

VYUŽITÍ SYSTÉMOVÉ DYNAMIKY V OBLASTI ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ: NA PŘÍKLADU ODPADOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ MĚSTA ZNOJMA

THE UTILIZATION OF SYSTEM DYNAMICS IN THE ENVIRONMENT: THE EXAMPLE OF WASTE MANAGEMENT FROM THE CITY OF ZNOJMO

ING. ET ING. STANISLAV ČURDA, PH.D.¹

ING. MICHAL PLAČEK, M.Sc.¹

ING. MILAN PŮČEK, MBA, PH.D.²

¹ Katedra ekonomie a veřejné správy | ¹ Department of Economics and Public Administration
Soukromá vysoká škola ekonomická Znojmo | Private College of Economic Studies in Znojmo
✉ Loucká 42, 669 02 Znojmo, Czech Republic
E-mail: placek@svse.cz

² Centrum pro sociální a ekonomické strategie | ² Centre for Social and Economic Strategies
Fakulta sociálních věd | Faculty of Social Sciences
Univerzita Karlova v Praze | Charles University in Prague
✉ Celetná 20, 116 36 Praha, Czech Republic
E-mail: milan.pucek@seznam.cz

Anotace

Cílem článku je využít nástroje systémové dynamiky pro rozvoj a řízení města, a to na konkrétním případě odpadového hospodářství Města Znojma (na problému nakládání s biodegradabilním odpadem – odhad produkce biodegradabilního odpadu). Druhým cílem je popsat vazby odpadového hospodářství na rozpočet města a provést benchmarking s městy se stejnou velikostí a strukturou odpadového hospodářství. K naplnění cílů byla provedena analýza dostupných zdrojů, byla vedena diskuze s odborníky k identifikaci hlavních faktorů ovlivňující produkci biodegradabilního odpadu. Byly použity tyto metody: analýza literatury a dostupných zdrojů, srovnávací analýzy (benchmarking), strukturované rozhovory s odborníky, objektivizace analýz, systémově dynamické modelování procesů. Výsledkem práce je kromě analyzovaných dat a provedených srovnání zejména diagram kauzálních vazeb, jež může sloužit jako základ pro vytvoření dynamického modelu a v také v neposlední řadě odpovědným činitelům města pro uvědomění si základních vazeb a kauzalit v extrémně komplexním systému jakým je odpadového hospodářství.

Klíčová slova

odpadové hospodářství, systémová dynamika, benchmarking, rozpočet

Annotation

This article deals with the utilization of system dynamics for the development and management of cities, with emphasis on the particular case of waste management in Znojmo (regarding the issue of management of Biodegradable waste – estimation of Biodegradable waste). The second objective is to describe the links between waste management and municipal budgets and to apply benchmarking to cities of similar size and with a similar structure of waste management. To meet the objectives, an analysis of available resources was provided and discussions were held with experts in order to identify the main factors influencing the production biodegradable waste. The following methods were used: an analysis of the literature and of the available resources, comparative analysis (benchmarking), structured interviews with experts, corroboration of the analysis, and system dynamic

modeling processes. The result of this work is an addition to the analyzed data and applied benchmarking, in particular the causal links diagram, that serve as a tool for city officials to be used for the realization of the fundamental links and causality within extremely complex systems such as waste management.

Keywords

waste management, system dynamic, benchmarking, budget

JEL classification: R1, R5, C1

1. Úvod

Obce v ČR mají ze zákona povinnost zajistit rozvoj svého území. Využití systémové dynamiky může obcím při zabezpečování rozvoje pomoci lépe pochopit situaci a potřebné vazby. Jako zakladatele systémové dynamiky můžeme označit J. Forrestera profesora na Massachusetts Institute of Technology (Forrester, 1989). Aplikaci systémové dynamiky v managementu se zabýval Peter Senge v knize pátá disciplína (Senge, 1994), zavádí kategorii systémového myšlení, kde se neklade důraz na matematické modelování, ale na pochopení celistvosti systému a vazeb mezi jednotlivými prvky a kauzalitami tohoto systému. Velmi komplexní popis podstaty aplikace této metody různé modely poskytuje Sterman, blíže viz. (Sterman, 2000) Pokud se zaměříme na aplikaci v oblasti municipalit, byla systémová dynamika poprvé aplikována v rámci implementace systému Balanced Scorecard ve městě Vsetín (Hušek, Šusta, Půček, 2006), na rozdíl od klasické BSC tak jak ji známe od autorů Kaplana a Nortona (Kaplan, Norton, 2001), se jednalo rozšíření modelu na tzv. 3. generaci BSC. Bylo vytvořeno několik modelů, například model populace města Vsetín, model pracovního trhu, bohužel tyto modely nebyly naplněny reálnými daty a použity pro reálnou aplikaci (Půček, Koppitz, Otrusilová, 2013). Pro účely teorie byly naplněny reálnými daty a testovány na to, jak jsou schopny vystihnout realitu až v roce 2013 (Půček, Koppitz, Otrusilová, 2013)). Hlavní přínos dynamických modelů lze shrnout do následujících bodů: (1) systemizace myšlenkových pochodů, (2) usnadnění komunikace mezi lidmi, (3) výchova a výcvik, (4) predikce chování modelovaného systému, (5) experimenty, (6) pochopení reálného systému, (7) parametrické studie reálného systému, (8) náhrada za experimenty s reálným systémem (Burianová, 2007).

Výzkum se věnuje možnostem využití nástrojů systémové dynamiky v oblasti životního prostředí – konkrétně v oblasti nakládání s odpady. Náklady na hospodaření s odpady jsou velmi významnou položkou rozpočtu každého města. Průměrný náklad na občana za zpracování odpadů byl v ČR v roce 2011 912Kč. Podrobnější srovnání přináší následující tabulka:

Tab. 1: Srovnání vybraných nákladů na obyvatele s průměrnými náklady obcí velikosti 20 001 – 50 000 obyvatel v rámci kraje a ČR za rok 2011

Činnost	Náklady v Kč/obytel/rok		
	Znojmo	JM kraj	ČR
Náklady směsného KO	739,40	557	515
Svoz tříděných odpadů	143,60	106	145
Náklady na sběrný dvůr	203,70	104	98
Svoz odpad. košů	88,90	-	38
Náklady celkem	1 187,50	916	912

Zdroj: EKO-KOM a.s. Analýza odpadového hospodářství Města Znojma

Z tabulky vyplývají příčiny vyšších nákladů na občana ve Městě Znojmě v porovnání s Jihomoravským krajem a celorepublikovým průměrem v daných kategoriích. Velmi vysokých hodnot dosahují položky, jako jsou náklady na sběrný dvůr a náklady směsného KO.

Tato situace se samozřejmě promítá do celkových nákladů systému odpadového hospodářství, které mají vrůstající trend (2009 – 38mil., 2010 – 36 mil., 2011 – 40mil.).

Stejně zajímavým ukazatelem je výše dotace systému ze strany obce v porovnání s ČR. Do roku 2012 mohly obce stanovit podíl občanů na úhradě činnosti odpadového systému formou místního poplatku do výše 500Kč. Znojmo má tento poplatek na maximální úrovni, takže dominantním problémem je nákladnost celého systému. Tento závěr nám potvrzuje i tabulka porovnání nákladů na občana. Od roku 2013 mají obce možnost zvýšit místní poplatek až na 1000 Kč.

Tab. 2: Podíl dotace systému odpadového hospodářství na nákladech Znojmo vs ČR

	2009	2010	2011
Znojmo	51,53%	47,81%	53,3%
ČR	29%	28%	32%

Zdroj: EKO-KOM a.s., Analýza odpadového hospodářství Města Znojma

Pokud budeme zvažovat nákladovost systému a možné budoucí faktory, které mohou hrát roli při zvyšování nákladů, musíme bezpochyby zmínit zavádění sběru biologicky rozložitelného odpadu a možné navýšení poplatku za skládkování. Navýšení poplatku za skládkování je záležitost daná legislativou v horizontu let. Pokud se však zaměříme na problém biodpadu, je město nuceno učinit v poměrně krátké době rozhodnutí, jakým způsobem bude problém řešit a zvažovat možné dopady na celkové náklady systému.

2. Cíl a metody

Předmětem zkoumání této studie je analýza odpadového hospodářství Města Znojma s využitím nástrojů systémové dynamiky. Výzkumné cíle jsou následující: (1) Využit nástroje systémové dynamiky pro rozvoj a řízení města, a to na konkrétním případě odpadového hospodářství Města Znojma. (2) Druhým cílem je popsat vazby odpadového hospodářství na rozpočet města a provést benchmarking s městy se stejnou velikostí a strukturou odpadového hospodářství. Při naplňování výzkumných cílů byl použit mix normativní a nenormativní metodologie a jemu odpovídající výzkumné metody. Pozitivní metodologie byla použita zvláště při analýze a deskripci problému, při studiu zdrojů a analýze dat. Základní kritériální otázkou při tomto druhu analýzy je: „Co se stalo? Jaký je stav zkoumaného problému?“. Následně jsme se pokusili formulovat „nejlepší“ (optimální) řešení s ohledem na zvolená kritéria a omezující podmínky. Stavíme si normativní otázku: „Jaký výsledný cílový stav by byl vhodný (žádoucí) pro město?“. Empirickou bází pro danou analýzu bylo období roků 2009 až 2011, a to zejména z důvodu získání potřebných dat. Empirická analýza se opírá jak o sekundární tak i o primární data. V rámci výzkumu byly použity tyto metody: analýza literatury a dostupných zdrojů, srovnávací analýzy (benchmarking), strukturované rozhovory s odborníky, objektivizace analýz, systémově dynamické modelování procesů.

3. Výsledky

3.1. Odpadové hospodářství

V rámci výzkumu identifikovali autoři následující problémy, o kterých bude muset Město Znojmo v oblasti odpadového hospodářství rozhodnout: (1) Poplatek pro občany za biologicky rozložitelný odpad. (2) Jakým způsobem bude motivovat občany, aby odpad třídili a ukládali žádoucím způsobem. (3) Jakým způsobem bude Město službu pro občany zajišťovat. (4) Určení optimálního počtu nádob. (5) Určení předpokládaného množství biologického odpadu

Jak bylo uvedeno, znalost produkce biodpadů na území obce, jejich jednotlivé druhy a hmotnostní toky jsou zásadní pro vytvoření strategie nakládání s biodpady, které jsou významnou součástí odpadového hospodářství obce. Vliv primárních dat na nastavení optimálního systému jak pro provoz, tak pro ekonomickou stránku věci je velmi významný.

Produkce bioodpadů v případě, kdy obec začíná vytvářet prvotní systém nakládání s nimi a nemá žádná historická data, se stávajícími metodami stanovuje velmi nedokonale a validita odhadů produkce v budoucnu je rovněž velmi nízká. Může se proto stát, že dojde k navržení a vytvoření systému, který následně nebude plnit očekávání a jeho provoz se bude muset následně měnit. Do jisté míry je to dáno i tím, že odhad produkce bioodpadů probíhá velmi povrchně a není proveden více metodami tak, aby došlo k vzájemné kontrole a následně k úpravě hodnot. Velmi často se jako zdroj bioodpadu berou pouze zdroje, které lze co možná nejsnadněji kvantifikovat, ale to neznamená, že představují majoritní část produkce. Zákonitě následují odchylky v množství produkce a tím i v hmotnostních a druhových tocích, což má vliv na ekonomiku koncového zařízení. Často dojde k odhadu veličiny bez zasazení do širších souvislostí.

Při tvorbě analýzy produkce bioodpadů pro město Znojmo - „Analýza potenciálu produkce odpadů - Biologicky rozložitelný odpad“ - byl použit nejčastěji využívaný model stanovením procentuální složky bioodpadů ve směsném komunálním odpadu. Velmi často je tato procentuální hodnota přejímána z různých studií a proto nemusí odrážet stav v navrhovaném území. V tomto konkrétním případě studie rovněž převzala cizí hodnoty. Na příslušné části studie je zřejmé, jak jsou tyto odhady produkce prováděny. Tento stav bude demonstrován na pasáži:

„4. Aktuální a budoucí produkce odpadů - Biologicky rozložitelný odpad z domácností“

Výňatek č.1 z analýzy: „Dle údajů ČSÚ (Zpráva „Produkce, využití a odstranění odpadu v roce 2010“) činilo množství směsného komunálního odpadu připadající na jednoho obyvatele ČR 317 kg, z toho největší část 71 % tvořil běžný svaz, 16 % tříděný odpad (sklo, papír, plasty) a 11 % objemný odpad. Celkové množství BRKO uloženého na skládky v roce 2010 činilo 1, 377 mil. tun, což je v přepočtu na obyvatele 131 kg, tedy o 19 kg více než byl cílový stav (za rok 2010 měl být snížen podíl uloženého BRKO na skládky na 75 % hmotnostních ve srovnání s rokem 1995, což mělo být 112 kg). Místo požadovaných 75 % tak bylo uloženo 90 % množství roku 1995. Podíl BRKO v SKO činí aktuálně přibližně 40 – 60 % hmotnosti. Produkce SKO v posledních pěti letech mírně vzrůstá (přibližně o 2 – 3 % hmotnostní ročně), což je dáno zejména vzrůstající životní úrovní obyvatelstva. Přitom v některých letech dochází k udržení stavu z předchozího roku, což je dáno zejména zaváděním a rozšiřováním separovaného sběru některých odpadů (zejména obalů).“ (Pánská, 2012)

Komentář k výňatku č. 1: Je zřejmé, že jde o obecné sdělení, které se zájmovým územím nesouvisí, protože v rámci produkce směsného komunálního odpadu došlo v letech 2009 – 2011 k poklesu o 565 tun (což je o cca 8,5%). Pokud jsou data produkce směsného komunálního odpadu brána jako podklad pro odhad budoucí produkce, pak má studie opačný trend než je realita.

Výňatek č. 2 z analýzy: „Množství obyvatel je podle nejnovější střední prognózy ČSÚ na nejbližší léta možno považovat za přibližně konstantní. Složení SKO prochází v posledních letech vývojem, který je možno charakterizovat postupným zvyšováním podílu biologicky rozložitelných složek ze 40 % v roce 1995 až na 48 % v roce 2000, 54 % v roce 2010, 56 % v roce 2013 s předpokladem růstu až na 60 % v roce 2020. Zde zmíněné prognózy předpokládají, že nebudou zaváděny postupy, které by mohly výrazně snížit množství SKO a v něm obsažených biologicky rozložitelných složek. Jedná se o zavedení separovaného sběru BRKO vyplývající z novely zákona o odpadech. Z výše uvedeného vyplývá, že jako reálný podíl BRKO v SKO lze na úrovni celé ČR v současnosti a blízké budoucnosti brát v úvahu úroveň kolem 40 – 50 % hmotnostních.“ (Pánská, 2012)

Komentář k výňatku č. 2: Z této části je evidentní, že pro výpočet dojde pouze k upravení dat dle prognózy ČSÚ, která průměruje stav v celé ČR napříč různými typy aglomerací. Bohužel právě tento způsob odhadu produkce bioodpadů je nejčastější. Není možno řešit, které jednotlivé druhy bioodpadů jsou započítány do uvedených 40 – 50 % hmotnostních a tak ani nevíme, zda je s nimi možno v tomto konkrétním případě počítat. Tento nedostatek je zřejmý v kontextu další užívané metody, která je popsána níže a kde čistě „bioodpad“ představuje jen do cca 20 % ze směsného komunálního odpadu. Další využívaný způsob pro odhad množství produkce biologicky rozložitelného odpadu vychází z analýzy skladby komunálního odpadu. Zde již nalezneme podrobnější rozbor, kdy druhotné suroviny jsou vedeny samostatně a nenavysují tak produkci. Rovněž se projevuje snaha postihnout různé typy aglomerací a tím i jejich specifika v množství produkce.

Jako základ pro výpočet (odhad) je počet obyvatel a hodnota roční produkce jednoho obyvatele. Pokud ale dochází pouze k převzetí této hodnoty, může dojít rovněž k chybě – jde totiž o průměrné hodnoty a pokud není proveden samostatný rozbor skladby komunálního odpadu, tak je třeba alespoň provést korekci na místní produkci komunálního odpadu.

Tab. č. 3: Zastoupení biodpadu v produkci směšného komunálního odpadu (kg/obyv./rok)

	Podíl látkových skupin v odpadu (kg/obyv./rok), průměrné hodnoty			
	Sídlištní zástavba velkých měst	Sídlištní zástavba menších měst	Smíšená zástavba měst	Venkovská zástavba
Bioodpad	28	25	27	12
<i>Celkem</i>	<i>156</i>	<i>130</i>	<i>156</i>	<i>198</i>

Zdroj: výsledky VaV/720/2/00

V případě města Znojma tedy docházíme díky popsaným metodám k dvěma různým závěrům:

Tab. 4: Varianta 1

Rok	Směšný komunální odpad	Biologicky rozložitelný odpad
2009	7235,858 t	2 894 t (40 % SKO) až 3 618 t (50 % SKO)
2010	6921,006 t	2 768 t (40 % SKO) až 3 461 t (50 % SKO)
2011	6670,852 t	2 668 t (40 % SKO) až 3 335 t (50% SKO)

Zdroj: roční hlášení produkce a nakládání s odpady

Tab. 5: Varianta 2

Produkce(kg/obyv./rok)	Počet obyvatel	Biologicky rozložitelný odpad
27	34 476	931 t

Hodnoty pro rok 2010 a celkový počet obyvatel – předchozí odhad totiž také využil jako výchozí celkovou produkci směšného komunálního odpadu.

Porovnání odhadu pro rok 2010 vypovídá, že druhý způsob udává hodnotu 33,6 % nebo 26,9 % ze způsobu prvního. Rozhodně tedy nelze mluvit o drobné statistické chybě.

Jak je patrné výsledky jsou diametrálně odlišné a je těžké se na jejich základě rozhodovat o tom, jak bude systém svozu a dalšího nakládání s bioodpady dimenzován. Pokud by byl systém budován zcela nově a výchozí hodnoty a produkce by byla určena druhým způsobem, došlo by nejspíše k výraznému poddimenzování kapacit. Pokud by na jejich vybudování byla využita dotace, další náklady by již neslo samo město.

Jako příklad finančního dopadu rozhodnutí na základě nesprávných dat lze uvést případ, kdyby město Znojmo zřizovalo zařízení pro nakládání s bioodpady na základě předpokladu úspor. Rozdíl mezi cenou, kterou město Znojmo platí za ukládání směšného komunálního odpadu na skládce a odstraněním bioodpadu na kompostárně je 710 Kč/t. Podle prvního modelu by očekávaná úspora při zřízení kompostárny představovala 1965 tis. Kč za rok (popř. 2457 tis. Kč/rok) dle dat z roku 2010. Pokud by byl pravdivý druhý způsob odhadu produkce, pak by úspora tvořila jen 661 tis. Kč/rok což je cca 1/3 popř. ¼ proti odhadu první metodou. Město Znojmo by tedy mělo vybudované předdimenzované zařízení, u kterého by byl problém naplnit jeho kapacitu a i návratnost investice by byla výrazně jiná než by byla prvotní očekávání.

U hodnocené analýzy produkce byl dán malý prostor tomu, že zadavatel uvažuje o zavedení systému jen pro určitou specifickou část bioodpadů. Jedná se o produkci bioodpadů z údržby soukromé zeleně. Je to dáno tím, že zadavatel disponuje zařízením, kde není v této době možno odstraňovat bioodpady ze směšného komunálního odpadu a v tomto smyslu se zvolená metodika odhadu jako podíl směšného komunálního odpadu jeví jako naprosto nevyhovující. Navíc plánovaný systém se týká pouze části města a tím by bylo nutné provádět další korekce výpočtu. K využití nepříliš vhodného

modelu došlo asi tím, že postup stanovení zdrojů bioodpadu a následná kvantifikace je poměrně náročná a to již v případě stanovení aktuální produkce.

Pro stanovení přesnějších hodnot by bylo vhodné vytvořit systém pro stanovení produkce, který bude odpovídat místním podmínkám (například zohlední různé druhy zástavby) a bude reflektovat i na další požadavky zadavatele. Specifické požadavky se mohou týkat jak zaměření se na produkci určitých druhů odpadů z důvodu již existujícího zařízení pro odstraňování odpadů nebo prognózu v delším časovém výhledu.

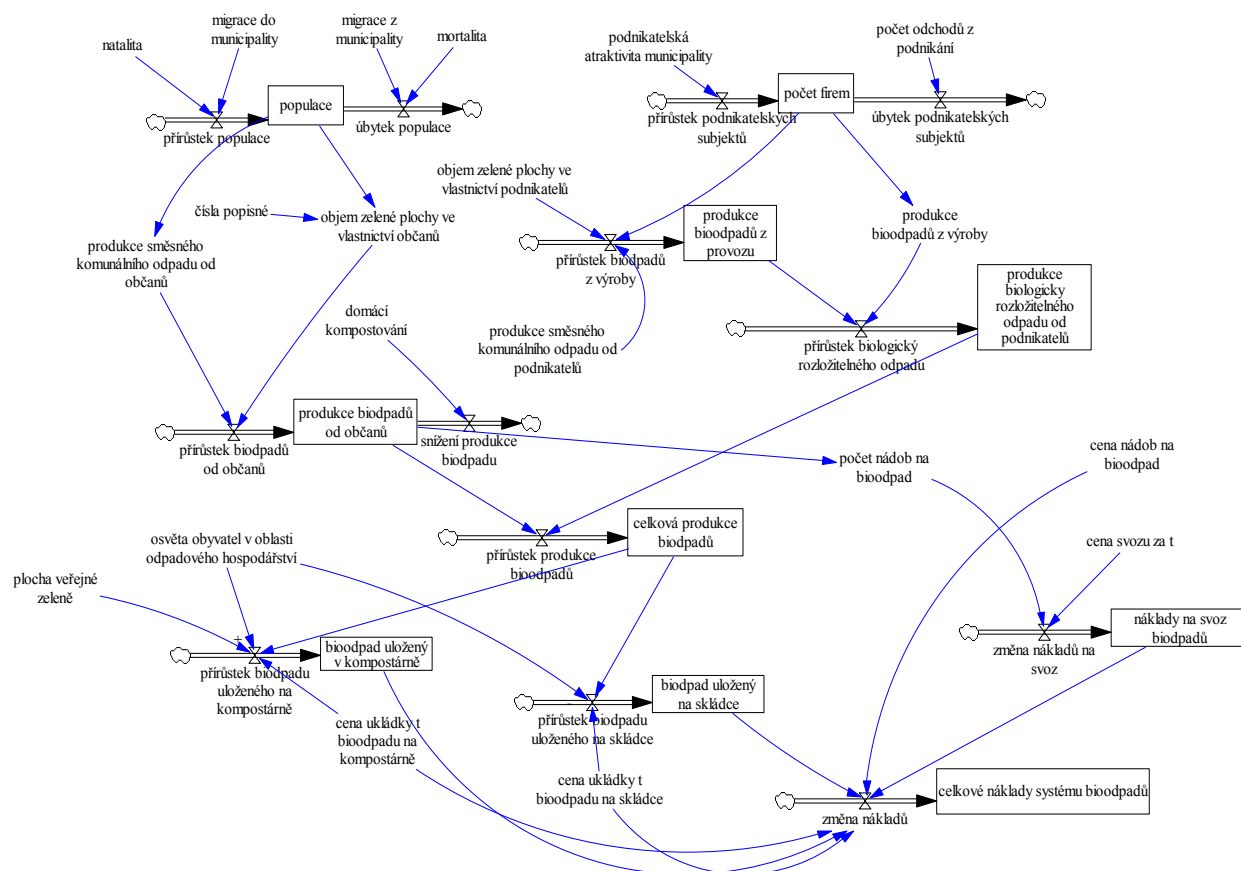
Pro vytvoření takového systému je třeba zmapovat jednotlivé zdroje a toky odpadů. Pro vytvoření odhadu v čase je pak nutné stanovit veličiny, které produkci ovlivňují a mohou se v čase měnit. U těchto hodnot pak najít trend vývoje a s touto veličinou následně kalkulovat. Systém by měl být vytvořen tak, aby se jednoduchým způsobem daly namodelovat různé varianty. To by umožnilo posoudit kvalitu jednotlivých systémů a případně jejich ekonomickou náročnost. Pro vytvoření takového modelu se již jako vhodná metoda využívající systémové dynamiky.

3.2. Využití systémové dynamiky

Při tvorbě modelu postupujeme následujícím způsobem:

- Definování problému – zde je nutné jasně definovat, co vlastně chceme modelovat a jaké cíle tím chceme dosáhnout. Modelování znamená určité zjednodušení reality, proto je nutné stanovit určité hranice modelu a rozhodnout o tom, které proměnné budeme modelovat.
- Definování systémových prvků modelu – je nutné definovat všechny jednotlivé části modelu, určit jednotky v jakých je zachytíme, úlohu v modelu např. konstanta, zásobárna, tok, parametr
- Mentální vyjádření modelu – velmi účinné je grafické znázornění modelů pomocí diagramu toků, nebo smyčkových diagramů, hlavním cílem této fáze je uvědomění si kauzalit a vlastností jednotlivých prvků modelu. Grafické vyjádření je běžná součást software zabývajícího se systémovou dynamikou a existují přesné konvence zápisu modelu.
- Formalizace modelu – zde se pokoušíme určit závislost jednotlivých proměnných a definovat rovnice modelu, snažíme se tedy popsat, jak se mění hodnoty stavových veličin X v čase t ($X(t)$ na hodnotu v čase $t+\Delta t$, tedy na $X(t+\Delta t)$, kde $t+\Delta t$ znamená nepatrně malou změnu v čase). Změny hodnoty stavových veličin můžeme popsat následovně: Diskrétními modely – čas rozdělíme na rovnoměrné intervaly délky Δt a výpočty provádíme pouze v těchto diskrétních intervalech, v bodech $t_n = t + n \cdot \Delta t$ počítáme hodnoty y_n zbytek aproximujeme. Alternativou jsou spojité modely – čas nelze rozdělit na diskrétní kroky, používáme diferenciální rovnice dx/dt – změna hodnoty proměnné v čase t . Samozřejmě lze také použít kombinace předchozích přístupů. Pro řešení diferenčních rovnic v modelech můžeme použít Eulerovu metodu $y_{n+1} = y_n + \Delta t * f(y_n, t)$, tato metoda skýtá omezení zejména při použití u modelů s vysokofrekvenčními oscilacemi. Další variantou je použití Runge – Kutta integrační metody (2. a 4. Řádu), což je sofistikovanější metoda aproximace, jež vyžaduje více operací, ale poskytuje přesnější výsledky. Tato metoda není vhodná pro modely s čistě diskrétními prvky, na čistě spojitých dosahuje lepších výsledků než Eulerova metoda. (Pelánek, 2011). Podrobnější matematickou intuici pro modelování např. v oblasti biologie lze nalézt například v (Ellner, Guckenheimer, 2006).
- Tvorba simulačního období – zde musíme určit délku období pro simulaci, časový krok, tj. jak často bude model provádět matematické výpočty a metodu integrace (Eulerova vs Runge Kutta)

Obr. 1: Systémově dynamický model nakládání s bioodpady ve Městě Znojmě



Zdroj: autoři

4. Závěr

Odpadové hospodářství je velmi komplexní systém. Důležitost kvalitního řízení tohoto systému v budoucnosti poroste, neboť s velkou pravděpodobností porostou také náklady na obsluhu tohoto systému a systém se bude měnit dynamičtěji než doposud. Což můžeme demonstrovat právě na řešení problému s bioodpady. Systémová dynamika nám tedy může pomoci efektivněji řídit systém odpadového hospodářství a vyrovnat se s náhlými změnami. Simulace různých variant vývoje systému umožňuje lépe vyhodnotit dopady rozhodnutí odpovědných zástupců města na systém a také na jeho náklady. Samozřejmě je nutné zmínit omezení, které nám použití systémové dynamiky přináší. Každý model znamená určitou míru zjednodušení reálného světa a není ani žádoucí, aby systém byl popsán do nejmenších detailů, neboť bychom se vystavili riziku, že pro přílišnou detailnost ztratíme přehled o nejvýznamnějších faktorech, jež ovlivňují systém. Výstupy z modelu nám spíše udávají základní intervaly hodnot, v nichž se při různých variantách vývoje můžeme pohybovat, než konkrétní čísla. Jedním z největších kladů systémové dynamiky je však efekt učení se. I přesto, že se nám ne vždy může povést připravit využitelný model, můžeme si alespoň pomocí smyčkového diagramu, který používáme pro grafickou část modelu, uvědomit komplexnost systému a ty nejdůležitější kauzality, které systém ovlivňují.

Literatura

- [1] BURIANOVÁ, E. *Simulace dynamických modelů s využitím metod systémové dynamiky*. ISKI, 2007 Využití operačních systémů a počítačových sítí v podpoře výuky inženýrských předmětů.
- [2] Český statistický úřad. *Produkce, využití a odstranění odpadů v roce 2011*, Český statistický úřad, Odbor statistiky zemědělství, lesnictví a životního prostředí, Praha, 2011.
- [3] EKO-KOM. *Analýza odpadového hospodářství Města Znojma*. EKO-KOM, Praha 2012
- [4] ELLNER, S. P., GUCKENHEIMER J. *Dynamic models in Biology*. Princeton: Princeton University Press, 2006. 326 p. ISBN 978-0-691-12589-3.
- [5] FORRESTER W.J. The Beginnings of Systems Dynamics. *The McKinsey Quarterly* 1995, Number 4
- [6] *Hlášení o produkci a nakládání s odpady 2009, 2010 a 2011 ve městě Znojmo*.
- [7] HUŠEK, Z., ŠUSTA, M., PŮČEK, M. *Aplikace metody Balanced Scorecard (BSC) ve veřejném sektoru*. Praha: Národní informační středisko pro podporu jakosti, 2006. 144 s. ISBN 80-02-01861-3.
- [8] KAPLAN S. R., NORTON P. D. *Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action*. Harvard Business School Press, 1996. ISBN 0-87584-651-3.
- [9] KOTOULOVÁ, Z., VÁŇA, J. *Intenzifikace sběru, dopravy a třídění komunálních odpadů*, výzkumný projekt VaV/720/2/00, Praha: Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Ústav pro životní prostředí, 2003, Dílčí projekt 1 – Stanovení skladby komunálních odpadů, Praha, SLEEKO, 2003.
- [10] PÁNSKÁ, L. *Znojmo - Analýza potenciálu produkce odpadů - Biologicky rozložitelný odpad 2012*. Brno: GEOtest, srpen 2012.
- [11] PELÁNEK, R. *Modelování a simulace komplexních systémů*. Brno: Masarykova univerzita, 2011. ISBN 978-80-210-5318-2.
- [12] PŮČEK, M., KOPPITZ D., OTRUSILOVÁ M. Practical use of the Dynamic Balanced Scorecard in the City. *Proceedings of the 17th. International Conference. Current Trends in Public Sector Research*. 1. st. Brno: Masarykova universita, 2013. 320s. ISBN 978-80-210-6159-0.
- [13] SENGE, P. *The Fifth Discipline: The Art and Practise of the Learning Organization*, Doubleday. New York, 1990. ISBN 978-0-385-26095-4.
- [14] STERMAN, J. D. *Business Dynamics: System Thinking and Modeling for a Complex World*. McGraw-Hill 2000, p. 982. ISBN 0-07-231135-5.