

Implementace oběhového hospodářství v oblasti nakládání s odpady v rámci strategického plánování

**Jaroslav Pluskal, Radovan Šomplák, Vlastimír Nevrlý, Veronika Smejkalová, Josef
Jadrný, Tomáš Lipovský**

Jaroslav.Pluskal@vutbr.cz

Souhrn

Zavádění prvků oběhového hospodářství do systémů nakládání s odpady má za cíl především zvýšit materiálové využití odpadů a omezit skládkování. Základním pilířem je větší efektivita separovaného sběru odpadů u občanů. Veškerý separovaný odpad však není možné (technicky nebo ekonomicky) recyklovat, tj. využít materiálově. Příspěvek se zabývá optimálním nastavením míry separace s vazbou na následné nakládání s přihlédnutím na environmentální a ekonomické dopady.

Klíčová slova

oběhové hospodářství, separace, recyklace, komunální odpad

Oběhové hospodářství a materiálové využití odpadu

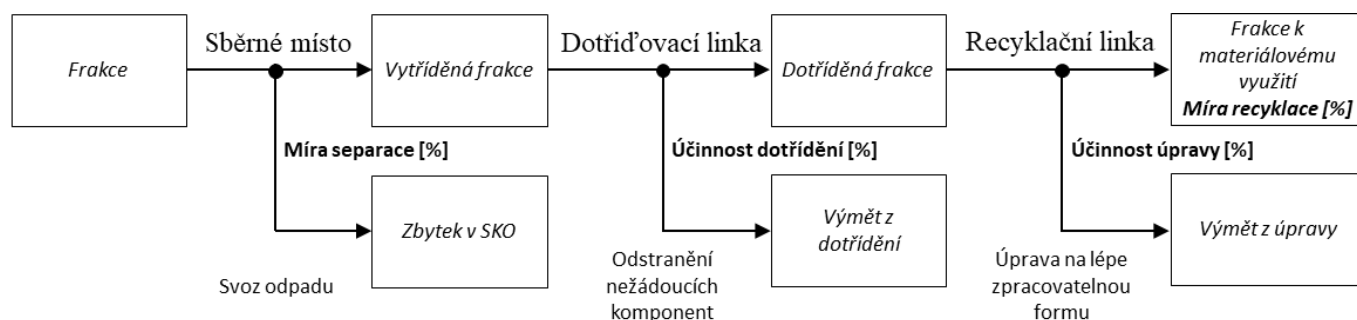
Produkce odpadů je v dnešní době stále nekontrolovatelně narůstající problém. [1] S tím také souvisí úbytek omezených přírodních surovin a odpovídají negativní dopad na životní prostředí. Ke stabilizaci tohoto problému je nutné omezit samotnou produkci odpadu a současně využít druhotných materiálů, které jsou produktem třídění a recyklace. Tyto prvky jsou klíčové při přechodu na oběhové hospodářství (ObH), které představuje dlouhodobě udržitelnou strategii v oblasti odpadového hospodářství (OH) z hlediska jak ekonomického, tak environmentálního. [2]

Většina populace podporuje aplikaci environmentální strategie, protože pro ně recyklace představuje velký ekologický benefit. Existují však dva pohledy na danou problematiku, které jsou vzájemně v protikladu. Jeden směr poukazuje pouze na environmentální dopad odpadu a řídí se tzv. zero-waste filozofií. Zde je snaha o maximální redukci produkce odpadu a také o co největší míru recyklace vyprodukovaného odpadu. Druhý názor se řídí spíše ekonomickými aspekty, kdy většina odpadu je energeticky využívána či skládkována. [3] Aktuálně v České republice (ČR) je na skládku ukládáno téměř 50 %. Oba tyto směry mají své klady i zápory a optimální řešení je třeba hledat někde mezi nimi. Důvod je zřejmý. Celý řetězec směřující k recyklaci je finančně náročnější než energetické využití odpadu nebo jeho skládkování. [4] Navíc je využívání primárních materiálů finančně často výhodnější oproti druhotným surovinám. [5] Na druhou stranu je třeba věnovat určitou pozornost právě zmíněným ekologickým benefitům. Z hlediska ekologického aspektu a finančních nákladů na přípravu separátně sbíraných frakcí odpadu k recyklaci může být velká míra recyklace neefektivní. Obecné povědomí obyvatelstva o využití vytríděného odpadu je, že lze využít veškerý materiál. Reálné provozy však potvrzují, že při snaze o dosažení maximální míry recyklace narůstá objem zpětných toků nerecyklovatelného materiálu, tzv. výmět. Typickým příkladem je plastový odpad po separaci v třídících linkách. [6] Zpětné proudy mají dopad jak na ekonomické, tak i ekologické kritérium, jelikož daná část odpadu je zpracována v rámci odpadového řetězce ve své podstatě vícekrát. Tím narůstají náklady za jeho odstranění a dopravu. Obě tyto složky mají také vliv na životní prostředí.

Dotřídění a recyklace separovaného sběru odpadu

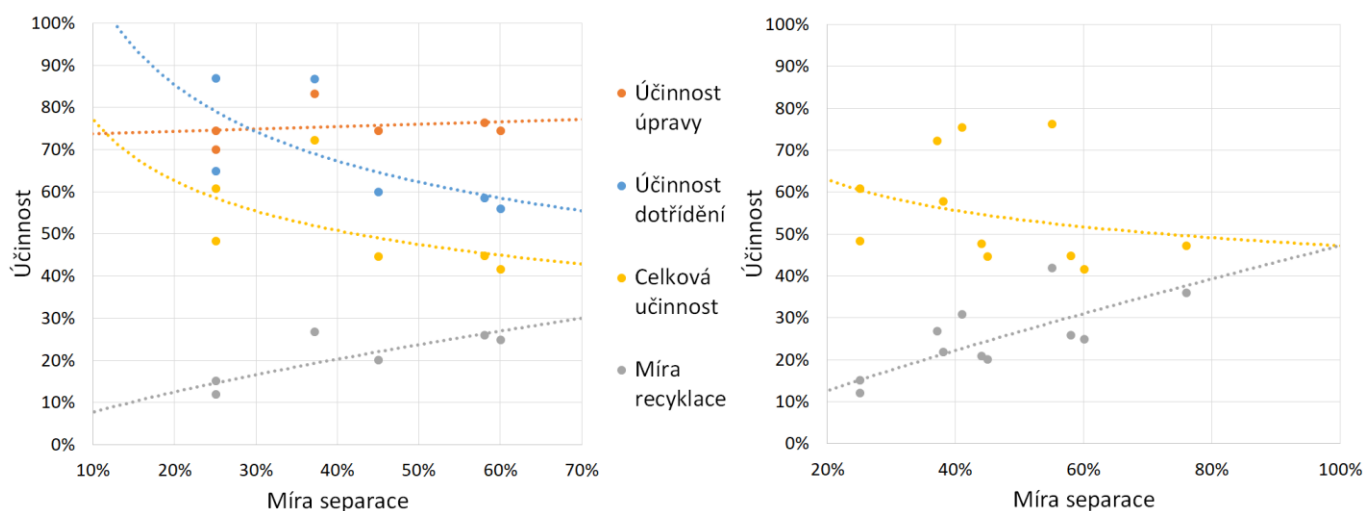
V rámci tohoto příspěvku byly analyzovány tři základní komodity separovaně sbíraného odpadu. Konkrétně se jedná o plast, papír a sklo. Separované složky odpadu je nutné nejprve dotřídít a následně patřičnou úpravou přeměnit na vhodnější formu, aby je bylo možné využít jako druhotnou surovinu. Sklo ve své podstatě nepředstavuje v recyklačním řetězci problém, jelikož počet znovuvyužití materiálu je

prakticky neomezen. Separované sklo je rozlišováno dle barvy a následně je převezeno ke zpracování většinou samotným sklárnám. Proces dotřídění zde probíhá jak mechanicky, tak pomocí světelného paprsku, který pokud daným střepem neprojde, tak je následně vyřazen. Ve výsledku se jedná o velmi efektivní zpracování této frakce. Předmětem výzkumu v nastavení optimální míry recyklace je tedy především papír a plast. Samotný proces recyklace lze rozdělit do dvou fází. Nejprve plast a papír prochází dotřídovací linkou, kde se oddělí znehodnocené či znečištěné prvky a některé druhy plastu a papíru, které nelze dále recyklovat. Tato část se nazývá dotřídění. Druhý segment procesu recyklace je samotné zpracování a úprava, kdy se odpad přetvoří na lépe zpracovatelnou formu, např. plastový granulát atp. Celková účinnost recyklace je pak dána jako součin účinností obou částí procesu. Výsledné množství materiálově využitelného odpadu pak vyjadřuje míra recyklace, která se získá jako součin míry separace a celkové účinnosti procesu na dotřídovací lince. Vztahy mezi zmíněnými pojmy jsou znázorněny na Obr. 1. Pro modelování těchto vztahů byla využita dostupná data ve výzkumných studiích zabývající se touto problematikou. Tyto hodnoty byly vyneseny do grafu a následně proloženy mocninou funkcí metodou nejmenších čtverců.



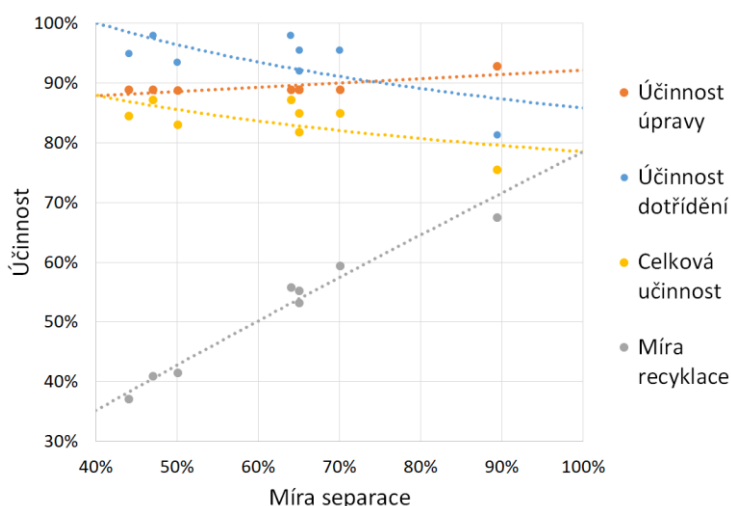
Obr. 1.: Schéma procesu recyklace odpadu. [7]

Grafy účinností jednotlivých částí procesu recyklace plastů jsou zobrazeny na Obr. 2. Pro vytvoření modelu byla využita data publikovaná v [6], [8], [9] a [10]. Podotkneme, že ne u všech zdrojů byly dostupné údaje o všech částech recyklačního procesu, proto jsou zde vyobrazeny dva grafy, přičemž druhý zachycuje přesnější odhad funkční závislosti celého procesu skrz větší počet dat. Je patrné, že konečná úprava odpadu nezávisí na míře separace a až na drobné odchytky ji lze považovat za konstantu. Naopak účinnost dotřídění plastů je přímo závislá na míře separace, kde se zvyšujícím se poměrem vytříděného odpadu vzniká v takto sváženém odpadu značný výtěž, který nelze recyklovat. Z těchto poznatků lze také vyvodit, že celkově nelze vrátit do oběhu více jak 50 % využitých plastů.



Obr. 2.: Účinnost dílčích částí recyklace plastů v závislosti na míře separace občanů. [7]

Stejná metodika byla použita i v případě recyklace separátně sváženého papíru. Účinnosti dílčích segmentů recyklace publikované v [8], [11] a [12], které jsou opět proloženy mocninnou funkcí, jsou graficky znázorněny na Obr. 3. Zde nastává podobná situace jako u plastů. Zpracování a úprava nezávisí na míře separace a až na drobné odchylky ji lze opět považovat za konstantu, která je nyní přibližně 90 %. Účinnost dotřídění klesá se zvyšující se mírou separace, kdy podíl nerecyklovatelného odpadu se pohybuje do 10 %. Výsledky naznačují skutečnost, že celkově nelze vrátit do oběhu více jak 80 % použitého papíru.



Obr. 3.: Účinnost dílčích částí recyklace papíru v závislosti na míře separace občanů. [7]

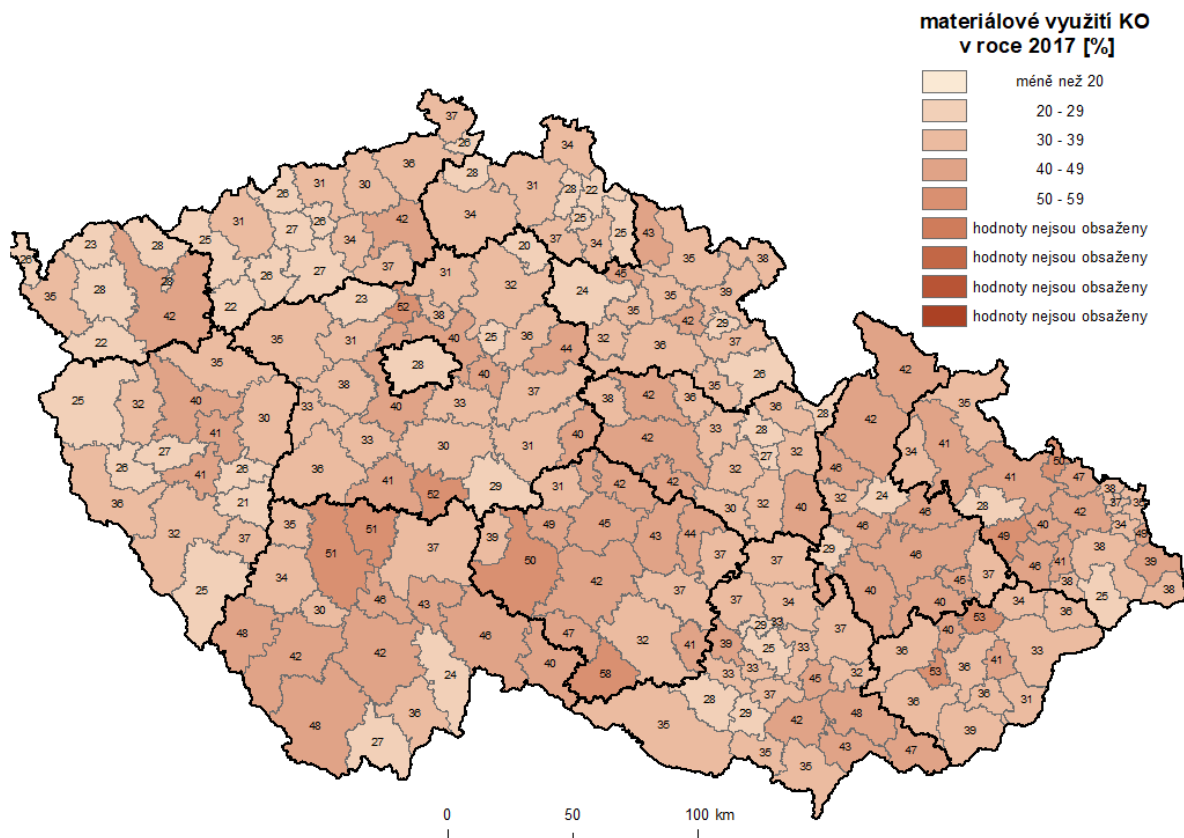
Analýza recyklace v České republice

V této kapitole bude analyzován současný stav materiálového využití komunálního odpadu (KO) v ČR. Na Obr. 4. je znázorněno procentuální materiálové využití odpadu za rok 2017 v jednotlivých územních celcích, tzv. obcí s rozšířenou působností (ORP). Dle zobrazených hodnot a dat produkce KO v daných regionech se průměrně vytřídilo a bylo posláno k dalšímu zpracování (materiálovému využití) 36 % veškerého vyprodukovaného KO. Další částí KO je směsný komunální odpad (SKO), objemný odpad, nebezpečný odpad, zmíněný výmět z recyklace a ostatní méně významné složky. Mezi nejvýznamnější patří SKO, který obsahuje značné množství materiálově využitelného odpadu. Ten je následně ukládán na skládky, případně je energeticky využit. Na Obr. 5. jsou uvedena data z prognózy složení odpadu. Konkrétně se jedná o odhad materiálově využitelného odpadu v SKO pro jednotlivá ORP. Je zřejmé, že zejména z environmentálního hlediska je nutné tento potenciální odpad v SKO využít. Ovšem za současného technologického a politického stavu, 100% míra separace odpadu nemusí představovat optimální řešení z pohledu ekologie a především pak ekonomie.

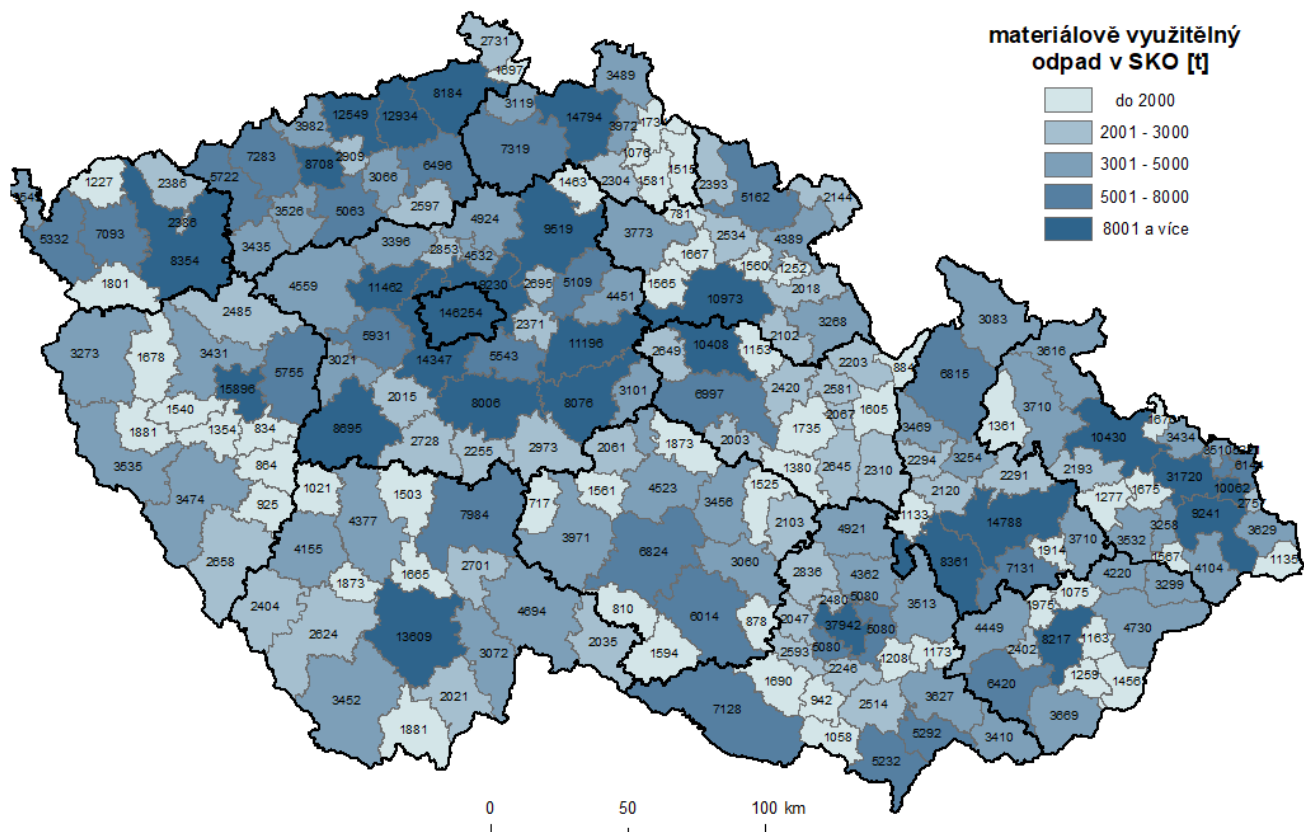
Předmětem tohoto článku je zejména papír a plast produkovaný obcemi, u kterých je cílem stanovit efektivitu recyklačního procesu. Pro výpočty byly využity opět data z roku 2017 a průměrné složení KO, které odpovídá 8,6 % pro papír a 3,5 % pro plast z celkové produkce. Dále byly zohledněny průměrné hodnoty třídění občanů, které celkově v rámci ČR činí 69,4 % vytříděného papíru a 43,3 % plastů. Z těchto hodnot byly vypočteny jednotlivé složky využití za použití technologických vztahů účinnosti recyklace, které byly zmíněny v předchozí sekci, viz. Obr. 2 a Obr. 3. Výsledky jsou uvedeny v Tab. 1.

Tab. 1.: Podíl jednotlivých složek využití papíru a plastů pro současný stav (rok 2017).

Komodita	Materiálové využití	Výmět	V SKO
Papír	203 kt / 57 %	44 kt / 12 %	109 kt / 31 %
Plast	34 kt / 24 %	28 kt / 20 %	82 kt / 56 %



Obr. 4.: Materiálové využití komunálního odpadu v jednotlivých ORP pro rok 2017. [13]



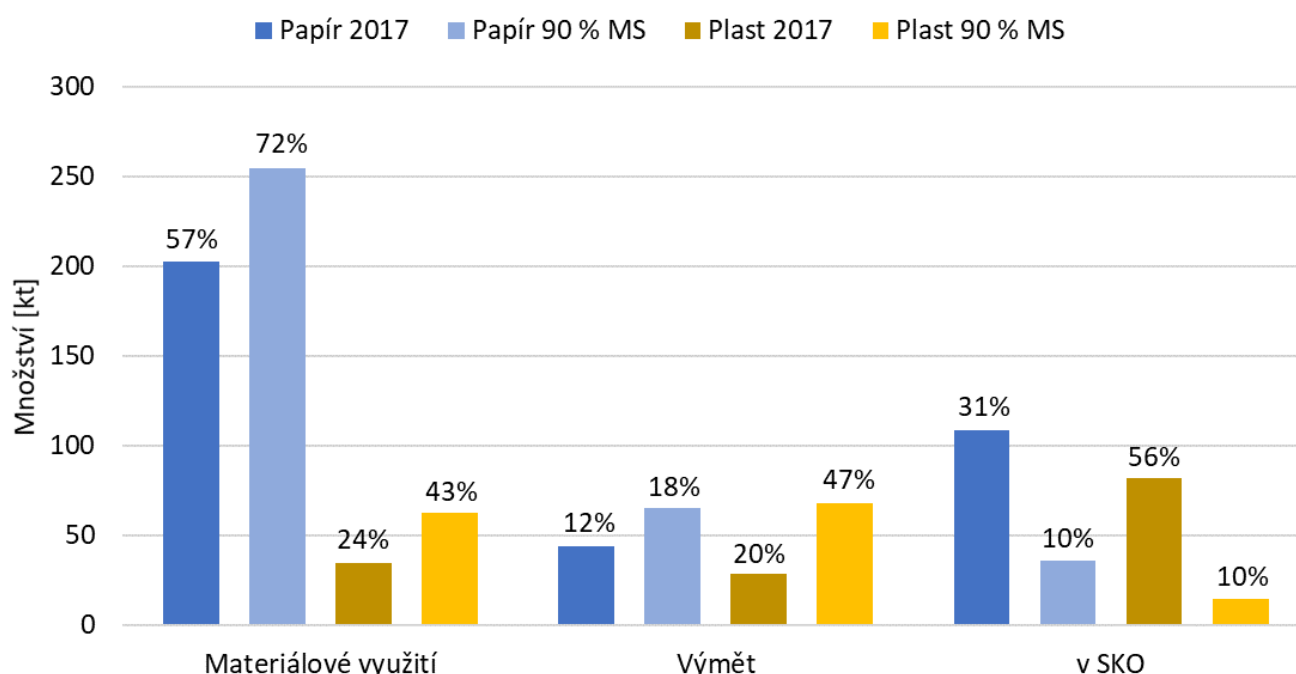
Obr. 5.: Potenciální materiálově využitelná složka obsažená v SKO v rámci jednotlivých ORP pro rok 2017. [13]

Výsledky prokazují, že proces recyklace z pohledu poměru materiálově využitelné složky a výmětu, který dohromady činí téměř 8:2, lze za současného stavu považovat za poměrně efektivní. Ovšem jak bylo řečeno výše, stále velké procento využitelného odpadu je přítomno v SKO. Při snaze materiálově využít tento potenciál však narůstají zpětné proudy odpadu, které je nutné následně energeticky využít, případně skládkovat. Jako reprezentativní příklad může být uveden scénář, kdy průměrná separace odpadů k materiálovému využití bude odpovídat hodnotě 90 %. Za použití opět výše uvedených vztahů pro účinnosti jednotlivých segmentů recyklace, jsou hodnoty skutečně využitelného materiálu a výmětu uvedeny v následující Tab. 2.

Tab. 2.: Podíl jednotlivých složek využití papíru a plastů pro případ míry separace 90 %.

Komodita	Materiálové využití	Výmět	V SKO
Papír	255 kt / 72 %	65 kt / 18 %	36 kt / 10 %
Plast	63 kt / 43 %	68 kt / 47 %	14 kt / 10 %

Srovnání mezi oběma zmíněnými situacemi ukazuje Obr. 6., na kterém je uveden sloupcový graf pro dané komodity a jejich skutečné využití v rámci OH. Je patrné, že s větší mírou separace narůstá poměr mezi výmětem a materiálovým využitím odpadu. V případě papíru se nejedná o příliš významný úkaz a vzhledem k získanému materiálu je žádoucí dosáhnout vysoké míry separace. Ovšem jev zvyšujícího se množství nerecyklovatelných částí je značný zejména pro plast, kde v případě 90% míry separace výmět dosahuje většího množství než skutečně využitelná složka. Tato skutečnost, v rámci zpracování odpadových proudů, vede k dodatečným nákladům, zejména pak na dopravu a zpracování odpadu, kdy daný výmět je ve skutečnosti zpracován vícekrát namísto využití již koncového zařízení. V rámci obou komodit se celková materiálově využitelná složka hmotnostně zvýšila o 35 %, zatímco výmět zaznamenal téměř dvojnásobný nárůst. Tyto nadbytečné manipulace s odpadem v koncovém efektu snižují i celkový ekologický benefit z recyklace.



Obr. 6.: Porovnání skutečného materiálového využití a výmětu mezi současným stavem a uvažovaným scénářem.

Závěr

Cílem článku bylo představit technologické závislosti spojené s recyklací vybraných tříditelných frakcí produkovaného KO. Předmětem zkoumání byly nejčastěji separované složky, konkrétně papír a plast. Získaná data v průběhu výzkumu potvrdila, že účinnost recyklace je závislá na míře separace odpadu, kdy se zvyšující se mírou separace narůstá poměr mezi výmětem a materiálově využitelným odpadem. Tato skutečnost ve výsledku omezuje zcela využít maximální potenciál ObH, protože příliš vysoké třídění odpadů snižuje efektivitu recyklace. Zpracování odpadových proudů se takto prodražuje, což ve výsledku ovlivňuje také životní prostředí. Řešením této situace by mohlo být zejména sjednocení obalových materiálů, kdy výrobky jsou často baleny obaly skládající se z více druhů materiálu, což představuje problém pro dotřídovací linky a samotný recyklační proces. Dále je nutné zmínit nutnou osvětu občanů a podporovat je v řádném třídění odpadů, například pomocí motivačních benefitů. Ve výsledku značná část materiálově využitelného odpadu nemůže být recyklována skrz jeho znečištění, ke kterému dochází především již v domácnostech.

Poděkování

Tato práce vznikla za podpory projektu "Strategické partnerství pro environmentální technologie a produkci energie" reg. č. CZ.02.1.01/0.0/0.0/16_026/0008413 financovaného z EFRR.

Reference

- [1] Jekria, N., Daud, S., 2016. Environmental concern and recycling behaviour. *Procedia Eco-nomics and Finance* 35, 667–673.
- [2] Ordoñez I., Harder R., Nikitas A., Rahe U., 2015, Waste sorting in apartments: integrating the perspective of the user, *Journal of Cleaner Production*, 106, 669-679.
- [3] Cui Hailong, Greys Sošić, 2019, Recycling common materials: Effectiveness, optimal decisions, and coordination mechanisms, *European Journal of Operational Research*, 274, 1055-1068.
- [4] Tierney J., 2015, The reign of recycling, *The New York Times*.
- [5] Nash J., 2016, California's recycling crisis sends billions of bottles and cans into landfills, *Bloomberg Businessweek*.
- [6] Brouwer M.T., Thoden van Velzen E.U., Augustinus A., Soethoudt H., De Meester S., Ragaert K., 2018, Predictive model for the Dutch post-consumer plastic packaging recycling system and implications for the circular economy, *Waste Management*, 71, 62-85.
- [7] Pluskal J., Šomplák R., Nevrlý V., Smejkalová V., Pavlas M. In review. Strategic decisions leading to implementation of circular economy concepts in waste management. *Journal of Cleaner Production*.
- [8] Arena H., Di Gregorio F., 2014, A waste management planning based on substance flow analysis, *Resources Conservation and Recycling*, 85, 54-66.
- [9] Deloitte Sustainability, 2017, Blueprint for plastics packaging waste: Quality sorting & recycling, Final report, *Plastic recyclers Europe*, 41 p.
- [10] Eygen E.V., Laner D., Fellner J., 2018, Circular economy of plastic packaging: Current practice and perspectives in Austria, *Waste Management*, 72, 55-64.

- [11] Giugliano M., Cernuschi S., Grosso M., Rigamonti L., 2011, Material and energy recovery in integrated waste management systems. An evaluation based on life cycle assessment, *Waste Management*, 31, 2092-2101.
- [12] Pivnenko K., Eriksson E., Astrup F. T., 2015, Waste paper for recycling: Overview and identification of potentially critical substances, *Waste Management*, 45, 134-142.
- [13] Kúdela J., Smejkalová V., Šomplák R., Nevrlý V. In review. Legislation-induced planning of waste processing infrastructure: A case study of the Czech Republic. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*.