 2021. [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/statni_politika_zivotniho_prostredi/\\$FILE/OPZPUR-SPZP_2030-20211203.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/statni_politika_zivotniho_prostredi/$FILE/OPZPUR-SPZP_2030-20211203.pdf), staženo 25. 3. 2022.
14. Ministerstvo životního prostředí: *Metodický pokyn MŽP pro práci se systémem SEKM 3*. Věstník MŽP, ročník XXXI, leden 2021, částka 1, Metodické pokyny a dokumenty. Praha 2021. [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/vestnik_mzp_2021/\\$FILE/SOTPR-Vestnik leden_2021-210227.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/vestnik_mzp_2021/$FILE/SOTPR-Vestnik leden_2021-210227.pdf), staženo 25. 3. 2022.
15. Szurmanová Z., Hoňková V., Záruba O. et al.: *Plošná inventarizace – dodávka inventarizačních prací v rámci 2. etapy NIKM*. Závěrečná zpráva. Česká republika. Manuskript, prosinec 2021, Projekt NIKM 2. Společnost DEKONTA, VZ Ekomonitor, GEOTest – NIKM 2. Praha 2021. <https://www.cenia.cz/wp-content/uploads/2022/03/Zprava-o-inventarizaci-kontaminovanych-mist-na-uzemi-CR.pdf>, staženo 25. 3. 2022.
16. Szurmanová Z., Váňa A. et al.: *Krajská zpráva – Hlavní město Praha*. Manuskript, 2021, Projekt NIKM 2. Společnost DEKONTA, VZ Ekomonitor, GEOTest – NIKM 2. Praha 2021.

<https://www.cenia.cz/wp-content/uploads/2022/03/Krajska-zprava-o-inventarizaci-kontaminovanych-mist-HI.-m.-Praha.pdf>, staženo 25. 3. 2022.

17. Suchánek Z., Řeřicha J., Roušarová Š., Vachová S. (2010): *Výběr území pro testování metodiky inventarizace kontaminovaných míst v České republice*. Sborník mezinárodní konference Kontaminovaná místa. Bratislava: Ekotoxikologické centrum Bratislava s.r.o., ISBN 978-80-969958-4-4, pp. 36–41.
18. Doubrava P., Pavlík R. a kol.: *I. etapa národní inventarizace kontaminovaných míst*. Projekt, Manuskript. CENIA, Praha 2008.
19. Suchánek Z. et al.: *2. etapa národní inventarizace kontaminovaných míst*. Projektová dokumentace pro OPŽP, manuskript, CENIA, česká agentura životního prostředí, Praha 2017, s. 1 – 126.
20. Norma ČSN 83 8030 *Skládkování odpadů – základní podmínky pro navrhování a výstavbu*, vydaná v roce 1995.
21. Zákon č. 125/1997 Sb., *o odpadech*. Sbírka zákonů 1997, částka 44, 2418 - 2435.
22. Směrnice Rady 1999/31/ES ze dne 26. dubna *o skládkách odpadů*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=celex%3A31999L0031>, staženo 25. 3. 2022.
23. Projekt SS02030008 Centrum environmentálního výzkumu: *Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost (CEVOOH)* řešený v letech 2021 – 2026. Technologická agentura České republiky, Program Prostředí pro život.
24. Zákon č. 183/2006 Sb., *o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon) ve znění zákona č. 283/2021 Sb., stavební zákon*. Sbírka zákonů 2021, částka 124, str. 3122 - 3324.

Old municipal waste landfills inventoried in the Contaminated Sites Registration System

Zdeněk SUCHÁNEK, Jaroslav ŘEŘIČHA

Czech Environmental Information Agency, Moskevská 63, 101 00 Praha 10, Czech Republic
e-mail: zdenek.suchanek@cenia.cz

Summary

The database of the Contaminated Sites Registration System, filled in at the end of 2021 as part of the National Inventory of Contaminated Sites for the number of 10,134 records of assessed contaminated and potentially contaminated sites, contains, amongst other data, 4,619 sites registered as a "Solid Municipal Waste Landfill" type. This part of the database, together with additional information sources, was analysed in terms of parameters such as landfilling duration, landfill closure date, landfill size (area), location (territorial representativeness), state of knowledge about the landfill, and its risk and time urgency for possible corrective measures. We interpreted the obtained historical and current data on old municipal waste landfills and used them for the preparation of criteria for multi-criteria selection of the main types of old landfills and the selection of specific sites for sampling and technical works, to be done within the subsequent research project. The selection of landfills for sampling will be representative in the case of old municipal waste landfills, which are located in the South Bohemian, South Moravian, Central Bohemian and Vysočina regions. They should have an area of more than 100 m², be of categories P and A, not having any set corrective measures, with an absence of the financing of remedial measures, be landfilling between 5 to 55 years and their landfilling activities having been terminated in the 1990s.

Keywords: waste, municipal solid waste landfills, municipal waste, illegal landfills, inventory of contaminated sites, potentially contaminated sites, data and records of contaminated sites, criteria for multi-criteria analysis

Urban Waste: Challenges and Opportunities in Tourism Destinations

Marinela Krstinić NIŽIĆ, Zvonimira Šverko GRDIĆ*, Stefani-Katarina Dilenardo ZAMLIĆ

University of Rijeka, Faculty of Tourism and Hospitality Management,
Primorska 46, 51410 Opatija, Croatia

E-mail: marikn@fthm.hr, zgrdic@fthm.hr, stefani.dilenardo@gmail.com

* corresponding author

Abstract

Waste can be observed as an ecological problem, but it can also be approached as a resource used to manufacture new goods. The European Union has set high goals in waste management in its legal framework. The Republic of Croatia, as a member of the EU, will have to respect the set requirements. The main aim of this paper is to analyse waste management in counties across Croatia with special emphasis on the cities and municipalities in the Opatija Riviera area, as well as to monitor the amount of urban waste generated by tourism.

The Opatija Riviera is the study area of this research as the inhabitants and tourists in cities generate more and more urban waste, which is closely connected to unsustainable patterns of consumption and production. The authors use different methods in the paper such as analysis of the existing condition, observation, and the accumulation, processing and interpretation of secondary data. The main source of data are statistical reports and reports on the business conducted by municipal companies. The research question is whether an increase in tourism indicators affects an increase in waste in a tourism destination.

The authors indicate towards a need to change consumption and production in order for citizens to generate less waste, while at the same time using waste as a resource in the process of circular economy. Inadequate waste management contributes to environmental pollution, air pollution and the intensification of climate change. The results show that the analysed tourism destinations do not record an increase in total waste despite an increase in tourism indicators. The paper proves that the observed units of local self-government are more actively adhering to EU regulations pertaining to waste management. The paper's contribution lies in the knowledge that waste in cities has three different values in terms of ecology and economy – raw materials, energy and the environment. In the scientific sense the paper contributes to existing literature, while in the practical sense the paper advises decision-makers in units of local self-government that tourist cities in the Opatija Riviera area need to promptly implement the circular management model, undergo a digital transformation and implement smart solutions. All of these projects fall within the scope of the European Union's next financial period (2021-2027), which additionally shows just how important these issues have become. The paper further contributes by presenting and proposing solutions to numerous challenges, as well as emphasizing the presented tourist destinations as examples of good practices.

Keywords: urban waste, circular economy, tourism destination, city

Introduction

Waste can be observed as an ecological problem, but it can also be approached as a resource used to manufacture new goods. The European Union has set high goals in waste management in its legal framework – to recycle at least 55% of municipal waste by 2025, 60% by 2030, and this goal is set to go up to 65% by the year 2035¹. The Republic of Croatia, as a member of the EU, will have to respect the set requirements. The Croatian Act on Sustainable Waste Management was adopted in early 2020 and it aims to organize the entire waste management system, starting from the very beginnings of raising awareness of waste management². The provisions of this Act prescribe the entire waste management

system, including order of priority of waste management, strategic and programming documents for waste management, the aims, principles and methods of waste management, facilities and locations for waste management, transportation of waste across borders, obligations and jurisdiction in waste management, waste management as an economic activity, inspection and supervision of waste management, and the information system for waste management. In terms of strategic documents, the Croatian Strategy for Waste Management defines the framework for Croatia to reduce the amount of generated waste, and to sustainably manage generated waste³. Following the Strategy, Croatia adopted two more plans for waste management, one for the period from 2007 to 2015⁴, and one for the period from 2017 to 2022⁵. They are implementation plans for the Strategy. The Strategy defines the management of different types of waste in Croatia. The basic aim is to achieve an all-encompassing waste management system in accordance with European standards for the purpose of reducing waste generation as much as possible.

Pursuant to the Strategy, counties, in collaboration with municipalities and cities, must establish county centres for waste management, and complete the remediation and closure of landfills in accordance with the Plan for Waste Management. Units of local self-government (municipalities and cities) must organize the collection and safe disposal of municipal waste until the landfills are closed. They must ensure separate collection of secondary raw materials and biowaste, and transport such waste to a transshipment facility^{3,5}.

Only two centres for waste management have been built by 2021, one in Primorje-Gorski Kotar County and one in Istarska County. There is still a lack of recycling yards, sorting stations, composting stations and recycling centres, waste generation has not been reduced, and the price of municipal services has not yet achieved economic levels, i.e., the one who generates waste does not yet get charged in proportion with the amount waste they themselves have generated⁶. Since waste management in Croatia is lagging behind EU standards^{7,8,9,10} the aim of this paper is to explore the status of waste management in one part of the Primorje-Gorski Kotar County, i.e., in the units of local self-government in the Opatija Riviera area. These municipalities and cities have been selected as research targets because they are famous tourist destinations, and this paper aims to contribute to discovering a solution for waste as a challenge. The main aim of this paper is to analyse waste management in counties across Croatia with special emphasis on the cities and municipalities in the Opatija Riviera area, as well as to monitor the amount of urban waste generated by tourism. The research question is whether an increase in tourism indicators also affects an increase in waste in tourism destinations.

The authors conclude that the issue of waste management is not necessarily dependent on tourism indicators, but that the greatest challenge in Croatia is to educate the people, and that the regulations on waste management are not completely implemented which causes the entire waste management system to not function fully. The amount of waste is on the rise on the national level, and the infrastructure for waste disposal does not mirror this increase.

The paper is divided into four chapters. An overview of literature follows this introduction, providing an overview of the relationship between tourism and waste management. In the chapter Municipal waste in the Republic of Croatia tackles the analysis of data on the level of the Republic of Croatia with special emphasis on the amount of municipal waste generated by tourism in relation to total waste generated. The research is presented in chapter Challenges and opportunities in a tourism destination, detailing the explored challenges and options for waste management in the selected tourist destinations. After the conclusion the authors describe the limitations of this paper and present the literature used.

Literature review

Environmental pollution is one of the greatest issues of the 21st century, and waste is noted as one of the leading causes. Waste is any matter or object that an owner discards, or plans or must discard². It is divided into hazardous, non-hazardous and inert waste. Waste management encompasses waste collection, transportation, treatment, as well as monitoring of those activities and measures taken on site following waste treatment¹¹. Municipal waste management is a deeply complex process, and the entire process needs to be well-planned to ensure high quality waste management¹².

Given UN Sustainable Development goal 12 that articulates the need for responsible production, the contribution of tourism and hospitality service providers to sustainable solid waste management practices is important for sustainable development policies and thus requires investigation¹³. The rapid development of the tourism industry has a direct impact on the increase in the amount of solid waste in tourism areas, and has a negative impact on the environment, namely in the form of higher operational costs, pollution due to litter and contaminated water, and a reduction in the touristic value of otherwise attractive locations^{14,15,16}. When discussing locations, the authors place special emphasis on cities and municipalities as tourist destinations in this paper, as developing infrastructure leads to more tourists, which in turn results in more waste^{17,18,19,20}. The effect of tourism on waste generation is significant and is on the rise every year¹⁹. Tourism has become one of the most important industries in recent decades. In 2019 there was a total of 1.46 billion international tourist arrivals generating 1.481 billion USD in international tourism receipts. This shows the importance of tourism in the economy²¹, as it accounts for around 10.4% of the global GDP²². Rapid development of tourism in coastal areas leads to an increase in waste generated by tourists during their stay^{23,24,25}. Tourism can sustain high levels of employment and income, but the sector is a source of environmental and health impacts²⁶. One of the most important issues is the generation of solid municipal waste, and it has been noted that tourists do not care much for the amount of waste they generate on their vacations²⁷. The case of Menorca showed that on average, a 1% increase in tourist population in Menorca causes an overall MSW increase of 0.282% and that each additional tourist generates 1.31 kg/day, while each additional resident generates 1.48 kg/day²⁸. Mengiseny states that an increase in the number of tourists increases the amount of waste by 30% as a consequence of more tourist and visitor arrivals²⁹. This is why we need forward thinking when it comes to understanding the connection between tourism and responsibility in tourist destinations, and we have to work on raising awareness about environmental sustainability³⁰. Many authors explored the relationship between tourism and the amount of waste generated, and concluded that there is an interconnection, that tourism is indeed a key driver of waste generation, which raises concerns about extra costs and capabilities of waste management systems³¹. Greco, Cenciarelli and Allegrini³² researched how tourism activities increase the waste collection costs of separated waste and of residual waste. In some regions, generation of municipal waste by a tourist can amount to double that of a resident⁴⁷.

The estimates for separately collected recyclables show that an increase of 1% in the tourist population causes an increase of 0.232% of municipal solid waste. In 2013, Croatia recycled 15% of its municipal waste (by weight). The rate is two times lower than the EU average (32%) and more than four times lower than the EU target for 2030 (65%). So far, Croatia does not have a well-elaborated and detailed waste management plan to meet recycling and material recovery targets, but efforts are currently being made to address this problem, as detailed in the new waste management plan for the Republic of Croatia 2017-2022³³. Šverko Grdić et al.³⁴ showed that the higher the GDP, the higher the waste generation per capita, while Runko Luttenberger³⁵ states that significant resources have been invested in waste management, but that the Croatian legal framework is not sufficiently implemented^{36,35}. It is necessary to reduce the negative environmental impact on the national, regional and local levels, and one of the solutions is a transition from a linear to circular economy³⁴, which involves reusing materials^{37,38}. In the continuation, the authors analyse the amounts of municipal waste per county in Croatia, and ultimately analyse the amounts of municipal waste per selected tourist destination.

Municipal waste in the Republic of Croatia

Municipal waste is waste generated in a household, and is similar to household waste in nature and composition, except manufacturing waste and waste generated by agriculture and forestry. In order to properly classify waste, the Ministry of Economy and Sustainable Development issued a catalogue titled „Guidelines and glossary for defining waste in accordance with the Waste Catalogue“³⁹. Data governance concerning municipal waste, as well as registering collected data into the Environmental Pollution Register (CNPEPR) is prescribed by the Act on Sustainable Waste Management, Regulation on Waste Management and Regulation on the Environmental Pollution Register.

Municipal waste management

1,811,617 tonnes of municipal waste were generated in Croatia in 2019. Of that amount, 75% (1,372,358 tonnes) was collected in the organization of units of local self-government, and the rest pertains to amounts collected within the scope of the national system for special categories of waste, regulated by the Environmental Protection and Energy Efficiency Fund (FZOEU). This remaining waste concerns waste generated by service activities (batteries, packaging, cardboard, paper, waste cooking oil, etc.), exported municipal waste, and an estimation for the population not encompassed by organized waste collection. Out of the total amount of municipal waste generated in 2019, 59% was landfilled, 30% was sent to recycling, i.e., any process that results in using waste for a useful purpose, such as when waste replaces other materials that would have to be used otherwise, or waste prepared specifically to fit that purpose. The final 11% not mentioned in the previous sentence pertains to other processes, i.e., facilities for mechanical biological waste treatment (MBT), where around 150 thousand tonnes of waste were distributed. A small amount pertains to temporarily warehoused waste or waste treated by specific processing methods. According to the Plan for Waste Management of the Republic of Croatia 2017-2022, the goal is to reduce the total amount of produced and/or generated municipal waste by 5% in 2022 compared to 2015 when the total amount of generated waste was 1,653,918 tonnes. It is evident from data presented that this goal has so far not been achieved, as the amount of municipal waste generated in Croatia has increased each year, rising by 157,699 in 2019 compared to 2015, which is an increase of 13%. In order to achieve the goals laid out in the Plan for Waste Management of the Republic of Croatia, it is necessary to additionally encourage and stimulate already existing activities focused on preventing waste generation.

When it comes to recycling municipal waste in 2019, there was an increase in the amount of waste directly sent to recycling. The data for 2019 shows that 82% of separated municipal waste was intended for recycling, while the rest (typically bulky waste) was taken to landfills where a part of it was also likely recycled. Looking at municipal waste disposal, it should be noted that 1,072,727 tonnes of municipal waste was landfilled in 2019, amounting to 59% of municipal waste, which is 7% less than the previous year. The Plan of Waste Management of the Republic of Croatia states that one of the goals is to reduce municipal waste landfilling to 25% by the year 2022.

Amount of collected municipal waste in the period from 2014 to 2019

As previously stated, 1,811,617 tonnes of municipal waste were generated in 2019. Of that amount, the Environmental Pollution Registered recorded 1,372,358 tonnes registered via forms for public service providers and forms for recycling yards, and 49,433 tonnes registered via forms for merchants (Report on municipal waste for 2019, p. 27). Table 1 shows data for total amount of municipal waste per county for 2014 and 2019.

Table 1 shows that the average amount of waste per capita in Croatia in 2019 was 423 kg, and in 2014 it was 382 kg. The City of Zagreb as a county has the highest percentage of municipal waste compared to other counties, and it sits at 20%. It is followed by the Split-Dalmatia County at 16%, Primorje-Gorski Kotar County at 10% and Istria County at 7%. It is important to note that the City of Zagreb also has the largest population compared to other counties. If we calculate average annual growth from this table, we notice that Međimurje County is at the forefront with a growth of 9.3%. In order to better understand the situation, it should be noted that this county also records the lowest amounts of waste collected per capita. Međimurje County has developed a culture of rational waste generation and contemporary recycling. The following counties also show a higher average annual growth rate: Primorje-Gorski Kotar at 4.4% and Split-Dalmatia at 4.2%. These two counties are coastal destinations that attract a large number of tourists. This is evident from looking at tourism results, when it comes to total tourism overnight stays, the Primorje-Gorski Kotar County is at 21%, and Split-Dalmatia is at 25%. This data is directly tied to the research question – does an increase in tourism indicators negatively impact the amount of generated waste? Two counties display the lowest amount of municipal waste compared to all others – Požega-Slavonia and Virovitica-Podravina, both at only 1%, but those two counties also have the lowest population. The average annual growth of generated municipal waste is 0.9% in the Požega-Slavonia County and 0.8% in the Virovitica-Podravina County. In the next section we focus on details of municipal waste generated by tourism.

Table 1: Total amount of municipal waste per county in 2014 and 2019 ⁴⁰

County	2014			2019		
	Total amount of generated municipal waste	Share per county	Amount of waste per capita (kg/capita)	Total amount of generated municipal waste	Share per county	Amount of waste per capita (kg/capita)
Zadar	102,802	6.3%	605	112,196	6%	660
Primorje-Gorski Kotar	153,056	9.4%	517	190,079	10%	642
Istria	137,959	8.4%	651	132,701	7%	638
Split-Dalmatia	229,406	14%	518	281,599	16%	619
Dubrovnik-Neretva	70,373	4.3%	575	73,227	4%	597
Lika-Senj	24,596	1.5%	490	27,846	2%	547
Šibenik-Knin	53,319	3.3%	488	58,984	3%	539
City of Zagreb	306,096	18.7%	387	306,167	20%	456
Međimurje	24,794	1.5%	223	38,666	2%	340
Karlovac	46,884	2.9%	367	43,612	2%	338
Zagreb County	84,306	5.2%	267	98,161	5%	309
Osijek-Baranja	83,571	5.1%	274	91,080	5%	299
Virovitica-Podravina	24,334	1.5%	291	25,318	1%	298
Vukovar-Srijem	64,179	3.9%	365	48,561	4%	271
Koprivnica-Križevci	27,211	1.7%	241	30,821	2%	267
Sisak-Moslavina	46,981	2.9%	287	43,811	2%	254
Brod-Posavina	44,961	2.8%	284	39,500	2%	249
Bjelovar-Bilogora	30,112	1.8%	253	28,256	2%	236
Krapina-Zagorje	29,945	1.8%	234	31,362	2%	236
Varaždin	37,084	2.3%	229	39,514	2%	225
Požega-Slavonia	15,394	0.9%	231	16,157	1%	207
TOTAL	1,637,371	100%	382	1,811,617	100%	423

Municipal waste generated by tourism

According to the Report on Municipal Waste for 2019, there is an increase in the amount of municipal waste generated from tourist activities. This negative increase comes as a consequence of an increase in tourist overnight stays. Back in 2014, the amount of municipal waste from tourism was 88,884 tonnes, which increased up to 171,505 tonnes in 2019⁴⁰.

Table 2 shows the amount of municipal waste from tourism per county, the share of each county in the total amount and the number of recorded overnight stays in 2014 and 2019. The highest amount of waste from tourism in 2019 was recorded in the Istria County (41,038 tonnes), followed by the Primorje-Gorski Kotar County (34,567 tonnes) and then Split-Dalmatia and Zadar counties. The lowest amount of waste was recorded in the Požega-Slavonia County and Koprivnica-Križevci County – 37 tonnes. The main difference is because tourism is concentrated on the coast, so the coastal areas also have more municipal waste from tourism. Looking at average annual growth of generated municipal waste, the counties that show highest increase are the Zagreb County (28.6%), Međimurje County (28.6%), Bjelovar-Bilogora (26.5%) and Požega-Slavonia. When it comes to overnight stays, the highest average annual growth is recorded in the Zagreb County (19.5%), Bjelovar-Bilogora (16.2%), Karlovac (13.6%) and Međimurje (12.1%). The growth rates indicate towards a correlation between the increase in generated waste and overnight stays.

Patronem tohoto čísla je Týden výzkumu a inovací pro praxi a životní prostředí TVIP 2022 (20. – 22. 9. 2022, Hustopeče)

Table 2: Amount of municipal waste from tourism per county in 2014 and 2019 ⁴⁰

Year	2014			2019		
County	Amount of municipal waste from tourism		Recorded overnight stays	Amount of municipal waste from tourism		Recorded overnight stays
	(tonnes)	Share		(tonnes)	Share	
Istria	28,239	31.8%	19,545,303	41,038	24.0%	26,388,645
Primorje-Gorski Kotar	15,535	17.5%	12,212,423	34,567	20.2%	15,314,671
Split-Dalmatia	15,627	17.6%	12,134,612	34,357	20.0%	17,966,287
Zadar	10,666	12.0%	7,184,150	24,627	14.4%	9,868,704
Dubrovnik-Neretva	8,180	9.3%	5,883,802	14,165	8.3%	8,333,783
Šibenik-Knin	5,458	6.1%	4,552,929	10,765	6.3%	5,549,445
Lika-Senj	2,422	2.7%	2,030,496	5,605	3.2%	2,856,171
The City of Zagreb	1,692	1.9%	1,602,420	3,865	2.3%	2,638,962
Karlovac	328	0.4%	331,126	781	0.5%	626,231
Krapina-Zagorje	129	0.1%	210,253	306	0.2%	386,985
Osijek-Baranja	113	0.1%	150,466	256	0.1%	217,692
Zagreb County	68	0.08%	93,143	239	0.1%	225,561
Međimurje	66	0.07%	111,217	232	0.1%	196,922
Sisak-Moslavina	57	0.06%	76,232	148	0.09%	95,372
Vukovar-Srijem	81	0.09%	83,159	148	0.09%	134,308
Varaždin	67	0.08%	117,008	146	0.09%	184,409
Bjelovar-Bilogora	25	0.03%	36,614	81	0.05%	77,513
Brod-Posavina	32	0.04%	40,668	61	0.04%	60,030
Virovitica-Podravina	25	0.03%	31,626	43	0.03%	44,744
Koprivnica-Križevci	20	0.02%	31,568	37	0.02%	35,010
Požega-Slavonia	13	0.02%	24,733	37	0.02%	41,486
TOTAL	88,844	100	66,483,948	171,505	100%	91,242,931

This table answers the research question whether an increase in the number of tourists causes an increase in municipal waste generated. In the following chapter, the authors further explore the situation in micro-destinations, specifically in the Opatija, Lovran and Mošćenička Draga units of local self-government in order to analyse waste management and to provide possible solutions.

Challenges and opportunities in a tourism destination (the research)

Following the analysis per county, we take a look at the comparison and analysis of the amount of municipal waste generated by tourist arrivals and overnight stays in select tourism destinations. The Primorje-Gorski Kotar County was shown to be second in the amount of generated municipal waste, only surpassed by the City of Zagreb. A further analysis of the relationship between waste and tourism indicators is therefore worth pursuing.

Study area

The analysis encompasses the Opatija Riviera area, specifically micro-destinations Opatija, Lovran and Mošćenička Draga. These tourism destinations were also selected as units of local self-government – Opatija is a city as it has 11,659 inhabitants⁴¹ and Lovran and Mošćenička Draga are municipalities. It is important to know how to manage waste on the local level of governance, with the aim of waste management adhering to principles of sustainability.



Figure 1: Research area⁴²

The analysed locations are well-known tourism destinations in the Primorje-Gorski Kotar County, and the aim was to analyse how tourism-related numbers affect waste generation. The most common guests in the area come from Germany and Austria, countries that have developed waste management systems. The authors further explore whether the demographic structure of tourists (country of origin) affects waste generation and whether tourists apply an environmental and waste management mindset in the analysed destinations.

Methodology

The authors use different methods in the paper such as analysis of the existing condition, observation, and the accumulation, processing and interpretation of secondary data. The main sources of data are national statistical reports and reports on the business conducted by municipal companies. This includes the annual reports of the Komunalac Ltd. municipal company for the period from 2013 to 2018, as well as tourism indicators available on the Croatian Bureau of Statistics portal. Unfortunately, there is no detailed data on generated and collected waste in Croatia, so this was the only data the authors had at their disposal. Additionally, the subject of waste management has become prominent when Croatia joined the European Union, so the available data is fairly limited in temporal scope. It was therefore not possible to design an econometric model that would potentially present more realistic data.

Results and discussion

The results of the research are shown in the tables in the continuation with a written data analysis. The results show that the data on collected separated waste is increasing, but there is also a significant discrepancy in results depending on the unit of local self-government. Evidence was found to support that the selected units of local self-government are increasingly in compliance with EU regulations concerning waste management. Furthermore, the results of the economic analysis indicate that the overnight stays and tourist arrivals in the three selected destinations do not affect municipal waste generation as much as the local population does.

The City of Opatija has recorded a drop in collected municipal waste over the years. In 2013, a total of 6,341 tonnes of waste was collected, 80% of which was mixed municipal waste. The following year saw a 9% increase in collected waste. Opatija has a population of around 12 thousand, and based on the amount of waste in the year 2018, it puts it at 2.37 tonnes per capita, which indicates towards a need to improve the quality of waste management. When looking at average annual changes, it can be seen that the total amount of generated waste has decreased by 4.6%, which is very good news. The only type of waste that is on the rise in Opatija is residual waste from street cleaning. This type of waste is definitely impacted by tourist activities in the area.

Table 3: Types of collected municipal waste in Opatija from 2013 to 2018 (tonnes) ⁴³

Type of waste	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Average annual growth rate 2013/2018
Mixed municipal waste (t)	5,127	5,698	5,156	4,401	5,498	4,770	-1.43%
Bulky municipal waste (t)	628	802	480	607	903	169	-23.1%
Biodegradable waste (t)	422	375	116	135	70	11	-48.2%
Waste from street cleaning (t)	71	47	30	38	41	92	5.1%
Other non-biodegradable waste (t)	124	81	46	41	54	14	-35.4%
Marketplace waste (t)	40	39	37	35	37	-	-1.9%
TOTAL	6,412	7,042	5,865	5,275	6,603	5,056	-4.6%

The municipality of Lovran did not record a decrease in collected waste through this six-year period. A larger increase of mixed municipal waste, 15%, was recorded in 2016 compared to the previous year. Lovran also recorded the highest amount of bulky waste collected, 309 tonnes, in the year 2017, but there was a significant decrease of 78% the following year. One reason for this change was the opening of a recycling yard in the municipality. When looking at average annual changes, the data shows that the total amount of generated waste decreased by 0.76% over the observed period. Mixed municipal waste comprises 96% of all waste in the observed period, with an average annual increase of 2.4%, which is not good. It is necessary to take certain measures to ensure a decrease in the amount of generated mixed municipal waste.

Table 4: Types of collected municipal waste in the municipality of Lovran from 2013 to 2018 ⁴³

Type of waste	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Average annual growth rate 2013/2018
Mixed municipal waste (t)	1,853	1,786	1,876	2,172	2,265	2,090	2.4%
Bulky municipal waste (t)	239	264	202	181	309	68	-22.2%
Biodegradable waste (t)	98	47	53	74	40	3	-50.2%
Waste from street cleaning (t)	0	11	24	28	32	0	-
Other non-biodegradable waste (t)	41	54	61	42	43	10	-24.6%
Marketplace waste (t)	25	23	20	20	22	-	-2.5%
TOTAL	2,256	2,185	2,236	2,517	2,711	2,171	-0.76%

A special system was installed for municipal waste collection in the area of Mošćenička Draga. It involves so-called eco-islands and bins where the locals can dispose of their household waste using a keycard that unlocks the eco-island, which also enables more efficient tracking of generated waste. Looking at the analysis presented in Table 5, Mošćenička Draga significantly reduced the amount of collected municipal waste over the observed six-year period. The largest amount of collected waste was recorded in 2014, a total of 1,371 tonnes, while the last observed year saw a decrease of 64%. Mošćenička Draga can therefore be used as an example of best practices when it comes to waste management. This is evident from the average annual change – the total amount of generated waste was reduced by 14.6% in the observed period. Mixed municipal waste comprises 97% of the total generated waste in this municipality, but in the observed period it shows an average annual decrease of 13%, which is great. Mošćenička Draga can further serve as a great example for others how to reduce the amount of generated municipal waste.

Table 5: Types of collected municipal waste in the municipality of Mošćenička Draga from 2013 to 2018 ⁴³

Type of waste	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Average annual growth rate 2013/2018
Mixed municipal waste (t)	954	1,168	1,170	976	522	475	-13%
Bulky municipal waste (t)	99	167	114	120	272	12	-34.4%
Biodegradable waste (t)	18	33	33	45	18	1	-44%
Waste from street cleaning (t)	0	0	0	-	-	0	-
Other non-biodegradable waste (t)	7	3	3	3	1	0	-
Marketplace waste (t)	0	0	-	-	-	-	-
TOTAL	1,078	1,371	1,320	1,144	813	488	-14.6%

In the continuation we provide an analysis of the total amount of waste generated in combination with tourism indicators in the area of Opatija, Lovran and Mošćenička Draga. In the literature overview we cited sources stating that an increase in the number of tourists causes an increase in generated waste. However, in our further analysis, we see that tourist arrivals and overnight stays in the selected tourism destinations do not have to necessarily cause an increase in generated waste.

The data in Table 6 shows that an increase in tourist arrivals and overnight stays in the city of Opatija does not cause an increase the amount of waste, in fact, the amount of waste is declining. The average annual growth of tourist arrivals is 2.6%, tourist overnight stays 1.9%, and yet the amount of generated waste showed an average drop of 3.94%. One explanation may be found in the fact that the tourists arriving in Opatija fall within the scope of inbound tourism from developed countries (Germany, Austria, Italy) that have a developed waste management system so tourists adhere to these principles while on vacation as well. It could also be a result of efforts to improve waste management by the units of local self-government. When looking at overnight stays, most overnight stays were recorded from tourists from Germany, Italy, Austria and Czechia. The highest amount of waste generated was recorded in 2008 (7,608 tonnes), which is also the year when tourist arrivals and overnight stays started increasing. The lowest amount of generated waste was recorded in 2019 (4,886) tonnes, which is 36% less than in 2008. The average amount of waste generated in Opatija over the observed 11-year period is 6,922 tonnes. The average amount of tourist overnight stays is 1,238,890 and 394,047 tourist arrivals. **According to the data, it is evident that tourists do not affect waste generation, but that it is necessary to engage the local population in order to achieve systematic waste management.**

Table 6: Analysis of total generated waste with tourist arrivals and overnight stays in the City of Opatija 2008 – 2019 ⁴¹

Observed year	Total amount of generated waste	Tourist arrivals	Tourist overnight stays
2008	7,608	316,987	1,040,046
2009	7,279	305,230	991,055
2010	6,468	316,406	1,024,347
2011	6,868	327,701	1,055,539
2012	6,060	329,693	1,067,445
2013	6,502	348,931	1,016,041
2014	7,073	368,989	1,135,676
2015	5,953	393,244	1,219,538
2016	5,407	395,781	1,089,818
2017	6,793	404,300	1,361,009
2018	5,247	404,661	1,350,061
2019	4,886	422,601	1,277,210
Average annual change	-3.94%	2.6%	1.9%

Table 7 shows the total amount of waste generated alongside tourist arrivals and overnight stay from 2008 to 2019 in the area of the municipality of Lovran. The data shows that the total amount of generated waste has decreased, while the amount of tourist arrivals and tourist overnight stays has increased. The lowest amount of waste was recorded in 2018 (2,172 tonnes), and that year shows only a slightly lower amount of tourist arrivals than the previous year which is highest on record. The average amount of waste generated in the observed period was 2,568 tonnes. Despite an increase in the number of tourists in the observed period, the data shows that the average annual amount of generated waste decreased by 0.48%, which is a very good indicator.

Table 7: Analysis of total generated waste with tourist arrivals and overnight stay in the municipality of Lovran from 2008 to 2019

Observed year	Total amount of generated waste	Tourist arrivals	Tourist overnight stays
2008	2,519	47,481	188,684
2009	2,346	59,514	237,461
2010	2,334	62,380	235,805
2011	2,262	64,730	249,138
2012	2,242	66,714	257,196
2013	2,305	73,400	274,259
2014	2,184	80,942	293,214
2015	2,221	83,126	309,400
2016	2,537	93,516	271,492
2017	2,744	100,850	291,581
2018	2,172	99,325	294,106
2019	2,389	99,946	297,774
Average annual change	-0.48%	7.0%	4.2%

Source: authors' design according to data from 41

Table 8 shows the total generated waste alongside tourist arrivals and overnight stay from 2008 to 2019 in the area of the municipality of Mošćenička Draga. The highest amount of generated waste was recorded in 2014 (1,401 tonnes). It is interesting to note that in 2018 Mošćenička Draga recorded the lowest amount of generated waste (523.59 tonnes), and simultaneously the highest amount of tourist arrivals and overnight stays. The average amount of generated waste in the observed period is 1,136 tonnes, while the average amount of tourist arrivals is 49,033, and 283,552 tourist overnight stays.

Out of the three observed destinations, Mošćenička Draga has the most successful decrease in the amount of waste throughout the observed period.

Table 8: Analysis of total generated waste with tourist arrivals and overnight stays in the municipality of Mošćenička Draga from 2008 to 2019

Observed year	Total amount of generated waste	Tourist arrivals	Tourist overnight stays
2008	1,070	35,201	173,472
2009	1,122	38,491	186,509
2010	1,049	38,491	185,440
2011	1,108	40,450	205,133
2012	1,107	44,099	203,596
2013	1,105	44,820	218,698
2014	1,401	42,422	293,214
2015	1,336	47,526	309,400
2016	1,167	50,123	339,057
2017	869	53,294	369,443
2018	523	54,624	373,863
2019	643	49,822	261,256
Average annual change	-4.52%	3.2%	3.8%

Source: authors' design according to data from 41

The authors propose measures to be taken in order to reduce waste on the local or national level, including options to reuse products or increase the life cycle of a product for the purpose of preventing waste generation. **It is necessary to develop a system for sustainable management of municipal waste in line with the principles of circular economy, which is a very important goal for both EU members and non-EU countries⁴⁴.** Strategic planning of sustainable waste management is a great challenge⁴⁵. The following steps also need to be taken:

- Recycling (any recycling process through which waste materials are reprocessed into products, materials or substances for its original or any other purpose, except using waste for energy, i.e., processing waste into materials used as fuel or as material for backfilling).
- Preparation for reuse (recycling processes through which products or parts of products that have become waste are examined, cleaned or repaired, and prepared for reuse without additional processing).
- Implementation of the circular economy model.
- Implementation of smart solutions and business digitalization.
- Implementation of the zero-waste concept. The zero-waste concept emphasizes the 3 Es (efficiency, economics and ethics), instead of the 3 Rs (recycling, reducing and reusing), which were the core of the integrated waste management concept proposed in 1990⁴⁶.
- Other recycling processes such as energy recycling and waste disposal.

In order to improve waste management in tourist destinations, the authors propose a schema for participatory engagement of all stakeholders at a destination. The responsibility does not lie solely with tourism subjects, it lies with all stakeholders from the economy, as well as scientific and teaching institutions. By connecting the economy, science and the public sector, we develop the triple helix model that is necessary to solve the challenges of waste management in a tourist destination. All stakeholders have to transform from passive consumers to active participants, they have to think globally about the issue of waste management, but also act and get engaged on the local level. Such a new concept of circular economy, where resources are used in all phases of the process, have a positive impact on both tourists and the local population. This creates a new way of thinking about the issues and it connects the stakeholders in order to facilitate a new eco/green lifestyle.

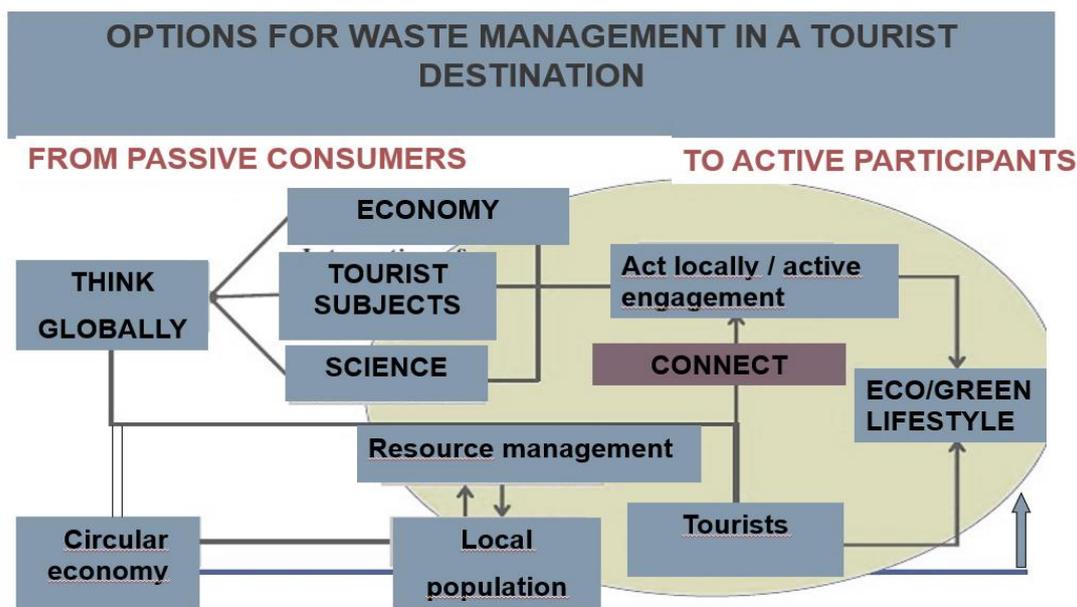


Figure 2: Options for waste management in a tourist destination
Source: authors

In order to reduce the amount of generated waste, in the future it is necessary to additionally strengthen existing measures and activities for preventing waste generation. Furthermore, if required, new measures and programmes should be introduced, but ensuring that there are no disruptions to the quality of life of the inhabitants and tourists visiting tourist destinations.

Conclusions and limitations

The total amount of municipal waste generated in Croatia in 2019 was 1,811,617 tonnes. This number can be characterized as negative because considering the fact that the above number for 2019 is 10% higher than what it was in 2015 (1,653,918 tonnes).

Such an increase is not in line with the Plan for Waste Management of the Republic of Croatia, which aims to reduce the amount of generated municipal waste by 5% from the amount recorded in 2015. Furthermore, collection of separated waste was supposed to be at 44% in 2019, but it fell short of the mark and only got up to 37%. These negative trends prompted an analysis of the situation per county, and the Primorje-Gorski Kotar County was selected as the second highest in amount of municipal waste. An overview of existing research by foreign authors revealed that some of them reached the conclusion that an increase in the amount of waste was caused by increased tourism activity. Our analysis of select tourism destinations, however, found that it is, in fact, the local population that has the greatest effect on increasing municipal waste. An increase in the number of overnight stays and arrivals in the analysed tourism destinations did not cause an increase in the amount of waste. It can therefore be concluded that the structure of tourists, in the sense of where they come from, also plays a role in the analysed data. If tourists arrive from countries with a developed waste management system, then their pro-environmental behaviour extends to their vacation, meaning that they display positive behaviour towards the environment because they are used to it. The analysed municipalities and city can thus serve as examples of good practices.

Taking into account the conducted analysis, the research problem was explained through the findings indicating that tourist arrivals and overnight stays in the area of the Opatija Riviera do not cause an increase in the amount of waste generated. The amount of waste is more closely tied to the local population, which means that the tourists visiting the area, whose numbers have greatly increased over time, are better educated and more informed about waste management. In light of that, the local population, companies and stakeholders have to focus more on proper waste management in the area of the Opatija Riviera. They also have to pursue a sustainable model of how municipal and other types of waste are generated and used.

This paper has many limitations, including the research methodology, so the authors propose a regression analysis or panel analysis for the future, spanning larger time series with higher data frequency. Another recommendation is to conduct an in-depth analysis per county or at least encompass a larger area. Tourists and/or the local population could also be included through questionnaires. Despite all limitations, however, in the scientific sense the paper contributes to existing literature, while in the practical sense the paper advises decision-makers in units of local self-government that tourist destinations in the Opatija Riviera area need to promptly implement the circular management model, undergo a digital transformation and implement smart solutions. All of these projects fall within the scope of the European Union's next financial period (2021 – 2027), which additionally shows just how important these issues have become. The paper further contributes by presenting and proposing solutions to numerous challenges, as well as emphasizing examples of good practices.

Acknowledgements

This paper has been fully supported by the University of Rijeka under the project number „uniri-drustv-18-212”.

References

1. European Commission, Directive (EU) 2018/851 European Parliament and Council from 30. May 2018. about change directive 2008/98/EZ of waste, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L0851&from=HR>
2. Act on Sustainable Waste Management, Official Gazette 94/13, 73/17, 14/19, 98/19, Available online: <https://www.zakon.hr/z/657/Zakon-o-odr%C5%BEivom-gospodarenju-otpadom>
3. Croatian Strategy for Waste Management, Official Gazette 178/04, Available online: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2005_11_130_2398.html
4. Plan for Waste Management of the Republic of Croatia 2007-2015, Available online: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2007_08_85_2652.html
5. Plan for Waste Management of the Republic of Croatia 2017-2022, Available online: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017_01_3_120.html
6. Regional Centre for a Clean Environment, 2021, Is Strategy of waste management too old, Available online: <https://rcco.hr/je-li-strategija-gospodarenja-otpadom-zastarijela/>
7. Ribić, B.; Voća, N.; Ilakovac, B. Concept of sustainable waste management in the city of Zagreb: Towards the implementation of circular economy approach. *Journal of the Air & Waste Management Association*, **2017**. <https://doi.org/10.1080/10962247.2016.1229700>
8. Association of Cities in Croatia, Available online: http://www.udruga-gradova.hr/wordpress/wpcontent/uploads/2017/11/RIJEKA-5.-Sonja_Polonijo_Zakonodavni-okvir_gospodarenje_otpadom.pdf
9. Grbeš, A.; Ljubić, I.; Veinović, Ž. Study of correlations of statistical parameters with collected municipal solid waste in Croatia in period 2009–2013. *Conference Proceedings of SEM2016*. Zagreb: University of Zagreb, Faculty of Chemical Engineering and Technology, **2016**.
10. Grbeš, A. Odabir varijabli za stvaranje modela obradbe krutog otpada u gradovima i naseljima Hrvatske. *Rudarsko-geološko-naftni zbornik*, **2017**. <https://doi.org/10.17794/rgn.2017.3.6>
11. Krtalić, A.; Poslončec-Petrić, V.; Vrgoč, S. Koncept otkrivanja ilegalnih odlagališta otpada na području grada Zagreba primjenom metoda daljinskih istraživanja. *Geodetski list*, **2018**, 72 (95).
12. Haastrup, P., Maniezzo, V., Mattarelli, M., Mazzeo Rinaldi, F., Mendes, I., & Paruccini, M. A decision support system for urban waste management. *European Journal of Operational Research*, **1998**. doi:10.1016/s0377-2217(98)00061-7

13. Agyeiwaah, E. The contribution of small accommodation enterprise to sustainable solid waste management, *Journal of Hospitality and Tourism Management*, **2020**. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhtm.2020.04.013>
14. Chaabane, W.; Nassour, A.; Nells, M. Solid Waste Management Key Indicator Development for Hotels: A Tunisian Case Study Analysis, *Recycling*, **2018**. doi: <https://doi.org/10.3390/recycling30400562017>
15. Arbulu, I., Lozano, J., Rey-Maqueira, J. Waste generation Flows and Tourism Growth: A STIRPAT Model for Mallorca, *Journal of Industrial Ecology*, **2017**. doi: <https://doi.org/10.1111/jiec.12420>
16. Murava, I.; Korobeinykova, Y. The analysis of the waste problem in tourist destinations on the example of Carpathian region in Ukraine, *Journal of Ecological Engineering*, **2016**, doi: <https://doi.org/10.12911/22998993/62285>
17. Arbulú, I.; Lozano, J.; Rey-Maqueira, J. The challenges of municipal solid waste management systems provided by public-private partnerships in mature tourist destinations: The case of Mallorca. *Waste Management*, **2016**. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.03.007>
18. Koski-Karell, N.S. Integrated Sustainable Waste Management in Tourism Markets: The Case of Bali. *Indian Journal of Public Administration*, **2019**. <https://doi.org/10.1177/0019556119844559>
19. Diaz-Farina, E.; Díaz-Hernández, J. J.; Padrón-Fumero, N. The contribution of tourism to municipal solid waste generation: A mixed demand-supply approach on the island of Tenerife. *Waste Management*, **2020**. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.11.023>
20. Mance, D., Vilke, S., Debelić, B. Sustainable Governance of Coastal Areas and Tourism Impact on Waste Production: Panel Analysis of Croatian Municipalities. *Sustainability*, **2020**. <https://doi.org/10.3390/su12187243>
21. UNWTO; Tourism Highlights 2020, Available online: <https://www.e-unwto.org/doi/book/10.18111/9789284422456>
22. World Travel and Tourism Council; Travel and Tourism Economic Impact 2019, **2020**, Available online: <https://wtcc.org/Research/Economic-Impact>
23. Villanueva, I.R.A.A. The Economics of Municipal Solid Waste Management in Tourism Destinations: The Case of Mallorca. Department of Applied Economics, University of the Balearic Islands, P.h.D Dissertation, **2014**.
24. Zorpas, A.A.; Voukkali I.; Loizia, P. The impact of tourist sector in the waste management plans. *Desalination and Water Treatment*, **2015**. <https://doi.org/10.1080/19443994.2014.934721>
25. Chaabane, W.; Nassour, A.; Bartnik, S. Bünemann, A.; Nelles, M. Shifting Towards Sustainable Tourism: Organizational and Financial Scenarios for Solid Waste Management in Tourism Destinations in Tunisia, *Sustainability*, **2019**. <https://doi.org/10.3390/su11133591>
26. Rudan, E.; Krstinić Nižić, M.; Šverko Grdić, Z. Effect of circular economy on the sustainability of cultural tourism (Croatia), *Economics and Environment, Journal of the Polish Association of Environmental and Resource Economists*, *Ekonomia i Srodowisko*, **2021**. <https://doi.org/10.34659/2021/1/7>
27. Wang, S.; Ji, C.; He, H.; Zhang, Z.; Zhang, L. Tourists' waste reduction behavioral intentions at tourist destinations: An integrative research framework. *Sustainable Production and Consumption*, **2021**. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.12.010>
28. Sbert, J.M.; Cabello, I.R.; Olives, E.V., Irigoyen, E.C. The impact of tourism on municipal solid waste generation: The case of Menorca Island. *Waste Management*. **2013**. doi: [10.1016/j.wasman.2013.08.007](https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.08.007)
29. Mengiseny E.; Kaseva, Josia L. Moirana, Problems of solid waste management on Mount Kilimanjaro: A challenge to tourism, *Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy*, **2010**. doi: [10.1177/0734242X09337655](https://doi.org/10.1177/0734242X09337655)
30. Cummings, L. E. Waste Minimisation Supporting Urban Tourism Sustainability: A Mega-Resort Case Study. *Journal of Sustainable Tourism*, **2010**. doi: [10.1080/09669589708667279](https://doi.org/10.1080/09669589708667279)
31. Pirani, S.I.; Arafat, H.A. Solid waste management in the hospitality industry: A review, *Journal of Environmental Management*, **2014**. doi: [10.1016/j.jenvman.2014.07.038](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.07.038)

32. Greco, G.; Cenciarelli, V.G.; Allegrini, M. Tourism's impacts on the costs of municipal solid waste collection: Evidence from Italy, *Journal of Cleaner production*, **2018**, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.179>
33. Traven, L.; Kegelj, I.; Šebelja, I. Management of municipal solid waste in Croatia: Analysis of current practices with performance benchmarking against other European Union member states, *Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy*, **2018**. <https://doi.org/10.1177/0734242X18789058>
34. Šverko Grdić, Z.; Krstinić Nižić, M.; Rudan, E. Circular Economy Concept in the Context of Economic Development in EU Countries. *Sustainability*, **2020**. doi: 10.3390/su12073060
35. Runko Luttenberger, L. Waste management challenges in transition to circular economy – Case of Croatia. *Journal of Cleaner Production*, **2020**. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120495>
36. Šverko Grdić, Z.; Krstinić Nižić, M.; Rudan, E. Kružno gospodarstvo - model održivog ekonomskog rasta // Znanje in poslovni izzivi globalizacije v letu 2019: Zbornik referatov 8. međunarodne znanstvene conference, **2019**.
37. Elgie, A. R.; Singh, S. J.; Telesford, J. N. You can't manage what you can't measure: The potential for circularity in Grenada's waste management system. *Resources, Conservation & Recycling*, **2021**. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105170>
38. Marcuta, L.; Panait, R.; Marcuta, A. The Relationship Between the Circular Economy and Sustainable Waste Management in European Union. *Journal of Business Administration Research*, **2021**. DOI: [10.30564/jbar.v4i1.2709](https://doi.org/10.30564/jbar.v4i1.2709)
39. Ministry of Economy and Sustainable Development, Upute i pojmovnik za određivanje otpada prema Katalogu otpada (2015)., Available online: www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/021_otpad/Upute/OTP_D_Katalog_Otpada_2015.pdf
40. Ministry of Economy and Sustainable Development, Report on municipal waste for 2019, Available online: http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/inline-files/OTP_Izvj%C5%A1%C4%87e%20o%20komunalnom%20otpadu%20za%202019_5.pdf
41. Croatian Bureau of Statistics, Available online: www.dzs.hr
42. Holcinger, N.; Climate Change Consequences in Croatia, presentation, EFDRR, **2011**.
43. Annual business report for Komunalac Ltd. 2013-2018, Available online: <http://www.komunalac-opatija.hr/#izvjesca>
44. Giurea, R.; Precazzini, I.; Ragazzi, M.; Achim, M.I.; Cioca, L.I.; Conti, F.; Torretta. Vi.; Rada, E.C. Good Practices and Actions for Sustainable Municipal Solid Waste Management in the Tourist Sector, *Resources*, **2018**, doi: <https://doi.org/10.3390/resources7030051>
45. Fuldauer, L.I.; Ives, M.C.; Adshead, D.; Thacker, S.; Hall J.W. Participatory planning of the future of waste management in small island developing states to deliver on the Sustainable Development Goals, *Journal of Cleaner Production*, **2019**, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.269>
46. Dileep, M.R. Tourism and Waste Management: A Review of Implementation of "Zero Waste" at Kovalam, *Asia Pacific Journal of Tourism Research*, **2007**. doi: <https://doi.org/10.1080/10941660701823314>
47. Shamshiry, E.; Nadi, B.; Bin Mokhtar, M.; Kommo, I.; Saadiah Hasnim, H.; Yahaya, N. Integrated Models for Solid Waste Management in Tourism Regions: Langkawi Island, Malaysia, *Journal of Environmental and Public Health*, **2011**. doi: <https://doi.org/10.1155/2011/709549>

Komunální odpady: výzvy a příležitosti v cestovních destinacích

Marinela Krstinić NIŽIĆ, Zvonimira Šverko GRDIĆ*, Stefani-Katarina Dilenardo ZAMLIĆ

Univerzita Rijeka, Fakulta cestovního ruchu a hotelnictví, Primorska 46, 51410 Opatija, Chorvatsko

E-mail: marikn@fthm.hr, zgrdic@fthm.hr, stefani.dilenardo@gmail.com

* korespondenční autor

Abstrakt

Odpad lze vnímat jako problém životního prostředí, ale lze k němu také přistupovat jako ke zdroji využívanému k výrobě nového zboží. Evropská unie si ve svém právním rámci stanovila vysoké cíle v odpadovém hospodářství. Chorvatská republika jako člen EU bude muset stanovené požadavky respektovat. Hlavním cílem tohoto příspěvku je analyzovat nakládání s odpady v okresech po celém Chorvatsku se zvláštním důrazem na města a obce v oblasti Opatijské riviéry, a také sledovat množství komunálního odpadu produkovaného cestovním ruchem.

Opatijská riviéra je studijní oblastí tohoto výzkumu, protože obyvatelé a turisté ve městech vytvářejí stále více městského odpadu, který je úzce spojen s neudržitelnými modely spotřeby a výroby. Autoři v příspěvku používají různé metody, jako je analýza stávajícího stavu, pozorování a shromažďování, zpracování a interpretace sekundárních dat. Hlavním zdrojem dat jsou statistické výkazy a výkazy o hospodaření městských společností. Výzkumnou otázkou je, zda nárůst ukazatelů cestovního ruchu ovlivňuje nárůst odpadu v destinacích cestovního ruchu.

Autoři poukazují na potřebu změnit spotřebu a výrobu tak, aby občané produkovali méně odpadu a zároveň využívali odpad jako zdroj v procesu oběhového hospodářství. Nedostatečné nakládání s odpady přispívá ke znečištění životního prostředí, znečištění ovzduší a zintenzivnění klimatických změn. Výsledky ukazují, že analyzované destinace cestovního ruchu nezaznamenávají nárůst celkového odpadu i přes nárůst ukazatelů cestovního ruchu.

Příspěvek dokazuje, že složky sledované místní samosprávou vedou k většímu dodržování předpisů EU týkajících se odpadového hospodářství. Přínos příspěvku spočívá v poznání, že odpad ve městech má z hlediska ekologie a ekonomiky tři různé hodnoty – druhotné suroviny, energie a životní prostředí. Ve vědeckém smyslu článek přispívá k existující literatuře, zatímco v praktickém smyslu článek doporučuje osobám s rozhodovací pravomocí v místní samosprávě, že turistická města v oblasti Opatijské riviéry musí urychleně zavést model oběhového hospodářství, projít digitální transformací a implementovat tzv. „chytrá“ řešení. Všechny tyto projekty spadají do rámce stávajícího finančního období Evropské unie (2021 – 2027), což navíc poukazuje na důležitost těchto otázek. Příspěvek dále přispívá tím, že představuje a navrhuje řešení mnoha výzev, stejně jako zdůrazňuje prezentované turistické destinace jako příklady dobré praxe.

Klíčová slova: komunální odpad, oběhové hospodářství, destinace cestovního ruchu, město

Rozbor produkcie zmesového komunálneho odpadu vo vybraných obciach Slovenska

Janka ŠEVČÍKOVÁ^a, Jana NEKYOVÁ^b, Pavol MIDULA^{a,c}, Marek DRÍMAL^a, Nikola BENKOVÁ^a

^aUniverzita Mateja Bela v Banskej Bystrici, Fakulta prírodných vied, Katedra životného prostredia, Tajovského 40, Banská Bystrica, Slovenská republika
e-mail: janka.sevcikova@umb.sk

^bEnvi-CARE GR s.r.o., Tolstého 5, Bratislava, Slovenská republika

^cUniverzita Jana Evangelistu Purkyně, Centrum pokročilých separačných technik, Pasteurova 1, 400 01, Ústí nad Labem, Česká republika

Súhrn

Predkladaná práca sa zaoberá hodnotením produkcie zmesového komunálneho odpadu občanmi v 3 obciach: Jasenie, Sady nad Torysou a Klenovec, nachádzajúcich sa na území Slovenska. Hodnotenie zmesového odpadu prebiehalo podľa Opatrenia Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č.1/2020 z 29. júla 2020 o metodike analýzy zmesového odpadu. Na základe prevedeného rozboru zmesového odpadu v jednotlivých obciach je možné poukázať na jeho zloženie, ktoré je dôležitým ukazovateľom pre obce a mestá z hľadiska nastavenia ich odpadového hospodárstva. V prípadoch, kde to bolo možné, sú ďalej dáta rozdelené na údaje zozbierané z lokalít, kde je individuálna bytová výstavba a dáta z komplexnej bytovej výstavby. Pre účely analýz sa súhrnne vyzbieralo 884,71 kg zmesového odpadu, pričom najväčší objem (387,70 kg) sa zozbieral v Klenovci. Kompostovateľné biologicky rozložiteľné odpady predstavovali najvyššie percentuálne zastúpenie (34,71 % v Sadoch nad Torysou, 48,80 % a 44,07 % v Klenovci), s výnimkou obce Jasenie, v ktorej najvyšší percentuálny podiel reprezentovala zložka nedotriediteľného zvyšku odpadu (31,02 %). Na základe týchto údajov je pre každú komoditu v odpade vypracované množstvo z ročnej produkcie zmesového komunálneho odpadu a finančné náklady, ktoré sú vynaložené za uskladnenie na skládke. Správnym triedením zmesového odpadu by Sady nad Torysou mohli eliminovať svoje ročné finančné náklady za zneškodňovanie odpadu o sumu 26 811,98 €, obec Jasenie by znížila svoje náklady o 6 184,81 € a obec Klenovec o 52 579,27 €. Z dosiahnutých výsledkov analýzy netriedeného zberu komunálneho odpadu v jednotlivých lokalitách sme spracovali návrh opatrení, ktoré prezentujú možnosti zlepšenia nakladania s odpadom v skúmaných lokalitách a taktiež sme zadefinovali možnosti úspory finančných prostriedkov, ktoré platia za réžiu nakladania so zmesovým komunálnym odpadom.

Kľúčové slová: zmesový komunálny odpad, biologicky rozložiteľný odpad, separovaný zber, produkcia odpadu, analýza odpadu

Úvod

Zmesový komunálny odpad (ZKO) je na území Slovenska podľa zákona o odpadoch¹ definovaný ako nevytriedený komunálny odpad alebo komunálny odpad po vytriedení zložiek komunálneho odpadu, pričom komunálny odpad rozdeľuje do dvoch kategórií. Prvú kategóriu komunálneho odpadu tvorí zmesový odpad a oddelene vyzbieraný odpad z domácností vrátane papiera, lepenky, skla, kovov, plastov, biologického odpadu, dreva, textílií, obalov, odpadu z elektrických zariadení, elektronických zariadení, použitých batérií, akumulátorov, objemného odpadu vrátane matracov či nábytku a druhú kategóriu zmesový odpad a oddelene vyzbieraný odpad z iných zdrojov, ak je tento odpad svojím charakterom a zložením podobný odpadu z domácností. Za komunálny odpad nepovažujeme odpady z výroby, poľnohospodárstva, lesného hospodárstva a tiež rybárstva, odpad zo septikových nádrží, kanalizačnej siete a čistiarní odpadových vôd vrátane čistiarenského kalu, staré vozidlá, stavebný odpad a ani odpad

z demolácií.¹ V článku sme sa zamerali na odpad z domácností, ktorý podľa novely zákona o odpadoch č.490 z roku 2019 je definovaný ako odpad, ktorý bol vyprodukovaný z domácnosti.

Produkcia komunálneho odpadu v domácnostiach na Slovensku sa každým rokom zvyšuje. Poukazujú na to aj údaje zo Štatistického úradu Slovenskej Republiky², podľa ktorých sa produkcia za rok 2020 zvýšila o 53 kg/obyv. oproti priemernej ročnej spotrebe za predchádzajúcich 5 rokov. Priemerne tak 1 obyvateľ Slovenska za rok 2020 vyprodukoval 446 kg odpadu a domácnosti SR v danom roku 2,43 mil. t komunálneho odpadu. Pre porovnanie je SR v produkcii odpadu niekde tesne pod priemerom EÚ, ktorý tvoril podľa Eurostatu 502 kg na obyvateľa za rok³.

Negatívom v oblasti odpadového hospodárstva na Slovensku je vysoký podiel skládkovania odpadov. Aj keď v minulom roku sa podiel skládkovania znížil z 50,6 % v roku 2019 na 48,4 % stále nemôžeme tvrdiť, že ide o zásadné odklonenie od skládkovania. Práve to je jedným z hlavných cieľov Programu odpadového hospodárstva SR do roku 2020.^{3,4} Navyše do roku 2030 by sa miera skládkovania mala podľa reformného balíka EÚ znížiť na 10 % a miera recyklácie zvýšiť na 65 %⁵. V tomto smere je separácia odpadu kľúčová.

K zefektívneniu separácie komunálneho odpadu vedie vo veľkej miere analýza zmesového komunálneho odpadu, ktorá pomáha zdefinovať zvyklosti občanov na skúmanom území v oblasti nakladania s odpadom v domácnostiach. Zo získaných dát vieme zhodnotiť mieru separácie jednotlivých komodít v skúmanej oblasti a môžeme identifikovať možnosti zlepšenia v oblasti separácie.

Na Slovensku je povinnosťou obcí zaviesť triedený zber komunálnych odpadov minimálne pre komodity papier, plasty, kovy, sklo a kompozitné obaly a tiež komoditu biologicky rozložiteľného komunálneho odpadu. Obce sú povinné zabezpečiť triedený zber objemného odpadu, drobných stavebných odpadov a odpadov s obsahom škodlivín. Povinnosť zaviesť triedený zber biologicky rozložiteľných komunálnych odpadov pozitívne ovplyvnila separáciu tejto komodity, ale na druhej strane ešte stále umožňuje od roku 2021 určité výnimky, a to v prípadoch, že a) je zabezpečené energetické zhodnocovanie týchto odpadov v zariadení na zhodnocovanie odpadov činnosťou R1; b) sa preukáže, že 100 % domácností kompostuje vlastný odpad; c) sa preukáže, že to neumožňujú technické problémy vykonávania zberu v historických centrách miest a v riedko osídlených oblastiach.⁴

Cieľom príspevku je potvrdiť alebo vyvrátiť hypotézu o pripravenosti skúmaných lokalít na zníženie množstva skládkovania, ktoré je podľa reformného balíka EÚ do roku 2030 naplánované na hodnotu maximálne 10 %. Čiastkové ciele spočívajú v procese: kvantifikovať produkciu komunálneho odpadu a jeho zložiek v skúmaných lokalitách; posúdiť mieru skládkovania a navrhnúť možnosti jej minimalizácie, ako aj poukázať na ekonomickú stránku zefektívnenia separácie zložiek ZKO; upozorniť na potrebu individuálneho prístupu pri problematike separácie komunálneho odpadu a manažmentu odpadového hospodárstva v jednotlivých obciach vo vzťahu k plneniu cieľov Programu odpadového hospodárstva a reformného balíka EÚ v oblasti skládkovania.

Vymedzenie skúmaných území

Analýza zmesového komunálneho odpadu sa vykonávala v 3 obciach v Slovenskej republike: Jasenie, Sady nad Torysou a Klenovec. Išlo o náhodný výber 3 obcí, pričom v dvoch obciach (Klenovec a Sady nad Torysou) ešte rozbor Analýza odpadu nebol uskutočnený a v 1 obci (Jasenie) už v minulosti prebehla podobná analýza. V Banskobystrickom kraji sa nachádzajú 2 obce a v Košickom kraji 1 obec. Práve v Košickom kraji je miera skládkovania v rámci krajov na Slovensku najnižšia (33,2 %), ale naopak miera recyklácia predstavovala len 39,4 %.² Základné údaje o sledovaných obciach prezentuje tabuľka 1.

Sady nad Torysou (východné Slovensko , GPS: 48°42'27" N 21°20'50.64" E)

Obec Sady nad Torysou sa nachádza v Košickom kraji a leží vo východnej časti Košickej kotliny na obidvoch stranách Torysy. Celkový počet obyvateľov v obci k 31. 12. 2015 podľa ŠÚSR tvoril 1970 obyvateľov a rozloha obce je 845 ha.⁶ Na území obce vzniká predovšetkým komunálny odpad produkovaný obyvateľmi obce. Zber a zvoz komunálneho odpadu zabezpečuje zazmluvnená zberová

spoločnosť, ktorá zhodnocuje zmesový komunálny odpad energeticky. Obec nedisponuje zberným dvorom a ani nemá zriadené kompostovanie biologicky rozložiteľného odpadu.⁷

Jasenie (stredné Slovensko, GPS: 48°50'9.6" N 19°27'30.6" E)

Obec sa nachádza pod južným úpäťm pohoria Nízke Tatry, v časti Ďumbierske Tatry, v okrese Brezno. V obci žije 1 177 obyvateľov a celková rozloha obce je 8 616 ha.⁸ Obec má upravené nakladanie s komunálnym odpadom a drobnými stavebnými odpadmi, vznikajúcimi v obci cez všeobecné záväzné nariadenie (VZN). Separovaný zber sa robí v rôznych formách, pričom zložky budú využívané ako druhotné suroviny. Obec nemá zberný dvor, svojim obyvateľom umožňuje a zabezpečuje vykonávanie zberu biologicky rozložiteľných kuchynských odpadov nevhodných na kompostovanie v kompostéroch resp. na svojom vlastnom kompostovisku. Zber sa vykonáva do 120 l nádoby, ktorá je umiestnená na stojisku kontajnerov. Obec si uplatňuje výnimku z povinnosti zaviesť a zabezpečiť vykonávanie triedeného zberu BRKO z dôvodu, že 100 % domácností kompostuje vlastný odpad v kompostéroch alebo na svojich domácich kompostoviskách. Zmesový odpad sa zväža v obci 1x za 14 dní.^{9, 10} Od augusta 2020 je v obci zavedená evidencia odpadov na úrovni domácností.

Klenovec (juh stredného Slovenska, GPS: 48°35'48"N 19°53'28"E)

Obec Klenovec leží v údolí Veporského rudohoria v Banskobystrickom kraji. Údolím preteká rieka Rimava. Výmera katastrálneho územia obce je 10 000 ha a celkový počet obyvateľov k 31. 12. 2015 bol 3 159. Odvoz a likvidáciu odpadu zabezpečujú Technické služby Hnúšťa a vykonáva sa 1x týždenne. Odpad sa odváža na skládku odpadov obce Hnúšťa. Separovaný odpad sa zbiera do plastových kontajnerov a plastových vriec. V obci absentuje zberný dvor¹¹. Zelený odpad každý občan, u ktorého vzniká, kompostuje na vlastnom kompostovisku.¹¹

Tabuľka 1 : Základné údaje skúmaných lokalít

Obec	Počet obyvateľov	Rozloha [ha]	Hustota osídlenia [obyv./km ²]	Ročná produkcia ZKO [t]	Produkcia ZKO [kg/obyv.]	Cena zneškodnenia [€/t s DPH]
Sady nad Torysou	1 970	845	233,02	278,58	141,41	118,80
Jasenie	1 177	8 616	13,34	167,00	140,19	71,40
Klenovec	3 159	10 000	31,59	832,02	263,43	80,40

Upravené podľa^{6,8,11}

Experimentálna časť

Analýza odpadov bola vykonaná podľa Metodiky analýzy zmesového odpadu v súlade s Opatrením MŽP SR č. 1/2020 z 29. júla 2020. Nádoby s odpadom boli od obyvateľov obce vyberané náhodne a všetci účastníci analýzy odpadov boli dôkladne vyškolení o rozsahu a spôsobe dotriedenia odpadu. Odpad z jednotlivých nádob v obciach bol vysypaný do vlečky traktora a odvezený pracovníkmi obce na miesto, kde bola vykonaná samotná analýza zmesovej vzorky odpadu. Odber vzoriek odpadu prebiehal skoro ráno v deň zvozu odpadu, ktorý pre obce zabezpečuje zazmluvnená zberová spoločnosť. Pri výbere vzorky pre analýzu sme sa riadili nasledovnými požiadavkami:

- nádoby nesmeli pochádzať z jedného miesta v záujmovom území napr. z jednej ulice, bloku ulíc, sídliska alebo mestskej časti a vzorka bola z čo najväčšieho záujmového územia;
- pri výbere zberných nádob na odobratie vzorky boli vylúčené nádoby, ktoré obsahovali neštandardný odpad alebo niektorú zo zložiek odpadu v neštandardnom množstve (ako napr. stavebný odpad, prípadne drevo a i.) a to podľa vlastného uváženia;

- obsah zberných nádob pred ich zaradením do vzorky bol skontrolovaný vizuálne nahliadnutím do zbernej nádoby;
- vzorka odpadov nesmela byť dodatočne premiešavaná a zvoz vzorky sa vykonával vozidlom, ktoré nebolo vybavené lineárnym stláčaním;
- analýza bola vykonaná vždy v deň odberu vzorky a po celú dobu analýzy bol odpad chránený pred vlhkosťou a dažďom.

Biologicky rozložiteľný komunálny odpad (BRKO) bol rozdelený na biologicky rozložiteľný odpad (BRO) rastlinného pôvodu z kuchyne, záhrady a zvyšky jedla (napr. varené potraviny, pečivo, chlieb, mliečne výrobky, čokolády a pod.)

V prípade obce Jasenie bola analýza odpadu vykonaná dňa 16. 04. 2021 a v obci Sady nad Torysou dňa 08. 05. 2021. V oboch obciach žije len malý počet obyvateľov v bytových domoch a z tohto dôvodu je počet nádob v komplexnej bytovej výstavbe (KBV) nízky a výrazne by neovplyvnil výsledok analýzy, preto vzorka týchto nádob nebola uskutočnená.

V obci Klenovec sme vykonávali analýzu dňa 15. 04. 2021 a odobrali sme 5 % nádob so zmesovým komunálnym odpadom (ZKO) v individuálnej bytovej výstavbe (IBV) a 5 % nádob zo ZKO v KBV. V Klenovci je umožnený aj zber zmesového komunálneho odpadu vo vreciach s objemom 120 l. V rodinných domoch, kde boli vyložené vrecia spolu s nádobami, boli odobraté aj tieto v počte 8 ks, čo predstavuje 20 % analyzovanej vzorky z IBV.

Vo všetkých 3 obciach sa sledovalo 17 komodít, ktoré predstavovali papier a lepenka, plasty PET, plasty ostatné, VKM (viacvrstvé kombinované materiály), jednorazové plienky, sklo, obaly z kovu, zvyšky jedla, elektro odpad, kompostovateľné BRO, textil, nebezpečné odpady, stavebný odpad, nedotriediteľný zvyšok, drevo, piliny a stavebný odpad. Ak bol ich podiel v skúmanej vzorke odpadu nulový, vo výsledných tabuľkách sa neobjavujú. Z hmotnosti papiera a textilu vo všetkých 3 lokalitách bolo z dôvodu zvýšenej vlhkosti odpadu odpočítaných 10 % celkovej hmotnosti.

Následne bola pre obce spracovaná finančná analýza, ktorá zahŕňa jednotlivé komodity separované zo ZKO, pričom cena 1 t zmesového komunálneho odpadu bola vypočítaná na základe ceny od dodávateľa služby za zber, prepravu a zneškodnenie odpadu. Keďže cena je stanovená osobitne za zber a prepravu jednej nádoby a osobitne za zneškodnenie na skládke odpadov, môže byť vo vypočítanej cene za 1 t mierna odchýlka. V obci Sady nad Torysou vo finančnej analýze nie je započítaný poplatok za uloženie na skládku v zmysle Zákona č. 329/2018 Z. z. o poplatkoch za uloženie odpadov. Keďže zmesový komunálny odpad je dodávateľom služby zhodnocovaný činnosťou R1 - využitie najmä ako palivo alebo na získavanie energie iným spôsobom, uvedený poplatok obec za zmesový komunálny odpad neplatí.

Výsledky

Celkové výsledky analýz zmesového komunálneho odpadu v obciach sú spracované do výsledných tabuliek 2 – 5, pričom obsahujú údaje o zastúpeniach jednotlivých zložiek zmesového komunálneho odpadu a ich náklady na zneškodňovanie na skládke odpadov.

Sady nad Torysou

Na analýzu sme vyzbierali 37 ks odpadových nádob, v ktorých sa nachádzalo 321,65 kg ZKO, v priemere tak jedna nádoba obsahovala 8,69 kg odpadu. V roku 2020 bola v obci Sady nad Torysou produkcia zmesového komunálneho odpadu, ktorý bol hodnotený zariadením na energetické využitie odpadov 278,58 t.¹² Na jedného obyvateľa obce je teda ročná produkcia 141,48 kg zmesového komunálneho odpadu. Priemerná ročná produkcia zmesového komunálneho odpadu na Slovensku je 254 kg na obyvateľa za rok 2020¹³. V obci je produkcia zmesového komunálneho odpadu nižšia ako je slovenský priemer a zodpovedá produkcii obce. Časť obyvateľov žije v osade a vyprodukovaný odpad nie je v tejto časti zbieraný formou nádob na to určených. Vyprodukovaný odpad vykladajú voľne na lúku a ten je odvázaný prostredníctvom veľkokapacitných kontajnerov ako objemný odpad. Ročne tak obyvatelia obce vyprodukujú spolu 79,38 t objemného odpadu. Keďže tento druh odpadu je vyvážený aj od obyvateľov obce, nebolo možné presne

určiť, aké množstvo objemného odpadu bolo vyprodukovaného obyvateľmi v osade, ani podiel z celkového množstva zmesového komunálneho odpadu.

Z výsledku analýzy odpadu v obci Sady nad Torysou (tabuľka 2) sme zistili zastúpenie jednotlivých zložiek zmesového komunálneho odpadu a tiež náklady, ktoré obec a jej občania majú v súvislosti s zneškodovaním vyprodukovaného odpadu.

Tabuľka 2: Podiel zložiek komunálneho odpadu v triedenej vzorke v obci Sady nad Torysou a ich ročná produkcia s cenou za zneškodnenie na skládke odpadov

Zložka komunálneho odpadu	Hmotnosť vzorky [kg]	Podiel zložiek ZKO [%]	Ročná produkcia ZKO [t]	Cena zneškodnenia na skládke (€ s DPH)
Papier a lepenka	32,71	10,17	28,33	3 365,60
Plasty ostatné	38,83	12,07	33,63	3 995,24
VKM	6,50	2,02	5,63	668,84
Jednorazové plienky	14,90	4,63	12,90	1 532,52
Sklo	18,55	5,77	16,07	1 909,12
Plasty PET	0,64	0,20	0,55	65,34
Obaly z kovu, kovy	9,70	3,02	8,40	997,92
Zvyšky jedla	20,53	6,38	17,78	2 112,26
Kompostovateľné BRO	111,64	34,71	96,69	11 486,77
Textil, šatstvo	11,99	3,73	10,38	1 233,14
Nebezpečný odpad	0,50	0,16	0,43	51,08
Stavebný odpad	8,00	2,49	6,93	823,28
Nedotriediteľný zvyšok	46,17	14,35	39,99	4 750,81
Drevo	1,00	0,31	0,87	103,36
Spolu	321,66	100,00	278,58	33 095,304

Najväčší podiel zo ZKO tvorí biologicky rozložiteľný odpad, a to 34,71 %. Tento odpad je možné veľmi dobre eliminovať zavedením kompostovania v obci. Vysoké zastúpenie je aj u lepenky a papiera a plastoch, pričom ide o komodity, ktoré spadajú do recyklovateľných odpadov. Recyklovateľné odpady patria do skupiny, ktorá je financovaná výrobcami prostredníctvom organizácie zodpovednosti výrobcu (OZV) a predstavuje tak možnosť výraznej finančnej úspory pre obec.

Jasenie

V obci Jasenie bolo na analýzu vyzbieraných 15 ks odpadových nádob, ktoré obsahovali ZKO o hmotnosti 175,35 kg, v priemere sa tak v jednej nádobe nachádzal odpad o hmotnosti 11,69 kg. V obci bola v roku 2020 produkcia zmesového komunálneho odpadu, ktorý bol zneškodnený skládkovaním 166,98 t. Na jedného obyvateľa tak ročná produkcia vychádza 140,19 kg zmesového komunálneho odpadu, čo je pod slovenským priemerom viac ako 113 kg na obyvateľa. Od augusta 2020 je v obci zavedená aj evidencia odpadov na úrovni domácností, a tak je možné predpokladať, že ročná produkcia zmesového komunálneho odpadu zavedením evidencie ešte poklesla. Výsledky analýzy obce Jasenie (tabuľka 3) poukazujú na podiel jednotlivých zložiek komunálneho odpadu v triedenej vzorke ako aj ročnej produkcii za rok 2020.

Najväčší podiel zo ZKO tvorí biologicky rozložiteľný odpad (16,99 %), jednorazové plienky (16,82 %) a zvyšky jedla (12,50 %). BRO patrí do komodity, ktorá sa dá zhodnotiť domácim alebo komunitným kompostovaním, v malej alebo profesionálnej kompostárni. Pri zvyškoch jedla je najúčinnším spôsobom jeho odstraňovania zo ZKO predchádzanie jeho tvorby. V určitých prípadoch u zvyškov jedla je možné

použiť hygienizáciu a následne kompostovať v profesionálnej kompostárni, alebo odstraňovať energetickým zhodnocovaním na bioplynovej stanici.

Tabuľka 3: Podiel zložiek komunálneho odpadu v triedenej vzorke v obci Jasenie a ich ročná produkcia s cenou za zneškodnenie na skládke odpadov

Zložka komunálneho odpadu	Hmotnosť vzorky [kg]	Podiel zložiek ZKO [%]	Ročná produkcia ZKO [t]	Cena zneškodnenia na skládke (€ s DPH)
Papier a lepenka	5,64	3,22	5,38	381,98
Plasty ostatné	9,38	5,35	8,93	634,03
VKM	0,70	0,40	0,67	47,57
Jednorazové plienky	29,50	16,82	28,09	1 994,39
Sklo	9,10	5,19	8,67	615,57
Plasty PET	0,28	0,16	0,27	19,17
Obaly z kovu, kovy	4,89	2,79	4,66	330,86
Zvyšky jedla	21,92	12,50	20,87	1 481,77
Kompostovateľné BRO	29,79	16,99	28,37	2 014,27
Textil, šatstvo	2,00	1,14	1,90	134,90
Nebezpečný odpad	1,56	0,89	1,49	105,79
Stavebný odpad	5,39	3,07	5,13	364,23
Nedotriediteľný zvyšok	54,40	31,02	51,80	3677,80
Drevo	0,80	0,46	0,77	54,67
Spolu	175,35	100,00	167,00	11 857,00

Klenovec

V roku 2020 bola v obci Klenovec produkcia zmesového komunálneho odpadu, ktorý bol uložený na skládku 813,15 t. Na jedného obyvateľa obce je ročná produkcia 266 kg zmesového komunálneho odpadu. V obci je oproti priemernej produkcii na Slovensku, ktorá za rok 2020 predstavovala 278,58 t, produkcia ZKO nadpriemerná a dosahuje úroveň produkcie miest.^{3, 13} Podľa dostupných dát z obce žije v IBV (v rodinných domoch) 79,45 % obyvateľov obce. Obyvatelia IBV podľa percentuálneho zastúpenia vyprodukovali 647,79 t odpadu z celkového množstva ZKO.¹⁴ Podobne ako pri vyhodnotení IBV, bola aj pri vyhodnotení komplexnej bytovej výstavbe aplikovaná rovnaká metodika. V bytových domoch žije 21,55 % obyvateľov obce. Prepočítaná ročná produkcia zmesového komunálneho odpadu zneškodneného na skládke predstavuje za rok 2020 objem 175,23 t. Aj keď uvedený prepočet sa nemusí vždy zhodovať so skutočnosťou a množstvo podľa percentuálneho prepočtu je len orientačné, pre výpočet množstva nevytriedených zložiek v zmesovom komunálnom odpade a na vykreslenie finančných strát za zneškodnenie odpadov je to postačujúce.

Výsledky analýzy v obci sme rozdelili do dvoch tabuliek. V tabuľke 4 sú uvedené výsledky zo vzorky IBV, kde sme vyzbierali 40 ks nádob, ktoré obsahovali 325,30 kg odpadu, priemerne tak jedna nádoba mala hmotnosť 8,13 kg. V tabuľke 5 sú prezentované výsledky analýzy zo vzorky KBV, kde bol odobratý 1 kontajner o objeme 1 100 l, pričom hmotnosť kontajneru bola 62,40 kg.

Najväčší podiel ZKO v individuálnej výstavbe tvoril opäť biologicky rozložiteľný odpad, ktorý predstavoval 48,80 % a ostatné plasty do ktorých sme zaradili všetky obalové a nebalové plasty iné ako PET, ktorých podiel bol v skúmanej vzorke 6,50 %.

Tabuľka 4: Podiel zložiek komunálneho odpadu v triedenej vzorke IBV v obci Klenovec a ich ročná produkcia s cenou za zneškodnenie na skládke odpadov

Zložka komunálneho odpadu	Hmotnosť vzorky [kg]	Podiel zložiek ZKO [%]	Ročná produkcia ZKO [t]	Cena zneškodnenia na skládke (€ s DPH)
Papier a lepenka	7,40	2,28	14,74	1 185,10
Plasty ostatné	21,10	6,50	42,02	3378,41
VKM	1,10	0,34	2,19	176,08
Jednorazové plienky	21,40	6,60	42,62	3 426,65
Sklo	15,50	4,78	30,87	2 481,95
Plasty PET	5,10	1,57	10,16	816,86
Obaly z kovu, kovy	5,00	1,54	9,96	800,78
Zvyšky jedla	19,50	6,01	38,83	3 121,93
Kompostovateľné BRO	158,30	48,80	315,23	25 344,49
Textil, šatstvo	9,20	2,84	18,32	1 472,93
Nebezpečný odpad	0,10	0,03	0,20	16,08
Elektroodpad	1,00	0,31	1,99	160,00
Stavebný odpad	2,00	0,62	3,98	319,99
Nedotriediteľný zvyšok	45,20	13,93	90,01	7 236,80
Drevo	2,90	0,89	5,77	463,91
Piliny	10,50	3,24	20,91	1681,16
Spolu	325,30	100,00	647,80	52 083,12

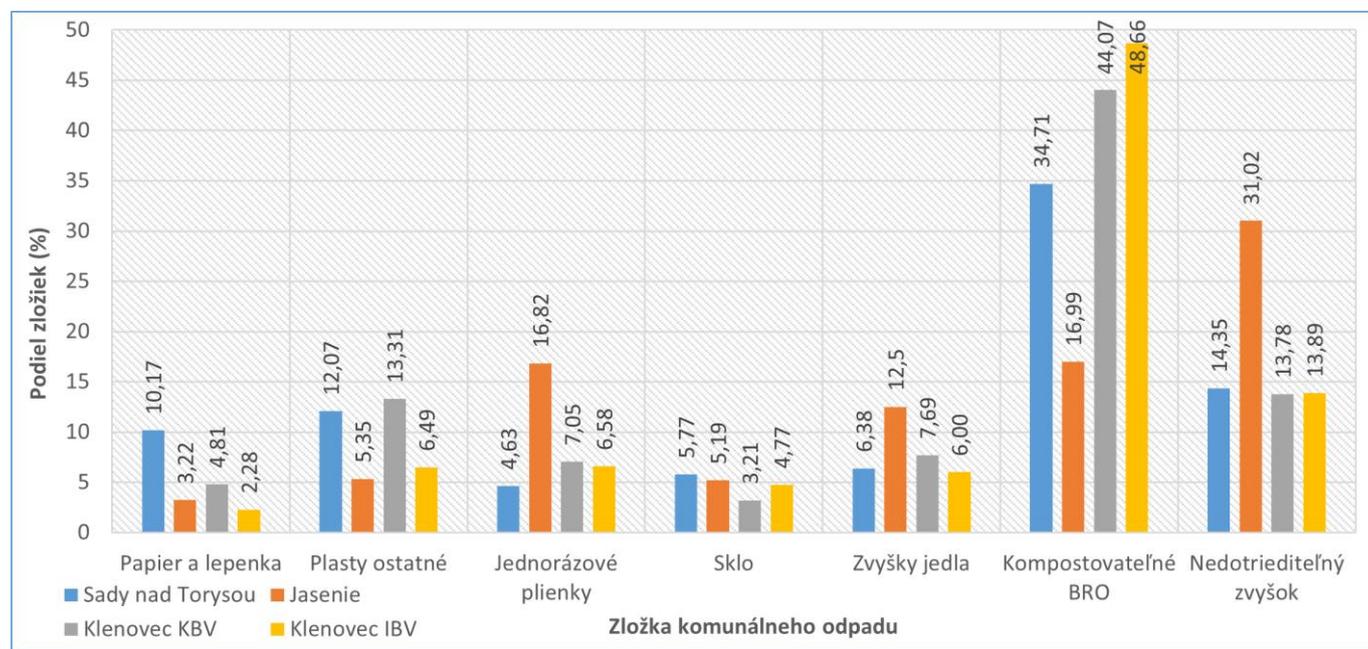
Tabuľka 5: Podiel zložiek komunálneho odpadu v triedenej vzorke KBV v obci Klenovec a ich ročná produkcia s cenou za zneškodnenie na skládke odpadov

Zložka komunálneho odpadu	Hmotnosť vzorky [kg]	Podiel zložiek ZKO [%]	Ročná produkcia ZKO [t]	Cena zneškodnenia na skládke (€ s DPH)
Papier a lepenka	3,00	4,81	8,43	677,77
Plasty ostatné	8,30	13,31	23,32	1 875,17
VKM	1,80	2,88	5,06	406,66
Jednorazové plienky	4,40	7,05	12,36	994,07
Sklo	2,00	3,21	5,62	451,85
Plasty PET	1,50	2,40	4,21	338,48
Obaly z kovu, kovy	0,50	0,80	1,41	112,96
Zvyšky jedla	4,80	7,69	13,48	1 083,79
Kompostovateľné BRO	27,50	44,07	77,28	6 212,91
Nedotriediteľný zvyšok	8,60	13,78	24,17	1 942,95
Drevo	0,00	0,00	0,00	0,00
Piliny	0,00	0,00	0,00	0,00
Spolu	62,40	100,00	175,33	14 096,61

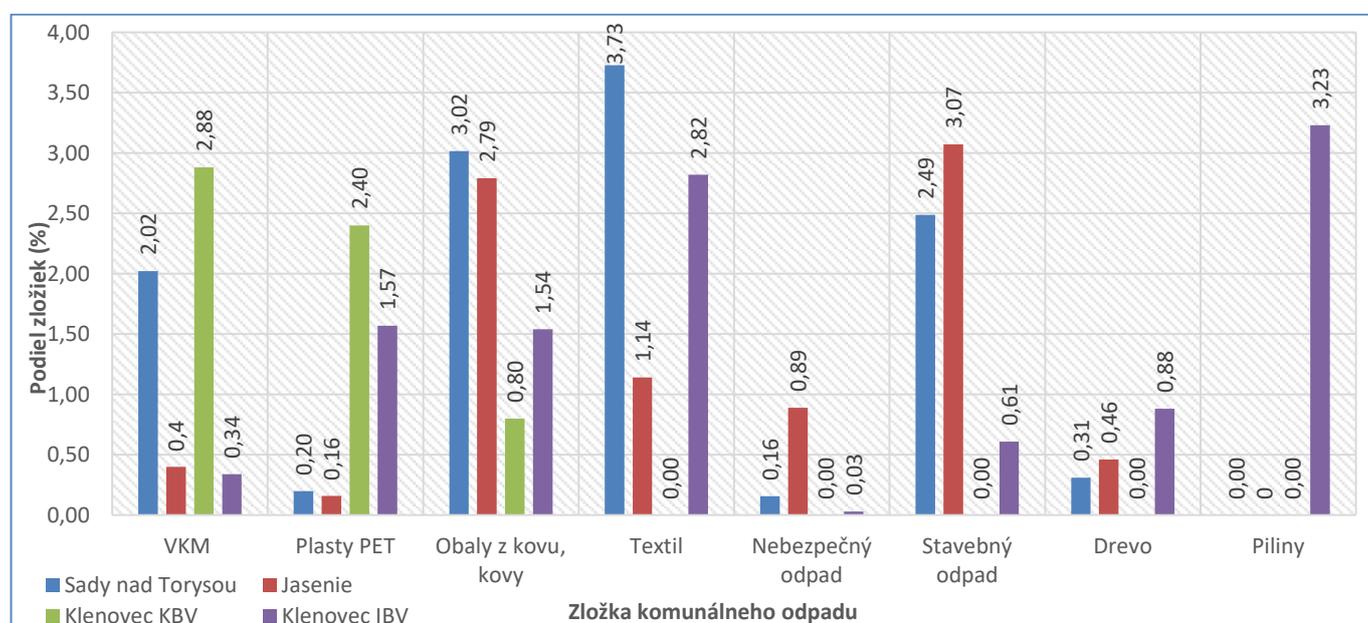
Podobne ako u vzorky IBV, tak aj pri vzorke v komplexnej bytovej výstavbe, najväčší podiel predstavoval biologicky rozložiteľný odpad, ktorý bol 44,07 %. Taktiež ostatné plasty tvorili pomerne veľký podiel (13,31 %), ktorý je takmer dvojnásobný oproti vzorke IBV.

Pri sumarizácii výsledkov analýzy (Graf 1 a Graf 2) skúmaných obcí môžeme skonštatovať, že medzi zložkami sa v menšej miere (do 5 %) vyskytovali komodity nebezpečný odpad, stavebný odpad, ZKO

plasty PET, viacvrstvé kombinované odpady (VKM), textil, piliny a drevo. Najväčší podiel z dotriediteľného zvyšku bol vo všetkých obciach kompostovateľný BRO. Nad 5 % podielom sa vyskytovali aj zvyšky jedla a plasty iné ako PET a v obci Sady nad Torysou aj papier a lepenka. Zo skúmaných obcí ako obec s najnižšou tvorbou odpadu a zároveň aj s najvyššou mierou separácie môžeme zaradiť obec Jasenie a naopak najvyššiu produkciu odpadu podľa výsledkov analýzy má obec Klenovec, ktorá má aj najvyššiu tvorbu BRO a to ako pri individuálnej bytovej výstavbe, tak aj komplexnej bytovej výstavbe.



Graf 1: Zložky zmesového komunálneho odpadu s najvyšším percentuálnym podielom v skúmaných obciach



Graf 2: Podiel zložiek zmesového komunálneho odpadu v skúmaných obciach pod 5 %

Výsledky analýz odpadov podľa výskytu zložiek ZKO poukazujú na možnosti výraznej úspory finančných prostriedkov obce vynakladaných aktuálne na financovanie odpadov. Do skupiny odpadov, financovaných výrobcami prostredníctvom OZV, patria: papier a lepenka, plasty ostatné PET, VKM, sklo,

kovy, drevo, elektroodpad a batérie. V prípade BRO je potrebné výrazné zvýšenie zberu, triedenia a spracovania biologicky rozložiteľného komunálneho odpadu v obciach, a to najmä v obci Klenovec a Sady nad Torysou. Z výsledkov môžeme konštatovať, že v obci Jasenie, v ktorej už podobný rozbor odpadu bol prevedený, si obec vie lepšie nastaviť svoj odpadový manažment a obyvatelia obce vedia dôkladnejšie separovať vzniknutý komunálny odpad. Z grafu 1 je možné konštatovať rôznorodosť percentuálneho zastúpenia komodít pri papieri a lepenke, ktorá malá vysoké zastúpenie v obci Sady nad Torysou a tiež komodity ostatných plastov, ktoré sa v najväčšej miere vyskytovali v Sadoch nad Torysou a v obci Klenovec v časti KBV.

Diskusia

Výsledky vykonaných analýz v skúmaných obciach potvrdili vysokú produkciu zmesového komunálneho odpadu, ktorý končí na skládkach odpadov a dá sa v značnej miere ešte odseparovať o zložky, ktoré je možné ďalej recyklovať. Ako naznačujú výsledky analýz vykonaných v ďalších obciach a mestách^{15,16,17,18}, tento trend na Slovensku nie je ojedinelý a vysoký podiel pritom vo všetkých obciach tvorí komodita BRO. Dôležitým krokom smerujúcim k zníženiu produkcie odpadu vyváženého na skládku, je zvýšenie informovanosti občanov o produkcii svojho odpadu a taktiež zavedenie opatrení, ako zo strany obce, tak aj zo strany štátu. Poukazujú na to aj výsledky vykonanej analýzy v obci Jasenie, v ktorej sa už takýto prieskum ZKO uskutočňoval viackrát. Produkcia odpadu v Jasení je najnižšia spomedzi sledovaných obcí a zvýšil sa aj záujem občanov o separovanie. Z tohto dôvodu vieme konštatovať, že analýza pomáha obciam správne si zadefinovať potreby svojej stratégie odpadového hospodárstva a konkrétne výsledky priamo z lokality, v ktorej občania žijú, sú omnoho efektívnejšie v oblasti ich informovanosti a vzbudzovania záujmu o separáciu odpadu. Vykonávanie týchto analýz by však nemalo byť len jednorazové ako je viditeľné aj v nami vykonanej štúdií. Prvá fáza prináša prehľad o zložení jednotlivých komodít a obec, ako aj jej občanov upozorňuje na nedostatky v separácii odpadu. Druhá fáza by mala byť zameraná na kontrolu a posúdenie zlepšenia a navrhnutia nových cieľov. V princípe by išlo o proces neustáleho sa zlepšovania, ktorý vedie k cielenej separácii a predchádzaniu vzniku odpadu. Takýto prístup je možný len vtedy, ak máme možnosť prístupu k individuálnym dátam v jednotlivých obciach a mestách. Ako vyplynulo aj z našej štúdie, vysoká miera variability je napr. pri porovnaní grafu 1 v komoditách papier a lepenka, kde Sady nad Torysou boli na úrovni nad 10 %, na rozdiel od obce Klenovec IBV, v ktorej sa táto komodita objavovala na úrovni 2 %. Rôznu úroveň separácie je možné pozorovať aj v jednotlivých častiach obce Klenovec, kde údaje z komodity ostatné plasty v časti obce Klenovec KBV a Klenovec IBV sú viac než dvojnásobné. Ako bolo vyššie spomenuté, obec Jasenie mala výrazne lepšie zvládnutú separáciu jednotlivých zložiek, na čo poukazuje aj výrazne vyšší podiel nedotriediteľného zvyšku komunálneho odpadu, ale na druhej strane môžeme vidieť potenciál zlepšenia sa v komodite zvyškov jedla, ktorý poukazuje na plytvanie obyvateľov s potravinami. Z analýz odpadov vykonaných v obciach sa často zistia aj nedostatky týkajúce sa možnosti prevedenia separácie občanov, ako napr. nevhodné kontajnery určené na separáciu, prípadne nedostatok vriec na vytriedené zložky komunálneho odpadu v rodinných domoch.

Výraznú zložku v nami analyzovaných obciach, ako aj v iných štúdiách zameraných na produkciu komunálneho odpadu a Slovensku^{15,16,17,18}, tvoril BRO, ostatné zložky vykazovali väčšiu mieru variability. Na zloženie komodít odpadu má pritom vplyv vekové zloženie obyvateľstva, taktiež zamestnanosť, či úroveň vzdelania v obci. Vysokú produkciu BRO je potrebné verejnosti komunikovať, pretože ako je správne uvádzané vo viacerých štúdiách^{15,16,19,20} separovaný zber v značnej miere rieši aj problematiku nadmernej produkcie BRO v ZKO, pričom vytriedenú komoditu môžeme použiť v procese kompostovania a využívať produkt ako hnojivo napríklad priamo v obci či meste. Netreba však zabúdať na hygienické hľadisko BRO, pričom je dôležité venovať pozornosť vhodnému umiestneniu kompostární v obciach či mestách s ohľadom na ochranu sídlisk a podzemných vôd¹⁹. Z tohto hľadiska musíme venovať vysokú pozornosť správnosti triedenia BRO. Poukazuje na to tiež štúdia vykonaná v Českej Republike v lokalite Křomeříž²¹, pretože značný problém môže pri kompostovaní spôsobovať nesprávna separácia jednotlivých zložiek zo strany občanov a následne kontaminácia tejto komodity. Ako uvádza aj Škodová a Hejátková²² v rámci celej Európy dochádza k zásadnému úbytku organických látok v pôde a práve tento úbytok by pritom mohol byť ľahko nahradený vhodným použitím organických hnojív pochádzajúcich práve zo spracovania biodpadu.

Slovensko v separácii a využívaní odpadu výrazne zaostáva za svojou susednou krajinou Rakúsko, ktoré až 58 % odpadu recykluje a podiel skládkovaných odpadov je len 2 %²³. Samotná Viedeň má veľmi dobre prepracovaný program predchádzania vzniku odpadu, ktorý je zameraný napríklad aj na využitie odpadu formou predaja v predajni požitých vecí s rôznym sortimentom, ktorú prevádzkuje v spolupráci so zbernými dvormi²⁴. Navyše BRO sa vo Viedni mení na kvalitný kompost a implementáciou smernice o skládkach odpadov z roku 2009 sa žiadny odpad v Rakúsku neskládkuje bez predchádzajúcej úpravy¹⁷. Taktiež slovenské mesto Ľubľana vykročilo smerom k nižšej tvorbe odpadu, a to napríklad formou zberu BRO od dverí k dverám a Amsterdam svoj BRO spracováva vo vlastnej kompostárni.²⁵ Na území Slovenskej republiky povinnosť zaviesť triedený zber biologicky rozložiteľných komunálnych odpadov pozitívne ovplyvnil separáciu tejto komodity, ale na druhej strane ešte stále umožňuje od roku 2021 určité výnimky. Zavedením triedeného zberu BRO bez výnimiek a podporou budovania kompostární zo strany štátu by výskyt tejto zložky mohol byť ešte nižší. Taktiež zvyšovanie povedomia občanov zo strany obcí a implementácia evidencie odpadu obyvateľov, pravidelné kontroly nádob so zmesovým komunálnym odpadom a zavedenie pozitívnej motivácie pre obyvateľov triediacich odpad, by mohli prispieť ku zníženiu množstva odpadu na skládkach.

Na druhej strane treba podotknúť, že poplatky za komunálny odpad sa líšia v niektorých mestách a obciach na Slovensku aj o desiatky eur. Okrem poplatku za uloženie na skládku v zmysle Zákona č. 329/2018 Z. z. o poplatkoch za uloženie odpadov²⁶, ktorý určuje sumu uloženia odpadu na skládke a zohľadňuje pri tom mieru vytriedenia, výrazne túto hodnotu ovplyvňuje aj spôsob zneškodnenia, či obcou zazmluvnená firma. Na tento fakt poukazujú ako hodnoty nami vykonaného rozboru uvádzané v tabuľke 1, tak aj viaceré štúdie^{27,28,29,30} a verejne dostupné zmluvy medzi obcou a firmou^{31,32,33} zabezpečujúcou zneškodnenie odpadu. Rozhodujúcim teda často nie je len fakt o samotnom disciplinovanom triedení obce, ale poplatok, ktorý zaplatí zazmluvnenej firme. Miera nákladov sa síce dá znížiť mierou triedenia, ale aby to bolo pre obce a jej občanov motivujúce, je podľa nášho názoru dôležité odlišiť väčšou čiastkou ako 22 €/t a zabezpečiť spravodlivé financovanie na strane domácností, ako aj efektívnu informačnú kampaň, ktorá je cielene zameraná na jednotlivé potreby občanov, či už v obciach, alebo mestách. Finančná analýza v sebe nesie dôležitú informáciu, ktorá s častí vyvracia fakt, že dôkladná separácia automaticky zaručuje nižšie náklady v obci za ZKO. Poukazuje na to aj skutočnosť, že Sady na Torysou v prípade akéhokoľvek dôkladného vytriedenia budú mať cenu za t odpadu stále na úrovni 118,80 €/t, pretože zneškodňujú svoj odpad spaľovaním podľa činnosti R1.

Jednou z možností zníženia množstva odpadu, ako aj zvýšenia separácie, je zavedenie množstevného zberu pre obce a vykonávanie rozborov triedenia odpadov v obciach a mestách, ktoré by malo byť súčasťou zefektívnenia odpadového manažmentu priamo v danom území. Ako vyplynulo zo štúdií^{29,30} práve množstevný zber by mohol byť riešením pre Slovensko v zefektívnení triedenia, ktoré znížilo aj produkciu zmesového odpadu v zahraničí. Obce by mohli motivovať občanov priamym znížením nákladov na základe vytriedenosti svojich odpadov, a teda nastavením percentuálneho podielu úľavy na poplatky za nakladanie s komunálnymi odpadmi. Zavedením SMART technológií ukladania a evidencie komunálneho odpadu pomocou QR, alebo čiarových kódov, tak ako to má obec Nižný Hrušov³⁶, prípadne obec Těšany v ČR.³⁷ V tomto prípade sa ako dôležité javí zamerať sa aj na monitorovanie vzniku nelegálnych skládok a odpadového turizmu, pretože s množstevným zberom môžu byť spojené práve spomenuté negatívne dôsledky v podobe zvyšovania odpadového turizmu a tvorby nelegálnych skládok.

Záver

Analýza zmesového komunálneho odpadu v obciach Sady nad Torysou, Jasenie a Klenovec spolu preukázala skutočnosť, že produkcia ZKO v obciach je vysoká a značná časť odpadu končí na skládkach bez predošlej úpravy. Na základe uvedených výsledkov možno v súčasnosti hypotézu o pripravenosti skúmaných lokalít na zníženie skládkovania vyvrátiť. Pri súčasnom trende triedenia komunálneho odpadu vieme predpokladať, že tento cieľ (dosiahnutie 10 % miery skládkovania) do roku 2030 nie je naplniteľný. Vo všetkých obciach rozbor poukazuje na skutočnosť, že vo výraznej miere je v zmesovom komunálnom odpade zastúpená komodita biologicky rozložiteľného odpadu, ktorý sa dá použiť ako vstupný materiál na kompostovanie. Vysoký podiel v obci Sady nad Torysou predstavovali aj komodity papier a lepenka

a ostatné plasty, ktoré vieme využiť ako cenné druhotné suroviny. Systematická analýza a dlhodobé sledovanie ZKO by mali byť neoddeliteľnou súčasťou pri rozhodovaní sa a plánovaní rozvoja odpadového hospodárstva na úrovni miest a obcí, nakoľko poskytujú reálny obraz stavu tvorby odpadov na danom území. Opakovaná analýza ZKO pomáha výrazne lepšie zvládnuť separáciu jednotlivých zložiek, na čo poukázali aj výsledky obce Jasenie, v ktorej už bol prevedený takýto rozbor.

Vysoká miera skládkovania odpadu sa pritom dá znížiť súčinnosťou opatrení zo strany štátu, obcí aj samotných občanov. Dosiahnuť to vieme zvýšením informovanosti verejnosti a prezentáciou výhod, ktoré im zo separácie odpadu vyplývajú a taktiež podporou vybudovania kompostární a zariadení na spracovanie BRO, vybudovaním zberných dvorov v obciach a zaradením pozitívnej motivácie pre občanov, ktorí odpad úspešne separujú a povinnosťou neskládkovať odpad bez jeho predošlej úpravy. Obce a mestá by mohli k vyššiemu záujmu občanov o separáciu prispieť zavedením diskusných fór na svojich webových stránkach a k nim prislúchajúcich chatov na sociálnych sieťach, kde by mohli prispievať svojimi nápadi. Takto by samosprávy vedeli lepšie identifikovať možné problémy svojich občanov v súvislosti s triedením a zberom odpadov a zároveň by bol využitý aj potenciál ich nápadov a zabezpečená lepšia vzájomná komunikácia v oblasti odpadového hospodárstva. Pozitívna motivácia by zo strany štátu mohla byť zabezpečená aj výrazne sa odlišujúcou sumou za efektívne triedenie a to nielen pri skládkovaní, ale aj pri spaľovaní podľa činnosti R1. Jednou z alternatív je aj možnosť zavedenia množstevného zberu odpadov. Kombináciou spomenutých opatrení by sa dala výrazne znížiť miera skládkovania a zabezpečiť tak plnenie reformného balíka týkajúceho sa skládkovania na úrovni 10 % a teda výrazného odklonenia sa Slovenska od skládkovania.

Pod'akovanie

Tento príspevok vznikol vďaka finančnej podpore MŠVVaŠ projektu KEGA 029UMB-4/2021.

Literatúra

1. Zákon č. 79/2015 Z. z. o odpadoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov (§80, odst. 1, 4 a 10). Zbierka zákonov 2015, čiastka 27/2015, str. 95-96.
2. Ústredie ŠÚ SR: <https://slovak.statistics.sk>, stiahnuté 16.09.2021.
3. Eurostat. Municipal waste statistics: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Municipal_waste_statistics, stiahnuté 16.09.2021.
4. MŽP SR: Program odpadového hospodárstva na roky 2021- 2025 (2020).
5. European Parliament : https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2017/599288/EPRS_BRI_%282017%29599288_EN.pdf, stiahnuté 28.08.2021.
6. Program hospodárskeho rozvoja a sociálneho rozvoja obce Sady nad Torysou 2016 – 2023 (2019).
7. URBI: Územný plán obce Sady nad Torysou (2015).
8. Hôrčiková M.: Obec Jasenie: Výročná správa za rok 2019 (2020).
9. Všeobecne záväzné nariadenie obce Jasenie č. 1/2018 o nakladaní s komunálnym odpadom (2018).
10. Dodatok č. 1 k Všeobecne záväznému nariadeniu obce Jasenie č. 1/2018 o nakladaní s komunálnym odpadom (2018).
11. E-PRO: Klenovec: Program hospodárskeho a sociálneho rozvoja 2021-2024 (2020).
12. Sady nad Torysou: Ohlásenia o vzniku odpadov a nakladaní s ním za rok 2020 (2020).
13. Štatistický úrad Slovenskej republiky: <http://www.statdat.statistics.sk>, stiahnuté 19.09.2021.
14. Klenovec: Ohlásenia o vzniku odpadov a nakladaní s ním za rok 2020 (2020).
15. JRK Slovensko: <https://www.menejodpadu.sk/analyza-v-obci-maly-cetin/>, stiahnuté 23.09.2021.
16. JRK Slovensko: <https://www.youtube.com/watch?v=uHKadhaZSPU>, stiahnuté 23.09.2021.

17. Maleš I., Lorencová D., Bednáriková K.: Analýza odpadového hospodárstva v 8 najväčších mestách Slovenska. Inštitút cirkulárnej ekonomiky, o.z., Bratislava 2020.
18. Adámová K., Nekyová J.: Študentská vedecká konferencia 2021, 14. apríl 2021, Banská Bystrica (Francisti J., Fodor K., ed.), str. 21. Fakulta prírodných vied, Univerzita Mateja Bela, Banská Bystrica 2021.
19. Piatrik M., Kollár V.: Integrovaná bezpečnosť prostredia / Integral safety of environs, 23 – 24. september 2016, Rajecká dolina, str. 174. STRIX, Žilina 2016.
20. Piatrik M.: Manažérstvo životného prostredia / Management of environment 2012, 19 – 20. november 2012, Bratislava, str. 58. STRIX, Žilina 2012.
21. Stejskal B.: WASTEFORUM 2009, 70 (2009).
22. Škodová A., Hejátková K.: Odpadové fórum 13, 10 (2012).
23. Houdek Ch.: <https://www.austria.sk/index/blog-1793-Vieden-zlucuje-kontajnery-na-triedeny-odpad.ht>, stiahnuté 23.09.2021.
24. Commission, European. Capital factsheet on separate collection . Vienna/Austria : Bipro, 2015. 070201/ENV/2014/691401/SFRA/A2 (2015).
25. Moffat C.: <https://www.insidewaste.com.au/index.php/2020/07/23/how-amsterdam-is-future-proofing-its-waste-management/>, stiahnuté 23.09.2021.
26. Zákon č. 329/2018 Z. z. o poplatkoch za uloženie (Príloha č. 2).
27. Sadovská E.: ODPADYPORTAL 2020, 6 (2020).
28. Chorvátsky Grob: <https://www.chorvatskygrob.sk/--10067-ake-su-poplatky-za-komunalny-odpad-v-okolitych-obciach-na-porovnanie--oznam/mid/449274/.html>, stiahnuté 03.03.2022.
29. Slučiaková S.: Spravodlivé odpady. MŽP, Bratislava 2020.
30. Stričík M., Bačová M., Čonková M., Krčák B. : *Udržateľné nakladanie s komunálnym odpadom*. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Ostrava 2019.
31. Mesto Hnúšťa: Dodatok č.1 ku zmluve o zneškodňovaní odpadu č.291201 (2021).
32. Obec Koplastovce: Dodatok č.5 ku zmluve 1020542013 o zneškodňovaní odpadu (2021).
33. Obec Jasenie: Zmluva o odvoze komunálneho odpadu (2020).
34. Allers A.M., Hoeben C. Environ Resource Econ 2010, 45 (2010).
35. Usui T.: Ekological Economic 2013,66 (2013).
36. Nižný Hrušov: <https://www.niznyhrusov.sk/uvod-23/aktuality/modernizujeme-odpadove-hospodarstvo-v-obci-nizny-hrusov-1422sk.html>, stiahnuté 03.03.2022.
37. Zoborovský M: https://npmodmus.zmos.sk/download_file_f.php?id=1099152, stiahnuté 03.03.2022.

Communal waste production assessment in selected municipalities of Slovakia

Janka ŠEVČÍKOVÁ^a, Jana NEKYOVÁ^b, Pavol MIDULA^{a,c}, Marek DRÍMAL^a, Nikola BENKOVÁ^a

^aDepartment of Environmental Management, Faculty of Natural Sciences, Matej Bel University, Tajovského 55, 974 01 Banská Bystrica, Slovakia;
e-mail: janka.sevcikova@umb.sk

^bEnvi-CARE GR s.r.o. Tolstého 5, Bratislava; Slovakia

^cUniversity of Jan Evangelista Purkyně, Center for Advanced Separation Techniques, Pasteurova 1, 400 01, Ústí nad Labem, Czech Republic, Centrum pokročilých separačných technik, Pasteurova 1, 400 01, Ústí nad Labem; Czech Republic

Summary

The article is mainly focused on production of communal waste in urban areas of 3 municipalities: Jasenie, Sady nad Torysou, and Klenovec (all situated in Slovakia). The communal waste assessment was realized according to the law of Ministry of Environment of the Slovak Republic, Call N°1/2020 from 29th July 2020 about the methods of communal waste evaluation. Based on the presented complex assessment, it is possible to evaluate the composition of communal waste, which supports the understanding of waste management in selected municipalities. In selected cases, the specifications were diversified between the two categories: individual housing construction, and complex housing construction. In total, 884.71 kg of communal waste was collected, while the biggest amount (387.70 kg) was situated in Klenovec. Compostable biodegradable waste represented the highest percentage (34.71% in Sady nad Torysou, 48.80 % and 44.07 % in Klenovec), with the exception of the municipality Jasenie, where the highest percentage was represented by the non-separable waste components (31.02%). The obtained data presents the base material for studies of communal waste annual production, and financial costs needed for transport and dumping. With the application of appropriate separation, Sady nad Torysou could eliminate its annual financial costs for waste disposal by 26 811.98 €, the municipality of Jasenie would reduce its costs by 6 184.81 € and the municipality of Klenovec by 52 579.27 €. This study also presents an overview of suggested arrangements to improve and cost-reduce processes in the waste management at selected areas.

Keywords: mixed municipal waste, biodegradable waste, separate collection of waste, waste production, waste analysis

Výskum materiálového zhodnocovania komunálneho odpadu technológiou briketovania

Peter KRÍŽAN, Ľubomír ŠOOŠ, Ľudovít KOLLÁTH

Ústav výrobných systémov, environmentálnej techniky a manažmentu kvality,
Strojnícka fakulta STU v Bratislave, Nám. Slobody 17, 81231, Bratislava, SR.
E-mail: peter.krizan@stuba.sk

Abstrakt

Cieľom predkladaného príspevku je prezentovať možnosti mechanickej úpravy pre potreby materiálového zhodnocovania komunálnych odpadov a výsledky experimentálneho výskumu briketovania komunálneho odpadu. Cieľom daného výskumu je stanoviť vplyv materiálového zloženia a vplyv spôsobu lisovania na kvalitu tuhých biopalív. Merania sa realizovali s využitím mechanického a hydraulického briketovacieho lisu pri briketovaní komunálneho odpadu. Získané výsledky poukazujú na vhodnosť použitia mechanického princípu briketovania v porovnaní s hydraulickým princípom. Z pohľadu hodnôt hustôt brikiet sa najviac osvedčilo primiešať do komunálneho odpadu podrvený kartónový papier. Taktiež vplyvom pridania odpadových drevných pilín, hustota brikiet narástla. Tieto biologické aditíva prispeli aj k lepšiemu previazaniu materiálových zložiek a k vytvoreniu kompaktného tvaru brikiet. Autori tiež v príspevku prezentujú nutnosť znalostí vplyvu konštrukcie stroja na výslednú kvalitu brikiet.

Kľúčové slová: briketovanie, komunálny odpad, hustota brikiet, pevnosť brikiet, mechanická úprava

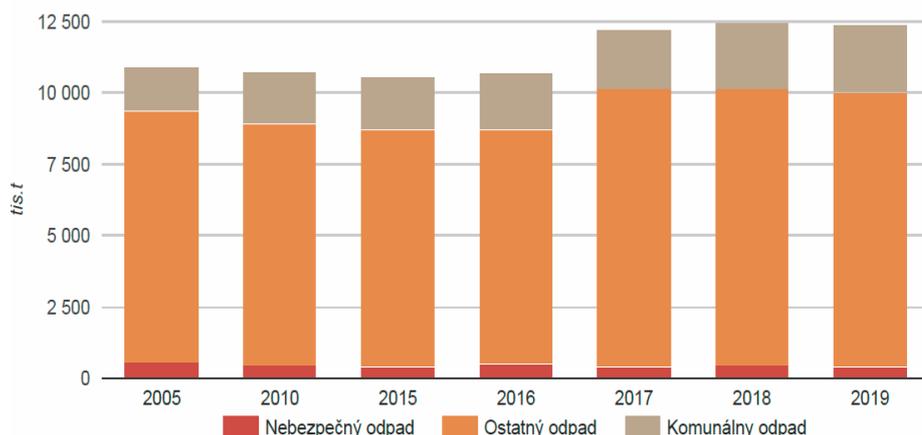
Úvod

Hlavným cieľom odpadového hospodárstva SR do roku 2020 bola, (a naďalej je) minimalizácia negatívnych účinkov vzniku a nakladania s odpadmi na zdravie ľudí a životné prostredie¹. Pre dosiahnutie stanovených cieľov bude nevyhnuté zásadnejšie presadzovanie a dodržiavanie záväznej hierarchie odpadového hospodárstva za účelom zvýšenia recyklácie odpadov predovšetkým pre oblasť komunálnych odpadov a stavebných odpadov a odpadov z demolácií v súlade s požiadavkami rámcovej smernice 2008/98/ES o odpade². Veľkou výzvou odpadového hospodárstva v SR je zastaviť nárast vzniku odpadov a hlavne znížiť vysoký podiel skládkovania odpadov.

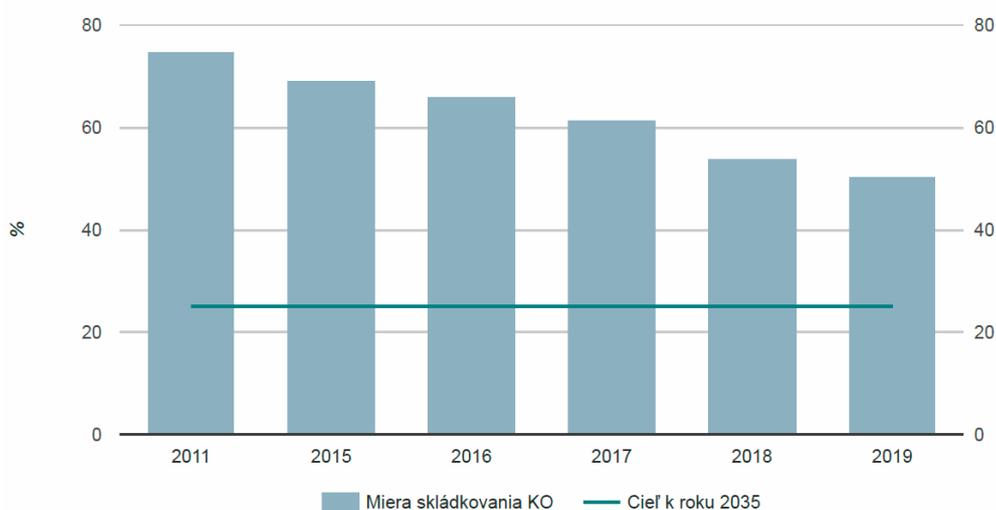
V SR vzniklo v roku 2019 spolu **12 407 669** ton odpadov¹. V porovnaní s rokom 2018 predstavuje medziročný pokles celkového vzniku odpadov v roku 2018 o 0,5 %. K poklesu došlo v kategóriách ostatný a nebezpečný odpad. V roku 2019 vzniklo v SR 2 369 725 ton komunálnych odpadov, čo predstavuje 434 kg komunálneho odpadu na obyvateľa. V porovnaní s rokom 2018 to predstavuje nárast o 7 kg komunálneho odpadu na obyvateľa. V porovnaní s krajinami EÚ patrí SR medzi krajinami s nižšou produkciou komunálneho odpadu na obyvateľa a je pod priemernou úrovňou EÚ-27, ktorého hodnota je 486 kg¹.

Produkcia komunálneho odpadu (KO) od roku 2005 vzrástla o 52,1 %, vid' obrázok 1. Hlavné ciele v komunálnej sfére sa zatiaľ nedarí plniť. Na nízkej úrovni je recyklácia komunálnych odpadov a cieľ zvýšiť recykláciu komunálnych odpadov na 50 % do roku 2020 sa žiaľ nepodarilo naplniť. Ako neuspokojivú možno hodnotiť aj oblasť triedeného zberu a zhodnocovania biologicky rozložiteľných komunálnych odpadov.

Dominantnou činnosťou nakladania s KO bolo skládkovanie odpadov. Podiel skládkovaných komunálnych odpadov na celkovom nakladaní bol 50,6 %, čo predstavuje medziročný pokles o 3,2 %, vid' obrázok 2. **Recyklácia** komunálnych odpadov dosiahla v roku 2019 úroveň 40,3 %. Cieľom **Envirostratégie 2030** je do roku 2030 zvýšiť mieru recyklácie komunálneho odpadu, vrátane jeho prípravy na opätovné použitie, na 60 % a do roku 2035 znížiť mieru jeho skládkovania na menej ako 25 %³, vid' obrázok 2 a 3. Na obrázku 4 je možné vidieť vývoj množstva komunálneho odpadu podľa spôsobu nakladania. Vidíme, že SR má stále potenciál zhodnocovať a nakladať s komunálnym odpadom žiadanými spôsobmi, ktoré by boli v súlade s požiadavkami rámcovej smernice 2008/98/ES o odpade a cieľom Envirostratégie 2030^{2,3}.



Obrázok 1: Vývoj vzniku odpadov v SR¹

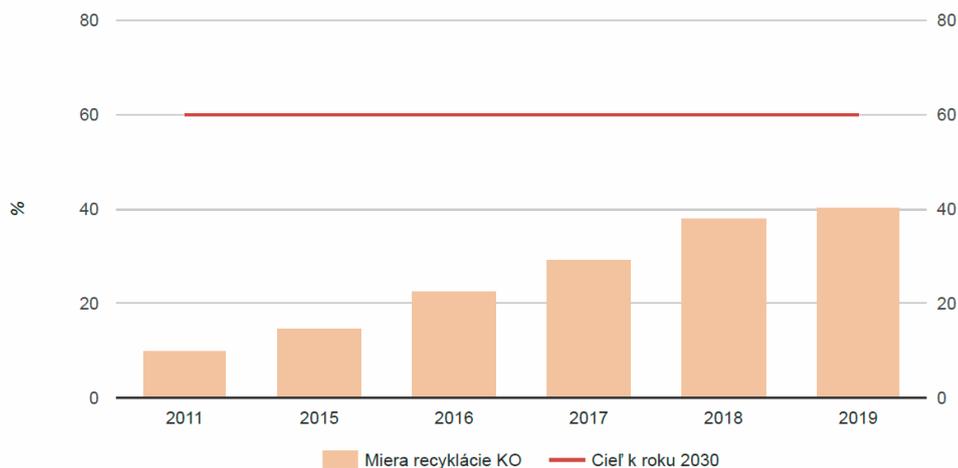


Obrázok 2: Vývoj miery skládkovania komunálneho odpadu v SR¹

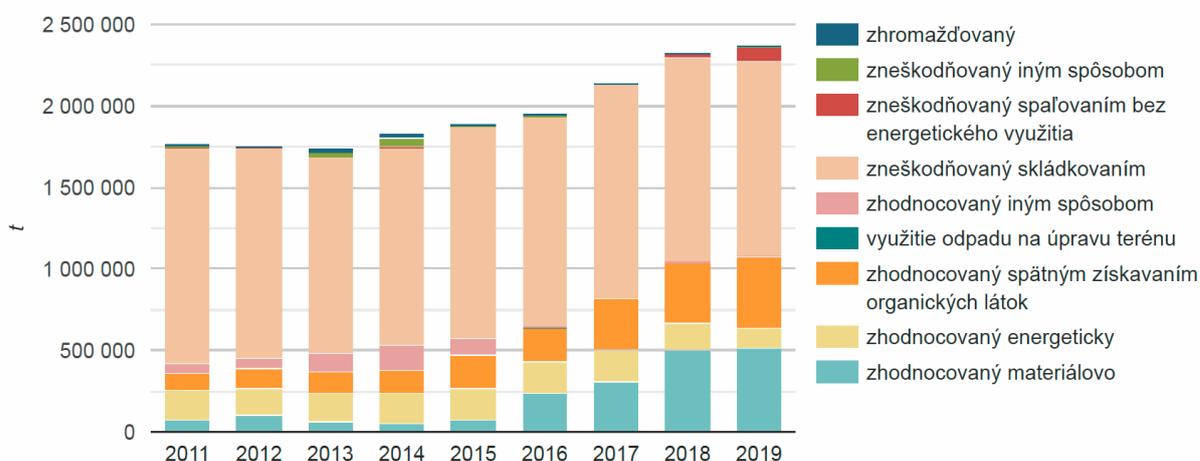
Nárast materiálového zhodnocovania komunálneho odpadu je badať, avšak stále nedosahujeme žiadané objemy zhodnocovania. Súvisí to hlavne so zložením komunálneho odpadu a so stupňom a úrovňou triedenia jednotlivých zložiek komunálneho odpadu.

V súčasnosti platí v SR povinnosť pre obec zaviesť a zabezpečiť vykonávanie triedeného zberu pre **triedený zber „klasických zložiek“ KO**, t. j. papier a lepenka, sklo, plasty a kovy a biologicky rozložiteľné komunálne odpady (BRKO) okrem tých, ktorých pôvodcom je prevádzkovateľ kuchyne. Triedený zber KO je hodnotený **ako nedostatočný** a v zmysle požiadaviek rámcovej smernice o odpade v súvislosti s cieľom dosiahnuť **úroveň recyklácie KO 50 %** je potrebné účinnosť zberu zvýšiť, pričom je potrebné zabezpečiť aj zber biologicky rozložiteľného kuchynského odpadu, jedlého oleja a tukov, dreva, elektroodpadu použitých batérií a akumulátorov, textilu a šatstva.

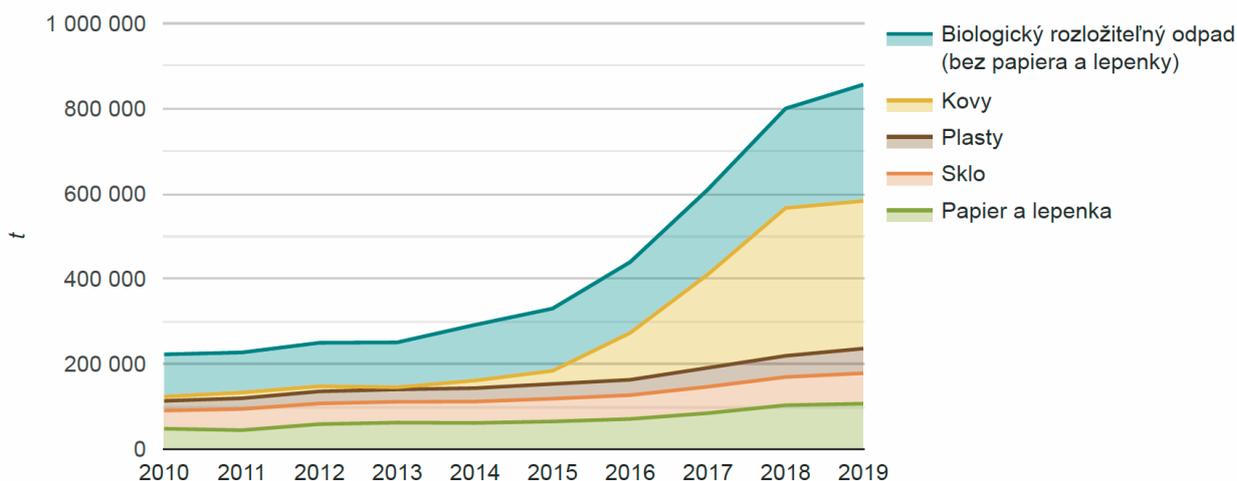
Z dlhodobého sledovania triedeného zberu KO možno pozorovať **mierne stúpajúci trend množstva vytriedených zložiek KO (obrázok 5)**, z hľadiska záväzkov SR v oblasti prípravy na opätovné použitie a recykláciu odpadu však bude potrebné triedený zber výraznejšie zintenzívniť. Podobne ako pri ostatných triedených zložkách KO, bude potrebné efektívnosť triedeného zberu komunálnych bioodpadov výrazne intenzifikovať za účelom dosiahnutia cieľov v oblasti znižovania množstva bioodpadov (BRKO) zneškodňovaných skládkovaním. Celkové množstvo odpadov z obalov má samozrejme tiež narastajúci charakter. Množstvo materiálového zhodnoteného odpadu z obalov narástlo zo 45,21 % v roku 2005 na 66,60 % v roku 2018, čím sa plní cieľ recyklovať aspoň 65% hmotnosti všetkých odpadov z obalov do roku 2025. V prípade konkrétnych materiálov sú minimálne stanovené ciele recyklácie do roku 2025 u väčšiny z nich plnené už v súčasnosti.



Obrázok 3: Vývoj miery recyklácie komunálneho odpadu v SR ¹



Obrázok 4: Vývoj množstva komunálneho odpadu podľa spôsobu nakladania v SR ¹



Obrázok 5: Vývoj triedeného zberu zložiek komunálnych odpadov v SR ¹

Jedným z možných riešení pre zvýšenie nakladania s komunálnym odpadom, zároveň zníženie miery skládkovania komunálnych odpadov a zároveň zvýšenie recyklácie niektorých zložiek odpadov z obalov je úprava komunálneho odpadu s jeho následným energetickým zhodnocovaním. Štatistické informácie uvedené vyššie poukazujú na potenciál a možnosti v oblasti zhodnocovania komunálnych odpadov. Aj keď postupne narastá miera materiálového zhodnocovania komunálnych odpadov (obrázok 4) stále sú tieto

hodnoty nedostatočné v porovnaní s mierou skládkovaním odpadov. Faktom je, že Zákon o odpadoch preferuje materiálové zhodnotenie odpadov, ktoré si vyžaduje dôkladný separovaný zber a ďalšie triedenie odpadov. Množstvá triedených zložiek komunálnych odpadov sú však podľa ¹ (obrázok 5) tiež naklonené pre zvýšenie miery materiálového zhodnocovania komunálnych odpadov. Ľahšie separovateľnejšie zložky KO (kovy, plasty, sklo) sú samostatné využiteľné. Zvyšné zložky triedených komunálnych odpadov sú vhodné pre materiálu úpravu s následným energetickým zhodnocovaním. Na základe vyššie uvedeného máme za to, že materiálové zhodnocovanie komunálnych odpadov má vysoký potenciál a možnosti. Je možné konštatovať, že v rámci komunálnych odpadov je možné využiť dostatočné objemy použiteľných zložiek pre tieto účely. Jedná sa hlavne o papier, lepenku, BRKO, drevo, kartónový papier, plasty (v určitej miere), textil, v rôznych kombináciách a percentuálnych objemoch jednotlivých zložiek.

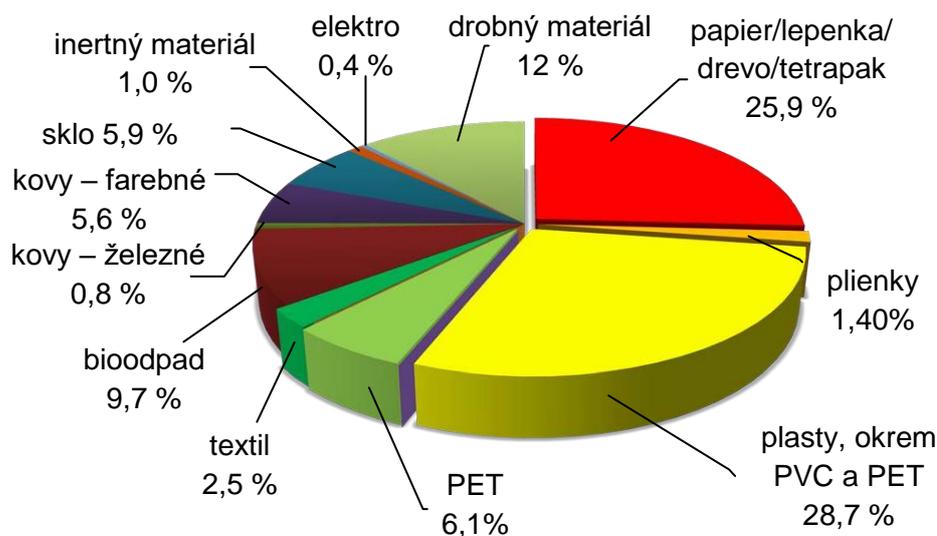
Stratégie odpadového hospodárstva v Európskej únii uvažujú s vyššou mierou mechanicko-biologickej úpravy KO do formy tuhého zhodnoteného paliva ⁴. V oblasti zhodnocovania tuhých komunálnych odpadov sa zaviedlo vo vedecko-výskumných prácach používanie viacerých pojmov. RDF (Refuse Derived Fuel), SRF (Solid Recovered Fuel) ^{4,5}, REF (Recovered Energy Fuel), PDF (Packaging Derived Fuel), PPF (Paper and Plastic Fraction) alebo PEF (Processed Engineered Fuel) ^{6,7}. Tieto termíny vyjadrujú rôzne typy alternatívnych palív, ktoré je možné získať spracovaním tuhých komunálnych odpadov. Najčastejšie používanými pojmami sú RDF a SRF. V prípade RDF sa jedná o bližšie nešpecifikovaný odpad po základnej úprave pre zvýšenie výhrevnosti, a preto sa v podstate jedná o vytriedené spáliteľné zložky KO ⁶. Pojem SRF definuje palivo z odpadu s definovanými kvalitatívnymi vlastnosťami a s určitým stupňom energetických vlastností ⁷. Existuje viacero dostupných a využiteľných technológií WTE (waste-to-energy) pre premenu spáliteľných zložiek komunálnych odpadov na užitočné teplo alebo elektrickú energiu – spaľovanie, splyňovanie a pyrolýza ⁸. Elektrárne pre spaľovanie TKO možno z pohľadu modulárnosti a mobilnosti klasifikovať do troch kategórií: systémy hromadného spaľovania, modulárne systémy a palivové systémy odpadu RDF (refuse derived fuel) ⁴. V zariadeniach na hromadné spaľovanie sa TKO netriedi pred tým, ako sa privedie do spaľovacej pece. V modulárnom systéme sa používa aj nespracovaný TKO a zariadenie je možné ľahko premiestniť z jedného miesta na druhé, pretože je malé a prenosné. V palivovom systéme RDF je spaľovaný TKO, ktorý je zložený z triedených a drvených zložiek KO s prímесou malého objemu niektorých nehorľavých materiálov. Energetické zhodnocovanie upravených KO (triedených a drevených) má viacero výhod. Spálenie 1 tony KO v moderných systémoch WTE dokážu vyprodukovať v čistom 650 kWh elektrickej energie ⁴. Palivo pre takéto zariadenia je dostupné, keďže sú tieto zariadenia koncentrované na územiach s vyššou populáciou. Náklady pre dopravu paliva sú nižšie v porovnaní so systémami na fosílné palivá. Pre energetické zhodnocovanie sa však využívajú aj technológie splyňovania a pyrolýzy ^{9,10}. Všetky technológie však majú spoločné, že množstvo získanej energie zo zhodnocovania KO je závislé od kvality tuhého paliva ^{11,12}. Z uvedeného dôvodu je nutnou súčasťou mechanická úprava komunálnych odpadov pred ich energetickým zhodnocovaním. Ako vhodným riešením sa javí použitie technológií triedenia, drvenia a briketovania. Mechanická úprava komunálnych odpadov a recyklovaných plastových odpadov bola použitá vo vedeckej štúdii ^{4,8} pre potreby experimentálneho stanovenia energetických a mechanických vlastností palív z materiálových zmesí. Pri výskume vlastností palív z materiálových zmesí na báze komunálnych a poľnohospodárskych odpadov ^{5,12} tiež využili technológiu drvenia pre zmenšenie frakcie a briketovania pre zhutnenie zmesí do kompaktných celkov. Na základe poznatkov sa pri dezintegrácii komunálneho odpadu osvedčilo použitie nožového mlynu alebo valcového drviča ^{5,11}. Technológia briketovania bola autormi ⁶ uvedená ako základná a nutná podmienka pre výrobu RDF paliva z komunálnych odpadov, čím významne prispieva k zníženiu miery skládkovania komunálnych odpadov. Ako vhodná technológia sa osvedčilo briketovanie s využitím mechanického briketovacieho lisu. Výskum možností energetického zhodnocovania zmesí na báze biomasy a plastových zložiek komunálneho odpadu predpokladá a uvažuje s mechanickou úpravou materiálových zmesí (triedenie, drvenie, miešanie) a výrobou tuhých kompaktných celkov vhodných pre efektívne spaľovanie ^{7,13}.

Cieľom tohto príspevku je experimentálne overiť použitie technológie briketovania pre zhutňovanie komunálneho odpadu definovaného zloženia, výskum vplyvu biologických prímесí na mechanické vlastnosti a tvar vyrobených brikiet. Zadanie vzniklo v praxi od prevádzkovateľa technológie plazmového splyňovania komunálnych odpadov, so zámerom zlepšiť vlastnosti vstupného paliva. Najväčším problémom sa javila nekompaktnosť a nesúdržnosť komunálneho odpadu, čo spôsobuje zákazníkovi

problémy v dopravných systémoch technológie. Zámerom riešiteľského kolektívu bolo realizovať experimentálne overenie a zaoberať sa efektívnou mechanickou úpravou komunálnych odpadov prostredníctvom technológií dezintegrácie a zhutňovania. Očakávaným výstupom pre zákazníka je tiež návrh koncepcie mechanickej úpravy komunálneho odpadu do formy tuhých kompaktných celkov – brikiet. Cieľom tohto príspevku je teda prezentovať postup mechanickej úpravy komunálneho odpadu a výsledky výskumu mechanických vlastností vyrobených brikiet z KO v závislosti od použitej technológie briketovania a materiálového zloženia KO.

Použitý materiál a technológie

Experimentálny rozbor komunálneho odpadu sme realizovali v spolupráci so zadávateľom úlohy, v priestoroch spracovateľskej spoločnosti. Počas experimentu bola separácia jednotlivých zložiek komunálneho odpadu uskutočňovaná ručne, a teda bolo možné zodpovedne vyseparovať nasledovné zložky: papier (do tejto skupiny sa započítala aj lepenka, drevo a tetrapack), plienky, plasty okrem PVC, PET, guma a pryže, textil, bioodpad, kovy (železné), kovy (farebné), sklo, inertný odpad, elektro odpad, nebezpečný odpad, drobný materiál. Spolu bolo v priebehu roka vyseparovaných 638,24 kg komunálneho odpadu. Zloženie komunálneho odpadu je z veľkej časti závislé od faktoru ročného obdobia a tiež od lokality jeho vzniku. Skladba komunálneho odpadu môže byť diametrálne rozdielna v letnom období, kedy je viac biologického odpadu zo záhrad, parkov, ulíc ako v zimnom období. Práve z tohto dôvodu bolo potrebné urobiť podrobnú analýzu skladby, t.j. rozbor komunálneho odpadu. Experiment bol uskutočnený opakovane v priebehu celého roka a priemerné hodnoty jednotlivých zložiek komunálneho odpadu sú uvedené na obrázku 6.



Obrázok 6: Objemový pomer zložiek komunálneho odpadu

Na základe vykonanej analýzy zložiek komunálneho odpadu je možné konštatovať, že tuhý komunálny odpad má široké spektrum zloženia a to aj z pohľadu druhov, ale tiež z pohľadu veľkosti frakcie. Skladá sa z dvoch základných skupín: organických látok (horľavých materiálov) a anorganických látok (nehorľavých materiálov). Veľkosť častíc sa pohybuje od prachu až po vyššie objemy (vyradený nábytok alebo spotrebiče). Nasledovala nutná mechanická úprava.

Z dôvodu zabezpečenia realizácie experimentálneho výskumu bola ďalšia etapa (výskum zhutňovania komunálneho odpadu briketovaním) realizovaná v laboratórnych priestoroch našej fakulty. Keďže požiadavka mechanickej úpravy vznikla z dôvodu efektívnejšej manipulácie s KO (vo forme zhutnených brikiet), zabezpečenia zakonzervovania a zastavenia degradačných (hnilobných) procesov materiálu, výhľadovo efektívnejšieho spôsobu prípadného plazmového splyňovania^{8,12}, bolo nutné experimentálne overenie dôkladne naplánovať a vypracovať metodiku realizácie meraní. Ako bolo vyššie uvedené, pred samotným briketovaním boli odseparované nespáliteľné zložky KO ručne. Taktiež aj

zložky KO, ktoré by počas lisovania mohli spôsobiť rýchle opotrebovanie alebo dokonca deštrukciu lisovacej komory (kovy a sklo). Na nasledujúcom obrázku 7 je možné vidieť schematicky proces spracovania komunálneho odpadu. Komunálny odpad je nutné podviesť na menšie frakcie vhodné pre briketovanie. Po mechanickej úprave je možné komunálny odpad podrobiť skúške briketovania, jednak ako samostatnú materiálovú frakciu, ale aj s pridaním vybraných druhov biologických odpadov.



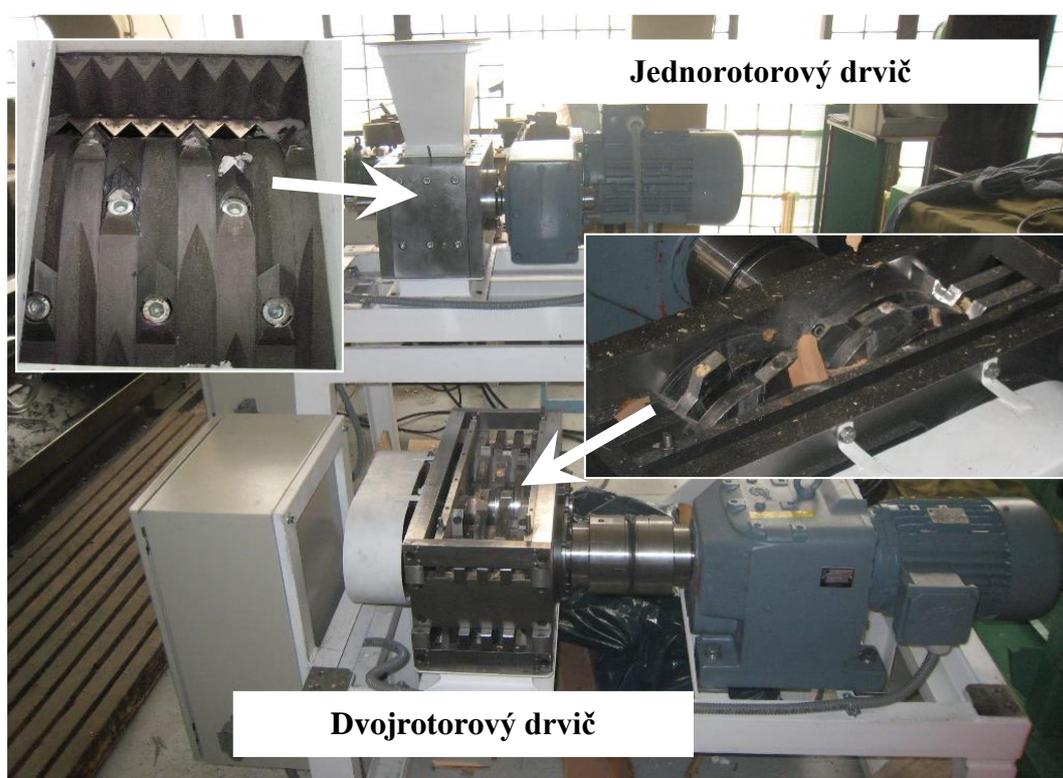
Obrázok 7: Schematická ilustrácia spracovania komunálneho odpadu

Pred briketovaním bol komunálny odpad mechanicke upravnený (obrázok 7), pretože jeho rozmery a vlhkosť sa javili ako nevhodné pre briketovanie. Spracovateľská spoločnosť dodala komunálny odpad priamo zo skládky - to znamená mokrý, špinavý a heterogénny odpad. Vlhkosť vzoriek komunálneho odpadu bola zameraná digitálnym odporovým vlhkomerom GMH 3830 s meracou sondou. Počiatočná (priemerná) hodnota vlhkosti dodaného komunálneho odpadu bola 65,3 %. Základnou požiadavkou bolo KO upraviť, t.z. upraviť vlhkosť (napr. sušením) a upraviť veľkosť frakcie pomocou dezintegrácie. Oba tieto parametre patria do skupiny parametrov, ktoré majú veľký vplyv na proces briketovania^{4,5}. Nezáleží na tom, aký typ materiálu chceme zhutniť, musíme monitorovať obsah vlhkosti, veľkosť frakcií, teplotu lisovania a lisovací tlak. Ale teplota lisovania a lisovací tlak súvisia s typom briketovacieho stroja. Čím rôznorodejší materiál, tým sa kladú vyššie požiadavky na mechanicke úpravu materiálu pre zhutnením.

Veľkosť frakcie má pri briketovacom procese veľmi veľký vplyv. Čím hrubšia frakcia, tým väčšia lisovacia sila je potrebná na briketovanie. Briketa má nižšiu homogenitu a stabilitu. S rastúcou veľkosťou frakcií sa väzobné sily vo vnútri materiálu znižujú, čo ovplyvňuje rýchlejší rozpad brikety. Zväčšenie veľkosti frakcie zvyšuje lisovací tlak a znižuje kvalitu brikiet. Zvyčajne sa na zmešovanie rozmerov používa kombinácia jednorotorového valcového drviča s dvojrotorovým valcovým drvičom^{4,11}. Princíp procesu mechanickeho zmešovania veľkosti je veľmi jednoduchý. Rezné klíny nástrojov uložené na jednom rotore sa otáčajú proti rezným klinom nástrojov druhého rotora. Nástroje prostredníctvom rezných klinov zachytávajú materiál. Produktivita dezintegračných strojov závisí od rozmerov stroja, rýchlosti otáčania, veľkosti a tvaru vstupnej frakcie.

V prípade materiálu homogénneho biologického zloženia (biomasa), je menšia veľkosť frakcie tiež výhodná pre proces sušenia. Proces sušenia končí rýchlejšie a dosahuje sa lepšia kvalita sušenia, pretože menšia frakcia materiálu sa rýchlejšie zbaví vody. Keď je obsah vlhkosti materiálu veľmi vysoký, odparenie prebytočnej vody roztrhne briketu na kúsky. Ak je obsah vlhkosti materiálu veľmi nízky, mali by sa použiť na zvýšenie kvality brikiet vyššie tlaky a to je veľmi drahé a nevhodné. V prípade zhutňovania komunálneho odpadu je lisovanie materiálu s vyššou vlhkosťou dokonca nerealizovateľné. V rámci nášho experimentálneho výskumu sme nepoužili pre sušenie žiadnu konkrétnu technológiu na to určenú, pretože ňou nedisponujeme. Realizovali sme teda kontinuálne sušenie voľne uloženého KO, vo vykurovanej budove pod strechou a bez prístupu zvýšenej atmosférickej vlhkosti. Po 20-tich dňoch sušenia a každodenného prevzdušňovania, sme dosiahli 40 %-ný pokles obsahu vlhkosti komunálneho odpadu v porovnaní s počiatočným stavom. Takto pripravený komunálny odpad sme podrobili dezintegrácii.

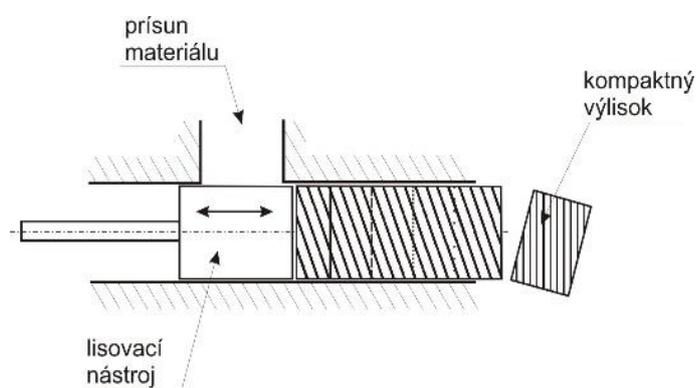
Proces dezintegrácie pozostával z viacerých etáp. V prvej etape, sme na drvenie dodaného komunálneho odpadu použili rýchlobežný nožový drvič DP 18,5-350/430 spoločnosti Profing, a.s. Tento nožový drvič je určený na objemové drvenie rozmernejších kusov z plastu, gumeny a iných materiálov ako napríklad odrezky z dreva, textil, papier, elektro šrot, elektro káble, polystyrén, EPS, PET fľaše, PE- fólie, mikroténové fólie a pod. Parametre nožového drviča sú: príkon motora 18,5 kW, priemer rotora 350 mm, dĺžka rotora (nožov) 430 mm, počet nožov – rotačné 3/pevné 2. Sito použité pre drvenie malo štvorcové otvory rozmeru 20x20 mm. Z dôvodu potreby zmenšenia frakcie, keďže požiadavka na briketovanie bola frakcie s najväčším rozmerom 10 mm, sme realizovali jemnú dezintegráciu v dvoj-rotorovom valcovom drviči. Pre zmenšenie frakcie komunálneho odpadu sme použili laboratórny rotorový drvič vyvinutého na našom pracovisku (obrázok 8). Tu je vidieť 2-stupňová modifikácia používaná pre zjemnenie frakcie rôznych druhov biomasy. Pre potreby drvenia komunálneho odpadu sme použili iba dvojrotorový valcový drvič, ktorého príkon je 4,3 kW a bol osadený sitom s kruhovými otvormi \varnothing 10 mm. Podrvená vzorka komunálneho odpadu bola opätovne podrobená stanoveniu vlhkosti, keďže aj drvením sa každej vzorky znižuje obsah vlhkosti. Hodnota vlhkosti dezintegrovannej vzorky komunálneho odpadu klesla na hodnotu 13,4 %.



Obrázok 8: Zmenšenie frakcie komunálneho odpadu pomocou drvičov ¹⁴

Keďže komunálny odpad je zmesou rôznych druhov odpadov, hlavne nebiologických, pre úspešné zabezpečenie briketovania je vhodné pridať do vzorky percento materiálov s určitým obsahom lignínu (prírodného lepidla). Na základe našich poznatkov a skúseností z praxe, lepšie zhutnenie materiálov briketovaním je možné dosiahnuť zvýšením lisovacej teploty (ak má vplyv na materiálové zložky), zvýšením lisovacieho tlaku (zväčšujeme pôsobiacu silu a tým vzniknú pevnejšie väzby medzi materiálovými časticami) a úpravou silových pomerov v lisovacej komore. Toto je možné realizovať primiešaním iných druhov materiálov, ktoré napomáhajú k tvorbe väzieb, alebo zmenou geometrie lisovacej komory. Pre potreby briketovania máme v našich laboratórnych priestoroch k dispozícii mechanický briketovací lis BL 50-250 s príkonom 17,5 kW (obrázok 9), ktorý umožňuje vyrábať brikety s priemerom \varnothing 50 mm. Súčasťou stroja je kalibračný chladiaci kanál, na ktorého konci je osadený deliaci stôl. Jeho úlohou je deliť brikety na rovnaké dĺžky pomocou lámania. Základom tohto lisu je kľukový mechanizmus, ktorý vyvodzuje lisovaciu silu prostredníctvom lisovacieho piestu na materiál v otvorenej lisovacej komore. Keďže je to definovaná kinematická konštrukcia, zmena (napr. zvýšenie) lisovacej sily

nie je možná. V takýchto prípadoch prichádza do úvahy jedine úprava geometrie lisovacej komory alebo lisovanie rôznych materiálových zmesí podporujúcich tvorbu väzieb medzi materiálovými časticami. Briketovací lis tejto konfigurácie je priamo určený pre zhutňovanie biologických materiálov do brikiet. Pre overenie použiteľnosti daného briketovacieho lisu sme realizovali skúšky lisovateľnosti komunálneho odpadu pri dostupnej konfigurácii mechanického briketovacieho lisu. Skúšky briketovania čistého (bez prímiesí) podrveného komunálneho odpadu boli najprv realizované na troch rôznych lisovacích hubiciach vyvinutých na briketovanie drevného odpadu. Brikety neboli kompaktné a rozpadávali sa, nebolo možné stanoviť ich mechanické parametre. Na hubiciach s danými konštrukčnými rozmermi nebolo možné dosiahnuť potrebný lisovací tlak pre tvorbu väzieb medzi materiálovými časticami komunálneho odpadu. Aby sme predišli negatívnemu výsledku aj pri lisovaní miešaných materiálov, navrhli a zhotovili sme novú lisovaciu hubicu (obrázok 10). V podstate sa jednalo o predĺženie lisovacej komory o 700 mm, čím sme docielili zvýšenie trecích síl. Efektom je zväčšenie protitlaku na lisovaný materiál. Výstupný priemer komory zostal nezmenený. Briketovanie s použitím upravenej hubice bolo úspešné a vyrobené brikety z komunálneho odpadu boli kompaktné (obrázok 10).



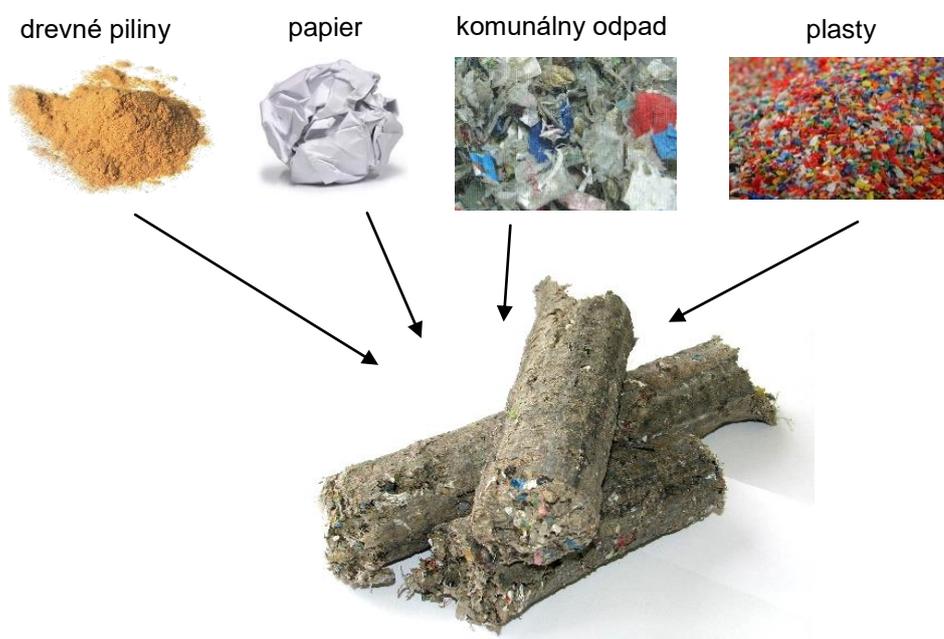
Obrázok 9: Princíp otvorenej lisovacej komory a mechanický kľukový BL ⁸



Obrázok 10: Nová briketovacia hubica (vpravo) a vyrobená briketa (vpravo)

Z dôvodu overenia použitia rôznych typov prímiesí a ich vplyvu na mechanické vlastnosti brikiet sme sa rozhodli pripraviť rôzne materiálové zmesi. Rozhodli sme sa použiť odpad z dreva a kartónový papier, a teda pridávať ho do plastového a komunálneho odpadu. Tieto materiály obsahujú lignín a pomáhajú k lepšiemu previazaniu častíc materiálu v brikete. Lignín tiež pôsobí ako stabilizačný faktor. Vyššia koncentrácia lignínu zaručuje lepšiu pevnosť brikiet. Vysoká lisovacia teplota je potrebná aj na plastifikáciu plastov a komunálnych odpadov. Zvýšenú teplotu v procese lisovania je možné dosiahnuť použitím dodatočného výhrevného zariadenia alebo zvýšeným trením. V každom prípade je to element, ktorý môže zvýšiť kvalitatívne parametre finálnych brikiet. Na základe požiadaviek zákazníka sme tiež realizovali pokus aj s prídavkom cementu. Aj na základe tohto faktu, aj na základe požiadaviek plynúcich zo zadania, sme namiešali 7 rôznych materiálových zmesí (obrázok 11), ktoré sme podrobili briketovaniu. Pri dvoch materiálových zmesiach sme použili pre briketovanie aj hydraulický lis (obrázok 12). Počas spolupráce zo zadávateľom vznikla požiadavka porovnania rôznych spôsobov

briketovania. Preto sme zvolili mechanický briketovací lis a hydraulický briketovací lis BrikStar 200 s príkonom 16 kW. Napriek rôznorodosti konštrukcií zhutňovacích strojov, v zásade existujú iba 2 základné spôsoby zhutňovania resp. lisovania. Rozoznávame zhutňovanie v tzv. uzatvorenej (obrázok 12) a v otvorenej lisovacej komore (obrázok 9). Preto sme zvolili mechanický kľukový lis, ako typický predstaviteľ lisovania v otvorenej lisovacej komore a hydraulický lis, ako typický predstaviteľ lisovania v uzatvorenej lisovacej komore. Princíp zhutňovania v uzatvorenej lisovacej komore je založený na lisovaní materiálu z viacerých strán. Podávacia závitovka plní lisovaciu komoru, ktorá sa po naplnení hydraulicky uzatvorí. Taktiež je hydraulicky uzatvorený otvor, cez ktorý je po zlisovaní vytlačený výlisok. Hlavné zlisovanie uskutočňuje lisovací nástroj. Zhutňovanie v otvorenej lisovacej komore je spôsob lisovania, kde počas kontinuálneho prísunu lisovaného materiálu do lisovacej komory, dochádza k lisovaniu materiálu do formy tuhého výlisoku, postupnému posuvu zlisovaných výlisokov cez lisovaciu komoru a k vytlačeniu výlisokov von z komory. Prísun materiálu môže byť realizovaný rôznymi mechanickými spôsobmi, od dopravnej závitovky až po dopravu samospádom. Hlavné zlisovanie uskutočňuje lisovací nástroj.

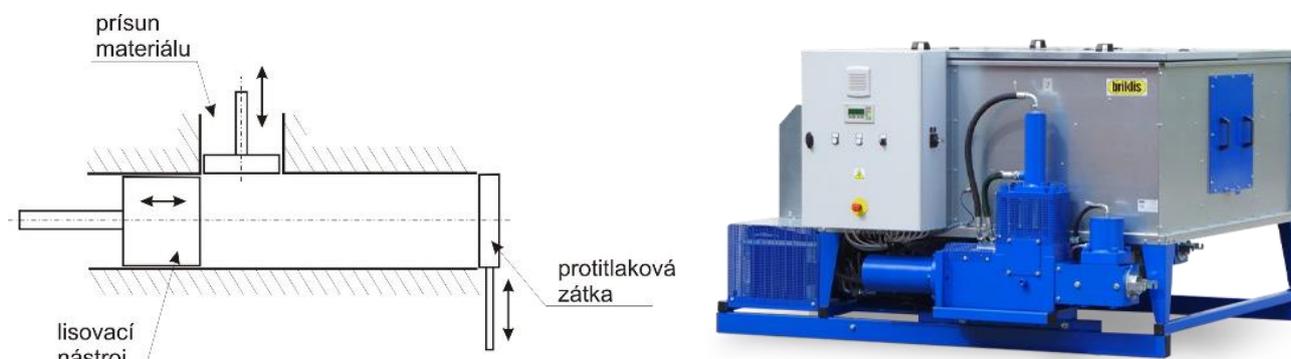


Obrázok 11: Vytvorenie zmesí pre experimentálny výskum ¹⁵

Materiálové zmesi vytvorené pre experimentálne overenie:

- vzorka 1 – materiál zložený z 38 % drevnej štiepky z mäkkého dreva, 45 % podrveného kartónového papiera, 11 % podrvených PET fliaš, 6% textilného odpadu) (ZKO),
- vzorka 2 - komunálny odpad s prídavkom 20 % podrveného kartónového papiera (80/20 - MP) – lisované iba s mechanickým briketovacím lisom,
- vzorka 3 - komunálny odpad s prídavkom 4 % cementu (4C),
- vzorka 4 - komunálny odpad s prídavkom 20 % drevných pilín (20 WS),
- vzorka 5 - čistý komunálny odpad, bez prídavku (KO - MP) – lisované iba s mechanickým briketovacím lisom,
- vzorka 6 - komunálny odpad s prídavkom 50 % podrveného kartónového papiera (50/50 - HP) – lisované iba s hydraulickým briketovacím lisom,
- vzorka 7 - čistý komunálny odpad, bez prídavku (KO - HP) – lisované iba s hydraulickým lisovacím lisom.

Pre briketovanie každej z vyššie uvedených materiálových zmesí bolo miešaním pripravených 30 kg, čo postačovalo na briketovanie v trvaní 2 hodín (pre každú zmes/vzorku) a postačovalo na výrobu dostatočného množstva brikiet pre štatistické spracovanie. Z každej briketovanej dávky bolo náhodne vybraných 10 kusov brikiet, ktoré boli podrobené meraniu a testovaniu.



Obrázok 12: Princíp uzatvorenej lisovacej komory a hydraulický briketovací lis¹⁵

Meranie a testovanie bolo realizované za účelom stanovenia mechanických ukazovateľov kvality brikiet, čo sú v danom prípade hustota brikety a pevnosť brikety v tlaku. Na vylisovaných briketách sme merali priemer a dĺžku brikety, a taktiež sme zisťovali hmotnosť brikety. Pre meranie priemeru a dĺžky brikiet bolo použité digitálne posuvné meradlo Mitutoyo, pre meranie hmotnosti brikiet boli použité digitálne váhy Kern. Z týchto parametrov sme vypočítali hustotu každej jednej brikety podľa nasledovného vzťahu (1). Hustota brikiet je dôležitý parameter pri briketovaní. Čím väčšia hustota, tým výhodnejší pomer energia/objem výlisku. Brikety s vyššou hustotou sú vhodnejšie z pohľadu horenia, dopravy, skladovania a narábania s briketami.

$$\rho_N = \frac{m_N}{V_N} \quad (\text{kg/dm}^3) \quad (1)$$

kde: V_N – objem brikety (dm^3);
 m_N – hmotnosť brikety (kg).

Pevnosť v tlaku je dôležitým ukazovateľom kvality výliskov z hľadiska ich odolnosti pri manipulácii, preprave a skladovaní. Pod pojmom pevnosť brikety sa rozumie maximálny tlak na raznicu, ktorý vznikne pri tlakovej skúške za stanovených podmienok

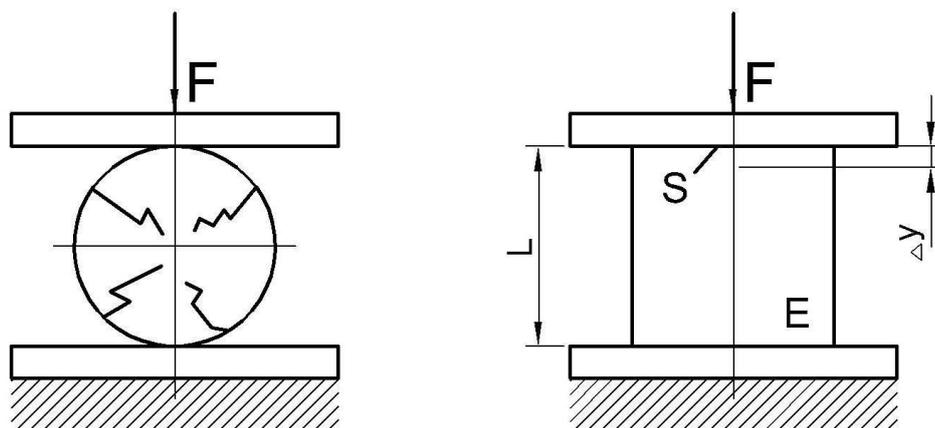
$$\sigma_{Br} = \max p \quad (2)$$

kde: σ_{Br} – pevnosť brikety v jednoduchom tlaku (kPa, MPa),
 p – maximálny tlak pôsobiaci na briketu (kPa, MPa).

Briketa sa vkladá medzi kruhové raznice lisu, kde je namáhaná rovnomerne so zvyšujúcim sa tlakom až do jej rozdrvenia. Pri skúške sa používajú celistvé a neporušené brikety. Briketa sa vkladá medzi dve kruhové raznice skúšobného lisu s priemerom 30 mm na stred raznicovej plochy. Prítlačné razidlo rovnomerne zvyšuje namáhanie brikiet v priebehu skúšky. Zistená maximálna hodnota udáva pevnosť brikiet v tlaku. Podľa¹⁷ sú možné dve základne skúšky pevnosti valcových brikiet v tlaku. Je to skúška pevnosti v jednoduchom tlaku (obrázok 13 vpravo) a skúška rozštepom (obrázok 13 vľavo). Pri oboch skúškach sa meria maximálna sila dosiahnutá pri porušení výliskov. Pri skúške rozštepom je ukazovateľom pevnosti podiel maximálnej sily a dĺžky brikety. Pri skúške pevnosti rozštepom sa pevnosť valcovej brikety sa vypočíta ako

$$\sigma_{Br} = \frac{F_{\max}}{L_N} \quad (3)$$

kde: σ_{Br} – pevnosť brikety v rozštepe (N/mm^1),
 F_{\max} – maximálna sila pôsobiaca na briketu (N),
 L_N – dĺžka brikety (mm).



Obrázok 13: Skúška pevnosti rozštepom (vľavo) a skúška pevnosti v jednoduchom tlaku (vpravo) ¹⁷

Výsledky a diskusia

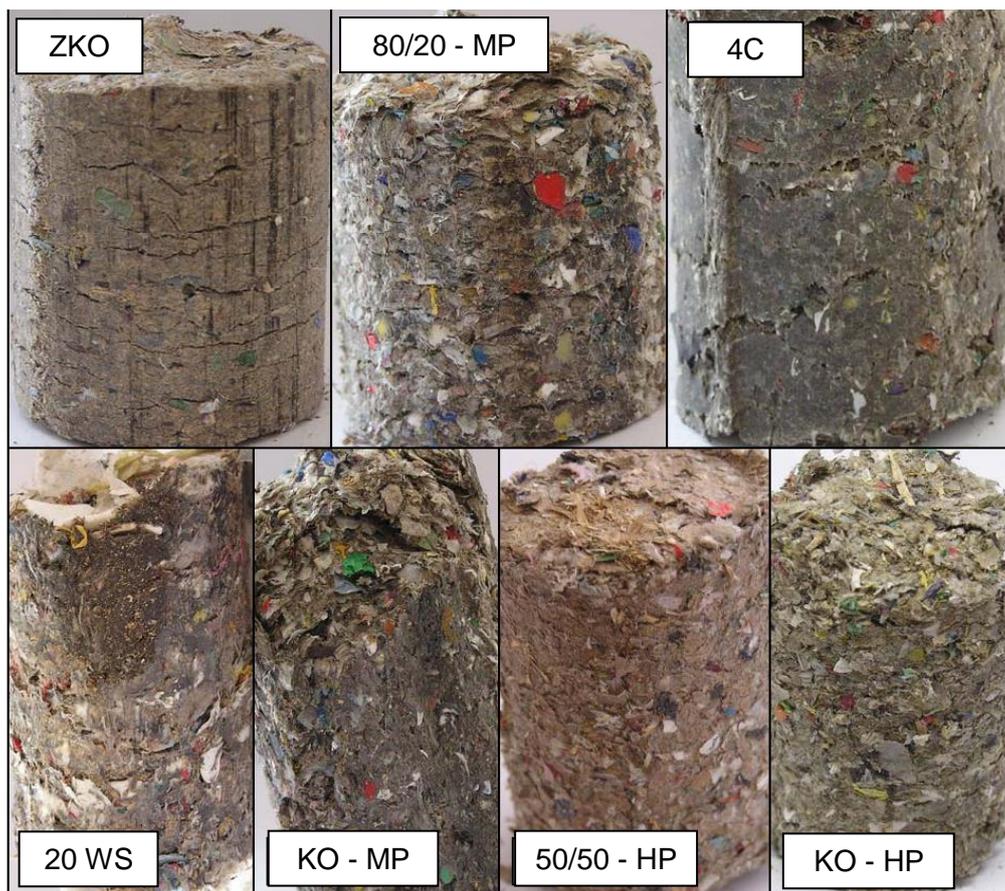
Každú z uvedených 7 skupín vzoriek sme podrobili briketovaniu na prislúchajúcom type briketovacieho lisu. Obrázok 14 znázorňuje a porovnáva stav materiálu pred a po briketovaním. Z každej z uvedených skupín vzoriek sme testovali 10 vylisovaných brikiet (obrázok 15).



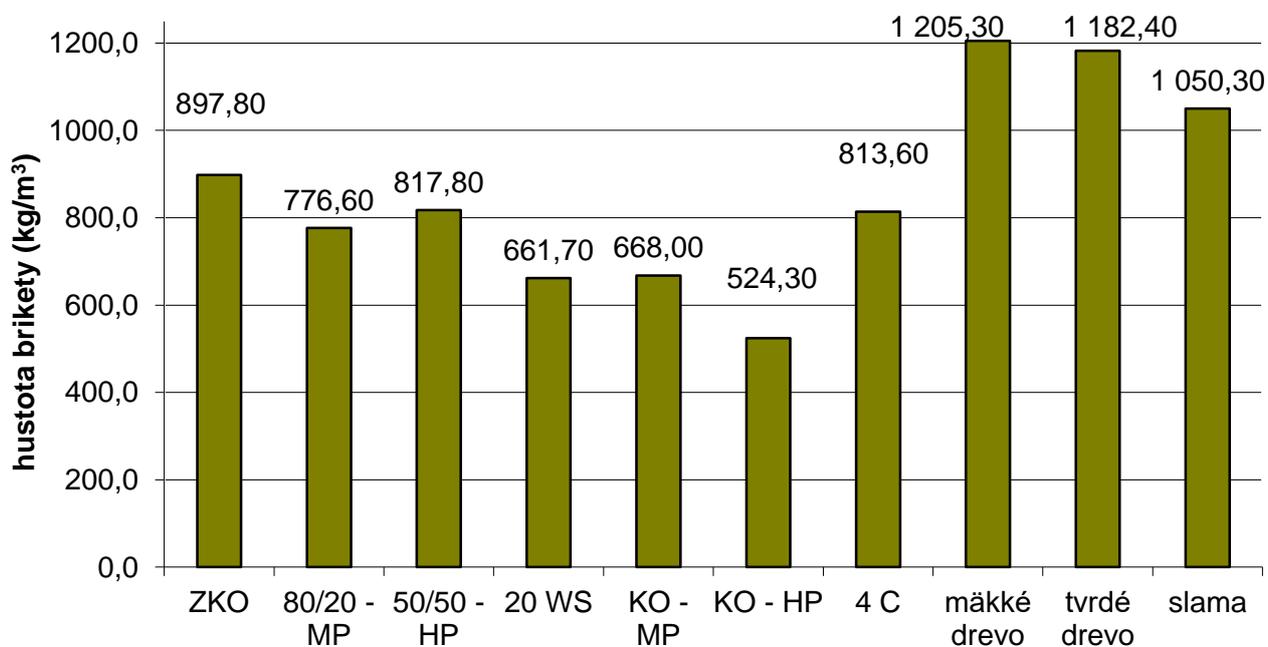
Obrázok 14: Dezintegrovaný komunálny odpad (vľavo) a žiadané produkty – brikety (vpravo) ^{14,15}

Na nasledujúcom obrázku 16 môžeme vidieť výsledky testovania hustoty brikiet, kde uvedené číselné hodnoty predstavujú priemerné hodnoty vždy z 10-tich hodnôt získaných meraním. Môžeme konštatovať, že materiálové zloženie vzoriek a taktiež použitý typ briketovacieho lisu výrazne ovplyvňuje hustotu brikiet. Brikety vyrobené na mechanickom lise majú vyššiu hustotu ako brikety vyrobené na hydraulickom lise. Pozitívom je aj použitie spojiva – papier, drevné piliny, cement. Čím viac spojiva, tým vyššia hustota brikiet.

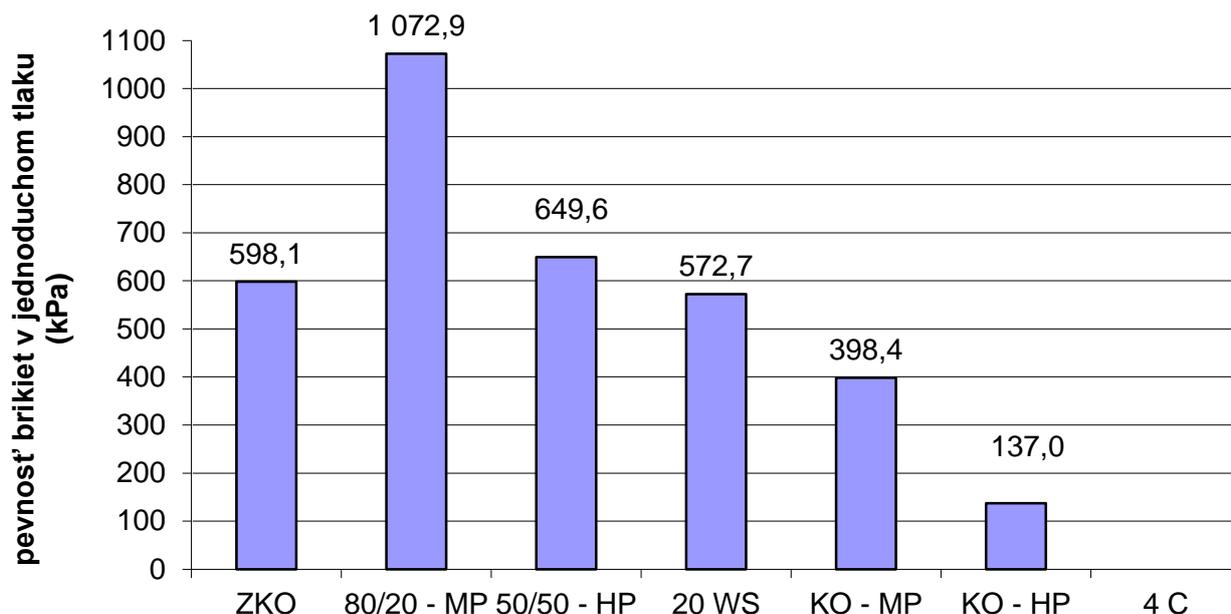
Na obrázku 16 môžeme tiež vidieť porovnanie vyrobených brikiet z komunálneho odpadu s briketami z čistého mäkkého dreva, z tvrdého dreva a zo slamy. Tieto vzorky sú tu znázornené pre názorné porovnanie, v akom pomere je kvalita vyrábaných brikiet z čistej biomasy a brikiet z komunálneho odpadu. Brikety z týchto druhov materiálov sú vyrábané ako tuhé ušľachtilé biopalivá. Platné normy pre stanovenie parametrov tuhých ušľachtilých biopalív udávajú, že hustota brikiet by mala byť minimálne $1,12 \text{ kg/dm}^3$ ¹⁶. V našom prípade sa nemusíme pridržať hodnôt daných v norme, t.z. nemusíme dosahovať danú hustotu. Okrem toho, že pracujeme s úplne odlišným materiálom, brikety z komunálneho odpadu budú použité na splyňovanie, preto sa nekladie veľký dôraz na hustotu brikiet.



Obrázok 15: Brikety z rôznych namiešaných vzoriek komunálneho odpadu ¹⁵

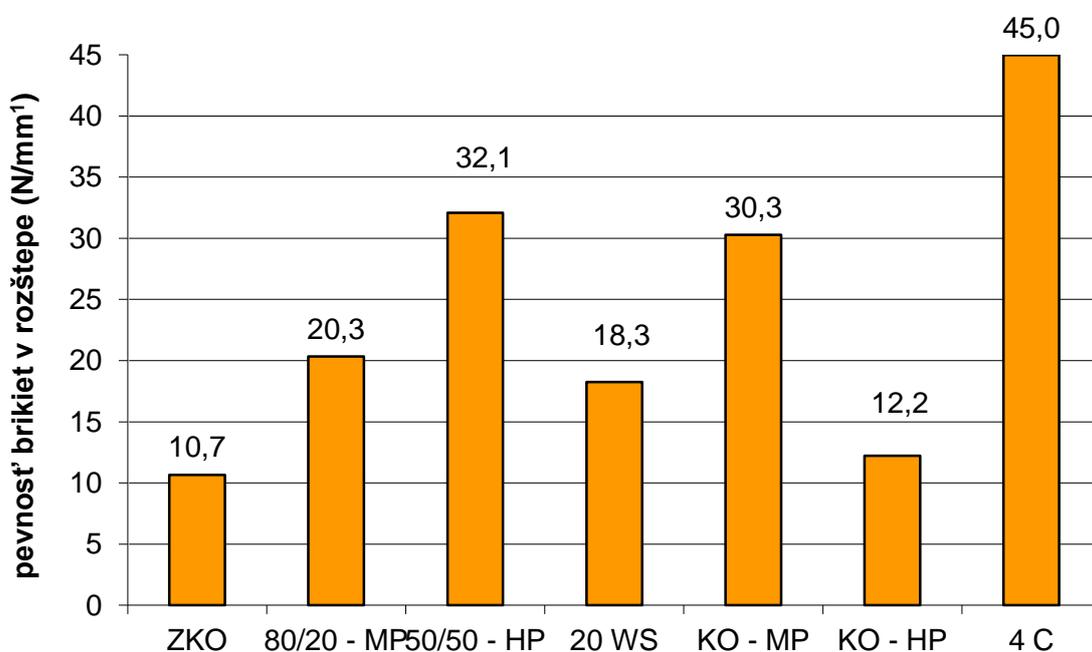


Obrázok 16: Porovnanie hustôt brikiet z komunálneho odpadu s briketami z biomasy ¹⁷



Obrázok 17: Pevnosť brikiet z namiešaných vzoriek z komunálneho odpadu v jednoduchom tlaku

Na obrázkoch 17 a 18 sú uvedené výsledky testovania pevnosti brikiet v tlaku. Obdobne ako pri hustote brikiet sa potvrdilo, že briketky vyrobené na mechanickom lise dosahujú vyššie hodnoty, v tomto prípade vyššie pevnosti v jednoduchom tlaku aj v rozštepe ako briketky vyrobené na hydraulickom lise. Pozitívom je aj použitie spojiva – papier a drevné piliny. Tieto spojivá dopomohli k vytvoreniu väzieb medzi neorganickými časticami vzoriek (PET fľaše, textil, fólie, plasty, atď...).



Obrázok 18: Pevnosť brikiet z namiešaných vzoriek z komunálneho odpadu v rozštepe

V tabuľke 1 sú uvedené výstupy matematicko-štatistického spracovania nameraných údajov. Ako štandard pre spracovanie nameraných údajov sa používa charakteristika polohy – aritmetický priemer a charakteristika variability nameraných údajov – výberový rozptyl. Ako je uvedené vyššie, z každej

briketovanej dávky bolo náhodne vybraných 10 kusov brikiet, ktoré boli podrobené meraniu a testovaniu. Následne boli vypočítané aritmetické priemery (použité v grafoch) a výberové odchýlky. Keďže hodnoty výberových odchýlok poukazujú na nevýznamné rozdiely, je možné konštatovať, že výsledky experimentálneho výskumu boli získané a spracované korektne.

Tabuľka 1: Výsledky matematicko-štatistického spracovania nameraných údajov

	Hustota brikiet (kg/dm ³)		Pevnosť v rozšpepe (N/mm)		Pevnosť v jedn. tlaku (kPa)	
	ρ	$s^2(\rho)$	σ_{Br}	$s^2(\sigma_{Br})$	σ_{Bt}	$s^2(\sigma_{Bt})$
ZKO	897,8	0,008087	10,7	0,055173	598,1	0,090103
80/20 MP	776,6	0,003300	20,3	0,097038	1072,9	0,046594
50/50 HP	817,8	0,000588	32,1	0,112997	649,6	0,027321
20 WS	661,7	0,001415	18,3	0,060998	572,7	0,005051
KO-MP	668,0	0,007393	30,3	0,074765	398,4	0,014417
KO-HP	524,3	0,001784	12,2	0,005238	137,0	0,003188
4 C	813,6	0,004377	45,0	0,031067	-	-
mäkké drevo	1205,3	0,000125	-	-	-	-
tvrdé drevo	1182,4	0,000284	-	-	-	-
slama	1050,3	0,002974	-	-	-	-



Obrázok 19: Príklady vyrobených brikiet z namiešaných vzoriek komunálneho odpadu

Dôležitým a zaujímavým parametrom palív je aj ich energetická hodnota. Brikety z každej namiešanej vzorky boli podrobené informatívnemu stanoveniu výhrevnosti u zadávateľa. Pre stanovenie výhrevnosti bol použitý plne-automatizovaný kalorimeter IKA C 6000, kde na základe vyhorenej vzorky v kalorimetrickej bombe je stanovená hodnota spalného tepla vzorky. Tieto hodnoty sú následne vyjadrené prostredníctvom výhrevnosti, s uvažovaním vstupnej vlhkosti vzorky. Namerané a vypočítané hodnoty výhrevnosti (NCV) sú nasledovné:

- ZKO (vzorka 1) = 26,14 MJ/kg,
- 80/20-MP (vzorka 2) = 18,51 MJ/kg,
- 4C (vzorka 3) = 14,10 MJ/kg,
- 20WS (vzorka 4) = 24,08 MJ/kg,
- KO-MP (vzorka 5) = 21,16 MJ/kg,
- 50/50-HP (vzorka 6) = 19,37 MJ/kg,
- KO-HP (vzorka 7) = 21,43 MJ/kg.

Záver

Na základe vykonaných skúšok zhutňovania a testovania brikiet môžeme konštatovať nasledovné:

- komunálny odpad môže byť zhutňovaný, po dôkladnej mechanickej úprave (veľkosť frakcie do 10 mm a vlhkosť do 15 %),
- materiálové zloženie výrazne ovplyvňuje kvalitu produkovaných brikiet,
- najvhodnejším z pohľadu výhrevnosti sa javí namiešaný zmesový komunálny odpad s hodnotou 26,14 MJ/kg NCV,
- pre zvýšenie hustoty a pevnosti brikiet odporúčame použiť organické spojivo, ako papier alebo drevné piliny,
- pridaním 20 % objemu podrveného kartónového papiera stúpne hustota brikiet o 14 %,
- pridaním 50 % objemu podrveného kartónového papiera stúpne hustota brikiet o 35,8 %,
- najvyššie hodnoty hustôt brikiet boli získané pri zmesovom komunálnom odpade (namiešaná vzorka KO), avšak z pohľadu pevnosti brikiet boli tieto hodnotené ako najmenej pevné,
- z pohľadu mechanických ukazovateľov kvality brikiet (hustota a pevnosť), odporúčame použiť mechanický briketovací lis s upravenou dĺžkou lisovacej hubice, pretože briketovanie prebieha v tzv. „otvorenej“ lisovacej komore, čo pozitívne vplýva na vytvorenie väzieb medzi časticami,
- z pohľadu požiadaviek na rozmerovú a tvarovú presnosť, odporúčame použiť hydraulický briketovací lis, pretože briketovanie prebieha v tzv. „uzatvorenej“ lisovacej komore. Brikety sú produkované po jednom, postupne, všetky sú rovnakej dĺžky a majú rovné čelá, ktoré sa nedrobia (viď obrázok 20).



Obrázok 20: Vyrobené brikety, na mechanickom BL (vľavo) a na hydraulickom BL (vpravo) ¹⁶

Pod'akovanie

Tento príspevok vznikol za podpory projektu APVV-19-0607 – Optimalizované progresívne tvary a netradičné kompozitné suroviny ušľachtilých biopalív, financovaného Agentúrou pre vedu a výskum, a príspevok je súčasťou výskumu realizovaného v rámci projektu UNIVNET 0201/004/20 - Univerzitná a priemyselná výskumno-vzdelávacia platforma recyklačnej spoločnosti. Autori ďakujú za podporu Ministerstvu školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky.

Literatúra

1. Lieskovská, Z., Mičuda, J., a kol.: *Správa o stave životného prostredia Slovenskej republiky v roku 2019*, MŽP SR Bratislava, SAŽP Banská Bystrica, 222 s., 2020. ISBN 978-80-8213-028-0.
2. Rámcová smernica 2008/98/ES z 19.novembra 2008 o odpade a o zrušení určitých smerníc, online dňa 12.08.2020:
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0098&from=SK>
3. Zelenšie Slovensko, Stratégia environmentálnej politiky SR do roku 2030, MŽP SR, február 2019, 60 s., online dňa 12.08.2020:
https://www.minzp.sk/files/iep/03_vlastny_material_envirostrategia2030_def.pdf
4. Gug, J., Cacciola, D., Sobkowicz, M.J.: Processing and properties of a solid energy fuel from municipal solid waste (MSW) and recycled plastics. In *Waste Management*, Vol.35 (2015), s.283-292. ISSN 0956-053X. DOI: 10.1016/j.wasman.2014.09.031
5. Hussieny, M., Elagroudy, S., a kol.: Optimising mixture of agricultural, municipal and industrial solid wastes for the production of alternative fuel. In *Chemical Engineering Transactions*, Vol. 72 (2019), s.259-264, ISSN 2283-9216. DOI: 10.3303/CET1972044
6. Chiou, I.-J., Chen, Ch.-H: Municipal solid waste landfill age and refuse-derived fuel. In *Waste Management & Research*, Vol. 39, Iss. 4, (2021), s.601-606, ISSN 0734-242X.
<https://doi.org/10.1177/0734242X20961832>
7. Nidhi, Ch., Sharma, B., Singh, P. K.: Energy value in biomass and plastic components of municipal solid waste. In *International Journal of Science and technology*, Vol. 3, Iss. 2, s. 80-92, ISSN 2454-5880. <https://dx.doi.org/10.20319/mijst.2017.32.8092>
8. Yong-Chil, S., Tanvir, A. Md. a Won-Seok, Y.: *Gasification of Municipal Solid Waste*, IntechOpen, 2018, 288 s., ISBN 978-1-78923-289-9, DOI: 10.5772/intechopen.69788
9. Baláš, M., Lisý, M., Kracík, P., Pospíšil, J.: Municipal solid waste gasification within waste-to-energy processing, *MM Science Journal*, 2017, pp. 1783-1788, DOI: 10.17973/MMSJ.2017_03_2016137
10. Jandačka, J., Trnka, J., Holubčík, M. a Kantová, N.: Biodegradable municipal waste to combustion in form of compacted solid fuel. In *AIP Conference Proceedings: 38th Meeting of Departments of Fluid Mechanics and Thermodynamics: Liptovský Mikuláš, Slovensko, 19-21 jún 2019*. American Institute of Physics Inc. Vol.2118, Iss. 1, 030019 (2019), <https://doi.org/10.1063/1.5114747>
11. Trnka, J., Holubčík, M., Čajová Kantová, N., Jandačka, J.: Energy performance of a rotary burner using pellets prepared from various alternative biomass residues. *BioResources*, 2021, 16(4), pp. 6736-6748. DOI: 10.15376/biores.16.4.6737-6749
12. Munir, M.T., Mardon, I., Al-Zuhair, S., Shawabkeh, A., Saqib, N.U.: Plasma gasification of municipal solid waste for waste-to-value processing, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2019, 116, 109461, DOI: 10.1016/j.rser.2019.109461
13. Čajová Kantová, N., Čaja, A., Patsch, M., Holubčík, M., Durčanský, P.: Dependence of the flue gas flow on the setting of the separation baffle in the flue gas tract. *Applied Sciences*, 2021, 11(7), 2961. DOI: 10.3390/app11072961
14. Kers, J., Križan, P., Letko, M., Šooš, Ľ., Kask, Ü. a Gregor, A.: Mechanical recycling of compounded polymeric waste and evaluation of briquetting parameters. In *Proceedings of the 7th International Conference of DAAAM Baltic Industrial Engineering* : Tallinn, Estonia 22-24 April 2010. Tallinn : Tallinn University of Technology, 2010, s.468-473. ISBN 978-9985-59-982-2.
15. Križan, P., Matúš, M., Šooš, Ľ., Kers, J., Peetsalu, P., Kask, Ü. a Menind, A.: Briquetting of municipal solid waste by different technologies in order to evaluate its quality and properties. In *Agronomy Research. Vol. 9. Biosystems engineering*. Spec.iss. 1 (2011), s.115-123. ISSN 1406-894X.
16. Križan, P. a Matúš, M.: Vplyv spôsobu lisovania a typu konštrukcie stroja na výslednú kvalitu tuhých biopalív, In.: *Zborník z medzinárodnej konferencie Energie z biomasy: sborník príspevků z 20. konferencie Energie z biomasy*. 1. vyd. Brno, VUT Brno, 2019, s. 25-39, ISBN 978-80-214-5825-3.
17. Križan, P.: *Proces lisovania dreveného odpadu*. 1. vyd. Bratislava: Nakladateľstvo STU, 2014, 197 s., ISBN 978-80-227-4251-1.

Research of Municipal Waste Material Recovery by Briquetting Technology

Peter KRIŽAN, Ľubomír ŠOOŠ, Ľudovít KOLLÁTH

Slovak Technical University in Bratislava, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Manufacturing Systems, Environmental Technology and Quality Management,
Nám. Slobody 17, 812 31 Bratislava, Slovakia;
E-mail: peter.krizan@stuba.sk

Abstract

The aim of this paper is to present the possibilities of mechanical treatment for the material recovery of municipal waste purposes and the results of experimental research of municipal waste briquetting. The aim of the research is to determine the effect of the material composition and the effect of the densification method on the final quality of solid biofuels. The measurements were carried out using a mechanical and hydraulic briquetting press during the municipal waste briquetting. The obtained results indicate the suitability of usage the mechanical briquetting principle in comparison with the hydraulic principle. From the point of view of briquette density values, crushed cardboard paper was best solution as an additive material into municipal waste. Also due to the addition of waste wood sawdust, the density of briquettes increased. These biological additives have also contributed to better binding between material particles and to the creation of a compact briquette shape. The authors also would like to present the important knowledge about the machine design influence on the final quality of briquettes.

Keywords: *briquetting, municipal waste, briquettes density, briquettes strength, mechanical treatment*

Kofermentácia kuchynských odpadov na komunálnych ČOV – dobrý nápad (?)

Dóra VARJÚOVÁ^a, Katarína ČEGIŇOVÁ^a, Miloslav DRTIL^a, Štefan SOJKA^b, Igor BODÍK^a

^aOddelenie environmentálneho inžinierstva, Fakulta chemickej a potravinárskej technológie, Slovenská technická univerzita v Bratislave, Radlinského 9, 812 37 Bratislava, Slovenská republika
e-mail: varjuovadora@gmail.com

^bBIONERGY, a.s., Prešovská 48, 826 09 Bratislava

Súhrn

Témou predkladanej práce je poukázať na pozitíva a negatíva kofermentácie kuchynských odpadov vo vyhnívacích nádržiach komunálnych ČOV. Primárnym cieľom procesu je zabezpečiť vhodné nakladanie s týmito odpadmi, ktoré je energeticky výhodné z hľadiska zvýšenej produkcie bioplynu. Na základe nami navrhnutých technologických a prevádzkových parametrov pre čistiareň odpadových vôd s celkovou kapacitou 90 000 ekvivalentných obyvateľov bol v programe MS Excel zostavený výpočtový program, ktorý popisuje vplyv prídavku kuchynských odpadov na vybrané parametre prevádzky vyhnívacej nádrže. V práci bol zároveň definovaný aj vplyv kuchynských odpadov na odtokové parametre na výstupe z čistiarne odpadových vôd, ktoré priamo ovplyvňujú ekonomickú bilanciu prevádzky.

Kľúčové slová: bioplyn, ČOV, kofermentácia, kuchynské odpady.

Úvod

Potravinové straty a plytvanie potravinami sú momentálne veľmi aktuálnou témou, v rámci ktorej prebiehajú diskusie na rôznych úrovniach. Plytvanie potravinami predstavuje viaceré špecifické výzvy a príležitosti pre spoločnosť, ako zabrániť neustálemu zhoršovaniu životného prostredia, keďže potraviny, ktoré nie sú skonzumované alebo inak využité, skončia ako odpad. Potravinové straty a plytvanie potravinami produkujú pomerne vysoký objem skleníkových plynov, ktoré negatívne pôsobia na životné podmienky na Zemi. Odpad z potravín vzniká v rámci celého potravinového reťazca – počas výroby a distribúcie, v obchodoch, v zariadeniach spoločného stravovania a aj v domácnostiach. Podľa správy Organizácie OSN pre výživu a poľnohospodárstvo sa každý rok na celom svete nevyužije asi 1,3 miliardy ton potravín, čo predstavuje približne jednu tretinu potravín vyrobených na ľudskú spotrebu¹. Organizácia OSN pre výživu a poľnohospodárstvo dokonca predpokladá, že do roku 2025 sa na celom svete vytvorí približne 2,2 miliardy ton potravinového odpadu, čo si bude vyžadovať špecifické postupy nakladania s týmto odpadom². V Európskej únii sa celkovo vyprodukuje približne 88 až 89 miliónov ton potravinového odpadu ročne, čo po prepočte na jedného obyvateľa predstavuje 173 až 179 kilogramov odpadu ročne¹. Plytvanie potravinami je teda celosvetový problém, ktorý neobchádza ani Slovensko. Na Slovensku sa ročne vyprodukuje približne 590 tisíc ton potravinového odpadu, čo predstavuje asi 108 kg odpadu na jedného obyvateľa³.

Definícia kuchynského odpadu podľa článku 2 Vykonávacieho nariadenia EÚ č. 142/2011 znie nasledovne: „kuchynský odpad je všetok potravinový odpad vrátane použitého kuchynského oleja, ktorý vzniká v reštauráciách, stravovacích zariadeniach a kuchyniach, vrátane kuchýň v spoločných stravovacích zariadeniach a kuchýň v domácnostiach“. Kuchynský odpad teda tvoria napríklad nespracované zostatky surovín, pokrmov alebo potravín rastlinného a živočíšneho pôvodu, ako aj šupky z čistenia zeleniny a ovocia, zvyšky z kávy a čaju, potraviny po záruke alebo potraviny inak znehodnotené⁴. Z pohľadu zákona o odpadoch sa kuchynský odpad zaraďuje pod katalógové číslo 20 01 08 – biologicky rozložiteľný kuchynský a reštauračný odpad⁵.

Od 1. januára 2021 majú samosprávy na Slovensku povinnosť podľa § 81 zákona o odpadoch zabezpečiť separovanie kuchynského odpadu (KO)⁶. Cieľom je dosiahnuť recykláciu komunálneho odpadu na úrovni 55 % do roku 2025. Aké sú však možnosti zhodnocovania tohto druhu odpadov? Skládkovanie a spaľovanie sa považujú za neprípustné spôsoby nakladania z dôvodu vzniku priesakových vôd, zaberania pôdy, emisií skleníkových plynov, nízkej výhrevnosti a vysokého rizika emisií znečisťujúcich látok⁷. Kompostovanie je jeden z environmentálne najčastejších spôsobov materiálového zhodnocovania organických odpadov, ktorý pri nesprávnej prevádzke produkuje aj emisie metánu a je energeticky nevýhodný⁸. Práve z toho dôvodu sa postupne upúšťa od kompostovania a prechádza sa na technológie spojené s energetickým ziskom z odpadu, ako je napríklad anaeróbny rozklad. Je to mikrobiálny proces, počas ktorého sa organický materiál rozkladá za vzniku bioplynu (t.j. metánu a oxidu uhličitého)⁹.

Zatiaľ čo tradičné zameranie používania anaeróbnej fermentácie na komunálnych ČOV bolo na stabilizáciu kalu a zníženie jeho množstva, postupne došlo k optimalizácii procesu s cieľom maximalizovať produkciu bioplynu (BP) na výrobu energie. Zistilo sa, že kofermentácia substrátu bohatého na uhlík (akým je napríklad aj kuchynský odpad) s čistiarenským kalom môže zvýšiť výťažok metánu predovšetkým zvýšením organického zaťaženia, ale aj prostredníctvom synergických efektov^{10,11,12,13}. To viedlo k veľkému množstvu odborných prác o vplyve rôznych kosubstrátov (kuchynský odpad, odpad z bitúnkov, masné oleje a tuky, mliečne výrobky a ďalšie iné), ktoré sú spoločne fermentované s čistiarenským kalom⁹. Z nich je KO špecificky zaujímavý z dôvodu vysokého obsahu uhlíka, vysokej biologickej rozložiteľnosti a požiadavky na jeho odklon od skládok¹⁴. Bežnú charakteristiku zloženia KO opisuje tabuľka 1.

Tabuľka 1: Základné charakteristiky kuchynských odpadov¹⁵

Parameter	Hodnota	Jednotka
Podiel sušiny	24	%
Podiel organických látok	90	% sušiny
N	31	g/kg tuhých látok
P	4	g/kg tuhých látok
C	52	% organických látok
H	6,9	% organických látok

Využitie KO ako kosubstrátov v procese anaeróbnej fermentácie nie je vo svete žiadnou novinkou a mnohé prevádzky čistiarní odpadových vôd zaznamenali výrazný nárast produkcie bioplynu. Napríklad na ČOV Grüneck v Nemecku sa produkcia BP navýšila o 27 %, ďalšia ČOV Garching an der Alz, taktiež v Nemecku, zaznamenala až 103 %-ný nárast produkcie BP. Na ČOV Rovereto v Taliansku bolo vyprodukovaných o 106 % viac BP^{10,16}.

Napriek pozitívnym skúsenostiam zo sveta, nie je na Slovensku zatiaľ žiadna čistiareň odpadových vôd (ČOV), ktorá by reálne využívala kofermentáciu kuchynských odpadov a čistiarenského kalu, ktorý vzniká v procese čistenia odpadových vôd. Veľký počet prevádzkovaných vyhniavacích nádrží (VN) nie je využívaných v celom svojom kapacitnom rozsahu a prídavok už len malého množstva KO v porovnaní so surovým kalom by mohol výrazne ovplyvniť produkciu bioplynu v pozitívnom smere. Sú tu však aj negatívne faktory, ktoré v rozhodovacom procese zohrávajú dôležitú úlohu, ako napr. organizácia zvozu KO, potreba ich hygienizácie a pod.

Cieľom tejto štúdie je teda poukázať na možnosť využitia kuchynských odpadov ako substrátu vhodného pre kofermentáciu na ČOV, pri ktorej dochádza k zhodnocovaniu odpadov s využitím maximálneho množstva energie, ale zároveň aj poukázať na možné riziká spojené s dávkovaním KO do procesu fermentácie na ČOV.

Výpočtová časť

Pomocou nami vytvoreného výpočtového programu v programe MS Excel zadefinujeme vplyv prídavku kosubstrátu na rôzne technologické parametre, napríklad na látkové zaťaženie VN, zdržnú dobu, produkciu kalu a bioplynu. Taktiež je potrebné určiť vplyv prídavku kosubstrátu na ČOV z hľadiska chemickej spotreby kyslíka (CHSK) a dusíka (N_{cel}) v kalovej vode a na odtoku z ČOV. Ďalej našou snahou je zadefinovať ekonomickú bilanciu dosiahnutú kogeneráciou vyprodukovaného BP a jej dopad na ekonomickú bilanciu procesu čistenia odpadových vôd. Pre tieto účely budeme v práci uvažovať o hypotetickej ČOV s celkovou kapacitou 90 000 ekvivalentných obyvateľov (EO). Základné prevádzkové a technologické parametre našej ČOV použité na vzorový výpočet sú uvedené v tabuľke 2.

Tabuľka 2: Základné prevádzkové a technologické parametre ČOV

Parameter	Hodnota	Jednotka
Pripojený počet EO	90 000	-
Denný prietok OV	24 000	m ³ /deň
CHSK – prítok	750	mg/l
N_{cel} – prítok	64	mg/l
Objem VN	6 000	m ³
Objem spracovaného surového kalu vo VN	250	m ³ /deň
Koncentrácia surového kalu	3,5	%
Množstvo surového kalu na vstupe do VN	8 750	kg CL/deň ^a
Organický podiel v surovom kale	75	%
Množstvo organického surového kalu na vstupe do VN	6 563	kg oCL/deň ^b
Produkcia BP	3 100	m ³ /deň
Podiel metánu v BP	65	%
CHSK – odtok	20	mg/l
N_{cel} – odtok	7,5	mg/l

V tejto štúdii sme uvažovali s viacerými zovšeobecňujúcimi predpokladmi a taktiež sme použili rôzne zjednodušenia. Kuchynské odpady budú pravdepodobne zbierané počas pracovných dní zbernými vozidlami. Po príchode vozidiel na ČOV je potrebné privezené odpady mechanicky upraviť s cieľom dosiahnuť požadované rozmery odpadov (t.j. max. 12 mm). Nasledujúcim krokom spracovania je hygienizácia odpadov v termickom reaktore. Spracovávaná homogenizovaná surovina musí v hygienizačnej jednotke dosiahnuť teplotu 70 °C počas 60 minút¹⁷. Z toho vyplýva, že reaktor v ktorom prebieha pasterizácia/hygienizácia odpadov musí byť ohrievaný, teda spotrebuje určitú energiu, čo môže znížiť „výťažky“ energie zo zvýšenej produkcie BP. Takto upravené odpady je možné potom dávkovať do vyhnívacích nádrží priebežne – počas 365 dní alebo v určitých časových obdobiach v závislosti od efektivity zberu KO. Avšak zo skúseností prevádzok VN na ČOV je najvýhodnejšie zabezpečiť rovnomerné dodávanie kuchynských odpadov. Rozhodnutie však zostáva na samotnej prevádzke resp. prevádzkovateľovi ako bude prevádzkovaný drviaci, hygienizačný reaktor a samotný zber, zvoz a dávkovanie odpadov.

Výsledky a diskusia

Vo výpočtoch budeme uvažovať, že v meste, v ktorom sa bude realizovať zber kuchynských odpadov žije 80 000 obyvateľov. Pri predpoklade, že sa na jedného obyvateľa vyzbiera 100 kg „surových“ kuchynských odpadov za rok, pre toto mesto by to číselne znamenalo 8 000 ton vyzbieraných odpadov ročne. Dávkovanie KO do reakčného systému bude zabezpečené počas 365-tich dní, to znamená, že

^a Kilogram sušiny surového kalu za deň

^b Kilogram organickej sušiny surového kalu za deň

denne sa do VN okrem čistiarenskeho kalu dostane maximálne 21 917,8 kg KO. Na základe znalosti tohto cieľového množstva, ako aj z predpokladu, že efektívnosť zberu KO v meste bude postupne narastať počas niekoľkých rokov, zvolíme hranice množstva dávkovaných odpadov do reakčného systému, s minimom na úrovni 5 000 kg/deň a maximom s hodnotou 25 000 kg/deň. Zároveň, v zmysle dostupných literárnych údajov (Tabuľka 1), budeme uvažovať, že celková sušina KO sa môže pohybovať v širokom rozsahu 5 – 50 %, pričom organický podiel v sušine je asi 90 %, teda zjednodušene môžeme uvažovať, že organický podiel v KO (oCL) sa pohybuje takisto v rozsahu 5 – 50 % (presne 4,5 – 45 %).

Hľadanie maximálneho použiteľného množstva KO

V nasledujúcej tabuľke (Tabuľka 3) sa nachádzajú vypočítané percentuálne prídavky KO (kg) vzťahované na množstvo organického kalu (kg) aktuálne vstupujúceho do VN. Rešerš zahraničnej literatúry o prevádzkach VN na ČOV, ktoré využívajú kofermentáciu čistiarenskeho kalu a KO poukázala na skutočnosť, že prídavok KO do 40 % zo súčasného množstva kalu nespôsobuje významné technologické ani prevádzkové problémy na danej ČOV^{10,16}. Zeleno vyznačené hodnoty sú množstvá odpadov, ktoré tvoria prídavok do 40 % oCL a sú považované za bezpečné. Žltou farbou sú vyznačené mierne rizikové (sú v rozsahu 40 – 60 % oCL) a hodnoty zvýraznené červenou farbou sa považujú za vysoko rizikové, pretože už predstavujú podiel vyšší ako 60 % oCL k dennej dávke kalu.

Tabuľka 3: Výsledný podiel prídavku (%) KO k čistiarenskému kalu

Množstvo KO	5 000	10 000	15 000	20 000	25 000	kg/deň
oCL						
5 %	4	8	11	15	19	%
10 %	8	15	23	30	38	
15 %	11	23	34	46	57	
20 %	15	30	46	61	76	
25 %	19	38	57	76	95	
30 %	23	46	69	91	114	
35 %	27	53	80	107	133	
40 %	30	61	91	122	152	
45 %	34	69	103	137	171	
50 %	38	76	114	152	190	

Z tabuľky 3 teda jasne vyplýva, že nízke podiely oCL v KO a menšie dávky KO sú vzhľadom na použitú technológiu na danej ČOV relatívne bezpečné, teda prevádzka by mala naďalej fungovať bez problémov, avšak pri podiele oCL vyššom ako 40 % a pri vyšších denných dávkach KO, sa môžu prejaviť rôzne riziká a problémy.

V nasledujúcej tabuľke (Tabuľka 4) je vypočítané zaťaženie VN pri rôznych dávkach KO a rôznych podieloch oCL. Pri výpočte sme uvažovali, že organické látkové množstvo v aktuálne dávkovanom surovom kale je rovné 6 563 kg/deň (Tabuľka 2). Vyhňivacie nádrže sú bežne prevádzkované pri zaťažení do 1,5 kg oCL/m³.deň, naša ČOV pracovala dlhodobo pri zaťažení okolo 1,1 kg oCL/m³.deň. V tabuľke sú zvýraznené rozsahy do 1,5 kg oCL/m³.deň považované za bezpečné. Pri hodnotách do 2 kg oCL/m³.deň by už mohlo dôjsť k technologickým problémom a zaťaženie nad 2 kg oCL/m³.deň je považované už za rizikové. Z výsledkov v tabuľke 4 je zrejme, že prídavok kuchynských odpadov zvyšuje zaťaženie systému od 1,14 do 3,18 kg oCL/m³.deň. Zvýšenie zaťaženia je výhodné z dôvodu zvýšenia produkcie metánu, za predpokladu, že rozkladné procesy nie sú inhibované a systém nie je preťažený. Z tabuľky 4 teda vyplýva, že prídavok KO do hodnoty 1,5 kg oCL/m³.deň by nemal mať negatívny vplyv na stabilitu procesu a teda môžeme očakávať pozitívny vplyv na produkciu BP. Vyššie hodnoty zaťaženia už môžu pôsobiť negatívne na samotný proces vyhňivania a tak viesť k nedostatočnému rozkladu KO čoho následkom môžu byť rôzne technologické problémy v prevádzke (pokles pH, penenie, zvyšovanie CHSK v kalovej vode a pod.).

Tabuľka 4: Vplyv prídavku KO na zvyšovanie zaťaženia vyhnívacej nádrže (kg oCL/m³.deň)

Množstvo KO	5 000	10 000	15 000	20 000	25 000	kg/deň
oCL						
5 %	1,14	1,18	1,22	1,26	1,30	kg oCL/m ³ .deň
10 %	1,18	1,26	1,34	1,43	1,51	
15 %	1,22	1,34	1,47	1,59	1,72	
20 %	1,26	1,43	1,59	1,76	1,93	
25 %	1,30	1,51	1,72	1,93	2,14	
30 %	1,34	1,59	1,84	2,09	2,34	
35 %	1,39	1,68	1,97	2,26	2,55	
40 %	1,43	1,76	2,09	2,43	2,76	
45 %	1,47	1,84	2,22	2,59	2,97	
50 %	1,51	1,93	2,34	2,76	3,18	

S narastajúcim prídavkom KO dochádza aj k postupnému skracovaniu zdržnej doby. Podľa STN 75 6401 minimálna doba zdržania vo VN by nemala klesnúť v závislosti od teploty pod 11 - 20 dní, prevádzkové skúsenosti však odporúčajú neklesnúť pod 20 dní. Zdržná doba v našej fiktívnej VN z pôvodných 24 dní klesla pri maximálnom množstve KO o necelé 3 dni. Treba však dodať, že vplyv na dobu zdržania má len množstvo KO a nie podiel oCL.

Je potrebné si však uvedomiť, že uvedené čísla sú len teoretickým odhadom, dávkovanie reálnych kuchynských odpadov môže priniesť jak pozitívnejšie, tak aj negatívnejšie hodnoty.

Výpočet produkcie kalu z dávkovaných KO

Súčasťou KO môžu byť aj ťažko rozložiteľné a inertné zložky, ktoré sa počas anaeróbnej fermentácie nerozložia, ale ostávajú prítomné vo VN resp. v kale, dôsledkom čoho sa zvyšuje produkcia kalu. Vo výpočte sme uvažovali s rozkladom KO na úrovni 90 %, 10 % zostáva v kale ako inertná látka. Z 90 % rozložených KO sa asi 85 % transformuje do bioplynu a zvyšných 5 % sa premení do novej anaeróbnej biomasy. Ďalej vo výpočte sme použili predpoklad, že sa na danej ČOV denne vyprodukuje 20 ton kalu, s percentuálnym obsahom sušiny po odvodnení 20 %, čo predstavuje približne 4 000 kg sušiny denne. V tabuľke 5 je červenou farbou zvýraznený nárast novoprodukovaného kalu o 25 % t.j. o 1 tonu sušiny denne navyše, čo už by mohlo za určitých okolností viesť k nedostatočným kapacitám napr. odvodňovacích zariadení, strojných systémov a pod.

Tabuľka 5: Zvýšenie množstva produkovaného kalu z pridaných KO

Množstvo KO	5 000	10 000	15 000	20 000	25 000	kg/deň
oCL						
5 %	42	85	127	169	212	kg CL/deň
10 %	85	169	254	338	423	
15 %	127	254	381	508	635	
20 %	169	338	508	677	846	
25 %	212	423	635	846	1058	
30 %	254	508	762	1015	1269	
35 %	296	592	888	1185	1481	
40 %	338	677	1015	1354	1692	
45 %	381	762	1142	1523	1904	
50 %	423	846	1269	1692	2115	

Nesmieme však zabúdať ani na fakt, že aj tento novovzniknutý kal treba z prevádzky odviezť, je potrebné zabezpečiť jeho ďalšie spracovanie, čo môže zhoršiť ekonomickú bilanciu prídavku KO k čistiarenskému kalu.

Výpočet produkcie bioplynu z dávkovaných KO

Pre výpočet produkcie bioplynu z dávkovaných KO sme predpokladali, že 1 kilogram oCL z KO vyprodukuje asi 0,75 m³ bioplynu, pričom podiel metánu v BP je 65 %. Na našej „imaginárnej“ ČOV predpokladáme, že sa denne vyprodukovalo 3 100 m³ BP. V nasledujúcej tabuľke (Tabuľka 6) sú uvedené očakávané hodnoty prírastku BP z KO. Zelená oblasť predstavuje navýšenie produkcie BP do 50 % zo súčasnej dennej produkcie BP. Žltou je ohraničená oblasť do 100 percentného navýšenia produkcie a červenou farbou je zvýraznená oblasť, pri ktorej sa produkcia BP zvýši viac ako dvojnásobne. Už na prvý pohľad je zrejmé, že pri kofermentácii KO s čistiarenským kalom dochádza k produkcii veľkého množstva BP. Toto zvýšenie produkcie je zaujímavé hlavne z ekonomického hľadiska.

Tabuľka 6: Prírastok produkcie bioplynu z dávkovaných KO

Množstvo KO	5 000	10 000	15 000	20 000	25 000	kg/deň
oCL						
5 %	188	375	563	750	938	m ³ /deň
10 %	375	750	1 125	1 500	1 875	
15 %	563	1 125	1 688	2 250	2 813	
20 %	750	1 500	2 250	3 000	3 750	
25 %	938	1 875	2 813	3 750	4 688	
30 %	1 125	2 250	3 375	4 500	5 625	
35 %	1 313	2 625	3 938	5 250	6 563	
40 %	1 500	3 000	4 500	6 000	7 500	
45 %	1 688	3 375	5 063	6 750	8 438	
50 %	1 875	3 750	5 625	7 500	9 375	

Pri tak výraznom zvýšení produkcie BP však nesmieme zabúdať ani na technické vybavenie prevádzky. Jedná sa hlavne o kapacitu plynových potrubí, čerpadiel, kapacitu kogeneračnej jednotky, a iné. Platí však, že navýšenie produkcie BP bez výrazných zmien do strojného vybavenia by mala prevádzka zvládnuť do 50 percentného navýšenia, teda v zelenej oblasti tabuľky. Pri navýšení nad 50 % je už funkčnosť technológie plynového hospodárstva otázná, preto sa odporúča vykonať jej kompletnú revíziu, aby sa predišlo možným problémom.

Výpočet ekonomickej bilancie z predaja vyrobenej energie

Bioplyn, ktorý vzniká v procese anaeróbného rozkladu je využívaný v kogeneračnej jednotke (KGJ), v ktorej sa realizuje kombinovaná výroba elektriny a tepla. Bežná účinnosť využitia BP v KGJ je na úrovni cca. 90 %. Podľa literatúry je možné z 1 m³ BP vyrobiť 6 kWh celkovej energie, z ktorej cca. 2 kWh predstavuje elektrickú a 4 kWh tepelnú energiu¹⁸. Vyrobená energia môže byť využitá v rámci administratívnych budov a prevádzky ČOV, prípadne môže byť dodávaná do distribučnej siete. Cena za každú dodanú MWh elektrickej energie bola pre prípad tejto štúdie stanovená na 100 eur s DPH. Zisk z predaja elektrickej energie sa pohybuje ročne od 10 000 do približne 616 000 eur (Tabuľka 7). Vo výpočte sme uvažovali s priamym dodávaním vyrobenej elektrickej energie do distribučnej siete.

Treba spomenúť, že sa jedná o príspevok iba z predaja elektrickej energie získanej z BP vyprodukovaného z KO, teda výsledný zisk by mohol byť ešte vyšší (v prípade predaja elektrickej energie vznikajúcej aj z čistiarenských kalov). Zvýšenie produkcie tepelnej energie zohráva v celkovej energetickej bilancii taktiež významnú úlohu, avšak v tejto štúdii sme tento podiel nebrali do úvahy. Nesmieme však zabúdať aj na výdavky spojené so zberom a zvozom KO, ktoré môžu znížiť zisk z predaja.

Tabuľka 7: Zisk z predaja elektrickej energie vyrobenej z KO

Množstvo KO	5 000	10 000	15 000	20 000	25 000	kg/deň
oCL						
5 %	0,01	0,02	0,04	0,05	0,06	miliónov €/rok
10 %	0,02	0,05	0,07	0,10	0,12	
15 %	0,04	0,07	0,11	0,15	0,18	
20 %	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	
25 %	0,06	0,12	0,18	0,25	0,31	
30 %	0,07	0,15	0,22	0,30	0,37	
35 %	0,09	0,17	0,26	0,34	0,43	
40 %	0,10	0,20	0,30	0,39	0,49	
45 %	0,11	0,22	0,33	0,44	0,55	
50 %	0,12	0,25	0,37	0,49	0,62	

Výpočet vplyvu dávkovaných KO na kvalitu vôd na odtoku z ČOV

Akokoľvek sa javí prídavok KO na ekonomickú prevádzku fermentačného procesu ako pozitívny, môže byť aj problematický z hľadiska vplyvu na vodnú linku, teda na biologický stupeň ČOV, pretože obsahuje pomerne veľa organického materiálu a dusíka. Zvýšením hodnôt parametrov CHSK a N_{cel} v kalovej vode a jej recirkuláciou do vodnej linky ČOV môžu nastať problémy s dosiahnutím požadovaného stupňa čistenia. Následne môže dôjsť k vyšším odtokovým koncentráciám a teda aj k vyšším poplatkom za znečistenie vypúšťané z ČOV do recipienta. Výpočty sú vzťahované na kalovú vodu vznikajúcu pri strojnom odvodnení.

Predpokladáme, že dávkovanie hygienizovaných odpadov sa bude realizovať priamo do VN. Uvažujeme, že z KO sa približne 90 % organických látok rozloží, pričom sa znečistenie vo forme CHSK dostáva do vodného roztoku vo VN (zvyšok sú inertné látky, ktoré zostávajú v kale). Pri anaeróbnej fermentácii vo VN je konverzia organických látok (CHSK z KO rozpustená v kalovej vode) na produkovaný BP asi 85 %, to znamená, že cca. 15 % CHSK zostáva v kalovej vode. Z literárnych údajov je známy zjednodušujúci predpoklad, že 1 kilogram organickej sušiny predstavuje asi 2 kilogramy CHSK¹⁹. V nasledujúcej tabuľke sú uvedené hodnoty zvyškovej CHSK, ktorá zostane v kalovej vode po rozklade a po transformácii do bioplynu. Ide o hodnotu navýšenia CHSK k pôvodnej CHSK kalovej vody, ktorá predstavovala hodnotu 3 500 mg/l.

Tabuľka 8: Zvýšenie hodnôt CHSK v kalovej vode v závislosti od množstva a sušiny KO

Množstvo KO	5 000	10 000	15 000	20 000	25 000	kg/deň
oCL						
5 %	365	711	1 038	1 350	1 646	mg CHSK/l kalovej vody
10 %	730	1 421	2 077	2 700	3 293	
15 %	1 095	2 132	3 115	4 050	4 939	
20 %	1 459	2 842	4 154	5 400	6 585	
25 %	1 824	3 553	5 192	6 750	8 232	
30 %	2 189	4 263	6 231	8 100	9 878	
35 %	2 554	4 974	7 269	9 450	11 524	
40 %	2 919	5 684	8 308	10 800	13 171	
45 %	3 284	6 395	9 346	12 150	14 817	
50 %	3 649	7 105	10 385	13 500	16 463	

Ako je zrejme z vyššie uvedenej tabuľky (Tabuľka 8), k výraznejšiemu zvýšeniu koncentrácie CHSK v kalovej vode nastane až pri vyšších dávkach a vyšších sušinách kuchynských odpadov. Vznikajúca kalová voda je v technológii čistenia vôd recirkulovaná na vstup do ČOV, kde dochádza k jej miešaniu s prichádzajúcou surovou vodou. Tento nárast môže spôsobiť zvýšenie zaťaženia aktivácie a nižšiu

efektivitu čistenia odpadových vôd. Na nami nadimenzovanú čistiareň prichádza surová odpadová voda s organickým znečistením v CHSK ukazovateli 750 mg/l. Výsledné navýšenie koncentrácií CHSK bude približne také, ako je odhadované v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka 9: Zvýšenie hodnôt CHSK v surovej vode v závislosti od množstva a sušiny KO

Množstvo KO	5 000	10 000	15 000	20 000	25 000	kg/deň
oCL						
5 %	3	5	8	10	12	mg CHSK/l surovej vody
10 %	5	11	15	20	25	
15 %	8	16	23	30	37	
20 %	11	21	31	40	49	
25 %	14	26	39	50	61	
30 %	16	32	46	60	74	
35 %	19	37	54	70	86	
40 %	22	42	62	80	98	
45 %	24	48	70	90	110	
50 %	27	53	77	100	123	

Ako môžeme vidieť z tabuľky 9, v reálnej zmesi kalovej a surovej vody zvýšenie koncentrácie CHSK v odpadovej vode nie je príliš vysoké, avšak pri najväčších dávkach pridaných KO môže uvedené zvýšenie dosiahnuť aj hodnoty nad 100 mg/l CHSK.

Zvyšková CHSK z KO obsiahnutá v kalovej vode po zmiešaní so surovou vodou prechádza procesmi čistenia. Pri výpočte sme vychádzali z konzervatívneho predpokladu, že sa z nej v aktivácii rozloží len 50 % (aj keď reálne sa môže rozložiť aj viac ako 75 % organického znečistenia) a zvyšných 50 % sa prejaví na odtoku z ČOV. Tých „konzervatívnych“ 50 % sme zvolili na základe úvahy, že ak rozpustená CHSK z KO po asi 20 dňoch vo VN sa netransformovala anaeróbne na bioplyn, tak asi nie je ľahko rozložiteľná ani v aeróbných podmienkach aktivácie, čo však experimentálne nebolo dokázané. Priemerná hodnota parametra CHSK na odtoku z našej „virtuálnej“ ČOV je na úrovni 20 mg/l. Na základe legislatívy, presnejšie podľa Nariadenia vlády Slovenskej republiky č. 367/2008 Z.z. platia sadzby na výpočet poplatkov za vypúšťanie odpadových vôd pre parameter CHSK na odtoku koncentračné limity 30 a 70 mg/l.

Tabuľka 10: Hodnoty CHSK na odtoku z ČOV v závislosti od množstva a sušiny KO

Množstvo KO	5 000	10 000	15 000	20 000	25 000	kg/deň
oCL						
5 %	21	23	24	25	26	mg CHSK/l
10 %	23	25	28	30	32	
15 %	24	28	32	35	38	
20 %	25	31	35	40	45	
25 %	27	33	39	45	51	
30 %	28	36	43	50	57	
35 %	30	39	47	55	63	
40 %	31	41	51	60	69	
45 %	32	44	55	65	75	
50 %	34	46	59	70	81	

Podľa vyššie uvedených limitov na odtoku a súčasnej vypúšťanej koncentrácie CHSK je v tabuľke 10 zelenou farbou zvýraznená oblasť, kedy je ešte limit 30 mg/l splnený, teda ČOV nebude platiť poplatky za vypúšťané znečistenie. Žltou farbou je naznačená oblasť splnenia limitu 70 mg/l, pričom v červenej oblasti už ani tento limit nie je splnený. Preto môžeme konštatovať, že pri vysokých dávkach KO môžu byť odtokové koncentrácie CHSK nad 70 mg/l, čo môže celý proces čistenia odpadových vôd výrazne

skomplikovať resp. predražiť na poplatkoch. Za vypúšťané znečistenie sa platia poplatky v prípade prekročenia koncentračného aj bilančného limitu. Bilančný limit je pre oba koncentračné limity (30 a 70 mg/l) na úrovni 10 000 kg ročne. Pri prekročení nižšieho koncentračného limitu platí sadzba za 1 kg vypúšťaného znečistenia 0,20 eur a pri prekročení limitu 70 mg/l je táto hodnota dvojnásobná, teda sadza nadobúda hodnotu 0,40 eur za jeden kg CHSK. V tabuľke 11 sú uvedené poplatky za vypúšťané znečistenie CHSK. Z nej je zrejmé, že pri nižších množstvách a organických sušinách pridávaných KO do reakčného systému nedochádza k prekročeniu koncentračného limitu a vyhneme sa tak poplatkom. Červeno zafarbená oblasť v tejto tabuľke už predstavuje konkrétne teoretické ročné hodnoty poplatkov v eurách za vypúšťané znečistenie, pretože v týchto prípadoch bol prekročený nielen koncentračný, ale aj bilančný limit.

Tabuľka 11: Výška poplatkov za vypúšťané znečistenie CHSK

Množstvo KO	5 000	10 000	15 000	20 000	25 000	kg/deň
oCL						
5 %	0	0	0	0	0	€/rok
10 %	0	0	0	52 436	56 286	
15 %	0	0	55 134	61 205	66 979	
20 %	0	53 359	61 879	69 973	77 672	
25 %	0	57 974	68 624	78 741	88 365	
30 %	0	62 589	75 369	87 509	99 058	
35 %	0	67 204	82 114	96 278	109 751	
40 %	53 858	71 819	88 858	105 046	120 444	
45 %	56 228	76 434	95 603	113 814	262 208	
50 %	58 598	81 049	102 348	245 103	283 588	

Kuchynský odpad obsahuje vyšší podiel bielkovín, rozkladom ktorých sa uvoľňuje dusík. To môže mať negatívny vplyv na rozkladné procesy a proces tvorby metánu v dôsledku produkcie amoniaku a následnej inhibície procesov. V kuchynských odpadoch bolo štúdiami a rozbormi zistené zastúpenie dusíka na úrovni asi 3 %. Dusík prítomný v KO sa do BP dostáva len v zanedbateľnom množstve, pričom jeho väčšia časť sa v anaeróbnom prostredí viaže do novej biomasy alebo prechádza do vznikajúcej kalovej vody (naš výpočtový predpoklad je, že až 90 % dusíka sa konverziou dostane do kalovej vody, ktorý je následne recirkulovaný do technologického procesu čistenia).

Tabuľka 12: Zvýšenie hodnôt N_{cel} v kalovej vode v závislosti od množstva a sušiny KO

Množstvo KO	5 000	10 000	15 000	20 000	25 000	kg/deň
oCL						
5 %	36	71	104	135	165	mg N_{cel} /l kalovej vody
10 %	73	142	208	270	329	
15 %	109	213	312	405	494	
20 %	146	284	415	540	659	
25 %	182	355	519	675	823	
30 %	219	426	623	810	988	
35 %	255	497	727	945	1 152	
40 %	292	568	831	1 080	1 317	
45 %	328	639	935	1 215	1 482	
50 %	365	711	1 038	1 350	1 646	

Kalová voda bez dávkovaných KO dnes obsahuje 450 mg/l celkového dusíka. Červená oblasť danej tabuľky (Tabuľka 12) predstavuje hodnoty, kedy dochádza k dvojnásobnému zvýšeniu dusíka v kalovej vode.

Pri výpočte nárastu dusíka v surovej vode uvažujeme rovnaký zmiešavací faktor (ZF) ako v prípade výpočtu nárastu CHSK v kalovej vode, teda ZF = 134 (prevrátená hodnota podielu denného množstva kalovej vody a súčtu denného množstva kalovej a surovej vody).

Tabuľka 13: Zvýšenie hodnôt N_{cel} v surovej vode v závislosti od množstva a sušiny KO

Množstvo KO	5 000	10 000	15 000	20 000	25 000	kg/deň
oCL						
5 %	0	1	1	1	1	mg N_{cel} /l surovej vody
10 %	1	1	2	2	2	
15 %	1	2	2	3	4	
20 %	1	2	3	4	5	
25 %	1	3	4	5	6	
30 %	2	3	5	6	7	
35 %	2	4	5	7	9	
40 %	2	4	6	8	10	
45 %	2	5	7	9	11	
50 %	3	5	8	10	12	

Z vyššie uvedenej tabuľky (Tabuľka 13) vyplýva, že po zmiešaní kalovej a surovej vody nedochádza k výraznému zvýšeniu koncentrácie dusíka na vstupe do čistiarne. V zelenej oblasti tabuľky 13 sú uvedené hodnoty, kedy dôjde k nárastu koncentrácie maximálne o 20 % z pôvodnej vstupnej koncentrácie dusíka, ktorá predstavuje 64 mg/l.

Podobne ako aj v predošlom výpočte nárastu CHSK na odtoku z ČOV, aj v prípade výpočtu nárastu koncentrácie dusíka na odtoku z ČOV vychádzame z predpokladu, že sa v aktivácii nitrifikáciou a denitrifikáciou odstráni len 50 % z privedeného množstva dusíka. Zvyšných 50 % sa prejaví na odtoku z ČOV. Referenčná odtoková koncentrácia celkového dusíka na ČOV je priemerne 7,5 mg/l. Odvolávajúc sa na Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 367/2008 Z.z. platia pre parameter N_{cel} na odtoku limity pre poplatky za vypúšťanie 10 mg/l s bilančným limitom nad 75 000 kg a 15 mg/l s bilančným limitom 10 000 až 75 000 kg ročne.

Tabuľka 14: Hodnoty N_{cel} na odtoku z ČOV v závislosti od množstva a sušiny KO

Množstvo KO	5 000	10 000	15 000	20 000	25 000	kg/deň
oCL						
5 %	7,6	7,8	7,9	8,0	8,1	mg N_{cel} /l
10 %	7,8	8,0	8,3	8,5	8,7	
15 %	7,9	8,3	8,7	9,0	9,3	
20 %	8,0	8,6	9,0	9,5	10,0	
25 %	8,2	8,8	9,4	10,0	10,6	
30 %	8,3	9,1	9,8	10,5	11,2	
35 %	8,5	9,4	10,2	11,0	11,8	
40 %	8,6	9,6	10,6	11,5	12,4	
45 %	8,7	9,9	11,0	12,0	13,0	
50 %	8,9	10,1	11,4	12,5	13,6	

V tabuľke 14 sú farebne rozlíšené oblasti, pri ktorých nedôjde k prekročeniu limitu (zelená oblasť), oblasť pri ktorej sme v intervale koncentrácie vypúšťaného dusíka 10 až 15 mg/l (žltá oblasť) a oblasť, pri ktorej je prekročený aj menej prísny limit – 15 mg/l. Samotné limity sú v tomto prípade prísnejšie, nakoľko nadmerné vypúšťanie dusíka z ČOV môže výrazne ovplyvniť režim vodného toku/recipienta, pričom môže dochádzať k eutrofizácii.

Rovnako ako aj v prípade znečistenia CHSK, odplaty sa platia v prípade, ak dôjde k prekročeniu koncentračného aj bilančného limitu. Pri prekročení vyššieho aj nižšieho limitu je sadzba za 1 kg vypúšťaného znečistenia vo forme celkového dusíka 0,50 eur. Vypočítané poplatky za vypúšťané znečistenie sú uvedené v tabuľke 15. Ako je zrejmé z tejto tabuľky, pri nižších množstvách dávkaných KO je možné až do 45 percentnej sušiny dosiahnuť požadovanú čistiacu účinnosť a tak sa vyhnúť zbytočným výdavkom vo forme platenia poplatkov.

Tabuľka 15: Výška poplatkov za vypúšťané znečistenie N_{cel}

Množstvo KO	5 000	10 000	15 000	20 000	25 000	kg/deň
oCL						
5 %	0	0	0	0	0	€/rok
10 %	0	0	0	0	0	
15 %	0	0	0	0	0	
20 %	0	0	0	0	0	
25 %	0	0	0	43 670	46 076	
30 %	0	0	0	45 862	48 748	
35 %	0	0	44 513	48 053	51 421	
40 %	0	0	46 199	50 245	54 094	
45 %	0	0	47 885	52 437	56 766	
50 %	0	44 247	49 571	54 628	59 439	

Záver

Práca poukazuje na možnosť využitia kuchynských odpadov ako substrátu vhodného pre kofermentáciu na čistiarnach odpadových vôd a definuje jeho vplyv na technologické parametre prevádzok. V programe MS Excel bol zostavený jednoduchý program na výpočet dopadov prídavku externých substrátov na prevádzku nami testovanej ČOV.

Na základe vyššie uvedených výpočtov, tabuliek a znalostí z odbornej literatúry sme pri našej fiktívnej ČOV dospeli k záveru, že kofermentácia KO vo vyhnivacích nádržiach môže mať nielen pozitíva, ale aj negatíva. Všeobecne platí, že pri kofermentácii KO sa zvyšuje zaťaženie vo VN, čím sa zvyšuje aj denná produkcia BP. Vyprodukovaný BP je ďalej možné v kogeneračnej jednotke premeniť na energiu (elektrickú a tepelnú). Vyrobená energia môže dopomáhať k čiastočnej energetickej sebestačnosti ČOV, príp. môže byť dodávaná do distribučnej siete a tak môže ČOV zvýšiť profit za jej predaj.

Keďže do VN okrem čistiarenskeho kalu dávujeme aj KO, zvýši sa okrem produkcie BP aj produkcia kalu, čo už môže negatívne vplyvať na celú ekonomickú bilanciu, keďže novovzniknutý kal tiež treba spracovať a zabezpečiť jeho odvoz z ČOV. Prídavok KO môže byť problematický aj z hľadiska vplyvu na biologický stupeň ČOV, pretože obsahuje významný podiel organického materiálu a dusíka. Zvýšením hodnôt parametrov CHSK a N_{cel} v kalovej vode a jej recirkuláciou do vodnej linky ČOV môžu nastať problémy s dosahovaním požadovaného stupňa čistenia. Následne môže dôjsť k vyšším odtokovým koncentráciám a aj vyšším poplatkom za znečistenie vypúšťané z ČOV do recipienta.

Každá ČOV je však špecifická vzhľadom na čistiacu technológiu a prebiehajúce procesy. Vo výpočtoch boli použité viaceré zjednodušenia a nakoľko sa jedná o výpočet s literárnymi číslami, môžeme odhadnúť, že reálne čísla sú v intervale $\pm 25\%$. S najväčšou pravdepodobnosťou ani samotná produkcia KO nebude tých 100 kilogramov ročne na jednu osobu, avšak zavedením povinnosti separovať KO môžeme očakávať postupný rast zbieraných odpadov.

Reálny prídavok KO ku surovému kalu vstupujúcemu do VN môžeme uvažovať približne 30 až 35 % oCL/oCL, preto ak by ČOV nemala kapacitu poňať celé množstvá zbieraných KO, vhodnejšou alternatívou by bolo vybudovanie novej bioplynovej stanice, ktorá by bola postačujúca pre celú kapacitu produkovaných KO. V tom prípade však dochádza k vzniku digestátu, ktorý bude potrebné spracovať. Tuhá zložka by možno našla uplatnenie v poľnohospodárstve ako hnojivo, tekutá zložka s pomerne vysokým obsahom dusíka (stovky mg N_{cel} na liter) s najväčšou pravdepodobnosťou bude musieť byť spracovaná na blízkej ČOV. V takomto prípade je potrebné zabezpečiť požadovaný stupeň čistenia odpadových vôd a dosiahnutie odtokových parametrov.

S rastúcimi množstvami externých substrátov narastá aj riziko narušenia procesov prebiehajúcich na ČOV, čo je spojené so zhoršenou efektivitou čistenia a vyššími hodnotami koncentrácií parametrov na odtoku z ČOV. Z energetického hľadiska bude čistiareň sebestačná, vyrobí väčšie množstvo energie a dosiahne vyšší zisk. Netreba však zabúdať na fakt, že z environmentálneho hľadiska bude dochádzať k vyššiemu zaťaženiu recipienta organickým znečistením a celkovým dusíkom. Čistiarene prešli

v minulých rokoch nákladnými rekonštrukciami zameranými na zvýšené odstraňovanie nutričov a v súčasnosti dosahujú veľmi dobré odtokové parametre. Z toho hľadiska by nemala vidina možného zisku z príjmu odpadov presahovať riziko spojené s možnosťou narušenia fungujúcej technológie a zhoršenými odtokovými parametrami. Kofermentácia čistiarenskeho kalu s KO na ČOV je možná, avšak z environmentálneho hľadiska sa nejaví vždy ako optimálne riešenie nakladania s KO.

Literatúra

- 1 Antón-Peset, A., Fernandez-Zamudio, M.-A., Pina, T.: Sustainability 13(2), 600 (2021).
- 2 Mehariya, S., Patel, A. K., Obulisamy, P. K., Punniyakotti, E., Wong, J. W. C.: Bioresour. Technol. 268, 519 (2018).
- 3 Čegiňová K.: *Využitie kuchynských a reštauračných odpadov na zvýšenie produkcie bioplynu na komunálnych ČOV. Diplomová práca.* Slovenská technická univerzita v Bratislave, Bratislava 2021.
- 4 Nariadenie Komisie (EÚ) č.142/2011 z 25. februára 2011, ktorým sa vykonáva nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 1069/2009, ktorým sa ustanovujú zdravotné predpisy týkajúce sa vedľajších živočíšnych produktov a odvodených produktov určených na ľudskú spotrebu, a ktorým sa vykonáva smernica Rady 97/78/ES, pokiaľ ide o určité vzorky a predmety vyňaté spod povinnosti veterinárnych kontrol na hraniciach podľa danej smernice.
- 5 Brath Liebscherová K.: Čo môžeme robiť s kuchynským odpadom? <https://www.odpady-portal.sk/Dokument/106409/co-mozeme-robit-s-kuchynskym-odpadom.aspx#sdfotnote2anc>, stiahnuté 10.02.2022.
- 6 Zákon č. 79/2015 Z. z. o odpadoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov (§81, ods.7).
- 7 Mu, L., Zhang, L., Zhu, K., Ma, J., Ifran, M., Li, A.: Sci. Total Environ. 704, 135429 (2020).
- 8 Chmielewská E.: *Odpady*, Prírodovedecká fakulta UK, Bratislava 1997.
- 9 Sembera, C., Macintosh, C., Astals, S., Koch, K.: Waste Manage. 95, 217 (2019).
- 10 Aichinger, P., Wadhawan, T., Kuprian, M., Higgins, M., Ebner, C., Fimml, C., Murthy, S., Wett, B.: Water Res. 87,416 (2015).
- 11 Koch, K., Plabst, M., Schmidt, A., Helmreich, B., Drewes, J. E.: Waste Manage. 47, 28 (2016).
- 12 Nghiem, L. D., Koch, K., Bolzonella, D., Drewes, J. E.: Renew. Sustain. Energy Rev. 72, 354 (2017).
- 13 Vivekanand, V., Mulat, D. G., Eijsink, V. G. H., Horn, S. J.: Bioresour. Technol. 249, 35 (2018).
- 14 Awe, O. W., Zhao, Y., Nzihou, A., Pham Minh, D., Lyczko, N.: Int. J. Environ. Stud. 75, 496 (2018).
- 15 Banks, C. J., Heaven, S., Zhang, Y., Baier, U.: Food waste digestion: Anaerobic Digestion of Food Waste for a Circular Economy, IEA Bioenergy Task 37 (2018). https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2018/12/Food-waste_WEB_END.pdf, stiahnuté 10.02.2022.
- 16 Macintosh, C., Astals, S., Sembera, C., Ertl, A., Drewes, J. E., Jensen, P. D., Koch, K.: Appl. Energy 242, 797 (2019).
- 17 Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 279/2003 Z.z. ktorým sa ustanovujú zdravotné predpisy týkajúce sa živočíšnych vedľajších produktov, ktoré nie sú určené na ľudskú spotrebu (príloha č. 7, strana 38).
- 18 Mikolaj, D., Horbaj, P.: Zjednodušený výpočet množstva bioplynu vznikajúceho z exkrementov v poľnohospodárstve, grafické určenie návratnosti investície a vhodného typu kogeneračnej jednotky. <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/zjednoduseny-vypocet-mnozstva-bioplynu-vznikajuceho-z-exkrementov-v-polnohospodarstve-graficke-urcenie-navratnosti>, stiahnuté 10.2.2022.
- 19 Drtil, M., Hutňan, M.: *Technologický projekt*, Slovenská chemická knižnica FCHPT STU v Bratislave, Bratislava 2013.

Co-fermentation of food waste on municipal WWTP - a good idea (?)

Dóra VARJÚOVÁ^a, Katarína ČEGIŇOVÁ^a, Miloslav DRTIL^a, Štefan SOJKA^b, Igor BODÍK^a

^aDepartment of Environmental Engineering, Faculty of Chemical and Food Technology, Slovak University of Technology in Bratislava, Radlinského 9, 812 37 Bratislava, Slovak republic
e-mail: varjuovadora@gmail.com

^bBIONERGY, a.s., Prešovská 48, 826 09 Bratislava

Summary

The topic of the presented work is to point out the positives and negatives of co-fermentation of food waste in the digestion tanks of municipal WWTPs. The primary goal of the process is to ensure the appropriate management of this waste, which is energy efficient in terms of increased biogas production. Based on our proposed technological and operational parameters for a wastewater treatment plant with a total capacity of 90,000 population equivalent, a calculation program was compiled in the MS Excel program, which describes the impact of food waste addition on selected operating parameters of the digestion tank. The work also defined the impact of food waste on runoff parameters at the outlet of the wastewater treatment plant, which directly affect the economic balance of the operation.

Keywords: biogas, co-fermentation, food waste, WWTP.

TVIP 2022

Týden vědy a inovací pro praxi a životní prostředí

www.tvip.cz

Vážení příznivci aplikovaného výzkumu, dovoluujeme si vás pozvat na další ročník **Týdne výzkumu a inovací pro praxi a životní prostředí – TVIP 2022**, který proběhne ve dnech 20.–22. 9. 2022 v Hustopečích u Brna.

Letošní TVIP zastřešuje dvě tématicky specializovaná odborná setkání: konferenci **APROCHEM** a symposium **ODPADOVÉ FÓRUM**.

20.–22. 9.

Hustopeče u Brna
www.tvip.cz

ODPADOVÉ FÓRUM 2022

Výsledky výzkumu a vývoje pro průmyslovou a komunální ekologii – 16. ročník:

- VĚDA A VÝZKUM PRO OBĚHOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ
- OVZDUŠÍ
- ODPADY
- VODA

APROCHEM 2022

Rizikový management – 30. ročník:

- POSUZOVÁNÍ A ŘÍZENÍ RIZIK
- MANAGEMENT ŘEŠENÍ HAVARIJNÍCH SITUACÍ
- PREVENCE ZÁVAŽNÝCH PRŮMYSLOVÝCH HAVÁRIÍ
- ZKUŠENOSTI Z ODSTRAŇOVÁNÍ NÁSLEDKŮ HAVÁRIÍ
- RIZIKA VYPLÝVAJÍCÍ Z NOVÝCH VÝZEV
- BEZPEČNOST A HYGIENA PRÁCE

DŮLEŽITÉ TERMÍNY

Termín konání
20.–22. 9. 2022

Termín přihlášek příspěvků
do 31. 7. 2022

Termín plných textů
do 31. 8. 2022

Termín přihlášek účasti
do 2. 9. 2022

VÁŽENÍ PŘÍZNIVCI APLIKOVANÉHO VÝZKUMU,

dovolujeme si Vás pozvat na další ročník **Týdne výzkumu a inovací pro praxi a životní prostředí – TVIP**, který proběhne ve dnech **20. – 22. září 2022** opět v **Hustopečích** u Brna. Letošní TVIP opět zastřešuje dvě tematicky specializovaná odborná setkání: konferenci **APROCHEM** a symposium **ODPADOVÉ FÓRUM**.

APROCHEM

Konference tematicky pokrývá oblast řízení rizik a bezpečnosti. Zaměřuje se zejména na **řízení průmyslových rizik a rovněž na rizika při správě regionů, měst a obcí**. Konference odráží význam výzev vyplývajících ze změn ovlivňujících naši společnost v oblasti širokého spektra rizikového managementu (mezinárodní bezpečnostní situace, bezpečnost kritické infrastruktury v souvislosti s uplatňováním nových technologií, rozšiřováním energetického mixu o alternativní zdroje energie, změnami klimatu atd.).

RIZIKOVÝ MANAGEMENT A PREVENCE A ODSTRAŇOVÁNÍ HAVÁRIÍ

<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Posuzování a řízení rizik <input type="checkbox"/> Prevence závažných průmyslových havárií <input type="checkbox"/> Zkušenosti z odstraňování následků havárií <input type="checkbox"/> Rizika při nakládání s chemickými látkami a přípravky 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Rizika související s nanomateriály (např. ve vztahu k potravinám) <input type="checkbox"/> Rizika vyplývající z nových výzev (změna klimatu, nástup chytrých technologií, využití alternativních zdrojů energie a dopady geopolitických změn) <input type="checkbox"/> Bezpečnost a hygiena práce
---	--

ODPADOVÉ FÓRUM

16. ročník symposia, jehož plný název je „**Výsledky výzkumu a vývoje pro průmyslovou a komunální ekologii**“, pokračuje ve svém rozšířeném záběru na celou oblast průmyslové a komunální ekologie. Znamená to, že vedle příspěvků z oblasti odpadového hospodářství a sanací ekologických zátěží mají zde prostor i témata související s vodním hospodářstvím a emisemi škodlivých látek do ovzduší. V souvislosti s přípravami na přechod k oběhovému hospodářství je navíc součástí i oblast **Věda a výzkum pro oběhové hospodářství**.

VODA	OVZDUŠÍ
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Čištění průmyslových odpadních vod <input type="checkbox"/> Získávání cenných látek z odpadních vod <input type="checkbox"/> Recyklace vody <input type="checkbox"/> Nakládání s kaly, kapalné odpady 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Čištění odpadních plynů a spalín <input type="checkbox"/> Snižování a měření emisí <input type="checkbox"/> Doprava a lokální zdroje <input type="checkbox"/> Kvalita ovzduší a zdravotní dopady znečištění ovzduší
ODPADY	VĚDA A VÝZKUM PRO OBĚHOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Systémové otázky odpadového hospodářství <input type="checkbox"/> Materiálové, biologické a energetické využití <input type="checkbox"/> Nebezpečné odpady, odstraňování odpadů <input type="checkbox"/> Sanace ekologických zátěží a následků havárií 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Šance a bariéry cirkulární ekonomiky <input type="checkbox"/> Nové zdroje surovin a energie <input type="checkbox"/> Inovativní technologické postupy a technologie <input type="checkbox"/> Nové materiály a jejich aplikace (bio- a nanomateriály)

KLÍČOVÉ TERMÍNY

Přihlášky příspěvků	31. 7. 2022
Zaslání plných textů do sborníku	31. 8. 2022
Přihlášky účasti	2. 9. 2022
Termín konání	20. – 22. 9. 2029

CENY VLOŽNÉHO

Plné vložné	4 900 Kč
Dvoudenní vložné	4 350 Kč
Jednodenní vložné	3 800 Kč

OHLÉDNUTÍ ZA POSLEDNÍMI ROČNÍKY

	2019	2020/2021 (*covid-19)
Počet účastníků	190	135
Počet přednášek	64	60
Počet vývěsek	17	12

PŘIHLÁŠKY PŘÍSPĚVKŮ A PREZENTACE PŘEDNÁŠEK

Příspěvky na TVIP mohou mít povahu přednášky v odborné sekci (15 min. přednáška a 5 min. diskuse) nebo vývěsky. Vývěsky mohou být až do formátu A0 na výšku, větší rozměry je třeba konzultovat s pořadatelem.

Termín přihlášek příspěvků je **31. 7. 2022**. Přihlášky je možné zasílat výhradně prostřednictvím elektronického formuláře na www.tvip.cz. Pořadatel potvrzuje přijetí přihlášky a vyhrazuje si právo konečného rozhodnutí o přijetí příspěvku, formě jeho prezentace a zařazení do konkrétní sekce a programu.

Po uvedeném datu je možno přihlásit příspěvek buď po výzvě přípravného výboru, nebo do naplnění kapacity (sestavení konečného programu). Jednací jazyk je čeština a slovenština. Zahraniční přednášející (i posluchači) jsou vítáni, ale tlumočení nezajišťujeme. Komerční prezentace na konferenci je možná, více na www.tvip.cz.

PLNÉ TEXTY PŘEDNÁŠEK

Autory všech příspěvků, přednášek i vývěsek žádáme o včasné předání konečného, graficky upraveného plného textu příspěvku v elektronické podobě v MS Word nejpozději do **31. 8. 2022**. Požadavky na grafickou úpravu textů do sborníku jsou uvedeny na internetových stránkách TVIP, kde je rovněž i vzorová šablona pro psaní textů. Sborník TVIP je vydáván v elektronické formě s označením ISBN.

PUBLIKACE VE WASTE FORUM

Časopis WASTE FORUM, který je dlouholetým mediálním i odborným garantem TVIP, je od roku 2017 indexován v databázi SCOPUS. V případě zájmu o publikaci příspěvku ze symposia v časopisu je toto možné. Publikací jazyk je angličtina, čeština a slovenština. Redakční uzávěrky jsou pravidelně 8. 1., 8. 4., 8. 7. a 8. 10. Text je třeba upravit podle redakčních zvyklostí (více na www.wasteforum.cz/ v sekci Pro autory). Příspěvky jsou posuzovány minimálně dvěma nezávislými recenzenty. Hotové číslo bývá vystaveno na internetu zhruba 10 – 11 týdnů po redakční uzávěrce. Všechna čísla časopisu (aktuální i archivní) jsou volně ke stažení na stránkách www.wasteforum.cz.

PŘIHLÁŠKY ÚČASTI

K účasti na TVIP se přihlašuje prostřednictvím formuláře na www.tvip.cz. Jeho součástí je i specifikace objednaného ubytování a rozsahu stravování. Bližší informace na stránkách internetu. **Termín pro přihlášení je 2. 9. 2021**. K účasti se přihlašují (a platí vložně) i autoři příspěvků, přednášky nejsou honorované. Za neodpřednášenou přednášku či za nevystavený poster fakturujeme poplatek 1000 Kč za zařazení příspěvku do programu a uveřejnění textu ve sborníku.

DRUHÝ CIRKULÁŘ A DALŠÍ INFORMACE

Druhý cirkulář s předběžným programem bude rozeslán v polovině srpna. Veškeré, průběžně aktualizované informace k TVIP naleznete na internetových stránkách www.tvip.cz. Konkrétní dotazy a připomínky adresujte buď na níže uvedené garanty, nebo na společnou adresu tvip@cemc.cz.

POŘADATEL

České ekologické manažerské centrum, z.s.
28. pluku 524/25, Praha 10, PSČ 101 00
www.tvip.cz, tvip@cemc.cz
Tel.: (+420) 274 784 417
IČO: 45249741, DIČ: CZ45249741
Číslo účtu: 27534061/0100

KONTAKTY

- ▣ Ing. Vladimír Študent, hlavní garant – studentv@cemc.cz
- ▣ Ing. Ondřej Procházka, CSc., programový garant OF – prochazka@cemc.cz
- ▣ Ing. Jiří Študent, programový garant AP student@cemc.cz