

Pokrok ve vývoji nástroje pro predikci produkce a složení komunálních odpadů

Radovan Šomplák, Martin Pavlas, Veronika Smejkalová

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav procesního inženýrství,

Technická 2, 616 69 Brno, Česká Republika;

e-mail: somplak@upei.fme.vutbr.cz; tel.: +420 541 144 908

Souhrn

Příspěvek prezentuje metodiku odhadu složení a budoucí produkce směsného komunálního odpadu na základě kombinace regresních modelů a rozborů v různých typech zástavby. Pomocí dat týkajících se tříděného sběru jsou odhady složení verifikovány a korigovány. Pro potřeby plánování v odpadovém hospodářství byla provedena prognóza produkce a složení komunálního odpadu do roku 2020 (tříděný sběr) a 2024 (směsný komunální odpad). Prognóza byla založena na analýze trendů historických dat. Výsledky jsou vzájemně bilancovány, aby odpovídaly hmotnostní toky jednotlivých typů odpadů v rámci územního rozdělení (např. součet produkce odpadu ve všech krajích odpovídá produkci v ČR).

1. Úvod

V souladu s platným *Plánem odpadového hospodářství* (POH) [1] bude v následujících letech nutné provést řadu změn v oblasti odpadového hospodářství (OH). Mimo jiné bude nutné modernizovat současnou zpracovatelskou infrastrukturu. Pro efektivní plánování v OH je důležitý kvalitní odhad produkce odpadů. Přístup, který byl využit v rámci POH, byl představen v [2]. Vyprodukované množství odpadu souvisí s hospodářským růstem jednotlivých států. Tento vliv byl diskutován v rámci článku [3]. Prognózou vývoje nakládání s komunálními odpady (KO) se zabýval také text [4]. Další vývoj OH budou ovlivňovat především ekonomické aspekty. Vliv těchto faktorů na produkci odpadů ve Slovenské Republice byl prezentován v [5]. Potenciál změny k efektivnějšímu nakládání s KO je možné odvozovat z vyspělých států západní Evropy. Využití analogie s historickým vývojem ve vybraném regionu Německa při návrhu cílů separace pro ČR je zpracována v [6]. Aktuální mírou účinnosti separace KO v podmínkách ČR se zabývala práce [7]. Ve studii [8] jsou prezentovány ukázky efektivního nakládání s KO v rámci ČR v případě několika měst a obcí. Jedním z hlavních témat OH jsou ekonomické dopady na producenty odpadů. Hodnocení nákladů na zpracování KO je uvedeno v [9]. Novým proudem z pohledu separace KO je bioodpad. Od roku 2014 je povinností každé obce zajistit možnost separace bioodpadů. Touto problematikou se zabývala studie [10].

V roce 2015 se autorský kolektiv podílel na řešení rozsáhlé studie pro MŽP s názvem *Příprava podkladů pro oblast podpory odpadového hospodářství 2014 až 2020*. Dílčím a podstatným výstupem projektu byl dokument *Návrh optimální sítě zařízení v krajích a v ČR*. Jedním z klíčových úkolů bylo vypracování návrhu optimální sítě nakládání s nebezpečnými odpady (NO), biologicky rozložitelnými odpady (BRO) a zbytkovými odpady vhodnými pro energetické využití (zejména směsné komunální odpady - SKO). Byla zohledněna environmentální a ekonomická kritéria. Výpočet probíhal na úrovni obcí s rozšířenou působností (ORP) s využitím nástroje *NERUDA* (výpočtový nástroj byl detailně

představen v [11]). Nezbytným vstupem byla prognóza produkce klíčových toků na úrovni ORP.

Tento příspěvek sumarizuje přístup k prognózování produkce a složení odpadu. Vzhledem k rozsáhlosti a omezenému prostoru příspěvku jsou ukázány výsledky pro SKO a odděleně sbíraný papír a plast.

2. Datová základna - odpady

Základem prognózy byla analýza trendu historických dat z období 2009 až 2013. V tomto příspěvku je shrnut:

- i) Odhad složení SKO v období 2009–2013
- ii) Prognóza produkce do sledovaného období 2020 a 2024 založená na analýze trendu
- iii) Odhad produkce SKO a tříděných složek KO (papír, plasty) v období 2020 a 2024

Analýza produkce vybraných KO popsaných v tomto textu se věnuje následujícím typům odpadů:

- 1) Směsný komunální odpad – systém obce (odpad produkováný obcemi a občany obce).
- 2) Směsný komunální odpad – produkce firem (mimo systém obce).
- 3) Vybrané tříděné složky komunálního odpadu – SEP-PAP, SEP- PLAST (systém obce).

Základní vstupní datové sady:

- veřejně dostupná databáze VISOH (data z období 2009 až 2013, bez rozlišení původce). Produkce jednotlivých odpadových sub-toků byla vypočítána na základě principu metodiky Zpracování matematického vyjádření výpočtu "soustavy indikátorů OH". Do produkce jednotlivých odpadových sub-toků byly uvažovány kódy způsobu nakládání A00, BN30, AN60.
- data poskytnutá agenturou CENIA na základě požadavku autorů (data do roku 2013, odpad produkováný obcemi a občany obce). Jednalo se o kódy způsobu nakládání A00 a BN30.

Pro body 1 a 3 byla provedena rozsáhlá analýza založená na odhadech složení směsného komunálního odpadu (SKO). Jako zdroj informací byla využita datová sada zahrnující pouze produkci ze systému obce (viz výše). U bodu 2 byla provedena pouze analýza založená na historických datech (analýza trendu). Jako zdroj dat byla použita data o produkci bez rozlišení původce a také data ze systému obce. Za produkci firem byl považován rozdíl produkcí příslušných katalogových čísel (všichni původci minus systém obce).

Z důvodu udržení řešitelnosti celé prognózy byla katalogová čísla rozdělena do skupin kódů (sub-toků) označených pro účely této studie jako „SEP-PAP“ separovaný papír a „SEP-PLA“ separovaný plast, které zahrnovaly následující katalogová čísla (odpad produkováný obcemi a občany obce, viz tab. 1).

Tab. 1: Katalogová čísla zahrnutá do prognózy

tok	Zahrnutá katalogová čísla
SEP-PLA	20 01 39 Plasty
	15 01 02 Plastové obaly
SEP-PAP	20 01 01 Papír a lepenka
	15 01 01 Papírové a lepenkové obaly

Pro ostatní katalogová čísla produkovaná v rámci systému obce (jako např. Dřevěné obaly 15 01 03, Kovové obaly 15 01 04, Kompozitní obaly 15 01 05, Směsné obaly 15 01 06, Skleněné obaly 15 01 07, Textilní obaly 15 01 09, Sklo 20 01 02, Biologicky rozložitelný odpad z kuchyní a stravoven 20 01 08, Kovy 20 01 40, biologicky rozložitelný odpad 20 02 01) z důvodu jejich charakteru (vysoká variabilita v datech, velké množství extrémních hodnot, atd.) a celkově malému procentu zastoupení ve zbytkovém SKO není detailní analýza realizovatelná a ani nutná vzhledem k cílům vlastního projektu.

3. Odhad složení SKO ze systému obce – použitý přístup

Postup analýzy (odhadu) se skládá z několika kroků:

- 1) Odhad složení SKO v roce 2009 (dostupné rozbor).
- 2) Odhad složení pro období 2010 – 2013 (dostupná data z ISOH).
- 3) Analýza trendu do roku 2024.

Prvním krokem je odhad složení SKO v roce 2009 pro jednotlivé ORP. V tomto časovém okamžiku začíná hodnocená časová řada a současně z tohoto období pochází většina dostupných analýz složení SKO (aktuálnější data nemají autoři k dispozici). K odhadu složení SKO byla využita regresní analýza. Nezávislou proměnnou bylo množství obyvatel v uvažovaných typech zástavby. Data byla agregována pro ORP jakonejmenší uvažovanou územní jednotku v představenou v analýze. Agregovaná data o zastoupení různých typů zástavby pro celou ČR jsou zobrazena v tab. 2.

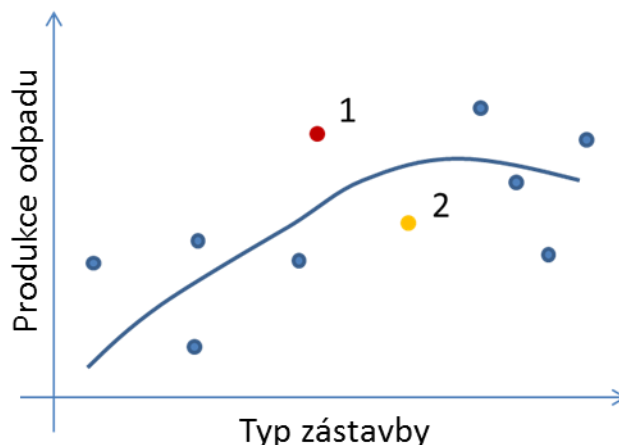
Tab. 2: Typ zástavby (území celé ČR)

Typ zástavby (počet obyv. na jedno č. p.)	0–8	8–30	30–60	60–1200
Procentuální zastoupení	51,7 %	20,3 %	17,8 %	10,3 %

Zdroj: Vlastní analýza VUT v Brně

Z důvodu, že vytvořený regresní model (závislost produkce odpadu na typu zástavby) popisuje průměrnou obec (s daným typem zástavby), reálné hodnoty pro jednotlivé obce se od regresního modelu různě odklání. Situace je znázorněna na motivačním obr. 1. Červený bod (1) představuje obec, kde je zastoupena sledovaná frakce více než předpovídá regresní model. Naopak žlutý bod (2) prezentuje obec se zastoupením dané frakce nižším než udává vytvořený model.

Obr. 1: Motivační princip tvorby modelů produkce předmětných typů odpadů



Variabilitu v datech je možné korigovat na základě informace o množství separovaných složek v jednotlivých ORP. Úvaha vychází z předpokladu, že čím více se separuje, tím méně daného typu odpadu zůstává v SKO. Bylo tedy stanoveno pravidlo, že podobné obce z pohledu rozložení typu zástavby mají podobnou produkci jednotlivých frakcí KO (tříděný sběr plus obsah v SKO) na obyvatele. Aby bylo možné pracovat dohromady se složením SKO a údaji o výtěžnosti tříděného sběru, bylo nutné pro obě části vytvořit stejné modely (odhady produkce průměrné obce s danou zástavbou). U SKO byl odhad stanoven na základě dat z rozborů odpadů, které mělo VUT v Brně v době zpracování analýzy k dispozici: Jedná se o následující rozborů:

- tři typy zástavby, 12 rozborů pro každou zástavbu v období 11/2008 až 10/2009, VaV/SP/2f1/132/08
- čtyři typy zástavby, Hl. m. Praha, dva rozborů pro každou zástavbu v období 11/2007 až 04/2008
- městská zástavba, město A (region severní Morava), dva rozborů v období 2/2012
- dva typy zástavby, město B (region jižní Čechy), tři rozborů pro každý typ zástavby v roce 2008
- tři typy zástavby, Plzeň, čtyři rozborů pro každý typ zástavby v roce 2009, TIC
- tři typy zástavby, Olomouc, výsledná hodnota ze série 24 měření pro každý typ zástavby v období 09/2008 až 08/2010, VaV SP/2f1/166/08
- dva typy zástavby, Jihlava, rozbor pro každou zástavbu v roce 2012, EAV- BOKU Vídeň.

V případě lokalit A a B (viz předchozí výčet bodů) nebyl získán souhlas se zveřejněním bližších údajů.

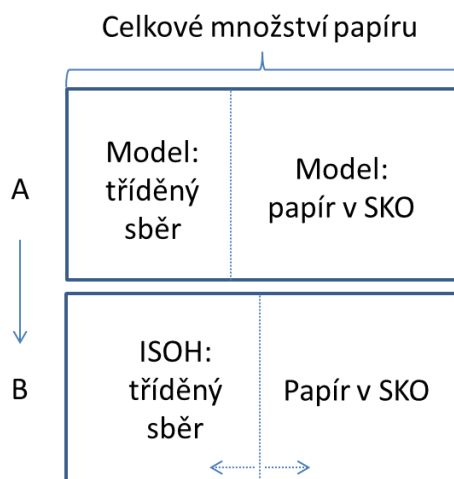
Ukázka složení SKO pro různé typy zástavby je uvedena v tab. 3.

Tab. 3: Zastoupení složek SKO ve frakci nad 40 mm (% hm. celého vzorku SKO), 2009
(zdroj: VaV/SP/2f1/132/08)

Frakce nad 40 mm	Centrálně vytápěná zástavba	Lokálně vytápěná zástavba	Smišená zástavba
Papír	16,2	6,4	18,6
Plast	14,1	7,9	14,4
Sklo	6,4	2,3	6,7
Kovy	2	2,4	2,2
Biologický	21	12,6	24,7
Textil	6,3	2,5	4,6
Minerální	2	5,6	0,8

U tříděného sběru byla datovou základnou informace z databáze ISOH (systém obce). Obr. 2 ukazuje princip odhadu produkce papíru v průměrné obci v roce 2009.

Obr. 2: Schéma principu odhadu potenciálu papíru



Pozn.: Potenciál složky = výtěžnost v rámci tříděného sběru + obsah v SKO

V prvním kroku (A) se vytvoří dva regresní modely – výtěžnost tříděného sběru papíru a množství papíru v SKO (produkce je dána součtem modelu produkce a modelu odhadu složení). Pro oba modely je nezávislou proměnnou množství obyvatel v uvažovaných kategoriích zástavby (viz analogické údaje pro každou ORP jako v tab. 2). Součet těchto modelů udává odhad množství produkce papíru v uvažovaném územním celku (ORP, kraj, ČR). V dalším kroku (B) je zohledněna aktuální výtěžnost separace v jednotlivých ORP. Z celkové produkce je odečten papír z tříděného sběru, zbytek vyprodukovaného papíru se nachází v SKO (potenciál pro možnou budoucí separaci). Stejným způsobem byl odhad vytvořen i pro plast.

Dříve než je možné přistoupit k tvorbě regresních modelů, je nezbytné zkontrolovat kvalitu dat a eliminovat případné chyby. S ohledem na povahu dat byl zvolen pro identifikaci chybných údajů Dixonův test (hladina významnosti byla nastavena v souladu s 1% pravděpodobností selhání testu). Celkově bylo identifikováno: papír – 16 hodnot, plast – 9 hodnot a SKO – 13 hodnot jako odlehlých. Ukázka odhalené chyby prostřednictvím zmíněného testu je uvedena v tab. 4. Jednalo se o ORP Mladá Boleslav, typ odpadu SKO.

Tab. 4: Ukázka odlehlé hodnoty v datech z databáze ISOH Cenía

2009	2010	2011	2012	2013	Testovací hodnota	Kritická hodnota	Závěr
120 908	26 809	21 863	24 645	25 561	0,95	0,78	chyba

Pozn.: zvýrazněná hodnota byla identifikovaná jako chybný údaj.

Odlehlé hodnoty byly nahrazeny sousední hodnotou (pro rok 2009 se v ORP Mladá Boleslav uvažovala produkce SKO 26 809 tun). V případě, že se odlehlá hodnota nacházela uprostřed časové řady, byla nahrazena průměrem okolních hodnot.

Z příkladu v tab. 4 jednoznačně plyne nutnost verifikovat dostupná data z databáze ISOH. Přidanou hodnotou využití metodiky je automatizovaná identifikace podezřelých odlehlých hodnot. Detailní posouzení příčin a důsledků těchto chybných údajů, popř. jejich oprava představuje aktivitu, která přesahuje rámec tohoto textu. Může však představovat zajímavou dlouhodobější výzkumnou aktivitu vedoucí ke zkvalitnění datové základny.

Druhým krokem v celkové metodice je časový posun odhadů z roku 2009 do roku 2013. Vzhledem k tomu, že nejsou informace o složení SKO z posledního období, byly využity dva scénáře určení potenciálu klíčových frakcí separovaného sběru:

- Produkce je konstantní,
- Produkce se mění v souladu s celkovou změnou KO (zde myšleno jako součet vybraných složek KO).

První scénář uvažuje změnu složení SKO v závislosti na změně separovaných složek ve sledovaném období (o co se navýší separace, sníží se množství dané frakce v SKO). Druhý scénář bere v úvahu tlak na prevenci proti vzniku odpadu, kdy je uvažováno se stejným podílem změny pro všechny složky obsažené v KO (když klesá produkce KO, klesá adekvátně také daná složka, přičemž její podíl je zachován). Uvažované scénáře je možné chápat jako hraniční směry, které budou dále využity pro následné analýzy.

Odhady pro roky 2010 až 2013 byly vytvořeny pro územní celky ORP, kraje a ČR. Následně se všechny modely bilancovaly pomocí nástroje *JUSTÝNA*, který je na VUT Brno dlouhodobě vyvíjen v rámci projektu TAČR Centrum kompetence pro energetické využití odpadů (WtE CC). Tím vznikl jediný verifikovaný model produkce separovaných složek a složení SKO ve sledovaném období (nástroj *JUSTÝNA* aplikován poprvé). Díky časové řadě 2009–2013 je možné pro oba scénáře analyzovat existenci trendu pro jednotlivé složky KO. Na tomto základě byly vytvořeny scénáře vývoje do roku 2024 (viz následující kapitola). Celkově byla provedena analýza trendů pro tyto typy sub-toků:

- separovaný papír (SEP-PAP) – na základě dat z ISOH,
- separovaný plast (SEP-PLA) – na základě dat z ISOH,
- zbytkový papír v SKO (PAP v SKO) – na základě odhadů,
- zbytkový plast v SKO (PLA v SKO) – na základě odhadů,
- SKO – na základě dat z ISOH,
- Celkový uvažovaný odpad (SKO + SEP-PAP + SEP-PLA) – na základě odhadů,
- Separované složky celkem (SEP-PAP + SEP-PLA) – na základě odhadů,
- Separovatelné složky v SKO (PAP v SKO + PLA v SKO) – na základě odhadů,
- Separovatelné složky celkem (SEP-PAP + SEP-PLA + PAP v SKO + PLA v SKO) – na základě odhadů,
- papír celkem (SEP-PAP + PAP v SKO) – na základě odhadů,
- plast celkem (SEP-PLA + PLA v SKO) – na základě odhadů,
- Míra separace papíru (SEP-PAP / (SEP-PAP + PAP v SKO)) – na základě odhadů,
- Míra separace plastu (SEP-PLA / (SEP-PLA + PAL v SKO)) – na základě odhadů.

V závorkách jsou uvedeny vztahy, které bylo nutné bilancovat nástrojem *JUSTÝNA* (tzn. nástroj *JUSTÝNA* byl aplikován podruhé). Analýzu je možné provést pro libovolně zvolený rok.

4. Analýza trendu s následným vybilancováním pomocí nástroje *JUSTÝNA*

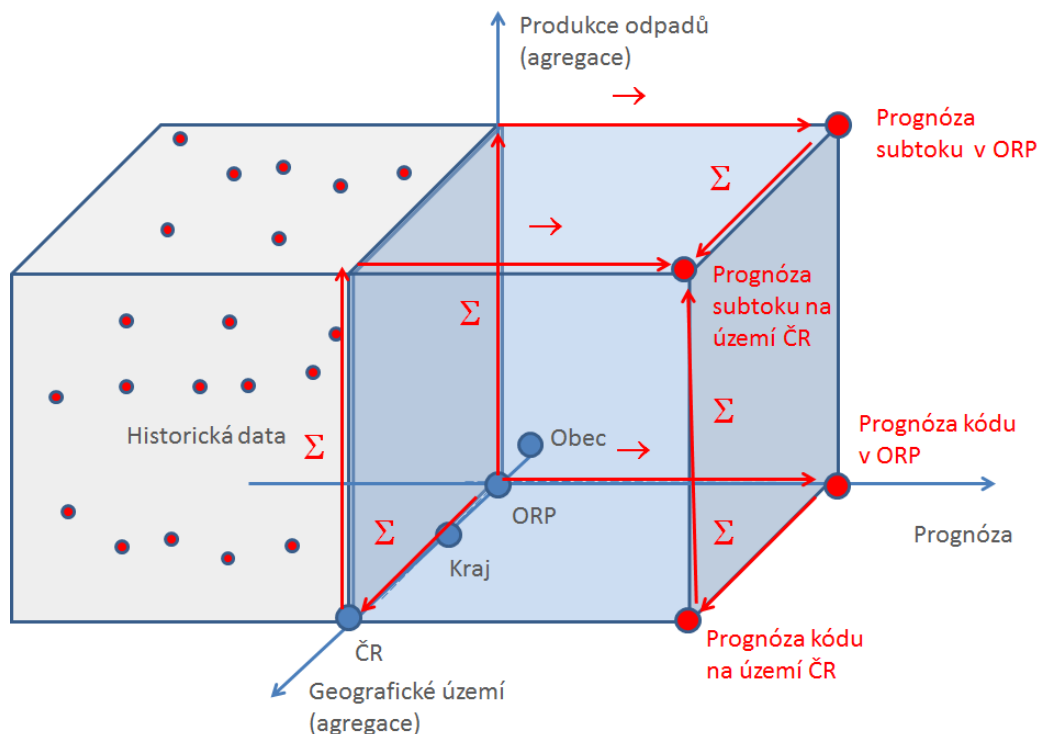
Pro menší územní celky (území ORP, popř. obce) se obecně vyskytuje velká variabilita v historických datech produkce odpadů. V kombinaci s krátkou časovou řadou (obvykle data od roku 2009, důvodem je změna metodiky zpracování historických dat) rozkolísanost dat limituje aplikaci jednoduché analýzy trendu pomocí běžných nástrojů. Z tohoto důvodu je vhodné detailní analýzy prováděné na nižších územních celcích (ORP) korigovat agregovanými daty na vyšších územních celcích (kraje, ČR).

Navržená metodika tedy současně zahrnuje:

- Prognózu katalogových čísel, resp. skupiny katalogových čísel (např. plast, papír) ve všech ORP.
- Prognózu katalogových čísel, resp. skupiny katalogových čísel na území všech krajů.
- Prognózu katalogových čísel, resp. skupiny katalogových čísel na území ČR,

přičemž je zajištěn soulad mezi prognózami na úrovni ORP, kraje, ČR (součet prognóz ORP v kraji je roven prognóze na základě dat krajských a analogicky pro ČR). Obecně splnění souladu prognóz při různém okamžiku provedení agregace dat (územní nebo kódů, viz obr. 3, označeno symbolem „ Σ “, resp. okamžiku provedení analýzy trendu (symbol „ $\rightarrow$ “) není z matematického pohledu (analýzy trendů, viz dále) zaručeno.

Obr. 3: Možné přístupy k prognóze produkce odpadů



Pozn.: Prognózou katalogových čísel se rozumí např. dle výše uvedeného prognóza SKO, původci obec (jedno katalogové číslo). Prognózou sub-toku se rozumí např. dle výše uvedeného prognóza PAP (více katalogových čísel).

zdroj: vlastní tvorba VUT v Brně

Tohoto požadavku je dosaženo aplikací optimalizačního nástroje *JUSTÝNA*. Výsledky analýzy trendu na všech úrovních (ORP, kraj, ČR) jsou korigovány tak, aby byla splněna podmínka konzistence výsledků prognózy (je jedno jakou cestou půjdeme, výsledek musí být vždy stejný, viz obr. 3).

Již na úrovni analýzy trendu je obecně velmi obtížné formulovat jednotný extrapolační model, který by věrně popsal situaci ve všech ORP, krajích i ČR. S ohledem na povahu dat proto byly uvažovány tři možné modely pro produkci všech prognózovaných katalogových čísel a skupin v roce 2020 a 2024. Uvažované modely jsou následující:

- Poslední uvedená hodnota – rok 2013 (model 1);
- Hodnota z analýzy trendu pro rok 2024 (model 2 a 3).

Pro trend (model 2 a 3) byla uvažována mocninná funkce, která je tvaru:

$$y = a + bx^c,$$

kde koeficienty a , b , c vychází z minimalizace čtverců odchylek (rozdíl mezi daty a modelem – metoda nejmenších čtverců MNČ). Tvar funkce je odůvodněn nereálností lineárního růstu po dlouhou dobu. Model 2 a 3 se liší pořadím provedení prognózy:

- Model 2 (označeno PredofSum) – nejdříve je provedena územní agregace produkce celého kraje resp. ČR a následně na těchto datech provedena prognóza (symbolicky „ Σ_G , $\rightarrow$ “).
- Model 3 (označeno jako SumofPred) – nejdříve jsou provedeny prognózy jednotlivě pro všechny ORP, které jsou poté sečteny (symbolicky „ $\rightarrow, \Sigma_G$ “).

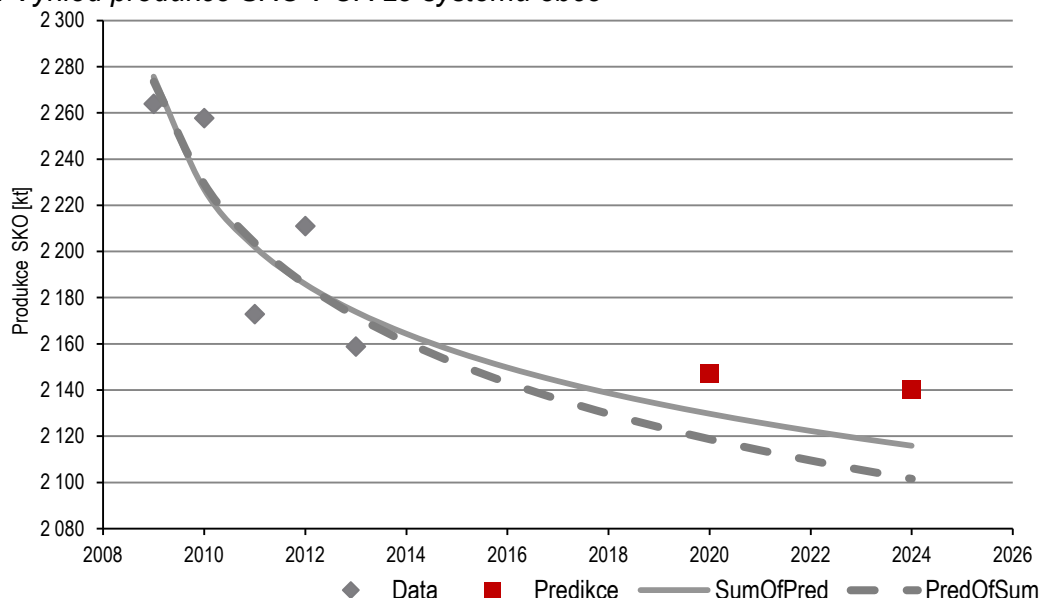
V rámci provedených výpočtů byla nejnižší územní jednotkou ORP. Metodiku lze v budoucnu rovněž využít pro analýzy na úrovni obcí.

5. Analýza budoucí produkce

5.1 SKO ze systému obce

Produkce SKO v ČR (ze systému obce) a její výhled do roku 2024 z pohledu analýzy trendu je uveden na grafu 1.

Graf 1: Výhled produkce SKO v ČR ze systému obce



Pozn.: PredofSum – nejdříve je provedena sumace produkce celé ČR a následně na těchto datech provedena prognóza; SumofPred – nejdříve jsou provedeny prognózy za všechny ORP zvlášť, které jsou poté sečteny;

Z grafu je patrný mírně klesající trend produkce. Uvažované modely (PredofSum a SumofPred) jsou ve velmi dobrém souladu, což značí vyhlazení chyb v rámci velkého územního celku. Drobná korekce výsledných predikovaných hodnot nástrojem JUSTÝNA (červené body posunuté nad křivky) je dána modelem 1 (poslední hodnota z roku 2013) a bilancováním nižších územních celků (krajů, ORP). Z grafu 1 lze vyvodit závěr, že agregované prognózy produkce pro kraje a ORP jsou vyšší, než prognóza pro ČR. Proto nástroj zkoriguje data na všech úrovních tak, aby hmotnostní bilance platila. Dalším vlivem na konečnou predikci jsou predikce ostatních složek (např. prognóza skupin spadajících pod tříděný sběr – musí totiž platit rovnice: KO = SKO + SEP separované složky).

Výsledkem výpočtu nástroje JUSTÝNA je model produkce SKO na území ČR, krajů a jednotlivých ORP. Součet produkce v ORP odpovídá produkci kraje, součet produkce v krajích odpovídá prognóze ČR.

5.2 Prognóza produkce vybraných tříděných složek (SEP-PAP, SEP-PLA)

Potenciální nárůst separace materiálově využitelných složek tak, jak jej předpokládá POH, je mimo jiné dán obsahem těchto složek v SKO. Seriózní diskuse nad cílovými hodnotami budoucí míry separace a tedy i výtěžnosti separovaného sběru může být vedena pouze na základě dlouhodobého a systematického sledování složení zbytkových odpadů. To prokáže skutečný potenciál pro další separaci a vytvoří základ reálného nastavení cílů.

Efektivitu třídění je možné kvantifikovat tzv. *mírou separace (MS)*, která udává, kolik procent z celkové produkce daného typu odpadu se podařilo vyseparovat. Tato hodnota s sebou dále nese informaci o možném zvýšení množství vytríděného odpadu. Vzorec udávající míru separace vypadá následovně:

$$MS = \frac{m_{vytrideno}}{m_{vytrideno} + m_{SKO}},$$

kde $m_{vytříděno}$ udává množství vyříděného odpadu daného druhu a m_{SKO} množství, které zbylo v SKO. Součet obou hodnot představuje potenciál dané složky (celkovou produkci bez ohledu na to, v jakém hmotnostním toku skončí).

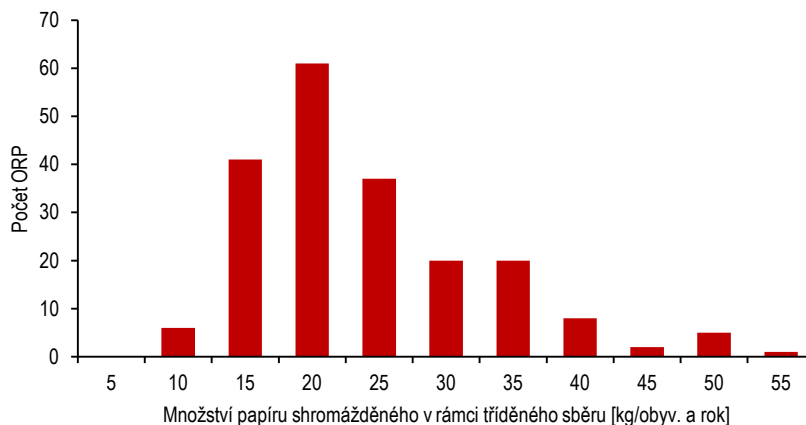
Účinnost separace (%) je více vypovídající než čistě výtěžnost separovaného sběru (kg), protože se výtěžnost vztahuje k celkovému potenciálu.

Bohužel výsledky analýzy odpadů jsou k dispozici jen velmi sporadicky, jsou z různého časového období a velmi často navíc není zaručeno použití jednotné metodiky. Pro odhad složení SKO v jednotlivých ORP bylo využito cca 15 rozborů. I přes vědomou nejednotnost představuje každý údaj cennou informaci, která může být využita s různou vahou. Pro použití v navrženém přístupu není nezbytně nutné dodržovat jednotnou metodiku. I samotné rozборы jsou zatíženy určitou nepřesností a jsou platné v okamžiku jejich provedení na konkrétní svozové trase. Obecně žádný z výsledků rozborů nelze považovat za přesnou průměrnou hodnotu charakterizující dané území, ale spíše za indicii, která teprve společně s dalšími informacemi o daném území a produkci odpadů v něm popisuje současný stav. Předpokladem je, že jednotlivé rozборы s určitou přesností pouze kopírují skutečné složení. Vzniklé chyby v jednotlivých rozborech by měly být bilancovány pomocí regresního modelu, který rozpory v datech vyhladí (zprůměruje). Kvalita odhadu složení pomocí tohoto přístupu je dána množstvím dostupných dat (rozборы SKO).

6. Separace papíru (systém obce)

Současné množství vyříděného papíru v jednotlivých ORP je uvedeno v graf 2. Průměrné množství na osobu v ČR v roce 2013 bylo přibližně 23 kg.

Graf 2: Histogram výtěžnosti separovaného papíru pro ORP v ČR v roce 2013 (systém obce)



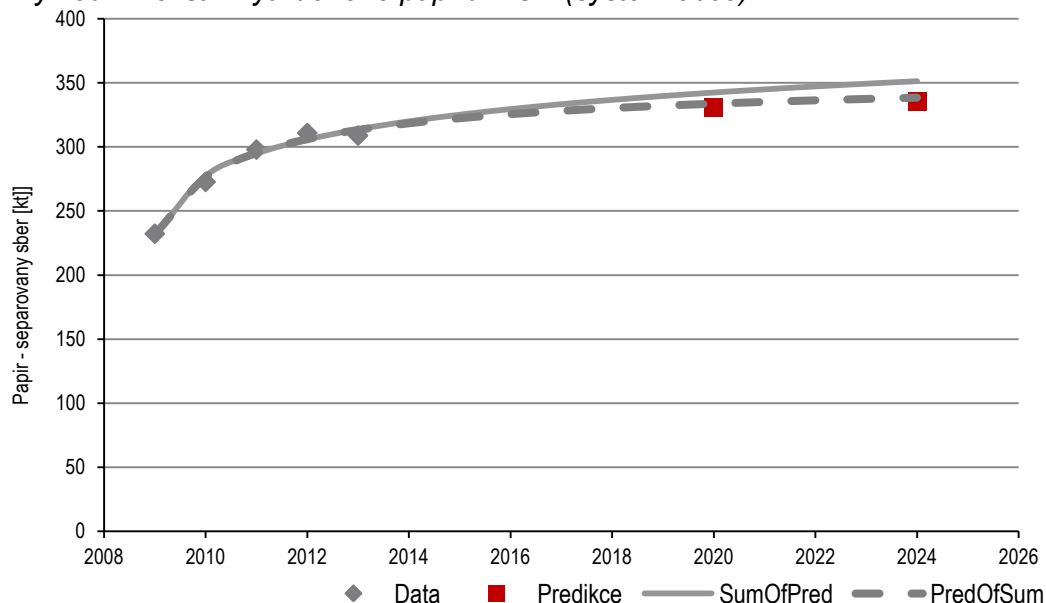
Odhad průměrného množství vyříděného papíru na osobu v ČR v roce 2024, jako výsledek výše popsané analýzy, je přibližně 27 kg. Histogram pro všechny ORP v ČR pro rok 2024 má podobný tvar jako z roku 2013 (viz graf 2), jen jsou data mírně posunuta doprava (nárůst vyseparovaného množství papíru).

Rozdíl se nezdá být příliš významný, je třeba si ale uvědomit, kolik se vyprodukuje celkově papíru (jaký je potenciál pro třídění).

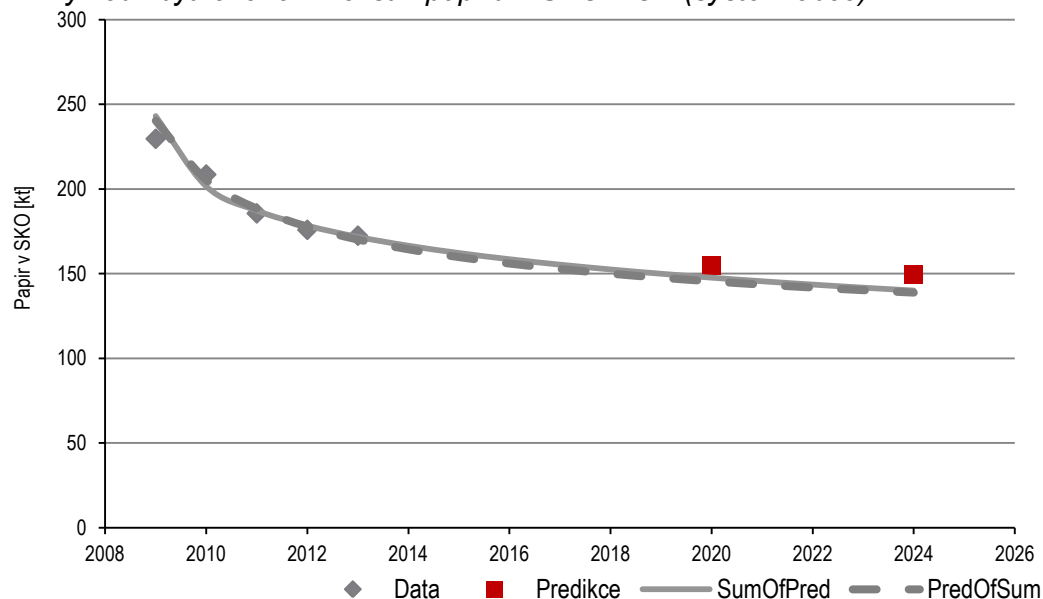
Celkové množství papíru je dáno separovaným sběrem (viz graf 4, analýza trendu založena na datech z ISOH) a zbytkovou frakcí v SKO (analýza trendu založena na odhadnutých datech vybalancováním pomocí nástroje JUSTÝNA). Výsledky analýzy trendu pro zbytkové

množství papíru v SKO jsou ukázány v grafu 5. Výhled celkové míry separace (MS) pro ČR naznačuje mírný růst k 70 %.

Graf 3: Výhled množství vytríděného papíru v ČR (systém obce)



Graf č. 4: Výhled zbytkového množství papíru v SKO v ČR (systém obce)

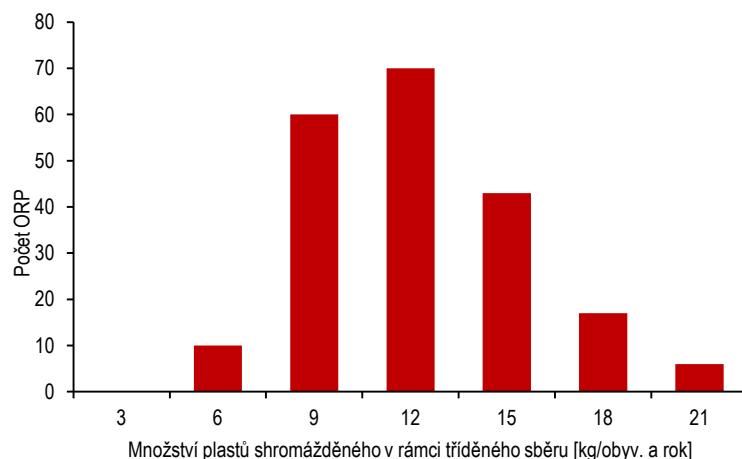


Z grafů 4 a 5 vyplývá celkový nárůst produkce papíru v roce 2024 oproti roku 2013 v průměru o asi 0,4 kg/obyv.

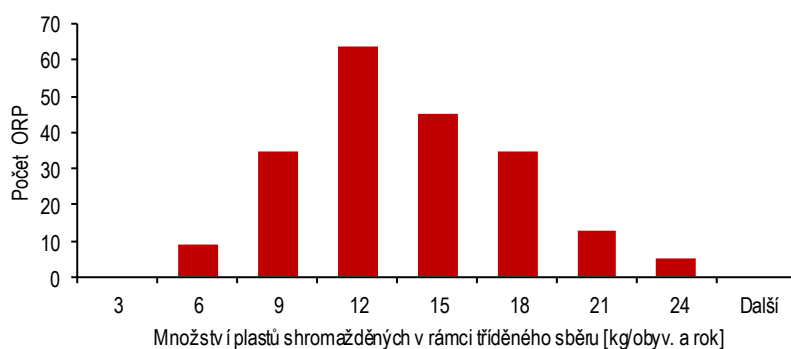
7. Separace plastu (systém obce)

Současné množství vytríděného plastu v jednotlivých ORP je uvedeno v grafu 7. Průměrné množství na osobu v ČR v roce 2013 bylo přibližně 10,3 kg. Na základě analýzy trendů by mohlo dojít k nárůstu množství vytríděného papíru v roce 2024 v průměru na 11,3 kg na osobu (viz histogram v grafu 8).

Graf č. 5: Histogram separovaného plastu pro ORP v ČR v roce 2013 (systém obce)

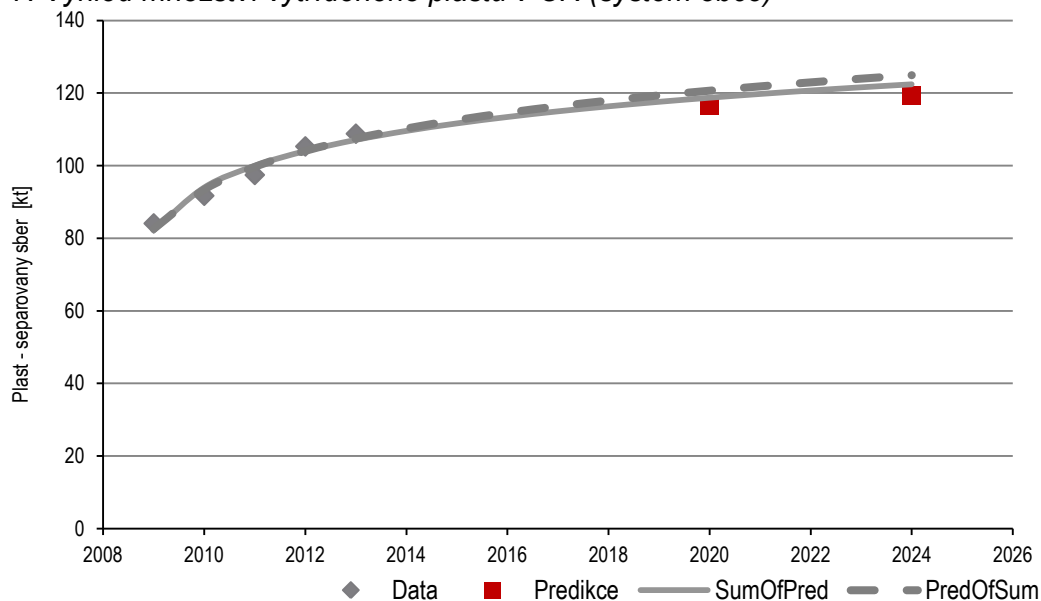


Graf č. 6: Histogram separovaného plastu pro ORP v ČR v roce 2024 (systém obce)

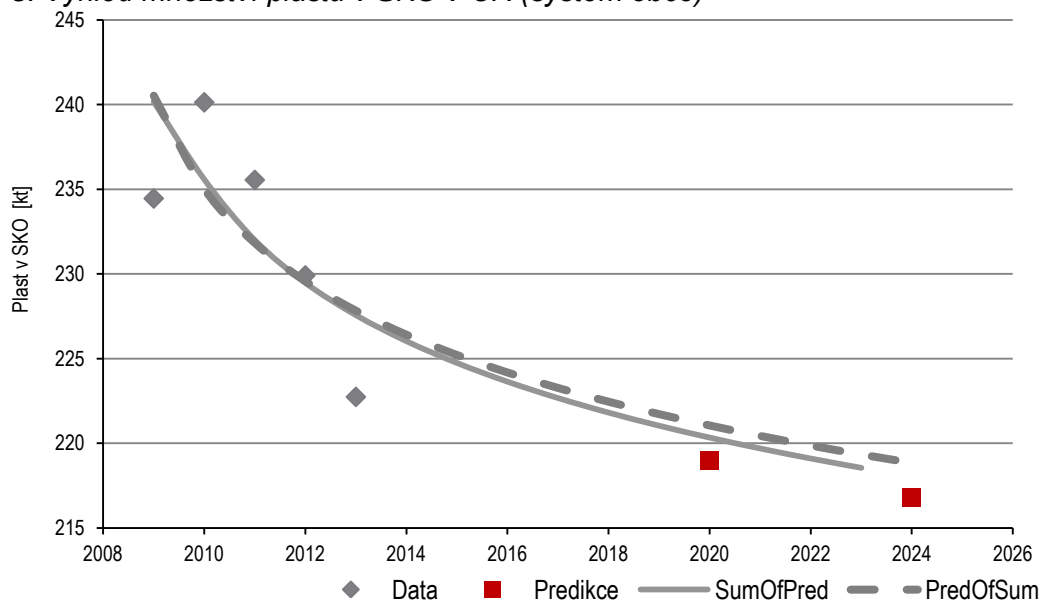


Predikce množství vytříděného plastu je uvedena v grafu 9. Nárůst je kompenzován snížením množství zbytkového plastu v SKO, viz graf 10. Celkové množství vyprodukovaného plastu (součet separovaného sběru a zbytku v SKO) je tedy dle uvedené analýzy relativně konstantní.

Graf č. 7: Výhled množství vytríděného plastu v ČR (systém obce)



Graf č. 8: Výhled množství plastu v SKO v ČR (systém obce)



Celková produkce plastu (separovaný sběr plus plast v SKO) dle analýzy vzroste do roku 2024 oproti roku 2013 o 0,4 kg/obyv. Vývoj MS naznačuje mírný nárůst k 35 %.

8. Souhrn výsledků analýzy

Výsledné hodnoty prognózy založené na analýze trendu s následným vybilancováním pro různé územní celky jsou uvedeny v tab. 5. Současně je zobrazena hodnota z roku 2013, tj. poslední dostupný údaj v době zpracování analýzy.

Tab. 5: Sumarizace výsledků analýzy vybraných složek KO – produkce vybraných sub-toků

	2013 [kt]	2013 [kg/obyv.]	2024 [kt]	2024 [kg/obyv.]
SKO	2 158,8	205,6	2 140,4	203,5
SKO (firemní)	748,3	71,2	624,9	59,4
SEP-PAP	308,9	29,4	335,7	31,9
PAP v SKO	172,4	16,4	149,5	14,2
PAP celkem	481,3	45,8	485,3	46,1
MS PAP	64,2 %	-	69,2 %	-
SEP-PLA	108,8	10,3	119,3	11,3
PLA v SKO	222,7	21,2	216,7	20,6
PLA celkem	331,5	31,5	336,1	31,9
MS PLA	32,8 %	-	35,5 %	-

Pozn.: Pokud není uvedeno jinak, jedná se o produkci ze systému obce

Výsledky analýzy trendu s následným vybilancováním představené v tomto příspěvku lze chápat jako scénář „**business-as-usual**“, tzn. pokračování současného stavu bez významného vnějšího impulsu, který původce odpadu (občany) donutí změnit své chování.

Přínos navrženého postupu

Popsaný způsob analýzy pro vybrané složky KO dává do souvislostí hierarchii územního rozdělení ČR, kde jsou dodržovány hmotnostní bilance (tj. to, co se vyprodukuje v jednotlivých územních celcích je po agregaci rovno celkové produkci v ČR). Zároveň je na všech úrovních územního rozdělení a pro všechny zahrnuté typy odpadu brán v úvahu trend historických dat (např., i když celková produkce SKO v ČR mírně klesá, v některých ORP produkce roste). Díky analýze trendů je možné odhadovat potenciál pro navýšení míry separace jednotlivých složek tříděného sběru v budoucnosti (obsah vytříditelných složek KO v SKO). Obecně je velký problém veškerých analýz v oblasti odpadového hospodářství (OH) nedostatečná datová základna. Představený přístup je možné opakovaně používat pro pravidelné aktualizace, do kterých budou zaneseny nové informace v rámci sběru dat v OH.

Další práce

Představeným přístupem je možné odhady produkce aktualizovat v případě nových vstupních dat (aktuálně data z roku 2014). Vyšší přesnosti bude možné dosáhnout rozšířením analýzy o nižší územní celky (obce). Ke kvalitnějším regresním modelům pro odhady produkce odpadů dojde zapracováním dalších nezávislých proměnných v podobě socio-ekonomických dat (v současnosti je nezávislou proměnnou pouze typ zástavby).

Poděkování

Příspěvek vznikl na základě projektu „Příprava podkladů pro oblast podpory odpadového hospodářství 2014 až 2020“, který byl spolufinancován z Fondu soudržnosti z Prioritní osy 8 - Technická pomoc. Vývoj použitých nástrojů a metodiky byl financován z finanční podpory poskytnuté Technologickou agenturou České republiky v rámci výzkumného projektu TAČR č. TE02000236 "Waste-to-Energy (WTE) Competence Centre".

Literatura

- [1] Ministerstvo životního prostředí: Plán odpadového hospodářství ČR pro období 2015 – 2024. Vydáno 2014. Dostupné na [www: http://www.mzp.cz/cz/plan_odpadoveho_hospodarstvi_cr](http://www.mzp.cz/cz/plan_odpadoveho_hospodarstvi_cr)
- [2] Jiří Kalina, Jiří Hřebíček, Gabriela Bulková: Prognóza produkce komunálních odpadů do roku 2024. Waste forum ročník 2014, číslo 3, str. 114-122. CEMC – České ekologické manažerské centrum, Praha, 2014. Dostupné na [www: http://www.wasteforum.cz/cisla/WF_3_2014.pdf](http://www.wasteforum.cz/cisla/WF_3_2014.pdf)
- [3] Hrabčák, M. (2011): Prekročíme odpadový Rubikon?: O determinizme v odpadovém hospodářství, Kuznetsových krivkách, ekonomickom raste atď. Odpadové fórum, 2011.
- [4] Bohumil Černík, Libuše Benešová, Markéta Doležalová: Prognóza vývoje odpadového hospodářství v České republice. Waste forum ročník 2010, číslo 5, str. 461-472. CEMC – České ekologické manažerské centrum, Praha, 2014. Dostupné na [www: http://www.wasteforum.cz/cisla/WF_5_2010.pdf](http://www.wasteforum.cz/cisla/WF_5_2010.pdf)
- [5] Miroslav Rusko, Marek Hrabčák: Ekonomické aspekty odpadového hospodářství v SR. Týden vědy, výzkumu a inovací pro praxi 2013: Symposium Odpadové Fórum. Dostupné na [www: www.odpadoveforum.cz/DVD/dokumenty/prezentace/219.ppt](http://www.odpadoveforum.cz/DVD/dokumenty/prezentace/219.ppt)
- [6] Bifa Environmental Institute: Separate Waste Collection – Feasible Separation Targets, Market Analysis and Examples of Good Practice. Výzkumná zpráva zpracovaná pro VUT v Brně. Augsburg, únor 2015.
- [7] Ing. Pavel Novák s.r.o.: Analýza potenciálu produkce a účinnosti separace papíru, skla a plastů ze směsných KO v obcích nad 3000 obyvatel. Výsledky výzkumného projektu TD020304. Praha, 2014. Dostupné na [www: http://www.ingpavelnovak.cz/veda/municipalni/vystup1/](http://www.ingpavelnovak.cz/veda/municipalni/vystup1/)
- [8] Ing. Pavel Novák s.r.o.: Případové studie dobré praxe v odpadovém hospodářství měst a obcí. Výsledky výzkumného projektu TD020304. Praha, 2014. Dostupné na [www: http://www.ingpavelnovak.cz/veda/municipalni/studie1/](http://www.ingpavelnovak.cz/veda/municipalni/studie1/)
- [9] Institut pro udržitelný rozvoj měst a obcí, o.p.s.: Hodnocení nákladů na hospodaření s komunálními odpady v obcích ČR - AKTUALIZACE 2015 (data za rok 2014). Vydáno 2015. Dostupné na [www: http://www.institut-urmo.cz/cz/projekty/18-odpadove-hospodarstvi/137-hodnoceni-nakladu-na-hospodareni-s-komunalnimi-odpady-v-obcich-2015](http://www.institut-urmo.cz/cz/projekty/18-odpadove-hospodarstvi/137-hodnoceni-nakladu-na-hospodareni-s-komunalnimi-odpady-v-obcich-2015)
- [10] Institut pro udržitelný rozvoj měst a obcí, o.p.s.: PŘÍRUČKA - Realizace systémů odděleného soustředování biologicky rozložitelných odpadů v obcích. Vydáno 2015. Dostupné na [www: http://www.institut-urmo.cz/images/PRUKA-Realizace%20systm%20oddlenho%20soustedovn%20bioodpad%20v%20obcch.pdf](http://www.institut-urmo.cz/images/PRUKA-Realizace%20systm%20oddlenho%20soustedovn%20bioodpad%20v%20obcch.pdf)
- [11] Šomplák R., Pavlas M., Kropáč J., Putna O., Procházka V., 2014, Logistic model-based tool for policy-making towards sustainable waste management, Clean Technologies and Environmental Policy, Volume 16, Issue 7, p. 1275-1286.

