

**Mendelova univerzita v Brně  
Provozně ekonomická fakulta**

---

# **Ekonomické aspekty odpadového hospodářství v ČR**

**Diplomová práce**

**Vedoucí práce:  
doc. Mgr. David Hampel, Ph.D.**

**Bc. Věra Srbová**

**Brno 2016**



Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu bakalářské práce doc. Mgr. Davidu Hampelovi Ph.D., za vedení práce, vstřícný přístup a cenné připomínky, které mi pomohly při jejím zpracování.

Prohlašuji, že jsem práci *Ekonomické aspekty odpadového hospodářství v ČR* vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne: 2. ledna 2017

.....  
podpis

## **Abstract**

Srbová, V. The Economical Aspects of Waste Management in the Czech Republic. Diploma Thesis. Brno: Mendel University in Brno, 2017.

This diploma thesis describes the trends in waste management in the Czech Republic and the implementation of waste management in the regions and their development in time. Further, it concerns in the economics of waste management in the Czech Republic, that is above all in the production of waste based on regions, its subsequent processing, municipal waste.

An econometric model is created based on the data available. This model meets the requirements of a classical regression model. An analysis of waste production in the Czech Republic in period between 2002 – 2015 is carried out via time series analysis. Graphical and numerical outputs suitable for the illustration of the particular problem are created. The data used were coming from the databases of the Czech Statistical Office, the Czech Ministries and their organizational bodies, organizations dealing with waste.

## **Keywords**

Waste management, municipal waste, industrial waste, econometric model, regression analysis, time series analysis.

## **Abstrakt**

Srbová, V. Ekonomické aspekty odpadového hospodářství v ČR. Diplomová práce. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2017.

Diplomová práce popisuje trendy v odpadovém hospodářství v ČR a realizaci odpadového hospodářství v regionech a jejich vývoj v čase. Dále se věnuje ekonomice odpadového hospodářství v ČR a to především produkci odpadů podle krajů, jejich další zpracování, komunálnímu odpadu.

Z dostupných dat je vytvořen ekonometrický model, který splňuje předpoklady klasického regresního modelu. Analýza produkce odpadů v ČR za období 2002 – 2015 je provedena za pomoci analýzy časové řady. Jsou vytvořeny grafické a numerické výstupy vhodné pro ilustraci daného problému. Data byla využita z databází Českého statistického úřadu, ministerstev ČR a jejich organizačních složek, organizací zabývajících se odpady.

## **Klíčová slova**

Odpadové hospodářství, komunální odpad, průmyslové odpady, ekonometrický model, regresní analýza, analýza časových řad.



# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod a cíl práce</b>	<b>16</b>
1.1	Úvod .....	16
1.2	Cíl práce .....	16
<b>2</b>	<b>Literární přehled</b>	<b>17</b>
2.1	Odpadové hospodářství .....	17
2.2	Komunální odpad .....	20
2.3	Komunální bioodpad .....	24
2.4	Třídění odpadu .....	26
2.5	Třídění odpadu v krajích ČR.....	34
2.6	Bilance nákladů a příjmů v odpadovém hospodářství obcí .....	39
2.7	Nakládání s odpady .....	42
2.7.1	Spalování komunálního odpadu.....	44
2.7.2	Recyklace komunálního odpadu.....	47
2.7.3	Skládkování komunálního odpadu.....	48
2.7.4	Energetické využívání komunálního odpadu .....	49
2.7.5	System zpětného odběru výrobků .....	49
2.8	Nakládání s průmyslovými odpady .....	49
2.9	Povinnosti právnických osob v oblasti sběru nebo výkupu odpadů .....	52
2.10	Plán odpadového hospodářství ČR.....	53
2.10.1	Strategické cíle uvedené v Plánu odpadového hospodářství ČR....	54
<b>3</b>	<b>Metodika práce</b>	<b>55</b>
3.1	Pojem časová řada .....	55
3.1.1	Členění časových řad .....	55
3.1.2	Problémy analýzy časových řad .....	56
3.1.3	Elementární charakteristiky vývoje časových řad.....	56
3.1.4	Metody analýzy časových řad .....	58
3.1.5	Dekompozice časové řady.....	58
3.1.6	Měření kvality vyrovnání .....	60

3.1.7	Volba vhodného modelu trendu.....	61
3.2	Ekonometrická analýza .....	62
3.2.1	Základní kroky ekonometrické analýzy.....	63
3.2.2	Specifikace modelu .....	63
3.2.3	Kvantifikace modelu .....	64
3.2.4	Detekce nestacionarity .....	64
3.2.5	Verifikace modelu .....	64
3.2.6	Odhad parametrů .....	65
3.2.7	Testování významnosti celého modelu .....	66
3.2.8	Testování statistické významnosti strukturálních parametrů .....	66
3.2.9	Heteroskedasticita .....	67
3.2.10	Autokorelace .....	67
3.2.11	Multikolinearita .....	68
3.2.12	Normalita náhodného členu.....	69
3.2.13	Využití testů, nulové a alternativní hypotézy pro uvedené testy: ..	69
<b>4</b>	<b>Vlastní práce</b>	<b>71</b>
4.1	Časová řada.....	71
4.1.1	Charakteristika zdrojových dat.....	71
4.1.2	Elementární charakteristiky vývoje časových řad.....	72
4.1.3	Vyrovnání časové řady.....	74
4.1.4	Volba modelu .....	77
4.1.5	Statistická verifikace časové řady .....	78
4.1.6	Ekonometrická verifikace kvadratické časové řady .....	80
4.1.7	Detekce strukturálního zlomu.....	83
4.1.8	Modelování strukturálního zlomu.....	84
4.2	Ekonometrický model .....	85
4.2.1	Popisné charakteristiky .....	89
4.2.2	Bodový diagram.....	90
4.2.3	Volba funkční formy .....	91
4.2.4	Statistická verifikace .....	92
4.2.5	Ekonometrická verifikace .....	94



---

4.2.6	Heteroskedasticita .....	95
4.2.7	Test normality reziduí.....	96
4.2.8	Výsledky ekonometrické verifikace .....	97
4.3	Předpokládaný vývoj produkce komunálního odpadu do roku 2020 ...	98
<b>5</b>	<b>Diskuse a závěr</b>	<b>101</b>
<b>6</b>	<b>Literatura</b>	<b>105</b>
<b>A</b>	<b>Přílohy</b>	<b>107</b>



## Seznam obrázků

- Obr. 1** Celková produkce odpadů v ČR, 2009 – 2015. Zdroj: Na základě dat z ISOH zpracovala CENIA. 18
- Obr. 2** Celková produkce odpadů na obyvatele v ČR. Zdroj: Na základě dat z ISOH zpracovala CENIA. 18
- Obr. 3** Celková produkce odpadů v krajích 2015. Zdroj: Na základě dat z ISOH zpracovala CENIA. 19
- Obr. 4** Podíl krajů na celkové produkci odpadů v ČR, 2015. Zdroj: Na základě dat z ISOH zpracovala CENIA. 20
- Obr. 5** Celková produkce komunálních odpadů v ČR, 2009 – 2015. Zdroj: Na základě dat z ISOH zpracovala CENIA. 21
- Obr. 6** Celková produkce komunálních odpadů na obyvatele v ČR, 2009 – 2015. Zdroj: Na základě dat z ISOH zpracovala CENIA 21
- Obr. 7** Celková produkce komunálních odpadů v krajích ČR, 2015. Zdroj: Na základě dat z ISOH zpracovala CENIA. 22
- Obr. 8** Podíl krajů na celkové produkci komunálních odpadů v ČR, 2015. Zdroj: Na základě dat z ISOH zpracovala CENIA. 23
- Obr. 9** Speciální sběrové nádoby na BRO 120, 240 litrů. Zdroj: Agronomická fakulta – přednáška Komunální odpady a skládkování. 26
- Obr. 10** Jak třídit odpad. Zdroj: rumpold.cz 28
- Obr. 11** Základní agregáty jednoduché vzorové třídící linky. Zdroj: Agronomická fakulta Brno, přednáška Komunální odpad a skládkování. Popis obrázku: 1. Přijímací část. 2. Dopravník k třídící části. 3. Třídící pás. 4. Magnetický separátor. 5. Nepoužitelné odpady. 6. Skladovací mezi zásobníky. 7. Drtič papíru. 8. Dopravník k lisu. 9. Balící lis na separovaný odpad. 10. Lis na kovový odpad. 29
- Obr. 12** Nárůst počtu kontejnerů na tříděný odpad. Zdroj: ekokom.cz, 2016, online. 31

- Obr. 13** Vývoj systému třídění odpadu. Zdroj: ekokom.cz, 2016, online. 33
- Obr. 14** Bilance příjmů a nákladů OH obcí dle velikostních skupin v Kč/obyvatele/rok (r. 2015). Zdroj: EKO-KOM, a.s., 2016 40
- Obr. 15** Produkce a nakládání s komunálními odpady. Zdroj: ČSÚ.43
- Obr. 16** Dosažená míra recyklace a využití odpadů u obalů v roce 2015. Zdroj: ekokom.cz., 2016. online. 47
- Obr. 17** Systém sběru a třídění odpadu. Zdroj: ekokom.cz, 2016, online. 48
- Obr. 18** Celková produkce nebezpečných odpadů v krajích ČR, 2015. Zdroj: Na základě dat z ISOH zpracovala CENIA. 51
- Obr. 19** Podíl krajů na celkové produkci nebezpečných odpadů v ČR, 2015. Zdroj: Na základě dat z ISOH zpracovala CENIA. 52
- Obr. 20** Produkce odpadů v ČR za období 2002 – 2015. Zdroj: Vlastní práce. 71
- Obr. 21** Absolutní přírůstky. Zdroj: Vlastní práce. 73
- Obr. 22** Koeficient přírůstku. Zdroj: Vlastní práce. 73
- Obr. 23** Relativní přírůstky. Zdroj: Vlastní práce. 74
- Obr. 24** Vývoj produkce odpadu za rok 2002 – 2015 znázorněný pomocí lineárního trendu. Zdroj: Vlastní práce v programu Gretl.75
- Obr. 25** Vývoj produkce odpadu za rok 2002 – 2015 znázorněný pomocí parabolického trendu. Zdroj: Vlastní práce v programu Gretl.77
- Obr. 26** Volba modelu trendu. Zdroj: Vlastní práce. 77
- Obr. 27** Pás spolehlivosti. Zdroj: Vlastní práce v programu Gretl.80
- Obr. 28** Reziduální graf. Zdroj: Vlastní práce v programu gretl. 81
- Obr. 29** Korelogram reziduí časové řady. Zdroj: Vlastní práce v programu gretl. 81

---

<b>Obr. 30</b>	<b>Graf pro testování normality. Zdroj: Vlastní práce v programu Gretl.</b>	<b>82</b>
<b>Obr. 31</b>	<b>Chowův F-test pro zlom. Zdroj: vlastní práce v softwaru Gretl.84</b>	
<b>Obr. 32</b>	<b>Modelování strukturálního zlomu. Zdroj: Vlastní práce v programu Gretl.</b>	<b>84</b>
<b>Obr. 33</b>	<b>Vícenásobný graf XY. Zdroj: Vlastní práce v programu Gretl.85</b>	
<b>Obr. 34</b>	<b>Graf reziduí. Zdroj: Vlastní práce v programu Gretl.</b>	<b>88</b>
<b>Obr. 35</b>	<b>Bodový diagram. Zdroj: Vlastní práce v programu Gretl.</b>	<b>90</b>
<b>Obr. 36</b>	<b>Závislosti produkce komunálního odpadu a HDP proložená přímkou. Zdroj: Vlastní práce v programu Gretl.</b>	<b>92</b>
<b>Obr. 37</b>	<b>Pás spolehlivosti pro zvolený regresní model. Zdroj: Vlastní práce v programu Gretl.</b>	<b>93</b>
<b>Obr. 38</b>	<b>Graf reziduí. Zdroj: Vlastní práce v programu Gretl.</b>	<b>96</b>
<b>Obr. 39</b>	<b>Graf testovací statistiky normality. Zdroj: Vlastní práce v programu Gretl.</b>	<b>97</b>
<b>Obr. 40</b>	<b>Způsoby nakládání s komunálními odpady v roce 2015. Zdroj: ČSÚ, vlastní práce.</b>	<b>99</b>

## Seznam tabulek

<b>Tab. 1</b>	<b>Průměrná skladba komunálního odpadu</b>	<b>23</b>
<b>Tab. 2</b>	<b>Produkce komunálních odpadů</b>	<b>24</b>
<b>Tab. 3</b>	<b>Počet subjektů zapojených do systému EKO-KOM od roku 2009 do roku 2015</b>	<b>33</b>
<b>Tab. 4</b>	<b>Nakládání s komunálními odpady v t</b>	<b>42</b>
<b>Tab. 5</b>	<b>Produkce komunálního odpadu a způsoby nakládání s komunálním odpadem v kg/obyvatele.</b>	<b>43</b>
<b>Tab. 6</b>	<b>Spalovny v ČR</b>	<b>44</b>
<b>Tab. 7</b>	<b>Zařízení pro tepelné zpracování průmyslového a zdravotního odpadu</b>	<b>45</b>
<b>Tab. 8</b>	<b>Produkce podnikových odpadů podle krajů</b>	<b>50</b>
<b>Tab. 9</b>	<b>Produkce odpadů za období 2002 – 2015</b>	<b>71</b>
<b>Tab. 10</b>	<b>Elementární charakteristiky vývoje časové řady</b>	<b>72</b>
<b>Tab. 11</b>	<b>Pomocná tabulka pro výpočet parabolického trendu</b>	<b>76</b>
<b>Tab. 12</b>	<b>Volba modelu</b>	<b>78</b>
<b>Tab. 13</b>	<b>ANOVA</b>	<b>78</b>
<b>Tab. 14</b>	<b>Parametry pro model produkce odpad = f (time)</b>	<b>78</b>
<b>Tab. 15</b>	<b>Pás spolehlivosti, pro 95 % konfidenční intervaly, t (12; 0,025) = 2,179</b>	<b>79</b>
<b>Tab. 16</b>	<b>Výsledky ekonometrické verifikace</b>	<b>83</b>
<b>Tab. 17</b>	<b>Parametry pro závisle proměnnou produkce komunálního odpadu = f (obyvatelstvo, HDP, výdaje domácností, nezaměstnanost).</b>	<b>86</b>
<b>Tab. 18</b>	<b>Zdrojová data pro empirickou analýzu</b>	<b>87</b>

---

<b>Tab. 19</b>	<b>Regrese KPSS , OLS, za použití pozorování 2002 – 2005 (T= 14), závisle proměnná: uhat1</b>	<b>87</b>
<b>Tab. 20</b>	<b>Popisné charakteristiky</b>	<b>89</b>
<b>Tab. 21</b>	<b>Parametry pro model produkce komunální_odpad = f (HDP)</b>	<b>91</b>
<b>Tab. 22</b>	<b>Parametry pro lineární model produkce komunální_odpad = f (HDP)</b>	<b>91</b>
<b>Tab. 23</b>	<b>ANOVA</b>	<b>92</b>
<b>Tab. 24</b>	<b>Pás spolehlivosti</b>	<b>94</b>
<b>Tab. 25</b>	<b>Testy specifikace modelu</b>	<b>95</b>
<b>Tab. 26</b>	<b>Test heteroskedasticity</b>	<b>95</b>
<b>Tab. 27</b>	<b>Test normality reziduí HDP</b>	<b>96</b>
<b>Tab. 28</b>	<b>Výsledky ekonometrické verifikace</b>	<b>98</b>
<b>Tab. 29</b>	<b>Zdrojová data</b>	<b>99</b>
<b>Tab. 30</b>	<b>Způsoby nakládání s komunálními odpady v roce 2015 a v roce 2020</b>	<b>100</b>

# 1 Úvod a cíl práce

## 1.1 Úvod

Odpady provázejí lidstvo od pradávna. Jsou produktem veškeré lidské činnosti, a proto je kladen důraz na předcházení vzniku odpadů a zavádění nejlepších dostupných technik. Vznikají při průmyslové činnosti, stavební činnosti, zemědělství, dopravě a při běžném životě člověka. Především komunální odpady a kaly z čistíren odpadních vod jsou produktem všech obyvatel.

Odpadové hospodářství je velmi úzce spojeno s ekonomikou, která se týká každého z nás. Firmy, obce a občané platí za odvoz a likvidaci odpadů a je to pro ně výdajová položka. Na druhou stranu pro firmy, zabývající se likvidací a dalším zpracováním odpadu, je to příjmová položka. Pokud množství odpadu roste, platí, že se lidé mají lépe a ekonomika roste. Lidé víc nakupují a vyprodukují tak víc odpadu, firmy pak více vyrábí, aby uspokojily trh, a vyprodukují také více odpadu.

Vzhledem ke svému množství a složení může produkce odpadů představovat rizikový faktor jak pro lidské zdraví, tak pro ekosystémy. Cílem je minimalizovat nepříznivé účinky vzniku odpadů na životní prostředí a omezit používání zdrojů. Jedná se o náhradu přírodních materiálů, surovin a primárních energetických zdrojů odpady. Produkce odpadů a jejich následné zpracování může být spojeno s činnostmi, při kterých dochází k úniku nepůvodních látek do ovzduší, nebo se znečištěním vodního a půdního prostředí.

## 1.2 Cíl práce

Ve své práci se zaměřím na odpad jako současný problém, který se dotýká všech lidí. Hlavním cílem práce je popsat trendy v odpadovém hospodářství v ČR, v odpadovém hospodářství v regionech a jejich vývoj v čase. Velkou část práce budu věnovat komunálnímu odpadu jeho nákladům a příjmům, způsobům nakládání, třídění. Popíšu sběrnou síť v české republice a její vývoj v čase podle krajů. V praktické části budu pracovat s údaji ČSÚ, které se týkají produkce odpadu. Tyto údaje použiji pro rozbor časové řady a regresní analýzy. U časové řady se zaměřím na vývoj celkových odpadů za ČR od roku 2002 až do roku 2015. V regresní analýze namodeluji jednoduchý ekonometrický model, kterým vysvětlím vztah mezi komunálním odpadem a HDP. Za pomoci tohoto modelu vypočítám produkci komunálního odpadu až do roku 2020 a pokusím se získat informaci, o kolik tun komunálního odpadu bude muset ČR snížit skládkování, aby splnila závazné normy EU.

Statistická data pro tuto práci čerpám z Informačního systému odpadového hospodářství Ministerstva životního prostředí ČR a Českého statistického úřadu. Každá instituce má vlastní metodiku zpracování a sběru dat, proto se tyto data od sebe liší. Pro popsání a testování odpadového hospodářství ČR v této práci jsou tyto data dostačující.



## 2 Literární přehled

### 2.1 Odpadové hospodářství

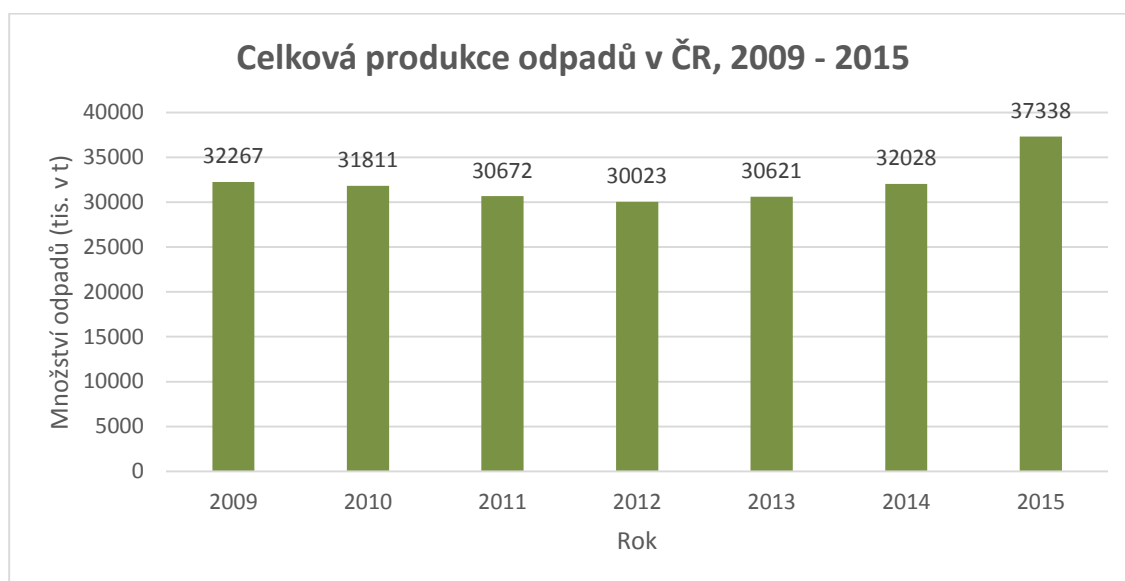
Odpadovým hospodářstvím se rozumí předcházení vzniku odpadů, nakládání s odpady a péče o místo, kde jsou odpady trvale uloženy a kontrola. Je to dynamicky se rozvíjející oblast národního hospodářství. Průmyslově a ekonomicky vyspělé země se začaly odpadovým hospodářstvím intenzivně zabývat v 80. letech minulého století. V české republice vznikl první zákon o odpadech v roce 1991. V současnosti nakládání s odpady upravuje zákon č.185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů. Zákon stanovuje práva a povinnosti osobám v oblasti odpadového hospodářství, klade důraz na předcházení vzniku odpadů, stanoví hierarchii nakládání s nimi a prosazuje základní principy ochrany životního prostředí a zdraví lidí při nakládání s odpady (MZP.cz, 2016, online).

**Odpad** je každá movitá věc, které se člověk zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se zbavit (Hlavatá, 2006).

Podle údajů Informačního systému odpadového hospodářství (ISOH) Češi za rok 2015 vyprodukovali 3,7 milionu tun odpadků. Souvisí to s ekonomickým růstem, protože obecně platí, že když se lidé mají lépe, víc nakupují a také toho víc vyhodí. Množství odpadu tak souvisí s ekonomikou.

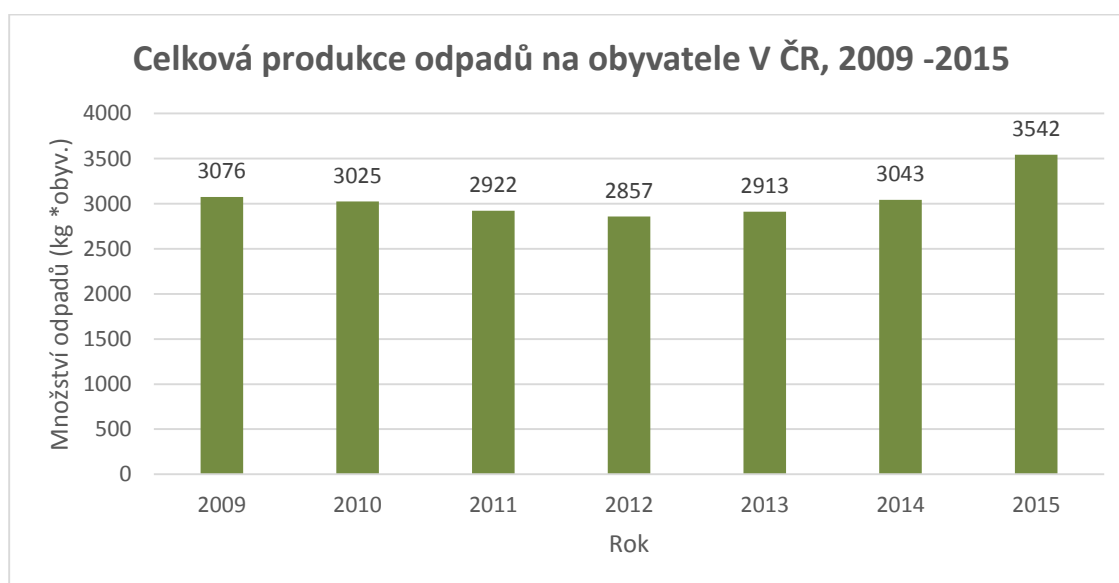
Větší produkce odpadu však neznamená, že se na skládky uloží více odpadu. V roce 2015 domácnosti vyhodily o 80 tisíc tun odpadků víc než v roce 2014, na skládky se jich odvezlo naopak o 72 tisíc tun méně. Čím dál více Čechů využívá barevných kontejnerů na vytríděné suroviny, které se dají recyklovat a na skládkách nekončí. V roce 2015 každý Čech vytrídil 46 kilogramů odpadu, například 15 kilogramů papíru, 11 kilogramů skla a plastů, 3 kilogramy kovů a 6 kilogramů ostatních odděleně sbíraných složek – textil, baterie, akumulátory, elektronika, dřevo, chemikálie, barvy a oleje (MF DNES, 2016).

Vývoj celkové produkce odpadů nám znázorňuje Obr. 1. Od roku 2009 odpady mírně klesají až do roku 2014, kde začíná pomalý růst. Naopak v roce 2015 rostl odpad oproti roku 2014 o 13 %. Vyšší produkce byla zaznamenána u ostatních odpadů a to především podnikových odpadů (ČSÚ.cz, 2016, online).



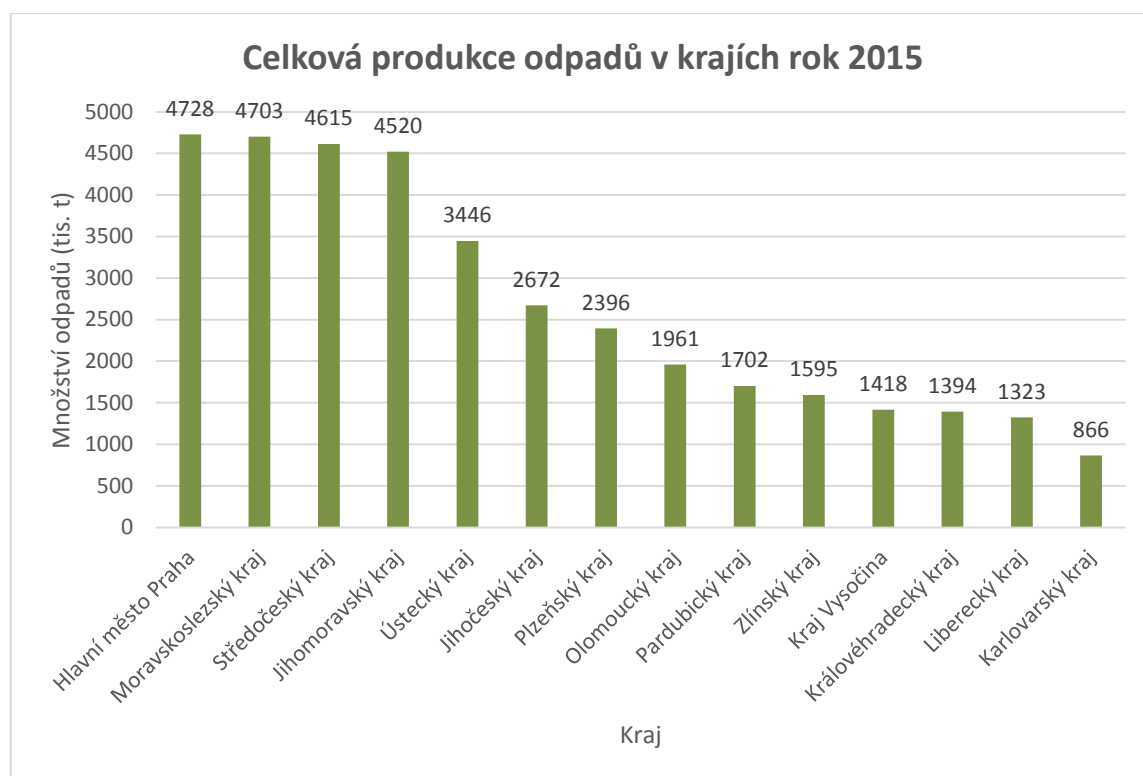
Obr. 1 Celková produkce odpadů v ČR, 2009 – 2015. Zdroj: Na základě dat z ISOH zpracovala CENIA.

V roce 2009 vyprodukovali obyvatelé ČR 3076 kg / obyvatele. V roce 2015 tato produkce vzrostla až na 3542 kg / obyvatele. Postupný vývoj produkce odpadů na obyvatele za rok 2009 – 2015 nám znázorňuje Obr. 2.



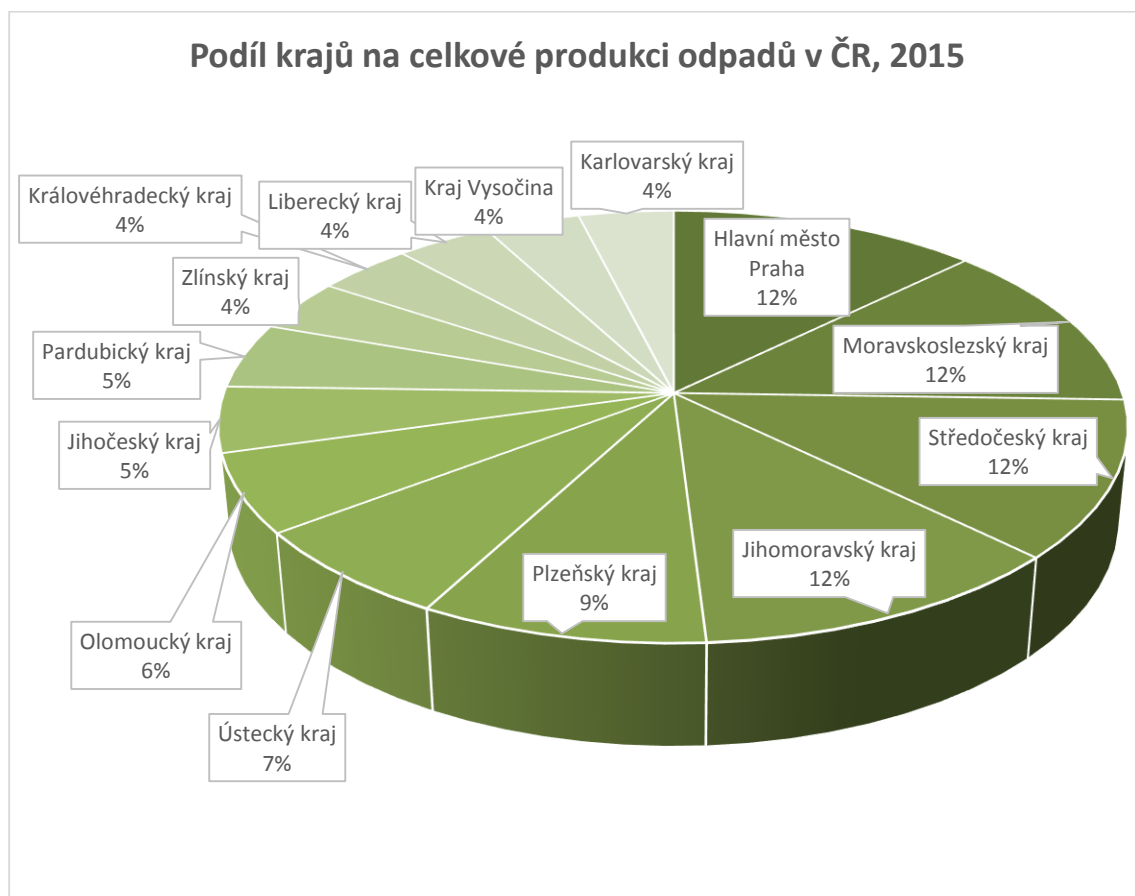
Obr. 2 Celková produkce odpadů na obyvatele v ČR. Zdroj: Na základě dat z ISOH zpracovala CENIA.

Z krajů v roce 2015 vyprodukovalo nejvíce odpadů hlavní město Praha dále Moravskoslezský kraj, Středočeský kraj, Jihomoravský kraj. Nejméně odpadu vyprodukoval Karlovarský kraj. Množství vyprodukovaného odpadu závisí především na počtu obyvatel a na průmyslu kraje. Tento přehled vidíme na Obr. 3.



Obr. 3 Celková produkce odpadů v krajích 2015. Zdroj: Na základě dat z ISOH zpracovala CENIA.

Hlavní město Praha, Moravskoslezský kraj, Středočeský kraj, Jihomoravský kraj vyprodukovaly odpady v roce 2015 stejným podílem a to 12 %. Další kraje se na celkové produkci podíleli s menším procentem jak je vidět na Obr. 4.

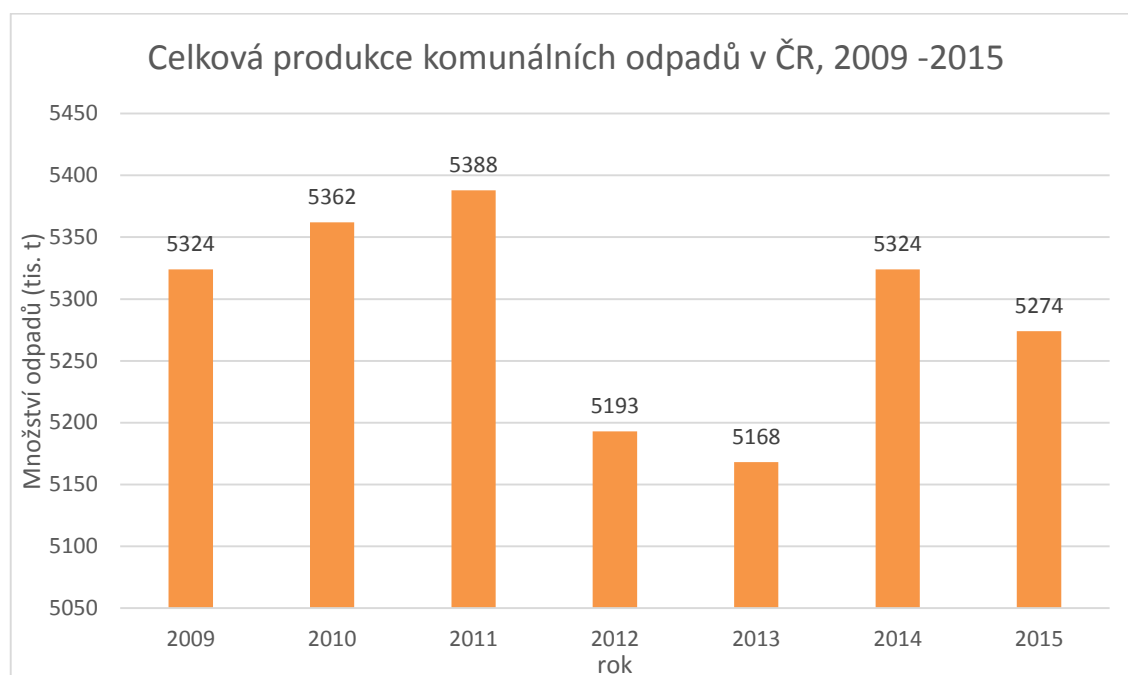


Obr. 4 Podíl krajů na celkové produkci odpadů v ČR, 2015. Zdroj: Na základě dat z ISOH zpracovala CENIA.

## 2.2 Komunální odpad

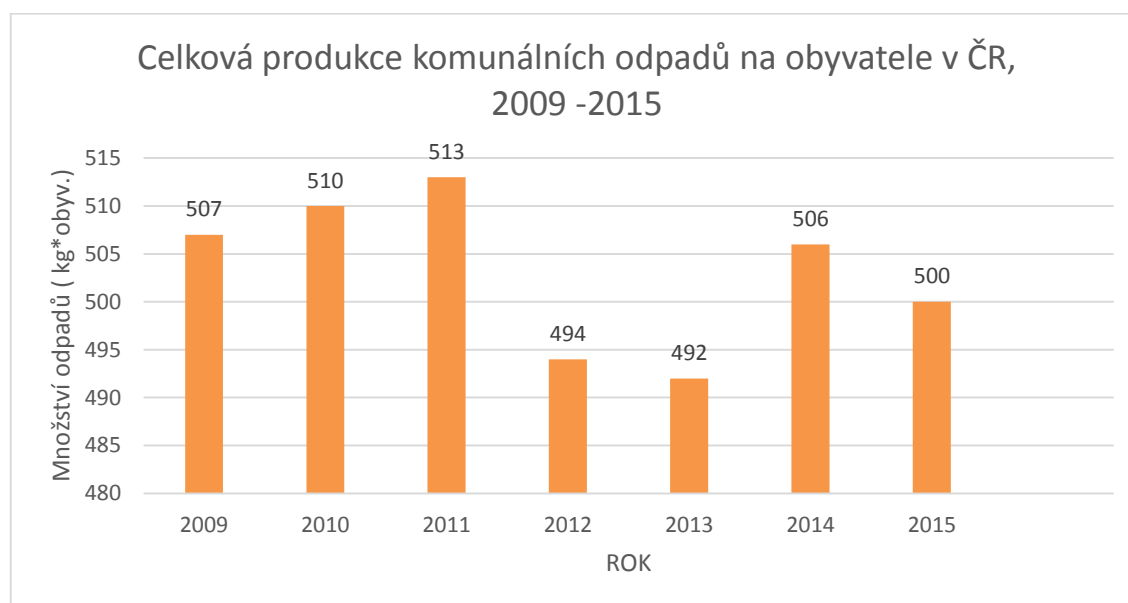
Podle platného zákona o odpadech je komunálním odpadem veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti fyzických osob, a který je uveden jako komunální odpad v Katalogu odpadů, s výjimkou odpadů vznikajících u právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání. Komunální odpady zahrnují: směsný komunální odpad, separovaně sbírané složky (papír, plast, sklo, nápojové kartony), nebezpečný odpad, objemný odpad, odpad ze zahrad a parků atd. (mzp.cz, 2016, online).

Celková produkce komunálních odpadů podle údajů ISOH za období 2009 – 2015 se nevyvíjela rovnoměrně. Nejdříve pozvolna rostla až do roku 2011 a poté v roce 2012 následoval pokles o 195 tisíc tun. V roce 2013 komunální odpad ještě poklesl o dalších 25 tisíc tun, ale v následujícím roce skokově vyrostl a to rozdíl o 156 tisíc tun. V roce 2015 se vyprodukovalo 5 274 tisíc tun odpadu. Tento vývoj zobrazuje Obr. 5.



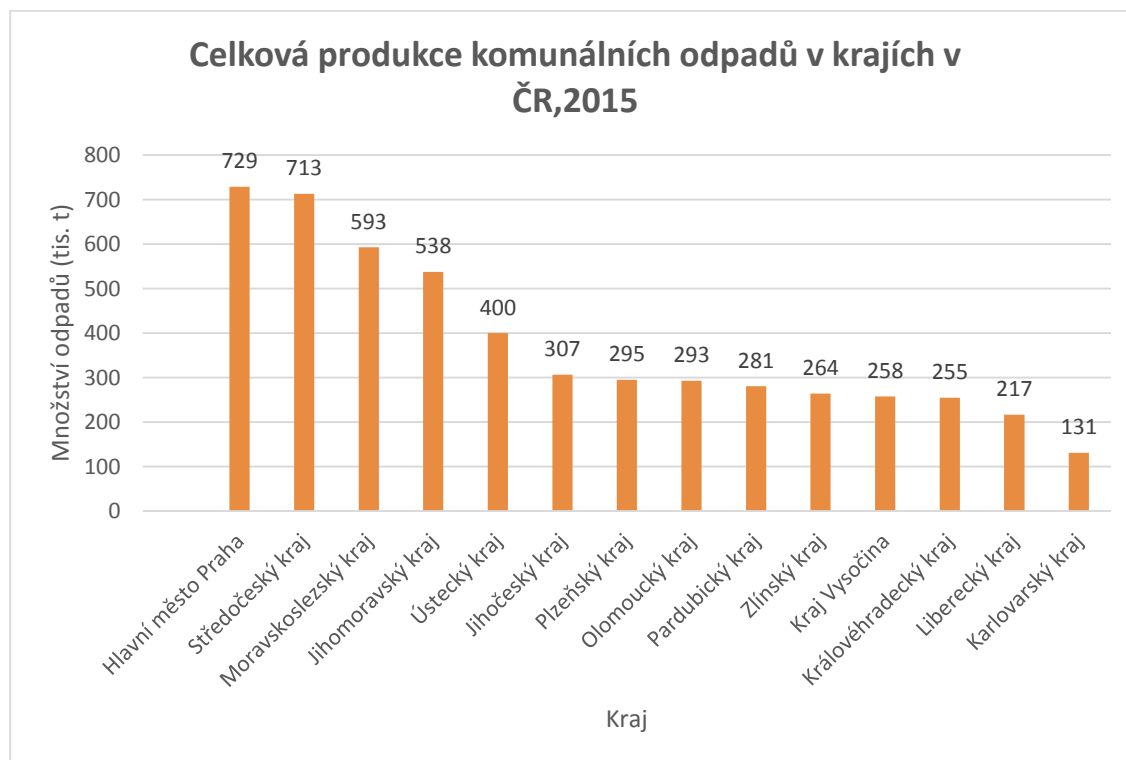
Obr. 5 Celková produkce komunálních odpadů v ČR, 2009 – 2015. Zdroj: Na základě dat z ISOH zpracovala CENIA.

Celková produkce komunálních odpadů na obyvatele kopírovala vývoj celkové produkce komunálních odpadů v ČR. Tuto situaci zobrazuje Obr. 6.



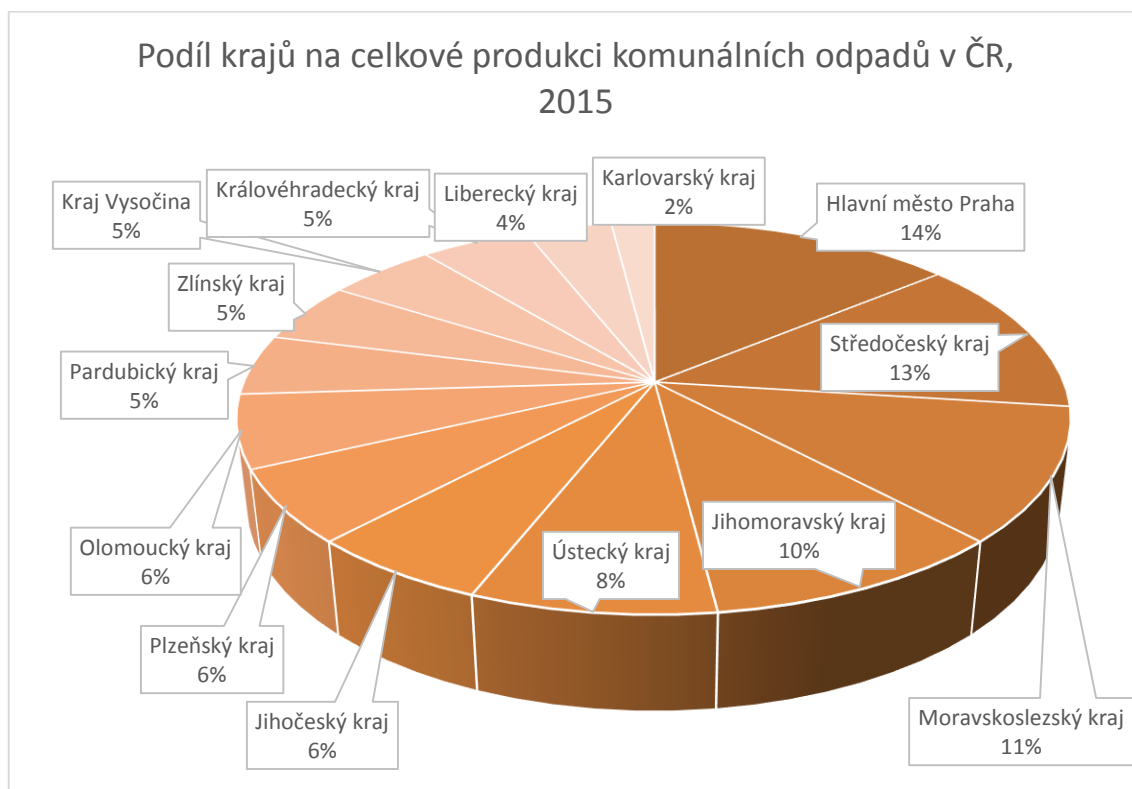
Obr. 6 Celková produkce komunálních odpadů na obyvatele v ČR, 2009 – 2015. Zdroj: Na základě dat z ISOH zpracovala CENIA

Nejvíce komunálního odpadu za rok 2015 vyprodukovalo město Praha a Středočeský kraj, nejméně pak Karlovarský kraj. Produkce komunálního odpadu závisí na počtu obyvatel a na vývoji ekonomiky daného kraje. Celková produkce komunálních odpadů v krajích v ČR za rok 2015 je zobrazena na Obr. 7.



Obr. 7 Celková produkce komunálních odpadů v krajích ČR, 2015. Zdroj: Na základě dat z ISOH zpracovala CENIA.

Největší procento komunálních odpadů vyprodukovalo hlavní město Praha a to 14 %. Nejmenší produkci komunálního odpadu měl se 2 % Karlovarský kraj. Podíly krajů na celkové produkci komunálních odpadů v ČR vidíme na Obr. 8.



Obr. 8 Podíl krajů na celkové produkci komunálních odpadů v ČR, 2015. Zdroj: Na základě dat z ISOH zpracovala CENIA.

V posledních letech se mění skladba komunálního odpadu a to především změnou způsobu života, větším používáním polotovarů, balených nápojů. Do komunálního odpadu přechází řada obalových materiálů. Proto je důležité vytrždit využitelné a tříděné složky jako je sklo, papír, plasty, kovy, biologicky rozložitelné odpady. Skladbu domovního odpadu vyčíslenou v % hmotnosti nám ukazuje Tab. 1.

Tab. 1 Průměrná skladba komunálního odpadu

<b>Skladba domovního odpadu (v % hmotnosti)</b>
<b>22 % papír (modrá)</b>
<b>13 % plasty (žlutá)</b>
<b>9 % sklo (zelená)</b>
<b>3 % nebezpečný odpad (červená)</b>
<b>18 % bioodpad (hnědá)</b>
<b>35 % zbytek</b>

Zdroj: ekokom.cz

Jaké bylo složení produkce komunálního odpadu v tunách v roce 2002, 2012, 2013, 2014 a 2015 vidíme v Tab. 2.

Tab. 2 Produkce komunálních odpadů

v t	2002	2012	2013	2014	2015
<b>Produkce komunálních odpadů celkem</b>	2845077	3232643	3228232	3260581	3337336
<b>z toho běžný svoz</b>	2121953	2195867	2139595	2092967	2069760
<b>z toho svoz objemného odpadu</b>	290186	312708	317161	307515	608607
<b>z toho odpady z komunálních služeb</b>	266482	56574	52034	63540	60919
<b>z toho odděleně sbírané složky:</b>		448088	448428	467390	484710
- papír		147975	145012	147099	155669
- sklo		112872	114062	114200	120327
- plasty		100703	105235	109147	118196
- kovy		40841	37461	44269	29857
<b>Z toho biologicky rozložitelný odpad</b>		1505699	1518784	1563791	1647194

Zdroj: Zpracováno na základě dat ČSÚ.

## 2.3 Komunální bioodpad

Komunální bioodpad můžeme dělit:

- Bioodpad z domácností;
- Odpad z papíru;
- Specifické bioodpady – bioodpad z provozu veřejného stravování, odpady ze zemědělských provozů, kaly z potravinářského průmyslu, kaly z čistíren odpadních vod.

Bioodpad z domácnosti je podle analýz na hodnotě 30-60 kg na obyvatele a rok. Množství je funkcí životního stylu obyvatelstva a to při spotřebě čerstvých potravin, způsobu stravování, možnostmi zkrmování domácími zvířaty.

Organizace a způsob sběru podstatně ovlivňují kvalitu a množství sebraného materiálu. Aby byl sběr bioodpadu úspěšný, je potřeba držet se těchto požadavků:

- Co nejširší zapojení občanů při třídění za pomoci intenzivní a nepřetržité osvěty.
- Posouzení místních podmínek pro tříděný sběr (druhy zástavby, sociální struktura).
- Znalost množství a míst produkce bioodpadu v zájmovém území.
- Zkušební zavedení odděleného sběru (tzv. pilotní projekt).

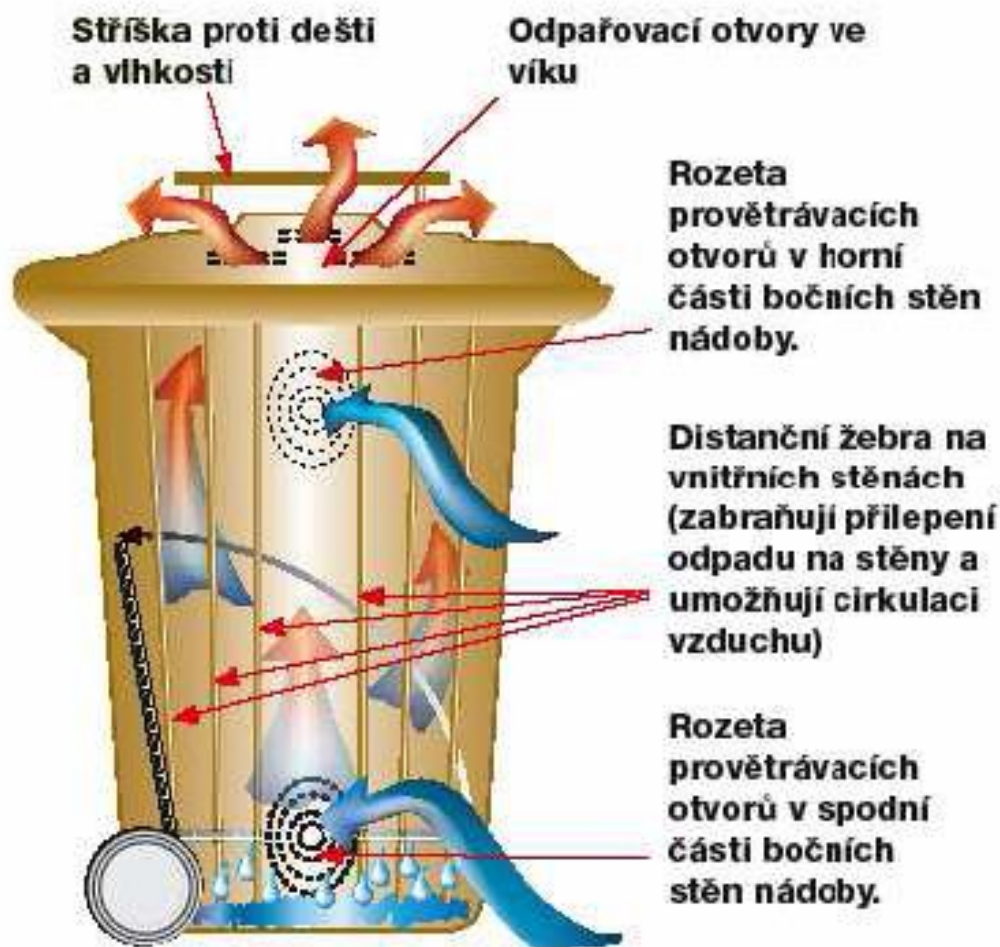


- Provádění pravidelného hodnocení účinnosti a kvality sběru, případně jeho optimalizace.
- Provádění analýz z kontaminace sebraného bioodpadu.
- Zkoumání cest odbytu vyrobeného kompostu a možností využití zbytkové frakce.
- Provádění analýz nákladů sběru.

Způsob nakládání s biologickým odpadem může pozitivně i negativně ovlivnit základní složky životního prostředí. Při jejich skladování se uvolňují plyny, jejichž významnou složkou je metan, který napomáhá skleníkovému efektu, jehož důsledkem je globální oteplování a nástup nevratných klimatických změn. Převážná část těchto odpadů je předurčena k materiálovému nebo energetickému využití. Obsahují rostlinné živiny a organickou hmotu, kterou je možno stabilizovat a výhodně uvádět do přírodního koloběhu jako organické hnojivo – kompost. Separovaný bioodpad je možno zpracovat technologií anaerobní digesce, jejímiž produkty jsou bioplyn a rovněž organické hnojivo (HLAVATÁ, 2006).

Lidé se čím dál více učí třídit biologický odpad. V roce 2015 ho do speciálních kontejnerů a dalších míst k tomu určených vyhodili 417 tisíc tun, o 92 tisíc tun více než v roce 2014. A přispěla k tomu i vyhláška ministerstva životního prostředí, která ukládá obcím a městům, aby lidem zajistily možnost zbavit se zbytků zeleniny, ovoce z kuchyní a větví, listí a trávy ze zahrad. Na obcích pak záleží, jak bude sběrná síť vypadat. Někde lidé dávají zbytky zeleniny, ovoce, větve, trávu a další odpad ze zahrad do hnědých nádob, jinde do pytlů, někde je vozí do obecních bioplynových stanic a kompostáren. Obce mohou na vylepšení systému třídění získat dotace. Do roku 2015 vyčerpali žadatelé 14 miliard korun z evropských fondů. V Česku vznikly tisíce zařízení jako sběrné dvory, třídírny odpadů, bioplynové stanice nebo kompostárny. V současném programu je pro ně připraveno dalších přes 6 miliard (MF Dnes, 2016).

Jak vypadá speciální sběrová nádoba, zobrazuje Obr. 9.



Obr. 9 Speciální sběrové nádoby na BRO 120, 240 litrů. Zdroj: Agronomická fakulta – přednáška Komunální odpady a skládkování.

## 2.4 Třídění odpadu

Třídění odpadu má prokazatelně pozitivní dopad na životní prostředí, ve kterém žijeme. Každý rok se vytrídí cca 700 000 tun odpadů. Tříděním se také daří každý rok snižovat produkci skleníkových plynů o zhruba 1 milion tun CO<sub>2</sub>. Ročně tak díky třídění v ČR uspoříme tolik energie, kolik v průměru spotřebují domácnosti celého jednoho kraje (EKO-KOM, 2016, online).

Jednotlivé tříděné složky:

### 1. Papír

- Lepenka – je nejběžnější papír vyskytující se v recyklačních provozech. Jsou to především použité obaly, archy a přířezy z vlnité lepenky. Musí obsahovat minimálně 70 % vlnité lepenky, zbytek je hladká lepenka a balič papír.

- Smíšený papír - je směs různých druhů papíru a lepenky, obsahující méně než 40 % novin a časopisů.
- Deinking - je tříděný grafický papír z domácností, noviny a časopisy, každý v minimálním množství 40 %.

## 2. Plasty

- Obalové plasty (PET, fólie). PET láhve se vyskytují jako netříděná směs plastů z komunálního sběru anebo překoupené vytríděné slisované balíky. Obsah nečistot maximálně 5%.
- Polystyren (EPS) – musí být bílý, čistý, neznečištěný.
- Technické plasty

## 3. Sklo

- Čiré
- Barevné
- Směs

U některých obalů či výrobků není pochyb o tom, kam při třídění odpadu patří, ale u jiných to nemusí být na první pohled zřejmé. Některé nejasné materiály z domácnosti jsou popsány na následujících řádcích:





- **Sedlina čaje a kávy a čajové sáčky** - v tomto případě se jedná o bio-odpad a proto pokud je možnost, vyhazují se do hnědých kontejnerů, anebo se umístí na kompost či zpracují v domácím kompostéru.
- **Použité hygienické potřeby** – např. papírové kapesníky, dětské pleny a další hygienické potřeby patří do směšného odpadu.
- **Fritovací tuky a oleje z kuchyně** – správně není, když se lidé zbavují tuků a olejů z kuchyně tak, že je vylíjí do odpadu. Tuky totiž díky srážení a usazování představují velký problém pro stokové sítě. Ideální je shromáždit je do nádoby a následně uložit na sběrný dvůr.
- **Magnetická média** – při likvidaci oddělit plastový obal od pásky, kotouče a první složku vyhodit do plastů, zatímco druhou do směšného odpadu.

**Optická média** – u CD, DVD a blu-ray disků není jednoznačné, kam patří. Někdy se uvádí, že patří do plastů, jinde je s nimi zacházeno jako s elektroodpadem. Při větším množství je lépe je odvést do sběrného dvora (siegl.cz, 2016, online).

Na Obr. 10 je rozdělen odpad, který patří do kontejnerů s papírem, plasty, se sklem a nápojovými kartony a na odpad, který do těchto kontejnerů nepatří. Odpad, který do kontejneru nelze umístit, je potřeba uložit na sběrný dvůr.

# KAM S VAŠÍM ODPADEM?

Co kam patří a nepatří

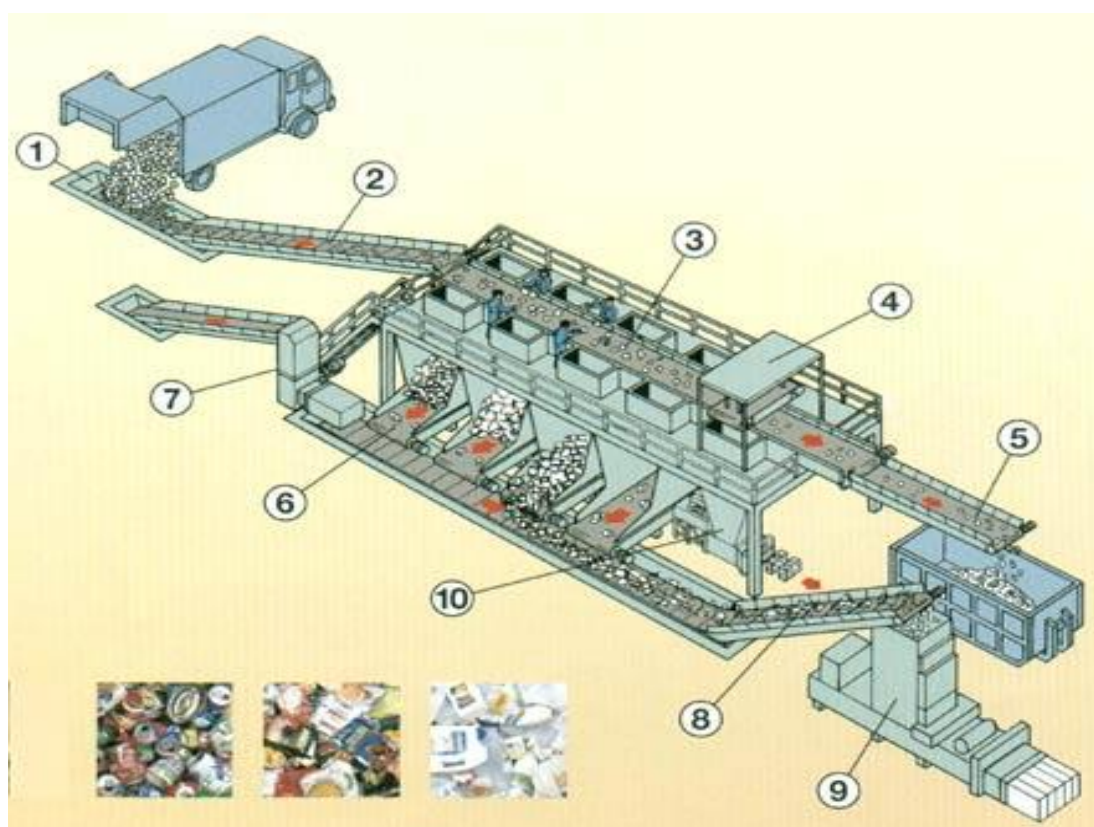
		PATŘÍ	NEPATŘÍ
<b>PAPÍR</b>		noviny, časopisy, reklamní letáky, kartony, sešity, papírové obaly, krabice roztrhané na menší kusy, balicí papír, lepenka, kancelářský papír, sešity, obálky	do kontejneru nepatří mokrý, mastný nebo jinak znečištěný papír, uhlový a voskovaný papír, použité plenky
<b>PLASTY</b>		sešlápnuté PET lahve, plastové nádoby a lahve, plastové kelímky, sáčky a fólie, čisté plastové obaly od mléka, jogurtů a ostatních mléčných výrobků, plastové tašky, prázdné plastové obaly od šamponů, kosmetiky a čistících prostředků	do kontejneru nepatří bakelit, guma, PVC, linoleum, pneumatiky, novodurové trubky, plastové obaly od chemikálií olejů a barev
<b>SKLO</b>		bílé nebo barevné sklo, vymyté skleněné lahve, zavařovací sklenice, tabulové sklo	do kontejneru nepatří keramika, porcelán, autosklo, drátěné sklo a zrcadla
<b>NÁPOJOVÉ KARTONY</b>		vypláchnuté krabice od džusů, mléka apod.	do kontejneru nebo stojanu nepatří nápojové kartony se zbytky potravin

Obr. 10 Jak třídit odpad. Zdroj: rumpold.cz

V dnešní době se preferuje mechanicko-biologická úprava odpadů, která v sobě zahrnuje vytrídění tzv. zbytkového komunálního odpadu. Jedná se o komunální odpad, který byl vytríděn na jednotlivé komodity (papír, plasty, sklo apod.). Hlavním cílem je předúprava odpadů před uložením na skládky a částečné využití některé složky těchto odpadů. Na lince jsou odpady nejprve mechanicky roztrženy pomocí sít a magnetických separátorů. Výstupy jsou:

- Lehká frakce – palivo (má vysokou výhřevnost, nízký obsah popela, musí být vyloučeno PVC). Palivo může být upravováno do briket nebo pelet.
- Stabilizovaný bioodpad,
- kovy,
- těžké materiály (kamínky, sklo),
- zbytkový odpad prochází přímo do spalovny nebo prochází mechanicko-biologickou úpravou (HLAVATÁ, 2006).

Základní agregáty jednoduché vzorové třídící linky vidíme na Obr. 11.



Obr. 11 Základní agregáty jednoduché vzorové třídící linky. Zdroj: Agronomická fakulta Brno, přednáška Komunální odpad a skládkování. Popis obrázku: 1. Přijímací část. 2. Dopravník k třídící části. 3. Třídící pás. 4. Magnetický separátor. 5. Nepoužitelné odpady. 6. Skladovací mezi zásobníky. 7. Drtič papíru. 8. Dopravník k lisu. 9. Balící lis na separovaný odpad. 10. Lis na kovový odpad.

### Zajištění třídění v obci:

- **Podle místa uložení** – sběrný dvůr, sběrné nádoby, sběrný, výkupný, prodejci, hasiči.
- **Podle původního účelu odpadního materiálu** – EKO-KOM, a.s., kolektivní systémy zpětného odběru, BRKO pro kompostárnu.

Čím více lidé třídí, tím více můžou města a obce snižovat poplatky za svoz odpadu. Samy pak platí méně za jeho uložení na skládky a naopak za vytříděný odpad dostanou od zpracovatelů peníze. Pokud lidem město a obec sníží poplatek za odpad v závislosti na třídění odpadu tak je to i určitá motivace pro lidi, aby začali třídít odpad. Obce by si tak měly vybudovat systém efektivního nakládání s odpady vedoucí k úsporám v obecním rozpočtu, inovace i komunikační strategie pro zapojení co nejvyššího procenta obyvatel do systému třídění.

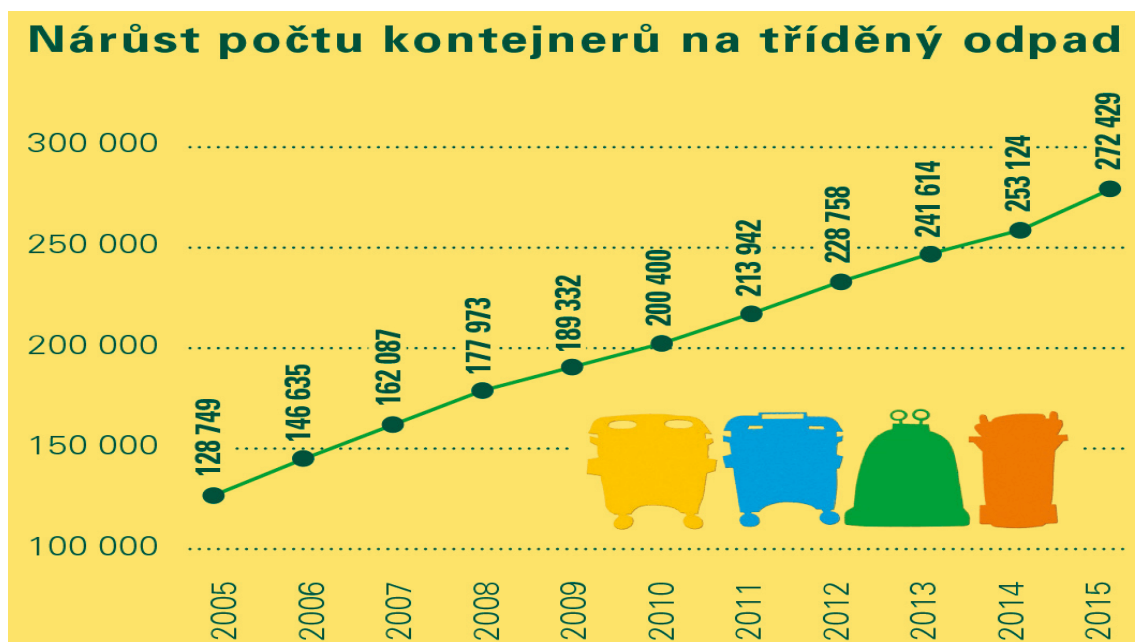
### **Sběrný dvůr (recyklační dvůr)**

Na sběrné místo je možné odevzdat objemný odpad, který se nevejde do běžných kontejnerů:

- **Kovy** – železný šrot, hliníkové předměty, barevné kovy, plechovky, hrnce apod.
- **Kompostovatelný odpad** – větve, listí, tráva, zbytky jídel, čajové sáčky, zbytky ovoce a zeleniny, slupky apod.
- **Objemné odpady** – starý nábytek, podlahové krytiny, umyvadla, toalety, nefunkční sporáky apod.
- **Elektrotechnika** – televize, rádia, počítače, mikrovlnné trouby, ledničky, pračky apod.
- **Stavební suť** – cihly a beton z drobných rekonstrukcí bytů a rodinných domů.
- **Nebezpečné odpady** jsou sbírány na dvorech vybavených speciálními ekosklady, kde musí být zabezpečen naprosto bezpečný sběr, manipulace a skladování nebezpečných odpadů. Mezi nejčastější druhy nebezpečných odpadů patří: léky, zářivky, výbojky, akumulátory, galvanické články (baterky), ledničky – mrazničky, barvy, lepidla, oleje a nádoby jimi znečištěné (HLAVATÁ, 2006).

### **Sběrná síť**

EKO-KOM vytvořil v České republice jednu z nejkvalitnějších a nejhustších sběrných sítí na třídění v Evropě. Počet barevných kontejnerů, kam mají obyvatelé možnost třídit odpad, převýšil 272 000. Na jedno sběrné místo v průměru připadá pouhých 131 obyvatel. Se zvyšující se hustotou sběrné sítě se zároveň zkracuje průměrná docházková vzdálenost k barevným kontejnerům (EKO-KOM). Růst počtu kontejnerů na tříděný odpad vidíme na Obr. 12.



Obr. 12 Nárůst počtu kontejnerů na tříděný odpad. Zdroj: ekokom.cz, 2016, online.

### Vývoj systému třídění odpadu společnosti EKO-KOM, a.s.

**2000** – společnost EKO-KOM začala na základě dobrovolné dohody s MŽP provozovat systém tříděného sběru a recyklace odpadu v České republice. V počátcích se do něj dobrovolně zapojilo přes 300 výrobců, kteří v té době dohromady produkovali 29 % českých obalů.

**2001** – EKO-KOM v tomto roce spolupracoval s již 2781 obcemi ČR, ve kterých žilo 8,1 mil obyvatel. Navýšil také počet zapojených podniků na bezmála 600. To představovalo zhruba 35 % všech obalů uvedených na trh.

**2002** – v roce 2002 již bylo třídění úspěšně zavedeno ve 3700 obcích ČR. Celkově se podařilo zajistit recyklaci a využití 45 % obalů.

**2003** – po celé ČR je k dispozici 100 000 kontejnerů na tříděný odpad. Celkově se doposud vytrídilo a recyklovalo přes 1 milion tun odpadů. Již 49 % všech obalů je využito a recyklováno v systému EKO-KOM.

**2004** – celkový počet zapojených firem v systému EKO-KOM se přiblížil hranici 21 000 a počet zapojených obcí činil bezmála 5 000.

**2005** – recyklováno bylo celkově již více než 1,9 milionu tun obalových odpadů. Po celé republice už je rozmístěno 128 000 barevných kontejnerů.

**2006** – celkově se za rok recyklovalo a využilo 547 tisíc tun odpadů z obalů, což je oproti roku 2005 nárůst o 18 %. V ČR se již může třídít 147 000 barevných kontejnerů.

**2007** – celkově už bylo vytríděno a recyklováno přes 3 miliony tun odpadů. Strmý nárůst procent recyklace byl zaznamenán u plastů, zejména u PET lahví na nápoje, kde dosáhla míra recyklace 60 %.

**2008** – velmi náročný rok pro fungování systému třídění a recyklace obalových odpadů. V druhé polovině roku totiž začala v důsledku celosvětové ekonomické krize prudce klesat poptávka po druhotných surovinách. Občané ČR mají k dispozici již 178 000 barevných kontejnerů

**2009** – celková míra recyklace obalových odpadů dosáhla hranici 71 %.

**2010** – počet barevných kontejnerů na území ČR překročil číslo 200 000.

**2011** – tříděním a recyklací odpadů v roce 2011 se v ČR podařilo snížit produkci skleníkových plynů o ekvivalent více než 1 milion tun CO<sub>2</sub>. 72 % obalů v systému EKO-KOM bylo využito a recyklováno.

**2012** – celkově bylo vytríděno a recyklováno přes 6 miliónů tun odpadů.

**2013** – k dispozici je již 241 000 barevných kontejnerů v 6 057 obcích a městech ČR a 10,47 milionu obyvatel má tak možnost své odpady třídít.

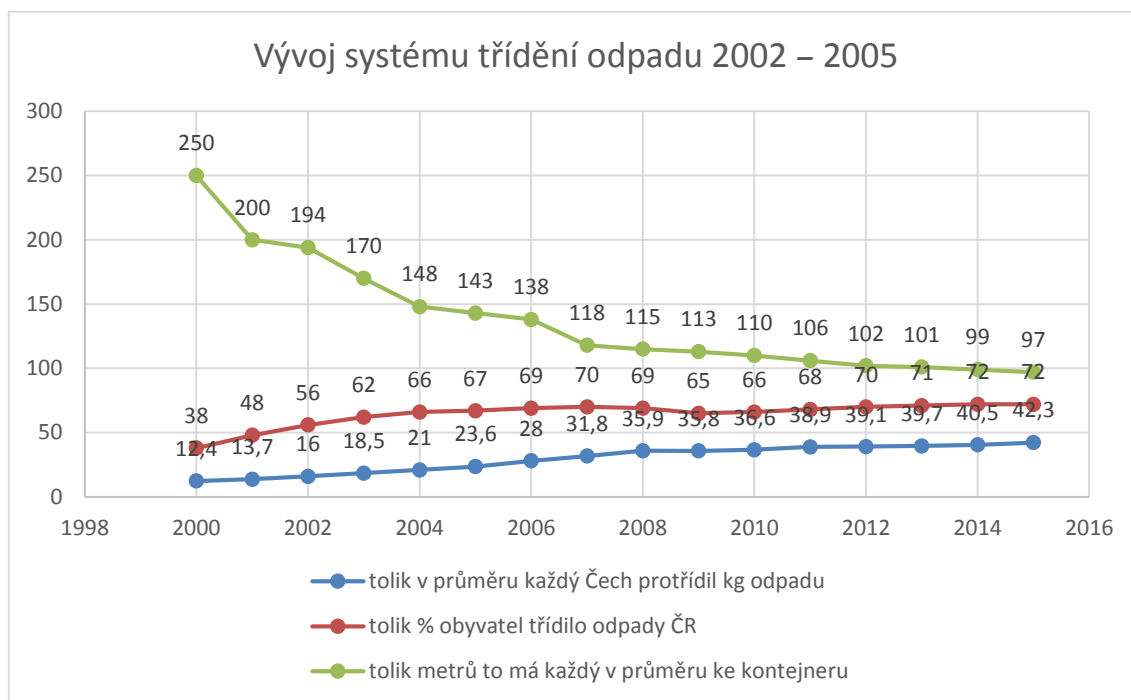
**2014** – bylo recyklováno 75 % všech obalů dodaných na trh klienty systému EKO-KOM. Podle průzkumu považuje 97 % obyvatel ČR třídících odpad tuto činnost za to nejmenší, jak mohou přispět k ochraně životního prostředí. Celkově je vytríděno a recyklováno 7,4 mil. Tun odpadů.

**2015** – síť barevných kontejnerů znovu zhoustla. V ČR je už přes 272 tisíc kontejnerů. Docházková vzdálenost k barevným kontejnerům se pak zkrátila na průměrných 97 metrů. Celkově se vytrídilo a recyklovalo 8,35 mil. tun odpadů.

Český systém sběru tříděného odpadu staví na úzké spolupráci s obcemi. Každá obec v systému EKO-KOM dostává za třídění obalových odpadů odměnu. Její výše závisí na množství vytríděného odpadu v jejich katastru. V tomto systému mají všechny obce stejný sazebník odměn a rovné podmínky – ať jde o vesničky o několika desítkách obyvatel, nebo velká města. EKO-KOM jim pomáhá nastavit systém třídění tak, aby obce dosahovaly vysoké efektivity při nízkých jednotkových nákladech. Pomáhá jim také propagovat třídění odpadu mezi dětmi i dospělými (EKO-KOM, 2016, online).

Tento vývoj systému třídění odpadu za období 2002 – 2015 je graficky znázorněn na Obr. 13.





Obr. 13 Vývoj systému třídění odpadu. Zdroj: ekokom.cz, 2016, online.

Přehled o počtu subjektů zapojených do systému EKO-KOM, které jsou nositeli povinnosti využití odpadů z obalů nebo povinnosti zpětného odběru, a počet obcí zapojených do systému EKO-KOM je uveden v Tab. 3.

Tab. 3 Počet subjektů zapojených do systému EKO-KOM od roku 2009 do roku 2015

Rok	Počet klientů zapojených do systému EKO-KOM	Počet obcí zapojených do systému EKO-KOM
<b>2009</b>	20 573	5 861
<b>2010</b>	20 591	5 904
<b>2011</b>	20 482	5 993
<b>2012</b>	20 241	6 025
<b>2013</b>	20 233	6 057
<b>2014</b>	20 277	6 073
<b>2015</b>	20 382	6 085





Zdroj: ekokom.cz, 2016, online.

## 2.5 Třídění odpadu v krajích ČR

V každém kraji jsou průměrným sběrným hnízdem myšleny 3 kontejnery (papír, plast a směsné sklo).

### Praha

Obyvatelé Prahy mají možnost sbírat papír a lepenku, barevné i čiré sklo, plasty, nápojové kartony, objemný odpad, kovy železné a neželezné, elektrotechnický a dřevěný odpad, stavební suť, pneumatiky, odpad z údržby zeleně. Odpady v Praze jsou sbírány pomocí kontejnerů stání, mobilních svozů i stálých sběrných dvorů. Svoz zajišťují čtyři svozové firmy. Velká část směsného odpadu z Prahy je dále energeticky využita.





	18582	kontejnerů pro tříděný sběr v kraji
	263	obyvatel připadá v kraji na jedno průměrné sběrné hnízd
	1	obcí je v kraji zapojeno do systému EKO-KOM
	41,4	kg je výtěžnost papíru, skla, plastu a nápojového kartonu na obyvatele/rok

### Středočeský kraj

Ve Středočeském kraji naleznete kontejnery na papír, plasty, sklo a v posledních letech se zvyšuje počet kontejnerů na sběr nápojových kartonů.

Pro třídění komunálních odpadů jsou využívány různé způsoby sběru. Např. z hlediska technického vybavení se rozlišují nádobové způsoby sběru a pytlový způsob sběru.

Ve Středočeském kraji sídlí mnoho firem zabývajících se recyklací odpadu.





	36327	kontejnerů pro tříděný sběr v kraji
	124	obyvatel připadá v kraji na jedno průměrné sběrné hnízd
	1137	obcí je v kraji zapojeno do systému EKO-KOM
	44,3	kg je výtěžnost papíru, skla, plastu a nápojového kartonu na obyvatele/rok

### Jihočeský kraj

V Jihočeském kraji mohou občané třídít obvykle papír, sklo, plasty (směsné nebo pouze PET) v mnoha obcích je také zaveden sběr nápojových kartonů. V Jihočeském kraji sídlí mimo jiné největší český závod na recyklaci PET.

Pro třídění komunálních odpadů jsou využívány různé způsoby sběru. Např. z hlediska technického vybavení se rozlišují nádobové způsoby sběru a pytlový způsob sběru.





Základní odpadové komodity jsou odděleně sbírána prostřednictvím kontejnerů na tříděný odpad na ulicích měst a obcí.

-  **19378** kontejnerů pro tříděný sběr v kraji
-  **107** obyvatel připadá v kraji na jedno průměrné sběrné hnízdo
-  **568** obcí je v kraji zapojeno do systému EKO-KOM
-  **41,50** kg je výtěžnost papíru, skla, plastu a nápojového kartonu na obyvatele/rok

### Plzeňský kraj

V Plzeňském kraji je možné třídit papír, plasty, sklo, kovy, zavádějí se nápojové kartony a dále se sbírají nebezpečné složky komunálních odpadů, bioodpady, objemné odpady, elektroodpady. V posledních letech je opětovně zaváděn sběr bílého skla.





Pro třídění komunálních odpadů jsou využívány různé způsoby sběru. Např. z hlediska technického vybavení se rozlišují nádobové způsoby sběru a pytlový způsob sběru.

-  **14256** kontejnerů pro tříděný sběr v kraji
-  **129** obyvatel připadá v kraji na jedno průměrné sběrné hnízdo
-  **485** obcí je v kraji zapojeno do systému EKO-KOM
-  **43,6** kg je výtěžnost papíru, skla, plastu a nápojového kartonu na obyvatele/rok

### Karlovarský kraj

V Karlovarském kraji mohou občané třídit papír, plasty, sklo, nápojové kartony, kovy, dále nebezpečné složky komunálních odpadů, bioodpady, objemné odpady, elektroodpady. V posledních letech je opětovně zaváděn sběr bílého skla.





Pro třídění komunálních odpadů jsou využívány různé způsoby sběru. Např. z hlediska technického vybavení se rozlišují nádobové způsoby sběru a pytlový způsob sběru.

-  **7894** kontejnerů pro tříděný sběr v kraji
-  **125** obyvatel připadá v kraji na jedno průměrné sběrné hnízdo
-  **129** obcí je v kraji zapojeno do systému EKO-KOM
-  **41,0** kg je výtěžnost papíru, skla, plastu a nápojového kartonu na obyvatele/rok

### Ústecký kraj

V Ústeckém kraji mají občané možnost třídit papír, plasty, sklo, kovy, dále nebezpečné složky komunálních odpadů, bioodpady, objemné odpady, elektroodpady. V posledních letech je zaváděn sběr bílého a barevného skla, nápojových kartonů a směsných plastů.

Pro třídění komunálních odpadů jsou využívány různé způsoby sběru. Např. z hlediska technického vybavení se rozlišují nádobové způsoby sběru a pytlový způsob sběru.





-  **24143** kontejnerů pro tříděný sběr v kraji
-  **106** obyvatel připadá v kraji na jedno průměrné sběrné hnízdo
-  **350** obcí je v kraji zapojeno do systému EKO-KOM
-  **37,0** kg je výtěžnost papíru, skla, plastu a nápojového kartonu na obyvatele/rok

### Liberecký kraj

V Libereckém kraji lze třídit papír, plasty – směsné a PET, sklo – bílé i barevné, kovy, nápojové kartony, dále nebezpečné složky komunálních odpadů, bioodpady, objemné odpady, elektroodpady.

Pro třídění komunálních odpadů jsou využívány různé způsoby sběru. Např. z hlediska technického vybavení se v Libereckém kraji objevují nádobové způsoby sběru a pytlový způsob sběru.





Směsný odpad z Liberce a okolí je energeticky využíván v zatím nejnovější české spalovně komunálního odpadu.

-  **9974** kontejnerů pro tříděný sběr v kraji
-  **153** obyvatel připadá v kraji na jedno průměrné sběrné hnízdo
-  **214** obcí je v kraji zapojeno do systému EKO-KOM
-  **40,0** kg je výtěžnost papíru, skla, plastu a nápojového kartonu na obyvatele/rok

### Královehradecký kraj

V Královehradeckém kraji jsou pro občany k dispozici kontejnery na papír, sklo, plasty (směsné nebo pouze PET) a nápojové kartony.

Pro třídění komunálních odpadů jsou využívány různé způsoby sběru. Např. z hlediska technického vybavení se rozlišují nádobové způsoby sběru a pytlový způsob sběru.





-  **17320** kontejnerů pro tříděný sběr v kraji
-  **106** obyvatel připadá v kraji na jedno průměrné sběrné hnízdo
-  **428** obcí je v kraji zapojeno do systému EKO-KOM
-  **45,9** kg je výtěžnost papíru, skla, plastu a nápojového kartonu na obyvatele/rok

### Pardubický kraj

V Pardubickém kraji je možné třídit papír, plasty, sklo, nápojové kartony (do žlutých nádob společně s plasty), kovy, nebezpečné složky komunálních odpadů,

bioodpady, objemné odpady, elektroodpady. Od roku 2005 je zaváděn sběr bílého skla do samostatných nádob.

Pro třídění komunálních odpadů jsou v Pardubickém kraji využívány dva způsoby sběru, nádobové způsoby sběru a pytlový způsob sběru.





-  **13341** kontejnerů pro tříděný sběr v kraji
-  **133** obyvatel připadá v kraji na jedno průměrné sběrné hnízdo
-  **435** obcí je v kraji zapojeno do systému EKO-KOM
-  **47,3** kg je výtěžnost papíru, skla, plastu a nápojového kartonu na obyvatele/rok

### Vysočina

V kraji Vysočina je možné nalézt kontejnery na třídění papíru, plastu, skla (v mnoha obcích se sbírá odděleně sklo barevné a bílé) a postupně se zavádí sběr nápojových kartonů.

Pro třídění komunálních odpadů jsou využívány různé způsoby sběru. Např. z hlediska technického vybavení se rozlišují nádobové způsoby sběru a pytlový způsob sběru.

Papír, plasty, sklo a nápojové kartony jsou většinou sbírány pomocí kontejnerů umístěných na ulicích obcí a měst.





-  **18833** kontejnerů pro tříděný sběr v kraji
-  **98** obyvatel připadá v kraji na jedno průměrné sběrné hnízdo
-  **682** obcí je v kraji zapojeno do systému EKO-KOM
-  **45,0** kg je výtěžnost papíru, skla, plastu a nápojového kartonu na obyvatele/rok

### Jihomoravský kraj

V Jihomoravském kraji mohou většinou občané třídit papír, plasty – směsné, nebo jen PET, sklo – bílé i barevné, nápojové kartony, kovy, dále nebezpečné složky komunálních odpadů, bioodpady, objemné odpady, elektroodpady, nápojové kartony.

Pro třídění komunálních odpadů jsou využívány různé způsoby sběru. Např. z hlediska technického vybavení se rozlišují nádobové způsoby sběru a pytlový způsob sběru.





V Jihomoravském kraji se nachází největší zpracovatel odpadového skla v ČR.

-  **35247** kontejnerů pro tříděný sběr v kraji
-  **111** obyvatel připadá v kraji na jedno průměrné sběrné hnízdo
-  **660** obcí je v kraji zapojeno do systému EKO-KOM
-  **39,2** kg je výtěžnost papíru, skla, plastu a nápojového kartonu na obyvatele/rok

### Olomoucký kraj

V Olomouckém kraji se třídí papír, plasty, sklo, nápojové kartony, kovy, dále nebezpečné složky komunálních odpadů, bioodpady, objemné odpady, elektroodpady. V posledních letech je opětovně zaváděn sběr bílého skla.





Pro třídění komunálních odpadů jsou využívány různé způsoby sběru. Např. z hlediska technického vybavení se rozlišují nádobové způsoby sběru a pytlový způsob sběru.

-  **19928** kontejnerů pro tříděný sběr v kraji
-  **121** obyvatel připadá v kraji na jedno průměrné sběrné hnízdo
-  **390** obcí je v kraji zapojeno do systému EKO-KOM
-  **45,9** kg je výtěžnost papíru, skla, plastu a nápojového kartonu na obyvatele/rok

### Zlínský kraj

Na Zlínsku mohou občané třídít papír, sklo (zavádí se oddělování bílého a barevného skla), plasty a zavádí se sběr nápojových kartonů.





Pro třídění komunálních odpadů jsou využívány různé způsoby sběru. Např. z hlediska technického vybavení se rozlišují nádobové způsoby sběru a pytlový způsob sběru.

-  **13627** kontejnerů pro tříděný sběr v kraji
-  **150** obyvatel připadá v kraji na jedno průměrné sběrné hnízdo
-  **307** obcí je v kraji zapojeno do systému EKO-KOM
-  **40,9** kg je výtěžnost papíru, skla, plastu a nápojového kartonu na obyvatele/rok

### Moravskoslezský kraj

V Moravskoslezském kraji je možné třídít papír, plasty, sklo, nápojové kartony kovy, dále nebezpečné složky komunálních odpadů, bioodpady, objemné odpady, elektroodpady. V posledních letech je opětovně zaváděn sběr bílého skla.

Pro třídění komunálních odpadů jsou využívány různé způsoby sběru. Např. z hlediska technického vybavení se rozlišují nádobové způsoby sběru a pytlový způsob sběru.

-  **23583** kontejnerů pro tříděný sběr v kraji
-  **165** obyvatel připadá v kraji na jedno průměrné sběrné hnízdo
-  **299** obcí je v kraji zapojeno do systému EKO-KOM
-  **42,4** kg je výtěžnost papíru, skla, plastu a nápojového kartonu na obyvatele/rok

( jaktridit.cz, 2016, online).

## 2.6 Bilance nákladů a příjmů v odpadovém hospodářství obcí

Výdaje na odpadové hospodářství tvoří nezanedbatelnou část každého obecního rozpočtu. Legislativa v této oblasti se stále zpřísňuje. Od roku 2015 mají obce povinnost zajistit systémy třídění biologicky rozložitelných odpadů pro všechny své občany. K nejnákladnějším položkám obce patří zajistit svoz odpadu a platit za jeho ukládání na skládky či spalování odpadu. Cestou k úsporám tedy může být předcházení vzniku odpadu, efektivní systém separace. Obce třídí odpad různými způsoby. Nejčastěji jde o přistavení kontejnerů na tříděný odpad do blízkosti domácností, pytlový sběr s kombinací aplikace čárových kódů, které po načtení přímo zapisují body, jež jsou na konci roku přeměněny ve slevu na poplatku za odpad. Obyvatelé tak přímo mohou ovlivnit cenu, kterou za odpady platí. Dlouhodobým cílem obcí je co nejvíce ušetřit za náklady na odpad a právě zavedení oběhového hospodářství na komunální úrovni může být zajímavá příležitost. Na odpady pak nepohlížíme jako na problematiku přinášející jen náklady, ale jako zdroje. Druhotné využití odpadů je i jedním z principů oběhového hospodářství, které začíná propagovat Evropská unie.

### Náklady v odpadovém hospodářství obcí jsou:

- Náklady na sběr a svoz směsného komunálního odpadu.
- Náklady na sběr a svoz využitelných složek sbíraných odděleně (včetně nákladů dotřídění).
- Náklady na sběr a svoz nebezpečných složek komunálních odpadů (včetně plateb na odstranění).
- Náklady na provoz sběrných dvorů (včetně nákladů na dovoz vytríděných složek nebo jejich odstranění).
- Náklady na odpadové koše, uliční smetky, odpad z údržby veřejné zeleně a hřbitovů.
- Náklady na provoz ostatních zařízení ve vlastnictví obce (např. kompostárna, linka na dotřídění odpadu apod.).
- Náklady na odstranění nelegálních skládek.
- Náklady spojené s vandalismem.
- Náklady na osvětu občanů (Agronomická fakulta, 2016).

Příjmová část odpadového hospodářství obce je tvořena poplatky od občanů, platbami podnikajících nebo právnických osob (živnostníků) zapojených do systému obce a případně tržbou za prodej druhotných surovin získávaných z odpadů. Významnou položku tvoří také odměny systému EKO-KOM a případně úspora nákladů či platby kolektivních systémů zpětného odběru elektrozařízení. U menších obcí je také příjem od chatařů (EKO-KOM, a.s.).

Velikost obce	Příjmy							Náklady celkem	Průměrně obec doplácí
	Od obyvatel	Živnosti	Druhotné suroviny	Od chatařů	Odměna EK	Odměna KS	Celkem		
do 500	428	29,4	34,01	51,2	130,6	45,1	718,3	953,3	32,70%
501 -1000	454,5	30,1	21	41,8	90,9	26,7	665	851,6	28,10%
1001 -4000	455,5	38,1	21,1	31,5	110,1	15,9	672,3	828	23,20%
4001-10000	487,4	43,5	13,5	17,3	103,7	9,2	674,5	868	28,70%
10001-20000	516,4	43,5	18,9	8,2	100,1	6,8	694	914	31,70%
20001-50000	496,1	23,5	20,4	7,9	102,3	5,9	656	869,9	32,60%
50001-100000	498,1	1,6	25,1	6,4	94	5,3	630,5	900,9	42,90%
100001-1 mil.	540,6		26		119,9	3,5	690,1	743,9	7,80%
nad 1 mil.	564,5	1,1	13,4		106		685	925,7	35,10%
<b>Celkem</b>	<b>493,1</b>	<b>23,3</b>	<b>18,9</b>	<b>25,4</b>	<b>105,4</b>	<b>9,5</b>	<b>675,5</b>	<b>870,5</b>	<b>28,90%</b>

Obr. 14 Bilance příjmů a nákladů OH obcí dle velikostních skupin v Kč/obyvatele/rok (r. 2015). Zdroj: EKO-KOM, a.s., 2016

Na Obr. 14 je uvedena teoretická bilance příjmů a nákladů odpadového hospodářství obcí, tedy za předpokladu, že by obce v dané velikostní skupině dosahovaly všech možných příjmů, které byly uvedeny (jedná se o průměrné hodnoty za velikostní skupinu obcí). Což v praxi neplatí. V posledním sloupci tabulky je uvedeno, jak velký podíl nákladů na odpadové hospodářství hradí obce ze svého rozpočtu – teoretický průměr za republiku je téměř 26 %.

Pokud sečteme absolutní náklady na odpadové hospodářství obcí v celém vzorku a porovnáme s absolutními příjmy, pak činí rozdíl skutečných nákladů 34 %. Poplatek od obyvatel přitom pokrývá pouze 54 % z celkových nákladů obcí. S příjmem obcí od povinných osob ze zákona o obalech, který získávají téměř všechny obce v ČR za třídění odpadů, je pokrytí nákladů na úrovni cca 67%. Tento poměr je nutné brát v potaz při úvahách o zavedení jakýchkoliv motivačních programů pro obyvatele, které jsou založeny na slevách pro obyvatele, kteří například třídí odpad, přičemž ale obec dotuje systém průměrně na každého obyvatele 33% skutečných nákladů (EKO-KOM.cz, 2016, online).

Průměrný poplatek od občanů v r. 2015 činil cca 493,1 ± 131,5 Kč/obyvatel (493,5 Kč/obyvatel v roce 2014). Průměrná platba na občana se nijak nezměnila. Vyšší poplatek vykazala skupina největších měst. Vyšší poplatek použily také hl. m. Praha, obce v Jihomoravském, Karlovarském a středočeském kraji.

Poplatek za komunální odpad, který umožňuje částečnou motivaci obyvatel (možnost změny objemu nebo počtu či frekvenci svozu) použilo 779 obcí, z toho 97 % jsou obce do 4 tisíc obyvatel. Větší města používají tento typ poplatku jen velmi ojediněle.

Tržby od živnostníků zapojených do systému obce vykazalo 30,5 % obcí. Stejně jako v předchozích letech se jedná z 92 % o obce do 4 tisíc obyvatel.

Příjem za prodej vytríděných odpadů k úpravě na druhotné suroviny vykazalo 1414 obcí a měst obcí a měst. Oproti roku 2014 došlo k navýšení o 5 %.



Zpoplatnění chatařů se týká zejména menších obcí a měst. Příjem dosáhl v roce 2015 průměrně 25,4 Kč/obyvatel. V nejmenších obcích do 500 obyvatel byl příjem obce cca 51 Kč/obyv. Vykázalo jej 3642 obcí. Více než 94 % obcí byly obce do 4 tisíc obyvatel. Tady se situace meziročně nijak výrazně nezměnila (EKO-KOM.cz, 2016, online).

Průměrné náklady se směsným komunálním odpadem za rok 2015 byly stanoveny na  $518,3 \pm 183,4$  Kč/obyvatel/rok (směrodatná odchylka dosahuje 35 průměrných nákladů). Díky nižší produkci SKO je také jednotkový náklad na obyvatele nižší ve srovnání s předchozím rokem. V přepočtu na jednu tunu svezeneho a odstraněného směsného komunálního odpadu to představuje cca  $2640,1 \pm 1085,1$  Kč. Ve srovnání s rokem 2014 se jedná o velmi malý nárůst (0,2%) v jednotkových nákladech v Kč/t (EKO-KOM.cz, 2016, online).

### Platba občanů za odpady dle skutečného množství

V České republice se dlouhodobě nedaří nalézt ideální systém platby za komunální odpad, který by vyhovoval všem obcím a městům. Stát proto dovoluje různé modely poplatků:

- **Místní poplatek** je nejrozšířenější forma platby za odpad. Paušální platba se týká všech osob s trvalým pobytem v obci, ale i majitelů chat. Neumožňuje platbu podle množství.
- **Smluvní systém**, kde obec může vybírat úhradu od fyzických osob na základě písemné smlouvy dosahující výši poplatku. Systém umožňuje platbu podle množství.
- **Poplatek za komunální odpad**, kde obec může obecně závaznou vyhláškou stanovit a vybírat poplatek za komunální odpad vznikající na jejím území. Plátcí jsou vlastníci nemovitosti, kde vzniká komunální odpad, a výše poplatku se odvíjí od počtu a objemu kontejnerů. Tento druh poplatku umožňuje zavést platbu podle množství pro domácnosti v rodinných domech. V bytových domech není příliš účinný.

Obcím se poplatky podle množství osvědčily. Pro větší obce představuje nižší administrativní náročnost než místní paušální poplatek. Navíc v menších obcích bez bytové zástavby na rozdíl od místního paušálního poplatku umožňuje zavedení systému PAYT (pay as you throw – plať podle toho, kolik vyhazuješ). V systémech PAYT vycházejí poplatky za odpad z objemu nebo hmotnosti odpadů. Ekonomicky stimuluje občany ke snížení množství zbytkového odpadu, neboť náklady na sběr odpadů stoupají s objemem či hmotností odpadů, který vyhazují. To občany motivuje, aby se podíleli na systémech separovaného sběru, čímž roste míra recyklace. Systémy PAYT mají proto největší efekt v kombinaci s podporou separovaného sběru recyklovatelných materiálů. Zavedení systémů PAYT vede k obavám z možného nárůstu protiprávního skládkování, protože někteří občané se pokoušejí vyhnout nákladům na odstranění svých odpadů. Tento problém lze omezit vhodnými doplňkovými opatřeními (hnutiduha.cz, 2016, online).

## 2.7 Nakládání s odpady

Kvůli specifickým vlastnostem a různému riziku ohrožení životního prostředí vyžaduje každý tok odpadů zvláštní nakládání. Pravidla pro nakládání s odpady stanovuje zákon č.185/2011 Sb., o odpadech a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů s jeho prováděcími předpisy. Cíle pro nakládání s odpady a opatření pro jejich dosažení jsou stanoveny Plánem odpadového hospodářství České republiky pro období 2015 – 2024. S plánem odpadového hospodářství ČR musí být v souladu také plány odpadového hospodářství krajů a plány odpadového hospodářství obcí ČR.

K pravidelnému vyhodnocení odpadového hospodářství je vedena evidence, umožňující v souladu s evropskými předpisy získat podrobné informace o produkci a nakládání s odpady. Získané informace jsou důležitým podkladem pro další plánování v oblasti odpadového hospodářství, legislativní činnost i pro poradní orgány ministra, mezi které patří např. Rada pro odpadové hospodářství ČR, složená z předních odborníků všech resortů i nestátní sféry. Oblast nakládání s odpady zahrnuje také přeshraniční přepravu odpadů z ČR a do ČR. Přeshraniční přeprava je upravena právními předpisy EU a je povolována v rámci správního řízení tak, aby byly minimalizovány její rizika a dopady na životní prostředí (MZP.cz, 2016, online).

Způsoby nakládání s komunálním odpadem v ČR jsou vývoz, skladování, využití jako druhotná surovina, skládkování, spalování, biologické postupy, fyzické a chemické postupy. Kolik tun komunálního odpadu bylo skládkováno, spalováno s využitím tepla, bez tepla, recyklace, kompostování v letech 2006, 2011, 2012, 2013, 2014 a 2015 zobrazuje Tab. 4.

Tab. 4 Nakládání s komunálními odpady v t

	2006	2011	2012	2013	2014	2015
<b>Skládkování</b>	2043289	2167041	1827868	1815103	1826974	1755438
<b>Spalování s využitím tepla</b>	390620	607222	651563	628413	600147	585784
<b>Spalování bez využití tepla</b>	1607	2618	2834	2696	4008	4012
<b>Recyklace</b>	200603	495695	665279	685920	736022	850907
<b>Kompostování</b>	23104	73762	85099	96101	93429	141194

Zdroj: Zpracováno na základě dat ČSÚ.

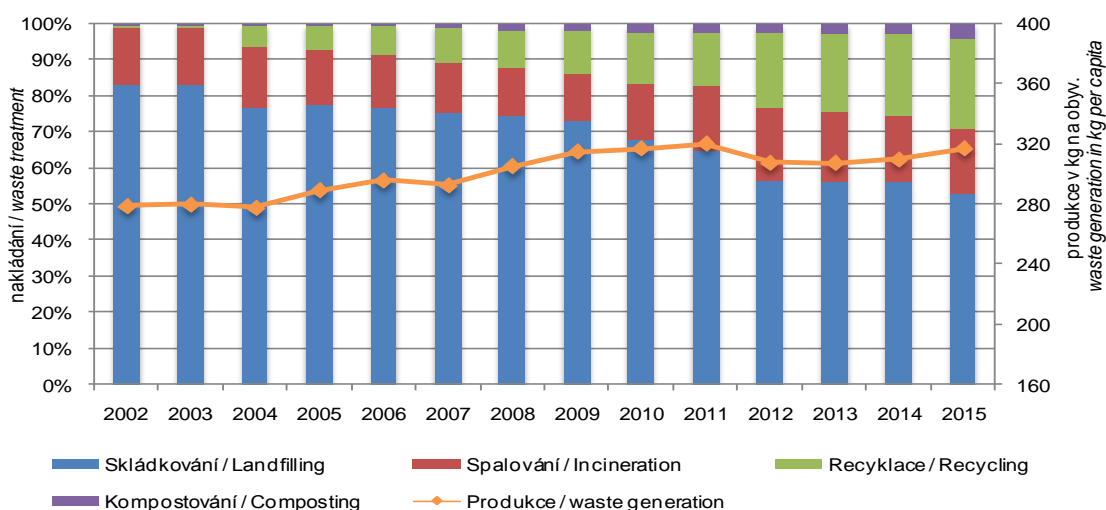
Tab. 5 dává přehled o produkci komunálního odpadu a způsoby jeho nakládání v kg/ obyvatele.

Tab. 5 Produkce komunálního odpadu a způsoby nakládání s komunálním odpadem v kg/obyvatele.

	2002	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>Produkce odpadu</b>	279	306	317	318	320	308	307	310
<b>Skládkování</b>	206	198	202	206	206	174	173	174
<b>Spalování</b>	39	36	36	47	58	62	60	57
<b>Recyklace</b>	2	27	34	43	47	63	65	67
<b>Kompostování</b>	1	5	7	7	8	9	9	10

Zdroj: Zpracováno na základě dat ČSÚ.

I přestože množství vytríděného komunálního odpadu se rok od roku zvyšuje a klesá množství směsného odpadu, přibližně polovina komunálního odpadu končí na skládkách. V roce 2015 bylo tímto způsobem odstraněno 1,8 mil. tun, což představuje 53 % z celkové produkce komunálního odpadu v ČR. Ve spalovnách bylo v roce 2015 spáleno 590 tisíc tun odpadu a vzniklé teplo bylo převážně využito k vytápění nebo k výrobě energie. V recyklačních linkách bylo přepracováno nebo jinak materiálově upraveno 851 tisíc tun komunálních odpadů, což oproti roku 2014 znamenalo nárůst o 15,6 %. Úprava odpadové legislativy, která uložila obcím zajistit oddělený sběr biologicky rozložitelného komunálního odpadu, ovlivnila množství kompostovaného odpadu. V roce 2015 skončilo v kompostárnách 141 tisíc tun biologicky rozložitelného komunálního odpadu, což bylo o polovinu více než v minulém roce. Tyto pozitivní trendy naznačují, že se stále více komunálního odpadu daří opětovně zpracovávat. V roce 2015 dosáhla recyklace komunálního odpadu společně s kompostováním 29 % (ČSÚ, 2016, online). Produkci a nakládání s komunálními odpady ukazuje Obr. 15.



Obr. 15 Produkce a nakládání s komunálními odpady. Zdroj: ČSÚ.

Komunální odpad se shromažďuje v místě vzniku, tj. v domácnostech, administrativních centrech, u fyzických osob, v místech rychlého občerstvení, v průmyslu apod. do nádob k tomu zvlášť určených. V současné době se vyrábí celá řada odpadkových košů různých typů, tvarů a velikostí.

**Na netříděný komunální odpad** slouží plechové nebo plastové nádoby o objemu od 70 l do 1 100 l. Nejčastěji mají šedou nebo černou barvu.

**Na tříděný sběr odpadu** slouží barevné nádoby o objemu od 240 l do 3 m<sup>3</sup>, někdy i více. Používají se plastové popelnice, kontejnery s upraveným víkem, nebo zvony – vždy záleží na tom, jaký svozový prostředek tyto nádoby vyprazdňuje (HLAVATÁ, 2006).

### 2.7.1 Spalování komunálního odpadu

Termické využití komunálních odpadů představuje využití jejich energetického potenciálu a tím dosažení úspor primárních neobnovitelných zdrojů surovin a energií (fosilních paliv).

Postupně dochází i k nárůstu významu energetického využití komunálních odpadů. Od roku 2009 podíl energeticky využitelných odpadů na celkové produkci komunálních odpadů narostl z 6,0 % na hodnotu 11,8 %. Z meziročního hlediska 2014 – 2015 však bylo zaznamenáno mírné snížení množství energeticky využitých komunálních odpadů o 6,9 tisíc tun na celkových 620,3 tisíc tun (MŽP, 2016, online). Tab. 6 nám dává přehled o spalovnách v ČR a v Tab. 7 vidíme seznam zařízení pro tepelné zpracování průmyslového a zdravotního odpadu s rokem zahájení provozu, kapacitou t/rok a množstvím spáleného odpadu za rok 2013, 2014, 2015.

Tab. 6 Spalovny v ČR

Provozovatel	Provoz od roku	Kapacita t/rok	Množství spáleného odpadu t/rok 2013	Množství spáleného odpadu t/rok 2014	Množství spáleného odpadu t/rok 2015
Pražské služby	1998	330000	304166	311900	313900
Plzeňská teplárenská a.s.	2016	95000	0	0	0
TERMIZO a.s. Liberec	1999	96000	95817	93541	91524
SAKO Brno, a.s.	1989	248000	237643	237368	226387

Zdroj: registr ČHMU

Tab. 7 Zařízení pro tepelné zpracování průmyslového a zdravotního odpadu

	Provozovatel	Provoz od roku	Kapacita t/rok	Množství spáleného odpadu t/rok 2013	Množství spáleného odpadu t/rok 2014	Množství spáleného odpadu t/rok 2015
1.	Fakultní nemocnice v Motole, Praha Středočeský kraj	2005	2940	2030	1292	1188
2.	AVE Kralupy s.r.o. Spalovna průmyslových odpadů	1976	10000	9644	10000	10000
3.	PURUM s.r.o. Spalovna odpadů	1993	3500	2418	2557	2925
4.	Nemocnice Rudolfa a Stefanie Benešov a.s. Kotelna a spalovna Jihočeský kraj	2001	1000	868	818	818
5.	Rumpold s.r.o. Spalovna Strakonice Plzeňský kraj	1990	1500	1491	1426	1497
6.	SUEZ Využití zdrojů a.s. Spalovna Plzeň Ústecký kraj	1993	2500	2380	2438	2120
7.	SUEZ Využití zdrojů a.s. Provoz spalovna průmyslových odpadů Trnice	1993	16000	14190	15961	13018
8.	CHS Epi, a.s. Liberecký kraj	2002	5000	2224	1865	2431
9.	SPL Jablonec nad Nisou s.r.o. Spalovna nebezpečných odpadů	2000	2200	1755	1827	1893
10.	NELI servis s.r.o. Královéhradecký kraj	1995	400	447	393	450
11.	Fakultní nemocnice Hradec Králové	1996	1000	934	967	667
12.	Oblastní nemocnice Trutnov Spalovací zařízení spalující plyná paliva, spalovna nemocničního odpadu	1996	1000	117	106	121

	<b>Pardubický kraj</b>					
13.	Hamzova odborná léčebna pro děti a dospělé	1993	750	502	564	542
14.	Nemocnice Pardubického kraje, a.s. Spalovna NO a plynová kotelna Pardubice	1994	750	945	742	644
	<b>Vysočina</b>					
15.	SPORTEN a.s. Spalovna Jihlava	1997	864	301	354	758
16.	Rumpold s.r.o. Spalovna Jihlava	2005	1900	1472	1342	1353
	<b>Jihomoravský kraj</b>					
17.	EKOTERMEX a.s. Spalovna průmyslových odpadů	2004	3240	2998	2904	2907
18.	Nemocnice Znojmo příspěvková organizace Kotelna a spalovna	1994	780	609	596	661
	<b>Olomoucký kraj</b>					
19.	Megawaste-Ekoterm, s.r.o.	1993	4000	3279	3218	3305
	<b>Zlínský kraj</b>					
	DEZ, a.s. Spalovna průmyslových odpadů	2000	10000	8025	7101	7010
21.	SUEZ Využití zdrojů – spalovna NO Zlín	1993	4730	4955	5255	5246
22.	Uherskohradištská nemocnice a.s. Kotelna nemocnice a spalovna NO	1996	350	341	339	343
	<b>Moravskoslezský kraj</b>					
23.	SUEZ Využití zdrojů a.s. Spalovna NO Ostrava	200	21200	18226	21054	20404

Zdroj: Registr ČHMU.

Množství spáleného odpadu nepřekročilo ani v jednom roce kapacitu spalovny. V roce 2015 nebyla naplněna kapacita spaloven a vznikla tak rezerva pro spálení 137 189 tisíc tun odpadu. U zařízení pro tepelné zpracování průmyslového a zdravotního odpadu svoji kapacitu naplnilo v roce 2015 zařízení AVE Kralupy s.r.o. U NELI servis s.r.o., SUEZ Využití zdrojů – spalovna NO Zlín byla kapacita překročena. Rezerva za všechny zařízení v roce 2015 je 15 303 t.

## 2.7.2 Recyklace komunálního odpadu

V České republice se nejvíce recykluje papír a to až 90 % papírového odpadu. Recyklace papíru lze provést pouze 7krát, pak už jsou papírové řetězce příliš krátké na další recyklaci. Nejčastěji se z recyklovaného papíru vyrábí sešity, časopisy, toaletní papíry, krabice, různé papírové obaly např. na vejčeka, lepenka na výrobu tepelných izolací.

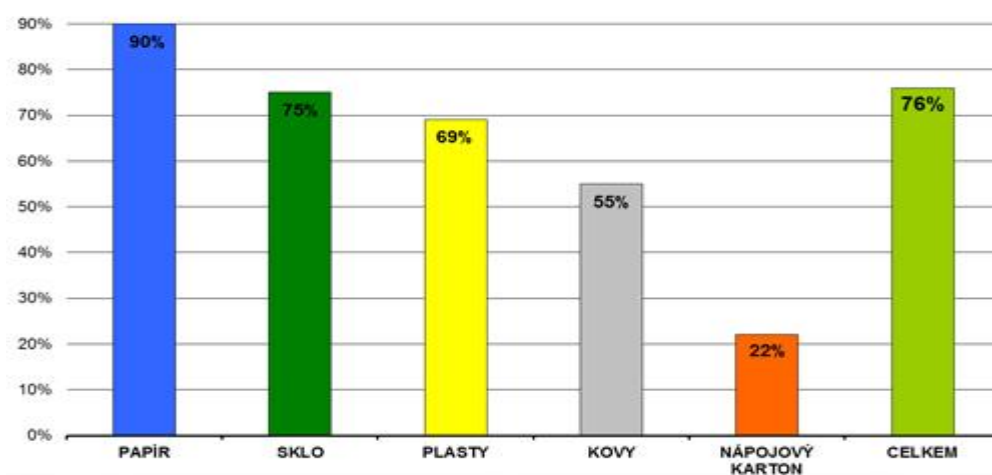
Ze směsných plastů – jako jsou kelímky od jogurtů, různé plastové obaly od kosmetiky, fólie, sáčky – se vyrábějí třeba protihlukové stěny kolem dálnic nebo materiály, které vzhledem připomínají dřevo – lavička v parku, dětské hřiště, plastová okna nebo střešní krytiny.

Z PET lahví se po recyklaci vyrobí buď znovu PET lahve, nebo silonové vlákno, které se dá použít na výrobu interiérů do aut, výplní do spacích pytlů a bund, fleecových mikin nebo výplně do peřin či povlaků.

Nejlepší vlastnosti pro recyklaci má sklo, protože se v podstatě dá recyklovat donekonečna. Většina skleněných lahví, které se používají, jsou už částečně vyrobeny z recyklovaného skla. Nejpoužívanější jsou především nápojové lahve od piva nebo minerálky, ale recyklované sklo se používá i na výrobu skleněných dekorací a váz. V ČR se ho úspěšně zrecykluje až 70 %.

Nejen komunální, ale i odpad vzniklý při rekonstrukci domů a bytů, se dá recyklovat. Zbytky cihel, betonu, omítky, střešních tašek, nebo funkčních elektrických rozvodů se ve sběrných dvorech pečlivě zpracovávají. Takový recyklát se pak může využít pro zpevnění cest, jako podkladový materiál nebo na zahradu jako plnohodnotná náhrada přírodních materiálů.

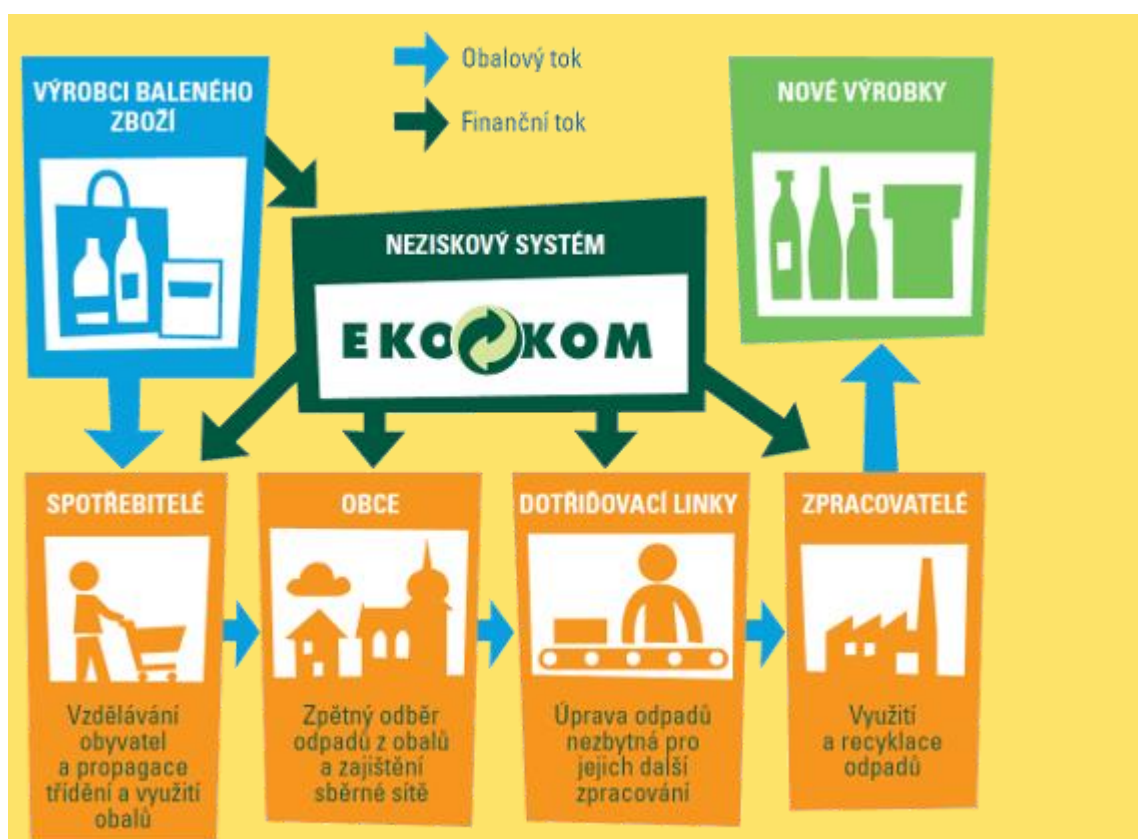
Třídění odpadu má obrovský smysl. Vznikají tak mnohé věci, které denně používáme, bez toho, aby se suroviny na ně musely brát z naší Země (siegl.cz, 2016, online).



Obr. 16 Dosažená míra recyklace a využití odpadů u obalů v roce 2015. Zdroj: ekokom.cz., 2016. online.

Dosažená míra recyklace a využití odpadů u obalů v roce 2015 je zobrazena na Obr. 16. Z grafu je patrné, že v České republice se nejvíce recykluje papír, sklo, plasty, kovy a nápojové kartony. V systému EKO-KOM se celkem recyklovalo 76 % všech obalů.

Systém sběru a třídění odpadu, který v ČR zajišťuje autorizovaná společnost EKO-KOM, funguje na základě jednoduchého mechanismu. Výrobci (aktuálně okolo 20 000 firem) platí dle vykázaného množství vyprodukovaných obalů poplatky za jejich recyklaci. Pro všechny firmy platí jednotný ceník. EKO-KOM následně z těchto finančních prostředků financuje náklady spojené se sběrem a recyklací obalového odpadu. Díky funkčnímu systému se nyní recykluje 76 % všech vyrobených obalů firmami v systému EKO-KOM a tento podíl stále roste (EKO-KOM). Fungování systému sběru a třídění odpadu vidíme na Obr. 17.



Obr. 17 Systém sběru a třídění odpadu. Zdroj: ekokom.cz, 2016, online.

### 2.7.3 Skládkování komunálního odpadu

Je to nejrozšířenější forma odstraňování komunálních odpadů. Umístění a technické provedení skládky odpadů musí zajistit ochranu životního prostředí po celou dobu provozu skládky i po jeho ukončení a podmínky pro rekultivaci skládky a následné využití skládkového prostoru v souladu se schválenou územ-



ně plánovací dokumentací (HLAVATÁ, 2006). Tato technická zařízení musí respektovat uložení odpadů z několika hledisek:

- hygienického;
- geologického;
- hydrogeologického;
- geomechanického;
- ekologického.

#### **2.7.4 Energetické využívání komunálního odpadu**

Komunální odpad, zejména materiál vzniklý tříděním a následnou úpravou (např. drcením a homogenizací) odpadních materiálů na bázi plastů, papíru, dřeva a textilu, může sloužit pro výrobu certifikovaného paliva. Výrobek slouží jako náhradní palivo, které se používá v cementárnách, teplárnách apod. Pro výrobu alternativních paliv je vhodné použít takové odpadní materiály, jejichž zásoby jsou velké. Za největší přímé zdroje využitelných odpadů lze v ČR považovat průmyslovou výrobu a organizovaný sběr obcí (HLAVATÁ, 2006).

#### **2.7.5 Systém zpětného odběru výrobků**

Zpětný odběr výrobků vychází ze zásady individuální odpovědnosti výrobce zajistit nakládání s výrobky po ukončení jejich životnosti. Koneční uživatelé výrobků musí být informováni jak a kde výrobky s ukončenou životností odevzdat a kteří budou motivováni k tomu, aby se daných výrobků nezbavovali jako součástí směsného komunálního odpadu. Jedná se především o tyto výrobky:

- Obaly – EKO-KOM, a.s.;
- Vozidla;
- Zářivky a výbojky;
- Pneumatiky;
- Elektrická a elektronická zařízení – minerální oleje – Asekol, s.r.o., EKO-LAMO s.r.o., Elektrowin a.s., OFO – recycling s.r.o., REMA Systém, a.s., RETELA, s.r.o.;
- Baterie a akumulátory – ECOBAT, REMA Battery;
- Fotovoltaická zařízení.

### **2.8 Nakládání s průmyslovými odpady**

Hlavními původci odpadů v ČR jsou ekonomické subjekty (podniky), které v roce 2015 vyprodukovaly 23,2 mil. tun odpadu. Ve srovnání s rokem 2014 se jedná o výraznější nárůst produkce odpadů o 15 %. Produkce podnikových odpadů se oproti roku 2014 zvýšila o 3 mil. tun, produkce nebezpečných odpadů mírně klesla. Největší nárůst vyprodukovaných odpadů (o 24 %) byl u podniků zabývajících se zpracováním odpadů, sanacemi a činnostmi souvisejícími s odpadními vodami. V této oblasti národního hospodářství získala řada velkých firem významné zakázky, které pak ovlivnily konečnou výši vyprodukovaných

odpadů. Dále se na zvýšení podnikové produkce odpadů významně podílely stavební firmy (meziroční nárůst o 20 %) a firmy zaměřené na výrobu a rozvod elektřiny, plynu, tepla a klimatizovaného vzduchu. Snížená produkce podnikových odpadů v roce 2015 byla u firem podnikajících v sektoru zemědělství, lesnictví a rybníkářství, kde dochází k postupnému vyčleňování materiálů, které nejsou nadále považovány za odpad, ale jsou vykazovány v oblasti druhotných surovin (např. kůra, hobliny, dřevo) (ČSÚ, 2016, online). Jak se vyvíjela produkce podnikových odpadů v krajích, ukazuje Tab. 8.

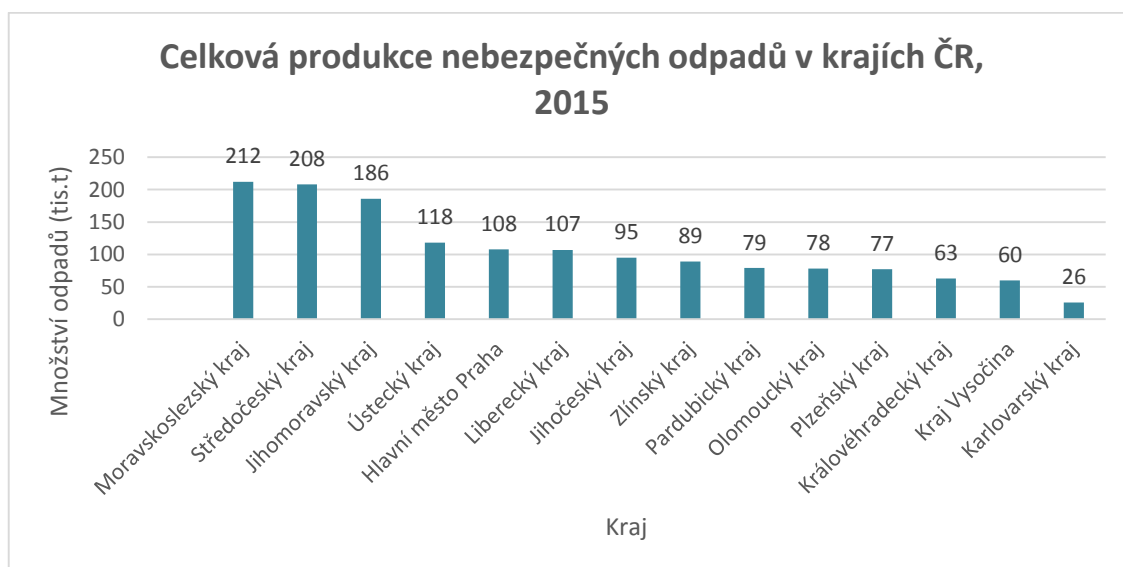
Tab. 8 Produkce podnikových odpadů podle krajů

ČR, kraj v tis. t	2002	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Česká republika	24959	22244	20514	20423	19919	19939	20127	20236	23247
v tom:									
Hl. m. Praha	8898	7015	6293	7105	5752	6003	6261	6285	6197
Středočeský	2395	1711	1311	1502	1882	1901	2031	1759	1876
Jihočeský	776	959	1242	1148	988	1209	1025	1124	1542
Plzeňský	975	1310	1142	1058	987	931	971	1293	1158
Karlovarský	624	239	179	171	176	163	199	155	188
Ústecký	2179	1580	2060	1452	1605	1461	1263	1332	1447
Liberecký	306	733	241	288	464	489	503	446	445
Královéhradecký	517	459	337	501	397	377	403	425	591
Pardubický	347	355	422	367	397	427	437	698	724
Kraj Vysočina	586	391	324	331	394	375	407	517	683
Jihomoravský	3073	2983	3084	2321	2215	2257	2247	2225	3636
Olomoucký	440	665	571	544	618	712	741	648	990
Zlínský	595	675	594	989	928	564	864	713	995
Moravskoslezský	3248	3167	2715	2646	3117	3070	2777	2616	2776

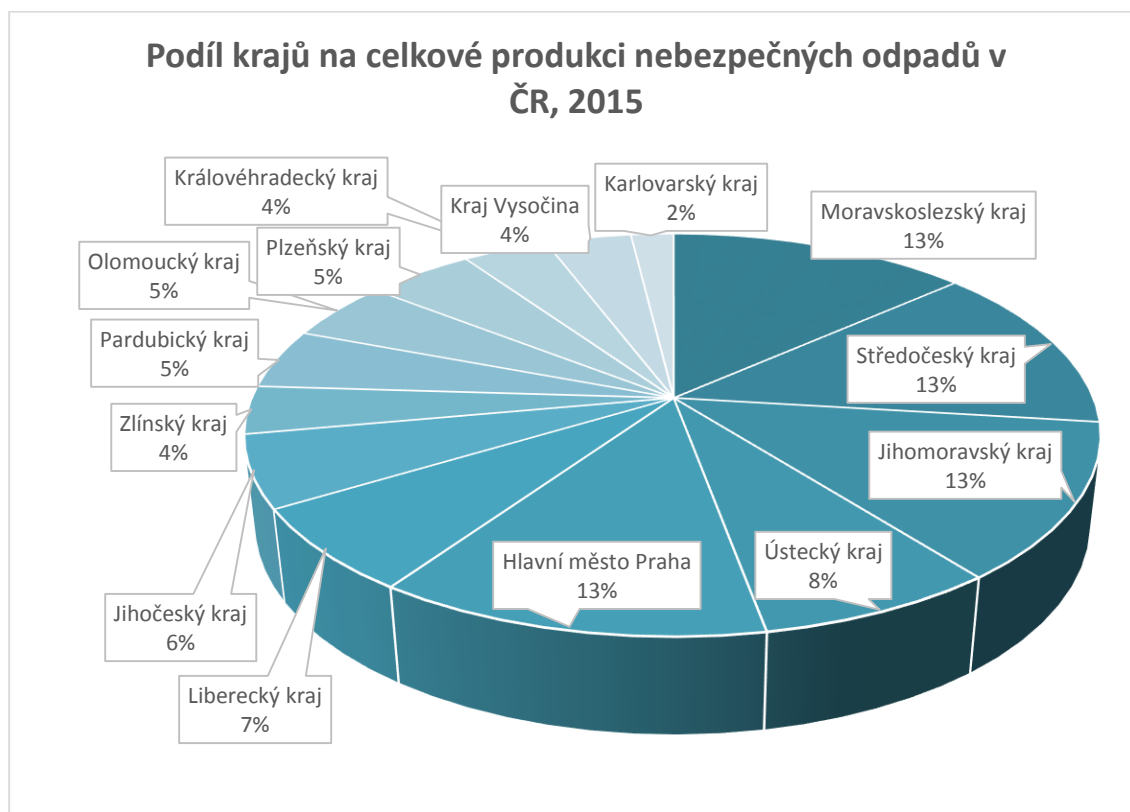
Zdroj: Zpracováno na základě dat ČSÚ.

Vzhledem k rozmanitosti různých sloučenin, často neznámého původu a složení, vyžaduje nakládání s těmito odpady specifický přístup a vždy maximální množství informací o jejich složení a vlastnostech. Odstranění průmyslových odpadů je potřeba provést co nejbezpečněji, nejekonomičtěji. Za nebezpečné lze

považovat ty odpady, které mají nejméně jednu nebezpečnou vlastnost, ohrožují nebo poškozují lidské zdraví a kvalitu životního prostředí. Do této skupiny mohou spadat i odpady v podstatě neškodné, pokud vznikají pravidelně a ve velkém množství. Jinak lze za hlavní nebezpečné odpady považovat odpady radioaktivní, biologické a odpady s okamžitým nebo potenciálním chemickým působením (HLAVATÁ, 2006). Celková produkce nebezpečných odpadů v krajích ČR za rok 2015 je vykreslena na Obr. 18. Podíl krajů na celkové produkci nebezpečných odpadů v ČR pak najdeme na Obr. 19. Nejvíce nebezpečného odpadu vyprodukuje Moravskoslezský kraj 212 tisíc tun a nejméně Karlovarský kraj 26 tisíc tun. Produkce nebezpečného odpadu závisí především na průmyslu každého kraje.



Obr. 18 Celková produkce nebezpečných odpadů v krajích ČR, 2015. Zdroj: Na základě dat z ISOH zpracovala CENIA.



Obr. 19 Podíl krajů na celkové produkci nebezpečných odpadů v ČR, 2015. Zdroj: Na základě dat z ISOH zpracovala CENIA.

Dalším kritériem posuzování průmyslových odpadů je jejich množství. Podle toho můžeme průmyslové odpady dělit na globální a lokální. Globální odpady jsou např. odpady z elektráren či jiných velkých producentů. Vyznačují se vysokou produkcí, ale jejich složení je v podstatě konstantní. Lokální odpady vznikají v jednotlivých provozech, jejich množství je menší a složení je značně proměnlivé v závislosti na charakteru výroby.

Jiným kritériem je místo vzniku odpadů. Odpady primární vznikají v souvislosti s technologickým výrobním procesem, téměř vždy lze z nich získat druhotné suroviny. Sekundární odpady vznikají při pomocných operacích např. čištění, údržba, doprava, příjem surovin, balení apod.

## 2.9 Povinnosti právnických osob v oblasti sběru nebo výkupu odpadů

Zákonem o odpadech jsou stanoveny tyto povinnosti při sběru a výkupu odpadů:

- zařazovat odpady podle druhů kategorií;
- zajistit přednostní využití odpadů;
- ustanovit odpadového hospodáře;

- sebrané nebo vykoupené odpady převádět do vlastnictví pouze osobě oprávněné;
- provozovat zařízení ke sběru nebo výkupu v souladu s provozním řádem;
- zveřejňovat druhy sbíraných nebo vykupovaných odpadů;
- ověřovat nebezpečné vlastnosti odpadů a nakládat s nimi podle skutečných vlastností;
- sbírané a vykupované odpady soustřeďovat podle jednotlivých druhů a kategorií;
- zabezpečit odpady před nežádoucím znehodnocením a odcizením;
- vést průběžnou evidenci o odpadech a způsobech nakládání s nimi (HLAVATÁ, 2006).

## 2.10 Plán odpadového hospodářství ČR

Odpadová politika České republiky v oblasti komunálních odpadů prošla během posledních 20 let významnými změnami. Ve městech i obcích máme nádoby na tříděný sběr papíru, plastů, skla, roste sběr nápojových kartonů, kovů a textilu. V řadě měst se začal sbírat bioodpad. Zajištěn je zpětný odběr baterií a elektrospotřebičů. Díky opatřením ve výrobě, klesá množství nebezpečného odpadu. Ten co přesto vznikne, můžeme odnést na sběrný dvůr nebo odevzdat v době jeho mobilního sběru. Zpřísnily se požadavky na skládky a spalovny odpadů.

Dne 22. 12. 2014 vláda ČR schválila nový Plán odpadového hospodářství ČR (POH ČR) pro období 2015 – 2024. Plán představuje klíčový dokument pro realizaci dlouhodobé strategie nakládání s odpady, obalovými odpady a výrobky s ukončenou životností. Hlavními cíli strategie je jednoznačně předcházení vzniku odpadů a zvýšení recyklace a materiálového využití odpadů. Plán se zaměřuje na upřednostnění způsobů nakládání s odpady podle celoevropské odpadové hierarchie a plnění evropských cílů ve všech oblastech nakládání s odpady. Strategie vede k jednoznačnému odklonu odpadů ze skládek skrze předcházení odpadů, zvýšení recyklace a materiálového využití odpadů.

Při vstupu do EU se Česká republika zavázala snížit množství biologicky rozložitelných odpadů (papír, dřevo, odpad z údržby zeleně, kuchyňský odpad, textil) ukládaného na skládky do roku 2020 na 30 % množství, které vyprodukovala v roce 1995. Tyto odpady jsou na skládkách zdrojem metanu (významný skleníkový plyn) ovlivňují stabilitu skládek a způsobují řadu dalších problémů. Vzhledem k tomu, že ČR do bilance roku 1995 zahrnula jen část produkce (nevidovala odpad ze zahrad a z údržby zeleně), bude tento cíl obtížně plněn. Druhým závazkem, který musí ČR do roku 2020 splnit, je zvýšit recyklaci komunálních odpadů a to recyklovat 50 % papíru, skla, plastů a kovů z komunálního odpadu (arnika.org).

### **2.10.1 Strategické cíle uvedené v Plánu odpadového hospodářství ČR**

Strategické cíle uvedené v Plánu odpadového hospodářství jsou:

- Předcházení vzniku odpadů a snižování měrné produkce odpadů.
- Minimalizace nepříznivých účinků vzniku odpadů a nakládání s nimi na lidské zdraví a životní prostředí.
- Udržitelný rozvoj společnosti a přiblížení se k evropské recyklační společnosti.
- Maximální využívání odpadů jako náhrady primárních zdrojů a přechod oběhové hospodářství.

Z priorit Plánu odpadového hospodářství vyplývá i nezbytnost stanovit a koordinovat síť zařízení k nakládání s odpady v regionech. Na Plán odpadového hospodářství ČR tak přímo navazuje nový programový dokument Operačního programu Životního prostředí 2014 – 2020, prostřednictvím kterého bude možné čerpat finance pro podporu nových zařízení a systémů nakládání s odpady v ČR (mzp.cz., 2016, online).

## 3 Metodika práce

### 3.1 Pojem časová řada

Cílem časové řady je sestavení vhodného modelu charakterizujícího mechanismus generování hodnoty časové řady. Průběh časové řady znázorňujeme pomocí spojnicového diagramu. Časová řada jsou věcně a prostorově srovnatelné hodnoty pozorování (měření) jisté veličiny (ukazatele), které jsou jednoznačně uspořádány ve směru rostoucího času. Časovou řadu s počtem pozorování  $n$  můžeme zapsat jako posloupnost  $y_1, y_2, \dots, y_n$  v čase  $t_1, t_2, \dots, t_n$ , neboli  $y_i$  v čase  $t_i$ ,  $t = 1 \dots, n$  kde  $y$  značí analyzovaný ukazatel,  $t$  je časová proměnná s celkovým počtem pozorování  $n$  (BUDÍKOVÁ, 2010).

Pokud časová řada podléhá změnám v průměru nebo variabilitě nazýváme jí nestacionární řada. Tato řada pak vykazuje změny v chování. Pokud je řada stále stejná, jde o řadu stacionární. U stacionární řady nejsme schopni na základě zjištěných statistických údajů, jako jsou aritmetický průměr hodnot nebo jejich rozptyl, schopni odlišit jeden úsek řady od druhého (HANČLOVÁ, 2003).

#### 3.1.1 Členění časových řad

##### 1. podle hlediska náhodnosti

- deterministické - neobsahují prvek náhody a při znalosti jejich procesu generování je lze dokonale a bezchybně předpovídat.
- stochastické – obsahují prvek náhody a prakticky všechny ekonomické časové řady, realizují náhodné procesy.

##### 2. podle ekvidistantnosti

- ekvidistantní – časová vzdálenost mezi sousedními prvky je konstantní, vzdálenost označujeme jako krok.
- neekvidistantní – proměnlivá délka kroku.

##### 3. podle charakteru ukazatele

- okamžikové časové řady – údaje se vztahují vždy k určitému okamžiku, součty nedávají smysl. Typické pro tyto řady je průměrování.
- intervalové časové řady – údaje se vztahují k určitému časovému úseku. Velikost údajů je pak v přímé závislosti s délkou časových úseků. Typické pro intervalové řady je sčítání řad i průměrování.

##### 4. podle periodicity

- krátkodobé – časové řady obvykle do jednoho roku (měsíční, čtvrtletní). Zajímají nás většinou sezónní vlivy.
- dlouhodobé – obvykle zjišťujeme existenci dlouhodobých trendů.

##### 5. podle druhu ukazatelů

- řady absolutních ukazatelů – řada, která vznikla původním měřením nebo pozorováním.
- řady odvozených ukazatelů – řada nějakým způsobem transformovaná – příkladem mohou být klouzavé průměry.

## 6. podle způsobů vyjádření

- peněžní – příkladem může být průměrná hrubá mzda v Kč, produkce vyjádřená v Kč.
- naturální – například produkce vyjádřená v tunách.

### 3.1.2 Problémy analýzy časových řad

Při zpracování dat ve formě časové řady se setkáváme s množstvím specifických problémů analýzy časových řad. Jedná se především o problémy:

#### 1. problémy s volbou časových bodů pozorování

##### 2. s kalendářem

- Různá délka kalendářních měsíců.
- Různý počet víkendů v měsíci.
- Různý počet pracovních dnů v měsíci.
- Pohyblivé svátky.

Tyto nepravidelnosti mohou mít různé následky, ale je možné je „očistit“ od těchto problémů, např. vyrovnání různého počtu dní v měsíci:

$$y_t^{(\text{očištěná})} = y_t \frac{\bar{p}_t}{p_t} \quad (1)$$

$y_t$  je hodnota očišťovaného ukazatele

$p_t$  je počet pracovních dnů v měsíci

$\bar{p}_t$  je průměrný počet pracovních dnů v měsíci za rok

##### 3. s délkou časových řad

Souvisí s počtem pozorování při analýze časových řad. Některé analýzy časových řad vyžadují minimální délku časové řady, u dlouhých časových řad se v průběhu pozorování mohou měnit charakteristiky modelu.

##### 4. s nesrovnatelností jednotlivých měření

Souvisí s výběrovým vzorkem a reprezentativností tohoto vzorku. Mohou se vyskytnout problémy věcné, prostorové, časové, cenové srovnatelnosti nebo problémy s oficiální statistikou jako jsou odhady, mezinárodní srovnání (HANČLOVÁ, 2003).

### 3.1.3 Elementární charakteristiky vývoje časových řad

K posouzení vlastností časových řad se obvykle snažíme získat i mnohé jiné elementární informace. Pro tento účel používáme skupinu charakteristik např.



koeficient růstu a přírůstků, tempo růstu a přírůstků. Tyto údaje spolu s grafickým vyjádřením umožňují rychle získat představu o charakteru procesu, který časová řada reprezentuje.

Pro časovou řadu délky  $n$  lze určit  $n - 1$  absolutních změn (prvních diferencí)

$$d_t = y_t - y_{t-1}, \text{ pro } t = 2, 3, \dots, n \quad (2)$$

s nulovou, kladnou nebo zápornou hodnotou. Kladná hodnota se označuje jako absolutní přírůstek, záporná jako absolutní úbytek. Proces výpočtu diferencí lze vztáhnout i na časovou řadu absolutních přírůstků a výsledkem je řada  $n - 2$ .

Z časové řady délky  $n$  lze dále určit  $n - 1$  koeficientů růstu (řetězových indexů)

$$k_t = \frac{y_t}{y_{t-1}}, \text{ pro } t = 2, 3, \dots, n. \quad (3)$$

Z časové řady délky  $n$  lze zjistit  $n-1$  koeficientů přírůstků

$$\delta_t = \frac{d_t}{y_{t-1}} = k_t - 1, \text{ pro } t = 2, 3, \dots, n \quad (4)$$

a průměrný koeficient přírůstků

$$\bar{\delta} = \bar{k} - 1. \quad (5)$$

Charakteristiky koeficientu růstu přírůstků bývají uváděny i v procentech. V tomto případě se charakteristiky  $100k_t$ ,  $100\delta_t$  nazývají tempo růstu a tempo přírůstků. Existuje mezi nimi analogický vztah  $100\delta_t = 100k_t - 100$ .

U delších časových řad s větším počtem výše uvedených charakteristik přichází v úvahu výpočet jejich průměrných hodnot. Průměrný absolutní přírůstek je aritmetickým průměrem, který lze modifikovat do zjednodušené podoby:

$$\bar{d} = \frac{1}{n-1} \sum_{t=2}^n d_t = \frac{y_n - y_1}{n-1}. \quad (6)$$

Průměrný koeficient růstu je geometrickým průměrem jednotlivých koeficientů růstu a lze jej opět upravit do zjednodušené podoby

$$\bar{k} = \sqrt[n-1]{\prod_{t=2}^n k_t} = \sqrt[n-1]{\frac{y_t}{y_1}} \quad (7)$$

(BUDÍKOVÁ, 2010).

### 3.1.4 Metody analýzy časových řad

Výběr metody analýzy časových řad ovlivňuje řadě faktorů, jako je například účel analýzy, typ časové řady, dostupná databáze, softwarové a hardwarové vybavení.

### 3.1.5 Dekompozice časové řady

Rozkládá časovou řadu na čtyři složky časového pohybu, které tvoří systematickou část průběhu časové řady. Souběžná existence všech forem však není nutná a je podmíněna věcným charakterem zkoumaného ukazatele. Časovou řadu je možné rozdělit na tyto složky:

- Trendovou složku  $T_t$
- Sezónní složku  $S_t$
- Cyklickou složku  $C_t$
- Náhodnou složku  $\varepsilon_t$

#### Typy dekompozice:

- Aditivní

$$Y_t = T_t + S_t + C_t + \varepsilon_t = y_t + \varepsilon_t, t = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

kde  $Y_t$  se často označuje souhrnně jako systematická složka ve tvaru  $T_t + S_t + C_t$

- Multiplikativní

$$Y_t = T_t S_t C_t \varepsilon_t, t = 1, 2, \dots, n \quad (9)$$

- Smíšený

$$Y_t = T_t S_t C_t + \varepsilon_t, t = 1, 2, \dots, n \quad (10)$$

(HANČLOVÁ, 2003)

**Trendem** rozumíme hlavní tendenci dlouhodobého vývoje hodnot analyzovaného ukazatele v čase. Trend může být rostoucí, klesající nebo konstantní, kdy hodnoty ukazatele dané časové řady v průběhu sledovaného období mohou kolísat kolem určité, v podstatě neměnné úrovně.

**Sezónní složka** je pravidelně se opakující odchylka od trendové složky, vyskytující se u časových řad údajů s periodicitou kratší než jeden rok nebo rovnou právě jednomu roku. Příčiny sezónního kolísání mohou být různé. Dochází

k nim v důsledku přímého působení sluneční soustavy na Zemi, tj. vlivem změn jednotlivých ročních období, dále vlivem různé délky měsíčního či pracovního cyklu nebo též vlivem různých společenských zvyklostí.

**Cyklickou složkou** rozumíme kolísání okolo trendu v důsledku dlouhodobého cyklického vývoje s délkou vlny delší než jeden rok. Statistika chápe cyklus jako dlouhodobé kolísání s neznámou periodou, která může mít i jiné příčiny než klasický ekonomický cyklus. Někdy nebývá cyklická složka považována za samostatnou složku časové řady, ale je zahrnována pod složku trendovou jako její část (tzv. střednědobý trend), vyjadřující střednědobou tendenci vývoje, která má často oscilační charakter s neznámou, zpravidla proměnlivou periodou.

**Náhodná složka** vyjadřuje nahodilé a jiné nesystematické výkyvy.

### Konstantní trend

$$T_t = \beta_0 \quad (11)$$

### Lineární trend

Nejčastěji používaným typem trendové funkce je lineární trend. Můžeme ho použít, pokud chceme orientačně určit základní směr vývoje analyzované časové řady a v určitém omezeném časovém intervalu může sloužit jako vhodná aproximace jiných trendových funkcí. Je vyjádřena:

$$T = \beta_0 + \beta_1 t \quad (12)$$

Kde  $\beta_0$  a  $\beta_1$  jsou neznámé parametry a  $t = 1, 2, \dots, n$  je časová proměnná. K odhadu parametrů  $\beta_0$  a  $\beta_1$  použijeme metodu nejmenších čtverců na základě dvou normálních rovnic:

$$\sum y_t = n\beta_0 + \beta_1 \sum t \quad (13)$$

$$\sum ty_t = \beta_0 \sum t + \beta_1 \sum t^2 \quad (14)$$

Je-li suma časových hodnot  $t$  rovna nule, můžeme pro parametry trendové přímky psát:

$$b_0 = \frac{\sum y_t}{n} = \bar{y}, \quad (15)$$

$$b_1 = \frac{\sum y_t \cdot t}{\sum t^2}. \quad (16)$$

Parametr  $b_0$  interpretujeme jako aritmetický průměr vyrovnané řady  $y_t$ , parametr  $b_1$  udává, jaký přírůstek trendové hodnoty  $T$  odpovídá jednotkovému přírůstku proměnné  $t$ .

### Parabolický trend

Parabolický trend je často používaný typ trendové funkce. Rovnice má podobu:

$$T_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 t^2 \quad (17)$$

kde  $b_0, b_1$  a  $b_2$  jsou neznámé parametry a  $t = 2, 3, \dots, n$  je časová proměnná. Protože i tato trendová funkce je lineární z hlediska parametrů, použijeme k odhadu parametrů metodou nejmenších čtverců. Znamená to řešit tři normální rovnice.

$$\sum y_t = n b_0 + b_1 \sum t + b_2 \sum t^2 \quad (18)$$

$$\sum y_t t = b_0 \sum t + b_1 \sum t^2 + b_2 \sum t^3 \quad (19)$$

$$\sum y_t t^2 = b_0 \sum t^2 + b_1 \sum t^3 + b_2 \sum t^4 \quad (20)$$

Při zavedení časové proměnné  $t$ , tak, aby suma časových hodnot  $t$  byla rovna nule, vypočítáme parametry  $b_0, b_1$  a  $b_2$  z následujících vzorců:

$$b_0 = \frac{\sum y_t \sum t^4 - \sum t^2 \sum y_t t^2}{n \sum t^4 - (\sum t^2)^2} \quad (21)$$

$$b_1 = \frac{\sum y_t t}{\sum t^2} \quad (22)$$

$$b_2 = \frac{n \sum y_t t^2 - \sum y_t \sum t^2}{n \sum t^4 - (\sum t^2)^2} \quad (23)$$

### 3.1.6 Měření kvality vyrovnaní

V časových řadách dáváme většinou přednost rozměrným charakteristikám měřicím velikost reziduální složky časové řady, kterou stanovíme jako rozdíl pozorovaných hodnot a systematické složky, tj.  $e_t = y_t - Y_t$  a je odhadem neznámé

náhodné složky časové řady. Průměrné reziduum je rovno nule pro trendové funkce.

$$\bar{e} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t. \quad (24)$$

V jiných případech (např. při mechanickém vyrovnání) je průměrné reziduum měřítkem velikosti systematické chyby, tj. nadhodnocení či podhodnocení skutečných hodnot, kterého se dopustíme jejich nahrazením hodnotami vyrovnávanými.

Velikost náhodné chyby spojené a vyrovnáním časové řady měří buď průměrná absolutní reziduální odchylka

$$d_e = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |e_t| \quad (25)$$

nebo reziduální rozptyl

$$s_e^2 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2. \quad (26)$$

A z něj odvozená reziduální směrodatná odchylka  $s_e$ . Vydělením absolutní nebo směrodatné odchylky vhodnou charakteristikou úrovně získáme bezrozměrné charakteristiky náhodné chyby.

### 3.1.7 Volba vhodného modelu trendu

Trendová funkce by měla být volena na základě věcné analýzy zkoumaného ekonomického jevu. Při věcné analýze jde v některých případech posoudit, zda se jedná o funkci rostoucí nebo klesající. Další možností je vizuální analýza grafu časové řady. Nebezpečí volby na základě vizuálního výběru spočívá však v jeho subjektivitě. Různí lidé mohou na základě grafického rozboru stejné analyzované řady dojít k různým závěrům o volbě typu trendové křivky. Je tu i nebezpečí vyplývající z toho, že tvar grafu je do značné míry závislý na volbě použitého měřítka. Využitím rozboru empirických údajů je možné lépe vyhledat vhodné trendové funkce. Nejvhodnější typ křivky volíme na základě minimalizace hodnot přijatého kritéria. Nejčastěji se za toto kritérium bere součet čtverců odchylek empirických hodnot od hodnot vyrovnaných (reziduální součet čtverců)

$$Q_e = \sum_{t=1}^n (y_t - T_t)^2 \quad (27)$$

v němž  $y_t$  jsou empirické hodnoty a  $T_t$  vyrovnané hodnoty analyzované řady. Z řady možných trendových funkcí se pak vybírá jako nejvhodnější ta, která dává nejmenší reziduální součet čtverců.

Jiným používaným kritériem tohoto typu je z korelační analýzy index korelace, který lze ve výpočetním tvaru zapsat jako

$$I = \sqrt{1 - \frac{Q_e}{Q}} = \sqrt{1 - \frac{\sum(y_t - T_t)^2}{\sum(y_t - \bar{y})^2}} \quad (28)$$

Za nejvhodnější trendovou funkci je pak pokládána ta, která vede k největší hodnotě indexu korelace. V softwarové nabídce se obvykle setkáme s těmito mírami úspěšností zvolené trendové funkce:

- M. E. = střední chyba odhadu (Mean Error):

$$M. E. = \frac{\sum(y_t - T_t)}{n}, \quad (29)$$

Tato míra je rovna nule vždycky, pokud k odhadu parametrů použijeme klasickým způsobem metodu nejmenších čtverců (přímka, parabola, hyperbola).

- M. S. E. = střední čtvercová chyba odhadu (Mean Squared Error):

$$M. S. E. = \frac{\sum(y_t - T_t)^2}{n}, \quad (30)$$

- M. A. E. = střední absolutní chyba odhadu (Mean Absolute Error):

$$M. A. E. = \frac{\sum|y_t - T_t|}{n}, \quad (31)$$

- M. A. P. E. = střední absolutní procentní chyba odhadu (Mean Absolute Percentage Error):

$$M. A. P. E. = \sum \left( \frac{|y_t - T_t|}{n} \right) \cdot \frac{100}{n}, \quad (32)$$

- M. P. E. = střední procentní chyba odhadu (Mean Percentage Error):

$$M. P. E. = \sum \left( \frac{y_t - T_t}{n} \right) \cdot \frac{100}{n}, \quad (33)$$

(HINDLS, 2007).

### 3.2 Ekonometrická analýza

Ekonometrická analýza vychází ze spojení ekonomické teorie, matematiky, statistiky, informatiky za účelem vyhledávání, měření a empirického ověřování, testování ekonomických, ale i jiných společenských jevů. Na počátku máme k dispozici ekonomická data, na které neustále působí mnoho měnících se faktorů, proto je nutné pracovat s nejistotou. Cílem je vytvoření vhodného ekonometrického modelu, který obsahuje faktor nejistoty – náhodnou složku. Kvalitu výsledků ekonometrické analýzy ovlivňují především specifikace a verifikace ekonometrického modelu (Hušek, 2007).

### 3.2.1 Základní kroky ekonometrické analýzy

#### 1. Specifikace

##### 1.1. proměnných

- vzestupný výběr
- sestupný výběr
- kroková regrese.

##### 1.2. parametrů – stanovení předpokládaných znamének, očekávané hodnoty odhadnutých parametrů

##### 1.3. tvaru modelu – volba funkční formy (odhad OLS, kvalita modelu ANOVA);

- lineární v parametrech
- nelineární v parametrech, které mohou být transformovány
- nelineární v parametrech  
Posouzení modelů: AIC, BIC, HQC  
Korelační analýza – kvalita fce a intenzita oboustranné závislosti  
Koefficient korelace (  $r=0$  lineární nezávislost,  $r=-1$  nepřímá závislost,  $r=1$  přímá závislost)

#### 2. Kvantifikace – odhad numerických hodnot – ekonometrické odhady (OLS.).

#### 3. Verifikace

- Ekonomická – znaménka parametrů a velikost numerických hodnot.
- Statistická – testování významnosti (t-testy, F-testy).
- Ekonometrická – klasické předpoklady.

#### 4. Aplikace

### 3.2.2 Specifikace modelu

poklesu Na začátku specifikace ekonometrického modelu určíme a klasifikujeme všechny proměnné zahrnuté do modelu. V ekonometrii rozdělujeme proměnné na endogenní (hodnoty jsou určeny) a exogenní (působí na zkoumaný systém). Z hlediska svého postavení mají endogenní proměnné v jednorovnicových modelech úlohu vysvětlovaných proměnných, ale ve víceroznicových modelech mohou být i jako vysvětlující proměnné. Naopak exogenní proměnné mají vždy povahu proměnných vysvětlujících. Hodnoty, které nelze získat měřením, musíme testovat. Jsou to náhodné chyby, které vznikají vynecháním nebo opomenutím některé vysvětlující proměnné, nepřesnou specifikací analytického, matematického tvaru modelu (HUŠEK, 2007).

Při specifikaci modelu určíme předpokládaná znaménka a stanovíme očekávané hodnoty parametrů modelu. Na počátku specifikace modelu můžeme předpokládat, jestli růst vysvětlující proměnné povede k růstu nebo vysvětlované pro-

měnné. Poté zvolíme vhodný matematický model. Nejčastějším modelem je jednorovnicový s jednou vysvětlovanou proměnnou a s jednou nebo více vysvětlujícími proměnnými. Nejvhodnější model je ten, který má závislost mezi proměnnými lineární nebo se dá linearizovat. Do modelu pak zahrneme pouze proměnné, které ho nejvíce ovlivňují (Hušek, 2007).

### 3.2.3 Kvantifikace modelu

Kvantifikace modelu začíná shromažďováním a úpravou statistických dat. Za pomoci naměřených statistických dat odhadneme číselné hodnoty parametrů metodou nejmenších čtverců. Při odhadu parametrů může nastat chybovost zapříčiněná nedostatečným počtem dat, nadbytečným počtem dat nebo chybami v měření.

Porušení klasických předpokladů:

- Nepřesná specifikace modelu – opomenutá proměnná, která způsobuje specifikační vychýlení. Nadbytečná proměnná nezpůsobuje vychýlení, ale variabilitu ve výkladu.
- Chyby měření,
- multikolinearita vysvětlujících proměnných,
- heteroskedasticita chybového členu,
- autokorelace = sériová korelace chybového členu.

### 3.2.4 Detekce nestacionarity

U analýzy časových řad sledujeme graf průběhu časové řady, jestli neexistuje trend a nepravidelnosti. Používáme graf autokorelační funkce (ACF), kde pomalý lineární pokles nasvědčuje nestacionaritě. Dále můžeme použít ADF test ( $H_0$ : nestacionarita) a KPSS test ( $H_0$ : stacionarita). Důsledkem nestacionarity časových řad může být nepravá (falešná) regrese (falešně zvyšuje hodnoty  $R^2$  a t-statistiku). Pokud jsou však řady kointegrované, falešná regrese nehrozí; v opačném případě je nutno pracovat s diferencemi časových řad.

### 3.2.5 Verifikace modelu

Než uvedeme model do praxe je potřeba ho otestovat. Provedeme testy statistické významnosti parametrů a porovnáme se stanovenou hypotézou. Ověřování modelu provedeme v ekonomické verifikaci, kde ověříme předpokládané znaménka a velikost číselných hodnot odhadnutých parametrů. Pokud získané parametry nejsou v souladu s předpoklady, je nutné ověřit správnost specifikace modelu. Významnost parametrů a celého modelu provedeme statistickou verifikací. Posoudíme statistické významnosti odhadnutých parametrů jednotlivých rovnic i celého modelu. V ekonometrické verifikaci ověříme podmínky pro prak-



tické použití modelů pomocí testů autokorelace náhodných složek, multikolinearity vysvětlujících proměnných atd. (HUŠEK, 2007).

### Lineární regresní model

Lineární regresní model zapíšeme ve tvaru

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon. \quad (34)$$

kde  $Y$  je v postavení vysvětlované proměnné a  $X_1, X_2, \dots, X_k$  jsou vysvětlující proměnné.  $\beta_0$  znamená absolutní člen nebo také úrovnovou konstantu, hodnoty  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$  značí jednotlivé parametry a  $\varepsilon$  zahrnuje náhodnou složku. Hodnota absolutního členu je taková, kterou by měla vysvětlovaná proměnná  $Y$ , pokud by ostatní vysvětlující proměnné byly nulové. Náhodná složka je rozdílem mezi skutečnými a očekávanými hodnotami a může nabývat kladných i záporných hodnot (Hušek, 2007, Adamec, 2014).

#### 3.2.6 Odhad parametrů

Ve zjednodušeném modelu s jednou vysvětlující proměnnou dostaneme tvar

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \varepsilon. \quad (35)$$

Pro odhad parametrů modelu používáme regresní analýzu a to Metodu nejmenších čtverců. Předností OLS je její jednoduchost a výpočetní nenáročnost. Při splnění klasických předpokladů metoda OLS produkuje odhady regresních parametrů s optimálními vlastnostmi i pro náhodné výběry malého rozsahu. Rozdíl mezi skutečnou a odhadnutou hodnotou nazýváme rezidium (Studenmund, 2011).

U vícerozměrného lineárního regresního modelu musí platit, že počet pozorování je větší než počet odhadovaných parametrů. Regresní model je platí, pokud splňuje tyto požadavky:

- Je lineární, správně specifikovaný a má aditivně připojen chybový člen.
- Chybový člen má nulovou střední hodnotu.
- Vysvětlující proměnné jsou nekorelované s chybovým členem.
- Homoskedasticita chybového členu.
- Žádná z vysvětlujících proměnných není perfektní lineární kombinací jiné vysvětlující proměnné.
- Chybový člen je normálně rozdělen (Studenmund, 2011).

Při splnění těchto požadavků odhadneme parametry Metodou nejmenších čtverců. Cílem metody je minimalizovat sumu čtverců reziduí, aby se odhady nejvíce plížily skutečnosti. Zamítnutí nebo přijetí nulové hypotézy záleží na kritické  $t$ -hodnotě, která závisí na zvolené hladině významnosti a stupních volnosti.

Pokud je absolutní hodnota vypočítané t-hodnoty větší než kritická hodnota, zamítáme nulovou hypotézu (Studenmund, 2011).

Test lze vyhodnotit i na základě p-hodnoty, kterou označíme jako nejmenší hladinu, na které nulovou hypotézu zamítáme. P-hodnota může nabývat hodnot o až 1. Vypočítané p-hodnoty porovnáváme se zvolenou hladinou významnosti a na základě porovnání buď nulovou hypotézu zamítáme, pokud vypočítaná hodnota je menší než zvolená hladina významnosti nebo nezamítáme.

### 3.2.7 Testování významnosti celého modelu

Testování statistické významnosti modelu provádíme pomocí F-testu. Porovnává se F poměr s tabulkovou hodnotou  $F^*$ . Je-li poměr větší než tabulková hodnota na zvolené hladině významnosti, zamítá se nulová hypotéza o statistické významnosti  $R^2$  – shoda odhadnutého modelu s daty je statisticky významná. Za pomoci koeficientu vícenásobné determinace zjistíme míru shody odhadnutého modelu s empirickými daty. Hodnotu vypočítáme podle vzorce:

$$R^2 = \frac{ESS}{TSS} = 1 - \frac{RSS}{TSS}. \quad (36)$$

Vyjadřuje se obvykle v % a udává, z kolika % jsou změny závisle proměnné vysvětleny změnami nezávisle proměnných. Hodnota  $R^2$  se pohybuje od 0% do 100%. Pokud  $R^2 = 0\%$ , tak všechny odhadnuté koeficienty jsou nulové, celkový rozptyl je roven reziduálnímu a daná funkce nevysvětluje vůbec zkoumaná vztah.  $R^2 = 100\%$  nastane, pokud všechna rezidua jsou nulová, reziduální rozptyl je nulový a daná funkce plně vystihuje zkoumaný vztah. Protože hodnota  $R^2$  nikdy neklesne, přidáním dalších vysvětlujících proměnných do modelu se používá korigovaný koeficient vícenásobné determinace:

$$\bar{R}^2 = 1 - (1 - R^2) \frac{n-1}{n-p}, \quad (37)$$

Kde  $p$  je počet odhadovaných parametrů v dané rovnici. Hodnota korigovaného koeficientu determinace bývá nižší než hodnota  $R^2$ .

### 3.2.8 Testování statistické významnosti strukturálních parametrů

Statistická významnost jednotlivých strukturálních parametrů se testuje t-testem. Tento test se provádí pro každý parametr zvlášť. Cílem je zjistit, jestli nedošlo k zamítnutí nulové hypotézy. Porovnáme t-hodnoty s tabulkovou hodnotou t-testu na zvolené hladině významnosti.

$$H_0: \beta_1 < 0,$$

$$H_1: \beta_1 > 0, \quad (38)$$

Kde alternativní hypotéza  $H_1$  říká, že koeficient  $\beta_1$  musí být větší než nula. Nulová hypotéza o statistické významnosti se zamítá. Zamítnutí nulové hypotézy ješ-

tě neznamena, že odhady strukturálních parametrů jsou přesnými odhady skutečných hodnot strukturálních parametrů. Pro určení stupně shody skutečné hodnoty parametru s odhadem se stanovuje interval spolehlivosti. Hledají se meze, v nichž se bude skutečná hodnota parametru při opakovaných výběrech nacházet s určitým stupněm spolehlivosti.

### 3.2.9 Heteroskedasticita

Heteroskedasticita znamená, že pro různé hodnoty vysvětlujících proměnných má náhodná složka a vysvětlovaná proměnná jiný rozptyl. Pokud je tento předpoklad splněn jedná se o homoskedasticitu. Vyskytuje se v průřezových datech, při chybné specifikaci modelu, kvůli chybám měření. Heteroskedasticita má za následek ztrátu optimálních vlastností odhadnutých parametrů. Odhad bude sice nestranný a konzistentní, ale nebude vydatný. Odhad směrodatných chyb parametrů a odhad rozptylu modelu bude vychýlený, takže se nelze spolehnout na zkonstruované intervaly spolehlivosti ani závěry testů hypotéz (Hušek, 2007).

Breusch-Paganův test – sestavuje pomocnou regresi čtverců reziduí původního modelu na vysvětlujících proměnných. Testujeme statistickou významnost koeficientu determinace z pomocné regrese, kterou si musíme sami určit. Spočítáme testovou statistiku. Je-li testová statistika větší než kritická hodnota chí-kvadrát rozdělení, pak zamítáme nulovou hypotézu o homoskedasticitě. Mezi jeho výhody patří, že je jednoduchý, ale požaduje normalitu náhodných složek regresního modelu. (Hušek, 2007).

Whiteův test – je obecnější, protože není potřeba vycházet z žádného předpokladu o tvaru heteroskedasticity ani z předpokladu závislosti rozptylu reziduí jen na jedné proměnné. Sestaví se pomocná regrese čtverců reziduí na exogenních proměnných, jejich druhých mocninách a jejich násobcích. Sestavíme pomocnou regresi čtverců reziduí na exogenních proměnných, jejich druhých mocninách a jejich násobcích. Zjistíme koeficient determinace z této pomocné regrese. Testová statistika má pak tvar  $LM = R_e^2$ . Tuto statistiku porovnáme s kritickou hodnotou rozdělení chí-kvadrát pro  $q$  stupňů volnosti, kde  $q$  značí počet vysvětlujících proměnných v pomocné regresi o jednotku. Jeli  $LM >$  kritická hodnota, znamená to, že alespoň jeden parametr v pomocné regresi je statisticky významně odlišný od nuly, a zamítáme tak nulovou hypotézu o homoskedasticitě.

### 3.2.10 Autokorelace

Autokorelace znamená závislost mezi různými hodnotami jedné proměnné. Vyskytuje se nejčastěji v časových řadách, v chybné specifikaci modelu (např. lineární funkce místo kvadratické). Autokorelace způsobuje obdobné problémy jako heteroskedasticita: odhady parametrů nejsou vydatné a standartní chyby a odhad rozptylu modelu jsou vychýlené. Ztrácejí některé svoje optimální vlastnosti. Příčin autokorelace může být několik:

- Pozorování v čase nejsou závislá.
- Chybně zvolená funkční forma.
- Vynechání vysvětlujících proměnné.
- Zahrnutí chyb měření do náhodné složky.
- Použití zpožděných vysvětlujících proměnných.
- Použití zprůměrovaných či vyrovnaných dat při odhadu modelu (Hušek, 2007).

### Durbin-Watsonův test

Je nejčastější metodou autokorelace prvního řádu. Pro její použití musí být splněny následující předpoklady:

- V datech nesmí být chybějící pozorování.
- Regresní model neobsahuje zpožděnou vysvětlovanou proměnnou jako jednu z vysvětlujících proměnných.
- Chybový člen je normálně rozdělen.
- Sériová korelace je prvního řádu.
- Vysvětlující proměnné jsou pevně dané (Gujarati, 2004).

V čitateli je součet čtverců rozdílů sousedních reziduí a ve jmenovateli je reziduální součet čtverců. Spočtenou statistiku srovnáme s kritickými hodnotami z DW tabulky pro daný počet pozorování a vysvětlujících proměnných – najdeme dolní mez a horní mez. DW statistika má symetrické rozdělení od 0 do 4 se střední hodnotou 2. Jeli spočtená statistika nižší než dolní mez nebo vyšší než horní mez, zamítáme nulovou hypotézu o neexistenci autokorelace. Ideálně by se měla hodnota blížit 2. Při hodnotách blízkých nule bude v modelu nejspíš pozitivní autokorelace rozdíl dvou po sobě jdoucích reziduí se bude blížit nule, takže čítec zlomku bude také blízký nule). Při hodnotách blízkých 4 tam bude negativní autokorelace.

Pokud v modelu zjistíme autokorelaci, zaměříme se nejprve na specifikaci modelu. Zjistíme, zda jsme nevynechali nějakou vysvětlující proměnnou nebo jestli máme správnou funkční formu. K nápravě korelace prvního řádu se používá například metoda zobecněných nejmenších čtverců (GLS). Ta umožňuje získat minimální rozptyl odhadů koeficientů (Hušek, 2007).

### 3.2.11 Multikolinearita

Další podmínku představuje předpoklad o lineární nezávislosti vysvětlujících proměnných neboli o neexistenci multikolinearity. Perfektní kolinearita znamená, že sloupce v matici vysvětlujících proměnných jsou perfektně lineárně závislé. Jedna vysvětlující proměnná kompletně vysvětluje změny v druhé vysvětlující proměnné. Multikolinearita může být zapříčiněna:

- zahrnutí nesprávného počtu umělých proměnných

- zahrnutí zpožděných hodnot do vysvětlujících proměnných, ty bývají totiž zkorelovány,
- stejný vývoj vysvětlujících proměnných v časových řadách,
- souvislost veličin.

Problém multikolinearity se týká jednoho konkrétního výběru, takže mluvíme o jejím zjišťování v daném výběru, nikoli testování. Pokud má model jen dvě vysvětlující proměnné, tak spočítáme jejich párový korelační koeficient. Když překročí hodnotu 0,8 (případně 0,9), znamená to výskyt silné závislosti. Pokud má model více vysvětlujících proměnných, pak tento postup nestačí (závislost nemusí být mezi žádnou dvojicí proměnných, ale mezi všemi jako celkem). V tomto případě spočítáme pomocné regrese každé z vysvětlujících proměnných na zbylých vysvětlujících proměnných modelu a podíváme se na  $R_2$  z těchto dílčích regresí. Pokud je mezi proměnnými více než jedna lineární závislost, tak nám to stejně moc nepomůže. Empirickým pravidlem je, že by žádný z koeficientů determinace z těchto regresí neměl překročit koeficient determinace z původní regrese. Významnost  $R_2$  z dílčích regresí lze ověřit i F-testem. Jak postupovat, pokud je v modelu multikolinearita:

- pokud to jde, zvětšit rozsah výběru, například zahrnout i externí pozorování (nové hodnoty se musí lišit od těch původním výběru),
- přidat dodatečnou apriorní informaci, díky které pak snížíme směrodatné chyby odhadovaných funkcí
- zkombinovat průřezová data a údaje z časových řad
- vypustit některé proměnné, které se jeví jako nevýznamné
- transformovat původní proměnné
- použít metody vícerozměrné statistiky (Hušek, 2007).

### 3.2.12 Normalita náhodného členu

Chybový člen zahrnuje vliv ostatních vysvětlujících proměnných na vysvětlovanou proměnnou, které nebyly přímo zahrnuty v modelu. Při splnění normality chybového členu lze říct, že odhady koeficientů mají minimální rozptyl. Normální rozdělení je charakterizováno střední hodnotou a rozptylem. Při ověřování se používají grafické i statistické testy. Nejpoužívanější grafický test je histogram. Mezi statistické testy řadíme Chí-kvadrát test dobré shody nebo Shapirov-Wilkův test. Nulová hypotéza je, když chybový člen je normálně rozdělen (Gujarati, 2004)

### 3.2.13 Využití testů, nulové a alternativní hypotézy pro uvedené testy:

- **Durbinův-Watsonův test** se využívá při testování sériové korelace 1. řádu v chybovém členu. Testované hypotézy:  $H_0$ : autokorelace (sériová

korelace) 1. řádu se nevyskytuje,  $H_1$ : v chybovém členu je autokorelace (sériová korelace) 1. řádu.

- **Ljungův-Boxův test** se využívá při testování sériové korelace prvního či vyššího řádu chybového členu. Testované hypotézy:  $H_0$ : autokorelace (sériová korelace) prvního nebo vyššího řádu se nevyskytuje,  $H_1$ : autokorelace (sériová korelace) prvního nebo vyššího řádu v chybovém členu existuje.
- **Shapiroův-Wilkův test** se používá při testování normality chybového členu. Testované hypotézy:  $H_0$ : chybový člen má normální rozdělení,  $H_1$ : chybový člen nemá normální rozdělení.
- **Chí-kvadrát test** dobré shody se využívá k testování normality chybového členu. Testované hypotézy:  $H_0$ : chybový člen má normální rozdělení,  $H_1$ : chybový člen nemá normální rozdělení.
- **Whiteův test** se využívá při testování heteroskedasticity chybového členu. Testované hypotézy:  $H_0$ : homoskedasticita chybového členu,  $H_1$ : heteroskedasticita chybového členu.
- **RESET test** se využívá při testování správnosti specifikace modelu. Testované hypotézy:  $H_0$ : model je správně specifikovaný,  $H_1$ : model není správně specifikovaný.
- **F-test** se využívá při testování statistické významnosti (průkaznosti) regresního modelu. Testované hypotézy:  $H_0$ : model není statisticky významný,  $H_1$ : model je statisticky významný.
- **LM test** specifikace se využívá při testování funkční formy modelu. Testované hypotézy  $H_0$ : zvolená funkční forma je správná,  $H_1$ : funkční forma modelu není správná.
- **t-test** se využívá při testování statistické významnosti jednotlivých regresních parametrů regresního modelu. Testované hypotézy:  $H_0$ : parametr je statisticky nevýznamný – parametr je nulový,  $H_1$ : parametr je statisticky významný – parametr je nenulový (Adamec, 2014).

## 4 Vlastní práce

### 4.1 Časová řada

#### 4.1.1 Charakteristika zdrojových dat

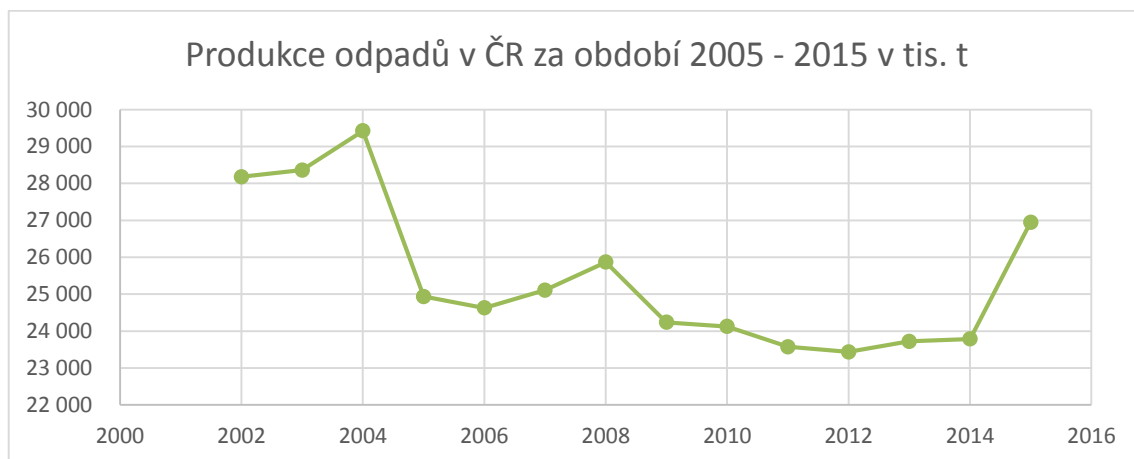
Potřebná data pro praktickou část byla získána z údajů Českého statistického úřadu. Sledované období pro produkci odpadů v ČR republice je za rok 2002 až 2015. Pro následující analýzu je tedy získáno 14 údajů z Tab. 9.

Tab. 9 Produkce odpadů za období 2002 – 2015

Období	Produkce odpadů v ČR	Období	Produkce odpadů v ČR
<b>2002</b>	28178	<b>2009</b>	24236
<b>2003</b>	28362	<b>2010</b>	24124
<b>2004</b>	29425	<b>2011</b>	23576
<b>2005</b>	24936	<b>2012</b>	23436
<b>2006</b>	24627	<b>2013</b>	23724
<b>2007</b>	25109	<b>2014</b>	23789
<b>2008</b>	25869	<b>2015</b>	26947

Zdroj: Zpracováno na základě dat ČSÚ.

Grafické zobrazení časové řady produkce odpadů v ČR zobrazuje Obr. 20, na kterém lze vidět, že produkce celkového odpadu se nevyvíjí rovnoměrně. Výkyvy časové řady způsobuje především podnikový odpad, který je ovlivněn mnoha faktory. Příkladem růstu mohou být různé dotace, ekonomický růst, vznik nových firem. Pokles může například způsobit zánik velkých firem, hospodářská krize.



Obr. 20 Produkce odpadů v ČR za období 2002 – 2015. Zdroj: Vlastní práce.

#### 4.1.2 Elementární charakteristiky vývoje časových řad

Tab. 10 nám podává informace s jednotlivými výpočty míry dynamiky, a to absolutním přírůstkem, koeficientu růstu, tempa růstu, koeficientu přírůstku a tempa přírůstku pro produkci odpadů v ČR za období 2002 - 2015.

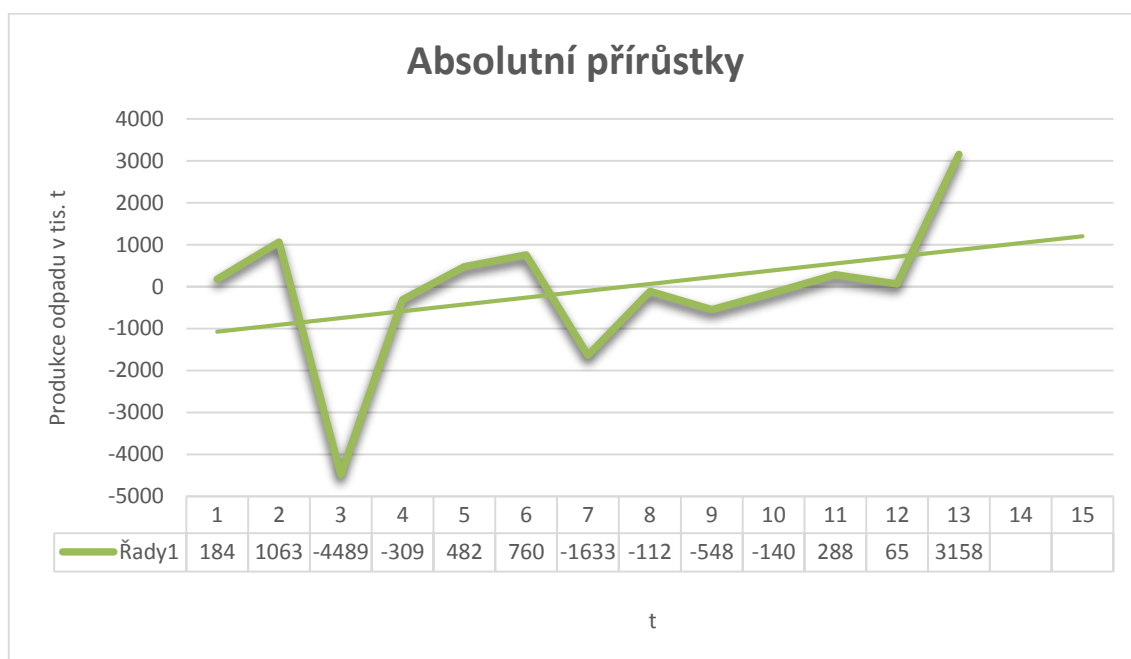
Tab. 10 Elementární charakteristiky vývoje časové řady

Období	Produkce odpadů v ČR	Absolutní přírůstek	Koeficient přírůstku	Tempo růstu	Relativní přírůstek	Tempo přírůstku
		$d_t$	$k_t$	$100k_t$	$\delta_t$	$100\delta_t$
2002	28 178	x	x	x	x	x
2003	28 362	184	1,0065299	100,65	0,00653	0,65
2004	29 425	1 063	1,0374797	103,75	0,03748	3,75
2005	24 936	-4 489	0,8474427	84,74	-0,15256	-15,26
2006	24 627	-309	0,9876083	98,76	-0,01239	-1,24
2007	25 109	482	1,019572	101,96	0,019572	1,96
2008	25 869	760	1,030268	103,03	0,030268	3,03
2009	24 236	-1 633	0,9368743	93,69	-0,06313	-6,31
2010	24 124	-112	0,9953788	99,54	-0,00462	-0,46
2011	23 576	-548	0,977284	97,73	-0,02272	-2,27
2012	23 436	-140	0,9940618	99,41	-0,00594	-0,59
2013	23 724	288	1,0122888	101,23	0,012289	1,23
2014	23 789	65	1,0027398	100,27	0,00274	0,27
2015	26 947	3 158	1,1327504	113,28	0,13275	13,28
<b>Celkem</b>	356 338	-1 231	x	x	x	x

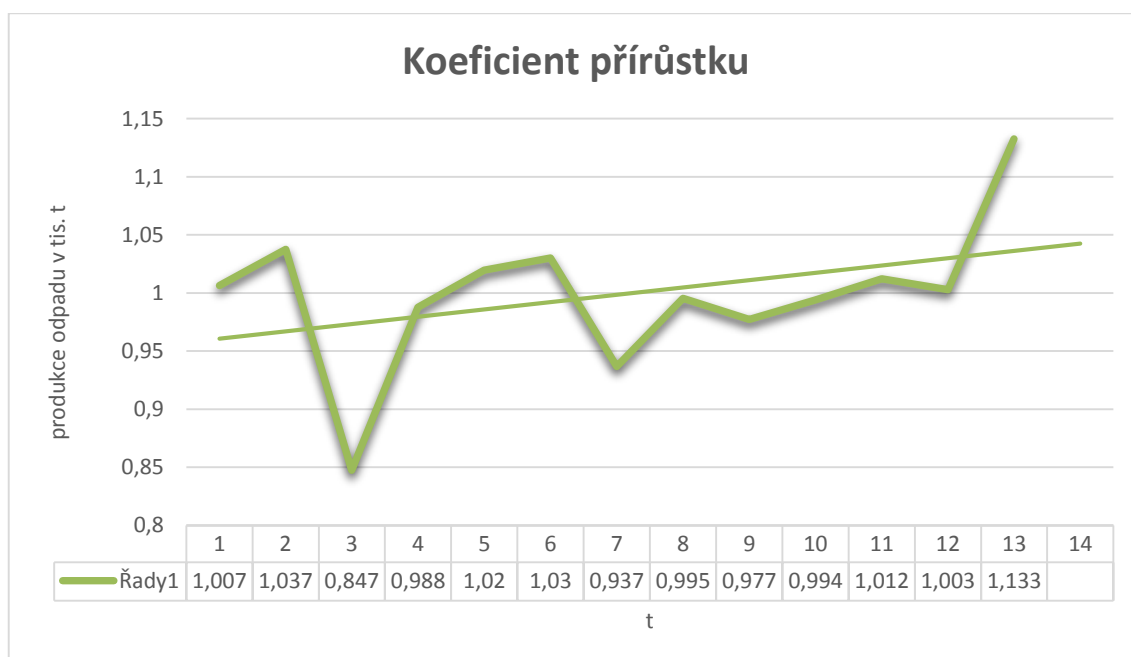
Zdroj: Vlastní práce.

Na základě výsledků lze říct, že absolutní přírůstky mají v 7 měřeních hodnoty kladné, jedná se tedy o absolutní přírůstky. V šesti měřeních vykazuje zápornou hodnotu a tím dochází k absolutnímu úbytku. Pokud sledujeme jednotlivá období, zjistíme, že nejmenší absolutní přírůstky jsou v roce 2014 a 2003. Největší úbytek nastal v roce 2005, kdy se produkce odpadů výrazně snížila. Graficky jsou tyto elementární charakteristiky zobrazeny na Obr. 21 – absolutní přírůstky, na Obr. 22 – koeficient přírůstku, na Obr. 23 – relativní přírůstky.

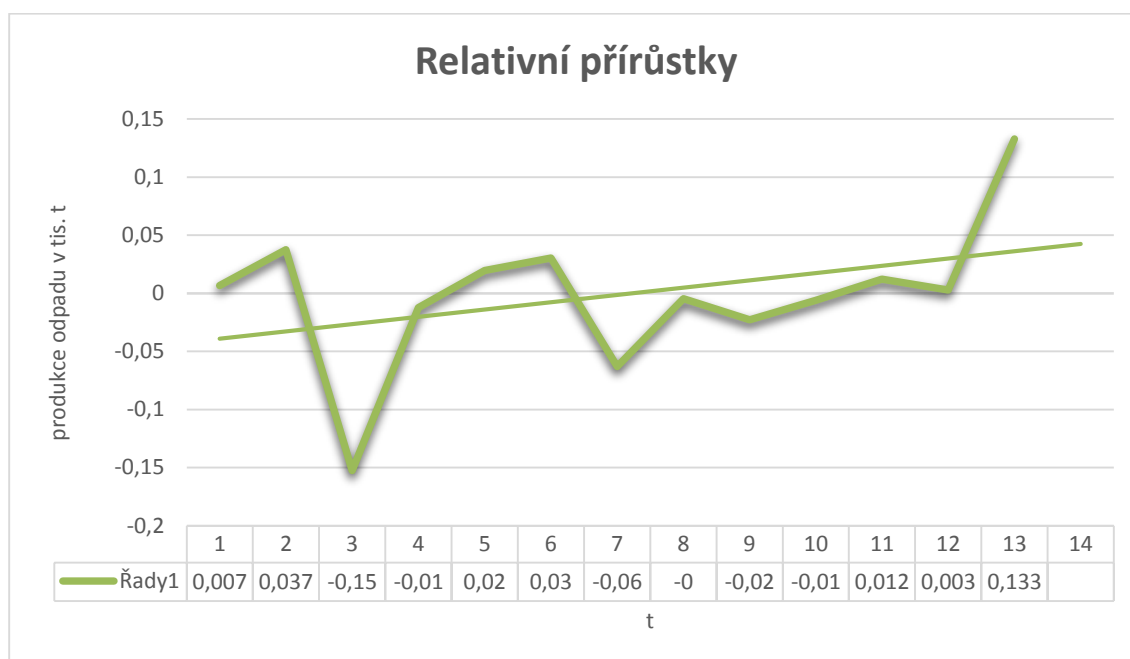




Obr. 21 Absolutní přírůstky. Zdroj: Vlastní práce.



Obr. 22 Koeficient přírůstku. Zdroj: Vlastní práce.



Obr. 23 Relativní přírůstky. Zdroj: Vlastní práce.

Mezi další elementární charakteristiky časových řad patří např. průměrný absolutní přírůstek a průměrný koeficient růstu:

$$\bar{d} = \frac{1}{n-1} \sum_{t=2}^n d_t = \frac{y_n - y_1}{n-1} = \frac{29425 - 23436}{14-1} = 460,69$$

$$\bar{k} = \sqrt[n-1]{\prod_{t=2}^n k_t} = \sqrt[n-1]{\frac{y_n}{y_1}} = \sqrt[14-1]{\frac{29425}{23436}} = 1,0176$$

Po dosazení do vzorců dostáváme průměrný absolutní přírůstek  $\bar{d} = 460,69$ , průměrný koeficient růstu  $\bar{k} = 1,0176$  a jeho převedení na průměrné tempo růstu 101,76 %. Průměrný koeficient přírůstku nám udává průměrný meziroční růst sledované veličiny  $\bar{\delta} = 0,0176$  a jeho převedení na průměrné tempo přírůstku 1,76 %.

### 4.1.3 Vyrovnání časové řady

#### Lineární trend

Proložení časové řady lineárním trendem je jednou z nejjednodušších metod analýzy časové řady. K výpočtu parametrů nutných pro sestavení rovnice bude použita metoda minimálních čtverců. Následně bude řešena soustava dvou rovnic o dvou neznámých.

Má podobu  $T_t = \beta_0 + \beta_1 \cdot t$ .

n	$\sum y_t$	$\sum t$	$\sum t^2$	$\sum n y_t \cdot t$
14	356338	0	227,5	-68979

Zdroj: vlastní výpočty.

Pokud platí  $\sum t = 0$ , dostaneme parametry rovnice

$$b_0 = \frac{\sum y_t}{n},$$

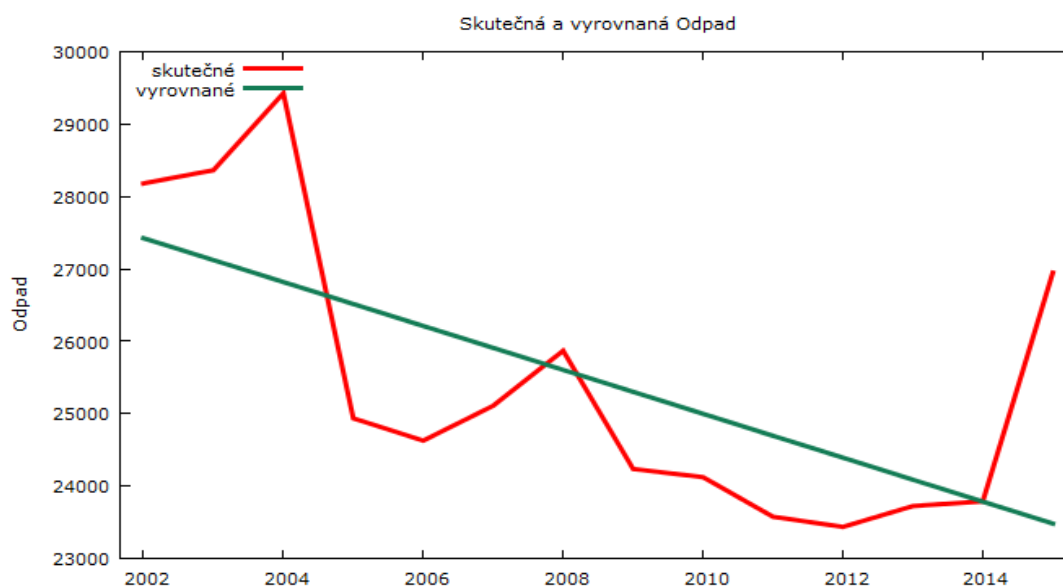
$$b_1 = \frac{\sum y_t \cdot t}{\sum t^2},$$

$$b_0 = \frac{356338}{14} = 25452,71$$

$$b_1 = \frac{-68979}{227,5} = -303,20.$$

Rovnice lineárního trendu  $T = 25452,71 - 303,20 t$ .

Lineární trend je klesající. Tuto skutečnost lze pozorovat na grafickém zobrazení Obr. 24.



Obr. 24 Vývoj produkce odpadu za rok 2002 – 2015 znázorněný pomocí lineárního trendu.

Zdroj: Vlastní práce v programu Gretl.

### Parabolický trend

Má podobu  $T_t = \beta_0 + \beta_1 \cdot t + \beta_2 \cdot t^2$

Tab. 11 Pomocná tabulka pro výpočet parabolického trendu

n	$\sum y$	$\sum t$	$\sum t^2$	$\sum t^3$	$\sum t^4$	$\sum y \cdot t$	$\sum y \cdot t^2$
14	356338	0	227,5	0	6608,875	-68979	5999993

Zdroj: vlastní výpočty

V případě, že platí  $\sum t = 0$ , můžeme určit parametry

$$b_0 = \frac{\sum y_t \sum t^4 - \sum t^2 \sum y_t t^2}{n \sum t^4 - (\sum t^2)^2},$$

$$b_1 = \frac{\sum y \cdot t}{\sum t^2},$$

$$b_2 = \frac{n \sum y_t t^2 - \sum y_t \sum t^2}{n \sum t^2 - (\sum t^2)^2},$$

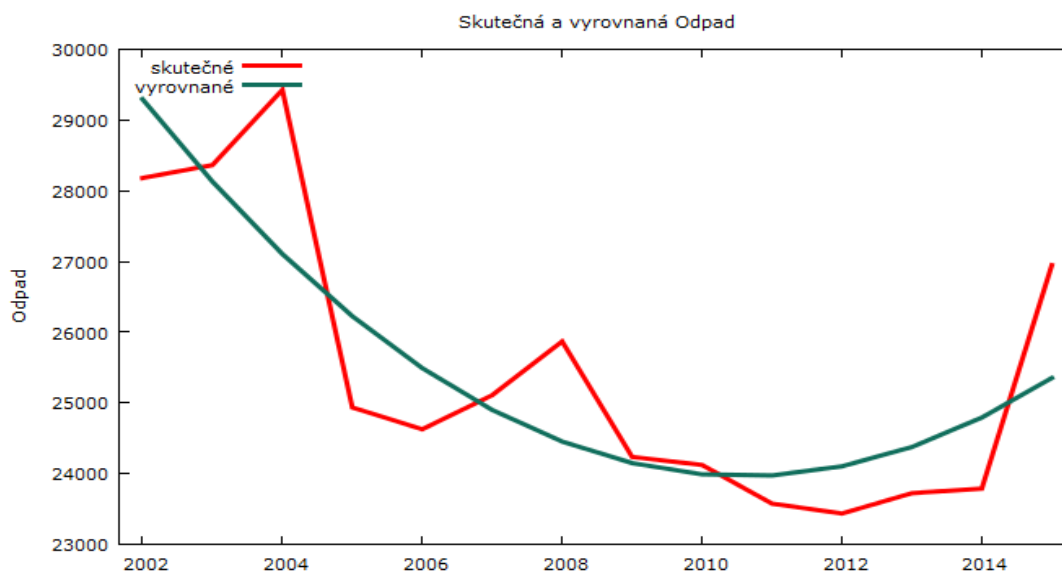
$$b_0 = \frac{356338 \cdot 6608,875 - 227,5 \cdot 5999993}{14 \cdot 6608,875 - 51756,25} = 24283,63,$$

$$b_1 = \frac{-68979}{227,5} = -303,20,$$

$$b_2 = \frac{14 \cdot 5999993 - 356338 \cdot 227,5}{14 \cdot 6608,875 - 51756,25} = 71,94.$$

Rovnice parabolického trendu  $T = 24283,63 - 303,20 \cdot t + 71,94 \cdot t^2$

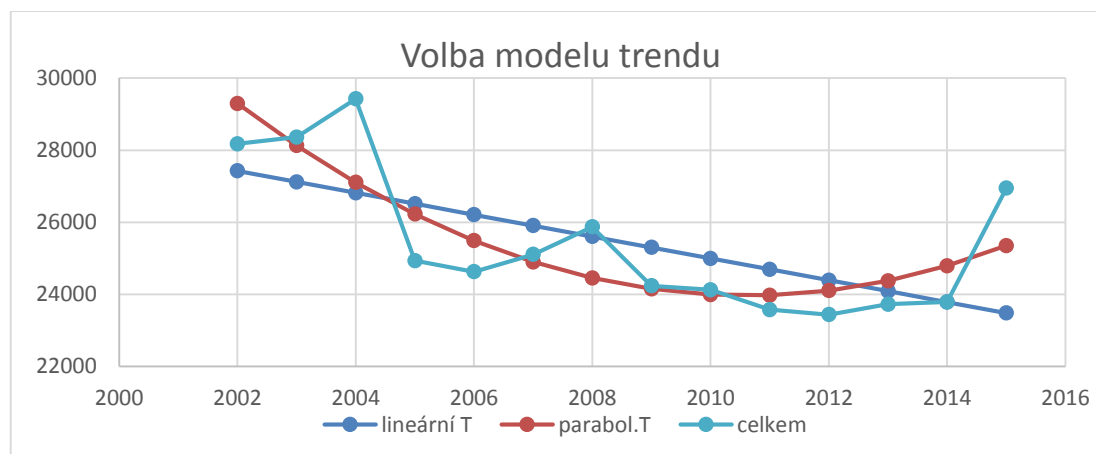
Parabolický trend je zprvu klesající a až v roce 2014 je vytažen rokem 2015 nahoru. Z dostupných údajů zatím nelze určit, zda trend bude i nadále rostoucí nebo opět bude klesat. Tuto situaci můžeme pozorovat na Obr. 25.



Obr. 25 Vývoj produkce odpadu za rok 2002 – 2015 znázorněný pomocí parabolického trendu. Zdroj: Vlastní práce v programu Gretl.

#### 4.1.4 Volba modelu

Za pomoci vizuální analýzy grafu zobrazených časových řad provedu volbu nejvhodnější trendové křivky. V časových řadách byl analyzován lineární a parabolický trend. Jejich trendové křivky, budou zaneseny do jednoho grafu na Obr. 26 společně se skutečnými hodnotami produkce odpadu v ČR. Poté provedu výběr funkce, která podle grafického zobrazení nejlépe vystihuje danou časovou řadu.



Obr. 26 Volba modelu trendu. Zdroj: Vlastní práce.

Podle Obr. 26 se jeví jako vhodnější parabolický trend. K ověření, jestli byl vizuální odhad správný, použijí výpočty interpolačních kritérií M. E - střední chyba odhadu, M. S. E. - střední čtvercová chyba, M. A. E. - střední absolutní chyba odhadu, M. A. P. E. = střední absolutní procentní chyba odhadu, M. P. E. = střední procentní chyba odhadu. Vypočítané hodnoty jsou zaneseny v Tab. 12.

Tab. 12 Volba modelu

	Lineární trend	Parabolický trend
M. E.	0,00429	0,059
M. S. E.	1191,21	856,14
M. A. E.	2201430,776	1124844,979
M. A. P. E.	0,0458124	0,032853
M. P. E.	-0,00321	-0,00165

Zdroj: Vlastní práce

Podle interpolačních kritérií se opět přikláním k parabolickému trendu. Tento trend je ale ovlivněn rokem 2015, kdy produkce odpadu prudce vzrostla. Posledním krokem k volbě modelu bude statistická verifikace.

#### 4.1.5 Statistická verifikace časové řady

Analýza rozptylu je zaznamenána v Tab. 13.

Tab. 13 ANOVA

	Součet čtverců	Df	Střední kvadrát
Regrese	3,59869e+007	2	1,79935e+007
Rezidium	1,57478e+007	11	1,43162e+006
Úplné	5,17348e+007	13	3,9796e+006

Zdroj: Vlastní práce v programu Gretl.

$$R^2 = 3,59869e+007 / 5,17348e+007 = 0,695605$$

$$F(2,11) = 1,79935e+007 / 1,43162e+006 = 12,5686 \text{ (p-hodnota } 0,0014)$$

#### Volba funkční formy

Tab. 14 Parametry pro model produkce odpad = f (time)

	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> adj	AIC	BIC	HQC	p-hodnota
Lineární	0,4042	0,3546	248,19	249,47	248,07	0,0145
Kvadratická	0,6956	0,6403	240,79	242,71	240,62	0,0078

Zdroj: Vlastní práce v programu Gretl.

## Funkční forma

Z Tab. 14 byla pro model vybrána kvadratická funkční forma. Kvadratický model splňuje nejlépe kritéria AIC, BIC, HQC a má i nejvyšší koeficient determinace a adjustovaný koeficientu determinace. Lineární i kvadratická funkce splňují podmínku p- hodnota, která je menší než stanovená hladina významnosti 5 %. Odhadnutý kvadratický model vysvětlil 69,56 % proměnlivosti produkce celkového odpadu, zatímco lineární model vysvětlil pouze 40,42 % proměnlivosti modelu. Kvadratický model vychází lépe, ale díky růstu odpadu v roce 2015 lineární působí důvěryhodněji.

Na základě statistické verifikaci ověříme, zda jsou parametry i model statisticky průkazné.

**F-test** – p-hodnota vyšla 0,0078 a to je menší než 5 %. Model je statisticky průkazný.

**Koeficient determinace** – odhadnutý model vysvětlil 69,56 % proměnlivosti produkce odpadu.

**Korigovaný koeficient determinace** – jeho hodnota je 0,64035 a je menší než koeficient determinace, protože uvažuje i možnosti zahrnutí další proměnné.

**Pás spolehlivosti pro regresní model** – na obrázku číslo 27 vidíme, na jaké ploše se bude nalézat model s 95 % pravděpodobností. Je rozdělen na horní a dolní mez. Lze tedy říct, že model je správně specifikovaný díky tomu, že hodnoty se vejdou mezi přímky horní a dolní meze.

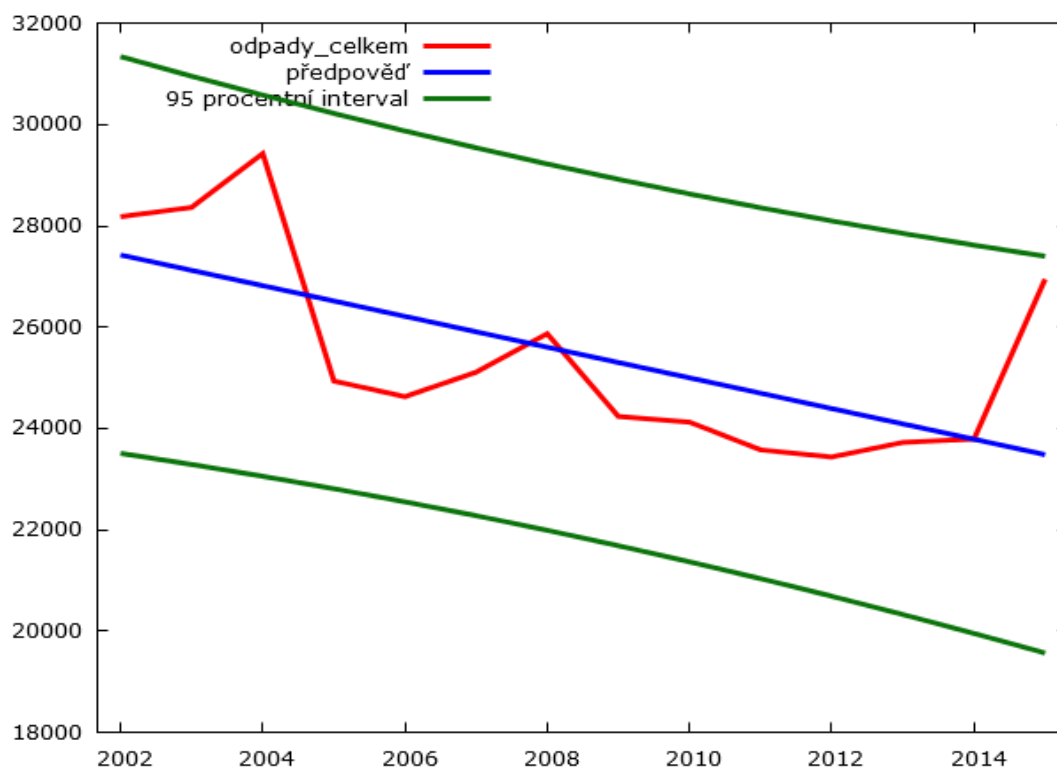
Data pro pás spolehlivosti jsou zapsána v Tab. 15. Graficky je pak tento model znázorněn na Obr. 27.

Tab. 15 Pás spolehlivosti, pro 95 % konfidenční intervaly,  $t(12; 0,025) = 2,179$

	Celkem odpad	Předpověď	Směrodatná chyba	95 %	Konfidenční interval
1	28178	29294,08	1460,169	26080,27	-32507,89
2	28362	28127,55	1349,295	25157,77	-31097,33
3	29425	27104,91	1291,966	24261,31	-29948,51
4	24936	26226,15	1272,334	23425,77	-29026,54
5	24627	25491,29	1273,724	22687,84	-28294,74
6	25109	24900,31	1282,341	22077,90	-27722,72
7	25869	24453,22	1288,918	21616,33	-27290,11
8	24236	24150,01	1288,918	21313,12	-26986,9
9	24124	23990,70	1282,341	21168,28	-26813,11
10	23576	23975,27	1273,724	21171,82	-26778,71
11	23436	24103,72	1272,334	21303,34	-26904,11

12	23724	24376,07	1291,966	21532,47	-27219,67
13	23789	24792,30	1349,295	21822,52	-27762,08
14	26947	25352,42	1460,169	22138,61	-28566,23

Zdroj: Vlastní práce v programu Gretl.



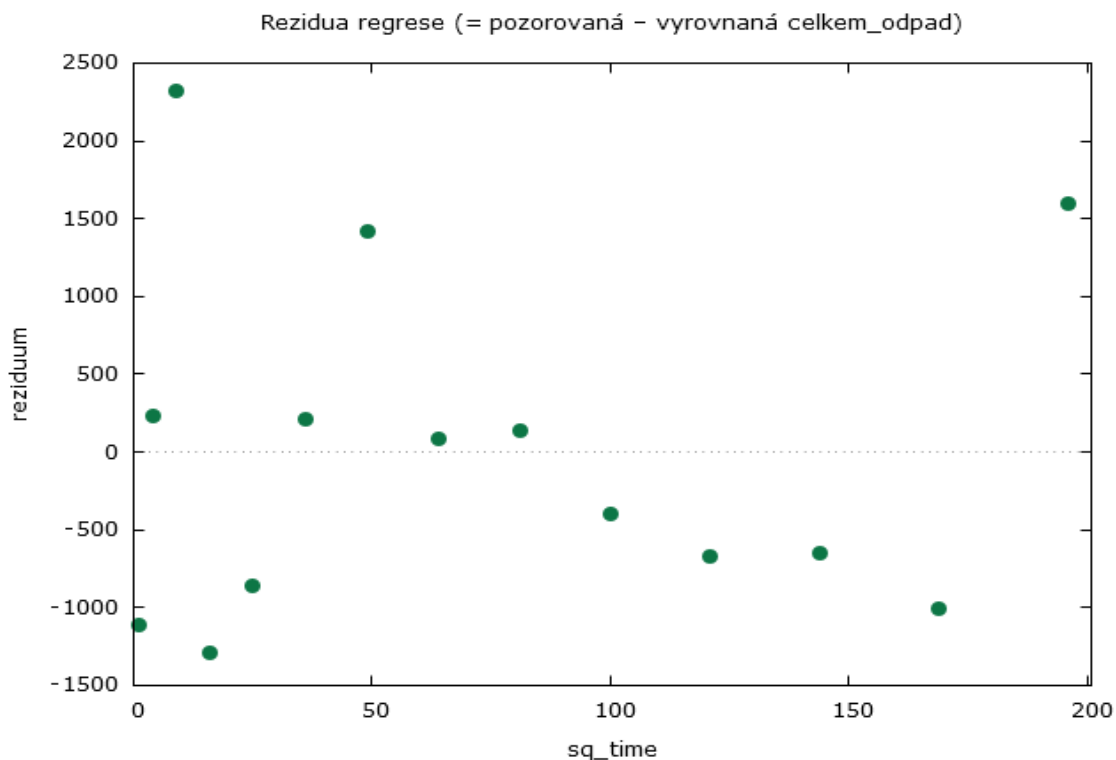
Obr. 27 Pás spolehlivosti. Zdroj: Vlastní práce v programu Gretl.

#### 4.1.6 Ekonometrická verifikace kvadratické časové řady

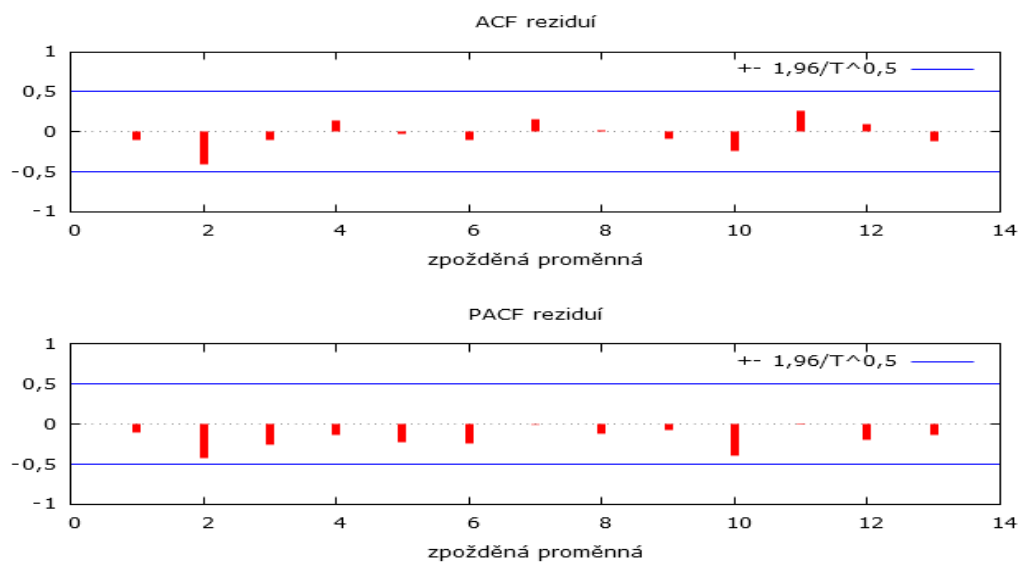
Pro ověření, zda je model správně specifikován byl použit RESET test a to druhé a třetí mocniny, pouze druhé a třetí mocniny a pouze třetí mocniny, LM test specifikace (čtverce a logaritmy). Ve všech zkoumaných testech vyšla p-hodnota vyšší než 0,05. Nulovou hypotézu tedy nemůžeme zamítnout, přijímáme, že model je správně specifikovaný.

Whiteův testem zjistíme, zda pozorování chybového členu pochází z rozdělení s konstantním rozptylem. Zjišťujeme, zda se v modelu nevyskytuje heteroskedasticita, která by mohla způsobovat vychýlenost v odhadu parametrů a model by tak nemusel být dostatečně kvalitní. Graf na Obr. 28 nám nepřipomíná trychtýřovitý tvar, to znamená, že rezidua nejsou zasažena heteroskedasticitou. Test vyšel s hodnotou vyšší než 0,05, hypotézu nezamítáme, v modelu se vyskytuje homoskedasticita.





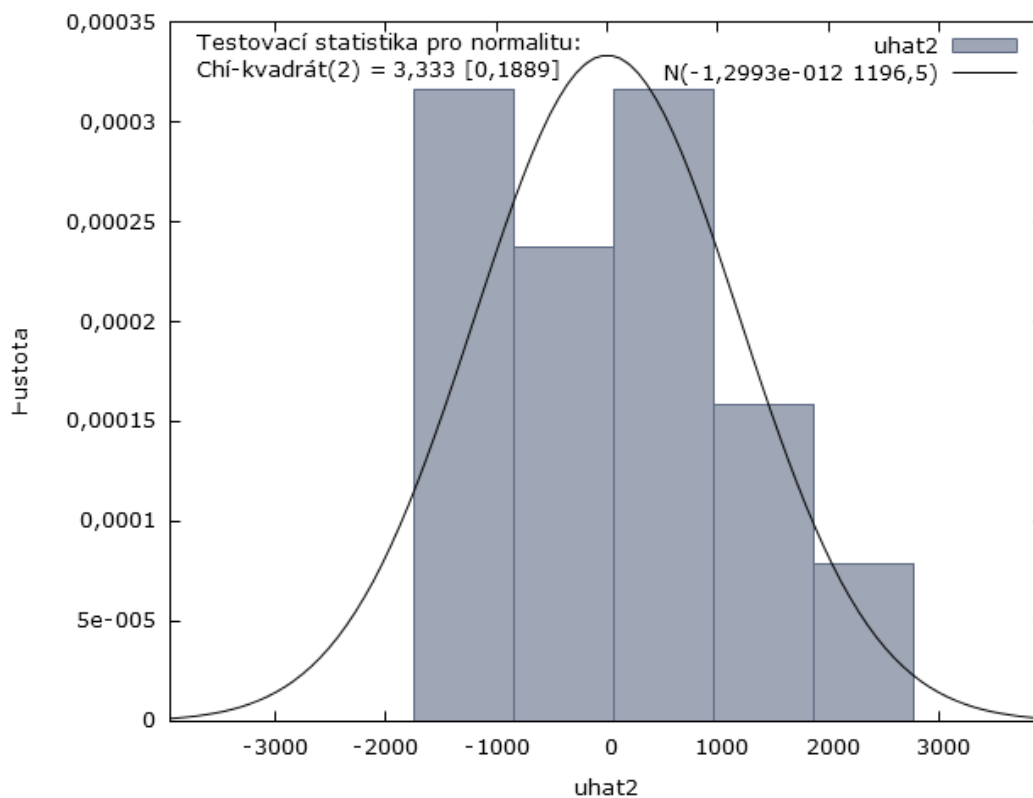
Obr. 28 Reziduální graf. Zdroj: Vlastní práce v programu gretl.



Obr. 29 Korelogram reziduí časové řady. Zdroj: Vlastní práce v programu gretl.

V modelu se nevyskytuje autokorelace. Červené čáry na Obr. 29 nepřevyšují daný interval.

Test Chí-kvadrát vyšel s p-hodnotou 0,1889. Nulovou hypotézu nezamítáme, chybový člen má normální rozdělení jak je vidět na Obr. 30.



Obr. 30 Graf pro testování normality. Zdroj: Vlastní práce v programu Gretl.

Výsledky ekonomické verifikace byly přehledně zapsány do Tab. 16.

Ze všech testů vyplývá, že nulová hypotéza se nezamítá, protože p-hodnota je vyšší než 0,05.

Tab. 16 Výsledky ekonometrické verifikace

test	p-hodnota	závěr	Závěr
LM test specifikace (čtverce)	0,1117	model je správně specifikován	H <sub>0</sub> N
LM test specifikace (logarit.)	0,1395	model je správně specifikován	H <sub>0</sub> N
RESET tes (pouze druhé mocniny)	0,402	model je správně specifikován	H <sub>0</sub> N
RESET tes (pouze třetí mocniny)	0,338	model je správně specifikován	H <sub>0</sub> N
RESET tes (druhé a třetí mocniny)	0,329	model je správně specifikován	H <sub>0</sub> N
Whiteův test	0,2899	heteroskedasticita chybového členu se nevyskytuje	H <sub>0</sub> N
Breuschův-Paganův tes	0,4923	heteroskedasticita chybového členu se nevyskytuje	H <sub>0</sub> N
Chí-kvadrát normality	0,1889	chybový člen má normální rozdělení	H <sub>0</sub> N

Zdroj: Vlastní práce v programu Gretl.

#### 4.1.7 Detekce strukturálního zlomu

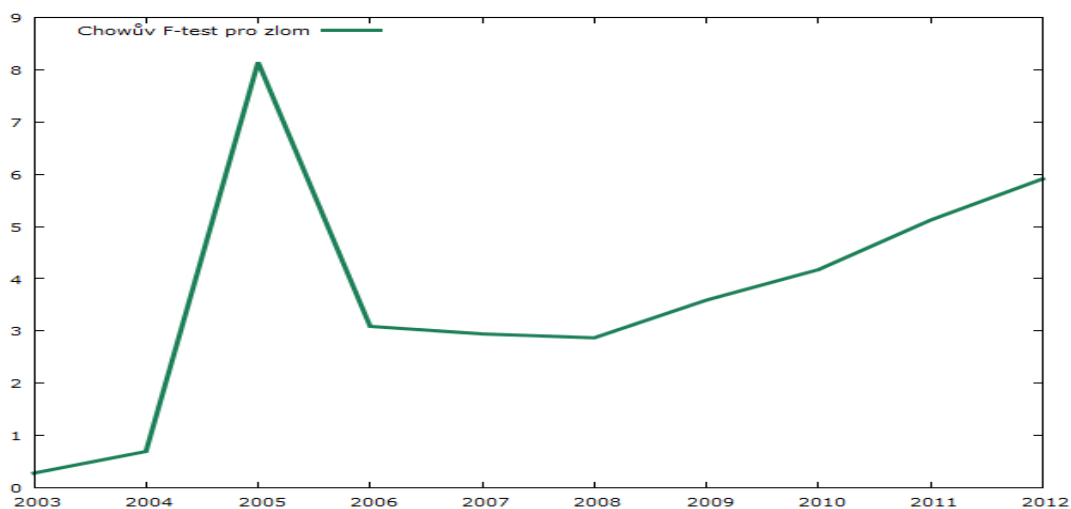
Chowův test předpokládá znalost okamžiku strukturálního zlomu. Z časové řady usoudíme, že se bude jednat o rok 2005.

Dá se využít i QLR test, kde není potřeba znát okamžik strukturálního zlomu.

Quandtův test podílu věrohodnosti pro strukturální zlom v neznámém bodě, s usekáním 15 %:

Maxima  $F(2,10) = 8.14558$  se dosahuje pro pozorování 2005.

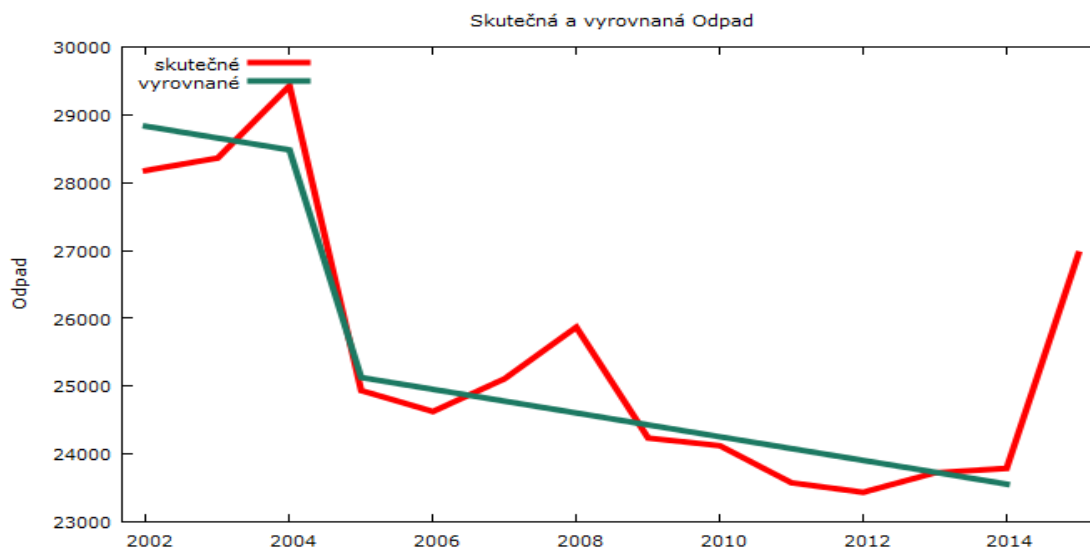
CHowův F-test pro zlom zobrazuje Obr. 31.



Obr. 31 Chowův F-test pro zlom. Zdroj: vlastní práce v softwaru Gretl.

#### 4.1.8 Modelování strukturálního zlomu

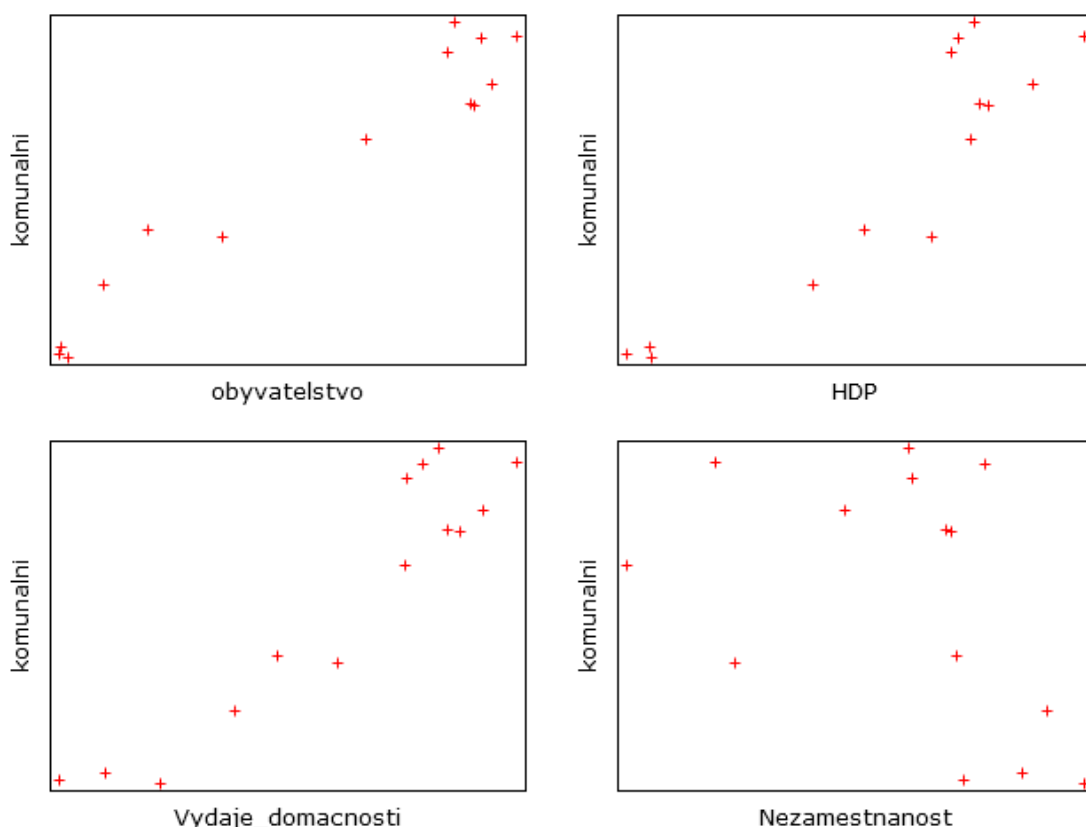
Pro modelování strukturálního zlomu lze využít upraveného modelu obsahujícího umělou proměnnou  $d$  a interakci  $d*t$ . Výsledkem je statisticky průkazný model. Modelování strukturálního zlomu vidíme na Obr. 32.



Obr. 32 Modelování strukturálního zlomu. Zdroj: Vlastní práce v programu Gretl.

## 4.2 Ekonometrický model

Celkovou produkci odpadů tvoří z velké části podnikový odpad a dále pak komunální odpad. Z ekonomického hlediska může na růst produkce odpadů působit mnoho faktorů. Jedním z faktorů, který má vliv na produkci komunálních odpadů, jsou výdaje domácností na spotřebu. Aby domácnosti mohly spotřebovat, potřebují k tomu finanční prostředky a to souvisí s dalším faktorem a to je nezaměstnanost. Pokud se nezaměstnanost snižuje, zvyšuje se zaměstnanost a tím rostou domácnostem prostředky na další výdaje. Dalším faktorem, který ovlivňuje růst odpadu je počet obyvatel. S růstem obyvatel, roste i jejich produkce odpadů a to již od narození. Všechny tyto faktory můžeme promítnout do hrubého domácího produktu, který bude použit jako vysvětlující proměnná. Model tedy bude zkoumat, jaký vliv má změna hrubého domácího produktu na produkci komunálního odpadu. Na Obr. 33 je ve vícenásobných grafech zobrazen vývoj komunálního odpadu na ose Y a vývoj obyvatelstva, HDP, výdaje domácností a nezaměstnanosti na ose X.



Obr. 33 Vícenásobný graf XY. Zdroj: Vlastní práce v programu Gretl.

Tab. 17 Parametry pro závisle proměnnou produkce komunálního odpadu = f (obyvatelstvo, HDP, výdaje domácností, nezaměstnanost).

	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> adj	AIC	BIC	HQC	p-hodnota
<b>Obyvatelstvo</b>	0,9392	0,9342	151,19	152,46	151,07	1,16e08 ***
<b>HDP</b>	0,8324	0,8185	165,40	166,68	165,28	5,39e-06 ***
<b>Výdaje domácností</b>	0,8801	0,8702	160,70	161,98	160,59	7,04e-07 ***
<b>Nezaměstnanost</b>	0,145	0,1166	187,55	188,83	187,43	0,1253

Zdroj: Vlastní práce v programu Gretl.

Jak jde vidět již na vícenásobném grafu XY a Tab. 17, nejhůře vysvětluje růst produkce komunálního odpadu nezaměstnanost. Má velmi nízký koeficient determinace, takže odhadnutý model vysvětluje pouze z 14 % a jeho hodnota je větší než 5%. Tento model je nevýznamný. Ostatní vysvětlující proměnné mají velmi silný vztah k vysvětlované proměnné. Jejich koeficienty determinace vysvětlují velkou část proměnlivosti produkce odpadu a i jejich p - hodnota je nižší než 5 %. Jak bylo uvedeno výše, pro následující ekonometrický model a další výpočty, bude nejhodnější vysvětlující veličina HDP.

**Vysvětlovaná veličina** – produkce komunálního odpadu v tis. t

Komunální odpady zahrnují: směsný komunální odpad, separovaně sbírané složky (papír, plast, sklo, nápojové kartony), nebezpečný odpad, objemný odpad, odpad ze zahrad a parků atd. Více popsáno v literárním přehledu.

**Vysvětlující veličina** – hrubý domácí produkt v mld. bc.

Do modelu byl HDP vybrán jako jeden z vlivů působící na produkci odpadu. HDP je peněžním vyjádřením celkové hodnoty statků a služeb nově vytvořených v daném období na určitém území, používá se pro stanovení výkonnosti ekonomiky. Pokud tedy HDP roste, očekáváme i růst produkce komunálního odpadu. Lidé více spotřebují zboží a služeb a tím vyprodukují i více odpadu. Očekávané znaménko je tedy +.

Zdrojová data pro empirickou analýzu budou použita z Tab. 18.

Tab. 18 Zdrojová data pro empirickou analýzu

	Období	Produkce komunálního odpadu v tis. t	HDP v mld. bc.
1.	2002	2846	2372,6
2.	2003	2857	2478,0
3.	2004	2841	2488,1
4.	2005	2954	3258,0
5.	2006	3039	3507,1
6.	2007	3026	3831,8
7.	2008	3176	4015,3
8.	2009	3310	3921,8
9.	2010	3334	3953,7
10.	2011	3358	4033,8
11.	2012	3233	4059,9
12.	2013	3228	4098,1
13.	2014	3261	4313,8
14.	2015	3337	4554,6

Zdroj: Vlastní zpracování dat ČSÚ.

### TEST na jednotkový kořen:

$H_0$ : P- hodnota  $> 0.10$  nezamítám nulovou hypotézu o stacionaritě reziduí kointegrační regrese.

$H_0$ : Stacionární

$H_1$ : Nestacionární

Výsledky testu KPSS najdeme v Tab. 19.

Tab. 19 Regrese KPSS, OLS, za použití pozorování 2002 – 2005 ( $T = 14$ ), závisle proměnná: uhati

	koeficient	Směr.chyba	t-podíl	p-hodnota
const	-2,59856e-013	21,3914	0,0000	1,0000

AIC: 163,403	BIC: 164,042	HQC: 163,344
--------------	--------------	--------------

Robustní odhad rozptylu: 10615,1

Součet čtverců kumulovaných reziduí: 206657

### Test KPSS pro uhati

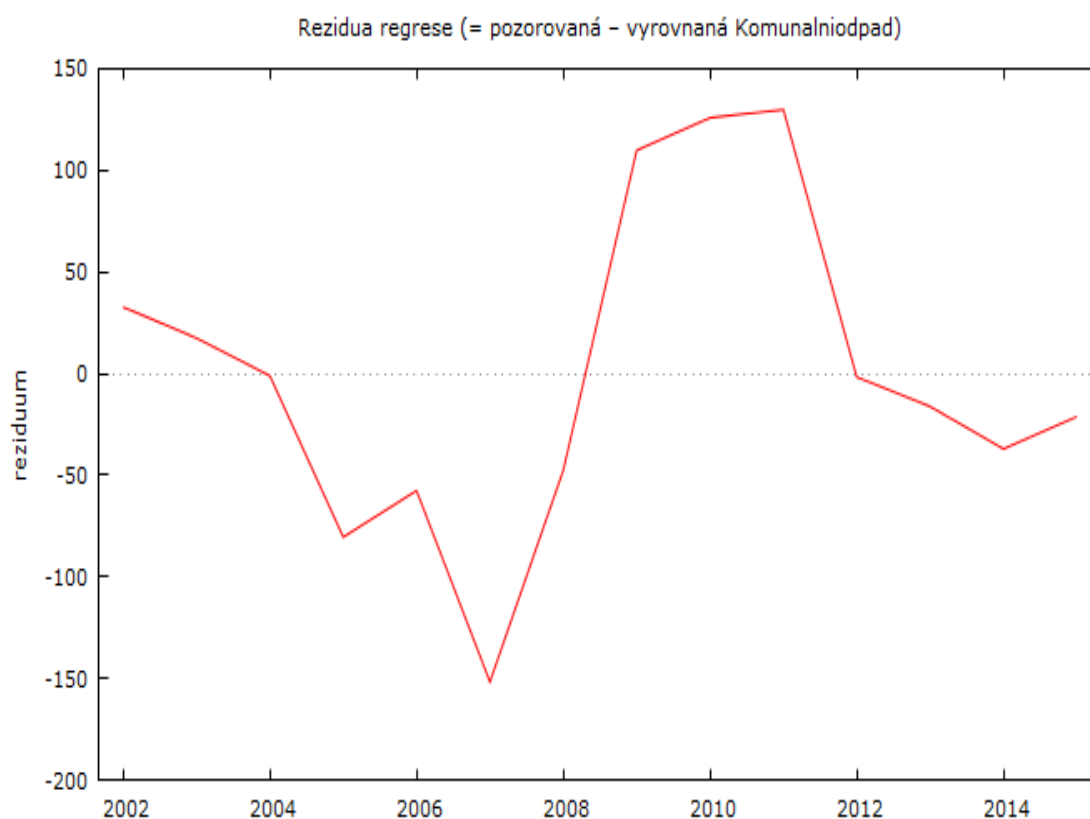
$T = 14$

Parametr řádu zpoždění = 2

Testovací statistika = 0,099328

	10%	5%	1 %
<b>Kritické hodnoty</b>	<b>0,362</b>	<b>0,463</b>	<b>0,673</b>

Za pomoci modelu KPSS bylo zjištěno, že s p-hodnotou vyšší než 0,1 nezamítám nulovou hypotézu o stacionaritě reziduí kointegrační regrese.



Obr. 34 Graf reziduí. Zdroj: Vlastní práce v programu Gretl.

Graf na Obr. 34 také nasvědčuje o stacionaritě a ADF test se v tomto případě nedá realizovat. Celkově jsou rezidua kointegrační regrese stacionární, řady Komunální a HDP jsou kointegrované a můžeme pokračovat v analýze.



#### 4.2.1 Popisné charakteristiky

Popisné charakteristiky jsou vyčísleny v Tab. 20.

Tab. 20 Popisné charakteristiky

	Vysvětlovaná proměnná (komunální odpad v tis. t)	Vysvětlující proměnná (hrubý domácí produkt v mld. bc.)
<b>Průměrná hodnota</b>	3128,6	3634,8
<b>Medián</b>	3202,0	3937,8
<b>Minimum</b>	2841,0	2372,6
<b>Maximum</b>	3358,0	4554,6
<b>Směrodatná odchylka</b>	195,54	714,35
<b>Variační koeficient</b>	0,62503	0,19653
<b>Šikmost</b>	-0,35409	-0,80403
<b>Špičatost</b>	-1,4244	-0,72550

Zdroj: Vlastní práce v programu Gretl.

**Průměrná hodnota** produkce komunálního odpadu je 3128,6 tis. tun a průměrná hodnota HDP je 3634,8 mld. bc.

**Medián** vyjadřuje střední hodnotu a ta je pro produkci komunálního odpadu 3202 tis. tun a pro HDP 3937,8 mld. bc.

**Variační rozpětí** je rozdíl mezi maximální a minimální hodnotou. V případě produkce komunálního odpadu je to rozdíl mezi číslem 3358 a 2841. Variační rozpětí je 517 tis. tun. Variační rozpětí u HDP je rozdíl mezi číslem 4554,6 a 2372,6 a to 2182 mld. bc.

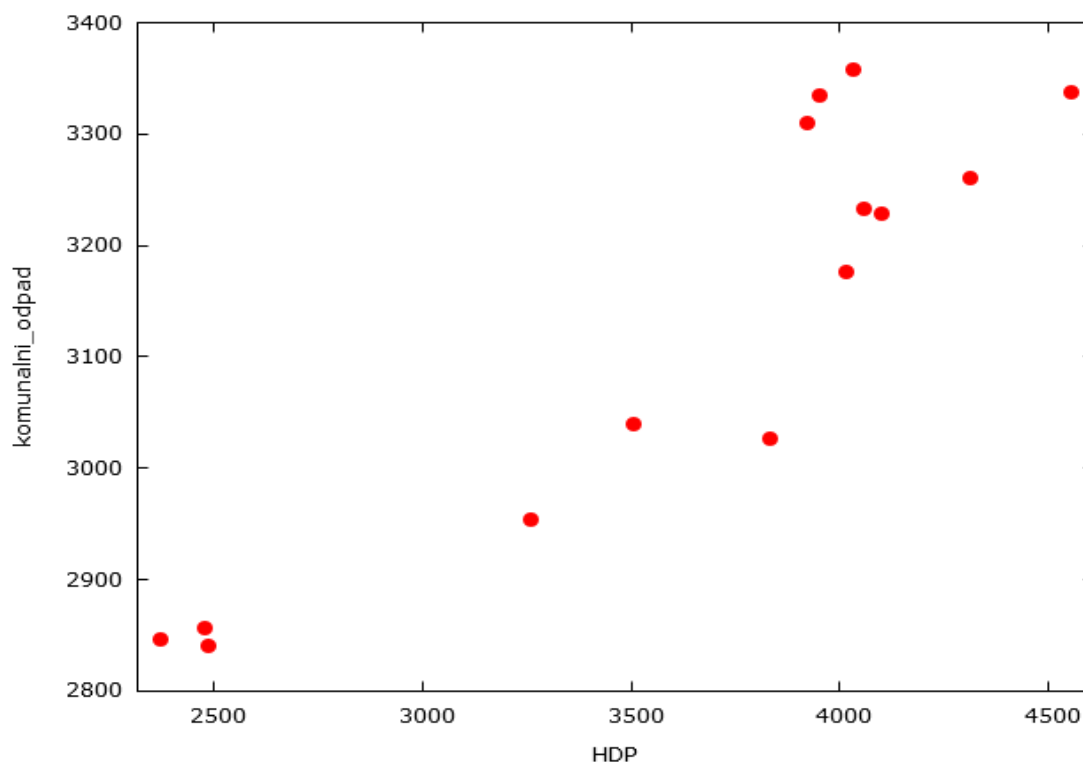
**Směrodatná odchylka** je druhá odmocnina z rozptylu. Rozptyl ukazuje míru variability a je to aritmetický průměr čtvercových odchylek hodnot od aritmetického průměru. Protože jsou hodnoty ve formě na druhou, nemají potřebnou vypovídající hodnotu. Tento problém pak řeší směrodatná odchylka. U produkce komunálního odpadu se hodnoty vzdalují od průměru o 195,54 tis. tun a u HDP o 714,35 mld. bc.

**Variační koeficient** je míra variability, která se používá k porovnání variability u dvou a více souborů. U produkce komunálního odpadu vyšel 62,503 % a u HDP 19,653 %.

**Šikmost** v obou případech vyšly hodnoty záporné, hovoříme o pravostranné šikmosti.

**Špičatost** v obou případech opět vyšly hodnoty záporné  $-1,4244$  a  $-0,72550$ , to znamená, že rozdělení je rovnoměrnější a jeho křivka hustoty je plošší nežli u normálního rozdělení.

#### 4.2.2 Bodový diagram



Obr. 35 Bodový diagram. Zdroj: Vlastní práce v programu Gretl.

Každý bod na Obr. 35 znázorňuje produkci komunálního odpadu při daném HDP. Z grafu je patrné, že pokud se zvyšuje HDP, zvyšuje se i produkce odpadu a naopak. Je ale jisté, že na produkci odpadu působí i jiné faktory.

Podle bodového diagramu bych volila jako vhodnou funkční formu přímku nebo parabolu. Dalšími výpočty se toto tvrzení prokáže nebo zamítne. Očekávané znaménko u odhadnutého koeficientu regrese je  $+$ , protože očekáváme, že s růstem HDP poroste i produkce komunálního odpadu.

### 4.2.3 Volba funkční formy

Tab. 21 Parametry pro model produkce komunální\_odpad = f (HDP)

	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> adj	AIC	BIC	HQC	p- hodnota
Lineární	0,8324	0,8185	165,40	166,68	165,28	5,39e-06
Kvadratická	0,8352	0,8352	167,17	169,08	166,99	0,6761
Logaritmická	0,8182	0,8030	166,54	167,82	166,42	8,87e-06

Zdroj: Vlastní práce v programu Gretl.

Tab. 22 Parametry pro lineární model produkce komunální\_odpad = f (HDP)

	Koeficient	Směrodatná chyba	t-podíl	p-hodnota
Constanta	2220,77	119,655	18,56	3,33e-010
HDP	0,2797	0,03234	7,722	5,39e-06

Zdroj: Vlastní práce v programu Gretl.

#### Funkční forma

Z Tab. 21 a 22 byla pro model vybrána lineární funkční forma. Lineární model splňuje nejlépe kritéria AIC, BIC, HQC, nejvyšší koeficienty determinace a adjustovaného koeficientu determinace má kvadratická funkční forma. Kvadratická funkční nebyla vybrána, protože její p-hodnota převyšuje stanovenou hladinu významnosti 5 %. Odhadnutý model lineární funkce vysvětlil 81,85 % proměnlivosti produkce komunálního odpadu.

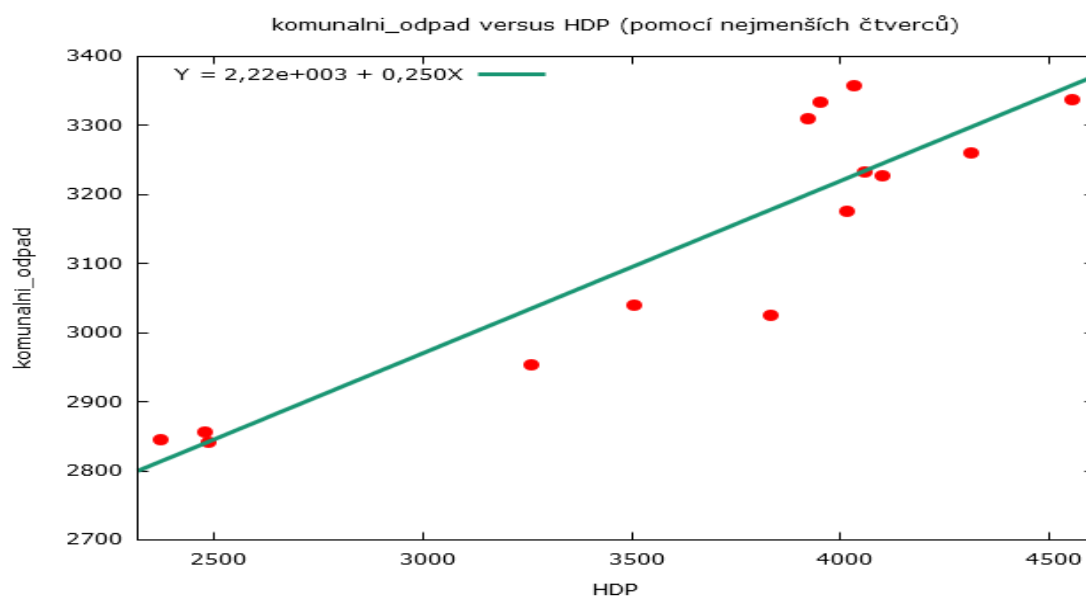
Lineární funkční forma

$$Y_i = 2220,77 + 0,2497X_i$$

Z gretlu byly zjištěny hodnoty parametrů  $\beta_0 = 2220,77$  a  $\beta_1 = 0,2797$ .

Z modelu lze tedy usoudit, že pokud se HDP zvýší o 100 mld. bc., tak produkce odpadu vzroste o 24,97 t.

Závislost produkce komunálního odpadu a HDP proložená přímkou je graficky zobrazena na Obr. 36.



Obr. 36 Závislosti produkce komunálního odpadu a HDP proložená přímkou. Zdroj: Vlastní práce v programu Gretl.

#### 4.2.4 Statistická verifikace

Analýza rozptylu je zaznamenána v Tab. 23.

Tab. 23 ANOVA

	Součet čtverců	Df	Střední kvadrát
Regrese	413808	1	413808
Rezidium	83281,8	12	6940,15
Úplné	497089	13	38237,6

Zdroj: Vlastní práce v programu Gretl.

$$R^2 = 413808 / 497089 = 0,832461$$

$$F(1,12) = 413808 / 6940,15 = 59,6252 \text{ (p-hodnota } 5,39e-0006)$$

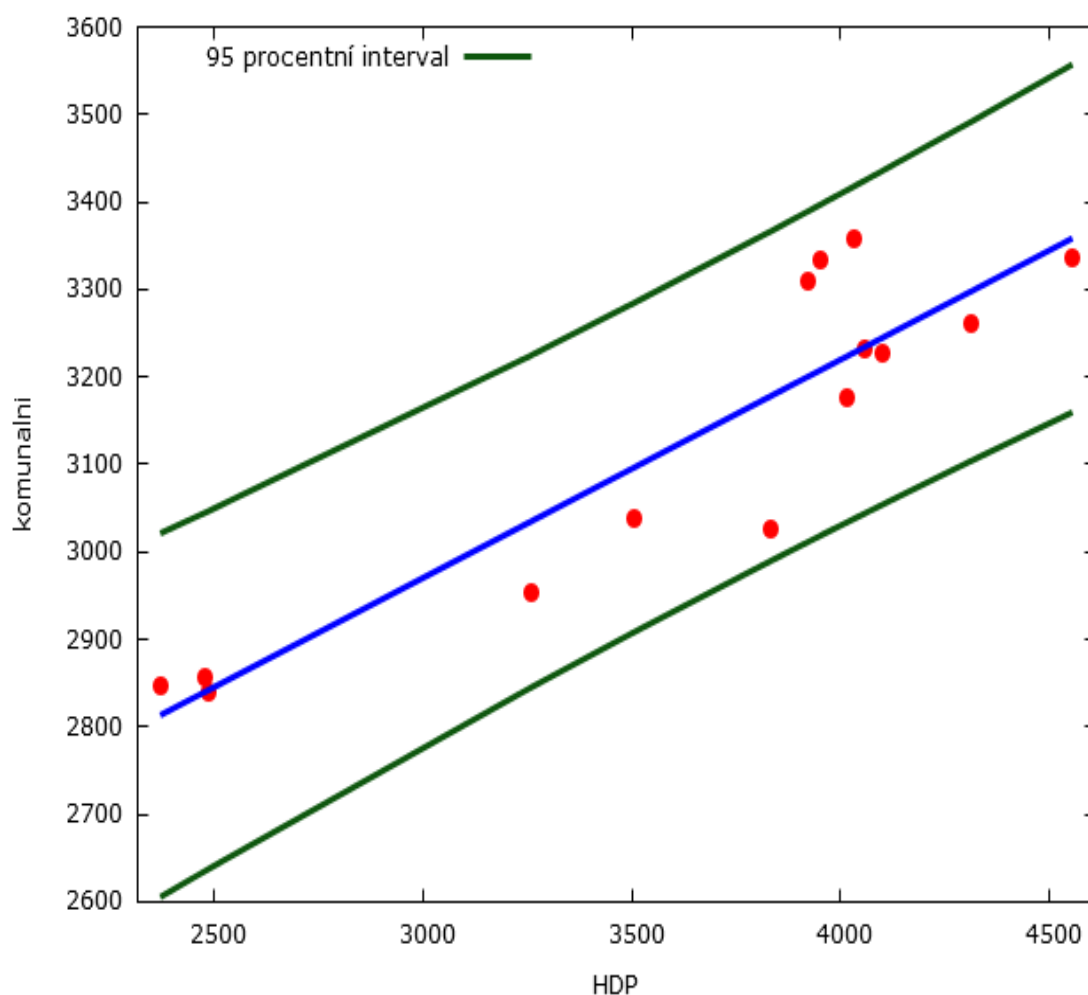
Na základě statistické verifikaci ověříme, zda jsou parametry i model statisticky průkazné.

**F-test** – p-hodnota vyšla 5,39e-06 a to je menší než 5 %. Model je statisticky průkazný.

**Koeficient determinace** – odhadnutý model vysvětlil 83 % proměnlivosti produkce odpadu.

**Korigovaný koeficient determinace** – jeho hodnota je 0,8185 a je menší než koeficient determinace, protože uvažuje i možnosti zahrnutí další proměnné.

**Pás spolehlivosti pro regresní model** – pás spolehlivosti na Obr. 37 nám určil, na jaké ploše se bude nalézat model s 95 % pravděpodobností. Je rozdělen na horní a dolní mez. Lze tedy říct, že model je správně specifikovaný díky tomu, že hodnoty se vejdou mezi přímky horní a dolní meze. Mezery jsou v místech poněkud větší než očekávané, může to být způsobeno tím, že se nám podařilo vysvětlit pouze 83 % proměnlivosti závislé proměnné.



Obr. 37 Pás spolehlivosti pro zvolený regresní model. Zdroj: Vlastní práce v programu Gretl.

Matematické vyjádření pásu spolehlivosti je uvedeno v Tab. 24.

Tab. 24 Pás spolehlivosti

	Komunální odpad	Předpověď	Směrodatná chyba	95 %	Konfidenční interval
1	2846	2813,34	95,407	2605,47	-3021,21
2	2857	2839,66	93,999	2634,86	-3044,47
3	2841	2842,19	93,869	2637,66	-3046,71
4	2954	3034,47	87,088	2844,72	-3224,22
5	3039	3096,69	86,330	2908,59	-3284,79
6	3026	3177,78	86,467	2989,39	-3366,18
7	3176	3223,61	87,106	3033,83	-3413,40
8	3310	3200,26	86,730	3011,29	-3389,23
9	3334	3208,23	86,846	3019,01	-3397,45
10	3358	3228,24	87,192	3038,26	-3418,21
11	3233	3234,75	87,321	3044,5	-3425,01
12	3228	3244,29	87,524	3053,6	-3434,99
13	3261	3298,17	88,985	3104,29	-3492,05
14	3337	3358,31	91,220	3159,56	-3557,06

Zdroj: Vlastní práce v programu Gretl.

#### 4.2.5 Ekonometrická verifikace

##### Testy specifikace modelu

**RESET test** je využíván pro specifikaci modelu, abychom zjistili, zda v modelu není opomenutá proměnná, nebo jsme nezvolili chybnou funkční formu. Pro zkoumaný model budou provedeny tři testy a to pro druhou a třetí mocninu, pouze pro druhé mocniny a pouze pro třetí mocniny.

$H_0$ : model je správně specifikován.

$H_1$ : model není správně specifikován.

**LM testy** se používají pro testování linearity.

$H_0$ : model je správně specifikován.

$H_1$ : model je správně specifikován.

Použitý test, jeho p-hodnotu a závěr testu vyhodnocuje Tab. 25.

Tab. 25 Testy specifikace modelu

Test	p-hodnota	H <sub>0</sub>	Závěr
RESET test (druhé a třetí mocniny)	0,352	model je správně specifikován	H <sub>0</sub> N
RESET test (pouze druhé mocniny)	0,676	model je správně specifikován	H <sub>0</sub> N
RESET test (pouze třetí mocniny)	0,69	model je správně specifikován	H <sub>0</sub> N
LMTS 1	0,6311	model je správně specifikován	H <sub>0</sub> N
LMTS 2	0,5322	model je správně specifikován	H <sub>0</sub> N

Zdroj: Vlastní práce v programu Gretl.

Pro všechny testy nám vyšla p-hodnota vyšší než 5 %. Nulovou hypotézu tedy nezamítáme. Model je správně specifikován.

#### 4.2.6 Heteroskedasticita

**Whiteův test** nám testuje, zda pozorování chybového členu pochází z rozdělení s konstantním rozptylem.

H<sub>0</sub>: chybový člen je homoskedastický, má konstantní rozptyl.

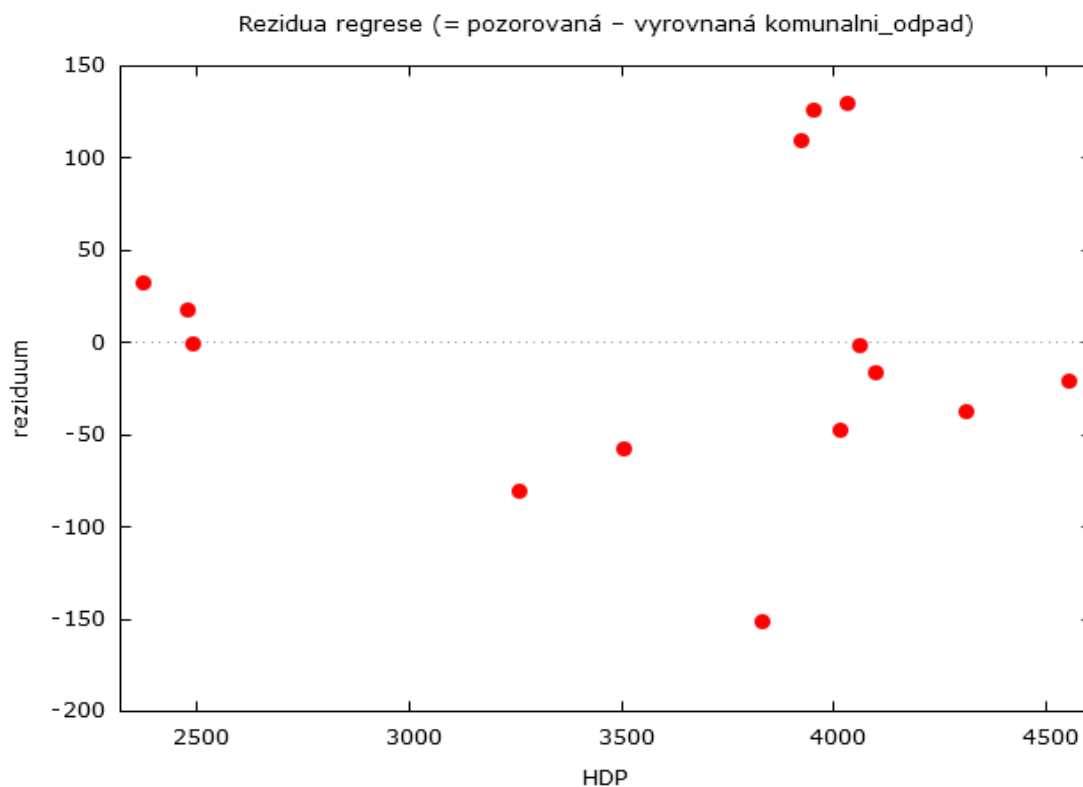
H<sub>1</sub>: chybový člen je heteroskedastický, nemá konstantní rozptyl.

Tab. 26 Test heteroskedasticity

Test	p-hodnota	H <sub>0</sub>	závěr
Whiteův test	0,1243	homoskedasticita	H <sub>0</sub> N
Breusch-Paganův test	0,4182	homoskedasticita	H <sub>0</sub> N

Zdroj: Vlastní práce v programu Gretl.

Z Tab. 26 bylo zjištěno, že rezidua mají konstantní rozptyl a potvrdila se nám tedy homoskedasticita. Podle p-hodnot obou testů nezamítáme hypotézu o heteroskedasticitě.



Obr. 38 Graf reziduí. Zdroj: Vlastní práce v programu Gretl.

Testujeme nulovou střední hodnotu chybového členu. Z grafu reziduí Obr. 38 je zřejmé, že jsou náhodně rozseta kolem bodu nula a nepřipomínají funkci.

#### 4.2.7 Test normality reziduí

Hypotéza  $H_0$ : chybový člen má normální rozdělení. Neobjevuje známky záporné ani kladné špičatosti.

Hypotéza  $H_1$ : chybový člen nemá normální rozdělení

Tab. 27 Test normality reziduí HDP

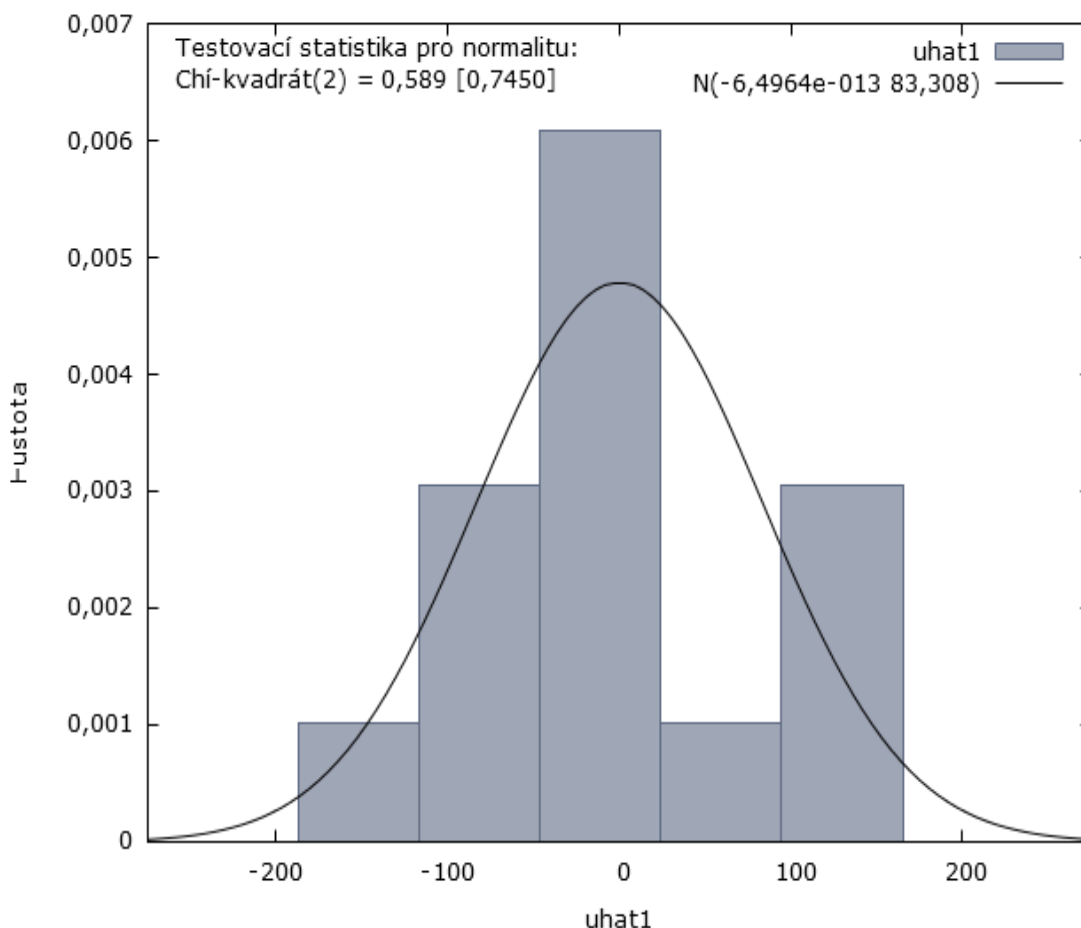
Test	p-hodnota	$H_0$	Závěr
Chí-kvadrát test	0,5887	Chyby jsou normálně rozdělené	$H_0N$

Zdroj: Vlastní práce v programu Gretl.



Test normalit reziduí z Tab. 27 nám říká, že na 5 % hladině významnosti bylo zjištěno, že chybový člen má normální rozdělení. P-hodnota je vyšší než 0,05 –  $H_0$  tedy nezamítáme.

Normální rozdělení je předpokladem pro některé náhodné veličiny. Srovnáváme histogram reziduálních hodnot a gaussovy křivky na Obr. 39.



Obr. 39 Graf testovací statistiky normality. Zdroj: Vlastní práce v programu Gretl.

#### 4.2.8 Výsledky ekonometrické verifikace

##### Předpoklady klasického lineárního regresního modelu shrnutí

Regresní model je lineární v parametrech, je správně specifikován a má aditivně připojený chybový člen. Na základě RESET testů a LM testů můžeme říct, že model je správně specifikován a splňuje klasické předpoklady regresního modelu. Na základě Whiteova, Breschova-Paganova testu bylo zjištěno, že chybový člen má konstantní variaci a je zde homoskedasticita. Na základě Chí-kvadrátu testu normality vyšlo, že chybový člen má normální rozdělení. Všechny výsledky ekonometrické verifikace jsou přehledně zaznamenány v Tab. 28.

Tab. 28 Výsledky ekonometrické verifikace

test	p-hodnota	závěr
LM test specifikace (čtverce)	0,6311	model je správně specifikován
LM test specifikace (logarit.)	0,5322	model je správně specifikován
RESET tes (pouze druhé mocniny)	0,352	model je správně specifikován
RESET tes (pouze třetí mocniny)	0,676	model je správně specifikován
RESET tes (druhé a třetí mocniny)	0,690	model je správně specifikován
Whiteův test	0,1243	heteroskedasticita chybového členu se nevyskytuje
Breuschův-Paganův tes	0,4182	heteroskedasticita chybového členu se nevyskytuje
Chí-kvadrát normality	0,5887	chybový člen má normální rozdělení

Zdroj: Vlastní práce v programu Gretl.

### 4.3 Předpokládaný vývoj produkce komunálního odpadu do roku 2020

Na základě vypočítaných a dostupných dat namodeluji situaci produkce odpadů až do roku 2020, kdy se ČR zavázala splnit evropské cíle, které stanovují zvýšit podíl materiálového využití a recyklace na 50 % a snížit tak v případě ČR skládkování odpadu na minimálně 30 %.

Pro výpočet produkce odpadu použiji lineární regresní model:

$$Y_i = 2220,77 + 0,2497X_i$$

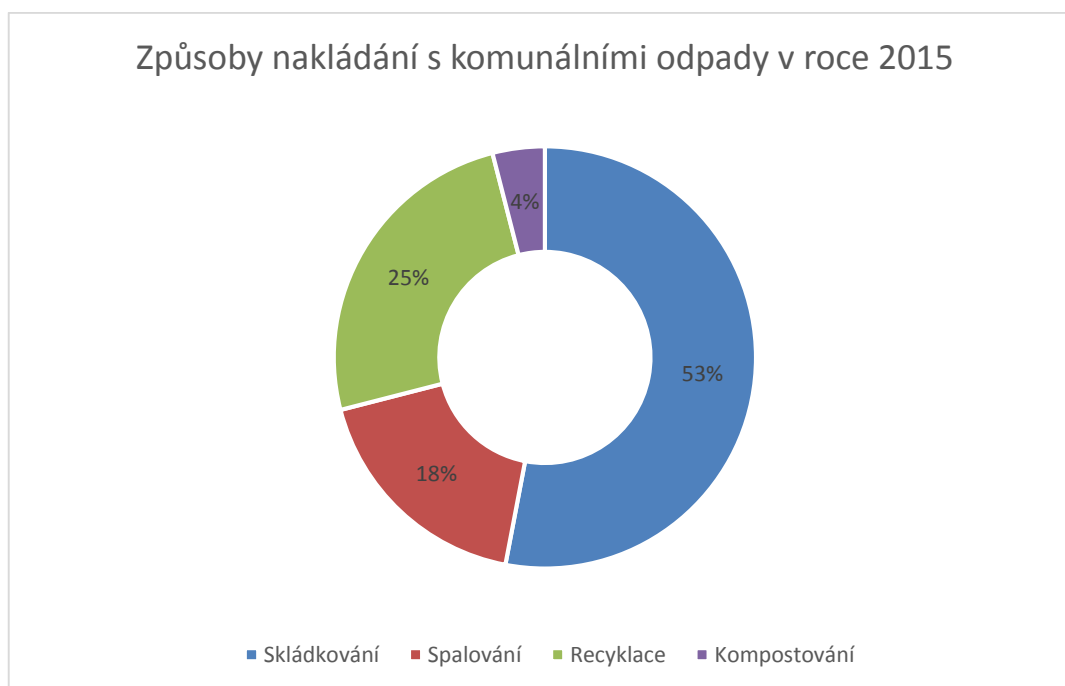
Za  $X_i$  dosadím růst HDP ze dne 15. 11. 2016 z dat ČSÚ, kdy předběžný odhad růstu HDP se meziročně zvýšil o 1,9 %. HDP je očištěný o cenové vlivy a sezónnost. Toto navýšení použiji pro rok 2016, 2017, 2018, 2019 a 2020. Nepředpokládám žádné ekonomické výkyvy v podobě expanzivního růstu ekonomiky nebo hospodářské krize. Vycházím z údajů roku 2015 a výpočty zapíšu do Tab. 29.

Tab. 29 Zdrojová data

období	Produktce komunálního odpadu v tis. t	HDP
1. 2015	3337	4554,6
2. 2016	3380	4641,14
3. 2017	3402	4729,31
4. 2018	3424	4819,17
5. 2019	3447	4910,73
6. 2020	3470	5004,03

Zdroj: Vlastní výpočty.

Při každoročním růstu HDP 1,9 % vzroste produkce odpadu v roce 2020 na 3470 tisíc tun. Rozdílem mezi rokem 2020 a rokem 2015 zjistím, že odpad narostl o 133 tisíc tun.



Obr. 40 Způsoby nakládání s komunálními odpady v roce 2015. Zdroj: ČSÚ, vlastní práce.

Na základě údajů ČSÚ o způsobu nakládání s komunálními odpady v roce 2015, které vidíme Obr. 40, rozpočítám produkci odpadů za rok 2015 a 2020 v procentech roku 2015. Poté rozpočítám způsoby nakládání s komunálními odpady podle závazku k evropským cílům tj. 30 % skládkování a 50 % recyklace a ostatní způsoby nakládání s komunálním odpadem. Rozdílem zjistím, o kolik tisíc tun se bude muset snížit skládkování odpadu.

Tab. 30 Způsoby nakládání s komunálními odpady v roce 2015 a v roce 2020

	Rok 2015	Rok 2020
<b>Skládkování 53%</b>	1768,61	1839,1
<b>Spalování 18 %</b>	600,66	624,6
<b>Recyklace 25 %</b>	834,25	867,5
<b>Kompostování 4%</b>	133,48	138,8
<b>Celkem produkce</b>	<b>3337</b>	<b>3470</b>

	Rok 2020 dle normy EU
<b>Skládkování 30%</b>	1041
<b>Spalování, recyklace, kompostování atd. 70 %</b>	2429
<b>Celkem produkce</b>	<b>3470</b>

Zdroj: Vlastní výpočty

Po provedených výpočtech v Tab. 30 lze říct, že v roce 2020 se bude muset snížit možnost skládkování o 798,1 tisíc tun komunálního odpadu a najít tak pro toto množství odpadu jiný způsob nakládání.

Předpokladem tohoto modelu je, že růst množství komunálního odpadu je založen na růstu HDP, který bude tvořen především vyšší spotřebou domácností, která je založená na spotřebě rychloobrátkového zboží na jedno použití, které se rychle přemění v odpad, pak můžeme předpokládat, že v roce 2020 bude potřeba zpracovat o 133 tisíc tun více komunálního odpadu.

Za předpokladu, že stát bude podporovat více recyklaci a prevenci vzniku odpadu, tak tato situace nenastane.

Část vyprodukovaného odpadu v roce 2020 by mohlo být spáleno v již zavedených spalovnách, u kterých nebyla v roce 2015 plně využita kapacita a to o 137 tisíc tun odpadu.

## 5 Diskuse a závěr

Množství odpadu souvisí s ekonomikou, platí, že pokud se lidé mají lépe, víc nakupují a také vyprodukují víc odpadů. Podle údajů Informačního systému odpadového hospodářství MŽP Češi za rok 2015 vyprodukovali 3,7 milionu tun odpadků. Ne vždy musí platit, že pokud se více vyprodukuje odpadu, více se i uloží na skládkách. V roce 2015 domácnosti vyhodily o 80 tisíc tun odpadků víc než v roce 2014, na skládky se jich odvezlo naopak o 72 tisíc tun méně. Je to způsobeno pozitivním trendem třídění odpadu. Roste počet Čechů využívajících barevných kontejnerů na vytríděné suroviny, které se dají recyklovat a na skládkách nekončí. V roce 2015 každý Čech vytrídil 46 kilogramů odpadu, například 15 kilogramů papíru, 11 kilogramů skla a plastů, 3 kilogramy kovů a 6 kilogramů ostatních odděleně sbíraných složek – textil, baterie, akumulátory, elektronika, dřevo, chemikálie, barvy a oleje. Pozitivní vliv na třídění odpadů má i vybudování rozsáhlé sběrné sítě společnosti EKO-KOM, a.s. Od roku 2005 do roku 2015 se počet kontejnerů na tříděný odpad zvýšil z 128 749 kusů na 272 429 kusů, to je o 143 680 kusů více. Snížila se i vzdálenost metrů od kontejnerů. V roce 2000 to měl každý obyvatel v průměru 250 m ke kontejneru, v roce 2015 se tato vzdálenost snížila na 97 m.

Hlavním důvodem předcházení vzniku odpadů je především neúnosný nárůst nákladů na recyklaci, respektive skutečnost, že zisk z prodeje nepokrývá náklady na získání druhotné suroviny. Dalším důvodem je i problém s dodržováním jakosti druhotných surovin ze získaných odpadů a možné změny výrobku, vyvolané nahrazením primární suroviny surovinou druhotnou. Ne všechny suroviny lze recyklovat do nekonečna. Například u papíru lze recyklovat zhruba 80 procent a jen 20 procent se musí spálit a to proto, že papírové vlákno se dá recyklovat pouze sedmkrát. Pak už je krátké a jde z něj udělat jen plato na vajíčka. Tím recyklační cyklus papíru končí a přijde na řadu spalování, při kterém se využije zbylá energie z papíru. U kovů je možnost recyklace vyšší, sklo se dá recyklovat neustále. Plasty sesbírané ve žluté popelnici se podaří recyklovat z třiceti až padesáti procent. To znamená, že padesát až sedmdesát procent jde buď přímo na skládku, nebo se přimíchá k nějakému palivu a spálí se. Zpracování jde pouze u PET lahve, polypropylen a podobně. U tvrdších plastů, mikrotenových sáčků nebo nějaké směsky plastů by vyšlo rozdělení na jednotlivé druhy hodně draze a proto se recyklovat ekonomicky nevyplácí. Nemá smysl recyklovat takovou surovinu, co je ve finále dražší než původní surovina. Po ekonomické stránce je to nevýhodné a tím se taková surovina stává neprodejnou. Recyklovaný materiál musí být maximálně tak drahý jako nová surovina. Výsledek je tedy takový, že se odpad třídí výborně, ale nedostatečně recykluje.

Recyklace je užitečný trend, který bude Ministerstvo životního prostředí i dále podporovat, ale ani rapidně rostoucí procento recyklace odpadů nijak nepomáhá vyřešit problém skládek. ČR patří mezi skládkovací velmoci EU. Podle údajů z roku 2015 v ČR skončilo na skládkách 53 % komunálního odpadu, mate-

riálově bylo využito pouze 29 % komunálního odpadu. Přitom závazné evropské cíle, které musí ČR k roku 2020 splnit, stanovují zvýšit podíl materiálového využití a recyklace na 50 % a snížit tak v případě ČR skládkování odpadu na minimálně 30 %. V roce 2030 pak pravděpodobně dojde i k celoevropskému omezení skládkování na pouhých 10 %.

Nejvýznamnějším prvkem při prevenci vzniku komunálního odpadu je občan. Ekologická domácnost je schopna snížit tvorbu směsného odpadu na méně než desetinu současné průměrné produkce. Obec může prevenci podporovat informováním nebo vzděláváním svých obyvatel. Velmi výhodná je spolupráce s místní školou, protože správně poučené a vhodně motivované děti mohou zapojit do třídění odpadu celou rodinu. Největším potenciálem pro předcházení vzniku odpadů by byla změna spotřebního chování. Nový odpad by tak nemusel vznikat, pokud by lidé nekupovali to, co nepotřebují a užívali použitelné staré věci. Velká produkce odpadu vzniká i při nadbytečném balení výrobků například běžné pečivo, koblihy, léky. Snížením množství reklamních letáků, by se snížilo i množství vyhozeného papíru. Zajímavá by také byla spolupráce s obchody, které by stáčely produkty přímo v místě nakupování v již připravených nádobách (mléko, limonády, pivo, čisticí prostředky). Obec by také mohla sloužit jako zprostředkovatel při odebírání funkčních výrobků a tím by zajistila prodloužení životnosti výrobku. Tyto výrobky by se pak následně mohly darovat, směnit, nabídnout na bleším trhu, v bazaru, second – handu atd.

V České republice se dlouhodobě nedaří nalézt ideální systém platby za komunální odpad, který by vyhovoval všem obcím a městům. Stát proto dovolu- je různé modely poplatků – místní poplatek, smluvní systém a poplatek za komunální odpad. Nejvíce používaný poplatek je místní poplatek, který ale není příliš motivující pro občany, aby začali více třídít odpad. Přitom obcím se poplatky podle množství osvědčily. Pro větší obce představuje nižší administrativní náročnost než místní paušální poplatek. Navíc v menších obcích bez bytové zástavby na rozdíl od místního paušálního poplatku umožňuje zavedení systému PAYT. V systémy PAYT vycházejí poplatky za odpad z objemu nebo hmotnosti odpadů. Ekonomicky stimulují občany ke snížení množství zbytkového odpadu, neboť náklady na sběr odpadů stoupají s objemem či hmotností odpadů, který vyhazují. To občany motivuje, aby se podíleli na systémech separovaného sběru, čímž roste míra recyklace. Proto Ministerstvo životního prostředí ČR se snaží dostupnými prostředky rozšířit počet obcí, které by používali platby podle množství za účelem snížení produkce směsných komunálních odpadů. Z veřejných prostředků by nemělo být možné financovat projekty energetického využití směsných odpadů v případě, že daný region nedosáhl stanovenou hranici míry materiálového využití komunálních odpadů. Tímto krokem se má předejít zbytečnému plýtvání surovinami, které by šly recyklovat, plýtváním finančními prostředky, které by mohly posloužit k podpoře projektů prevence. Projekty by měly získávat podporu podle toho, zda a o kolik se sníží produkce odpadů. Jedině tak přestane česká ekonomika plýtvat surovinami, obce ušetří nemalé položky svých rozpočtů a domácnostem klesnou účty za svoz odpadu.

Firmy stále častěji přicházejí s řešením, která jsou ohleduplné k životnímu prostředí. Strategie vede k jednoznačnému odklonu odpadů ze skládek skrze předcházení odpadů, zvýšení recyklace a materiálového využití odpadů. Proto prevence vzniku odpadů musí být zakomponována do předpovědí budoucího vývoje produkce komunálních odpadů. Vláda musí mít konkrétní propočtenou představu, kolika odpadům předejde a jakými opatřeními to zajistí. V této práci byl namodelován ekonometrický model vysvětlující působení změny hrubého domácího produktu na vývoj produkce komunálního odpadu. Výsledky předpokládaného růstu komunálního odpadu informují o tom, že skládkování se bude muset v roce 2020 snížit o 798,1 tisíc tun komunálního odpadu. Pokud by bylo počítáno pouze s navýšením celkového komunálního odpadu, které bylo 133 tisíc tun, stačilo by pouze využít zavedených spaloven, které v roce 2015 neměly plně využitou kapacitu o 137 tisíc tun. Pokud ale ČR bude muset snížit skládkování na 30 %, a nepodaří se jí toto množství recyklovat, pak tato kapacita spaloven nebude stačit. S odkazem na článek iDNES s jednatelem společnosti Veolia Vedlejší produkty ČR, Ostrava, Milanem Chromíkem není potřeba stavět nad-dimenzované nové spalovny a to z důvodu produkce množství tepla, které by nešlo v daném místě odebrat. Aby mělo spalování odpadu nějaký smysl, je potřeba mít i nějaké výstupy. Pouhá výroba elektřiny nestačí, potřební jsou i odběratelé tepla. Pokud by totiž spalovna produkovala mnohonásobně tepla více, než by mohla prodat dál, mohla by velká spalovna podvázat recyklaci. Velký provoz ve spalovně by sváděl k tomu, naházet tam všechen odpad včetně recyklovatelných položek. K odklonu odpadu od skládek nebude stačit pouhé třídění skla, papíru, plastů, kovů a dalších komodit na úrovni obcí, ale bude muset vzniknout síť zařízení regionálního významu, která směsné odpady z měst a obcí dále dotřídí a následně předá k využití jak materiálovému, tak energetickému. Je potřeba dobudovat odpadovou síť, tedy rozšířit sběrné dvory a vybudovat třídící linky tam, kde chybí. Jedním z výstupů by byly složky, které mají energetický obsah, ale jsou materiálově nevyužitelné – například kombinované plastové obaly, znečištěný papír. Spoluspalovaly by se v cementářských pecích, vápenkách či ve speciálních kotlích v teplárnách a spalovnách.

Dosáhne-li ale Česká republika plánované míry recyklace a platného zákazu skládkování, nebude v roce 2030 potřebovat plánované spalovny. Vedle potřeby nových regionálních kapacit pro dotřídění směsných odpadů se ukazuje jako rozumné jen rozšíření spaloven v Praze a Brně. Bohužel prioritou vlády jsou projekty nových spaloven, které neřeší příčinu, ale pouze důsledek současné situace. Navíc jsou investičně velice náročné a bez značné podpory z veřejných rozpočtů prakticky nerealizovatelné. Miliardy utopené ve spalovnách pak budou chybět na projekty mířící k jádru problému. Spolu se spáleným odpadem se zbavujeme i surovin, energie, vody a dalších přírodních zdrojů použitých při produkci a transportu výrobků nebo materiálů.

Předcházet vzniku odpadů je jistě správné a také se to vyplatí. Odpady, které nevzniknou, není nutné shromažďovat, svážet a odstraňovat – to je úspora pro obce. Není nutné budovat další koncová zařízení na zpracování nebo odstranění odpadů – to je úspora investičních prostředků z veřejných rozpočtů. A

v neposlední řadě suroviny ponechané v oběhu nebo ještě lépe ušetřené se nemusí znovu těžít, pěstovat a převážet – to je méně škod v krajině, méně toxických odpadů a menší spotřeba fosilních paliv.

Otázkou zůstává, jestli Česká republika dokáže plnit přísné evropské limity pro ekologické nakládání s odpady, aniž by investovala do dalších spaloven. Evropská unie jednoznačně říká, že spalovny jsou lepší než skládky a to formou dotací, které Česká republika čerpá. Pokud se Česká republika rozhodla z evropských peněz dotovat spalovny více než v minulosti, nedělá nic jiného, než že se tento balík peněz snaží využít co nejefektivněji, s co největším přínosem. Evropské fondy nabízejí mimořádnou příležitost, jak pomoci se snižováním množství odpadů, nebo snižováním netříděných směsných odpadů. Stát z nich může financovat tisíce projektů, jako jsou kompostárny, sběrné dvory, třídirny odpadů nebo distribuci kompostérů pro domácnosti.

Cílem této práce bylo popsat odpad jako současný problém. Tato problematika byla řešena především se spojením závazných závazků k EU do roku 2020. U komunálního odpadu byla práce zaměřena na jeho náklady, příjmy, způsobům nakládání s odpadem a jeho třídění. Byly popsány současné trendy v odpadovém hospodářství v ČR, vývoj odpadového hospodářství v regionech. V praktické části byl proveden rozbor časové řady se zaměřením na vývoj celkových odpadů za ČR od roku 2002 až do roku 2015. V regresní analýze byl namodelován ekonometrický model vysvětlující vztah mezi komunálním odpadem a hrubým domácím produktem. Jako poslední krok se vypočítala produkce komunálního odpadu až do roku 2020. Výpočtem se zjistilo, kolik tun komunálního odpadu bude muset ČR snížit skládkováním, aby splnila závazné normy EU.



## 6 Literatura

- ADAMEC, Václav, Luboš STŘELEČEK a David HAMPEL. *Ekonometrie I: učební text*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2013, 162 s. ISBN 978-80-7375-703-8.
- ADAMEC, Václav a Luboš STŘELEČEK. *Ekonometrie I: cvičebnice*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2013. ISBN 978-80-7375-706-9.
- BUDÍKOVÁ, M., M. KRÁLOVÁ a B. MAROŠ. *Průvodce základními statistickými metodami*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, a.s., 2010, 272 s. ISBN 978-80-247-3243-5.
- GUJARATI, Damodar N. *Basic econometrics*. 4th ed. Boston: McGraw Hill, 2004, xxix, 1002 p. ISBN 0-07-233542-4.
- HINDLS, R., S. HRONOVÁ, J. SEGER a J. FISCHER. *Statistika pro ekonomy*. 8. vyd. Praha: Professional Publishing, 2007, 415 s. ISBN 978-80-86946-43-6.
- HLAVATÁ, Miluše a Luboš STŘELEČEK. *Odpadové hospodářství: cvičebnice*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2004. ISBN 80-248-0737-8.
- HUŠEK, Roman. *Ekonometrická analýza*. Vyd. 1. Praha: Oeconomica, 2007, 367 s. ISBN 978-80-245-1300-3.
- STUDENMUND, A. *Using econometrics*. 6th ed. Boston: Addison-Wesley, xvii, 616 s. ISBN 978-0-13-136773-9.

### Elektronické zdroje

- ARNIKA: *Odpadová politika* [online]. [cit. 2016-12-31]. Dostupné z: <http://arnika.org/odpadova-politika-cr>
- CENIA: *Produkce odpadu kraje 2009-2015* [online]. [cit. 2016-12-31]. Dostupné z: [http://www1.cenia.cz/www/sites/default/files/Produkce\\_odpadu\\_kraje\\_2009\\_2015.pdf](http://www1.cenia.cz/www/sites/default/files/Produkce_odpadu_kraje_2009_2015.pdf)
- ČSÚ: *Produkce, využití a odstranění odpadů 2015* [online]. [cit. 2016-12-31]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/produkce-vyuziti-a-odstraneni-odpadu-2015>
- EKOKOM: *15-let* [online]. [cit. 2016-12-31]. Dostupné z: <http://www.ekokom.cz/15-let/>
- EKOKOM: *Obce a města* [online]. [cit. 2016-12-31]. Dostupné z: <http://www.ekokom.cz/cz/obce-a-mesta/obce-funkce>
- EKOKOM: *Sborník - Odpady a obce* [online]. [cit. 2017-01-01]. Dostupné z: [http://www.ekokom.cz/uploads/attachments/OD/Sbornik\\_Odpady\\_a\\_obce\\_2016.pdf](http://www.ekokom.cz/uploads/attachments/OD/Sbornik_Odpady_a_obce_2016.pdf)
- ENVIWEB: *Odpady* [online]. [cit. 2016-12-31]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/clanek/odpady/107285/pri-planovane-recyklaci-65-v-roce-2030-je-vetsina-planovanych-spaloven-zbytecna>

- HNUTIDUHA: Odpady, plán, prevence* [online]. [cit. 2016-12-31]. Dostupné z: [http://hnutiduha.cz/sites/default/files/publikace/2012/11/odpady\\_plan\\_prevence.pdf](http://hnutiduha.cz/sites/default/files/publikace/2012/11/odpady_plan_prevence.pdf)
- IDNES: Ostrava iDnes* [online]. [cit. 2017-01-01]. Dostupné z: [http://ostrava.idnes.cz/rozhovor-odbornik-recyklace-milan-chromik-veolia-vedlejsi-produkty-cr-13z-/ostrava-zpravy.aspx?c=A161220\\_2293965\\_ostrava-zpravy\\_woj](http://ostrava.idnes.cz/rozhovor-odbornik-recyklace-milan-chromik-veolia-vedlejsi-produkty-cr-13z-/ostrava-zpravy.aspx?c=A161220_2293965_ostrava-zpravy_woj)
- IDNES: Co po skládkování?* [online]. [cit. 2017-01-01]. Dostupné z: [http://ostrava.idnes.cz/odpadove-spolecnosti-tridici-linky-sberne-dvory-odpad-skladkovani-poplatek-1v7-/ostrava-zpravy.aspx?c=A160815\\_2266481\\_ostrava-zpravy\\_jog](http://ostrava.idnes.cz/odpadove-spolecnosti-tridici-linky-sberne-dvory-odpad-skladkovani-poplatek-1v7-/ostrava-zpravy.aspx?c=A160815_2266481_ostrava-zpravy_jog)
- MZP: Plán odpadového hospodářství* [online]. [cit. 2016-12-31]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/cz/plan\\_odpadoveho\\_hospodarstvi\\_cr](http://www.mzp.cz/cz/plan_odpadoveho_hospodarstvi_cr)
- MZP: Zákon odpady* [online]. [cit. 2016-12-31]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/cz/news\\_160505\\_zakon\\_odpady](http://www.mzp.cz/cz/news_160505_zakon_odpady)
- MZP: Komunální odpady* [online]. [cit. 2016-12-31]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/cz/komunalni\\_odpady](http://www.mzp.cz/cz/komunalni_odpady)
- JAKTRIDIT: Třídění v krajích* [online]. [cit. 2016-12-31]. Dostupné z: <http://www.jaktridit.cz/cz/trideni/trideni-v-krajich/>
- SIEGL: Recyklace odpadu* [online]. [cit. 2016-12-31]. Dostupné z: <http://www.siegl.cz/blog/recyklace-odpadu/co-vsechno-mate-doma-recyklovaneho>
- SIEGL: Třídění odpadu* [online]. [cit. 2016-12-31]. Dostupné z: <http://www.siegl.cz/blog/trideni-odpadu/zahady-v-oblasti-trideneho-odpadu#more-294>

### **Periodikum - článek**

- JANOŮŠEK, Artur. *Krise skončila, ukazují popelnice: Jak Češi plní kontejnery*. 2016, 1. ISSN Mladá Fronta Dnes.

### **Ostatní zdroje**

- STEJSKAL, Bohdan. *Komunální odpady a skládkování: Přednáška*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Agronomická fakulta, 2016.

# A Přílohy

## Podíl krajů na celkové produkci všech odpadů v ČR (tis. t, kg/obyv.)

	2009			2010			2011			2012		
	počet	CP (tis.t)	CP na obyv.	počet	CP (tis.t)	CP na	počet	CP (tis.t)	CP na	počet obyvatel	CP (tis.t)	CP na obyv.
Hlavní město Praha	1242956	6144	4943	1251726	6795	5429	1237552	4715	3810	1243695	4941	3973
Středočeský kraj	1239673	4147	3345	1257194	3896	3099	1272877	3455	2714	1285945	4098	3187
Moravskoslezský kraj	637015	2160	3391	637910	1931	3027	635868	2451	3854	636381	1659	2606
Jihomoravský kraj	571199	2003	3507	572023	1756	3070	571432	1756	3072	572016	1798	3144
Ústecký kraj	307962	902	2929	307619	795	2585	303461	622	2051	302484	515	1704
Jihočeský kraj	836128	3197	3824	835796	2550	3051	828561	2998	3619	827317	2692	3254
Plzeňský kraj	438238	1079	2462	439483	951	2163	438090	1006	2297	438593	900	2051
Olomoucký kraj	554511	1032	1862	554296	1029	1857	553999	1026	1853	553290	1004	1814
Pardubický kraj	515868	1183	2293	516776	948	1834	516227	1023	1982	516409	925	1792
Zlínský kraj	515329	744	1444	514800	902	1752	511960	892	1742	511627	918	1794
Kraj Vysočina	1150009	2801	2436	1152765	2513	2180	1164499	2770	2379	1167142	2726	2336
Královéhradecký kraj	641945	1419	2211	641661	1622	2527	638801	1652	2586	637837	1853	2904
Liberecký kraj	591303	892	1508	590459	1008	1707	589556	1491	2528	588299	1254	2131
Karlovarský kraj	1249356	4564	3653	1244739	5114	4109	1232547	4815	3907	1228251	4741	3860
<b>Celkem</b>	<b>10491492</b>	<b>32267</b>	<b>3076</b>	<b>10517247</b>	<b>31810</b>	<b>3025</b>	<b>10495430</b>	<b>30672</b>	<b>2922</b>	<b>10509286</b>	<b>30024</b>	<b>2857</b>

	2013			2014			2015		
	počet obyvatel	CP (tis.t)	CP na obyv. kg/obyv.	počet obyvatel	CP (tis.t)	CP na obyv.	počet obyvatel	CP (tis.t)	CP na obyv.
Hlavní město Praha	1244762	4024	3232	1251075	4569	3652	1262507	4728	3745
Středočeský kraj	1297209	4076	3142	1309139	4054	3097	1320721	4615	3495
Moravskoslezský kraj	636443	2481	3899	636911	1856	2915	637292	1961	3078
Jihomoravský kraj	572882	2109	3682	573993	1824	3178	575665	3446	5986
Ústecký kraj	300999	581	1929	299880	682	2275	298506	866	2901
Jihočeský kraj	825842	2397	2903	824789	3404	4127	823381	2672	3245
Plzeňský kraj	438473	853	1945	438813	919	2095	439152	1394	3174
Olomoucký kraj	552053	1004	1819	551730	1143	2071	551270	1418	2573
Pardubický kraj	515781	1093	2119	516109	1420	2751	516247	1702	3297
Zlínský kraj	510522	983	1925	510006	1202	2357	509507	1323	2596
Kraj Vysočina	1168577	3335	2854	1170678	3050	2605	1173563	4520	3851
Královéhradecký kraj	636659	1703	2675	636109	2126	3342	635094	2396	3772
Liberecký kraj	586594	1263	2152	585829	1504	2567	584828	1595	2727
Karlovarský kraj	1223923	4719	3856	1219722	4275	3505	1215209	4703	3870
<b>Celkem</b>	<b>10510719</b>	<b>30621</b>	<b>2913</b>	<b>10524783</b>	<b>32028</b>	<b>3043</b>	<b>10542942</b>	<b>37339</b>	<b>3542</b>

## Celková produkce komunálních odpadů v ČR (tis. t, kg / obyv.)

	2009			2010			2011			2012		
	počet obyvatele	CPKO (tis.t)	CPKO na obyv. kg/obyv.	počet obyvatele	CPKO (tis.t)	CPKO na obyv. kg/obyv.	počet obyvatele	CPKO (tis.t)	CPKO na obyv. kg/obyv.	počet obyvatele	CPKO (tis.t)	CPKO na obyv. kg/obyv.
Hlavní město Praha	1242956	800	644	1251726	762	609	1237552	801	647	1243695	701	563
Středočeský kraj	1239673	770	621	1257194	642	510	1272877	636	500	1285945	705	548
Moravskoslezský kraj	637015	271	426	637910	284	446	635868	289	454	636381	294	462
Jihomoravský kraj	571199	251	439	572023	257	449	571432	268	469	572016	264	461
Ústecký kraj	307962	139	451	307619	144	467	303461	147	486	302484	132	437
Jihočeský kraj	836128	476	569	835796	455	545	828561	462	557	827317	412	498
Plzeňský kraj	438238	228	519	439483	228	518	438090	213	487	438593	210	479
Olomoucký kraj	554511	243	439	554296	311	562	553999	234	423	553290	248	448
Pardubický kraj	515868	239	463	516776	259	501	516227	245	475	516409	231	447
Zlínský kraj	515329	214	416	514800	240	466	511960	227	443	511627	236	462
Kraj Vysočina	1150009	563	490	1152765	557	483	1164499	537	461	1167142	524	449
Královéhradecký kraj	641945	301	469	641661	294	458	638801	344	538	637837	295	463
Liberecký kraj	591303	246	416	590459	260	440	589556	262	444	588299	254	433
Karlovarský kraj	1249356	583	467	1244739	669	537	1232547	723	586	1228251	687	560
<b>Celkem</b>	<b>10491492</b>	<b>5324</b>	<b>507</b>	<b>10517247</b>	<b>5362</b>	<b>510</b>	<b>10495430</b>	<b>5388</b>	<b>513</b>	<b>10509286</b>	<b>5193</b>	<b>494</b>

	2013			2014			2015		
	počet obyvatele	CPKO (tis.t)	CPKO na obyv.	počet obyvatele	CPKO (tis.t)	CPKO na obyv.	počet obyvatele	CPKO (tis.t)	CPKO na obyv.
Hlavní město Praha	1244762	703	564	1251075	712	569	1262507	729	578
Středočeský kraj	1297209	705	544	1309139	707	540	1320721	713	540
Moravskoslezský kraj	636443	288	452	636911	297	466	637292	307	481
Jihomoravský kraj	572882	298	520	573993	281	489	575665	295	513
Ústecký kraj	300999	130	432	299880	132	440	298506	131	438
Jihočeský kraj	825842	423	512	824789	408	495	823381	400	486
Plzeňský kraj	438473	204	465	438813	204	466	439152	217	494
Olomoucký kraj	552053	235	425	551730	239	433	551270	255	462
Pardubický kraj	515781	250	484	516109	245	475	516247	281	545
Zlínský kraj	510522	239	468	510006	247	484	509507	258	507
Kraj Vysočina	1168577	516	442	1170678	531	454	1173563	538	459
Královéhradecký kraj	636659	303	476	636109	389	611	635094	293	462
Liberecký kraj	586594	254	433	585829	269	459	584828	264	452
Karlovarský kraj	1223923	622	508	1219722	664	545	1215209	593	488
<b>Celkem</b>	<b>10510719</b>	<b>5170</b>	<b>492</b>	<b>10524783</b>	<b>5325</b>	<b>506</b>	<b>10542942</b>	<b>5274</b>	<b>500</b>

**Vývoj systému třídění odpadu dle společnosti EKO-KOM.cz od roku 2000 do roku 2015**

Rok	Papíru, plastů a nápojových kartonů každý Čech průměrně vytrídil	Odpady třídilo % obyvatel ČR	Ke kontejneru to má každý průměrně
2000	12,4 kg	38 %	250 m
2001	13,7 kg	48 %	200 m
2002	16 kg	56 %	194 m
2003	18,5 kg	62 %	170 m
2004	21 kg	66 %	148 m
2005	23,6 kg	67 %	143 m
2006	28 kg	69 %	138 m
2007	31,8 kg	70 %	118 m
2008	35,9 kg	69 %	115 m
2009	35,8 kg	65 %	113 m
2010	36,6 kg	66 %	110 m
2011	38,9 kg	68 %	106 m
2012	39,1 kg	70 %	102 m
2013	39,7 kg	71 %	101 m
2014	40,5 kg	72 %	99 m
2015	42,3 kg	72 %	97 m

### Výpočet parametrů lineárního trendu

Období	t	Y <sub>ij</sub>	t <sub>ij</sub>	t <sup>2</sup>	y <sub>i</sub> *t	T
2002	1	28 178	-6,5	42,25	-183157	27423,51
2003	2	28 362	-5,5	30,25	-155991	27120,31
2004	3	29 425	-4,5	20,25	-132413	26817,11
2005	4	24 936	-3,5	12,25	-87276	26513,91
2006	5	24 627	-2,5	6,25	-61567,5	26210,71
2007	6	25 109	-1,5	2,25	-37663,5	25907,51
2008	7	25 869	-0,5	0,25	-12934,5	25604,31
2009	8	24 236	0,5	0,25	12118	25301,11
2010	9	24 124	1,5	2,25	36186	24997,91
2011	10	23 576	2,5	6,25	58940	24694,71
2012	11	23 436	3,5	12,25	82026	24391,51
2013	12	23 724	4,5	20,25	106758	24088,31
2014	13	23 789	5,5	30,25	130839,5	23785,11
2015	14	26 947	6,5	42,25	175155,5	23481,91
<b>Σ</b>		<b>356 338</b>	<b>x</b>	<b>227,5</b>	<b>-68979</b>	<b>356337,9</b>

### Výpočet parametrů parabolického trendu

Období	t	Y <sub>ij</sub>	t <sub>ij</sub>	t <sup>2</sup>	t <sup>4</sup>	Y*t	Y*t <sup>2</sup>	T
2002	1	28 178	-6,5	42,25	1785,063	-183157	1190521	29293,9
2003	2	28 362	-5,5	30,25	915,0625	-155991	857950,5	28127,42
2004	3	29 425	-4,5	20,25	410,0625	-132413	595856,3	27104,82
2005	4	24 936	-3,5	12,25	150,0625	-87276	305466	26226,1
2006	5	24 627	-2,5	6,25	39,0625	-61567,5	153918,8	25491,26
2007	6	25 109	-1,5	2,25	5,0625	-37663,5	56495,25	24900,3
2008	7	25 869	-0,5	0,25	0,0625	-12934,5	6467,25	24453,22
2009	8	24 236	0,5	0,25	0,0625	12118	6059	24150,02
2010	9	24 124	1,5	2,25	5,0625	36186	54279	23990,7
2011	10	23 576	2,5	6,25	39,0625	58940	147350	23975,26
2012	11	23 436	3,5	12,25	150,0625	82026	287091	24103,7
2013	12	23 724	4,5	20,25	410,0625	106758	480411	24376,02
2014	13	23 789	5,5	30,25	915,0625	130839,5	719617,3	24792,22
2015	14	26 947	6,5	42,25	1785,063	175155,5	1138511	25352,3
<b>Σ</b>	<b>105</b>		<b>x</b>	<b>227,5</b>	<b>6608,875</b>	<b>-68979</b>	<b>5999993</b>	<b>356337,2</b>

### Výpočet chyb odhadu lineárního trendu

ROK	t	Y <sub>ij</sub>	t <sub>ij</sub>	T	M.E.	M.A.E	M.S.E.	M.A.P.E.	M.P.E.
					$y_i - T_i$	$ y_i - T_i $	$(y_i - T_i)^2$	$ y_i - T_i  / y_i$	$(y_i - T_i) / y_i$
2002	1	28 178	-6,5	27423,51	754	754	569255,1601	0,0267585	0,026776
2003	2	28 362	-5,5	27120,31	1 242	1 242	1541794,056	0,043791	0,04378
2004	3	29 425	-4,5	26817,11	2 608	2 608	6801090,252	0,0886321	0,088628
2005	4	24 936	-3,5	26513,91	-1 578	1 578	2489799,968	0,063282	-0,06328
2006	5	24 627	-2,5	26210,71	-1 584	1 584	2508137,364	0,0643196	-0,06431
2007	6	25 109	-1,5	25907,51	-799	799	637618,2201	0,0318213	-0,0318
2008	7	25 869	-0,5	25604,31	265	265	70060,7961	0,0102439	0,010232
2009	8	24 236	0,5	25301,11	-1 065	1 065	1134459,312	0,0439429	-0,04395
2010	9	24 124	1,5	24997,91	-874	874	763718,6881	0,0362295	-0,03623
2011	10	23 576	2,5	24694,71	-1 119	1 119	1251512,064	0,0474635	-0,04745
2012	11	23 436	3,5	24391,51	-956	956	912999,3601	0,0407919	-0,04077
2013	12	23 724	4,5	24088,31	-364	364	132721,7761	0,0153431	-0,01536
2014	13	23 789	5,5	23785,11	4	4	15,1321	0,0001681	0,000164
2015	14	26 947	6,5	23481,91	3 465	3 465	12006848,71	0,1285857	0,128589
<b>Σ</b>		<b>356 338</b>	<b>x</b>	<b>356337,9</b>	<b>0</b>	<b>16 677</b>	<b>30820030,86</b>	<b>0,6413732</b>	<b>-0,04497</b>
						<b>641,423</b>	<b>1185385,802</b>	<b>0,0246682</b>	<b>-0,00173</b>

### Výpočet chyb odhadu parabolického trendu

						M.E.	M.A.E	M.S.E.	M.A.P.E.	M.P.E.
Období	t	$Y_{ij}$	$t_{ij}$	$t^2$	T	$y_i - T_i$	$ y_i - T_i $	$(y_i - T_i)^2$	$ y_i - T_i  / y_i$	$(y_i - T_i) / y_i$
2002	1	28 178	-6,5	42,25	29293,895	-1 116	1 116	1245221,651	0,039605	-0,0396
2003	2	28 362	-5,5	30,25	28127,415	235	235	55030,12222	0,008286	0,008271
2004	3	29 425	-4,5	20,25	27104,815	2 320	2 320	5383258,434	0,078845	0,078851
2005	4	24 936	-3,5	12,25	26226,095	-1 290	1 290	1664345,109	0,051732	-0,05174
2006	5	24 627	-2,5	6,25	25491,255	-864	864	746936,705	0,035083	-0,03509
2007	6	25 109	-1,5	2,25	24900,295	209	209	43557,77702	0,008324	0,008312
2008	7	25 869	-0,5	0,25	24453,215	1 416	1 416	2004447,166	0,054737	0,054729
2009	8	24 236	0,5	0,25	24150,015	86	86	7393,420225	0,003548	0,003548
2010	9	24 124	1,5	2,25	23990,695	133	133	17770,22302	0,005513	0,005526
2011	10	23 576	2,5	6,25	23975,255	-399	399	159404,555	0,016924	-0,01693
2012	11	23 436	3,5	12,25	24103,695	-668	668	445816,613	0,028503	-0,02849
2013	12	23 724	4,5	20,25	24376,015	-652	652	425123,5602	0,027483	-0,02748
2014	13	23 789	5,5	30,25	24792,215	-1 003	1 003	1006440,336	0,042162	-0,04217
2015	14	26 947	6,5	42,25	25352,295	1 595	1 595	2543084,037	0,05919	0,059179
$\Sigma$		356 338	x	227,5	356337,17	1	11 986	15747829,71	0,459937	-0,0231
							461	605685,7581	0,01769	-0,00089