

Vysoká škola ekonomická v Praze

Fakulta informatiky a statistiky

Studijní program: Kvantitativní metody v ekonomice

Studijní obor: Statistické metody v ekonomii



**ANALÝZA ČASOVÝCH ŘAD PRODUKCE KOMUNÁLNÍHO ODPADU
V ZEMÍCH EU**

Bakalářská práce

Autorka bakalářské práce: Klára Lupačová

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Karel Helman, Ph.D.

Akademický rok 2017/2018

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité prameny a literaturu, ze kterých jsem čerpala.

V Praze dne 10.ledna. 2018

.....

podpis

Poděkování

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu práce, panu Ing. Karlu Helmanovi Ph.D., za vedení mé bakalářské práce, za jeho cenné připomínky, rady a čas, který mi věnoval.

Abstrakt

Název práce: Analýza časových řad produkce komunálního odpadu v zemích EU

Autor: Klára Lupačová

Katedra: Katedra statistiky a pravděpodobnosti

Vedoucí práce: Ing. Karel Helman, Ph.D.

Tato bakalářská práce se zabývá analýzou časových řad produkce komunálního odpadu a měř recyklace v zemích EU v letech 1995–2015. Data byla získána z veřejné databáze Eurostatu. Cílem této bakalářské práce je získání základních informací o produkci komunálního odpadu a o míře recyklace v jednotlivých členských zemích Evropské Unie. Dalším cílem práce je odhadnout, zda bude do roku 2020 recyklováno minimálně 50 % z celkové produkce komunálního odpadu.

Práce se skládá ze dvou částí. První část (teoretická) se věnuje popisu použitých metod a druhá část (praktická) je věnována analýze časových řad.

Klíčová slova: komunální odpad, míra recyklace komunálního odpadu, EU, časové řady, analýza časových řad,

Abstract

Title: Analysis of time series of production of municipal waste in EU

Author: Klára Lupačová

Department: Katedra statistiky a pravděpodobnosti

Supervisor: Ing. Karel Helman, Ph.D.

The bachelor thesis is focused on analyzing time series of municipal waste production and time series of municipal waste recycling rate in EU during the period from 1995 to 2015. Data are from public Eurostat database. The objective of the thesis is to examine development of time series of production of municipal waste in EU. Another aim of thesis is to estimate whether at least 50 % of municipal waste will be recycled by 2020.

This thesis consist of two parts. The (theoretical) first part is devoted to the description of the statistical methods and second (practical) part is dedicated to the analysis of time series.

Key words: municipal waste, recycling rate of municipal waste, EU, times series, analysis of time series,

Obsah

Úvod	9
1 Vymezení základních pojmů	11
1.1 Definice odpadu, komunálního odpadu, recyklace a míry recyklace	11
1.2 Členské země EU	12
2 Vybrané statistické metody – teoretická část	13
2.1 Definice a členění časových řad	13
2.2 Základní charakteristiky časových řad	14
2.2.1 Míry polohy	15
2.2.2 Míry variability	15
2.3 Dekompozice časových řad	16
2.4 Analýza trendové složky	17
2.4.1 Trendové funkce	18
2.4.2 Exponenciální vyrovnávání	20
2.5 Výběr trendové funkce	21
2.5.1 Grafická analýza	21
2.5.2 Interpolační kritéria	22
2.5.3 Extrapoláční kritéria	26
3 Analýza produkce komunálního odpadu a míry recyklace v zemích EU – praktická část	28
3.1 Základní charakteristiky čas. řad produkce komunálního odpadu	29
3.2 Základní charakteristiky čas. řad míry recyklace	33
3.3 Analýza trendu čas. řad produkce komunálního odpadu	34
3.4 Analýza trendu čas. řad míry recyklace komunálního odpadu	41
3.5 Vyrovnané hodnoty míry recyklace komunálního odpadu	44
3.6 Srovnání míry recyklace	48
Závěr	49

Seznam použitých zkratk a symbolů

a_t	nesystematická složka
$\hat{a}_t, \hat{a}_{t-1}$	odhady nesystematické složky (rezidua)
b_0, b_1, b_2	odhady parametrů trendové složky
C_t	cyklická složka časové řady
DW	testové kritérium u Durbinova – Watsonova testu
F	testové kritérium u F -testu
H_0	testovaná hypotéza
H_1	alternativní hypotéza
k	zpoždění
k_t	koeficient růstu časové řady
$\bar{k}$	průměrný koeficient růstu časové řady
l	počet parametrů
r_k	autokorelační koeficient reziduí
R^2	index determinace
R_u^2	modifikovaný (upravený) index determinace
S_e	reziduální součet čtverců
S_y	teoretický součet čtverců
S_t	sezónní složka
s_{b_i}	odhad směrodatné chyby odhadu testovaného parametru
T	počet pozorování časové řady
t	časový index
T_t	trendová složka časové řady
$\hat{T}_t$	odhad hodnoty trendové složky časové řady v čase t

y_t	hodnota časové řady v čase t
$\hat{y}_t$	odhadnuté hodnoty trendu
$\bar{y}$	aritmetický průměr hodnot časové řady
$\bar{\Delta}$	průměrný absolutní přírůstek časové řady
α	hladina významnosti
$\beta_0, \beta_1, \beta_2$	parametry trendové složky
γ	vyrovnávací konstanta exponenciálního vyrovnávání
δ	vyrovnávací konstanta exponenciálního vyrovnávání
$\bar{\delta}$	průměrný relativní přírůstek časové řady
Σ	součet (suma) všech hodnot časové řady

Úvod

Produkce odpadů má bohužel obrovský negativní dopad na životní prostředí, ve kterém žijeme. Produkce odpadů způsobuje emise znečišťujících látek a skleníkových plynů, které přispívají ke změně klimatu. Produkce odpadů rovněž vede k nemalým úbytkům materiálů, přírodních zdrojů apod. Složení odpadu se mění. To znamená, že odpad produkovaný v dnešní době, obsahuje stále složitější a složitější kombinace materiálů. (COMMISSION, 2010)

EU má za cíl snížit ekologické a zdravotní dopady odpadu a zlepšit účinné využívání přírodních zdrojů. Dlouhodobým cílem EU je dosažení maximální míry recyklace komunálního odpadu a minimalizace těžby přírodních zdrojů. Správné nakládání s odpady je klíčovým prvkem pro zajištění účinného a efektivního využívání zdrojů a udržitelného růstu ekonomik v Evropě.

Odpadová politika EU se během posledních třech desetiletí měnila prostřednictvím řady plánů v oblasti životního prostředí a také pomocí řady právních předpisů, které si kladou za cíl snižování negativních dopadů na životní prostředí a na naše zdraví. (COMMISSION, 2010)

Tato bakalářská práce se zabývá analýzou ročních časových řad produkce komunálního odpadu v členských státech EU za období 1995–2015. Data byla získána z webových stránek evropského statistického úřadu Eurostat¹. Pro Chorvatsko a EU celkem jsou k dispozici data za období 2004–2015, pro Portugalsko za období 1995–2014, pro Irsko za období 1995–2012.

Hlavním cílem této bakalářské práce je prozkoumat časové řady produkce komunálního odpadu v zemích EU, zjistit jejich základní charakteristiky, dále najít trendové funkce, které co nejlépe vystihují vývoj těchto časových řad.

Druhou oblastí, které se práce věnuje, je recyklace komunálního odpadu. Druhým hlavním cílem práce je prozkoumat, zda státy EU směřují ke splnění cíle, který stanovila EU a který je pro všechny členské státy závazný, tj. že do roku 2020 bude recyklováno minimálně 50 % z vyprodukovaného komunálního. Pro tento účel byly získány časové řady míry recyklace komunálního odpadu. K dispozici jsou data za období 2000–2015. Pro období

¹ Zdroj: (<http://ec.europa.eu/eurostat/data/database>)

2016–2020 budou vypočteny odhady míry recyklace, aby se mohlo odhadnout, zda členské státy splní stanovený cíl. Předpovědi budoucího vývoje míry recyklace budou vypočteny tam, kde to bude smysluplné (časová řada bude obsahovat zřetelnou trendovou složku). Předpovědi budou vypočteny prostřednictvím trendových funkcí. U zbylých (ostatních) časových řad míry recyklace, ve kterých nebude zřetelná trendová složka, budou bodové předpovědi vypočteny s použitím exponenciálního vyrovňávání, konkrétně Holtova exponenciálního vyrovňávání. Dále bude ověřena moje domněnka, že míra recyklace u států, které byly dříve součástí tzv. východního bloku (tj. u Bulharska, České Republiky, Estonska, Litvy, Lotyšska, Maďarska, Polska, Rumunska a Slovenska) je na menší úrovni než u zakládajících členů EU (tj. u Belgie, Francie, Itálie, Lucemburska, Německa a Nizozemí).

Práce je rozdělena na dvě části: na teoretickou a praktickou část. Teoretická část (1. a 2. kapitola) obsahuje definice základních pojmů (odpad, komunální odpad, recyklace), dále jsou v této části popsány použité statistické metody. Druhá (praktická) část je věnována samotné analýze produkce komunálního odpadu a míry recyklace.

Ke zpracování dat použiji statistický software EViews 9 a tabulkový procesor MS Excel 2016.

1 Vymezení základních pojmů

Než bude provedena samotná analýza časových řad, tak je za potřebí vysvětlit základní pojmy (jako je např. odpad, komunální odpad, recyklace, míra recyklace, EU.), které se v této práci objevují.

1.1 Definice odpadu, komunálního odpadu, recyklace a míry recyklace

Pojem „odpady“ v rámci EU upravuje Směrnice evropského parlamentu a rady (ES) č. 98/2008 ze dne 19. listopadu 2008 o odpadech a o zrušení některých směrnic (dále jen směrnice č. 98/2008), kapitola 1 – Předmět a oblast působnosti, definice, článek 3 – Definice, takto: Odpadem „*je jakákoliv látka nebo předmět, kterých se držitel zbavuje nebo má v úmyslu se zbavit nebo se od něho požaduje, aby se jich zbavil.*“ Pojem „recyklace“ v EU rovněž upravuje směrnice č. 98/2008, kapitola 1 – Předmět a oblast působnosti, definice, článek 3 – Definice, takto: Recyklace „*je jakýkoli způsob využití, jímž je odpad znovu zpracován na výrobky, materiály nebo látky, ať pro původní nebo pro jiné účely. Zahrnuje přepracování organických materiálů, ale nezahrnuje energetické využití a přepracování na materiály, které mají být použity jako palivo nebo jako zásypový materiál.*“ Pojem „komunální odpad“ upravuje Směrnice evropského parlamentu a rady (ES) č. 31/1999 ze dne 26. dubna 1999 o skládkování odpadu, Článek 2 – Definice, takto: „*Komunálním odpadem je odpad z domácností a jiný odpad, který vzhledem ke své povaze nebo složení; je podobný odpadu z domácností.*“

Pojem „odpady“ v České republice upravuje Zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů č. 185/2001 Sb. (dále jen zákon č. 185/2001 Sb.) část 1. – Základní ustanovení, § 3 – Pojem odpad takto: „*Opad je každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit.*“ Pojem „komunální odpad“ v ČR upravuje rovněž zákon č. 185/2001 Sb., část 1. – Základní ustanovení, § 4 – Další základní ustanovení takto: „*Komunálním odpadem je 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.*“ Pojem „recyklace“ v ČR upravuje rovněž zákon č. 185/2001 Sb., část 1 – Základní ustanovení, § 4 – Další základní ustanovení takto: „*Recyklací odpadu je jakýkoli způsob využití odpadů, kterým je odpad*

znovu zpracován na výrobky, materiály nebo látky pro původní nebo jiné účely jejich použití, včetně přepracování organických materiálů; recyklací odpadů není energetické využití a zpracování na výrobky, materiály nebo látky, které mají být použity jako palivo nebo zásypaný materiál. “

Jak je vidět, tak české právní normy, které řeší odpadovou politikou, jsou převzaty ze směrnic vytvořených EU.

Pro účely této bakalářské práce se mírou recyklace rozumí podíl recyklovaného komunálního odpadu na celkovém množství vyprodukovaného komunálního odpadu.

Recyklace snižuje množství odpadu, který končí bez dalšího využití na skládkách. Zároveň také recyklace snižuje množství materiálu, který je zapotřebí k výrobě a který pochází z přírodních zdrojů. EU je závislá na dovozu surovin. Recyklace právě přispívá ke snížení dovozu těchto surovin a také ke snížení peněžních prostředků, které jsou na dovoz surovin použity. (COMMISSION, 2010)

Východní blok bylo označení států, které byly součástí Sovětského svazu během studené války. Součástí východního bloku bylo Bulharsko, Československo, Maďarsko, Polsko, Rumunsko, Sovětský svaz (součástí bylo Estonsko, Litva a Lotyšsko) a Východní Německo.

1.2 Členské země EU

EU je hospodářsko-politické společenství, které zastřešuje celkem 28 členů (viz. Tabulka 1.1 – Členské státy EU, která je v příloze). EU (dříve se nazývalo Evropské hospodářské společenství) byla založena v roce 1958. Zakládajícími členy EU byly: Belgie, Francie, Německo, Itálie, Lucembursko a Nizozemí. (EUROPEAN COMMISSION)

2 Vybrané statistické metody – teoretická část

2.1 Definice a členění časových řad

Podstatu analýzy časových řad vystihuje následující tvrzení. „*Vývoj sledovaného ukazatele v čase je nedílnou součástí řady analýz. Na základě poznání minulosti je možné pochopit zákonitosti v, chování“ sledovaného ukazatele a na jejich základě usuzovat o vývoji ukazatele do budoucnosti.*“ (Řezanková, Löster 2012, s.59)

Časová řada je posloupnost věcně a prostorově srovnatelných dat (hodnot) sledovaného ukazatele, které jsou uspořádány chronologicky v čase (tj. směrem od minulosti do přítomnosti). Tato práce se zabývá analýzou ročních časových řad produkce komunálního odpadu a míry recyklace. (Arlt a Arltová 2009, s.11)

Časové řady se dají dělit podle několika různých hledisek. Zde je uvedeno nejčastější členění časových řad. Jedním z nich je členění podle časového období:

- okamžikové – jsou řady ukazatelů, jejichž hodnoty se vztahují k časovému okamžiku, hodnoty nejsou závislé na délce časového intervalu (např. počet zaměstnanců podniku k poslednímu dnu v měsíci).
- intervalové – jsou to řady ukazatelů, jejichž hodnoty jsou závislé na délce časového intervalu (např. objem prodaného zboží na prodejně, objem tržeb za prodané zboží).

Podle délky intervalu (podle periodicity):

- krátkodobé – hodnoty ukazatele jsou zjišťovány za období kratší než 1 rok (např. výše hrubé mzdy za měsíc červen). Jedná se především o měsíční, čtvrtletní a týdenní časové řady.
- dlouhodobé – hodnoty ukazatele jsou zjišťovány za období jednoho roku či delší (např. roční výše HDP).

Podle druhu sledovaného ukazatele:

- prvotní (primární) ukazatel – hodnoty, které jsou zjišťovány přímo (např. počet strojů v podniku).
- odvozené (sekundární) ukazatel – jedná se o poměrové ukazatele, které vznikly z odvozených charakteristik.

Podle způsobu vyjádření:

- naturální jednotky – hodnoty jsou uvedeny v naturálních jednotkách (např. v kg, l apod.)
- peněžní jednotky – hodnoty jsou uvedeny v peněžních jednotkách (např. v Kč apod.). (Hindls a kol., 2007, s. 246)

V této bakalářské práci se používá nejběžnější označení pro (hodnoty)časové řady y_t , kde t je časový index, který bude nabývat hodnot z intervalu od 1 do T , (tj. $t = 1, 2, \dots, T$), kde T je označení pro počet pozorování. (Řezanková, Löster 2012, s. 59)

Časové řady produkce komunálního odpadu a míry recyklace, které jsou použity v této bakalářské práci, jsou roční, jedná se o dlouhodobé časové řady. Sledovanými ukazateli jsou produkce komunálního odpadu a míra recyklace, v obou případech se jedná o intervalové časové řady. V případě produkce komunálního odpadu jedná se o časové řady primárních (prvotních) ukazatelů. V případě míry recyklace jedná se o časové řady odvozených (sekundárních) ukazatelů. Hlavní jednotkou časových řad produkce komunálního odpadu jsou tisíce tun, tedy jedná se o časové řady naturálních ukazatelů. V případě časových řad míry recyklace hlavní jednotkou jsou procentní body, se jedná rovněž o časové řady naturálních ukazatelů.

2.2 Základní charakteristiky časových řad

Při práci s časovými řadami se zjišťují jejich základní charakteristiky, které nám přibližují chování časové řady. Bezesporu jejich největší výhodou je to, že jsou snadno interpretovatelné. Další výhodou základních charakteristik je to, že se počítají pomocí jednoduchých vzorců. Mezi tyto charakteristiky patří míry polohy a dynamiky. V případě této bakalářské práce se využije prostý aritmetický průměr jako míra polohy, neboť se jedná o intervalové časové řady. Jako míry dynamiky se v případě této práce použijí průměrný absolutní přírůstek, průměrný koeficient růstu a průměrný relativní přírůstek.

2.1.1 Míry polohy

Mezi míry polohy lze zařadit aritmetický průměry, který se vypočítá pomocí následujícího vzorce:

$$\bar{y} = \frac{\sum_{t=1}^T y_t}{T}. \quad (1.1)$$

2.1.2 Míry dynamiky

Mezi míry dynamiky se řadí průměrný absolutní přírůstek, který se vypočítá pomocí následujícího vzorce:

$$\bar{\Delta} = \frac{y_T - y_1}{t - 1} \quad (1.2)$$

Jak je vidět ze vzorce (1.2). Jedná se o průměrnou změnu (tj. o přírůstek nebo pokles) u hodnot celé časové řady. Slabinou průměrného absolutního přírůstku je to, že je ovlivněn pouze první a poslední hodnotou časové řady.

Další mírou dynamiky, která je použita v této bakalářské práci, je průměrný koeficient růstu, který se vypočítá pomocí následujícího vzorce:

$$\bar{k} = \sqrt[t-1]{\prod_{t=2}^T k_t} = \sqrt[t-1]{\frac{y_T}{y_1}} \quad (1.3)$$

, kde k_t je koeficient růstu, který se vypočítá jako podíl hodnot sledovaného ukazatele (v případě této práce jsou sledovanými ukazateli produkce komunálního odpadu a míra recyklace komunálního odpadu) ve dvou po sobě následujících obdobích. Průměrný koeficient růstu je geometrický průměr koeficientů růstu (k_t). Pomocí něj se zjišťuje průměrný procentuální přírůstek (úbytek). Slabinou průměrného koeficientu růstu je to, že je ovlivněn (jako tomu bylo v případě průměrného absolutního přírůstku) pouze první a poslední hodnotou časové řady.

Poslední mírou variability, která se v této bakalářské práci objevuje, je průměrný relativní přírůstek, který se vypočítá pomocí následujícího vzorce:

$$\bar{\delta} = \bar{k} - 1. \quad (1.4)$$

Jedná se o průměrnou procentuální změnu (tedy o pokles nebo přírůstek). (Řezanková, Löster 2012, s. 61)

2.3 Dekompozice časových řad

Časovou řadu lze rozložit až na čtyři tzv. složky (na trendovou, cyklickou, sezónní a nesystematickou). První tři jmenované složky tvoří tzv. systematickou část časové řady.

- 1) Trendová složka (T_t) – vyjadřuje dlouhodobý vývoj zkoumané časové řady.
- 2) Sezónní složka (S_t) – představuje pravidelné kolísání hodnot kolem trendu, toto kolísání má periodicitu kratší nebo rovnou jednomu roku.
- 3) Cyklická složka (C_t) – vyjadřuje periodické kolísání kolem trendu s periodicitou delší než jeden rok.
- 4) Nesystematická složka (a_t) – je tvořena nahodilými a jinými nesystematickými výkyvy

Rozlišují se dva typy dekompozice časové řady, a to:

- a) aditivní (součtová) dekompozice – v tomto případě se jedná o součet jednotlivých složek časové řady, který lze vyjádřit podle následujícího vzorce:

$$y_t = T_t + C_t + S_t + a_t, \quad (1.5)$$

kde $t = 1, 2, \dots, T$.

- b) multiplikativní (součinná) dekompozice – v tomto případě se jedná o součin jednotlivých složek časové řady, který lze vyjádřit podle následujícího vzorce:

$$y_t = T_t \cdot C_t \cdot S_t \cdot a_t, \quad (1.6)$$

kde $t = 1, 2, \dots, T$.

Při aditivní dekompozici jsou jednotlivé složky časové řady ve stejných měrných jednotkách jako původní časová řada. Používá se v případě, že variabilita hodnot časové řady je přibližně konstantní v čase.

Při multiplikativní dekompozici je trendová složka časové řady ve stejných měrných jednotkách jako původní časová řada. Ostatní složky časové řady (tj. cyklická, sezónní a nesystematická) jsou v relativním vyjádření. Využívá se v případě, kdy se variabilita časové řady v čase mění. (Arlt a kol., 2002, s. 20)

„Trend odráží dlouhodobé změny v průměrném chování časové řady, resp. obecnou tendenci vývoje zkoumaného jevu za dlouhé období.“ Trend tedy může mít různý charakter, např. může mít rostoucí, nebo klesající tendenci. Dále také může být strmý nebo mírný, anebo se dokonce může v průběhu času měnit. (Arlt a Arltová, 2009, s. 13)

2.4 Analýza trendové složky

Mezi metody popisu trendu patří:

- a) trendové funkce – trend je modelován pomocí matematické funkce.
- b) adaptivní metody – trend je modelován pomocí funkcí časové proměnné s parametry, které jsou proměnlivé v čase. Mezi tyto metody analýzy trendu patří klouzavé průměry a exponenciální vyrovnávání.

Modelování trendu pomocí trendových funkcí se používá, pokud vývoj časové řady odpovídá určité funkci (např. lineární, kvadratické, exponenciální, S-křivce apod.) Modelování trendu pomocí adaptivních metod se používá, je-li vývoj řady v důsledku silného vlivu nesystematické složky nerovnoměrný, nebo má extrémní hodnoty. (Arlt a kol. 2002, s. 21)

2.4.1 Trendové funkce

Při modelování trendu pomocí trendových funkcí se předpokládá, že časová řada obsahuje pouze trendovou a nesystematickou složku (tj. že neobsahuje žádnou sezónnost ani cykličnost):

$$y_t = T_t + a_t, \quad (1.7)$$

kde

- a) T_t je systematická složka, kterou lze vyjádřit pomocí matematické funkce.
- b) a_t je nesystematická složka, která má vlastnosti procesu bílého šumu²

(Arlt a kol. 2002, s. 21)

Jednotlivé trendové funkce:

1. Konstantní trend

Konstantní trend (konstanta) má následující tvar:

$$T_t = \beta_0, \quad (1.8)$$

Odhad (označuje se jako b_0) parametru β_0 se získá metodou nejmenších čtverců (MNC), jako:

$$b_0 = \bar{y} = \frac{\sum_{t=1}^T y_t}{T}. \quad (1.9)$$

Odhad trendu v čase t má tudíž následující tvar

$$\hat{T}_t = \bar{y}. \quad (1.10)$$

² Bílý šum – $E(a_t) = 0$, $D(a_t) = \sigma_a^2$, $\text{cov}(a_t, a_{t-k}) = 0$, $a_t \sim N(0, \sigma_a^2)$ tj., že náhodné veličiny a_t pocházejí z normálního rozdělení, mají nulovou střední hodnotu, konstantní rozptyl a jsou vzájemně lineárně nezávislé, k je tzv. zpoždění.

2. Lineární trend

Lineární trendová funkce (přímka) má následující tvar:

$$T_t = \beta_0 + \beta_1 t, \quad t = 1, 2, \dots, T. \quad (1.11)$$

Parametry lineárního trendu β_0 a β_1 se odhadují metodou nejmenších čtverců (MNČ) podle následujících vztahů:

$$b_0 = \bar{y} - b_1 \bar{t}, \quad (1.12)$$

$$b_1 = \frac{\sum_{t=1}^T t y_t - \bar{t} \sum_{t=1}^T y_t}{\sum_{t=1}^T t^2 - T(\bar{t})^2}, \quad (1.13)$$

kde

$$\bar{t} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T t = \frac{T+1}{2}. \quad (1.14)$$

Odhad lineárního trendu se vypočítá podle následujícího vzorce

$$\hat{T}_t = b_0 + b_1 t. \quad (1.15)$$

3. Kvadratický trend

Parabolická trendová funkce (parabola) má následující podobu:

$$\hat{T}_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 t^2. \quad t = 1, 2, \dots, T. \quad (1.16)$$

Parametry kvadratického trendu β_0 , β_1 a β_2 se odhadují metodou nejmenších čtverců (MNČ).

Odhad kvadratického trendu tedy je

$$\hat{T}_t = b_0 + b_1 t + b_2 t^2. \quad (1.17)$$

4. Hyperbolický trend

Hyperbolická trendová funkce (hyperbola) má následující tvar

$$\hat{T}_t = \beta_0 + \frac{\beta_1}{t}, \quad t = 1, 2, \dots, T. \quad (1.18)$$

Parametry hyperbolického trendu β_0 a β_1 se odhadují metodou nejmenších čtverců (MNC).

Odhad hyperbolického trendu dostanu ve tvaru

$$\hat{T}_t = b_0 + \frac{b_1}{t}. \quad (1.19)$$

2.4.2 Exponenciální vyrovnávání

Tato metoda modelování trendu patří mezi adaptivní metody. Je založena na tom, že trend časové řady se modeluje pomocí funkce s parametry, které jsou v čase proměnlivé (na rozdíl od trendových funkcí z přechozí podkapitoly) Slouží k výpočtu krátkodobých předpovědí.

Podle Cipry při této metodě modelování trendu se uvažuje, že: „*Vyrovnaná hodnota je zde zvláštním případem klouzavého průměru, kdy všechny dosud pozorované hodnoty vyrovnávané řady vážíme do minulosti exponenciálně klesajícími vahami.*“ (Cipra 2008, s.188)

Při této metodě vyrovnávání je uvažována vyrovnávací konstanta δ , která nabývá hodnot z intervalu $\langle 0,1 \rangle$. Pokud je vyrovnávací konstanta δ blízká hodnotě 1, tak vliv minulých pozorování slábne velmi rychle, pokud je vyrovnávací konstanta δ naopak blízká hodnotě 0, tak vliv minulých pozorování slábne velmi pomalu.

Pro potřeby této práce se uvažuje pouze Holtovo lineární exponenciální vyrovnávání. Existují další typy exponenciálního vyrovnávání např. jednoduché exponenciální vyrovnávání, dvojité exponenciální vyrovnávání a trojitě exponenciální vyrovnávání.

Holtovo lineární exponenciální vyrovňování

Tato metoda exponenciálního vyrovňání je založena na principu vyrovňování lokálních lineárních trendů v čase. Při této metodě vyrovňování se uvažují dvě vyrovňovací konstanty, a to konstanta δ , která slouží pro adaptivní odhad úrovně lineárního trendu β_0 v čase t , a konstanta γ , která slouží pro odhad směrnice β_1 lineárního trendu v čase t .

Parametry se odhadují podle následujícího vztahu:

$$\begin{aligned} b_{0,t} &= (1 - \delta)y_t + \delta(b_{0,t-1} + b_{1,t-1}), \\ b_{1,t} &= \gamma(b_{0,t} - b_{0,t-1}) + (1 - \gamma)b_{1,t-1}, \end{aligned} \quad (1.20)$$

Kde $b_{0,t}$ je odhad úrovně lineárního trendu v čase t , $b_{1,t}$ je odhad směrnice lineárního trendu v čase t , $b_{0,t-1}$ je odhad úrovně lineárního trendu v čase $t-1$, $b_{1,t-1}$ je odhad směrnice lineárního trendu v čase $t-1$.

2.5 Výběr trendové funkce

Z výše uvedených trendových funkcí se vybírá ta, která (relativně) nejlépe vystihuje trend časové řady. K výběru té (relativně) nejvhodnější trendové funkce se používají následující kritéria:

- Grafická analýza
- Interpolační kritéria
- Extrapolační kritéria

2.5.1 Grafická analýza

Prostřednictvím grafické analýzy se zjišťuje tzv. předběžný výběr funkce. Tato metoda se provádí pomocí popisných charakteristik časové řady (např. pomocí absolutních přírůstků nebo také koeficientů růstu dané časové řady). Tato metoda je dosti subjektivní, protože záleží na konkrétní osobě, která analýzu provádí.

2.5.2 Interpolační kritéria

Když jsou odhadnuty parametry modelu trendu časové řady y_t , pro $t = 1, \dots, T$, např. pomocí metody nejmenších čtverců (MNC), tak se zjišťuje, jak přesně tento model vystihuje skutečnou časovou řadu, tj. se zkoumá charakter rozdílů skutečných (napozorovaných) hodnot y_t ukazatele a vyrovnaných $\hat{y}_t$ (resp. odhadnutých hodnot trendu, které se značí jako $\hat{T}_t$) v čase $t = 1, 2, \dots, T$. Tyto rozdíly se nazývají rezidua $\hat{a}_t$ a jedná se o odhady nesystematické složky a_t :

$$y_t - \hat{y}_t = y_t - \hat{T}_t = \hat{a}_t, \quad (1.21)$$

Mezi interpolační kritéria patří:

- Míry přesnosti vyrovnaní
- Durbinův – Watsonův test
- Reziduální autokorelační funkce (ACF)
- Index determinace R^2 a modifikovaný index determinace R_u^2
- Celkový F -test o modelu
- Dílčí t -testy pro parametry modelu

1) Míry přesnosti vyrovnavání

K mírám přesnosti vyrovnavání lze zařadit např. průměrnou chybu, průměrnou absolutní chybu apod. V případě této bakalářské práce se použije průměrná čtvercová chyba (MSE), která se vypočítá podle následujícího vzorce:

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^T (y_t - \hat{y}_t)^2}{T} = \frac{\sum_{t=1}^T \hat{a}_t^2}{T}, \quad (1.22)$$

kde y_t je skutečná (napozorovaná) hodnota ukazatele v čase t , $\hat{y}_t$ vyrovnaná (odhadnutá) hodnota časové řady v čase t , jsou rezidua (tj. odhady nesystematické složky a_t) a T je počet pozorování (tj. délka časové řady).

Při výběru (relativně) nejlepší trendové funkce se zvolí ta trendová funkce, která má nejmenší MSE, protože chyba je vzdálenost skutečných (napozorovaných) hodnot od vyrovnaných hodnot (tj. od odhadnutých hodnot trendu). Hodnota MSE bude vždy nižší pro model s vyšším počtem parametrů (tj. např. pro parabolu bude vždy nižší, než pro lineární trend). V programu EViews je odmocnina z této chyby, která je označována jako RMSE.

2) Durbinův – Watsonův test (DW test)

Pomocí tohoto testu se zjišťuje, zda v nesystematické složce (resp. v reziduích) je (či není) přítomna autokorelace prvního řádu (tedy autokorelace ve zpoždění 1), která je vždy nežádoucí. (např. v případě autokorelovaných reziduí se usuzuje, že testy o parametrech nejsou validní). Testuje se tedy následující hypotéza:

H_0 : autokorelace reziduí ve zpoždění jedna není,

H_1 : autokorelace reziduí ve zpoždění jedna je.

Testové kritérium DW testu má následující tvar:

$$DW = \frac{\sum_{t=2}^T (\hat{a}_t - \hat{a}_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^T \hat{a}_t^2}, \quad (1.23)$$

kde $\hat{a}_t$ a $\hat{a}_{t-1}$ jsou rezidua a T je počet pozorování.

Testové kritérium DW testu nabývá hodnot z intervalu $\langle 0, 4 \rangle$. Rozhodnutí o výsledku testu lze orientačně interpretovat takto:

- pokud je hodnota testového kritéria DW testu blízko hodnoty 2, tak v tomto případě se nezamítá testovaná hypotéza H_0 (že autokorelace ve zpoždění jedna přítomna není).
- pokud je hodnota testového kritéria DW testu blízko hodnoty 0 nebo 4, tak v tomto případě se naopak zamítá testovaná hypotéza H_0 ve prospěch alternativní hypotézy H_1 (tj. přijímá se hypotéza, že rezidua jsou ve zpoždění 1 autokorelovaná).

3) Reziduální autokorelační funkce (ACF)

Pomocí reziduální autokorelační funkce se zjišťuje také autokorelace reziduí jiného než prvního řádu. Pomocí grafu (korelogramu), ve kterém jsou zobrazeny koeficienty autokorelace reziduí, se zjišťuje, zda nesystematická složka je autokorelovaná či nikoliv. V případě, že žádný výběrový autokorelační koeficient (r_k) nepřekračuje kritické hodnoty individuálních testů o nulovosti autokorelačního koeficientu ve zpoždění k ($-2/\sqrt{T}, 2/\sqrt{T}$), tak se nezamítá hypotéza, že nesystematická složka není autokorelovaná. Šířka intervalu vymezeného kritickými hodnotami je závislá na délce časové řady. Čím je časová řada kratší, tím je interval širší. Naopak čím je časová řada delší, tím je interval užší. Autokorelační koeficient reziduí (r_k) ve zpoždění k je definována následujícím vztahem:

$$r_k = \frac{\sum_{t=k+1}^T \hat{a}_t \hat{a}_{t-k}}{\sum_{t=1}^T \hat{a}_t^2} \in \langle -1, 1 \rangle. \quad (1.24)$$

4) Index determinace R^2 a modifikovaný index determinace R_u^2

Pomocí indexu determinace se zjišťuje, jak model vystihuje průběh časové řady. Index determinace se vypočítá pomocí následujícího vzorce:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T (y_t - \hat{y}_t)^2}{\sum_{t=1}^T (y_t - \bar{y})^2} \in \langle 0, 1 \rangle, \quad (1.25)$$

kde T je počet pozorování, y_t hodnota časové řady v čase t , $\bar{y}$ aritmetický průměr hodnot časové řady, $\hat{y}_t$ vyrovnaná hodnota časové řady v čase t a T je počet pozorování.

Index determinace R^2 nabývá hodnot z intervalu od 0 do 1. Čím je hodnota indexu determinace bližší jedné, tím lépe odhadnutý model vystihuje trend časové řady. Naopak, čím je hodnota indexu determinace bližší k nule, tak tím hůře odhadnutý model vystihuje trend časové řady.

Koeficient determinace je závislý na počtu parametrů. S rostoucím počtem parametrů trendové funkce roste hodnota indexu determinace. Tento nedostatek odstraňuje modifikovaný index determinace, který má následující tvar

$$R_u^2 = R^2 - \frac{(1 - R^2)(l - 1)}{T - l} \quad (1.26)$$

kde l je počet parametrů modelu trendové funkce, T počet pozorování a R^2 je index determinace. Upravený index determinace nabývá hodnot z intervalu -1 až 1.

5) Celkový F -test o modelu

Pomocí tohoto testu se zjišťuje, zda alespoň jeden z parametrů trendové funkce, s výjimkou konstanty, je nenulový (tj. zda, je vhodné tento model použít k modelování trendu.). Zamítnutí testované hypotézy lze interpretovat tak, že model je vhodné použít. Testuje se hypotéza:

$$H_0: \beta_0 = c, \beta_1 = 0, \dots, \beta_{l-1} = 0$$

$$H_1: \text{non } H_0.$$

Testové kritérium má následující tvar:

$$F = \frac{\frac{S_y}{l-1}}{\frac{S_e}{T-l-1}} \sim F(l-1, T-l-1) \quad (1.27)$$

kde, l je počet parametrů modelu, T je počet pozorování, S_y je tzv. teoretický součet čtverců, který se vypočítá podle následujícího vzorce:

$$S_y = \sum_{t=1}^T (\hat{y}_t - \bar{y})^2 \quad (1.28)$$

a S_e je tzv. reziduální součet čtverců, který se vypočítá podle následujícího vzorce:

$$S_e = \sum_{t=1}^T (y_t - \hat{y}_t)^2. \quad (1.29)$$

Testové kritérium se řídí Fisherovým-Snedecorovým rozdělením (zkráceně F -rozdělením) s $(l - 1)$ a $(T - l - 1)$ stupni volnosti, kde l je počet parametrů modelu a T je počet pozorování. Test je validní v případě, že rezidua nejsou autokorelovaná.

6) Dílčí t-testy pro parametry modelu

Pomocí t -testu se zjišťuje, zda parametry modelu jsou statisticky významné (daná proměnná do modelu patří). Pokud se zamítne nulová hypotéza, výsledek lze interpretovat tak, že příslušná vysvětlující proměnná do modelu patří. V opačném případě, tedy pokud se nezamítne testovaná hypotéza, pak, že parametr je statisticky nevýznamný (tj. daná proměnná do modelu nepatří). Testuje se hypotéza:

H_0 : parametr je nulový,

H_1 : non H_0 (parametr modelu je nenulový).

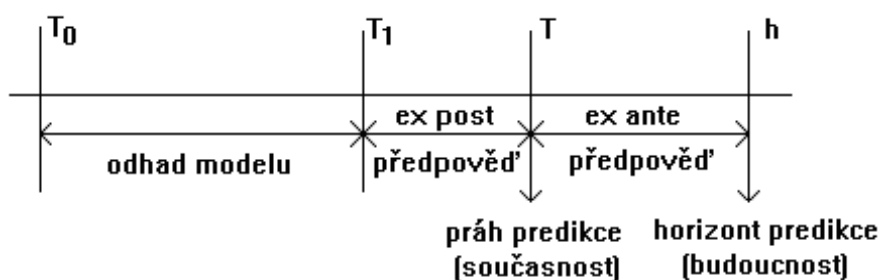
Testové kritérium má následující tvar:

$$t = \frac{b_i}{s_{b_i}} \sim t(T - l), \quad (1.30)$$

kde b_i je odhad parametru modelu (trendové funkce), s_{b_i} je odhad směrodatné chyby odhadu testovaného parametru. Testové kritérium má Studentovo t rozdělení s $(T-l)$ stupni volnosti. Test je validní pouze v případě, že rezidua nejsou autokorelovaná. (Arlt a kol., 2002, s.27-29)

2.5.3 Extrapoláční kritéria

Tato kritéria vycházejí z principu, že časovou řadu je možné rozdělit na dvě části. První část řady se označí jako T_1 . Tato část slouží k výběru modelu trendu, odhadu jeho parametrů a ověření vhodnosti trendu pomocí interpolačních kritérií. Druhá část má $T_2 = T - T_1$ pozorování a používá se k předpovědi známé skutečnosti (tj. prognózy “ex post”) a pro ověření její přesnosti. Pro stanovení poměru mezi T_1 a T_2 se nejčastěji používá poměr zhruba 80 % a 20 %. Tento poměr rovněž použijí i v této práci. (Arlt a kol., 2002, s.30)



Obrázek 2.1: Extrapolační kritéria³

Chowův předpovědní test

Jako reprezentanta extrapolačních kritérií se využije Chowův předpovědní test. Pomocí tohoto testu se zjišťuje, zda je zvolený model trendu vhodný pro tvorbu předpovědí. Testuje se hypotéza:

H_0 : vektor parametrů β je konstantní,

H_1 : non H_0 (vektor parametrů není β konstantní).

Nulovou hypotézu lze chápat jako neexistenci strukturálních změn před a po začátku předpovědního období. Zamítnutí nulové hypotézy lze interpretovat tak, že model není vhodné použít pro tvorbu předpovědí.

³ Použito ze studijních materiálů k přednáškám z předmětu 4ST301 – Statistické metody 1 od doc. Ing. Markéty Arltové, Ph.D.

3 Analýza časových řad produkce komunálního odpadu a míry recyklace v zemích EU – praktická část

V této kapitole bakalářské práce je provedena analýza ročních časových řad produkce komunálního odpadu v jednotlivých členských státech EU za období 1995–2015. Pro Chorvatsko a EU celkem jsou k dispozici data za období 2004–2015, pro Portugalsko za období 1995–2014 a pro Irsko za období 1995–2012. Data byla získána z evropského statistického úřadu EUROSTAT. V této části se vypočítají základní charakteristiky časové řady produkce komunálního odpadu. Pomocí grafické analýzy a extrapolačních kritérií se vybere model, který relativně nejlépe vystihuje trend časové řady produkce komunálního odpadu v jednotlivých členských zemích EU a EU celkem.

Dále tato část obsahuje analýzu časových řad míry recyklace v jednotlivých členských zemích EU za období 2000–2015. Pro Chorvatsko a EU celkem jsou k dispozici data za období 2007–2015, pro Portugalsko za období 2000–2014 a pro Irsko za období 2000–2012. Data byla rovněž získána z evropského statistického úřadu EUROSTAT. Pro časové řady míry recyklace se vypočítají základní charakteristiky. Pomocí grafické analýzy

a extrapolačních kritérií se vybere model, který nejlépe vystihuje trend časové řady míry recyklace. Pomocí vybraného trendu časové řady vypočítám předpovědi hodnot míry recyklace za období 2016–2020. V případě, že nevyberu vhodný trend časové řady míry recyklace, tak v tomto případě budoucí hodnoty míry recyklace se vypočítají pomocí Holtova exponenciálního vyrovnávání.

3.1 Základní charakteristiky časových řad produkce komunálního odpadu v členských zemích EU a EU celkem

Představu o tom, jak vypadá průběh časové řady produkce komunálního odpadu, lze získat např. pomocí grafického znázornění nebo pomocí základních charakteristik časové řady.

Obrázek č. 3.1 znázorňuje průběh roční časové řady produkce komunálního odpadu v letech 2004–2015 za celou EU. Na první pohled je patrné, že množství vyprodukovaného komunálního odpadu v období 2004–2007 rostlo. V roce 2007 se v celé EU vyprodukovalo nejvyšší množství komunálního odpadu za celé sledované období. Produkce komunálního odpadu v tomto roce činila 261 430 tisíc tun. V letech 2008–2013 dochází ke snižování produkce komunálního odpadu. V roce 2013 se vyprodukovalo nejnižší množství komunálního odpadu za celé sledované období. Produkce komunálního odpadu v tomto roce činila 242 039 tisíc tun. V letech 2014–2015 dochází k ustálení produkce komunálního odpadu.



Obrázek 3.1: Produkce komunálního odpadu v EU celkem za období 2004–2015 v milionech tun

Tabulka 3.1: Základní charakteristiky produkce komunálního odpadu (v tis. tun) v členských zemích EU a EU celkem za období 1995–2015, pro Chorvatsko a EU_28 za období 2004–2015, pro Portugalsko za období 1995–2014 a pro Irsko za období 1995–2012

Země	Σ	$\bar{y}$	$\bar{\Delta}$	$\bar{k}$	$\bar{\delta}$
AT	97 875	4 661	68,00	1,016647	0,016647
BE	102 576	4 885	4,75	1,001020	0,001020
BG	91 921	4 377	-141,35	0,967436	-0,032564
CY	10 418	496	7,70	1,016891	0,016891
CZ	66 012	3 143	10,85	1,003368	0,003368
DE	1 057 200	50 343	7,60	1,000149	0,000149
DK	81 070	3 860	88,00	1,025226	0,025226
EE	10 891	519	-3,00	0,994046	-0,005954
EL	100 011	4 762	102,45	1,025053	0,025053
ES	85 954	4 093	48,60	1,012635	0,012635
EU_28	3 023 430	251 953	-958,18	0,996136	-0,003864
FI	52 823	2 515	31,45	1,013136	0,013136
FR	683 953	32 569	257,30	1,008401	0,008401
HR	19 621	1 635	31,18	1,021353	0,021353
HU	93 505	4 453	-52,00	0,987726	-0,012274
IE	47 956	2 664	49,71	1,022397	0,022397
IT	626 829	29 849	187,20	1,006803	0,006803
LT	28 201	1 343	-12,30	0,991372	-0,008628
LU	6 479	309	5,80	1,019910	0,019910
LV	14 830	706	7,05	1,009769	0,009769
MT	4 769	227	6,15	1,031027	0,031027
NL	195 989	9 333	25,90	1,003018	0,003018
PL	242 109	11 529	-6,10	0,999442	-0,000558
PT	93 561	4 678	62,16	1,015309	0,015309
RO	147 209	7 010	-143,15	0,977238	-0,022762
SE	688 945	32 807	133,35	1,004423	0,004423
SI	20 888	995	-13,00	0,987703	-0,012297
SK	32 483	1 547	10,20	1,006090	0,006090
UK	501 793	23 895	3,75	1,000186	0,000186

Zdroj: Eurostat, vlastní výpočty a zpracování v MS Excel

V tabulce č. 3.1 jsou ukázány základní charakteristiky jako je suma (jedná se o součet všech hodnot časové řady produkce komunálního odpadu), aritmetický průměr (vypočten pomocí vzorce 1.1), průměrný absolutní přírůstek (vypočten pomocí vzorce 1.2), průměrný koeficient růstu (vypočten pomocí vzorce 1.3) a průměrný relativní přírůstek (vypočten pomocí vzorce 1.4) produkce komunálního odpadu v jednotlivých členských zemích EU a EU celkem.

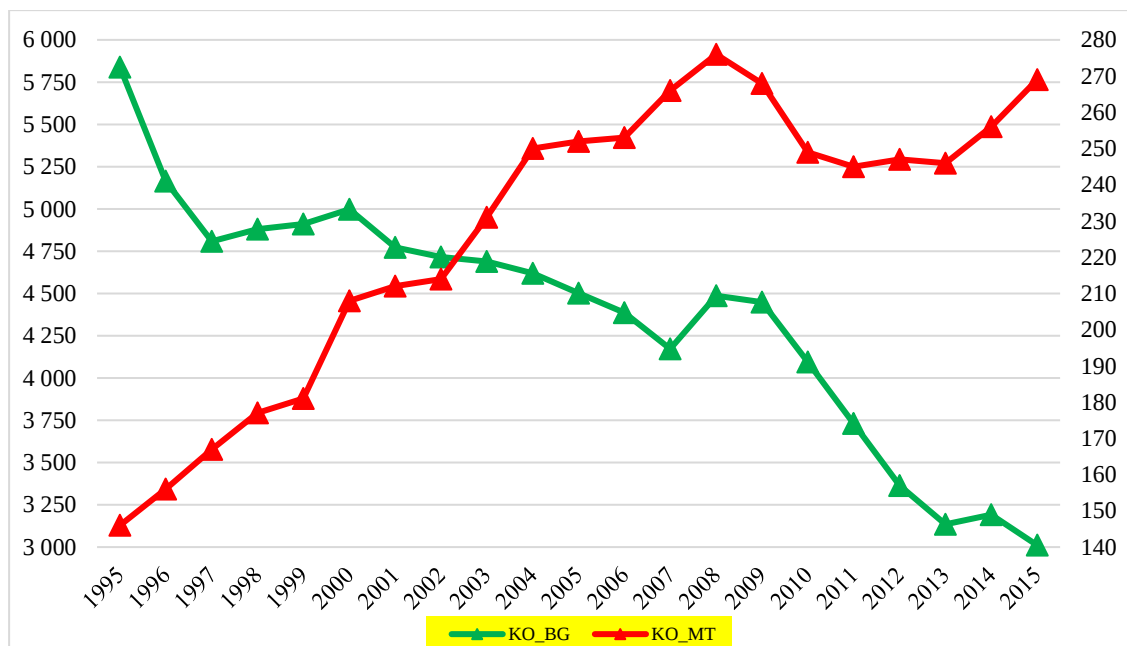
Např. pro časovou řadu produkce komunálního odpadu na území celé EU se dají vypočtené základní charakteristiky interpretovat takto:

- Suma = 3 023 430 tis. tun komunálního odpadu → Celkové vyprodukované množství komunálního odpadu na území EU je 3 023 430 tis. tun za sledované období. (tj. za období 2004–2015).
- Aritmetický průměr = 251 953 tis. tun komunálního odpadu → Průměrně se každý rok v EU vyprodukovalo 251 953 tis. tun komunálního odpadu.
- Průměrný absolutní přírůstek = - 958,18 tis. tun komunálního odpadu → Průměrně se meziročně produkce komunálního odpadu snížila o - 958,18 tis. tun.
- Průměrný koeficient růstu = 0,996136 a průměrný relativní přírůstek = - 0,003864 → Průměrně se meziročně produkce komunálního odpadu snížila o - 0,39 %.

Např. pro časovou řadu produkce komunálního odpadu na území České republiky se dají vypočtené základní charakteristiky interpretovat takto:

- Suma = 66 012 tis. tun komunálního odpadu → Celkové vyprodukované množství komunálního odpadu na území České republiky je 66 012 tis. tun za sledované období. (tj. za období 1995–2015).
- Aritmetický průměr = 3 143 tis. tun komunálního odpadu → Průměrně se každý rok v České republice vyprodukovalo 3 143 tis. tun komunálního odpadu.
- Průměrný absolutní přírůstek = 10,85 tis. tun komunálního odpadu → Průměrně se meziročně produkce komunálního odpadu zvýšila o 10,85 tis. tun.
- Průměrný koeficient růstu = 1,003368 a průměrný relativní přírůstek = 0,003368 → Průměrně se meziročně produkce komunálního odpadu zvýšila o 0,34 %.

Pouze v Bulharsku, Estonsku, celé EU, Maďarsku, Litvě, Polsku, Rumunsku a Slovinsku se snížila produkce komunálního odpadu za sledované období (tj. za období 1995–2015). U ostatních zemí se zvýšila produkce komunálního odpadu. Nejvyšší průměrné meziroční relativní snížení produkce komunálního odpadu bylo zaznamenáno u Bulharska, kde došlo k průměrnému meziročnímu snížení produkce komunálního odpadu o téměř 3,2 %. Naopak nejvyšší průměrné meziroční zvýšení produkce komunálního odpadu bylo zaznamenáno u Malty, kde došlo k průměrnému meziročnímu zvýšení produkce komunálního odpadu téměř o 3,0 %.



Obrázek 3.2: Produkce komunálního odpadu v Bulharsku a Maltě za období 1995–2015 v tis. tun

Obrázek č. 3.2 znázorňuje průběh ročních časových řad produkce komunálního odpadu v Bulharsku (označeno KO_BG) a v Maltě (označeno KO_MT).

3.2 Základní charakteristiky časových řad míry recyklace v členských zemích EU a EU celkem

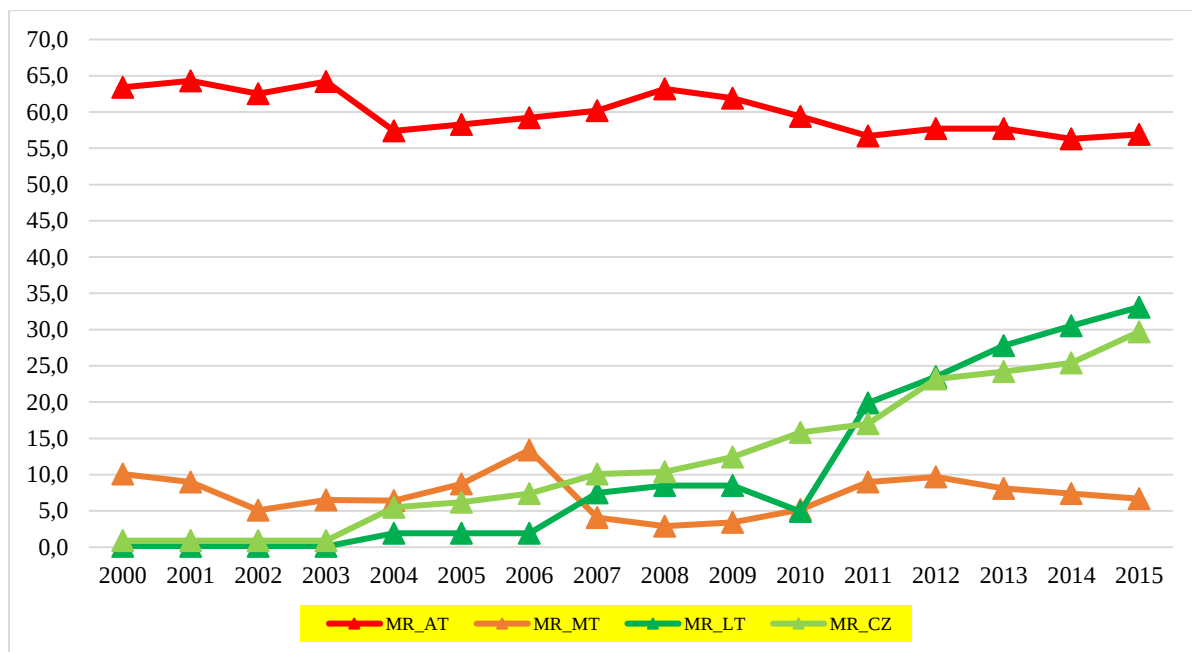
Tabulka 3.2: Základní charakteristiky míry recyklace v členských zemích EU a EU celkem za období 2000–2015, pro Chorvatsko a EU_28 za období, 2007–2015, pro Portugalsko 2000–2014 a pro Irsko 2000–2012⁴

Země	$\bar{\Delta}$	$\bar{k}$	$\bar{\delta}$
AT	-6,50	0,9933	-0,0067
BE	5,00	1,0062	0,0062
BG	13,90	1,0408	0,0408
CY	14,90	1,1181	0,1181
CZ	28,80	1,2442	0,2442
DE	13,60	1,0145	0,0145
DK	9,20	1,0139	0,0139
EE	25,90	1,1667	0,1667
EL	6,50	1,0352	0,0352
ES	14,90	1,0378	0,0378
EU_28	10,00	1,0158	0,0158
FI	7,00	1,0119	0,0119
FR	15,00	1,0303	0,0303
HR	14,90	1,1162	0,1162
HU	30,60	1,2064	0,2064
IE	24,70	1,0903	0,0903
IT	29,30	1,0725	0,0725
LT	31,20	1,2445	0,2445
LU	11,90	1,0180	0,0180
LV	28,70	1,2334	0,2334
MT	-3,40	0,9747	-0,0253
NL	7,60	1,0100	0,0100
PL	40,40	1,2068	0,2068
PT	19,90	1,0734	0,0734
RO	13,10	1,1505	0,1505
SE	9,70	1,0142	0,0142
SI	48,10	1,1473	0,1473
SK	9,80	1,0693	0,0693
UK	32,40	1,0891	0,0891

V tabulce č. 3.2, která obsahuje vypočtené hodnoty průměrných absolutních přírůstků (vypočtených pomocí vzorce 1.2), průměrných koeficientů růstu (vypočtených pomocí vzorce 1.3) a průměrných relativních přírůstků (vypočtených pomocí vzorce 1.4), je vidět, že skoro u všech členských zemí EU se zvýšila míra recyklace za sledované období (tj. za období 2000–2015). U Rakouska a Malty byl zaznamenán pokles míry recyklace za sledované období. (tj. za období 2000–2015). U ostatních států byl zaznamenán nárůst míry recyklace. Nejvyšší průměrný meziroční relativní pokles míry recyklace byl zaznamenán u Malty, kde hodnota průměrného relativního přírůstu činila 0,0253. Došlo k průměrnému meziročnímu poklesu míry recyklace téměř o 2,53 procentního bodu. Druhý nejvyšší průměrný meziroční relativní pokles míry recyklace byl zaznamenán u Rakouska, kde hodnota průměrného relativního přírůstu činila 0,0067. Došlo k průměrnému meziročnímu snížení míry recyklace

o 0,67 procentního bodu. Naopak nejvyšší průměrný meziroční relativní nárůst míry recyklace byl zaznamenán u Litvy, kde došlo k průměrnému meziročnímu nárůstu o 24,45 procentního bodu. Druhý nejvyšší průměrný meziroční relativní nárůst míry recyklace byl zaznamenán u České republiky, kde došlo k průměrnému meziročnímu nárůstu o 24,42 procentního bodu.

⁴ Zdroj: Eurostat, vlastní výpočty a zpracování



Obrázek 3.3:. Míra recyklace v Rakousku, Maltě, Litvě a České republice za období 2000–2015 v %

Obrázek č. 3.3 znázorňuje průběh ročních časových řad míry recyklace v Rakousku (označeno MR_AT), v Maltě (označeno MR_MT), v Litvě (označeno MR_LT) a v České republice (označeno MR_CZ).

3.3 Analýza trendu časových řad produkce komunálního odpadu v členských zemích EU a EU celkem

Nejdůležitější složkou časové řady je trendová složka, která představuje dlouhodobý vývoj časové řady sledovaného ukazatele. V případě této bakalářské práce se uvažuje konstantní (konstanta), lineární (přímka), kvadratická (parabola) a hyperbolická (hyperbola) trendová funkce. K modelování trendové složky časové řady produkce komunálního odpadu EU jako celku se použijí trendové funkce, neboť časová řada produkce komunálního odpadu EU neobsahuje žádné extrémní hodnoty. V této části práce se vybere trendová funkce, která relativně nejlépe vystihuje vývoj produkce komunálního odpadu. V tabulce č. 3.3. jsou zobrazeny předpisy jednotlivých odhadnutých trendových funkcí.

Tabulka 3.3: Předpis trendových funkcí časové řady produkce komunálního odpadu v EU celkem za období 2004–2015

Trend	Funkce
konstantní	$T_t = 251\,952,50$
lineární	$T_t = 262\,667,10 - 1\,648,41 \cdot t$
kvadratický	$T_t = 253\,872,70 + 2\,120,65 \cdot t - 289,93 \cdot t^2$
hyperbolický	$T_t = 249\,653,50 + 8\,890,25/t$

Zdroj: Eurostat, vlastní výpočty a zpracování

V tabulce č. 3.4 jsou obsažena interpolační kritéria, podle kterých se vybere ta trendová funkce, která co možná nejlépe vystihuje trend časové řady. Pro výběr relativně nejlepší trendové funkce se použijí následující interpolační kritéria: Durbinův-Watsonův test (DW), reziduální autokorelační funkce (ACF), F -test o modelu, dílčí t -testy jednotlivých parametrů trendové funkce, odmocnina z průměrné čtvercové chyby RMSE, upravený index determinace (R_u^2). Vybírá se ta trendová funkce, jejíž rezidua nejsou autokorelovaná (tj. u které je hodnota Durbinova-Watsonova testu okolo hodnoty 2 a hodnoty koeficientů reziduální autokorelační funkce nepřekračují kritické hodnoty). Pokud dojde k nalezení autokorelace reziduí, tak je v příslušném sloupci (označen jako ACF) vyplněno písmeno A. V případě, že dojde k nalezení autokorelace, tak není validní F -test o modelu ani dílčí t -testy o parametrech modelu. Dalším kritériem je odmocnina z průměrné čtvercové chyby (zkráceně RMSE). V případě kritéria RMSE se vybírá ta trendová funkce, u které je nejmenší hodnota RMSE (ve prospěch modelu s vyšším počtem parametrů hovoří výrazně nižší hodnota RMSE). Posledním kritériem pomoci, kterého se vybírá trendová funkce, je upravený index determinace (R_u^2), kdy jako relativně nejlepší je pro modelování trendu časové řady je zvolen model s nejvyšším R_u^2

Tabulka 3.4: Interpolační kritéria pro výběr trendové funkce časové řady produkce komunálního odpadu v EU celkem za období 2004–2015

Trend	DW	ACF	RMSE	R_u^2
konstantní	0,17	A	7 106,04	0,00
lineární	0,46	A	4 256,21	0,60
kvadratický	0,71	A	2 960,78	0,79
hyperbolický	0,29	A	6 743,22	0,01

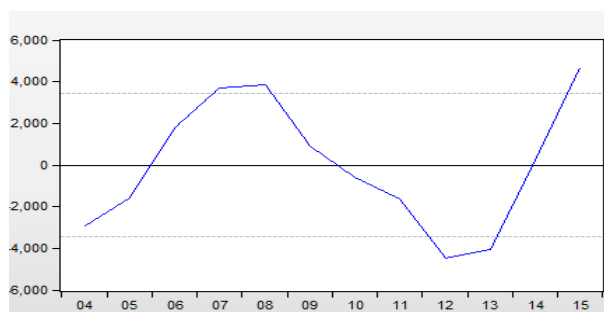
Zdroj: Eurostat, vlastní výpočty a zpracování

Jak je vidět z tabulky č. 3.4, tak u všech uvažovaných modelů trendu hodnota Durbinova-Watsonova testu není blízko hodnoty 2, tudíž dochází k zamítnutí testované hypotézy a je přijata alternativní hypotéza o přítomnosti autokorelace reziduí prvního řádu. Podle korelogramu sice koeficienty reziduální autokorelační funkce (obrázek č.3.2) u parabolického modelu trendu nepřekračují kritické hodnoty, neboť velikost 95 % interval spolehlivosti je příliš velká, protože délka časové řady je krátká. V grafu reziduí (obrázek č. 3.3) u tohoto uvažovaného modelu trendu je však patrná autokorelace. Vzhledem k přítomnosti autokorelace reziduí u všech uvažovaných modelů, tak se nebere v úvahu výsledek *F*-test o modelu a nelze také použít výsledky dílčích *t*-testů, neboť výsledky testů jsou díky autokorelaci reziduí zkreslené (tj. testy nejsou validní). Výrazně nejnížší hodnota RMSE je u kvadratické trendové funkce. Posledním kritériem pro výběr trendové funkce je R_u^2 . Nejvyšší hodnotu má kvadratická trendová funkce a to 0,79. Relativně nejvhodnější matematická funkce, která relativně nejlépe vystihuje trend časové řady produkce komunálního odpadu v letech 2004–2015, je parabola (obrázek 3.6), která má tvar:

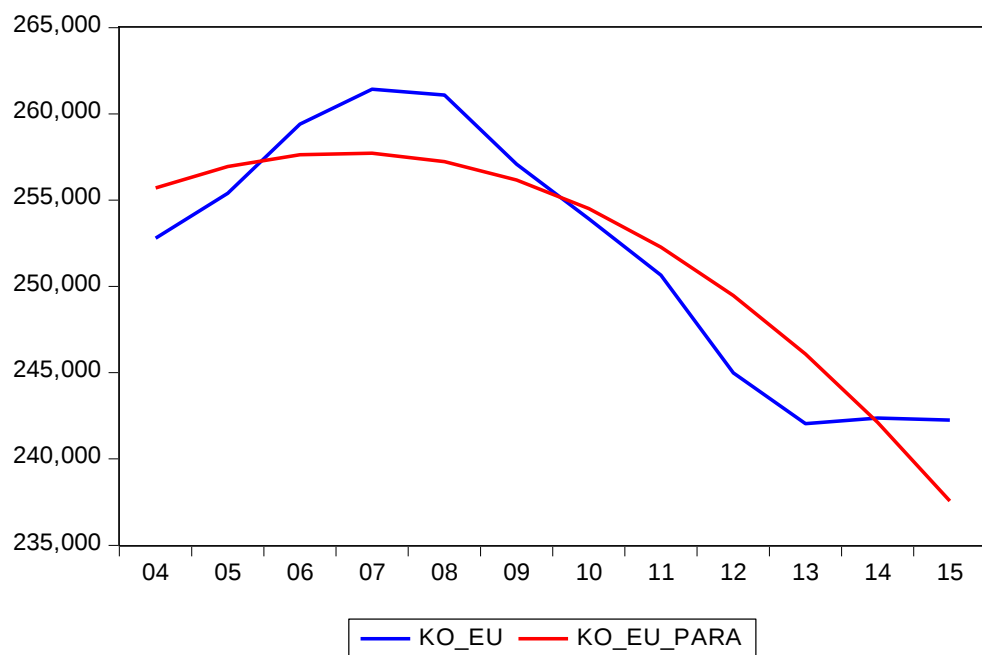
$$T_t = 253\,872,70 + 2\,120,65 \cdot t - 289,93 \cdot t^2.$$

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 -0.073	-0.073	0.0810	0.776
		2 -0.335	-0.342	1.9646	0.374
		3 -0.036	-0.107	1.9888	0.575
		4 0.091	-0.046	2.1628	0.706
		5 0.204	0.188	3.1636	0.675
		6 -0.191	-0.152	4.1872	0.651
		7 -0.102	-0.003	4.5357	0.716
		8 0.085	-0.026	4.8383	0.775
		9 -0.029	-0.091	4.8841	0.844
		10 -0.109	-0.169	5.8817	0.825
		11 -0.006	-0.011	5.8873	0.881

Obrázek 3.4: Korelogram reziduální ACF pro parabol. model trendu produkce kom. odpadu v EU celkem



Obrázek 3.5: Graf reziduí pro parabol. model trendu produkce kom. odpadu v celé EU



Obrázek 3.6: Graf časové řady produkce komunálního odpadu v EU celkem a odhadnutého modelu časové řady produkce komunálního odpadu za období 2004–2015

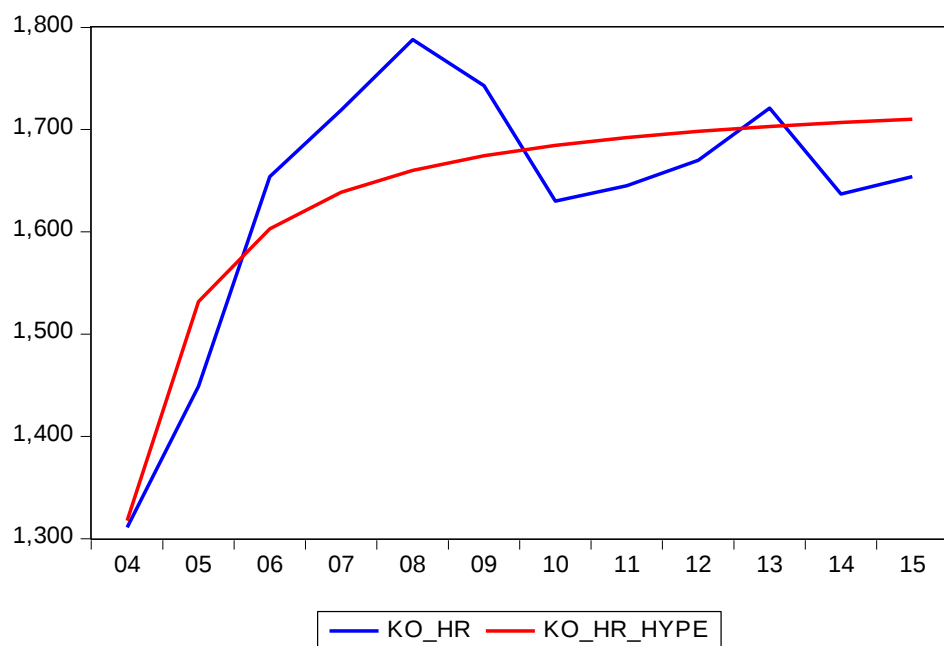
Tabulka 3.5: Přehled zvolených trendů produkce komunálního odpadu v členských zemích EU ⁵

Země	Trend	Předpis trendové funkce
AT	Hyperbola	$T_t = 4\,936,43 - 1\,588,35/t$
BE	Parabola	$T_t = 4\,341,87 + 111,38*t - 4,33*t^2$
BG	Parabola	$T_t = 5\,277,51 - 28,80*t - 3,70*t^2$
CY	Parabola	$T_t = 342,62 + 3,17*t - 0,60*t^2$
CZ	Parabola	$T_t = 3\,285,89 - 53,79*t + 2,85*t^2$
DE	Parabola	$T_t = 55\,027,11 - 897,77*t + 32,93*t^2$
DK	Parabola	$T_t = 2\,680,82 + 149,54*t - 2,95*t^2$
EE	Parabola	$T_t = 560,32 + 5,83*t - 0,67*t^2$
EL	Parabola	$T_t = 3\,147,22 + 149,54*t - 2,95*t^2$
ES	Parabola	$T_t = 18\,886,95 + 1\,425,31*t - 67,68*t^2$
FI	Parabola	$T_t = 2\,115,73 + 56,22*t - 1,39*t^2$
FR	Parabola	$T_t = 27\,211,58 + 860,30*t - 26,04*t^2$
HR	Hyperbola	$T_t = 1\,745,83 - 428,26/t$
HU	Parabola	$T_t = 4\,827,32 + 18,37*t - 3,66*t^2$
IE	Parabola	$T_t = 1\,297,45 + 274,71*t - 10,61*t^2$
IT	Parabola	$T_t = 23\,475,10 + 1\,233,15*t - 45,61*t^2$
LT	Parabola	$T_t = 1\,547,54 - 35,18*t + 1,16*t^2$
LU	Parabola	$T_t = 224,00 + 11,23*t - 0,25*t^2$
LV	Parabola	$T_t = 588,83 + 19,86*t - 0,64*t^2$
MT	Parabola	$T_t = 122,00 + 16,84*t - 0,51*t^2$
NL	Parabola	$T_t = 8\,090,13 + 296,27*t - 12,79*t^2$
PL		nelze určit
PT	Parabola	$T_t = 3\,281,94 + 258,28*t - 9,17*t^2$
RO	Parabola	$T_t = 6\,419,44 + 380,01*t - 22,77*t^2$
SE	Parabola	$T_t = 3\,256,18 + 138,51*t - 4,36*t^2$
SI	Parabola	$T_t = 1\,483,67 - 15,86*t + 1,51*t^2$
SK	Parabola	$T_t = 1\,197,91 - 28,10*t + 0,67*t^2$
UK	Parabola	$T_t = 28\,266,31 + 1\,215,51*t - 56,00*t^2$

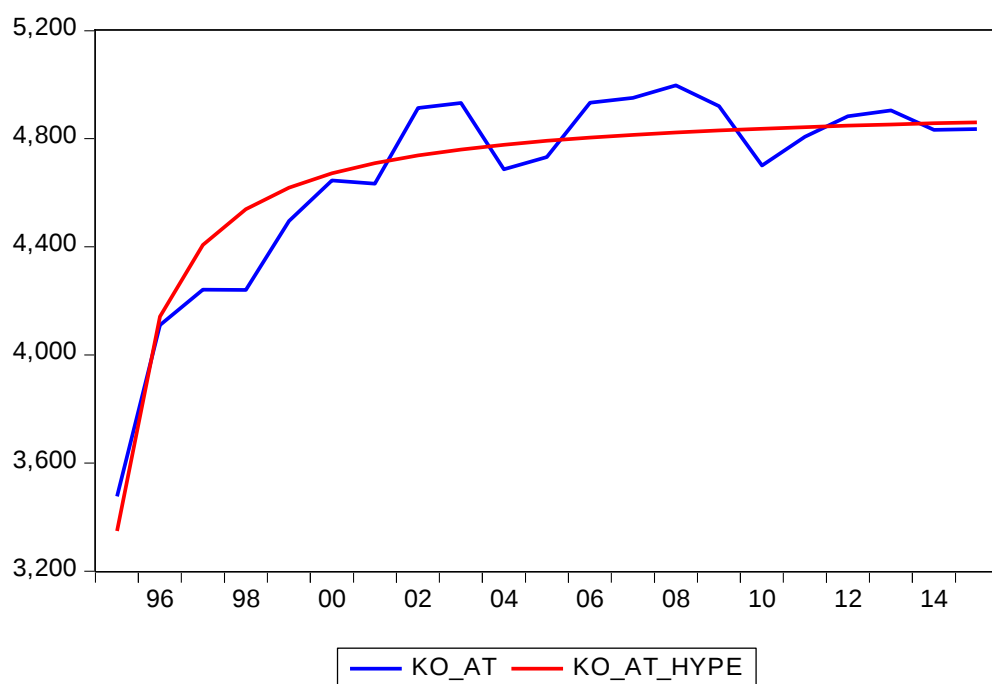
V tabulce č. 3.5 jsou zaznamenány odhadnuté modely trendových funkcí časových řad produkce komunálního odpadu v jednotlivých členských státech, které byly vybrány na základě grafické analýzy a interpolačních kritérií, jako tomu bylo v případě časové řady produkce komunálního odpadu EU celkem. U všech vybraných modelů byla zjištěna autokorelace reziduí, což znamená, že rezidua nemají vlastnosti procesu bílého šumu. Hodnoty Durbinova-Watsonova testu nejsou blízká hodnotě 2. Hodnoty koeficientů reziduální autokorelační funkce sice nepřekračují kritické

hodnoty, ale je to zejména z důvodu, že časové řady produkce komunálního odpadu jsou příliš krátké. Lze tedy předpokládat, že u všech uvažovaných modelů trendu pro jednotlivé členské země je přítomna autokorelace. U naprosté většiny časových řad produkce komunálního odpadu v členských zemích je zvolena parabola jako relativně nejlepší model trendu. Pouze u dvou států (Rakouska a Chorvatska) je vybrána hyperbola jako relativně nejlepší model trendu časové řady produkce komunálního odpadu (viz. obrázek 3.7 a obrázek 3.8). U Polska není vybrána žádná trendová funkce, neboť časová řada produkce komunálního odpadu nemá jasně zřetelný trend (viz. obrázek 3.9.)

⁵ Zdroj: EUROSTAT, vlastní výpočty a zpracování



Obrázek 3.7: Graf časové řady produkce komunálního odpadu v Chorvatsku a odhadnutého modelu časové řady produkce komunálního odpadu za období 2004–2015



Obrázek 3.8: Graf časové řady produkce komunálního odpadu v Rakousku a odhadnutého modelu časové řady produkce komunálního odpadu za období 1995–2015



Obrázek 3.9: Produkce komunálního odpadu v Polsku za období 1995–2015

3.4 Analýza trendu časových řad míry recyklace komunálního odpadu v jednotlivých členských zemích EU a EU celkem

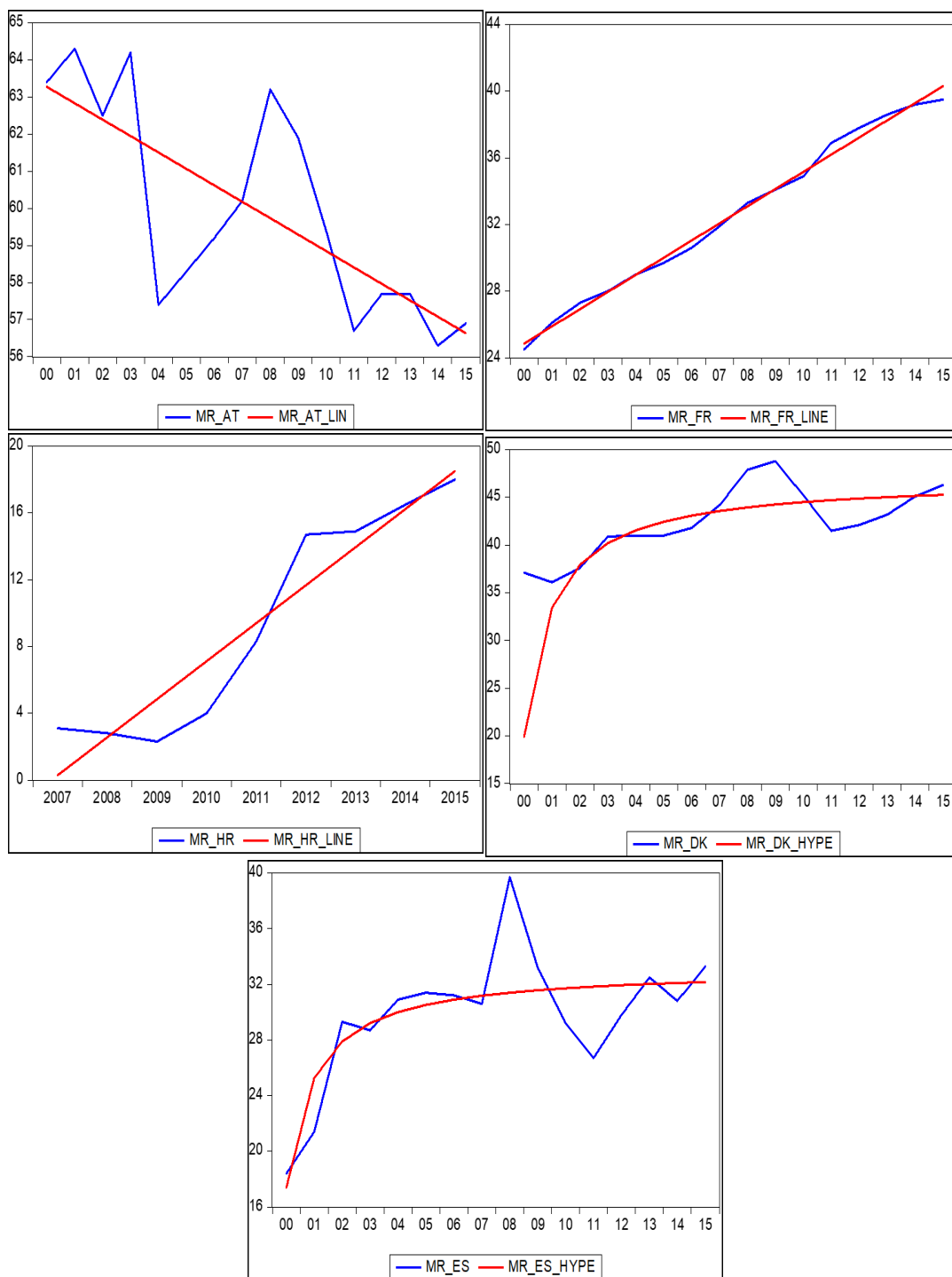
Tabulka 3.6 – Přehled zvolených trendů časové řady míry recyklace v členských zemích EU⁶

Země	Trend	Předpis trendové funkce
AT	Lineární	$T_t = 63,72 - 0,44*t$
BE	Parabola	$T_t = 46,20 + 1,60*t - 0,08*t^2$
BG	Parabola	$T_t = 14,68 - 0,47*t + 0,03*t^2$
CY	Parabola	$T_t = 2,85 - 0,22*t + 0,08*t^2$
CZ	Parabola	$T_t = -0,62 + 0,54*t + 0,09*t^2$
DE	Parabola	$T_t = 50,11 - 2,02*t - 0,07*t^2$
DK	Hyperbola	$T_t = 46,96 - 27,02/t$
EE	Parabola	$T_t = 0,73 + 3,40*t - 0,12*t^2$
EL	Parabola	$T_t = 3,80 + 2,23*t - 0,09*t^2$
ES	Hyperbola	$T_t = 33,15 - 15,76/t$
EU_28	Parabola	$T_t = 34,04 + 1,07*t - 0,02*t^2$
FI		nelze určit
FR	Lineární	$T_t = 23,83 + 1,03*t$
HR	Lineární	$T_t = 1,98 + 2,28*t$
HU	Parabola	$T_t = -0,42 + 1,27*t + 0,05*t^2$
IE	Parabola	$T_t = 4,33 + 5,82*t - 0,27*t^2$
IT	Parabola	$T_t = 13,46 + 0,51*t - 0,10*t^2$
LT	Parabola	$T_t = 1,63 - 1,24*t + 0,21*t^2$
LU	Parabola	$T_t = 34,29 + 1,83*t - 0,06*t^2$
LV	Parabola	$T_t = 2,81 - 1,15*t + 0,18*t^2$
MT		nelze určit
NL	Parabola	$T_t = 43,25 + 0,64*t - 0,01*t^2$
PL	Parabola	$T_t = 4,25 - 0,98*t + 0,19*t^2$
PT	Parabola	$T_t = 9,86 + 0,19*t + 0,07*t^2$
RO		nelze určit
SE	Parabola	$T_t = 35,64 + 1,95*t - 0,07*t^2$
SI	Parabola	$T_t = 5,65 + 0,87*t + 0,11*t^2$
SK	Parabola	$T_t = 5,22 - 0,30*t + 0,54*t^2$
UK	Parabola	$T_t = 3,22 + 4,85*t - 0,14*t^2$

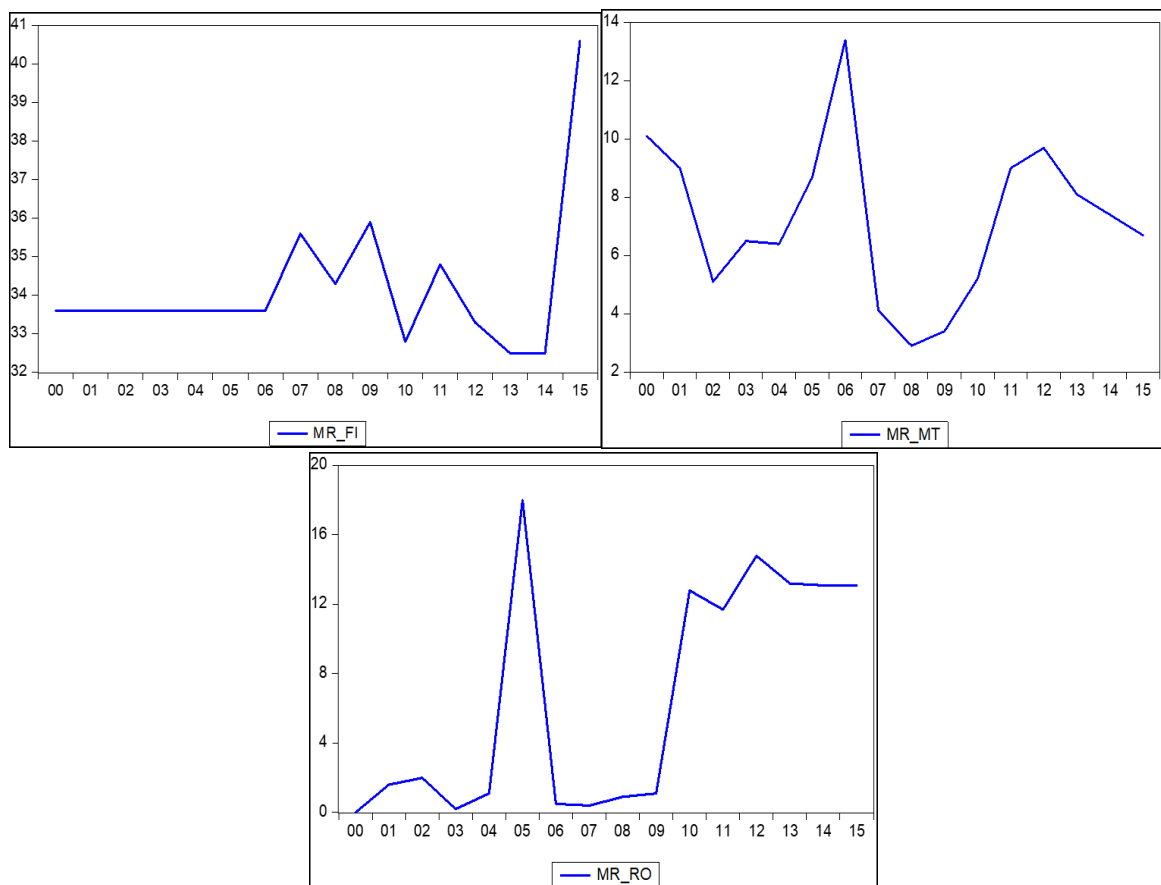
V tabulce č. 3.6 jsou zaznamenány odhadnuté modely trendových funkcí časových řad míry recyklace v jednotlivých členských státech, které byly vybrány na základě grafické analýzy a interpolační kritérií jako tomu bylo v případě časových řad produkce komunálního odpadu v předchozí části práce. Opět u všech vybraných modelů byla zjištěna autokorelace reziduí, což znamená, že rezidua nemají vlastnosti procesu bílého šumu. Hodnoty testového kritéria Durbinova-Watsonova testu nejsou okolo hodnoty 2. Hodnoty koeficientů reziduální autokorelační funkce sice nepřekračují kritické hodnoty, ale je to zejména z důvodu, že časové řady míry recyklace jsou příliš krátké. Lze tedy předpokládat, že u všech

uvažovaných modelů trendu pro jednotlivé členské země je přítomna autokorelace. Pro většinu časových řad míry recyklace je zvolena parabola jako relativně nejlepší model trendu. U Rakouska, Francie a Chorvatska je vybrána přímka jako relativně nejlepší model trendu. U Dánska a Španělska je vybrána hyperbola jako relativně nejlepší model trendu. (viz. obrázek 3.9 U Finska, Malty a Rumunska není vybrána žádná trendová funkce, neboť časové řady míry recyklace v těchto zemích nemají jasně zřetelný trend. (viz. obrázek č 3.10)

⁶ Zdroj: EUROSTAT, vlastní výpočty a zpracování



Obrázek 3.9: Graf časových řad míry recyklace v Rakousku, Francii, Chorvatsku, Dánsku a Španělsku a odhadnutých modelů časových řad měr recyklace



Obrázek 3.10: Graf časových řad míry recyklace ve Finsku, Maltě a Rumunsku za období 2000–2015

3.5 Odhady hodnot míry recyklace komunálního odpadu v členských zemích EU

Tato část bakalářské práce se věnuje odhadu (předpovědi) hodnot míry recyklace v jednotlivých členských za období 2016–2020. Cílem této části je zjistit, zda členské státy EU směřují ke splnění cíle, který stanovila EU a který je pro všechny státy závazný, tj. že do roku 2020 bude více jak polovina celkové produkce komunálního odpadu recyklována. V předchozí části práce byl vybrán relativně nejlepší model trendu časové řady míry recyklace v jednotlivých členských státech EU. V této části se prozkoumá skutečnost, zda vybraný model trendu je vhodné použít předpovědi, pomocí Chowova předpovědního testu. Pomocí tohoto testu bude zjištěno, zda vybraný model je vhodné použít pro tvorbu předpovědi. Výsledek tohoto testu je pouze orientační. Rozhodnutí o tom, zda je vhodné (či nevhodné) model použít pro tvorbu předpovědi, se rozhodne na základě p-hodnoty, na hladině 5 % (tj. $\alpha = 0,05$). Výsledek Chowova testu lze interpretovat takto: Pokud je $\alpha < p$ -hodnota – tak v tomto případě, se nezamítá testovaná hypotéza a je zjištěno, že model se zdá být vhodný pro tvorbu předpovědi. V tabulce č.3.7 je v takovém případě v příslušném sloupci (výsledek Chowova testu) uvedeno „vhodný“. V opačném případě, tedy pokud je $\alpha > p$ -hodnota, tak se zamítá testovaná hypotéza a je zjištěno, že model není vhodné použít pro tvorbu předpovědi (v příslušném sloupci je uvedeno „nevhodný“). Dále jsou v tabulce č.3.7 uvedeny p-hodnoty, podle kterých se určuje výsledek Chowova testu a také je zde uveden vybraný trend, který je vybrán podle interpolačních kritérií v přechozí části této bakalářské práce.

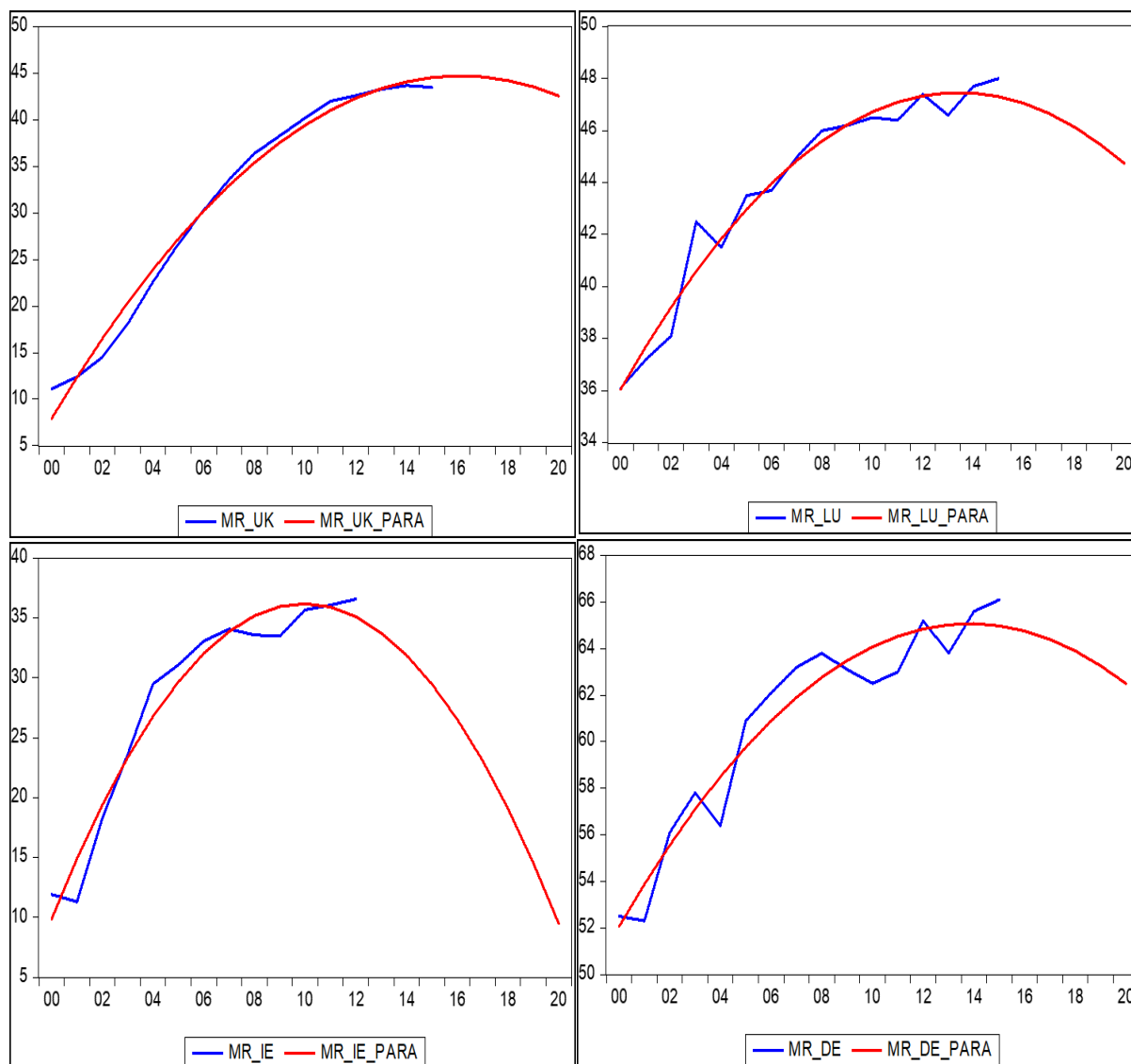
V tabulce č. 3.7 je vidět, že u většiny (u 20 států) jsou vybrané modely vhodné pro tvorbu předpovědi, konkrétně u Rakouska, Belgie, České republiky, Německa, Dánska, Řecka, Španělska, Francie, Chorvatska, Maďarska, Irska, Lotyšska, Lucemburska, Nizozemí, Polska, Portugalska, Švédska, Slovinska, Velké Británie a u EU_28. Pouze u Bulharska, Kypru, Estonska, Itálie, Litvy a Slovenska není (ve smyslu výsledku Chowova předpovědního test) vhodné použít vybraný model k tvorbě předpovědi. U Finska, Malty a Rumunska, kde není jasně zřetelný trend, je uvedeno nelze zjistit v příslušném sloupci. Pokud dochází k tomu, že model není vhodné použít k tvorbě předpovědi nebo, že není zjištěn trend, tak v tomto případě pro tvorbu předpovědi se použije Holtovo lineární exponenciální vyrovnávání, které má dvě vyrovnávací konstanty (δ a γ). V případě této bakalářské práce jsou hodnoty

vyrovnávacích konstant (δ a γ) zvoleny tak, jak je zvolí program EViews. Program EViews nalezne takové hodnoty vyrovnávacích konstant, které vedou k minimální hodnotě RMSE.

Tabulka 3.7 Výsledky Chowova předpovědního testu pro časové řady míry recyklace a použitá metoda pro tvorbu předpovědí

Země	Vybraný trend	p-hodnota	Výsledek CHOWOVA TESTU	Použitá metoda
AT	Lineární	0,9847	vhodný	trendová funkce
BE	Parabola	0,5121	vhodný	trendová funkce
BG	Parabola	0,0076	nevhodný	exponenciální vyrovnávání
CY	Parabola	0,0041	nevhodný	exponenciální vyrovnávání
CZ	Parabola	0,5550	vhodný	trendová funkce
DE	Parabola	0,4375	vhodný	trendová funkce
DK	Hyperbola	0,8748	vhodný	trendová funkce
EE	Parabola	0,0475	nevhodný	exponenciální vyrovnávání
EL	Parabola	0,7217	vhodný	trendová funkce
ES	Hyperbola	0,9633	vhodný	trendová funkce
EU_28	Parabola	0,9929	vhodný	trendová funkce
FI			Nelze zjistit	exponenciální vyrovnávání
FR	Lineární	0,1000	vhodný	trendová funkce
HR	Lineární	0,9714	vhodný	trendová funkce
HU	Parabola	0,9494	vhodný	trendová funkce
IE	Parabola	0,7030	vhodný	trendová funkce
IT	Parabola	0,0484	nevhodný	exponenciální vyrovnávání
LT	Parabola	0,7495	vhodný	trendová funkce
LU	Parabola	0,4487	vhodný	trendová funkce
LV	Parabola	0,0001	nevhodný	exponenciální vyrovnávání
MT			Nelze zjistit	exponenciální vyrovnávání
NL	Parabola	0,1497	vhodný	trendová funkce
PL	Parabola	0,0860	vhodný	trendová funkce
PT	Parabola	0,2365	vhodný	trendová funkce
RO			Nelze zjistit	exponenciální vyrovnávání
SE	Parabola	0,3843	vhodný	trendová funkce
SI	Parabola	0,2496	vhodný	trendová funkce
SK	Parabola	0,0369	nevhodný	exponenciální vyrovnávání
UK	Parabola	0,3733	vhodný	trendová funkce

Zdroj: EUROSTAT, vlastní výpočty a zpracování



Obrázek 3.11: Graf časových řad míry recyklace ve Velké Británii, Lucembursku, Irsku a Německu a odhadnutých modelů časových řad měř recyklace + předpovědi

Tabulka 3.8 Bodové předpovědi míry recyklace v jednotlivých členských zemích EU a EU celkem za období 2016 – 2020

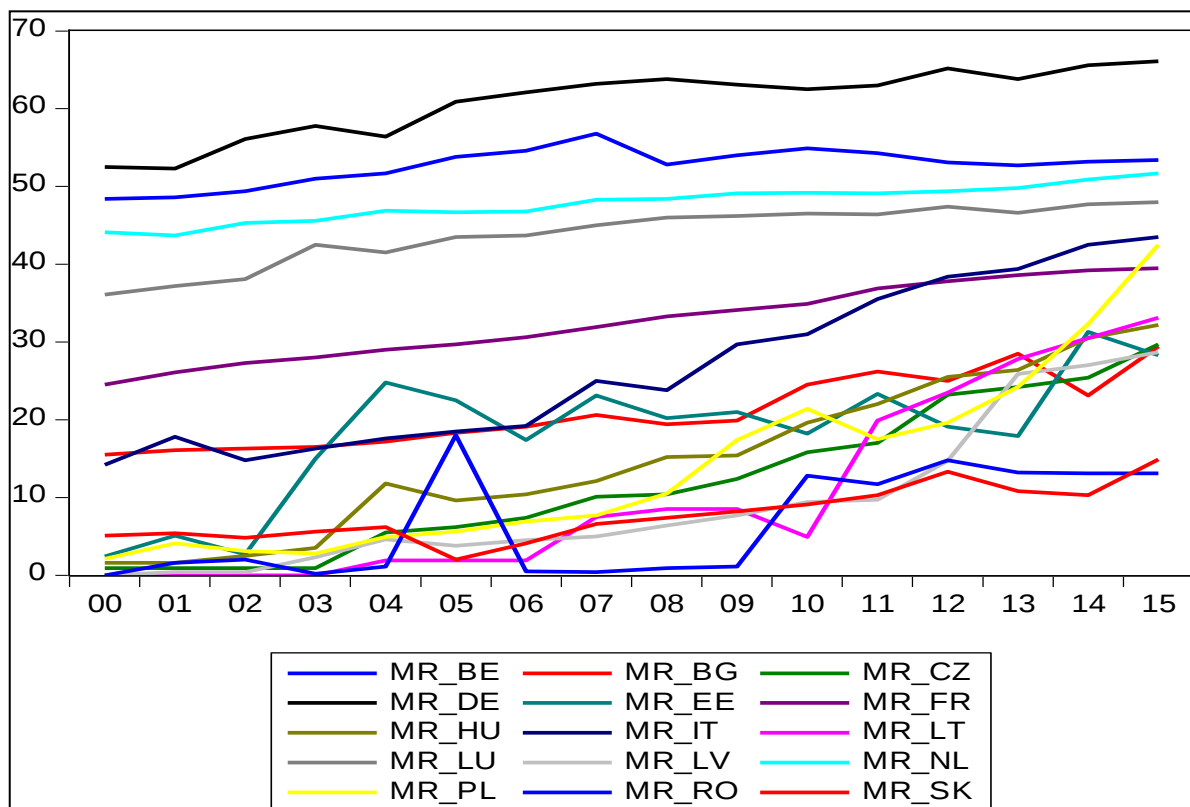
Země	2016	2017	2018	2019	2020
AT	56,19	55,75	55,31	54,86	54,42
BE	51,39	50,33	49,12	47,75	46,24
BG	29,60	30,81	32,01	33,22	34,42
CY	19,49	20,94	22,40	23,86	25,32
CZ	33,16	36,68	40,37	44,23	48,26
DE	64,76	64,39	63,90	63,26	62,49
DK	45,37	45,46	45,54	45,61	45,67
EE	19,49	33,45	35,68	37,90	40,13
EL	14,72	13,68	12,46	11,05	9,46
ES	32,22	32,27	32,32	32,36	32,40
EU_28	46,41	47,82	49,28	50,76	52,28
FI	35,00	35,09	35,18	35,26	35,35
FR	41,35	42,38	43,41	44,44	45,47
HR	20,78	23,06	25,34	27,61	29,89
HU	35,45	38,46	41,56	44,75	48,05
IE	26,55	23,08	19,08	14,56	9,50
IT	44,85	47,07	48,48	49,89	51,31
LT	40,93	47,00	53,50	60,41	67,73
LU	47,05	46,66	46,15	45,51	44,74
LV	31,38	34,05	36,73	39,40	42,08
MT	5,79	4,89	3,99	3,09	2,19
NL	51,40	51,71	52,00	52,26	52,51
PL	43,19	48,94	55,07	61,59	68,50
PT	34,02	36,75	39,62	42,63	45,79
RO	14,00	17,38	19,09	20,81	22,53
SE	47,70	47,09	46,34	45,44	44,39
SI	51,57	56,21	61,07	66,14	71,42
SK	11,17	13,91	14,19	14,48	14,77
UK	44,73	44,62	44,23	43,55	42,59

V programu EViews se vypočetly bodové předpovědi měr recyklace. Cíl EU splňují pouze Rakousko, Německo, Itálie, Lotyšsko, Nizozemí, Polsko a Slovinsko. U těchto států bude míra recyklace vyšší než 50 %. U Belgie, České republiky, Dánska, Finska, Francie, Maďarska, Lucemburska, Portugalska, Švédska a Velké Británie bude míra recyklace vyšší jak 40 %. Tyto státy se budou přibližovat ke splnění cíle EU. U ostatních států (tj, u Bulharska, Kypr, Estonska, Řecka, Španělska, Chorvatska, Irska, Litvy, Malty, Rumunska a Slovenska se míra recyklace zdaleka nebude přibližovat ke splnění cíle. Absolutně nejnižší míra recyklace ze všech členských států EU je zaznamenána u Malty. Naopak nejvyšší podíl míry recyklace má Slovinsko.

Zdroj: EUROSTAT, vlastní výpočty a zpracování

3.6 Srovnání hodnot míry recyklace u zakládajících členů EU a u států bývalého tzv. východního bloku za období 2000–2015

Tato část práce se věnuje ověření mé domněnky, že míra recyklace u států, které byly dříve součástí tzv. východního bloku (tj. u Bulharska, České Republiky, Estonska, Litvy, Lotyšska, Maďarska, Polska, Rumunska a Slovenska) je v období 2000–2015 na nižší úrovni než u zakládajících členů EU. Mezi zakládající členy EU patří Belgie, Francie, Itálie, Německo, Nizozemí a Lucemburska. Obrázek č.3.12 znázorňuje průběh časových řad míry recyklace u států, které založily EU, a u států tzv. východního bloku. Na začátku sledovaného období je vidět, že hodnoty míry recyklace u států bývalého tzv. východního bloku byly na nižší úrovni než u států, které jsou zakládajícími členy EU. Hodnoty míry recyklace u států tzv. bývalého východního bloku se pohybovaly v rozmezí od 0 (u Litvy, Lotyšska a Rumunska) až po 16 (Bulharska). Postupně během sledovaného období (tj. 2000–2015) hodnoty míry recyklace u států bývalého východního bloku rostly. Na konci sledovaného období u některých států bývalého východního bloku (tj. u České republiky, Maďarska, Litvy a Polska) byly hodnoty míry recyklace na stejné úrovni jako u zakládajících států EU. U Litvy a Polska dokonce hodnoty míry recyklace převyšovaly hodnoty míry recyklace u zakládajících členů EU. Bylo zjištěno, že na začátku sledovaného období hodnoty míry recyklace u států bývalého východního bloku jsou nižší úrovni než u zakládajících členů EU. Postupem času dochází u všech států, které dříve patřily k tzv. bývalého Východního bloku, k nárůstu hodnoty míry recyklace. Na konci sledovaného období u některých států tzv. bývalého východního bloku (u České republiky, Maďarska, Litvy a Polska) byly hodnoty míry recyklace na stejné úrovni, jako tomu bylo u zakládajících států EU (tj. u Belgie, Francie, Itálie, Německa, Nizozemí a Lucemburska).



Obrázek 3.12: Graf časových řad míry recyklace u zakládajících členů EU a u států bývalého východního bloku za období 2000–2015

Závěr

Nejprve byla provedena analýza časových řad produkce komunálního odpadu a měř recyklace. Pro obě řady ukazatelů byly vypočteny základní charakteristiky (průměrný absolutní přírůstek, průměrný koeficient růstu a průměrný relativní přírůstek).

U produkce komunálního odpadu bylo zjištěno, že v Bulharsku, Estonsku, celé EU, Maďarsku, Litvě, Polsku, Rumunsku a Slovinsku se snížila produkce komunálního odpadu. U ostatních států se produkce komunálního odpadu zvýšila. Dále bylo zjištěno, že nejvyšší průměrné meziroční relativní snížení produkce komunálního odpadu bylo zaznamenáno u Bulharska, kde došlo k průměrnému meziročnímu snížení o 3,2 %. Naopak nejvyšší průměrné meziroční zvýšení produkce komunálního odpadu bylo zaznamenáno u Malty, kde došlo k průměrnému meziročnímu zvýšení o 3,0 %. Poté byl vybrán model trendu, který relativně nejlépe vystihuje trend časové řady produkce komunálního odpadu. U většiny států byla vybrána parabola jako relativně nejlepší model trendu. U Rakouska a Chorvatska byla vybrána hyperbola. U Polska nebyl vybrán žádný model, který relativně nejlépe vystihuje trend časové řady.

U měř recyklace bylo zjištěno, že v Rakousku a v Maltě došlo ke snížení míry recyklace. U ostatních států došlo ke zvýšení míry recyklace. U Malty došlo k průměrnému meziročnímu poklesu míry recyklace o 2,53 procentního bodu. U Rakouska došlo k průměrnému meziročnímu poklesu míry recyklace o 0,67 procentního bodu. Naopak nejvyšší průměrný meziroční relativní nárůst míry recyklace byl zaznamenán u Litvy, kde došlo ke zvýšení míry recyklace o 24,45 procentního bodu. Poté byl vybrán model trendu, který relativně nejlépe vystihuje trend časové řady míry recyklace. U většiny států byla vybrána parabola jako relativně nejlepší model trendu. U Dánska a Španělska byla vybrána hyperbola. U Rakouska, Francie a Chorvatska byla vybrána přímka. U Finska, Malty a Rumunska nebyl vybrán žádný model, který relativně nejlépe vystihuje trend časové řady.

Dalším cílem práce bylo zjistit, zda členské státy EU směřují ke splnění cíle, který stanovila EU a který je pro všechny státy závazný, tj. že do roku 2020 bude více jak polovina celkové produkce komunálního odpadu recyklována. Pomocí Chowova předpovědního testu bylo zjištěno, zda vybraný model trendu, který byl vybrán, je vhodné použít pro tvorbu předpovědí. U Bulharska, Kypru, Estonska, Itálie, Lotyšska a Slovenska není vhodné použít

model, který byl vybrán v předchozí části práce. U těchto států, kde nebyl jasně zřetelný trend, nebo nebylo vhodné model použít pro tvorbu předpovědí, tak byly předpovědi vypočteny na základě Holtova exponenciálního vyrovnávání. Bylo zjištěno, že cíl splňují pouze Rakousko, Německo, Itálie, Lotyšsko, Nizozemí, Polsko a Slovinsko. U těchto států se předpokládá, že míra recyklace bude vyšší jak 50 %. U Belgie, České republiky, Dánska, Finska, Francie, Maďarska, Lucemburska, Portugalska, Švédska a Velké Británie se předpokládá, že míra recyklace bude vyšší jak 40 %. U ostatních států se míra recyklace nebude přibližovat ke splnění cíle.

Poslední část práce byla věnována ověření mé domněnky, že míra recyklace u států, které byly dříve součástí tzv. východního bloku je v období 2000–2015 na nižší úrovni než u zakládajících členů EU. Bylo zjištěno, že na začátku sledovaného období byly hodnoty míry recyklace u států východního bloku (tj. u Bulharska, České republiky, Estonska, Litvy, Lotyšska, Maďarska, Polska, Rumunska a Slovenska) na nižší úrovni než u zakládajících členů EU (tj. u Belgie, Francie, Itálie, Německa, Nizozemí a Lucemburska). Poté se zvyšovala míra recyklace států bývalého východního bloku. Na konci sledovaného období bylo zjištěno, že hodnoty míry recyklace byly u některých států bývalého východního bloku (tj. u České republiky, Maďarska, Litvy a Polska) na stejné úrovni, jako tomu bylo u zakládajících členů EU (tj. u Belgie, Francie, Itálie, Německa, Nizozemí a Lucemburska). Má domněnka byla z části vyvrácena.

Přehled literatury a použitých zdrojů

ARLT, Josef a Markéta ARLTOVÁ, 2009, *Ekonomické časové řady*, Praha: Professional Publishing, ISBN 978-80-86946-85-6,

ARLT, Josef, Markéta ARLTOVÁ a Eva RUBLÍKOVÁ, 2002, *Analýza ekonomických časových řad s příklady*, B,m,: Vysoká škola ekonomická, Fakulta informatiky a statistiky, ISBN 978-80-245-0307-3,

ARLTOVÁ, Markéta a Karel HELMAN, 2014, Poznámky k předmětu Statistické metody 1, In:., B,m,

CIPRA, Tomáš, 2008, *Finanční ekonometrie*, Praha: Ekopress, ISBN 978-80-86929-43-9,

COMMISSION, European and ENVIRONMENT, 2010, [online] [vid, 2016-09-29], *Being wise with waste: the EU's approach to waste management*, Luxembourg: Publ, Off, of the European Union, ISBN 978-92-7914297-0,

Dostupné z: <http://ec.europa.eu/environment/waste/pdf/WASTE%20BROCHURE.pdf>

HINDLS, Richard, Stanislava HRONOVÁ, Jan SEGER a Jakub FISCHER, 2007, *Statistika pro ekonomy*, 8, vydání, Praha: Professional Publishing, ISBN 978-80-86946-43-6,

ŘEZANKOVÁ, Hana a Tomáš LÖSTER, 2009, *Úvod do statistiky*, B,m,: Oeconomica, ISBN 978-80-245-1514-4,

Směrnice Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 31/1999 ze dne 26. dubna 1999 o skládkování odpadů [online] [vid, 2017-09-29], Dostupné z:

<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1999:182:0001:0019:EN:PDF>

Směrnice Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 98/2008 ze dne 19. listopadu 2008 o odpadech a o zrušení některých směrnic [online] [vid, 2017-09-29],

Dostupné z: <http://www.eurlex.cz/dokument.aspx?celex=32008L0098>

Východní blok (Wikipedie), *Wikipedie* [online] [vid, 2017-09-29],

Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/V%C3%BDchodn%C3%AD_blok

Zakládající členové EU, *EUROPA* [online] [vid, 2017-09-29],

Dostupné z: https://europa.eu/european-union/about-eu/history_cs

Zákon o odpadech č. 185/2001 Sb.(Zákony pro lidi) [online] [vid, 2017-09-29],
Dostupné z <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-185>

Přílohy

Tabulka 1.1 - Členské země EU

Název země	Kód
Belgie	BE
Bulharsko	BG
Česká republika	CZ
Dánsko	DK
Estonsko	EE
Finsko	FI
Francie	FR
Chorvatsko	HR
Irsko	IE
Itálie	IT
Kypr	CY
Litva	LT
Lotyšsko	LV
Lucembursko	LU
Maďarsko	HU
Malta	MT
Německo	DE
Nizozemsko	NL
Polsko	PL
Portugalsko	PT
Rakousko	AT
Rumunsko	RO
Řecko	EL
Slovensko	SK
Slovinsko	SI
Spojené království	UK
Španělsko	ES
Švédsko	SE

Zdroj: EUROPA⁷, vlastní úprava

⁷ Dostupné z webových stránek: <http://publications.europa.eu/code/cs/cs-370100.htm#fn2>