

Prognóza produkce biologicky rozložitelného komunálního odpadu v ČR

Radovan ŠOMPLÁK, Vlastimír NEVRLÝ, Veronika SMEJKALOVÁ, Josef JADRNÝ

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

e-mail: radovan.somplak@vutbr.cz

Souhrn

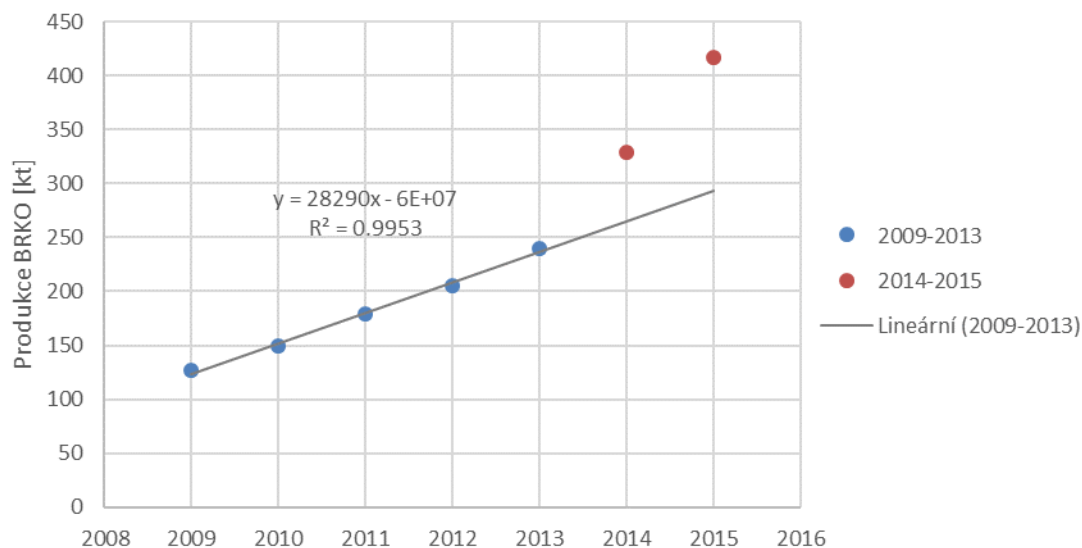
Předložený příspěvek představuje přístup pro prognózování produkce biologicky rozložitelného komunálního odpadu s kat. č. 20 02 01. Výpočty jsou založeny na analýze trendové složky v historických datech. Z výsledků vyplývá potenciál růstu až na trojnásobek dnešní produkce do roku 2025. Současně byla provedena analýza provázanosti mezi separovaným množstvím biologické frakce a produkcí zbytkového komunálního odpadu. Výsledky závislost v historických datech nepotvrdily. Separovaný biologický odpad pravděpodobně tvoří nový odpadový tok komunálního odpadu.

Klíčová slova: *BRKO, prognóza produkce odpadu, S-křivka, biologicky rozložitelný odpad*

Prognóza biologicky rozložitelného komunálního odpadu

Tato práce je zaměřena na problematiku prognózování produkce odpadů, u kterých dochází ke změnám systému sběru. Stěžejním komunálním odpadem, u kterého došlo v poslední době k radikální legislativní změně z pohledu sběru, je katalogové číslo 20 02 01 – Biologicky rozložitelný odpad. V analýze byla využita data pro odpad spadající do obecního sběru, tj. odpad, který není produkován firmami. Pro tento odpad bude dále v textu používána zkratka BRKO (biologicky rozložitelný komunální odpad). Jedná se o odpad, který neobsahuje, ani nepřišel do kontaktu s biologickým odpadem živočišného původu nebo s vedlejšími produkty živočišného původu.

Od roku 2014 mají obce povinnost umožnit oddělený sběr tohoto typu odpadu. To mělo za následek změnu charakteru v historických datech vlivem exponenciálního růstu produkce. Do roku 2013 bylo možné data proložit pomocí lineárního trendu, v následujících letech však již tento trend nekopíruje data a je pro predikci nepoužitelný. Změna trendu BRKO je patrná z obrázku 1. V analýze byla využita data z období 2009-2015, zdrojem byla databáze ISOH (Informační systém odpadového hospodářství).



Obrázek 1: Produkce BRKO v ČR v letech 2009–2015

Z důvodu změny trendu pro produkci BRKO bylo třeba vyvinout nový přístup, jak tento druh odpadu predikovat. V případě změny způsobu sběru se dá předpokládat následující průběh: nejdříve dojde k exponenciálnímu nárůstu (viz obrázek 1), dále se trend růstu začne zmírňovat a v závěrečné fázi bude docházet už jen k mírnému nárůstu a celková produkce bude konvergovat k limitní hodnotě pro daný region a typ odpadu. Takovýto druh vývoje je vhodné modelovat pomocí tzv. logistické křivky (zvané též S-křivka). Vhodnost tohoto typu regresní funkce dokládá článek¹, který se věnuje prognózování produkce směsného komunálního odpadu (SKO), kde byla ukázána případová studie pro rumunskou oblast lasi. Autoři využívají software *Waste Prognostic Tool*² a *Minitab* v kombinaci s regresní analýzou a analýzou časových řad. Jako nejvhodnější model trendu v datech se pro zmíněná data jeví S-křivky a to jak pro celkovou produkci SKO, tak pro jeho jednotlivé složky. V tomto příspěvku byla zvolena a testována pro svojí vhodnou implementaci tzv. Sigmoida, která má tvar:

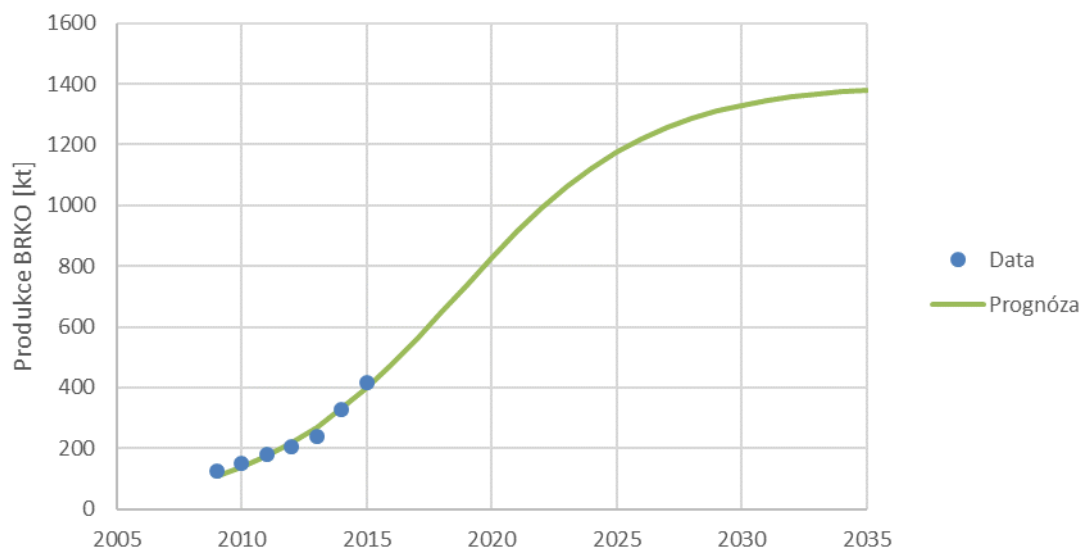
$$p = \frac{1}{1 + e^{-(a+bt)}}$$

kde p udává produkci, e je Eulerovo číslo, a a b jsou vhodné regresní koeficienty a parametr t značí čas. Logistická funkce (Sigmoida) nabývá hodnot v intervalu 0 až 1, proto je nutné vhodně transformovat historická data produkce (p). K tomu je nutné stanovit limitní hodnotu produkce, které je reálně dosažitelné na předemném územním celku. Potenciální produkce BRKO je závislá na typu zástavby, což podporuje řada studií³ a především data o produkci BRKO, které jsou uvedeny v následující části tohoto textu. Pro následnou prognózu BRKO v obcích s rozšířenou působností (ORP) byla stanovena limitní hodnota produkce v uvažovaných typech zástavby:

- Bytová zástavba – 60 kg/obyv. a rok
- Rodinné domy – 200 kg/obyv. a rok

Pro kategorii zástavby „rodinné domy“ byl stanoven limit 8 obyv. na jedno směrovací číslo. Informace o počtu obyvatel na jednotlivých směrovacích číslech v ČR byly čerpány z Českého statistického úřadu (ČSÚ), stejná data byla použita v článku⁴. Celkově bylo identifikováno přibližně 52 % obyvatel v ČR žijících v rodinných domech. Představené rozložení obyvatel v uvažovaných typech zástavby odpovídá průměrné produkci BRKO v ČR okolo 132 kg/obyv. a rok (viz uvažované limity produkce uvedené výše). Maximální limit pro celkovou produkci BRKO v ČR byl na základě typu zástavby stanoven na hodnotu přibližně 1400 kt/rok.

Prognóza založená na logistické regresi je uvedena na obrázku 2. Z výsledků je patrný výrazný růst do roku 2025. Dále se dá očekávat zmírnění růstu a postupné přibližování k limitním hodnotám produkce. Výsledky jsou ovlivněny malou datovou základnou, od doby změny způsobu sběru jsou k dispozici pouze dvě hodnoty (2014 a 2015). S přibývajícím daty se budou výsledky prognózy zpřesňovat. Nicméně již tento představený výsledek dává poměrně jasnou představou o možném budoucím vývoji, což potvrzuje i dosažený koeficient determinace přesahující hodnotu 0,97.



Obrázek 2: Výhled pro produkci BRKO v ČR

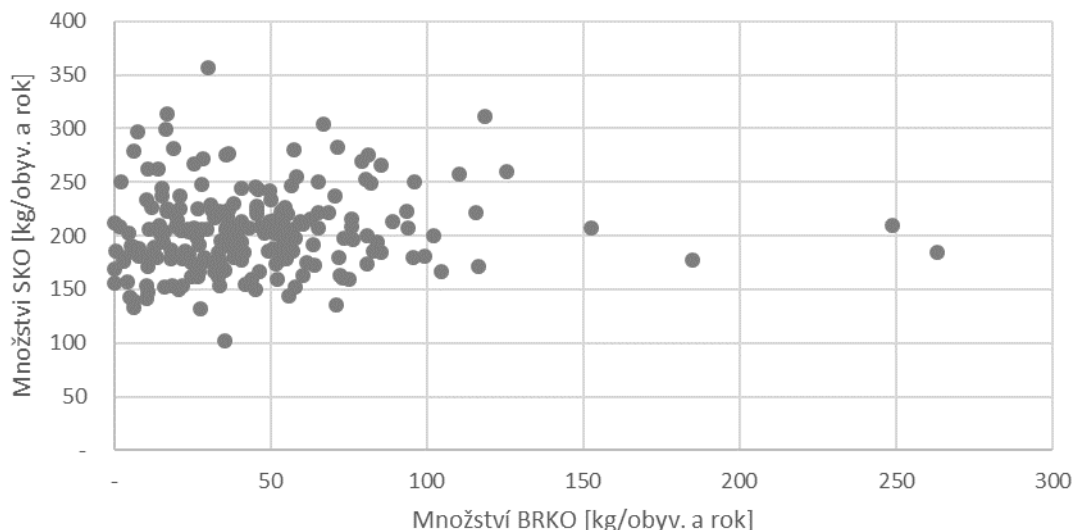
Výstupem představeného textu je prognostický přístup založený na logistické regresi, která je schopna zahrnout do analýzy změnu legislativního prostředí (trendu). Přínos přístupu byl ukázán na BRKO. Dalšími odpady, u kterých lze očekávat změny trendu produkce jsou ostatní složky separovaného sběru (papír, plast, sklo atd.). To může být způsobeno například zavedením pytlového sběru.

Vliv separace bioodpadu (SEP-BRKO) na produkci SKO

V případě systémů třídění BRKO nově zavedených v roce 2014, vzniká otázka, ze kterého odpadového toku je tento odpad odkloněn. Obecně se dá předpokládat, že část produkce kat. č. 20 02 01 bude pocházet ze SKO a zbytek vytríděného bioodpadu byl do této doby mimo režim (evidenci) zákona o odpadech a vzniká jako nový odpadový proud (především odpad ze zahrad rodinných domů). Zahrnutí BRKO ze zahrad rodinných domů do obecních systémů sběru znamená zvýšení celkového množství KO, na druhou stranu je velmi často mezi odbornou veřejností prezentován názor, že v důsledku zavedení separovaného sběru BRKO dojde k významnému snížení množství SKO (omezení množství biologicky rozložitelné frakce v SKO).

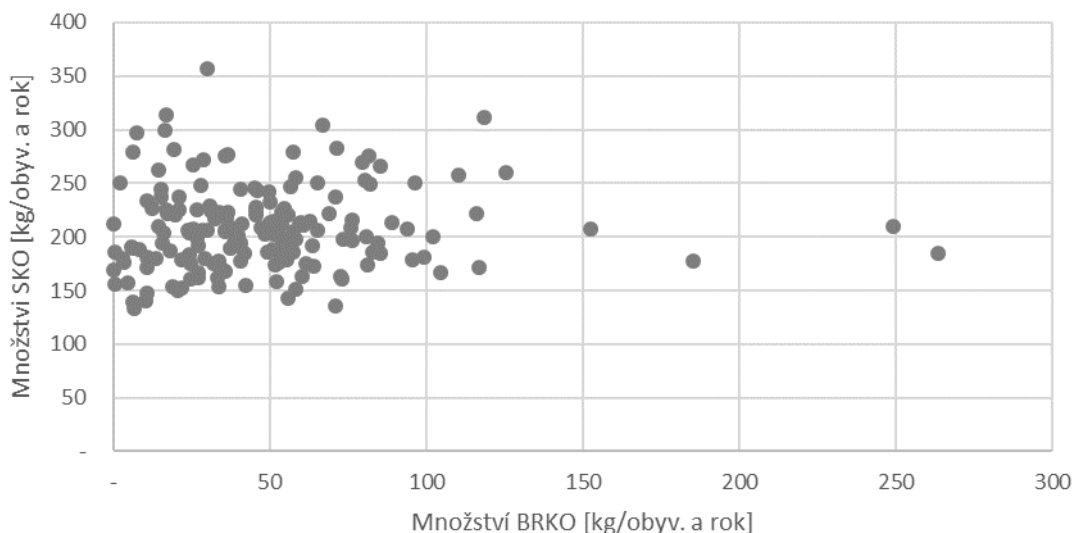
Cílem dílčí analýzy bylo odhadnout, jak velká část vytríděného BRKO pochází původem z SKO, tzn. Jedná se o ověření předpokladu, že čím vyšší bude separace BRKO, tím méně bude produkováno zbytkového SKO. Tato analýza byla tvořena na datech pocházejících z obecního systému sběru (zdroj ISOH).

Produkce SKO v závislosti na množství vytríděného BRKO kat. č. 20 02 01 v roce 2015 je uvedena na obrázku 3. Z grafu je patrný zcela nahodilý charakter, tzn. množství vyprodukovaného SKO není nijak závislé na efektivitě třídění BRKO v ORP. Spearmanův koeficient pořadové korelace (popisuje monotónnost v datech) byl vyhodnocen ve výši $r = 0,008$, což potvrzuje nezávislost sledovaných parametrů.



Obrázek 3: Závislost produkce SKO na množství separovaného BRKO v českých ORP v roce 2015 (zdroj ISOH – obecní systém sběru)

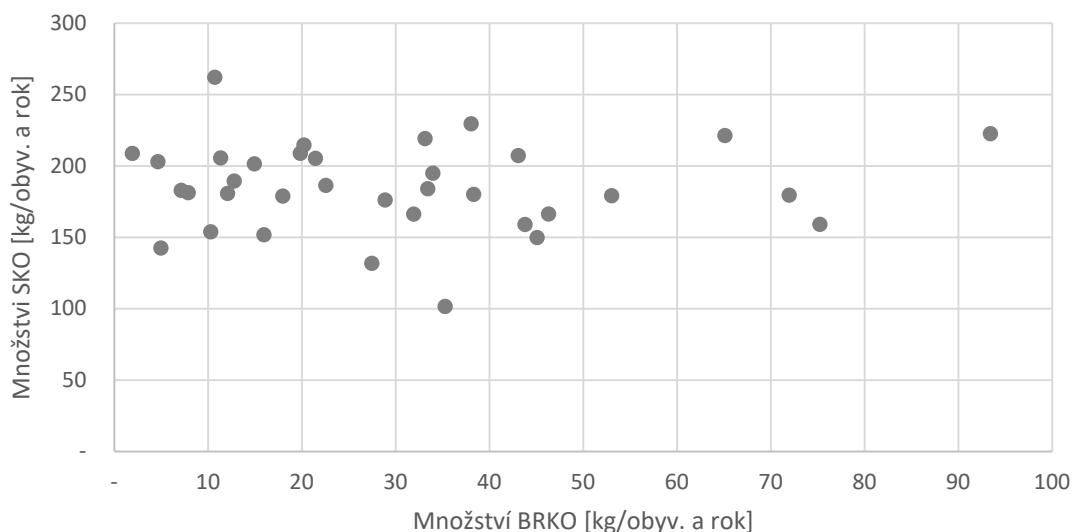
Dosažené poznatky byly dále ověřeny při detailnější analýze ORP s různým typem zástavby. Výsledky pro ORP s převažující venkovskou zástavbou (více než 50 % zástavby tvoří rodinné domy) jsou zobrazeny na obrázku 4 a výsledky pro ORP s převažující městskou zástavbou (méně jak 50 % zástavby tvoří rodinné domy) jsou zobrazeny na obrázku 5. Grafy potvrzují nezávislost mezi produkcí SKO a množstvím vyříděného BRKO i pro různé typy převažující zástavby, zásadním rozdílem zřetelným z grafů je ale množství vyříděného bioodpadu v odlišných zástavbách. V ORP s převažující venkovskou zástavbou se vyřídí BRKO výrazně více (průměrná hodnota představuje asi 48 kg/obyv. a rok) než je tomu v ORP s převládající městskou zástavbou (v průměru asi 30 kg/obyv. a rok). To je v souladu se stanovenými limitními hodnotami produkce z uvažovaných typů zástavby (viz výše).



Obrázek 4: Závislost produkce SKO na množství separovaného BRKO v českých ORP v roce 2015, ORP s převažující venkovskou zástavbou (zdroj ISOH – obecní systém sběru)

Obdobný charakter, jako BRKO, vykazuje i SKO. Při převládající vesnické zástavbě je významně vyšší produkce SKO. U ORP s převládající městskou zástavbou je průměrná produkce SKO přibližně 158 kg/obyv. a rok. U ORP, ve kterých je převaha rodinných domů, je průměrná produkce SKO asi 208

kg/obyv. a rok. To pouze podporuje tezi o rozdílnostech produkce komunálních odpadů v závislosti na typu zástavby.



Obrázek 5: Závislost produkce SKO na množství separovaného BRKO v českých ORP v roce 2015, ORP s převážující městskou zástavbou (zdroj ISOH – obecní systém sběru)

Závěry

Představený text se věnoval prognóze produkce BRKO s kat. číslem 20 02 01. Pro hledání trendu v datech byla vybrána S-křivka, u které bylo dosaženo velmi vysokého koeficientu determinace přesahující hodnotu 0,97. Získaný trend naznačuje značný růst produkce BRKO do roku 2025. V tomto roce by mohla produkce BRKO v ČR dosahovat přibližně 1200 kt, což představuje asi 85 % celkového potenciálu, který byl stanoven na základě typu zástavby ve sledovaném území. Druhá část textu se věnovala analýze původu separovaného BRKO. Nebyla nalezena významná korelace mezi produkcemi BRKO a SKO, což naznačuje, že se jedná o zcela nový odpadový proud. Jde tedy pravděpodobně především o biologicky rozložitelný odpad ze zahrad a prozatím se nepodařilo producenty dostatečně motivovat pro separaci BRKO ze zbytkových odpadů (kuchyňského odpadu).

Poděkování

Příspěvek vznikl na základě finanční podpory poskytnuté Technologickou agenturou České republiky v rámci výzkumného projektu č. TE02000236 "Waste-to-Energy (WTE) Competence Centre" a Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky v rámci standardního projektu specifického výzkumu FSI-S-17-4526.

Literatura

1. Ghinea C., Drăgoi E. N., Comăniță E. D., Gavrilescu M., Câmpean T., Curteanu S., Gavrilescu M.: Forecasting municipal solid waste generation using prognostic tools and regression analysis. *Journal of Environmental Management*. ECMS, 2016, 2006-05-28, 182(8-9), 80-93. DOI: 10.1016/j.jenvman.2016.07.026.50.
2. Den Boer E.: Waste management planning and optimisation: handbook for municipal waste prognosis and sustainability assessment of waste management systems. Stuttgart: ibidem-Verl, 2005. ISBN 9783898215190.
3. Šomplák R., Pavlas M.: Návrh optimální sítě zařízení k nakládání s odpady v rámci celé ČR včetně stanovení potřebných kapacit těchto zařízení ve všech krajích. Dokument 1.1.2 Návrh optimální sítě zařízení v krajích a v ČR. Dostupné z http://www.mzp.cz/cz/projekty_po8_opzp_2007_2013, [12. 2. 2017].
4. Šomplák R., Pavlas M., Smejkalová V.: Nástroje pro predikci produkce a složení komunálních odpadů. *Waste Forum* 2016, Issue 2, 79-92. Dostupné z http://www.wasteforum.cz/cisla/WF_2_2016.pdf.

Forecasting of Biodegradable Municipal Waste Production in the Czech

Radovan ŠOMPLÁK, Vlastimír NEVRLÝ, Veronika SMEJKALOVÁ, Josef JADRNÝ

Institute of Process Engineering, Faculty of Mechanical Engineering, Brno University of Technology

e-mail: radovan.somplak@vutbr.cz

Summary

The paper presents an approach to forecasting of biodegradable municipal waste with catalogue number 20 02 01. Calculations are based on the analysis of the trend in historical data. The results imply potential to increase by a factor of 3 from the current production until 2025. The possible relations between the separated amount of bio-waste and residual municipal waste production were also analysed. However, the results did not prove any connections in historical data. The separated bio-waste is likely to form a new waste stream of municipal waste.

Keywords: *BMW, forecasting of waste production, S-curve, biodegradable waste*