

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Provozně ekonomická fakulta**

**Katedra statistiky**



**Diplomová práce**

**Statistická analýza rozvoje obnovitelné energie v EU**

**Bc. Christian Derfl**

© 2021 ČZU v Praze

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Provozně ekonomická fakulta

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Christian Derfl

Systemové inženýrství a informatika  
Informatika

Název práce

Statistická analýza rozvoje obnovitelné energie v EU

Název anglicky

Statistical analysis of renewable energy development in the EU

---

Cíle práce

Cílem práce je zhodnocení vývoje obnovitelných zdrojů energie v jednotlivých členských státech EU.

Metodika

Základem pro vlastní výzkum práce bude získání relevantních dat. Hlavní zdrojem sběru dat bude Statistický úřad Evropské unie (EUROSTAT). Pro samotné bádání budou vybrány vhodné statistické metody z oblasti časových řad či z oblasti vícerozměrných statistických metod.

Doporučený rozsah práce

60 – 80 stran

Klíčová slova

OZE, Evropská unie, energetika, EUROSTAT, časové řady, shluková analýza, SAS

---

Doporučené zdroje informací

- EUROSERV'ER. THE STATE OF RENEWABLE ENERGIES IN EUROPE. 18th EurObserv'ER Report [online]. 2018, , 1-147 [cit. 2020-05-26]. Dostupné z: <https://www.euroserv-er.org/pdf/18th-annual-overview-barometer/>
- HEBÁK, P. *Statistické myšlení a nástroje analýzy dat*. Praha: Informatorium, 2015. ISBN 978-80-7333-118-4.
- HINDLS, R. – HRONOVÁ, S. – SEGER, J. *Statistika pro ekonomy*. Praha: Professional publishing, 2006. ISBN 80-86419-99-1.
- International Renewable Energy Agency. Renewable Energy Prospects for the European Union [online]. 2018, , 1-120 [cit. 2020-05-26]. Dostupné z: [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewjqqMq179DpAhUF-6QKHTEoANwQFjAEegQIBRAB&url=https%3A%2F%2Fwww.irena.org%2F%2Fmedia%2FFiles%2FIRENA%2FAgency%2Fpublication%2F2018%2FFeb%2FIRENA\\_REmap\\_EU\\_2018.pdf&udrsKeDJIP-S](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewjqqMq179DpAhUF-6QKHTEoANwQFjAEegQIBRAB&url=https%3A%2F%2Fwww.irena.org%2F%2Fmedia%2FFiles%2FIRENA%2FAgency%2Fpublication%2F2018%2FFeb%2FIRENA_REmap_EU_2018.pdf&udrsKeDJIP-S)
- KÁBA, Bohumil a Libuše SVATOŠOVÁ. *Statistické nástroje ekonomického výzkumu*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2012. ISBN 978-80-7380-359-9.
- MARINOIU, CRISTIAN. A CLUSTER ANALYSIS OF EU MEMBER COUNTRIES FROM THE PERSPECTIVE OF THE USE OF RENEWABLE ENERGY. *Annals-Economy Series, University of Târgu Jiu* [online]. 2018, , 1-9 [cit. 2020-05-26]. Dostupné z: [http://www.utgjiu.ro/revista/ec/pdf/2018-06/04\\_Marinoiu.pdf](http://www.utgjiu.ro/revista/ec/pdf/2018-06/04_Marinoiu.pdf)
- PAROBK, Ján, Hubert PALUŠ, Martina KALAMÁROVÁ, Erika LOUČANOVÁ, Mikuláš ŠUPÍN, Anna KRIŽANOVÁ a Katarína REPKOVÁ ŠTOFKOVÁ. Energy utilization of renewable energy resources in the European Union. *Bioresources.com* [online]. 2016, , 1-12 [cit. 2020-05-26]. Dostupné z: [https://ojs.cnr.ncsu.edu/index.php/BioRes/article/download/BioRes\\_11\\_1\\_984\\_Parobek\\_Energy\\_Utilization\\_Re](https://ojs.cnr.ncsu.edu/index.php/BioRes/article/download/BioRes_11_1_984_Parobek_Energy_Utilization_Re)
- SIMIONESCU, Mihaela, Wadim STRIELKOWSKI a Manuela TVARONAVIČIENE. Renewable Energy in Final Energy Consumption and Income in the EU-28 Countries. *MDPI, energies* [online]. 2020, , 1-18 [cit. 2020-05-26]. Dostupné z: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewjQ-4yW7tDpAhVZIMUKHVYXDvWQFjABegQIARAB&url=https%3A%2F%2Fwww.mdpi.com%2F1996-1073%2F13%2F9%2F2280%2Fpdf&usg=AOvVaw3CFpmmiusnSWXS01D-ICca>

---

Předběžný termín obhajoby  
2020/21 LS – PEF

Vedoucí práce  
Ing. Tomáš Hlavsa, Ph.D.

Garantující pracoviště  
Katedra statistiky

Elektronicky schváleno dne 23. 11. 2020

prof. Ing. Libuše Svatošová, CSc.  
Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 24. 11. 2020

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.  
Děkan

V Praze dne 14. 01. 2021

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Statistická analýza rozvoje obnovitelné energie v EU" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 31.3.2021

---

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval panu Ing. Tomášovi Hlavsovi, Ph.D. za odborné vedení mé diplomové práce.

# Statistická analýza rozvoje obnovitelné energie v EU

## Abstrakt

Práce se věnuje statistické analýze rozvoje obnovitelné energie v Evropské unii. S příchodem nových technologií obnovitelná energie v posledních letech zažívá nebývalý rozmach, který představuje revoluci současné energetiky. Pro komplexní analýzu tohoto trendu byly vybrány vhodné ukazatelé, které se vztahují k danému tématu. K zhodnocení vývoje obnovitelných zdrojů v průběhu desetiletí jsou využity časové řady, které poukazují na růst produkce OZE a jejich vliv na energetický průmysl včetně ekonomických dopadů. Stěžejní částí této práce je shluková analýza umožňující posouzení vzájemných odlišností nebo podobností mezi jednotlivými státy. Výsledky této analýzy skutečně prokázaly vzájemné rozdíly v členských státech EU, ve kterých mají zásadní vliv výkonnosti ekonomik a přírodní zdroje daných zemí. Všechny analýzy byly provedeny ve výpočetním softwaru SAS 9.4, který je vhodným statistickým nástrojem. Vyhodnocení a okomentování závěrečných výsledků je porovnáno se studiemi odborníků v kapitole diskuse, kteří obdobným způsobem řešili dané téma. Seznámení s obnovitelnou energií a jejími zdroji poskytuje teoretická část.

**Klíčová slova:** OZE, Evropská unie, energetika, EUROSTAT, časové řady, shluková analýza, SAS

# **Statistical analysis of renewable energy development in the European Union**

## **Abstract**

The work deals with statistical analysis of the development of renewable energy in the European Union. With the approach of new technologies, renewable energy has passed through an unprecedented boom in recent years, revolutionizing today's energy industry. For a comprehensive analysis of this trend are selected suitable indicators that relate to the topic. To evaluate the development of renewable sources over the decades, time series are used, which point to the growth of RES production and their impact on the energy industry, including economic impacts. The main part of this work is a cluster analysis enabling the assessment of mutual differences or similarities between individual states. Indeed, the results of this analysis have shown differences in each other between the EU Member States, where the performance of their economies and natural resources have had a major impact. All analyses were performed in the computer software SAS 9.4, which is a suitable statistical tool. The evaluation and commenting of the results are compared with the studies of the expert in the discussion chapter, who solved the topic in a similar way. Introduction to renewable energy and its sources is provided by the theoretical part.

**Keywords:** OZE, European Union, energy, EUROSTAT, time series, cluster analysis, SAS



# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b> .....	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce a metodika</b> .....	<b>17</b>
2.1	Cíl práce .....	17
2.2	Metodika .....	17
2.2.1	Průzkumová analýza.....	18
2.2.2	Statistické metody průzkumové analýzy .....	19
2.2.2.1	Kvantilové charakteristiky.....	19
2.2.2.2	Aritmetický průměr, medián.....	20
2.2.2.3	Míry špičatosti .....	20
2.2.2.4	Míry šikmosti.....	21
2.2.2.5	Směrodatná odchylka.....	21
2.2.2.6	Variační koeficient.....	21
2.2.3	Časové řady .....	22
2.2.3.1	Modely exponenciální vyrovnání .....	22
2.2.3.2	Posouzení vhodnosti modelů .....	24
2.2.3.3	Extrapolace časových řad .....	24
2.2.4	Standardizace dat.....	25
2.2.5	Analýza hlavních komponent .....	25
2.2.6	Shluková analýza.....	26
2.2.6.1	Způsob posuzování podobnosti .....	27
2.2.6.2	Hierarchické metody shlukování .....	27
<b>3</b>	<b>Teoretická východiska</b> .....	<b>27</b>
3.1	Význam energie .....	27
3.2	Současné energetické dilema .....	29
3.3	Obnovitelné energie.....	30
3.4	Studie odborníků.....	31
3.4.1	Bioresources .....	31
3.4.2	Energies .....	32
3.4.3	Marinoiu Cristian.....	33
3.5	Sluneční energie.....	33
3.6	Fotovoltaika (elektrina z písku) .....	34
3.6.1	Historie .....	34
3.6.2	Současnost .....	35
3.6.3	Výhody a nevýhody fotovoltaiky .....	36

3.7	Větrná energie .....	38
3.7.1	Historie .....	38
3.7.2	Současnost .....	39
3.7.3	Výhody a nevýhody větrných elektráren .....	41
3.8	Vodní energie .....	42
3.8.1	Historie .....	43
3.8.2	Současnost .....	44
3.8.3	Výhody a nevýhody vodních elektráren .....	44
3.9	Biomasa.....	45
3.9.1	Historie .....	45
3.9.2	Současnost .....	46
3.9.3	Výhody a nevýhody využívání biomasy.....	47
3.10	Ostatní obnovitelné zdroje.....	48
3.10.1	Geotermální energie Země .....	48
3.10.2	Mořská energie .....	48
3.10.3	Tepelná čerpadla.....	49
<b>4</b>	<b>Vlastní práce.....</b>	<b>50</b>
4.1	Průzkumová analýza dat .....	51
4.1.1	Primární výroba energie z OZE .....	51
4.1.2	Podíl OZE na hrubé konečné spotřebě energie.....	52
4.1.3	Primární spotřeba energie .....	54
4.1.4	Podíl energie z obnovitelných zdrojů na hrubé spotřebě elektřiny....	55
4.1.5	Podíl energie z obnovitelných zdrojů v dopravě .....	57
4.1.6	Podíl energie z obnovitelných zdrojů pro vytápění a chlazení .....	58
4.1.7	Emise skleníkových plynů při produkci energie .....	60
4.1.8	Výroba energie pomocí fosilních paliv.....	62
4.1.9	Výroba energie pomocí zemního plynu.....	63
4.1.10	Výroba energie pomocí ropy .....	65
4.1.11	Výroba energie pomocí jádra.....	66
4.1.12	Průměrná cena elektřiny .....	68
4.1.13	Energetická závislost .....	69
4.1.14	HDP na obyvatele .....	71
4.1.15	Podíl vyrobené energie v EU .....	72
4.2	Analýza časových řad .....	73
4.2.1	Časová řada primární výroby z OZE .....	74
4.2.1.1	Model reziduí .....	75
4.2.1.2	Kvalita modelu.....	75
4.2.1.3	Prognóza .....	76

4.2.2	Časová řada energetické závislosti .....	77
4.2.2.1	Model reziduí .....	78
4.2.2.2	Kvalita modelu .....	79
4.2.2.3	Prognóza .....	80
4.2.3	Časová řada celkové výroby energie v EU .....	81
4.2.3.1	Kvalita modelu .....	82
4.2.3.2	Model reziduí .....	83
4.2.3.3	Prognóza .....	83
4.2.4	Časová řada průměrné ceny elektřiny .....	85
4.2.4.1	Model reziduí .....	86
4.2.4.2	Kvalita modelu .....	87
4.2.4.3	Prognóza .....	87
4.3	Analýza hlavních komponent .....	88
4.4	Shluková analýza .....	93
<b>5</b>	<b>Výsledky .....</b>	<b>96</b>
<b>6</b>	<b>Diskuse .....</b>	<b>101</b>
6.1	Bioresources vs vlastní výsledky .....	101
6.2	MARINOIU CRISTIAN vs vlastní výsledky .....	105
6.3	Energies vs vlastní výsledky .....	106
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>107</b>
<b>8</b>	<b>Seznam použitých zdrojů .....</b>	<b>109</b>

## Seznam obrázků

Obrázek 1 - Albert Einstein (zdroj: <a href="https://cdn.xsd.cz">https://cdn.xsd.cz</a> ) .....	29
Obrázek 2 - Edmond Becquerel (zdroj: <a href="https://en.wikipedia.org">https://en.wikipedia.org</a> ) .....	34
Obrázek 3 - Monokrystalické a polykrystalické panely (zdroj: <a href="https://zonfos.com">https://zonfos.com</a> ) .....	35
Obrázek 4 - Fotovoltaické elektrárny na moři (zdroj: <a href="https://www.pv-tech.org">https://www.pv-tech.org</a> ) .....	36
Obrázek 5 - Beaufortova stupnice síly větru (zdroj: <a href="https://www.chmi.cz">https://www.chmi.cz</a> ) .....	38
Obrázek 6 - Vertikální větrná elektrárna (zdroj: <a href="https://oenergetice.cz">https://oenergetice.cz</a> ) .....	40
Obrázek 7 - Schéma větrné horizontální elektrárny (zdroj: Quaschning, 2010) .....	40
Obrázek 8 – Větrné farmy u pobřeží (zdroj: <a href="https://www.nazeleno.cz">https://www.nazeleno.cz</a> ) .....	42

Obrázek 9 - Generátory s plovoucími bójemi pod hladinou (zdroj: <a href="https://oenergetice.cz">https://oenergetice.cz</a> ) .....	49
Obrázek 10 Procedura means (zdroj: vlastní zpracování) .....	51
Obrázek 11 Výstup procedury MEANS – Výroba OZE (zdroj: vlastní zpracování) .....	52
Obrázek 12 Výstup procedury MEANS – Konečná spotřeba energie z OZE (zdroj: vlastní zpracování) .....	53
Obrázek 13 Výstup procedury MEANS – Primární spotřeba energie (zdroj: vlastní zpracování) .....	55
Obrázek 14 Výstup procedury MEANS – OZE na hrubé spotřebě elektřiny (zdroj: vlastní zpracování) .....	56
Obrázek 15 Výstup procedury MEANS – OZE v dopravě (zdroj: vlastní zpracování) .....	58
Obrázek 16 Výstup procedury MEANS – OZE ve vytápění a chlazení (zdroj: vlastní zpracování) .....	59
Obrázek 17 Emise skleníkových plynů (zdroj: vlastní zpracování, datové soubory Eurostatu) .....	60
Obrázek 18 Výstup procedury MEANS – Emise skleníkových plynů (zdroj: vlastní zpracování) .....	61
Obrázek 19 Výstup procedury MEANS – Fosilní paliva (zdroj: vlastní zpracování) .....	63
Obrázek 20 Výstup procedury MEANS – Zemní plyn (zdroj: vlastní zpracování) .....	64
Obrázek 21 Výstup procedury MEANS – Ropa (zdroj: vlastní zpracování) .....	66
Obrázek 22 Výstup procedury MEANS – Jaderná energie (zdroj: vlastní zpracování) .....	67
Obrázek 23 Cena elektřiny (zdroj: vlastní zpracování) .....	69
Obrázek 24 Energetická závislost (zdroj: vlastní zpracování) .....	70
Obrázek 25 Výstup procedury MEANS – HDP na obyvatele (zdroj: vlastní zpracování) .....	72
Obrázek 26 Přehled modelů výroba OZE (zdroj: vlastní zpracování) .....	74
Obrázek 27 Přehled modelů energetická závislost (zdroj: vlastní zpracování) .....	78
Obrázek 28 Přehled modelů energetická závislost – extrapolace (zdroj: vlastní zpracování) .....	80
Obrázek 29 Přehled modelů celková výroba (zdroj: vlastní zpracování) .....	81

Obrázek 30 Přehled modelů průměrná cena elektřiny (zdroj: vlastní zpracování) ...	85
Obrázek 31 Příkazové zadání AHK (zdroj: vlastní zpracování) .....	89
Obrázek 32 Příkazové zadání Cluster analýzy (zdroj: vlastní zpracování) .....	93
Obrázek 33 Příkazové zadání dendrogram (zdroj: vlastní zpracování) .....	94
Obrázek 34 Příkazové zadání grafu hlavních komponent (zdroj: vlastní zpracování)	95

## Seznam tabulek

Tabulka 1 Metodický sled analýz (zdroj: vlastní zpracování) .....	18
Tabulka 2 Kvalita modelu výroba z OZE (zdroj: vlastní zpracování) .....	75
Tabulka 3 Přehled konkrétních hodnot prognózy OZE výroba (zdroj: vlastní zpracování) .....	77
Tabulka 4 Kvalita modelu energetická závislost (zdroj: vlastní zpracování) .....	79
Tabulka 5 Přehled konkrétních hodnot prognózy energetická závislost (zdroj: vlastní zpracování) .....	81
Tabulka 6 Kvalita modelu celková výroba (zdroj: vlastní zpracování) .....	82
Tabulka 7 Přehled konkrétních hodnot prognózy celková výroba energie (zdroj: vlastní zpracování) .....	84
Tabulka 8 Kvalita modelu průměrná cena elektřiny (zdroj: vlastní zpracování) .....	87
Tabulka 9 Přehled konkrétních hodnot prognózy průměrná cena elektřiny (zdroj: vlastní zpracování) .....	88
Tabulka 10 Vlastní hodnoty korelační matice AHK (zdroj: vlastní zpracování) .....	89
Tabulka 11 Výstup procedury STDIZE (zdroj: vlastní zpracování) .....	89
Tabulka 12 AHK – korelační matice (zdroj: vlastní zpracování) .....	90
Tabulka 13 Vlastní hodnoty korelační matice č.2 AHK (zdroj: vlastní zpracování) ....	91
Tabulka 14 Komponenty AHK .....	92
Tabulka 15 Historie shlukování (zdroj: vlastní zpracování) .....	94
Tabulka 16 Výsledná tabulka shluků (zdroj: Bioresources) .....	101
Tabulka 17 Výsledná tabulka shluků (zdroj: Energies) .....	106

## Seznam grafů

Graf 1 - Obnovitelné zdroje TOE (zdroj: vlastní zpracování, datové soubory Eurostatu)	51
Graf 2 Konečná spotřeba energie z OZE (zdroj: vlastní zpracování, datové soubory Eurostatu)	53
Graf 3 Primární spotřeba energie (zdroj: vlastní zpracování, datové soubory Eurostatu)	54
Graf 4 Podíl OZE na hrubé spotřebě elektřiny (zdroj: vlastní zpracování, datové soubory Eurostatu)	56
Graf 5 Podíl OZE v dopravě (zdroj: vlastní zpracování, datové soubory Eurostatu)	57
Graf 6 Podíl OZE ve vytápění a chlazení (zdroj: vlastní zpracování, datové soubory Eurostatu)	59
Graf 7 Podíl skleníkových plynů v EU (zdroj: vlastní zpracování, datové soubory Eurostatu)	61
Graf 8 Fosilní paliva (zdroj: vlastní zpracování, datové soubory Eurostatu)	62
Graf 9 Zemní plyn (zdroj: vlastní zpracování, datové soubory Eurostatu)	64
Graf 10 Ropa (zdroj: vlastní zpracování, datové soubory Eurostatu)	65
Graf 11 Jaderná energie (zdroj: vlastní zpracování, datové soubory Eurostatu)	67
Graf 12 Cena elektřiny (zdroj: vlastní zpracování, datové soubory Eurostatu)	68
Graf 13 Energetická závislost (zdroj: vlastní zpracování, datové soubory Eurostatu)	70
Graf 14 HDP na obyvatele (zdroj: vlastní zpracování, datové soubory Eurostatu)	71
Graf 15 Výšečový graf zdrojů energie (zdroj: vlastní zpracování, datové soubory Eurostatu)	73
Graf 16 Interpolace výroba z OZE (zdroj: vlastní zpracování, datové soubory Eurostatu)	74
Graf 17 Rezidua výroby z OZE (zdroj: vlastní zpracování)	75
Graf 18 Model prognózy výroba OZE (zdroj: vlastní zpracování)	76
Graf 19 Interpolace energetická závislost (zdroj: vlastní zpracování, datové soubory Eurostatu)	78

Graf 20 Rezidua energetické závislosti (zdroj: vlastní zpracování) .....	79
Graf 21 Model prognózy energetická závislost (zdroj: vlastní zpracování).....	80
Graf 22 Interpolace celková výroba (zdroj: vlastní zpracování, datové soubory Eurostatu) .....	82
Graf 23 Rezidua celkové výroby (zdroj: vlastní zpracování).....	83
Graf 24 Model prognózy celková výroba (zdroj: vlastní zpracování).....	84
Graf 25 Interpolace průměrná cena elektřiny (zdroj: vlastní zpracování, datové soubory Eurostatu) .....	86
Graf 26 Rezidua průměrné ceny elektřiny (zdroj: vlastní zpracování) .....	86
Graf 27 Model prognózy průměrná cena elektřiny (zdroj: vlastní zpracování) .....	87
Graf 28 Grafický výstupy z procedury AHK (zdroj: vlastní zpracování) .....	91
Graf 29 Dendrogram (zdroj: vlastní zpracování) .....	95
Graf 30 Graf hlavních komponent (zdroj: vlastní zpracování) .....	96
Graf 31 Dendrogram studie (zdroj: MARINOIU CRISTIAN).....	105

## Seznam použitých zkratek

OZE	obnovitelné zdroje energie
CO <sub>2</sub>	oxid uhličitý
KW	kilowatt , jednotka energie
MW	megawatt , jednotka energie
IEA	Mezinárodní energetická agentura
EU	Evropská unie
TOE	měrná jednotka energie, která je vyjádřena jako množství energie uvolněné spalováním jednoho tisíce tun z ropy.
AHK	Analýza hlavních komponent
UK	Velká Británie

# 1 Úvod

Rozvoj obnovitelných zdrojů energií se v posledních letech stal jedním z moderních trendů řešící důsledky klimatických změn. Přínos těchto nových technologií na výrobu elektřiny spočívá zejména ve snižování emisí skleníkových plynů a úrovni znečištění ovzduší. Právě měnící se klima přispělo k masivnímu rozvoji výroby „čisté“ energie bez emisí.

Změny klimatu jsou bezesporu stále větší hrozbou naší planety. Zesilující skleníkový efekt má vliv především na globální oteplování a s tím spojené dopady jak na přírodu, tak na lidskou populaci. Tyto změny klimatu jsou doprovázeny nadměrným uvolňováním množství skleníkových plynů do atmosféry v důsledku mnoha lidských činností po celém světě. Až dvě třetiny vyprodukovaných emisí skleníkových plynů připadá na získávání energie pomocí spalování fosilních paliv. Současná poptávka po energii ve 21. století rozhodně dál poroste vzhledem budoucím nárokům na elektrifikaci. Například elektromobilita, která je z dalších trendů řešící rostoucí skleníkový efekt, jejíž požadavky na provoz jsou čistě závislé na elektrické energii. Současně také automatizace výroby v průmyslových továrnách, kde se již více spoléhá na robotizaci než na lidské zdroje, které jsou dnes už drahým nákladem. To vše vede k masivnímu zájmu o produkci a distribuci elektrické energie.

Nepochybně v budoucnu zdroje pro neobnovitelnou výrobu energie jednou dojdou (ropa, uhlí, zemní plyn) a my budeme muset tento typ výroby nahradit. Na tuto problematiku již reaguje Evropská unie řadou podpůrných mechanismů a stanovením konkrétních cílů pro postupnou transformaci výroby energie. Důležitým slovem je „postupná“, současná výroba z obnovitelných zdrojů energie rozhodně nenahrazuje výrobu energie z uhelných elektráren a dalších zdrojů využívající k výrobě energie spalování fosilních paliv. Je zapotřebí vybudovat dostatečnou kapacitu a najít takové kombinace obnovitelných zdrojů energie, které by plně nahradily současný stav.

Dotace z Evropské unie velmi pomáhají k lepší cenové dostupnosti obnovitelných zdrojů zejména pro vlastní použití. Výroba z fotovoltaických panelů je dnes velmi žádaným způsobem, jak využít sluneční energii. Spousta rodinných domů, průmyslových hal, továren nebo obchodních domů v dnešní době využívá svoji střechu k produkci vlastní elektřiny, což má krásný důsledek v podobě snížení nákladů na provoz budov. Tento způsob také pomáhá



k lepší decentralizaci výroby elektřiny, být částečně nezávislí na dodávkách od centralizované výroby.

## **2 Cíl práce a metodika**

### **2.1 Cíl práce**

Cílem práce je zhodnocení využití obnovitelných zdrojů energie v jednotlivých členských státech EU. Jsou zkoumány především zdroje výroby energie z elektráren slunečních, větrných, vodních a biomasy. Teoretická část je věnována studiu těchto zdrojů obnovitelné energie, na jakých technologiích fungují, jaké jsou jejich výhody a nevýhody a případný další vývoj.

V analytické části jsou představeny ukazatelé vztahující ke komplexní analýze daného tématu. Úvodní statistickou metodou je průzkumová analýza, která poskytuje prvotní vyhodnocení dat všech vybraných ukazatelů. Druhá analýza je věnována časovým řadám, ve kterých jsou zkoumány čtyři konkrétní ukazatelé, vztahující se k posouzení růstu produkce z OZE a jejich dopad na energetický průmysl. Dalším krokem je analýza hlavních komponent, která redukuje původní počet proměnných na jednotlivé komponenty. Konečnou analýzou je shluková analýza členských států EU. Jsou vytvořeny shluky států a stanoveny rozdíly mezi nimi. Výsledky práce jsou porovnány se studii odborníků v kapitole diskuse. Závěr obsahuje vyhodnocení analýz s vysvětlením možných souvislostí či doporučení.

### **2.2 Metodika**

Základem pro vlastní výzkum práce je získání relevantních dat. Hlavní zdrojem sběru dat je Statistický úřad Evropské unie (EUROSTAT), kde jsou data vhodně seskupena podle jednotlivých ukazatelů. Z nichž jsou vybrány vhodné ukazatele vztahující se na zkoumanou problematiku. Výslednou statistickou metodou práce je shluková analýza všech států EU. Důraz bude kladen na správné vyhodnocení a interpretaci dosažených výsledků. Pro zpracování statistických analýz budou využity funkce aplikace SAS 9.4, která je vhodným nástrojem pro zpracování statistických metod.

## Metodický sled kroků

Průzkumová analýza dat	Úvodní seznámení s ukazateli a jejich daty v oblasti OZE, určení zvláštností a vyhodnocení.
Časové řady	Tato analýza se vztahuje na tři vybrané ukazatele z průzkumové analýzy dat a jednoho ukazatele navíc, kteří poskytují porozumění, jakým způsobem OZE ovlivňuje energetický průmysl.
Analýza hlavních komponent	Tato analýza vychází z průzkumové analýzy dat. Jejím účelem je zredukovat celkový počet proměnných novými veličinami nazývanými komponentami. Jejím úkolem je také najít optimální výběr vhodných komponent pro shlukovou analýzu dat.
Shluková analýza	Tato analýza navazuje na AHK, jejímž cílem je najít shluky států, které jsou si navzájem odlišné, ale členové daných shluků vykazují mezi sebou jistou podobnost vztahující se na problematiku obnovitelných zdrojů.

Tabulka 1 Metodický sled analýz (zdroj: vlastní zpracování)

### 2.2.1 Průzkumová analýza

„Účelem průzkumové analýzy dat je nalezení zvláštností statistického chování dat a ověření jejich předpokladů pro následné statistické zpracování.“ (Meloun & Militký, Statistické zpracování experimentálních dat, 1994).

Při složitějších, unikátních měření v rámci průzkumové analýzy dat je hlavním cílem posoudit zvláštnosti ještě před vlastní statistickou analýzou dat. Tím lze zabránit provedení dalších statistických výpočtů bez hlubších souvislostí. Vyvozené vlastnosti souboru hodnot z průzkumové analýzy dat slouží k určení, zda soubor je vhodným podkladem pro další statistické zpracování. Většina běžně používaných statistických metod předpokládá určité vlastnosti zpracovávaných souborů nebo výběrů, především se jedná tyto předpoklady:

- „minimální rozsah výběru,
- výběr je homogenní, tj. všechna  $x_i$  pocházejí ze stejného rozdělení pravděpodobnosti s konstantním rozptylem,
- normalita (tj. splnění předpokladu, že výběr pochází ze základního souboru s normálním rozdělením),
- všechny prvky souboru mají stejnou pravděpodobnost, že budou zařazeny do výběru
- absenci silně vychýlených hodnot,
- jednotlivé prvky výběru jsou vzájemně nezávislé.“

(Drápela, 2012)

Uvedené předpoklady jsou základem statistických metod pro zhodnocení výsledku měření. V případě, že soubor či výběr nesplňuje výše uvedené předpoklady, je jeho statistická analýza daleko složitější a nelze použít klasické postupy pro statistickou indukci (odhady). Průzkumová analýza tedy poskytuje velmi cenné informace ještě před samotnou vlastní statistickou analýzou, upozorňuje na možné chyby a pomáhá při volbě nejvhodnějších metod zpracování.

Pro průzkumovou analýzu se využívají zejména grafické metody, které umožňují komplexní posouzení statistických zvláštností dat. Tyto metody jsou vhodné pro základní identifikaci popisu dat, typu rozdělení výběru, konstrukci empirického rozdělení výběru či případné vylepšení rozdělení dat. Relativní nevýhoda těchto metod spočívá v nutnosti určité zkušenosti při jejich interpretaci. Proto je optimální kombinovat početní testy s těmi grafickými testy.

## 2.2.2 Statistické metody průzkumové analýzy

### 2.2.2.1 Kvantilové charakteristiky

„Mezi hlavní součásti průzkumové analýzy dat jsou kvantilové charakteristiky, tj. takzvané kvantily jsou hodnoty, které dělí uspořádaný soubor na určitý počet stejně obsazených částí. Při analýze statistických dat v rámci kvantilových charakteristik jsou převážně využívány kvartily, které dělí uspořádaný soubor na čtyři stejně obsazené části. První (dolní) kvartil  $\tilde{x}_{0,25}$  odděluje 25 % nejmenších hodnot znaku od zbývajících. Prostřední kvartil dělí uspořádaný výběr na dvě stejně obsazené části (totožný s mediánem). Třetí (horní) kvartil  $\tilde{x}_{0,75}$  odděluje 75 % uspořádaných hodnot znaku od 25 % největších hodnot znaku.“ (Svatošová & Kába, Statistické nástroje ekonomického výzkumu, 2012)

Součástí kvantilových charakteristik jsou také decily a percentily. Decily dělí uspořádaný soubor na deset stejně obsazených částí a percentily na sto stejně obsazených částí. Grafickým výstupem je kvantilový graf, kde jsou přehledně znázorněna data se snadnějším rozlišením tvaru rozdělení. Tvar rozlišení může být symetrický, špičatý zešikmený. Výpočet kvartilového rozpětí (rozdíl mezi horním a dolním kvartilem):

$$IQR = \tilde{x}_{0,75} - \tilde{x}_{0,25} \quad (2.2.2.1)$$

#### 2.2.2.2 Aritmetický průměr, medián

**Aritmetický průměr** je základní statistická charakteristika míry polohy. Představuje všechny hodnoty netříděného souboru dat. Je počítán podílem soumou všech prvků v souboru a jeho celkovým počtem prvků. Vzorec pro výpočet aritmetického průměru:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2.2.2.2)$$

**Medián** ( $\tilde{x}$ ) je definován jako prostřední hodnota řady pozorování, uspořádané podle velikosti. Vzorec pro výpočet mediánu:

$$\tilde{x} \begin{cases} X_{\left(\frac{N+1}{2}\right)} & \text{pro } N \text{ liché} \\ \frac{1}{2} \cdot \left( X_{\frac{N}{2}} + X_{\left(\frac{N}{2}+1\right)} \right) & \text{pro } N \text{ sudé} \end{cases} \quad (2.2.2.2.1)$$

#### 2.2.2.3 Míry špičatosti

„Míra špičatosti nám udává koncentraci prvků souboru v blízkosti určité hodnoty znaku. Získáme tím představu o tvaru rozdělení četností, a to buď do špičatosti nebo plochosti. Měřitelnost této koncentrace prvků je dána koeficientem špičatosti, který je definován tímto vzorcem:“

$$\beta = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{n s^4} - 3. \quad (2.2.2.3)$$

(Svatošová & Kába, Statistické nástroje ekonomického výzkumu, 2012)

Podle tohoto koeficientu rozlišujeme, zda je rozdělení normální, špičaté nebo ploché. Pokud je  $\beta > 0$ , je rozdělení špičaté, je-li  $\beta = 0$ , je rozdělení normálně zašpičaté a pokud je  $\beta < 0$ , jedná se o rozdělení ploché.

V grafickém znázornění je pro normálně zašpičaté zobrazení znázorněna horizontální přímkou a body ležící převážně na této přímce, jde o ideální stav.

#### 2.2.2.4 Míry šikmosti

„Míry šikmosti charakterizují souměrnost rozložení četností ve statistickém souboru. Nejužívanější charakteristikou je míra šikmosti, která je definována jako aritmetický průměr třetích mocnin odchylek jednotlivých hodnot znaku od aritmetického průměru vydělený třetí mocninou směrodatné odchylky: „

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{n s^3} \quad (2.2.2.4)$$

(Svatošová & Kába, Statistické nástroje ekonomického výzkumu, 2012)

Je-li  $\alpha = 0$ , je rozdělení přibližně symetrické. Pokud je  $\alpha > 0$  je rozdělení četností zešikmené doleva (kladná šikmost). V posledním případě je-li  $\alpha < 0$ , jde o rozdělení zešikmené doleva (záporná šikmost).

#### 2.2.2.5 Směrodatná odchylka

Směrodatná odchylka vypovídá o rozptýlenosti jednotlivých hodnot kolem výběrového průměru. Je-li malá, jsou si prvky souboru většinou navzájem podobné, a naopak velká směrodatná odchylka signalizuje velké vzájemné odlišnosti. Počítá se jako druhá odmocnina rozptylu, který je vzhledem k tomu, že pracuje se čtverci odchylek, pro praktické posouzení variability méně vhodný.

$$s = \sqrt{s^2} \quad (2.2.2.5)$$

#### 2.2.2.6 Variační koeficient

Variační koeficient udává z kolika procent se podílí směrodatná odchylka na aritmetickém průměru. Variační koeficient je relativní míra variability, což umožňuje porovnávat variabilitu více souborů, které se liší velikostí průměrů nebo je každý z nich

uváděn v jiných jednotkách. Hodnoty variačního koeficientu do 10 % značí o malé variabilitě dat, kdy je možné považovat aritmetický průměr za typickou hodnotu datového souboru. Hodnoty od 10 % do 40 % vypovídají o vyšší variabilitě dat, kdy hodnotu aritmetického průměru považujeme za orientační. Hodnoty nad 40 % značí o velmi vysoké variabilitě dat, kde hodnotě aritmetického průměru není dobré dávat nějakou významnější důležitost. Variační koeficient  $V$  se počítá takto:

$$V = \frac{S}{\bar{x}} \times 100 [\%]. \quad (2.2.2.6)$$

### 2.2.3 Časové řady

Časová řada je definována jako chronologicky uspořádaná množina pozorování kvantitativní charakteristiky (ukazatele). Časové řady nám umožňují zkoumat dynamiku jevů v čase a jsou prvotní fází pro analýzu příčin.

#### **Základní charakteristiky časových řad**

Pro sledování rychlosti změn hodnot sledovaného ukazatele v závislosti na čase, existují různé statistické charakteristiky. První z nich jsou absolutní charakteristiky, které porovnávají absolutně hodnoty jednotlivých členů časové řady. Používá se zejména první diference, kterou lze definovat jako rozdíl sousedních pozorování časové řady. Tato diference specifikuje absolutní přírůstek nebo úbytek zkoumaného ukazatele v daném okamžiku proti okamžiku bezprostředně předcházejícím.

Druhá diference absolutních charakteristik určuje zrychlení nebo zpomalení vývoje ve zkoumané časové řadě neboli o kolik byl následující přírůstek větší nebo menší než předcházející. Stejným způsobem lze sestavit absolutní diference dalších stupňů např. třetího, čtvrtého, pátého apod.

Oproti absolutním charakteristikám se též velmi často používají relativní charakteristiky. Koeficient růstu, který je jeden z mnoha zástupců relativních charakteristik, používá se pro specifikování relativní postupné rychlosti změn hodnot v časové řadě.

#### 2.2.3.1 Modely exponenciální vyrovnání

Modely exponenciálního vyrovnání patří ke skupině tzv. adaptivních modelů, které nepřepokládají stabilitu strukturálních parametrů a analytického tvaru v čase. Nepředpokládají rovněž ani spojitost trendové funkce. Dle docentky (Petrášková) také

„odstraňují problém s volbou délky klouzavých průměrů (subjektivní volba) způsobem výpočtu vyrovnaných hodnot založených na všech minulých pozorování časových řad.“

Parafráze

„Princip exponenciálního vyrovnání je založen na metodě nejmenších vážených čtverců na všechna dostupná pozorování dané časové řady s tím, že váhy jednotlivých pozorování se směrem do minulosti exponenciálně zmenšují. Vyrovnané hodnoty  $\hat{Y}_t$  časové řady se určují tak, aby minimalizovaly hodnotu výrazu.

$$\sum_{j=0}^{\infty} (Y_{t-j} - \hat{Y}_{t-j})^2 \delta^j, \quad (2.2.3.1)$$

V němž „ $\delta$ “ označuje tzv. diskontní konstantu splňující podmínku  $0 < \delta < 1$ . Uvedený výraz má tvar nekonečného součtu, přestože v praxi známe jen konečný počet pozorování  $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$ . Hypotetické prodloužení časové řady do minulosti má však „rozumné“ oprávnění, umožňuje totiž podstatně zjednodušit vzorce pro výpočet vyrovnaných hodnot a předpovědí.“ (Křivý, 2012)

#### **Brownův model exponenciálního dvojitého vyrovnání**

Pro aplikaci Brownova modelu exponenciálního dvojitého vyrovnání se předpokládá, že trend je možné modelovat lineární funkcí v krátkých časových intervalech. Brownovy modely jsou obecně vytvářeny jednou vyrovnávací konstantou „ $\alpha$ “, popisující odhadovanou úroveň trendu a u složitějších modelů zachycuje konstanta i trend časové řady. Brownův model je využíván spíše pro časové řady nevykazující výrazný trend.

#### **Holtův model exponenciální vyrovnání**

Holtův model využívá při své konstrukci dvě vyrovnávací konstanty, tj. „ $\alpha$ “ a „ $\beta$ “. Konstanta „ $\alpha$ “ popisuje odhadovanou úroveň trendu a konstanta „ $\beta$ “ zachycuje změny v trendu. Oproti Brownovu modelu je Holtův model v některých případech daleko pružnější díky dvěma separátním konstantám, zachycující trend. Proto je velmi často využíván pro časové řady s významnou trendovou složkou.

#### **Model exponenciálního vyrovnání s tlumeným trendem**

„Tlumený trend u tohoto modelu představuje určitou redukci trendových složek vzhledem k horizontu předpovědi. Redukce je prováděna specifickou konstantou, která nabývá hodnot v intervalu  $<0,1>$ . Model je realizován také vyrovnávací konstanty „ $\alpha$ “ a

„β“. Tento model poskytuje zdokonalení pro neperiodické časové řady z hlediska adaptivních modelů.“ Parafráze (Krištof, 2006)

### **Model náhodné procházky s posunem**

Model náhodné procházky patří do tzv. nestacionárních procesů. Nestacionární charakter časové řady je způsoben nestálostí střední hodnoty a rozptylu. „Princip náhodné procházky spočívá v nezávislosti na změnách, které byly zaznamenány v předešlých časových okamžicích. Předpokladem je, že směr a velikost změn vykazují náhodný charakter.“ Parafráze (Krištof, 2006). Tento model je vhodný pro dynamicky měnící se časové řady, ve kterých není průměr a rozptyl konstantní.

#### **2.2.3.2 Posouzení vhodnosti modelů**

Často používaným ukazatelem pro posouzení vhodnosti modelu, respektive k popisu stupně shody modelu s empirickými údaji se využívá index determinace, přičemž čím větší hodnota, tím je funkce pro popis vývoje zvoleného ukazatele vhodnější. Index determinace je bezrozměrné číslo, splňující relaci:

$$0 \leq I^2 \leq 1. \quad (2.2.3.3)$$

M.A.P.E. neboli střední absolutní procentuální chyba odhadu, která je dalším velmi používaným ukazatelem pro posouzení vhodnosti modelu. Obecně za velmi kvalitní model považujeme s hodnotou M.A.P.E. do 10 %. Podle situace může být hodnota M.A.P.E. přímo vyžadována např. na 5 % nebo na 15 %, záleží na konkrétní situaci. Vzorec pro výpočet M.A.P.E. :

$$M. A. P. E. = \frac{100}{n} \sum \frac{|y_t - y'|}{y_t}. \quad (2.2.3.3.1)$$

M.A.P.E. společně s indexem determinace tvoří důležitá hodnotící kritéria kvality a vhodnosti modelů v analytické části časových řad.

#### **2.2.3.3 Extrapolace časových řad**

Extrapolacemi se nazývají kvantitativní odhady budoucích hodnot časové řady, které vznikají prodloužením vývoje z minulosti a přítomnosti do budoucnosti. Pro vybrání nejlepšího modelu budoucího bodového odhadu v analytické části je provedena pseudoprognoza (předpověď „ex-post“), která zkrátí časovou řadu o zadaná období.



Vyhodnocení kvality prognózovaných modelů je stanoveno opět podle hodnot M.A.P.E. a indexu determinace.

#### 2.2.4 Standardizace dat

Standardizace dat je vhodným prostředkem k řešení vysoké variability dat a různorodých jednotek u jednotlivých ukazatelů. V analytické části je tato metoda důležitým krokem před analýzou shlukovou a komponent, kde jsou výše zmíněné problémy tímto postupem řešeny.

„Nejužívanější formou standardizace je normalizace každého znaku do svého Z-skóre , tj. odečtením průměru a dělením směrodatnou odchylkou. Tato transformace eliminuje rozdíly v měřítku, mnohdy i řádově se lišících znaků. Výhody této transformace spočívají, že znaky lze v jednotném měřítku vzájemně porovnávat snadněji. Kladné hodnoty jsou nad průměrem a záporné zůstávají pod průměrem. Se změnou měřítka nedojde k rozdílu mezi standardizovanými znaky.“ (Meloun & Militký, Přednosti analýzy shluků ve vícerozměrné statistické analýze)

#### 2.2.5 Analýza hlavních komponent

Analýza hlavních komponent ve zkratce AHK, je použita v analytické části především k redukci původního počtu popisovaných proměnných novými veličinami, které se označují jako komponenty. Nově vzniklé komponenty shrnují informaci o původních proměnných za předpokladu minimální ztráty informace. V AHK jsou také určeny procentuální podíly každé komponenty vysvětlující celkový rozptyl včetně jejich vzájemných korelací. Výsledky z AHK také pomohou k pochopení procesu shlukování podle jednotlivých komponent.

„Analýzu hlavních komponent řadíme mezi metody užívané k redukci výchozího (velkého) počtu proměnných. Metoda je založena na bezzbytkovém vysvětlení celkového rozptylu všech proměnných pomocí  $p$  složek (komponent). Vychází se z konstrukcí lineárních kombinací původních proměnných, přičemž je sledována velikost variability jednotlivých komponent k vysvětlení celkového rozptylu. Úkolem je transformace souboru původních proměnných do nových hypotetických proměnných. Tyto proměnné nazýváme komponenty. Komponenty jsou seřazeny podle velikosti svého příspěvku k vysvětlení celkového rozptylu původních proměnných. Jde tedy v zásadě o to, že vytvoříme z

původního velkého množství dat proměnné obecnější, ale ztráta informace, kterou obsahují původní proměnné, je minimální.“ (Boháčková, Hrabánková, & Svatošová)

Základní model je vyjádřen prostřednictvím normovaných proměnných a neobsahuje reziduum :

$$K_i = a_{i1}u_1 + a_{i2}u_2 + \dots + a_{ip}u_p,$$

kde  $K_i$  - hodnota  $i$ -té komponenty ( $i=1\dots p$ )

$u_1, u_2, \dots, u_p$  - hodnoty normovaných proměnných

$a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{ip}$  - váhy jednotlivých proměnných  $i$ -té komponenty

### **Metodický postup analýzy hlavních komponent:**

- vytvoření matice dat
- výpočet kovarianční matice
- vyjádření charakteristických čísel jim odpovídajících charakteristických vektorů kovarianční matice
- vytvoření hlavních komponent
- vyjádření podílu celkového rozptylu vyčerpaného jednotlivými komponentami

### **2.2.6 Shluková analýza**

Shluková analýza je využita v analytické části jako způsob pro rozřídění států do jednotlivých shluků (skupin) na základě vybraných ukazatelů, vztahující se k tématu obnovitelných zdrojů. Státy uvnitř shluků vykazují určitou podobnost, podle které byly spojeny dohromady. Ale jednotlivé shluky států se od sebe odlišují.

„Shluková analýza (Cluster analysis) je souhrnný název pro celou řadu výpočetních postupů, jejichž cílem je rozklad daného souboru na několik relativně homogenních podsouborů – shluků a to tak, aby objekty uvnitř jednotlivých shluků si byly co nejvíce podobné a objekty patřící do různých shluků si byly podobné co nejméně. Při tom je každá jednotka popsána skupinou znaků – proměnných.“ (Klímek, 2008)

Ve shlukové analýze se především využívají tzv. aglomerativní hierarchické procedury. U nich dochází ke spojování nebo rozdělování objektů na každém kroku. Aglomerativní postup znamená, že na každém kroku nejdříve sjednocujeme jednotlivé objekty, následně pak samotná seskupení do stále větších celků. Účelem tohoto postupu je vytvořit hierarchický strom, který začíná s  $n$  jednoprvkovými množinami a končí spojením všech objektů do jednoho shluku. Takovýto hierarchický strom se nazývá dendrogram.

### 2.2.6.1 Způsob posuzování podobnosti

Ke zjištění vektorů pozorování, která jsou si podobná, a jejich následnému shlukování, se využívá několik technik míry podobnosti. Běžně užívanou vzdálenostní funkcí mezi dvěma vektory je euklidovská vzdálenost.

Euklidovská vzdálenost objektů je definována vztahem:

$$d_E(x_k, x_l) = \sqrt{\sum_{j=1}^m (x_{kj} - x_{lj})^2} \quad (2.2.5.2)$$

„Výhodou této míry je její výpočetní jednoduchost. Má však některé nedostatky. Předpokládá nekorelovanost proměnných, což je předpoklad, který je v praktických podmínkách obtížně splnitelný. Dále je značně závislá na měřítku proměnných, takže je vhodné pracovat s proměnnými v normovaném tvaru, tj. takovými, které mají nulový průměr a jednotkový rozptyl (jsou bezrozměrnými čísly).“ (Klímek, 2008)

### 2.2.6.2 Hierarchické metody shlukování

#### Wardova metoda

„Principem není optimalizace vzdáleností mezi shluky ale minimalizace heterogenity shluků podle kritéria minima přírůstku vnitroskupinového součtu čtverců odchylek objektů od těžiště shluků. V každém kroku se pro všechny dvojice odchylek spočítá přírůstek součtu čtverců odchylek, vzniklý jejich sloučením a pak se spojí ty shluky, kterým odpovídá minimální hodnota tohoto přírůstku.“ (Meloun & Militký, Přednosti analýzy shluků ve vícerozměrné statistické analýze)

## 3 Teoretická východiska

### 3.1 Význam energie

Energie je prazáklad všeho co, v přírodě známe. Kdyby energie neexistovala, nevznikl by ani vesmír. Už naši předkové si uvědomovali, že energie je spojena se schopností konat práci. Energie byla v dávných časech využívána zejména jako zdroj tepla pomocí spalování

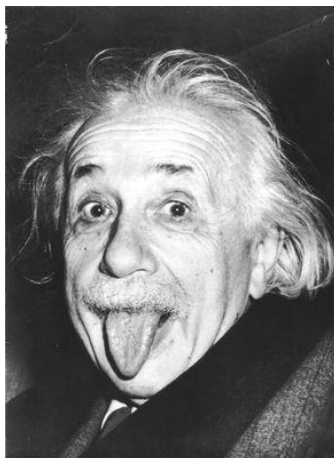
dřeva neboli biomasy. Ostatní další zdroje nebyly zatím známy. Později lidé začali objevovat další formy energie např. vítr, který se stal hlavní tažnou silou lodí s plachtami. Na souši, kde byla často využívána kinetická energie pomocí tažných zvířat. Energie se používala i pro válečné účely, což platí i v dnešní době. Způsob zacházení energií člověkem má tedy kladné, tak i negativní důsledky a na tom se v budoucnosti asi těžko něco změní.

Ve své knize s titulem „*Energie*“ (Smil, 2006) poukazuje, jak slovo „*energie*“ vůbec vzniklo a co znamená podle Aristotela. „Slovo energie je stejně jako mnoho dalších abstraktních pojmů (počínaje hypotézou a konče sófrosyné) řeckou složeninou. Aristotelés (384-322 př.n.l.) vytvořil tento pojem ve své *Metafyzice* spojením  $\epsilon\nu$  ( $\nu$ )  $\epsilon\rho\gamma\omicron$  (práce) do termínu  $\epsilon\nu\epsilon\rho\gamma\epsilon\iota\alpha$  (*energeia*, skutečnost identifikovaná pohybem), který propojil s *entelechií*, tj. „kompletní realitou“. Podle Aristotela existenci každého předmětu udržuje *energeia* související s funkcí předmětu. Sloveso *energein* má tudíž znamenat pohyb, akci, práci a změnu“.

Po téměř celá dvě následující tisíciletí nebyla definice Aristotelem vylepšena žádným zásadním intelektuálním pokrokem, ba dokonce někteří zakladatelé moderní vědy měli úplně odlišné představy o energii. Termín energie se stal prakticky neodlišitelným od síly a výkonu.

Autor knihy (Karamanolis, 1996) „*Sluneční energie*“ zmiňuje důležitost zachování množství energie bez ohledu na její formu. „Důležitým znakem je zachování jejího množství. Nachází svůj výraz v zákonu o zachování energie. Ten říká, že ve všech myslitelných fyzikálních procesech se energie ani nespoteřovává ani nevytváří, nýbrž že se pouze mění z jedné formy na druhou. Je tedy nemožné energii uzavřeného systému zvýšit nebo snížit. Takovým systémem je vesmír jako celek. Všechny v něm probíhající procesy – a to platí jak pro neživou, tak i pro živou přírodu – se řídí tímto zákonem zachování energie“

Huygens a Leibnitz byli ti, kteří objevili zákon zachování energie v uzavřených systémech, ale tento zákon aplikovali pouze v rámci mechaniky. Postupně byl pak rozšířen o další druhy energie fyziky R. Mayer a H. Helmholtz, ovšem nikoliv na hmotu. Albert Einstein byl prvním kdo použil zákon o zachování energie i na hmotu ve své známé teorii relativity. Vyjádřil ho v tomto vztahu:



Obrázek 1 - Albert Einstein  
(zdroj:<https://cdn.xsd.cz>)

$$E = mc^2 .$$

„Tento vzorec znamená, že z hmoty je možno získat energii a naopak. Byl mezitím mnohokrát experimentálně ověřen. Nejdrastičtějším důkazem – i když zdaleka ne jediným – jsou nukleární zbraně a též jaderná energetika.“  
(Karamanolis, 1996)

### 3.2 Současné energetické dilema

Není žádným překvapením, že celosvětová spotřeba energie v budoucnosti dále poroste. Nepřetržitý růst světového hospodářství i přes různá krizová období, jde nerozlučně s růstem celkové spotřeby energie. Ve své knize (Moldan, 2018) dodává, že růst světového hospodářství má v zásadě exponenciální charakter a v posledních 20-30 letech bylo tempo růstu okolo 3 % ročně. Lidé se stávají bohatší, zvyšují se jejich životní úroveň, mají větší nároky, lépe bydlí, častěji a pohodlně cestují, nechávají si dopravovat zboží až k sobě domů. Stejně tak i pořizování nejrůznějších elektronických zařízení, modernizace domácností, rozšiřování zástavbových ploch městských částí nebo vesnic včetně výstavby průmyslových zón. V konečném důsledku to znamená další a další narůst spotřeby energie.

„Celý svět spotřebuje podle Mezinárodní energetické agentury (IEA) za rok 13 700 Mtoe energie, Evropská unie přes 1 600 Mtoe a Česká republika přes 40 Mtoe. Jednotka Mtoe představuje množství energie, jež se uvolní při spalení jednoho milionu tun ropy. IEA ve své nejnovější zprávě uvádí, že světová spotřeba energie je z 32 % pokrývána ropou, 27 % se podílí uhlí, 22 % zemní plyn, 10 % biopaliva včetně spalování odpadu, 5 % jaderná energetika, 2,5 % vodní zdroje a 1,5 % ostatní včetně obnovitelných zdrojů energie (OZE).“  
(Hejl, 2019)

A je vůbec Země takovou poptávkou po energii uspokojit? Prvním hlediskem je, že lidstvo samotné už nestíhá vyrábět a ani uspokojovat takový zájem, především proto, že chybí lidské zdroje a lidé nechtějí být „zavřeni“ jen v továrnách. Je to zřejmé již z dnešní

situaci, kdy dochází k masivní automatizaci v průmyslovém odvětví, kdy člověk je postupně nahrazován strojem. O této problematice se zmiňuje také (Karamanolis, 1996).

„Ještě před 100 léty byla většina práce konána svalovou silou. To se odráží např. v tehdejší poměru počtu dělníků a jiných zaměstnanců, který byl v r. 1880 9:1, zatímco dnes je asi 1:1. Stroje ale mají oproti člověku a zvířatům daleko menší účinnost, to znamená, že k vykonání téže práce musí být vynaloženo mnohem více energie. V důsledku toho stoupá v průběhu mechanizace a automatizace světová spotřeba energie.“

Druhé hledisko je Země a její zdroje. Jak uvádí na webu (Hejl, 2019), tak masivní poptávka po energii je uspokojována především dočasnými zdroji, které z většiny v druhé polovině 21. století dojdou. Pouhé 1,5 % pokrývají obnovitelné zdroje. Dnes již v řadě zemí dochází k energetické závislosti na dovozu energie. Je to především zapříčiněno postupným „vypnutím“ uhelných elektráren a dalších využívající fosilní paliva. Nahrazením mají být šetnější zdroje výroby energie k přírodě, především OZE. Tento cíl byl stanoven v Paříži, kde kromě USA s prezidentem Trumpem, byl podepsán všemi státy.

„Na Pařížské konferenci o klimatu v prosinci 2015 se státy světa (včetně všech významných) dohodly, že v průběhu druhé poloviny 21. století, to znamená do r. 2100, se globálně dosáhne takzvané uhlíkové neutrality, tedy ekonomiky, která nebude vyžadovat spalování fosilních paliv.“ (Moldan, 2018)

Bude potřeba ještě udělat velký technologický skok, aby současné zdroje byly nahrazeny těmi obnovitelnými.

„Stojíme na prahu další revoluce, jež už ve skutečnosti začala a zřejmě se plně uplatní v průběhu dvou či tří následujících desetiletí. Hnací silou této zásadní změny je zejména nutnost omezit a postupně vyloučit emise skleníkových plynů, které jsou příčinou antropogenně vyvolané globální změny klimatu.“ (Moldan, 2018)

### 3.3 Obnovitelné energie

Obnovitelná energie není nic nového. Byla a je tu přítomna od pradávna. Obnovitelná energie je též označována jako alternativní nebo regenerativní. Má tu vlastnost, že její zdroje se přirozeně „obnovují“ jinými slovy nelze je vytěžit. Názorný příklad obnovitelné energie uvádí autor knihy s titulem *Obnovitelné zdroje energie* Volker Quaschnig. „Jestliže např. vodní elektrárna na říčním toku využívá síly vodního proudu, pak řeka nepřestane téct a

obnovuje se tak až do doby, kdy svit slunce vodu z řeky odpaří. Tato sluneční energie se pak kumuluje do vody a po srážkách se znovu uloží do energie říčního toku.“ (Quaschnig, 2010)

Obnovitelná energie má spoustu dalších forem, tak např. sluneční energie, větrná energie, termální energie, energie z biomasy. Je pravdou, že kupříkladu sluneční energie má také dočasnou dobu trvání. Slunce zhruba za 4 miliardy let vyhasne, ale v porovnání s relativně „malými“ zásobami fosilních paliv pro pár desetiletí, je tento zdroj energie pro nás nevyčerpatelný.

Definice obnovitelného zdroje podle českého zákona č. 17/1992 Sb. §7: „Obnovitelné přírodní zdroje mají schopnost se při postupném spotřebovávání částečně nebo úplně obnovovat, a to samy nebo za přispění člověka. Neobnovitelné přírodní zdroje spotřebováváním zanikají.“. (Zákony - pro lidi sbírka zákonů)

Jak bylo zmíněno na začátku obnovitelná energie není novým poznáním. Novým je však uvědomění, že z dlouhodobého hlediska jsou obnovitelné zdroje jedinou spolehlivou alternativou pro získávání energie a zároveň je tento způsob šetrný k životnímu prostředí.

### 3.4 Studie odborníků

Pro diskusi v analytické části jsou určeny tři publikované elektronické články/studie, které se zabývají stejnou tematikou řešenou pomocí shlukové analýzy dat.

#### 3.4.1 Bioresources

První článek, jehož autory jsou (Parobek, a další, 2016), pochází od online recenzovaného časopisu „*Bioresources*“. Tento deník je veden pod státní univerzitou v Severní Karolíně v USA. Studie analyzuje a hodnotí využití obnovitelných zdrojů v Evropské unii. Autoři ve svém abstraktu zmiňují, že biomasa a obnovitelný odpad s celkovým podílem 64,2 %, jsou z hlediska primární výroby OZE, nejdůležitějším zdrojem energie v EU. Dodávají, že „využití obnovitelných zdrojů energie při výrobě a spotřebě energie se však v jednotlivých zemích EU liší a je významně ovlivněno různými faktory, včetně environmentálních, sociálních a ekonomických charakteristik. K odhalení těchto rozdílů byla použita shluková analýza na základě identifikace a kvantifikace souboru faktorů odrážejících dostupnost obnovitelných zdrojů, využití obnovitelných zdrojů a příslušných socioekonomických ukazatelů.“

Bylo stanoveno celkem 12 ukazatelů, které jsou rozděleny do tří kategorií. První skupina představuje dostupnost obnovitelných zdrojů především v oblasti biomasy. Pro tuto skupinou byly určeny dva ukazatelé, tedy lesní porost (%) a roční produkce zpracování dřeva (m<sup>3</sup>). Druhá skupina se zabývá využitím OZE a obsahuje následující ukazatele: primární spotřeba energie (TOE), výroba energie z OZE (TOE), podíl obnovitelné energie na hrubé konečné spotřebě energie (%) a emise skleníkových plynů (jednotky CO<sub>2</sub>). Třetí skupinu tvoří ukazatelé ekonomického charakteru, tj. zaměstnanost (počet osob), hrubá přidaná hodnota (EUR), tempo růstu reálného HDP (procentuální růst), hrubé domácí výdaje na výzkum a vývoj (% z HDP), cena elektřiny podle typu uživatele (EUR/Kwh) a energetická závislost (%).

Pro vyloučení závislosti mezi proměnnými před samotnou shlukovou analýzou, použili autoři (Parobek, a další, 2016) metodu standardizaci dat konkrétně Pearsonův korelační koeficient.

Analýza je zpracovávána za rok 2012 pomocí počítačového programu „STATISTICA 12“. Sběr dat probíhal na třech datových portálech EUROSTAT, FAO a UNECE.

### 3.4.2 Energies

Druhým článkem je publikace od autorů (Simionescu, Strielkowski, & Tvaronavičienė, 2020) zveřejněná na webových stránkách „MDPI“. MDPI slouží především k vědeckému publikování a od roku 1996 je podporována i akademickou komunitou.

Na rozdíl od předchozího článku tento dokument nezkoumá souvislost mezi OZE a ekonomickým růstem, ale zaměřuje se na reálný hrubý domácí produkt (HDP) a provádění národních cílů v oblasti obnovitelné energie. Jsou využity panelové datové modely pro skupinu zemí EU-28 pokrývající období mezi roky 2007 a 2017. Modely poskytují nízký a pozitivní vztah mezi dopadem HDP na obyvatele a podílem OZE na konečné spotřebě.

„Empirický přístup je založen na dvou hlavních metodách:

- a) Různé datové modely panelu, které obsahují studii kauzality panelu.
- b) Shluková analýza zaměřená na odhalení skupin zemí seskupených podle jejich podílu obnovitelné energie na konečné spotřebě a úrovně jejich ekonomického rozvoje vyjádřené HDP na obyvatele.

Pro dosažení těchto metod jsou použity některé tradiční panelové datové modely: model s fixními efekty, model s náhodnými efekty a model založený na obecné odhadované rovnici.“



### 3.4.3 Marinoiu Cristian

Třetí studií je elektronický dokument publikovaný autorem (MARINOIU, 2018), jenž je profesorem na univerzitě v Plojești v Rumunsku. Tento dokument si klade za cíl provést shlukovou analýzu pro členské země EU z pohledu využívání obnovitelné energie odrážející se od hodnot tří specifických ukazatelů. Výsledkem analýzy je odhalení a ověření struktury shluků včetně vymezení ukazatelů, které statisticky významně odlišují získané shluky.

Mezi zvolenými ukazateli (%) jsou tyto následující:

- I1 – Podíl obnovitelné energie na hrubé konečné spotřebě energie;
- I2 – podíl obnovitelné energie v dopravě;
- I3 – podíl obnovitelné energie na elektřině.

Ještě před samotnou shlukovou analýzou se autor (MARINOIU, 2018) věnuje vyhodnocení shlukové tendence, to znamená zjistit, zda analyzovaná data tvoří shlukovou strukturu. Pro tyto vyhodnocení byl využit Hopkinsův test včetně grafického výstupu matice vzdáleností mezi analyzovanými objekty.

## 3.5 Sluneční energie

Naprostou většinu energie, která se na Zemi nachází představuje sluneční energie. Je pohonem všeho živého na Zemi. Vzniká pomocí jaderné přeměny lehkých jader vodíku na těžší jádra helia. O sluneční energii se také zmiňuje (Matuška, 2013) v knize *Solární zařízení v příkladech*: „Sluneční energie je v historii lidského rodu tradičním a velmi dlouhou dobu jediným zdrojem energie. Využívání fosilních a jaderných paliv je z hlediska jejich časové dostupnosti pouhým přechodovým obdobím. Fosilní paliva nemají svůj původ nikde jinde než právě ve sluneční energii, uložené v biomase před stovkami miliónů let. V době, kdy se způsoby zajištění energetických potřeb lidstva stávají celospolečenským tématem, se pozornost obrací opět k základnímu zdroji energie pro naši planetu.“ .

To samé tvrzení připomíná (Karamanolis, 1996), že klíčem ekologicko-energetického dilematu nepochybně je ve využití sluneční energie. Ze všech dalších myslitelných forem energie je právě energie záření tou nejuniverzálnější, s její pomocí mohou být realizovány nejrůznější fyzikální procesy např. fotosyntéza (může být považována za jeden z největších vynálezů přírody).

Dnes díky moderním technologiím lze sluneční energii využít např. k ohřevu vody pomocí solárních kolektorů nebo k výrobě elektrické energie za pomoci fotovoltaických panelů.

## 3.6 Fotovoltaika (elektrina z písku)

### 3.6.1 Historie

Termín fotovoltaika vzniklo ze dvou slov. První částí je *foto* v řečtině φῶς [fós], znamenající světlo, resp. φωτός [fotós]. Druhou částí je *Volt*, což je jméno slavného italského fyzika celým jménem Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volt. Avšak s vynálezem fotovoltaiky ho spojuje velmi málo. Je vynálezcem baterie a společně s Luigim Galvanim patří k zakladatelům nauky o elektřině. Po smrti Volta v roce 1827, je na jeho počest pojmenována jednotka napětí „Volt“.



Obrázek 2 - Edmond Becquerel  
(zdroj: <https://en.wikipedia.org>)

Až roce 1839 francouzský fyzik Alexandre Edmond Becquerel přednesl na zasedání Akademie věd přednesl svůj výzkum s názvem „Mémoire sur les effets électriques produits sous l'influence des rayons solaires“ (Gallica), kde byl zjištěn a ověřen nárůst elektrického napětí mezi zinkovými a platinovými elektrodami ponořené v roztoku v závislosti na intenzitě světla. Za tento objev občas bývá označován i jeho otec Antoine César Becquerel, protože Edmondovi bylo v době jeho výzkumu pouhých 20 let.

Tento objev byl následně prokázán na polovodiči selenu Američanem Charlesem Fritzem, který sestrojil první selenový fotočlánek. Ovšem cena selenu byla natolik vysoká, že případná výroba by se nevyplatila. Ale proč k tomuto jevu docházelo, že po dopadu světla

u některých materiálů vzniká napětí, to zatím nikdo nedokázal objasnit. Později tento jev nazvaný fotoefekt dokázal Albert Einstein popsat a vysvětlit. V roce 1921 mu byla udělena Nobelova cena za tento důkaz. V polovině 50. let začala éra polovodičů. Začal se hojně využívat křemík, který stal novým, moderním materiálem. V roce 1954 byl sestaven vynálezci G.L. Pearson, Daryl Chapin, Calvin Fuller první křemíkový fotočlánek s účinností 6 % v americké výzkumné stanici Bell Laboratories. Dalším podnětem pro rozvoj křemíkových fotočlánků byla kosmonautika. Fotovoltaické panely byly vyvíjeny jako zdroj energie pro vesmírné družice.

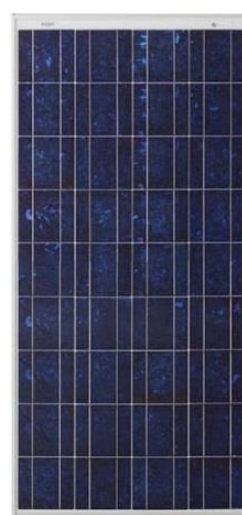
### 3.6.2 Současnost

V současnosti jsou nejrozšířenější na trhu (cca 90 %) fotovoltaické články první generace. Dělí se dva typy monokrystal a polykrystal křemíku. Monokrystalické panely mají o něco málo větší účinnost přibližně o 1 až 2 % než polykrystalické články. Druhým rozdílem je jejich odlišný tvar polykrystal křemíku je čtvercového typu, zatímco monokrystal křemíku má osmiúhelníkový tvar. Třetím rozdílem je teplotní koeficient, který je u monokrystalických článků nižší než u polykrystalických. Provozní teplota samotného panelu během výroby elektřiny je zásadní.



**Mono**

**Vs**



**Poly**

Obrázek 3 - Monokrystalické a polykrystalické panely (zdroj: <https://zonfos.com>)

V létě, kdy je nejtepleji v roce, se panely postupně zahřívají během dne, zvyšuje se jejich teplota, která má právě za následek to, že výkon panelů se snižuje. Proto monokrystalické panely vyrobí více energie než polykrystalické díky nižšímu teplotnímu koeficientu. Jedno z řešení tohoto problému je umístění fotovoltaických elektráren jako plovoucí ostrovy na vodu, která přirozeně panely chladí v horkých dnech. Tuto situaci vystihuje následující obrázek.



Obrázek 4 - Fotovoltaické elektrárny na moři (zdroj: <https://www.pv-tech.org>)

Tým VS elektro na svých webových stránkách dodává: „ Monokrystalický křemík je technologie známá desítky let, polykrystaly jsou o hodně mladší. Polykrystalické panely byly v době největšího rozmachu (2012 až 2016) o ca. 25% levnější než monokrystalické. Pro současné moderní výrobní technologie již tento rozdíl neplatí a ceny jsou stejné. Podle serveru solarreviews.com je předpoklad, že v roce 2020 bude celosvětově nejprodávanějších panelů monokrystalického typu.“. (VSelektro, 2020)

### 3.6.3 Výhody a nevýhody fotovoltaiky

Zásadní výhodou fotovoltaického systému je využití sluneční energie, která tu stále bude a jen tak se nevyčerpá. Dostupnost pořízení fotovoltaických panelů je dnes již daleko přístupnější díky řadě dotací, které poskytuje Evropská unie. Výše dotací se pohybuje od částky 35 000 Kč až po 150 000 Kč, záleží na typu výběru uložení přebytečné energie, a to buď do vody (akumulační nádoby) nebo do bateriového systému. Dalším plusem je snížení

provozních nákladů za elektřinu, neboť sluneční energie je zdarma. Během výroby panely nevytváří žádný hluk, emise či zápach. Díky vlastní výrobě snižujeme i spalování fosilních paliv. Fotovoltaika nevyžaduje žádnou náročnou obsluhu, je téměř autonomní.

U monokrystalických článků je větší výtěžnost elektrické energie. Výhodou je také pomalejší stárnutí křemíku. Ideálním umístěním jsou střechy budov, panely natočeny na jih a ve sklonu 30–35 °.

Nevýhody spočívají v několika věcech. Výroba těchto typů panelů je pořád drahá (zejména z důvodu drahého vstupního materiálu – krystalického křemíku). Panely v současné době dosahují maximální účinnosti okolo 20–22 %, což je stále málo. Jistě, byl v tomhle směru udělán velký pokrok, problémem je však, že panely absorbují jenom část slunečního spektra. To podstatně ovlivňuje jejich přeměnu slunečního světla na elektřinu. Další nevýhodou, kterou zmiňuje (Quaschnig, 2010) se v knize *Obnovitelné zdroje energií* je: „Dalším problémem by mohlo být zastínění. Fotovoltaické systémy na něj reagují s velkou citlivostí poklesem výkonu. Jestliže je zakryta, byť jen část plochy panelů, může toto ochromit celý fotovoltaický systém. Co nejméně zastíněná plocha, na kterou se fotopanely montují, je proto podstatně důležitější než optimální nasměrování.“

Všechny tyto nevýhody se snaží eliminovat nové generace fotovoltaických panelů. Druhá generace panelů řeší snížení výrobních nákladů úsporou drahého základního materiálu, tj. křemíku. Články obsahují stokrát až tisíckrát tenčí aktivní absorbující polovodičovou vrstvu tzv. thin-film (amorfní a mikrokrystalický křemík). Účinnost těchto panelů je však nižší než u první generace.

Třetí generací jsou panely s nanostrukturou ve formě uhlíkových nanotrubiček či nanotyčinek. Účelem je cílené ovlivňování optických a elektrických vlastností. Nicméně účinnost je stále nízká.

Čtvrtou generací jsou vícevrstvé panely se schopností využít celou škálu slunečního spektra. Jednotlivé vrstvy panelu dokážou zachytit konkrétní spektrum (vlnovou délku) záření. Jde tedy o maximální využití počtu absorbovaných fotonů. Tento typ panelu by představoval budoucnost fotovoltaických elektráren.

### 3.7 Větrná energie

Další obnovitelným zdrojem, který je nevyčerpatelnou silou je vítr. Vzniká na základě rozdílů tlaku vzduchu spojené s rotací Země, které způsobují diferenci potenciálů v atmosféře, což má za následek vznik proudění vzduchu.

Vznik větrné energie popisuje také autor knihy *Nové zdroje energie* (Balák, 1989): „Zemská atmosféra je stále neklidná. Otáčivý pohyb naší planety způsobuje pravidelné proudění vzduchu nad mořem i pevninou. Pravidelnost tohoto proudění nepříznivě ovlivňuje střídání teplot i tepelné rozdíly mezi mořem a pevninou, horami a údolími, zalesněnými a holými plochami aj., takže v proudění vzduchu dochází velmi často k výkyvům, které mohou vyvrcholit větrnými bouřemi. Pohyb větru je převážně vodorovný. Je charakterizován jednak směrem, odkud vane, jednak silou nebo rychlostí měřenou podle Beaufortovy stupnice (je uvedena v tab. 13).“.

Níže je uvedena tabulka Beaufortovy stupnice síly větru. Rychlost větru je měřena v jednotkách m/s a jednotlivé stupně od 0 až 12 odpovídají danému riziku.

Stupeň	Označení	Rychlost větru
0	bezvětří	0,0 - 0,2 m/s
1	vánek	0,3 - 1,5 m/s
2	slabý vítr	1,6 - 3,3 m/s
3	mírný vítr	3,4 - 5,4 m/s
4	dostí čerstvý vítr	5,5 - 7,9 m/s
5	čerstvý vítr	8,0 - 10,7 m/s
6	silný vítr	10,8 - 13,8 m/s
7	prudký vítr	13,9 - 17,1 m/s
8	bouřlivý vítr	17,2 - 20,7 m/s
9	vichřice	20,8 - 24,4 m/s
10	silná vichřice	24,5 - 28,4 m/s
11	mohutná vichřice	28,5 - 32,6 m/s
12	orkán	více než 32,6 m/s

Obrázek 5 - Beaufortova stupnice síly větru (zdroj: <https://www.chmi.cz>)

#### 3.7.1 Historie

Větrnou energii používá lidstvo od dávnověku. Již starověcí Egypťané používali vítr jako pohon svých plachetnic. Vítr se stal také pohonem větrných mlýnů a větrných čerpadel. První větrná elektrárna je připisována dvěma jedincům na dvou kontinentech. V Americe to byl vynálezce Charles F. Brush, který na přelomu let 1887 a 1888 sestrojil se svými kolegy Jacobem S. Gibbem a Brinsleym Coleberdem první automatickou větrnou turbínu, napojenou na generátor elektrického proudu. Generátor (dynamo) měl 500 otáček za minutu

a při plné zátěži generoval 12 KW. Větrné kolo obsahovalo 144 paprskovitě uspořádaných lopatek.

V Evropě je připisována první větrná elektrárna dánskému profesorovi Poulu la Courovi. Sestrojil ji roku 1891 se čtyřmi až šesti lopatkami, tvořenými plachtami napnutými na rámové konstrukci. Oproti Brushovy větrné elektrárně byla několikanásobně menší a méně výkonnější. Na základě svých experimentů a testů na vlastně postaveném větrném tunelu Poul la Cour dosáhl i k výkonnějším typů generátorů s redukováným počtem lopatek. Prokázal to na měření účinností rotorů s rozdílným počtem listů. Cour stanovil obecný vzorec pro závislost výkonu větrné elektrárny na průměru rotoru, rychlosti větru a hustotě vzduchu.

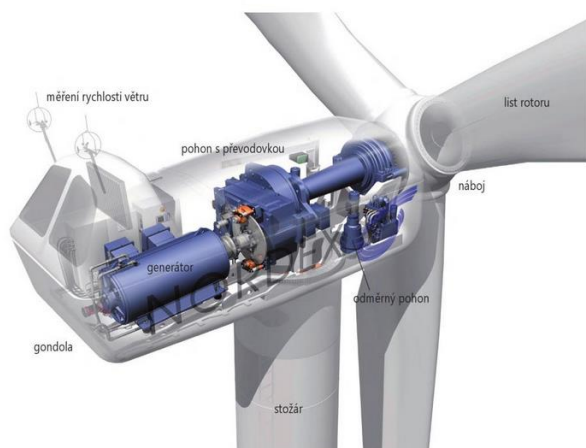
„Během první světové války byla větrná energie rozšířena hlavně v Dánsku, budovaly se 25 KW výkonné turbíny, které měli pokrýt nedostatek elektrické energie v důsledku války. V Americe ve venkovských oblastech byly oblíbené menší větrné elektrárny o výkonu (1-3 KW), které sloužily především jako zdroj pro osvětlení farem a napájení baterií používané pro rozhlasové přijímače (krystalka). Inovace v leteckém průmyslu spolu s výzkumem v Dánsku, Francii, Německu a Velké Británii týkajících se velkých větrných turbín (WTs), pomohli k masivnímu rozvoji, který byl později přerušen druhou světovou válkou. Bylo to však až po válce, kdy byl v Dánsku zkonstruován a postaven první velký třílistý větrný rotor WT s názvem Gedserův mlýn o výkonu 200 kW. „ Přeloženo (Emmanuel, Rogdakis, & Koronaki, 2018).

### 3.7.2 Současnost

V dnešní době jsou nejpoužívanějším typem vztlakové turbíny se třemi listy neboli lopatkami. Využívá se tzv. aerodynamické vztlakové síly, která vzniká na rotorovém listu pohybovou energií větru. Ta je následně přenášena přes převodovku do generátoru, kde se mění na elektrickou energii. Větrná elektrárna tedy přeměňuje kinetickou energii větru na energii elektrickou.

Detailnější popis uvádí (Quaschnig, 2010) v knize *Obnovitelné zdroje energie*: „Srdce moderní větrné elektrárny tvoří gondola (obr. 8.11), která je uložena otočně na stožáru. Je vybavena zařízením pro měření rychlosti a směru větru. Tzv. odměrný pohon natáčí zařízení optimálně podle větru. Jednotlivé listy rotoru jsou zavěšeny v náboji. Hřídel převádí pohyb listů rotoru a pohání přes planetovou převodovku generátor. Planetová převodovka má za úkol pomalé otáčení rotoru převádět na vyšší otáčky pro rychlejší rotaci

hřídele generátoru. Rotor elektrárny, která dává výkon 5 MW a má průměr 126 m, dává bodu na špičce rotoru (obvodovou) rychlost 280 km/h.“.



Obrázek 7 - Schéma větrné horizontální elektrárny  
(zdroj: Quaschnig, 2010 )



Obrázek 6 - Vertikální větrná elektrárna (zdroj:  
<https://oenergetice.cz>)

Větrné elektrárny lze rozdělit do tří kategorií podle jejich výkonu. První skupinou jsou malé větrné elektrárny s výkonem do 5 Kw, které primárně slouží pro vlastní okamžitou spotřebu nebo pro nabíjení akumulátorů. Druhou skupinou jsou elektrárny středně většího typu s výkonem od 5 do 20 Kw, které jsou již schopny pokrýt větší množství elektrických zařízení např. ohřev vody v domácnostech nebo v zemědělství. Případné přebytky energie jsou posílány do distribučních sítí elektrické energie. Poslední skupinou jsou elektrárny nad 20 Kw, které jsou určeny především pro dodávku do sítí pro vesnice či města.

„Podle osy otáčení rotoru se turbíny dělí na horizontální (anglicky označované jako Hawt – horizontal axis wind turbine) a vertikální (VAWT – vertical axis wind turbine).“ (Vobořil, Větrné elektrárny - princip, rozdělení, elektrárny v ČR, 2015) Účinnost větrných elektráren závisí zejména na dobře situovaném místě s vhodnou intenzitou větru. U horizontálních větrných turbín (obrázek 7) je zpravidla dosahováno větší účinnosti než u vertikálních turbín, účinnost se pohybuje okolo 48 %. „Vertikální turbíny (obrázek 6) dosahují účinnosti zhruba kolem 38 %. Oproti horizontálním turbínám mají ale několik výhod. Není nutné, jakkoliv měnit směr turbíny (natáčet podle směru větrných proudů), což je vhodné na místech, kde se směr větru často mění. Generátor je umístěn dole na zemi, to velmi ulehčuje údržbu. Jsou menší, méně hlučné a lze je umístit i blíže k sobě, aniž by se



aerodynamicky ovlivňovali. Nevýhodou je jejich cena, jsou dražší v porovnání se stejným výkonem jako horizontálních turbín.“ Parafráze (Vobořil, Větrné elektrárny - princip, rozdělení, elektrárny v ČR, 2015).

### 3.7.3 Výhody a nevýhody větrných elektráren

Nespornou výhodou větrných elektráren je využití větru jako nevyčerpatelné přírodní síly (zelená energie). Během výroby elektrické energie se neprodukují žádné škodliviny, ani CO<sub>2</sub>.

Zásadní nevýhoda větrných elektráren spočívá na závislosti větrných proudů, jinak řečeno, když nefouká, nevyrábí se nic. Proto je nutné výkon větrné elektrárny zálohovat jiným zdrojem výroby energie, v případě nedostatečné intenzity větru nebo odstávky při bouřích, které by mohly větrnou elektrárnu dokonce poškodit. Další velkou nevýhodou je hluchost. Mechanický hluk, jenž je vyvolaný strojovnou zařízení. Aerodynamický hluk, který je způsoben obtékáním vzduchu kolem listů (lopatek) rotoru a také u přiblížení listů kolem stožáru. Dále vzniká mnoho odlesků a stínů, které jsou vytvářeny rotory elektráren periodicky se opakujícími. Listy rotoru mohou zahubit také mnoho ptactva včetně netopýrů. Rovněž větrné elektrárny způsobují i značný zásah do krajinné tvorby.

Nevýhod je tedy celá řada a značně převyšují nad výhodami. Ne každý stát má vhodné podmínky pro využití větrné energie. Proto je nezbytné nacházet taková místa na Zemi, která by, pokud možno maximálně limitovala výše uvedené nevýhody. Velký zájem o využívání větrných elektráren v Evropě je v zemích, ležících při pobřeží severního moře a Atlantického oceánu s příznivými větrnými podmínkami, jako jsou Dánsko, Velká Británie, Francie, Nizozemí a Německo. V Americe jsou to pobřeží podél Tichého, Atlantického a Severního ledového oceánu.

V knize s titulem *Wind Energy* autor (Grady, *Wind Energy*, 2016) pojednává o budoucnosti větrných elektrárnách. „Výroba elektřiny pomocí větrné energie dnes stojí o něco více než výroba elektřiny z uhlí. Větrná energie však nevytváří žádné znečištění, což výroba elektřiny pomocí uhlí ano. Fosilní paliva jako je uhlí jednou dojdou, kdežto větrná energie je zdrojem nevyčerpatelným. V dnešní době kupuje větrné turbíny mnohem více lidí. Někteří kupují malé turbíny pro svůj dům nebo farmu. Velké společnosti nakupují velké turbíny a zakládají větrné farmy. Jak se větrné turbíny stále zlepšují, možná pak zjistíme, že některé z našich energetických problémů zmizí.“ Přeloženo.

První „větrnou farmu“ popisují autoři (Corke & Nelson, 2018) v knize *Wind Energy Design* a dodávají, jaký je dnes trend výstaveb moderních větrných elektráren.

„Větrné farmy jsou shlukem větrných turbín, které jsou umístěny v polohách, vhodné pro výrobu větrné elektřiny. V literatuře se někdy větrné farmy uvádějí jako strojní zařízení, seskupení nebo park. První větrná elektrárna byla instalována v roce 1980 na rameni hory Crotch v jižním New Hampshire v USA. Je složena z 20 turbín a každá dává kapacitu 30 kW se společnou kapacitou 0,6 MW. První pobřežní větrná elektrárna byla postavena v roce 1991 na severním pobřeží dánského ostrova Lolland. Je složena z turbín o výkonu 11.450 kW, což dává společný výkon 4,95MW. Trend ve vývoji větrných elektráren se zvyšuje směrem k velikosti a počtu větrných turbín, které poskytují celkově větší silovou kapacitu. Typické moderní větrné elektrárny se skládají ze stovek větrných turbín s výkonem multimegavatů, které poskytují celkovou kapacitu stovek megavatů.“ Přeloženo.



Obrázek 8 – Větrné farmy u pobřeží (zdroj: <https://www.nazeleno.cz>)

### 3.8 Vodní energie

Vodní energie je přírodním obnovitelným zdrojem, dána hydrologickým cyklem neboli trvalým koloběhem vody na Zemi. Pohonem tohoto cyklu je sluneční záření dopadající na naši planetu. Svůj popis vodního cyklu zmiňuje v knize *Hydropower* autor (Grady, *Hydropower*, 2016).

„Voda se vždy pohybuje. Každá molekula vody na Zemi je součástí vodního koloběhu. Ten je strukturou změn, kterými voda prochází, od pohybu na zemském povrchu až po atmosféru. Voda je viditelná ve svém kapalném stavu v řekách, oceánech, nebo v loužích. Slunce tuto vodu ohřívá. To způsobí, že se některé molekuly vody odpaří nebo se změní na plyn zvaný vodní pára. Jak vodní pára stoupá, ochlazuje se a kondenzuje do mraků. Pokud jsou mraky dostatečně nasyceny kondenzační vodou, začne pršet nebo padat sníh. A cyklus, který pohání vodní turbíny po celém světě, opět začíná od znova.“ Přeloženo.

### 3.8.1 Historie

„Lidé odpradávná chápali, že voda v sobě ukrývá ohromnou energii. Dobře věděli, jakou má voda sílu, že ji nic nezastaví. Voda láme skály, vyvrací stromy. Vodě se nelze postavit. Jak ale tuhle obrovskou energii využít?“ (Dušek & Kostka, 2020) Tuto otázku si pokládají autoři Dušek a Kostka ve své knize s titulem *Zázrak jménem voda*. Je faktem, že voda představuje nezměrný zdroj energie. Ve starověku naši předkové využívali vodní energii především k dopravě, tj. splavování lodí, vorů nebo dřeva po proudech řek. Později sloužila k pohonu nejrůznějších strojů, příkladem byly mlýny, čerpadla nebo pily. Příklady různých typů mlýnů jsou popsány v knize *Zázrak jménem voda*.

„První zařízení, které využilo pohybovou energii proudící vody, byl vodní mlýn. Vymysleli ho už ve starověku, jeho využití je známo od 5. století před naším letopočtem. Vodní mlýn funguje tak, že proud vody pohání, otáčí vodní kolo, které roztáčí hřídel. Na ní je pomocí dalších hřídelí a pák napojen pracovní nástroj, mlýnské kameny nebo třeba pila. Nebo kladivo – takovému mlýnu se pak říkalo hamr. Vodní energie na principu vodního mlýna se využívala i v hornictví či zemědělství na drcení, takovým mlýnům se říkalo stoupa. Rumpál zase vynášel nakutanou horninu z dolu.“ (Dušek & Kostka, 2020)

„Vodní mlýny se postupem času vylepšovaly a jejich rostoucí počet na potocích a řekách způsobil nutnost fixní regulace využívání vodních toků. Tyto regulace nařizovali majitelům, jakou mohou mít velikost vodního kola vzhledem k průtoku řeky a přesnou dobu, po kterou může mlýn běžet. Majitelé museli, i přes svou vlastní nevoli, tyto nařízení dodržovat a nutili je lépe využívat svých mlýnů, ve způsobu technického vylepšení. Proto již v 19. století byly vyvinuty moderní vodní turbíny s vysokou účinností. V průběhu 19. století byla vodní energie potlačena vynalezením parního stroje. S nástupem elektrifikace, která probíhala na konci 19. století, byla vodní energie opět na vzestupu. Ze začátku se

využívaly malé vodní turbíny, které poháněly elektrický generátor. Velikost těchto strojů však rychle rostla.“ Parafráze (Quaschnig, 2010)

### 3.8.2 Současnost

Vodní elektrárny využívají energii vodních toků v podobě kinetické a potenciální energie. Rychlost proudění toku udává kinetická energie. Potenciální neboli tlaková energie je dána působením gravitace v závislosti na výškovém rozdílu (spádu) hladin. Princip vodních elektráren je názorně vysvětlen na webové stránce s názvem *Vodní elektrárny – princip, rozdělení, elektrárny v ČR*: „Přitékající voda předává svou kinetickou, resp. potenciální energii turbíně, která roztáčí generátor připojený ke společné hřídeli. Rotační energie se v generátoru mění na základě elektromagnetické indukce na energii elektrickou. Soustrojí turbíny a generátoru dohromady tvoří tzv. turbogenerátor.“ (Vobořil, *Vodní elektrárny - princip, rozdělení, elektrárny v ČR*, 2016)

Dnes je možné konstruovat od těch nejmenších průtokových elektráren o výkonech v řádu desítek Kw až po ohromné přehradní elektrárny s výkony v řádu tisíců MW. Právě podle výše výkonu se dělí na tři skupiny. Malé vodní elektrárny jsou do výkonu 10 MW, střední do 100 MW a ty největší nad 100 MW. Podle využívaného spádu jsou vodní elektrárny dále děleny na nízkotlaké (do 20 m), středotlaké (od 20 m do 100 m) a vysokotlaké (nad 100 m). V závislosti na spádu se využívá několik druhů turbín. Mezi nejčastější používané patří Francisova, Kaplanova, Peltonova a Bánkiho turbína.

### 3.8.3 Výhody a nevýhody vodních elektráren

Výhody vodních elektráren spočívají především v jejich obnovitelné energii, která významnou měrou přispívá v dnešní době ke snižování emisí skleníkových plynů. V případě, náhlých výpadků elektrické energie nebo „blackoutů“, jsou vodní elektrárny schopny rychlého najetí na plný výkon a „nahodit“ tak celou elektrickou soustavu. Na svůj provoz vyžadují minimální personál včetně údržby a lze je také řídit na dálku. Přehradní hráze vodních elektráren dokážou v malé míře zabránit i povodním, které však nesmí být nějak katastrofické.

Mezi nevýhody vodních elektráren stále patří vysoká cena přehradních nádrží spojená s dlouhou dobou výstavby. Často je nutnost zatopení velkého území. Hrozí, zde i riziko protržení hráze, ať již v důsledku povodní, tak i zemětřesení. Velké přehrady rovněž brání

přirozené migraci vodních živočichů, často je nutné řešit tento problém vybudováním nových cest. Samozřejmě tento problém je spjatý i s lodní dopravou, která musí tyto přepravy překonat např. pomocí zdymadel.

### 3.9 Biomasa

Lidstvem je biomasa využívána jako nestarší zdroj energie vůbec. Biomasa je souhrnem veškeré organické hmoty na Zemi, účastníci se koloběhu živin v biosféře. V knize s titulem *Pyrolysis of Biomass* je autory vysvětlena biomasa v detailnějším měřítku.

„Obecně je biomasa organická hmota pocházející ze živých organismů. Její formování je úzce spojeno přímo nebo nepřímo s fotosyntézou a zahrnuje všechna zvířata, rostliny a mikroby, jakož i organickou hmotu vzniklou trávením nebo rozkladem těchto živých organismů. Biomasu lze použít jako zdroj energie, nejčastěji se jedná o rostliny nebo rostlinné materiály, které se nepoužívají jako zdroj pro potraviny nebo krmiva, ale speciálně se jim říká lignocelulózová biomasa, která zahrnuje především zemědělské a lesní odpady, jako jsou např. dřevní štěpka nebo rýžová sláma.“ Přeloženo (Shurong & Zhongyang, 2016)

Volker Quaschnig zmiňuje také, že pro tvorbu biomasy je zásadní voda. Na místech naší planety, kde není dostatečné množství vody, je velmi omezen růst biomasy, totéž platí i při nedostatku sluneční energie. Pomocí přirozených chemických procesů přeměňují rostliny sluneční světlo v biomasu. Podle Volkera lze stanovit i účinnost těchto procesů, podílem výhřevnosti usušené biomasy a množstvím sluneční energie, kterou rostlina získala během svého růstu.

#### 3.9.1 Historie

„Nejstarší metodou získávání energie z biomasy je spalování. Jedná se o termochemický proces, při kterém dochází k rozkladu organického materiálu na hořlavé plyny a další látky a následně za přítomnosti vzduchu k oxidaci (slučování hořlavých prvků obsažených v palivu s kyslíkem), při které se uvolňuje oxid uhličitý, voda a teplo, jehož množství závisí na výhřevnosti použitého paliva. Na rozdíl od fosilních paliv se spalování biomasy vyznačuje prakticky nulovou bilancí oxidu uhličitého. Množství uvolněného plynu do ovzduší je přibližně stejné jako množství, které rostliny během svého života absorbují při fotosyntéze.“ (Vobořil, Biomasa - využití, zpracování, výhody a nevýhody, energetické využití v ČR, 2017) O historii biomasy pojednává i (Quaschnig, 2010).

„Již 790 000 – tak je to dlouho, co jeskynní člověk objevil oheň – využívá člověk energii hořícího dřeva. Proto je biomasa s velkým odstupem nejdéle používaný zdroj energie. Až do 18. století byla biomasa celosvětově vůbec nejdůležitějším zdrojem energie. I v současné době některé země, jako je Mozambik a Etiopie, pokrývají více než 90 % primární spotřeby energie tzv. tradiční biomasou. V průmyslově vyspělých zemích se s využitím fosilních zdrojů energie stala biomasa až do 20. století. V roce 2000 nedosahoval podíl biomasy ani 3 %.“

### 3.9.2 Současnost

Pro energetické účely je dnes biomasa pěstována ve formách rychle rostoucích dřevinách (olše, akát, topol), rostlin bylinného charakteru (šťovík, kostřava, konopí), travních porostech (chrastice, sloní tráva), obilovin nebo olejnatých rostlin ( slunečnice, řepka olejná).

Druhou kategorií je odpadní biomasa. Typicky jsou to zbytky z rostlinné výroby (likvidace křovin, odpady z vinic a sadů, různé druhy slám), z těžby a zpracování dřeva (pařezy, kůra, větve, piliny), z živočišné výroby (hnůj, zbytky krmiv, močůvka), z biologicky rozložitelných odpadů (zbytky potravin, odpady z jatek) a ze splašek z kanalizace.

Biomasa má široké využití od zemědělství přes průmyslová odvětví, nebo stále jako zdroj tepelné energie pro vaření, topení nebo ohřev vody. Konkrétní příklady využití biomasy v průmyslových odvětvích popisují autoři knihy Ing. Studeník a Mgr. Svitavský.

„Biomasu jako surovinu pro výrobu využívá ke zpracování celá řada průmyslových odvětví. Jsou to například:

- Papírenství – výroba papíru, obalové techniky, vláknitého kartonu
- Stavebnictví – výroba stavebnin a izolačních materiálů
- Dřevozpracující průmysl – výroba nábytku, konstrukcí, bytových doplňků
- Chemický průmysl – výroba produktů náhradou za využívání ropy (umělé hmoty..)
- Farmaceutický průmysl – výroba léčiv a kosmetických přípravků
- Lodářský průmysl – stavba lodí
- Ostatní – výroba dekorativních předmětů, tužek, košíků, smetáků, násad atd.“

(Studeník & Svitavský, 2014)

Nejvyšší účinnosti až 90 % biomasa dosahuje při produkci tepla. Biomasa se také využívá v kombinaci výroby elektřiny a tepla tzv. kogenerační výrobě (KVET), při které dosahuje účinnosti 50-90 %). Při produkci samotné elektřiny se účinnost pohybuje pod 50 %. Parafraze (Vobořil, Biomasa - využití, zpracování, výhody a nevýhody, energetické využití v ČR, 2017)

### 3.9.3 Výhody a nevýhody využívání biomasy

Biomasa je obnovitelným zdrojem bez škodlivých emisí nebo těžkých kovů. „Při spalování dochází k neutrální bilanci CO<sub>2</sub>, neboť jeho uvolněné množství do ovzduší odpovídá množství, které rostlina do svého těla za život navázala. Vrací se tedy do atmosféry v přibližně stejném období, v jakém byl rostlinou asimilován.“ (Studeník & Svitavský, 2014) Naproti tomu fosilní paliva tuto vlastnost nemají. Vznik těchto paliv (fosilních) sahá do dávné historie naší Země a jejich plyn a další látky, které vznikají při spalování, jsou v současnosti uvolňovány do ovzduší. Nelze tedy mluvit o obnovitelném zdroji. Další výhodou biomasy je ve schopnosti zachování biodiverzity (ochrana půdy proti erozi, zadržování vody v přírodě, ochrana živočichů). Biomasa má účinné využití v odpadovém hospodářství dané lokality či regionu.

Častou nevýhodou biomasy jsou náklady na její transport (přepravu) a s tím spojené skladovací prostory pro její uložení. Spalování není čistě bez emisí, v některých případech je i nutná úprava biomasy před samotným „zpopelněním“. Dosahuje také nižší účinnosti při výrobě elektřiny ve srovnání s fosilními palivy, které vykazují i vyšší spolehlivost a energetickou výtěžnost. Hrozí i kontaminace nebo únik nebezpečných látek u některých technologií na zpracování biomasy, např. bioplynová stanice při špatném technickém stavu, může být zdrojem zápachu. Problémovost biomasy zmiňuje také ve svém článku na webu (Vobořil, Biomasa - využití, zpracování, výhody a nevýhody, energetické využití v ČR, 2017): „Jedná se o poměrně složité palivo, jelikož podíl těkavé látky je velmi vysoký a vzniklé plyny se vyznačují různými spalovacími teplotami, často se stává, že hoří pouze část paliva. Podmínkou pro dokonalé spalování je vysoká teplota a účinné promísení se vzduchem.“

## 3.10 Ostatní obnovitelné zdroje

### 3.10.1 Geotermální energie Země

Geotermální energie je energií tepelnou nacházející se v nitru Země. Jejími přirozenými projevy na povrchu jsou vodní gejzíry, horké prameny či erupce sopek. Využívá se zejména k vytápění nebo chlazení, v lázeňství či k výrobě elektrické energie. Konkrétní využití pro elektrárny se věnuje web (Proelektrotechniky.cz, 2013).

„Geotermální elektrárny se staví zejména ve vulkanicky aktivních oblastech, kde využívají k pohonu turbín horkou páru stoupající pod tlakem z gejzírů a horkých pramenů, nebo teplotně nasycené médium, které se vtlačuje do vrtů, v hloubi země ohřívá a ohřáté vyvádí na povrch. Využití geotermální energie se tedy omezuje na ta místa, kde je jí dostatek k dispozici, například na Islandu. Jak patrně, celkový podíl geotermálních elektráren na výrobě elektřiny ve světě je velmi malý, ale na konkrétních místech může mít velký význam.“

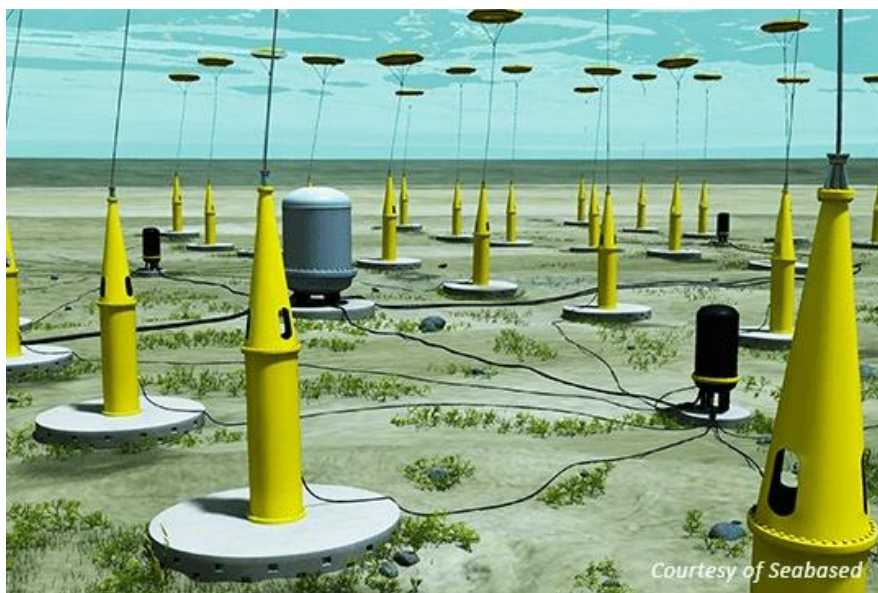
### 3.10.2 Mořská energie

Mořská energie v sobě skrývá dva typy využitelné energie. Prvním druhem je energie přílivu a odlivu. Vzniká pomocí vzájemného pohybu Země, Měsíce a Slunce, kde zásadní roli hrají tzv. slapové jevy, jež jsou způsobeny gravitační přitažlivostí již zmíněných nebeských těles. Elektrárna využívající tuto přírodní sílu se nazývá elektrárnou přílivovou. Hlavní součástí elektrárny jsou turbíny, které se roztáčí díky periodicky se opakujícímu přílivu a odlivu.

Druhým typem mořské síly je energie vln. Mořské vlny v sobě skrývají obrovský energetický potenciál. Již byly vyzkoušeny konkrétní prototypy, jak tuto energii těžit. Jednalo se o menší elektrárny v rozmezí výkonu 1 až 10 MW. Průlom nastal v roce 2015, kdy společnost Seabased nedaleko švédského města Sotenäs úspěšně spustila a otestovala první vlnovou elektrárnu. Princip této výroby nastiňuje na webu Tomáš Molek. „Řešení Seabased využívá k přeměně kinetické energie mořských vln na elektřinu bóje plovoucí na hladině, které jsou ocelovými lany spojeny s lineárními generátory ukotvenými na mořském dně.“ (Molek, 2018)



Další vlnová elektrárna na stejném principu má vzniknout u pobřeží nedaleko města Ada v Ghaně. Výkon elektrárny bude 100 MW, což odpovídá menšímu bloku uhelné elektrárny. Jedná se tedy už o konkrétní kroky vedoucí k odemknutí velké energetické kapacity.



Obrázek 9 - Generátory s plovoucími bójemi pod hladinou (zdroj: <https://oenergetice.cz>)

### 3.10.3 Tepelná čerpadla

„Tepelné čerpadlo funguje na principu odběru tepla z okolí vytápěného objektu (vzduchu, země nebo vody) a převádí ho na vyšší teplotní hladinu použitelnou pro vytápění a ohřev teplé vody.“ Parafráze (IVT tepelná čerpadla) Tepelné čerpadlo je základem mnoha dalších strojů např. mrazničky, chladničky, klimatizace nebo některých druhů vytápění. Ke svému provozu však potřebují elektrinu dodávanou ze sítě. Zásadní výhodou tepelných čerpadel je získání až čtyřikrát více energie, než kolik jim bylo dodáno, záleží na typu a výkonnosti daného modelu. Obnovitelný přínos těchto zařízení je však malý vzhledem k tomu, že jsou částečně závislá na dodávkách elektrické energie ze sítě. Ale z hlediska spotřeby energie např. k ohřevu teplé vody jsou nepochybně daleko úspornější než přímý ohřev pomocí elektrických spirál v bojleru.

## 4 Vlastní práce

Pro vlastní výzkum byly vybrány vhodné ukazatelé, které se vztahují ke komplexní analýze zvoleného tématu. Jsou rozděleny do tří skupin podle kategorií. První skupina představuje konkrétní využití obnovitelné energie.

1. primární výroba energie z OZE (TOE),
2. podíl OZE na hrubé konečné spotřebě energie (%),
3. primární spotřeba energie (TOE),
4. podíl energie z obnovitelných zdrojů na hrubé spotřebě elektřiny (%),
5. podíl energie z obnovitelných zdrojů v dopravě (%),
6. podíl energie z obnovitelných zdrojů pro vytápění a chlazení (%),
7. skleníkové emise při produkci energie (tisíce tun).

Druhá skupina ukazatelů prezentuje další zdroje, které se využívají k výrobě energie v EU. Slouží především pro zhodnocení energetického mixu v jednotlivých státech.

8. výroba energie fosilními palivy (TOE),
9. výroba energie zemním plynem (TOE),
10. výroba energie ropou (TOE),
11. výroba energie jádrem (TOE).

Třetí skupinu tvoří ukazatelé ekonomického charakteru.

12. průměrná cena elektřiny (Kč/Kwh),
13. energetická závislost (%),
14. HDP na obyvatele (PPS).

Data jsou vybrána za rok 2018, pro co nejbližší možnou aktuálnost a autentičnost. Pro roky 2019 a 2020, Eurostat poskytuje pouze prozatímní nepotvrzená data a v některých případech nejsou data k dispozici vůbec. Zároveň byla data sesbírána pro původní počet členských států, tedy včetně Velké Británie. Eurostat již od roku 2018 vzhledem k dlouhotrvajícímu Brexitu, nevede již Anglii ve společných statistikách států Evropské unie.

Ke zjištění základních statistických hodnot v rámci průzkumové analýzy dat byla použita procedura *means* v aplikaci SAS 9.4, která zobrazí základní statistické údaje, tj. počet položek ve statistickém souboru, průměrnou hodnotu souboru, medián souboru, maximální a minimální hodnotu, směrodatnou odchylku, koeficient variace, šikmost a špičatost včetně jednotlivých kvartilů.

Procedura *means* v aplikaci SAS:

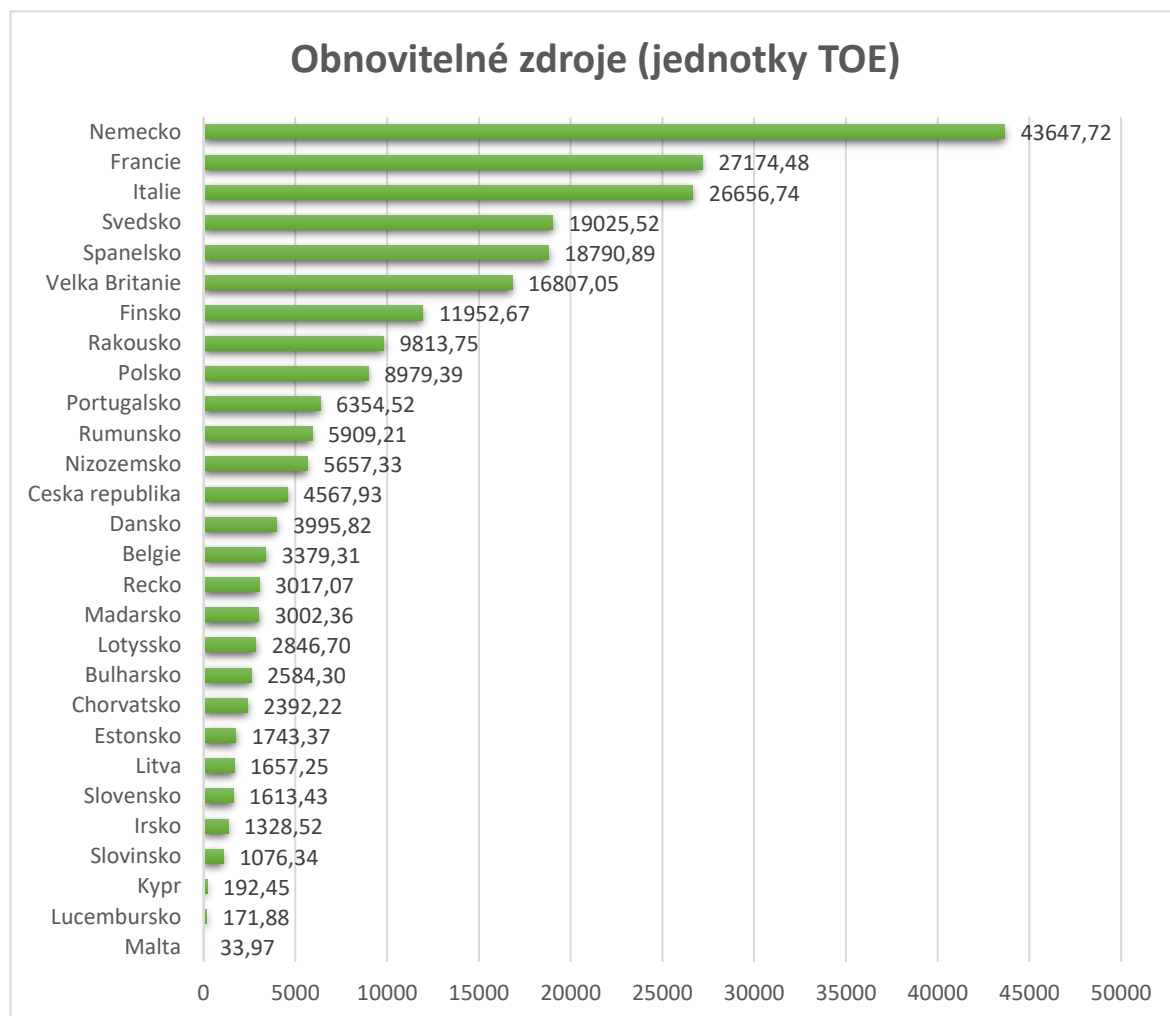
```
proc means data=Data_OZE n mean median min max std  
cv ql q3 qrange skewness kurtosis maxdec=2;  
var vyroba_oze;  
run;
```

Obrázek 10 Procedura *means* (zdroj: vlastní zpracování)

## 4.1 Průzkumová analýza dat

### 4.1.1 Primární výroba energie z OZE

Ukazatel představuje primární produkci energie z obnovitelných zdrojů energie. Hlavním výrobcem energie pomocí OZE je Německo, které díky kladné politice k obnovitelným zdrojům drží prvenství v Evropské unii. Na druhém místě se umístila Francie s hodnotou 27174,48, za ní v těsné blízkosti Itálie s výrobou OZE 26656,74. Česká republika se pohybuje v tomto ukazateli zhruba uprostřed EU. Státy s malou rozlohou území



Graf 1 - Obnovitelné zdroje TOE (zdroj: vlastní zpracování, datové soubory Eurostatu)

nebo ostrovní země nemohou samozřejmě konkurovat ve výrobě těm větším včetně ohledu na jejich vlastní energetiku, viz Kypr, Lucembursko a Malta.

The SAS System											
The MEANS Procedure											
Analysis Variable : vyroba_oze vyroba_oze											
N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Std Dev	Coeff of Variation	Lower Quartile	Upper Quartile	Quartile Range	Skewness	Kurtosis
28	8370.44	3687.56	33.97	43647.72	10391.00	124.14	1700.31	10883.21	9182.90	1.96	3.97

Obrázek 11 Výstup procedury MEANS – Výroba OZE (zdroj: vlastní zpracování)

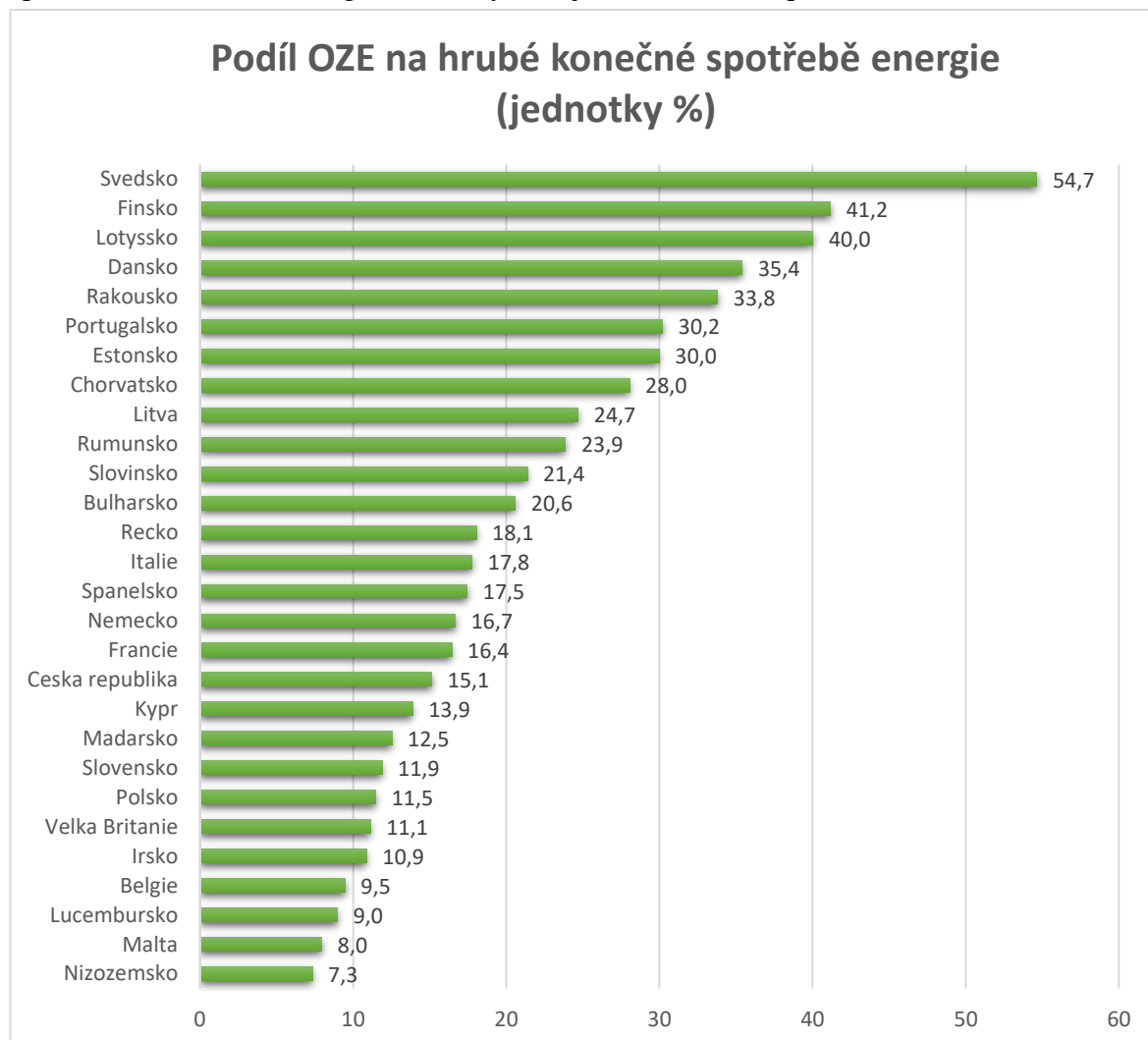
Z výstupní tabulky procedury *means* je zřejmé, že soubor je velmi nesourodý vzhledem k velmi rozdílné výrobě OZE v jednotlivých státech. Variační koeficient je roven hodnotě 124,14 %, což značí extrémní variabilitu dat. Průměr datového souboru je 8370,44, ale vzhledem k vysoké variabilitě, není zapotřebí dávat aritmetickému průměru žádný hlubší význam.

V této oblasti rozhoduje zejména politická vůle k budování obnovitelných zdrojů, ekonomická situace daného státu a nemalou roli sehrává již zmíněná rozloha států. Nejnižší hodnotu 33,97 zaznamenala Malta. Nejvyšší hodnota 43647,72 patří Německu. Šikmost souboru (Skewness) činí 1,96, jedná se o kladnou (pravostranná) šikmost, kde rozdělení četností je zešikmeno zleva od průměru. Špičatost (Kurtosis) činí 3,97 a vypovídá o silnější špičatosti zobrazení. Vysoká variabilita dat lze také pozorovat u kvartilů. Dolní kvartil činí 1700,31, prostřední kvartil (medián) má hodnotu 3687,56 a horní kvartil je roven hodnotě 10883,21. Hodnota směrodatné odchylky je 10391, ale vzhledem k velké rozptýlenosti dat od průměru, má pouze význam orientační.

#### 4.1.2 Podíl OZE na hrubé konečné spotřebě energie

Tento ukazatel měří stupeň využitelnosti obnovitelné energie a vyjadřuje, jak obnovitelné palivo postupně nahrazuje fosilní nebo jaderná paliva se zadaným cílem postupné dekarbonizace ekonomiky EU. Poskytuje rovněž informaci o tom, jaký pokrok činí státy směrem k cíli *strategie Evropa 2020* v oblasti obnovitelných energií, kterým je zvýšení podílu obnovitelné energie na hrubé konečné spotřebě do roku 2020 na 20 %. Největší podíl využití OZE na konečné spotřebě energie zaznamenalo Švédsko s hodnotou 54,7 %. Na druhém místě je Finsko následováno Lotyšskem. Česká republika s hodnotou 15,1 % se

nachází podprůměrem v EU. Z grafu je také patrné, že *strategii Evropa 2020* již v roce 2018 splnilo 12 států, které energii z OZE využívají více k vlastní spotřebě.



Graf 2 Konečná spotřeba energie z OZE (zdroj: vlastní zpracování, datové soubory Eurostatu)

**The SAS System**  
The MEANS Procedure

Analysis Variable : podil_oze_spotreba podil_oze_spotreba											
N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Std Dev	Coeff of Variation	Lower Quartile	Upper Quartile	Quartile Range	Skewness	Kurtosis
28	21.11	17.61	7.34	54.65	11.78	55.80	11.69	29.02	17.33	1.12	0.95

Obrázek 12 Výstup procedury MEANS – Konečná spotřeba energie z OZE (zdroj: vlastní zpracování)

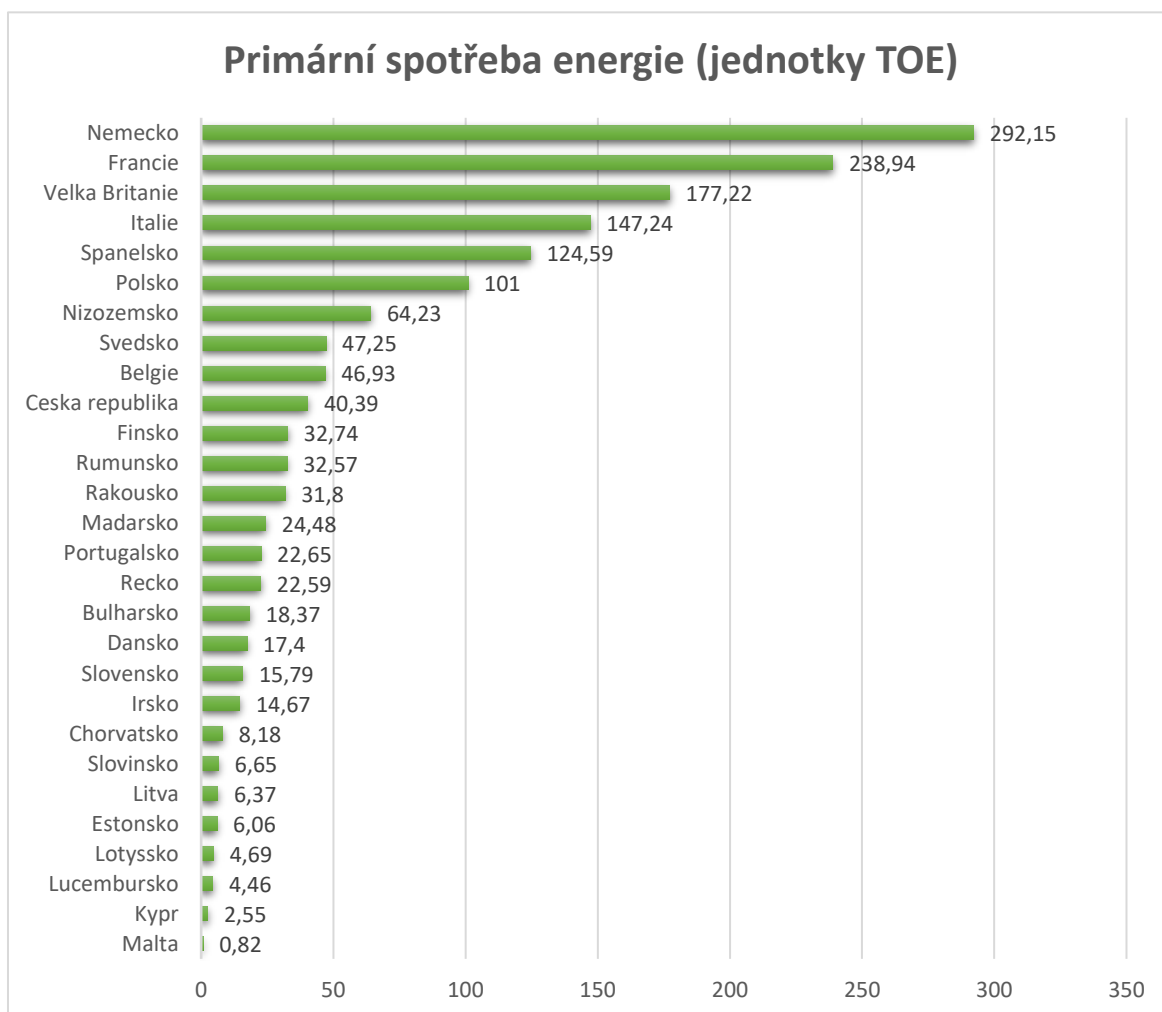
Výstupní tabulka procedury *means* ukazuje rovněž vysokou variabilitu dat, i když menší než u prvního ukazatele. Variační koeficient dosahuje 55,8 %, hodnota aritmetického průměru má spíše význam orientační. Nejnižší hodnota 7,34 byla zaznamenána u Nizozemska. Šikmost souboru (Skewness) je 1,12, značí kladnou (pravostranná) šikmost, kde rozdělení četností je zešikmeno zleva od průměru. Špičatost (Kurtosis) je rovna 0,95, vypovídá o slabší špičatosti zobrazení. Kvartily zde nemají tak velké rozpětí mezi sebou.

Dolní kvartil činí 11,69, prostřední kvartil (medián) má hodnotu 17,61 a horní kvartil s hodnotou 29,02. Směrodatná odchylka s hodnotou 11,78 je poměrně vzdálena od hodnoty průměru a potvrzuje vzájemné odlišnosti v souboru.

U tohoto ukazatele záleží především na nastavení mechanismů v energetice (možnosti jiných zdrojů) každého státu, zda vlastní vyrobenou energii z OZE pošle k vlastní spotřebě nebo prodá do okolních zemí.

#### 4.1.3 Primární spotřeba energie

Primární spotřebou energie se rozumí hrubá vnitrozemská spotřeba s vyloučením veškerého neenergetického využití tzv. „energo-nosičů“ (např. zemního plynu používaného nikoli ke spalování, ale k výrobě chemických látek). Tento ukazatel je relevantní pro měření skutečné spotřeby energie a pro srovnání s cíli strategie Evropa 2020. Primární spotřeba energie zahrnuje celkovou spotřebu energie koncovými uživateli, jako jsou domácnosti,



Graf 3 Primární spotřeba energie (zdroj: vlastní zpracování, datové soubory Eurostatu)

průmysl, doprava, zemědělství, služby včetně spotřeby energie samotného energetického sektoru na výrobu a transformaci energií.

Dle grafu je patrné, že hlavním průmyslovým lídrem EU je Německo, které vykazuje nejvyšší spotřebu energie ze všech států. Vysokými spotřebiteli jsou také Francie, Velká Británie, Itálie a Španělsko. ČR se řadí rovněž mezi průmyslově rozvinuté státy s vlastní spotřebou energie 40,39 TOE. U tohoto ukazatele je především důležitá celková rozloha státu s daným počtem obyvatel. Logicky státy s větší rozlohou a počtem obyvatel musí vykazovat vyšší spotřebu energie než např. ostrovní země. Dá se tedy předpokládat vyšší rozptýlení dat od průměru.

The SAS System											
The MEANS Procedure											
Analysis Variable : spotreba_energie spotreba_energie											
N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Std Dev	Coeff of Variation	Lower Quartile	Upper Quartile	Quartile Range	Skewness	Kurtosis
28	55.46	23.57	0.82	292.15	74.89	135.05	7.42	55.74	48.33	2.00	3.48

Obrázek 13 Výstup procedury MEANS – Primární spotřeba energie (zdroj: vlastní zpracování)

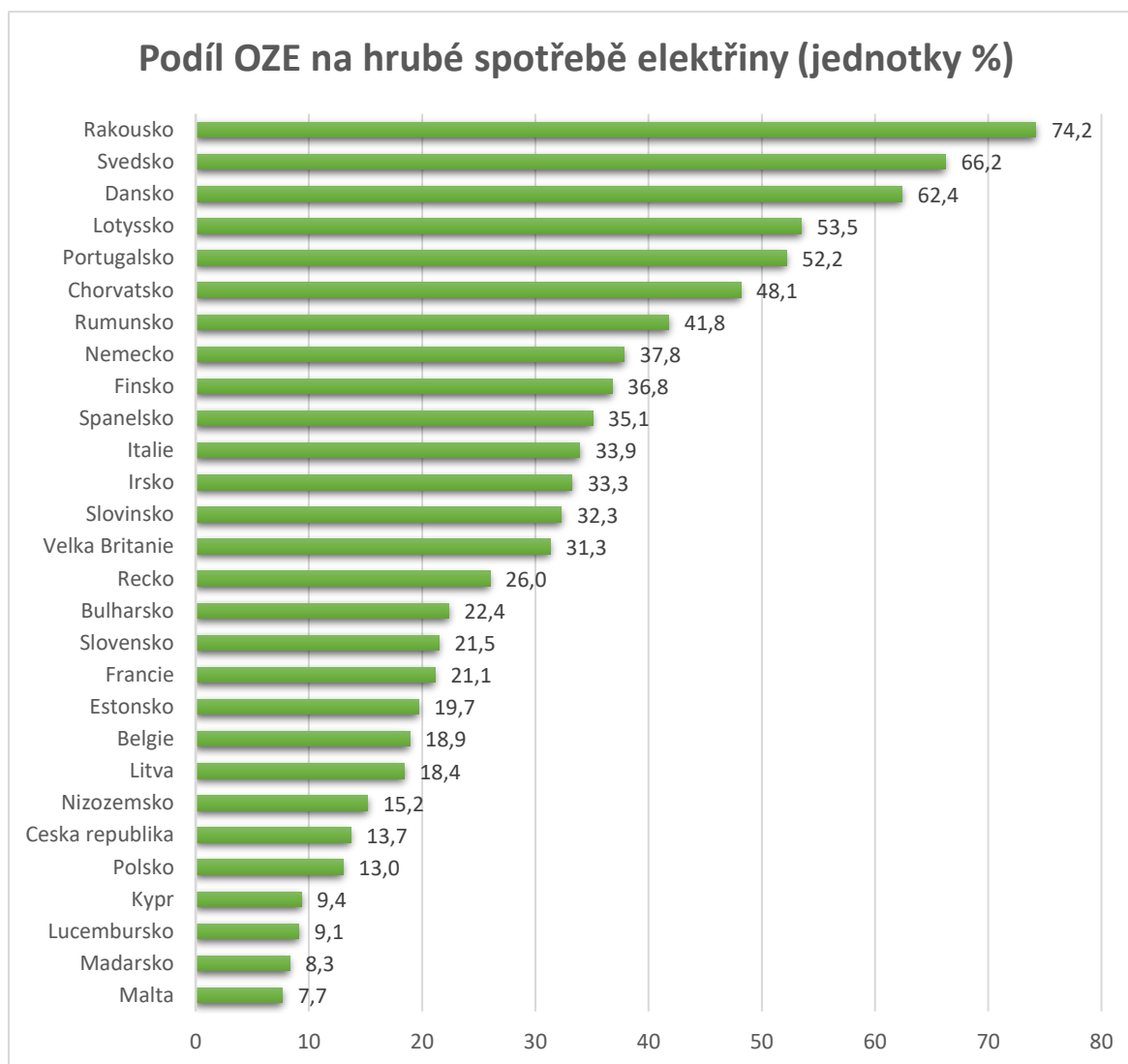
Z výstupní tabulky procedury *means* je potvrzený předpoklad o vysoké variabilitě dat. Variační koeficient je roven hodnotě 135,05 %, což značí extrémní rozptýlenost dat. Nelze tedy opět dávat aritmetickému průměru žádný význam.

Nejnižší spotřebu energie hodnotou 0,82 zaznamenala Malta. Nejvyšší spotřebu pak již zmíněné Německo s hodnotou 292,15. Šikmost souboru (Skewness) je rovna hodnotě 2, znovu se jedná o kladnou (pravostranná) šikmost, kde rozdělení četností je zešikmeno zleva od průměru. Špičatost (Kurtosis) činí 3,48 a vypovídá o silné špičatosti zobrazení. Vysokou variabilitu dat lze pozorovat také u kvartilů. Dolní kvartil činí 7,42, prostřední kvartil (medián) má hodnotu 23,57 a horní kvartil je roven hodnotě 55,74. Směrodatná odchylka má opět význam orientační ve vztahu k vysoké variabilitě.

#### 4.1.4 Podíl energie z obnovitelných zdrojů na hrubé spotřebě elektřiny

Tento ukazatel znázorňuje procentuální podíl využití OZE v hrubé spotřebě elektrické energie. Z grafu vyplývá, že většinový podíl využití OZE v elektřině mají země Rakousko, Švédsko, Dánsko, Lotyšsko a Portugalsko. ČR využívá OZE v této oblasti z necelé šestiny

celku. Nejmenší hodnotu zaznamenala Malta, která převážně musí elektrickou energii dovážet. Průměr EU je 28,66 % ve využití OZE na elektřinu.



Graf 4 Podíl OZE na hrubé spotřebě elektřiny (zdroj: vlastní zpracování, datové soubory Eurostatu)

**The SAS System**

The MEANS Procedure

Analysis Variable : podil\_oze\_elektrina podil\_oze\_elektrina

N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Std Dev	Coeff of Variation	Lower Quartile	Upper Quartile	Quartile Range	Skewness	Kurtosis
28	30.83	28.66	7.66	74.21	18.43	59.77	16.80	39.82	23.02	0.77	-0.16

Obrázek 14 Výstup procedury MEANS – OZE na hrubé spotřebě elektřiny (zdroj: vlastní zpracování)

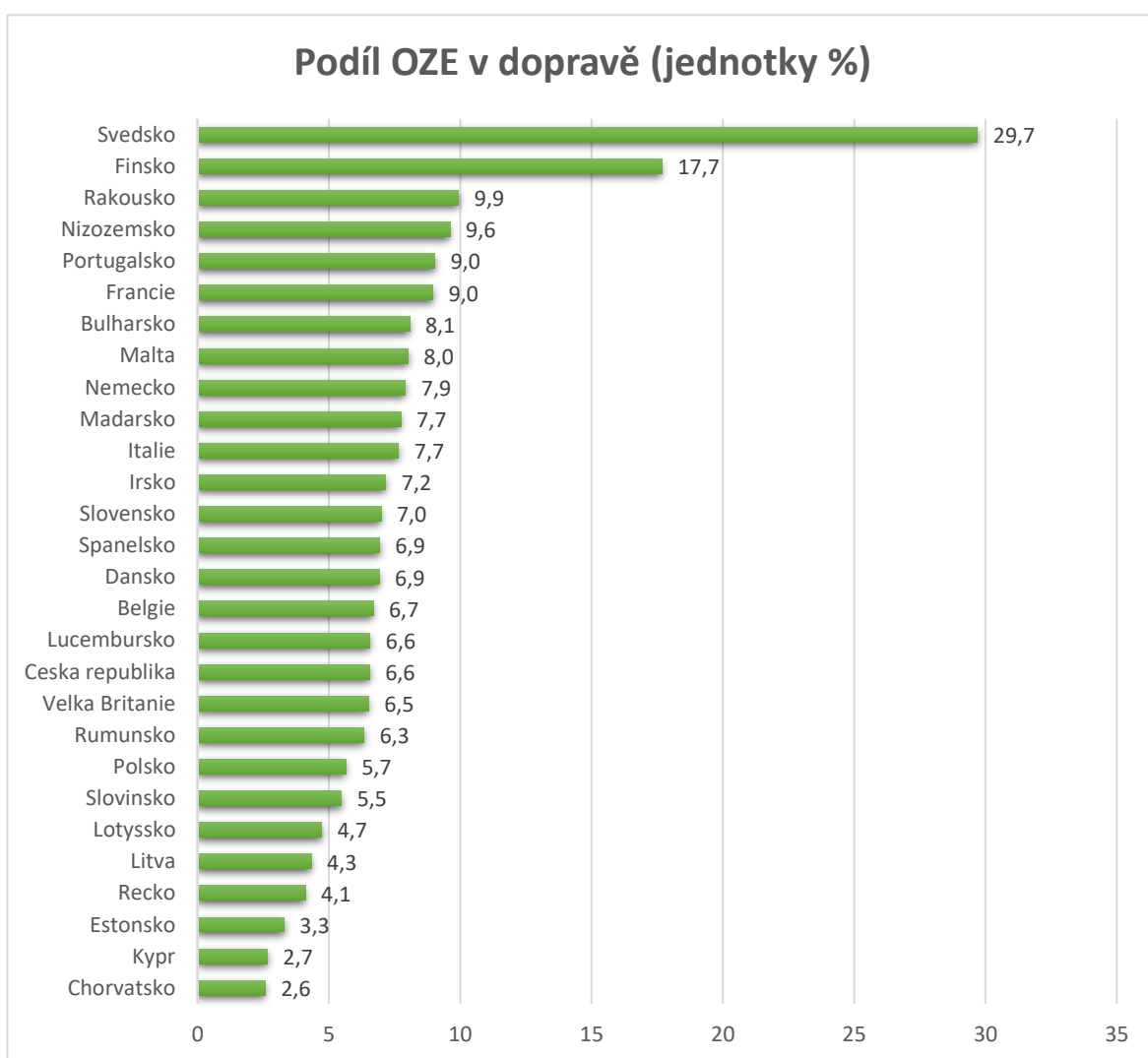
Výstupní tabulka procedury *means* zobrazuje variační koeficient s hodnotou 59,77 %, vypovídá o vyšší variabilitě, kde aritmetický průměr má opět význam orientační. Šikmost souboru (Skewness) je rovna hodnotě 0,77, jedná se o kladnou (pravostranná) šikmost, kde rozdělení četností je slabě zešikmeno zleva od průměru. Špičatost (Kurtosis) činí -0,16, vypovídá o slabé špičatosti zobrazení. Variabilita dat je pozorována také u kvartilů



s hodnotami 16,8 pro dolní kvartil, 28,66 pro prostřední kvartil a 39,82 pro horní kvartil. Směrodatná odchylka vykazuje rovněž určitou rozptýlenost dat od průměru.

#### 4.1.5 Podíl energie z obnovitelných zdrojů v dopravě

OZE se používají také v dopravě. Jejich využití spočívá především v biopalivech, které splňují kritéria udržitelnosti podle evropských směrnic (RED). Dle stanoveného cíle EU na rok 2020 má být 10-ti % podíl v členských státech ve využití OZE v dopravě. Podle grafu tento cíl splnily dva státy již v roce 2018, z toho Švédsko téměř trojnásobným podílem dle stanovené hranice.



Graf 5 Podíl OZE v dopravě (zdroj: vlastní zpracování, datové soubory Eurostatu)

K této hranici má z dalších států nejbližší Rakousko, Nizozemsko, Portugalsko a Francie, které dosahují podílu již od 9 %. ČR v tomto odvětví dosahuje 18. místo s podílem 6,6 %.

The SAS System											
The MEANS Procedure											
Analysis Variable : podil_oze_doprava podil_oze_doprava											
N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Std Dev	Coeff of Variation	Lower Quartile	Upper Quartile	Quartile Range	Skewness	Kurtosis
28	7.78	6.93	2.58	29.70	5.16	66.25	5.57	8.05	2.48	3.20	12.52

Obrázek 15 Výstup procedury MEANS – OZE v dopravě (zdroj: vlastní zpracování)

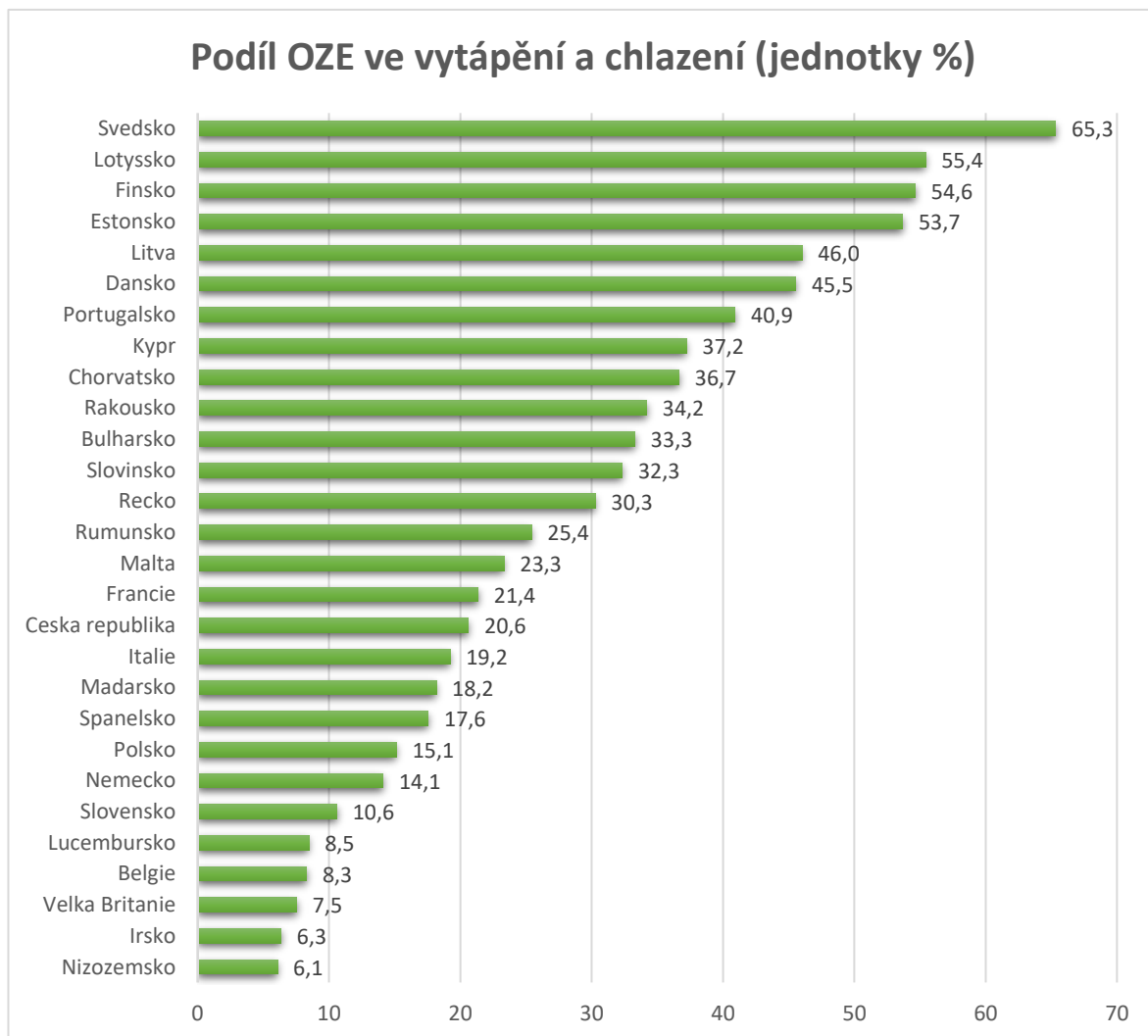
Z procedury *means* je zřejmé, že datový soubor vykazuje rovněž vyšší rozptýlenost dat od průměru v návaznosti na variační koeficient, který činí 66,25 %. Nejnižší procentuální podíl OZE v dopravě zaznamenalo Chorvatsko, nejvyšší již zmíněné Švédsko. Šikmost (Skewness) činí 3,2, vypovídá o kladné (pravostranné) šikmosti, kde rozdělení četností je zešikmeno zleva od průměru. Špičatost (Kurtosis) činí 12,52, vypovídá o velmi silné špičatosti zobrazení. Hodnota kvartilového rozpětí je 2,48, kde pro jednotlivé kvartily jsou výsledky 5,57 pro dolní kvartil, 6,93 pro prostřední kvartil a 8,05 pro horní kvartil. Společně se směrodatnou odchylkou lze potvrdit větší variabilitu dat.

#### 4.1.6 Podíl energie z obnovitelných zdrojů pro vytápění a chlazení

U tohoto ukazatele se OZE využívá především na tepelnou energii (ze vzduchu, vody nebo země). Nejčastěji se používají pro tento princip biomasa, fotovoltaika, tepelná čerpadla, klimatizace nebo geotermální elektrárny.

V grafu mezi členskými státy EU opět vyniklo Švédsko, kde téměř dvě třetiny energie použité na vytápění a chlazení pocházely z obnovitelných zdrojů. Více než polovinu energie použité na vytápění a chlazení zaznamenaly státy Lotyšsko s 55,4 %, Finsko s 54,6 % a Estonsko s 53,7 %.

Naopak nejmenší podíl na vytápění a chlazení měly obnovitelné zdroje v Irsku a Nizozemsku (oba přibližně 6 %), Velké Británii 7,5 %, Belgii 8,3 % a Lucembursku 8,5 %. ČR se v tomto ukazateli umístila 17. místě s podílem 20,6 %.



Graf 6 Podíl OZE ve vytápění a chlazení (zdroj: vlastní zpracování, datové soubory Eurostatu)

**The SAS System**  
The MEANS Procedure

Analysis Variable : podil_oze_vytapeni_chlazení podil_oze_vytapeni_chlazení											
N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Std Dev	Coeff of Variation	Lower Quartile	Upper Quartile	Quartile Range	Skewness	Kurtosis
28	28.14	24.39	6.07	65.34	16.97	60.29	14.63	39.08	24.45	0.51	-0.70

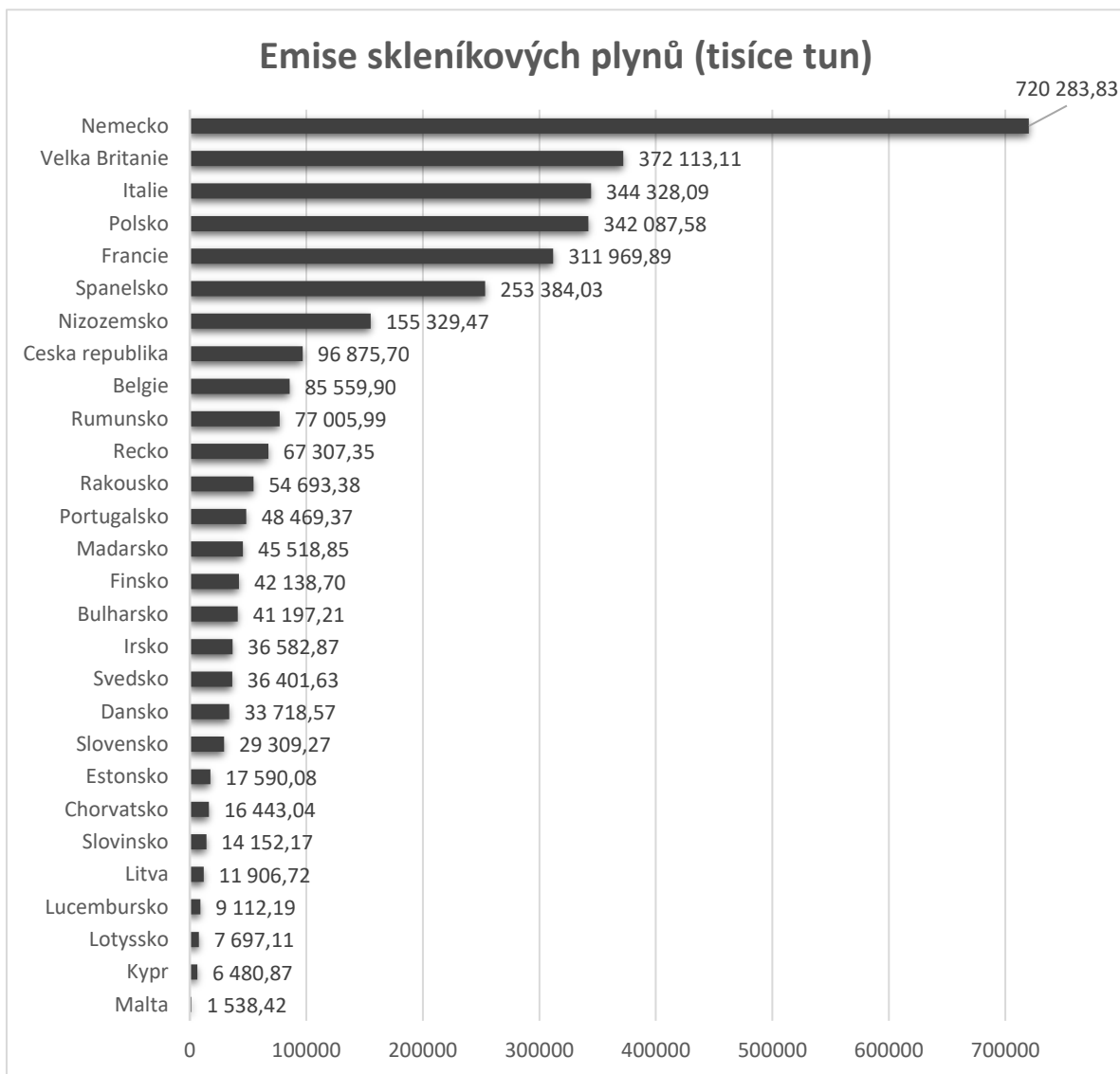
Obrázek 16 Výstup procedury MEANS – OZE ve vytápění a chlazení (zdroj: vlastní zpracování)

Z výstupní tabulky procedury *means* lze znovu potvrdit vyšší variabilitu dat od průměru na základě variačního koeficientu s hodnotou 60,29 %. Šikmost souboru (Skewness) činí 0,51, vypovídá o kladné (pravostranné) šikmosti, kde rozdělení četností je zešikmeno téměř symetricky zleva od průměru. Špičatost (Kurtosis) činí -0,7, vykazuje slabší špičatost zobrazení. Hodnota kvartilového rozpětí je 24,45, kde pro jednotlivé kvartily jsou spočteny výsledky 14,63 pro dolní kvartil, 24,39 pro prostřední kvartil a 39,08 pro horní

kvartil. Aritmetickému průměru společně se směrodatnou odchylkou je přiřkládán spíše význam orientační.

#### 4.1.7 Emise skleníkových plynů při produkci energie

Ze všech členských států EU byly v roce 2018 nejvyšší emise skleníkových plynů při produkci energie v Německu s hodnotou 720 283,8 t. Přes hranici 300 000 t se dostaly také země Francie, Polsko, Itálie a Velká Británie. ČR se umístila na 8. místě s výsledkem 96 875,7 t. Naopak nejmenší emise skleníkových plynů pod limitem 10 000 t vyprodukovaly Lucembursko, Lotyšsko, Kypr a Malta. Je patrné, že u tohoto ukazatele jsou značné



Obrázek 17 Emise skleníkových plynů (zdroj: vlastní zpracování, datové soubory Eurostatu)

diference mezi státy, primárně z důvodu, jednak samotné velikosti daných států, tak i rozsahem vlastního energetického průmyslu.

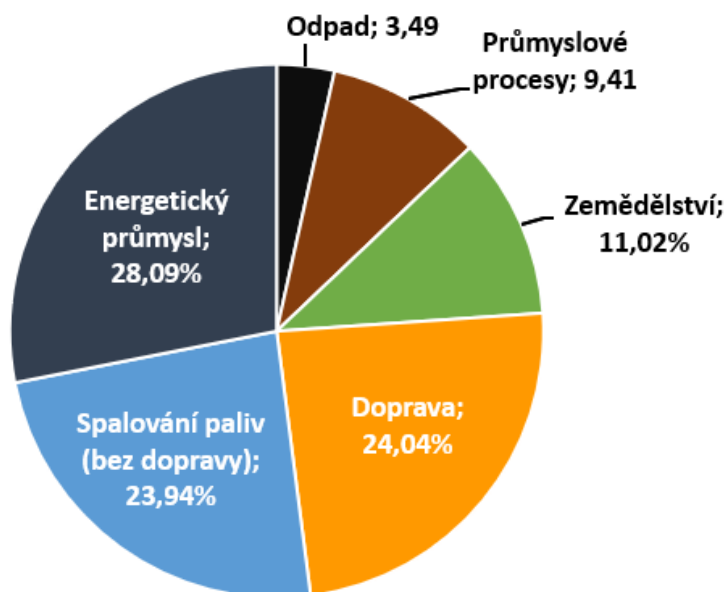
The SAS System											
The MEANS Procedure											
Analysis Variable : emise_sklenikovych_plynu emise_sklenikovych_plynu											
N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Std Dev	Coeff of Variation	Lower Quartile	Upper Quartile	Quartile Range	Skewness	Kurtosis
28	117114.12	43828.77	1538.42	720283.83	165361.27	141.20	17016.56	126102.59	109086.03	2.25	5.61

Obrázek 18 Výstup procedury MEANS – Emise skleníkových plynů (zdroj: vlastní zpracování)

Výstupní tabulka procedury *means* potvrzuje velkou nesourodost souboru, svědčí o tom variační koeficient s hodnotou 141,20 %. Šikmost souboru (Skewness) činí 2,25, vypovídá o kladné (pravostranné) šikmosti, kde rozdělení četností je zešikmeno zleva od průměru. Špičatost (Kurtosis) s výsledkem 5,61, vykazuje silnější špičatost zobrazení dat. Vysokou variabilitu dat lze také pozorovat u kvartilů. Hodnota dolního kvartilu činí 17016,56, prostředního kvartilu 43828,77 a horního kvartilu 126102,59. Význam směrodatné odchylky a aritmetického průměru je velmi malý z hlediska vysoké variability souboru.

V roce 2018 měl největší dopad na celkové emise energetický průmysl, následován metodou spalování paliv uživateli, dále dopravou, zemědělstvím, průmyslovými procesy a odpadem.

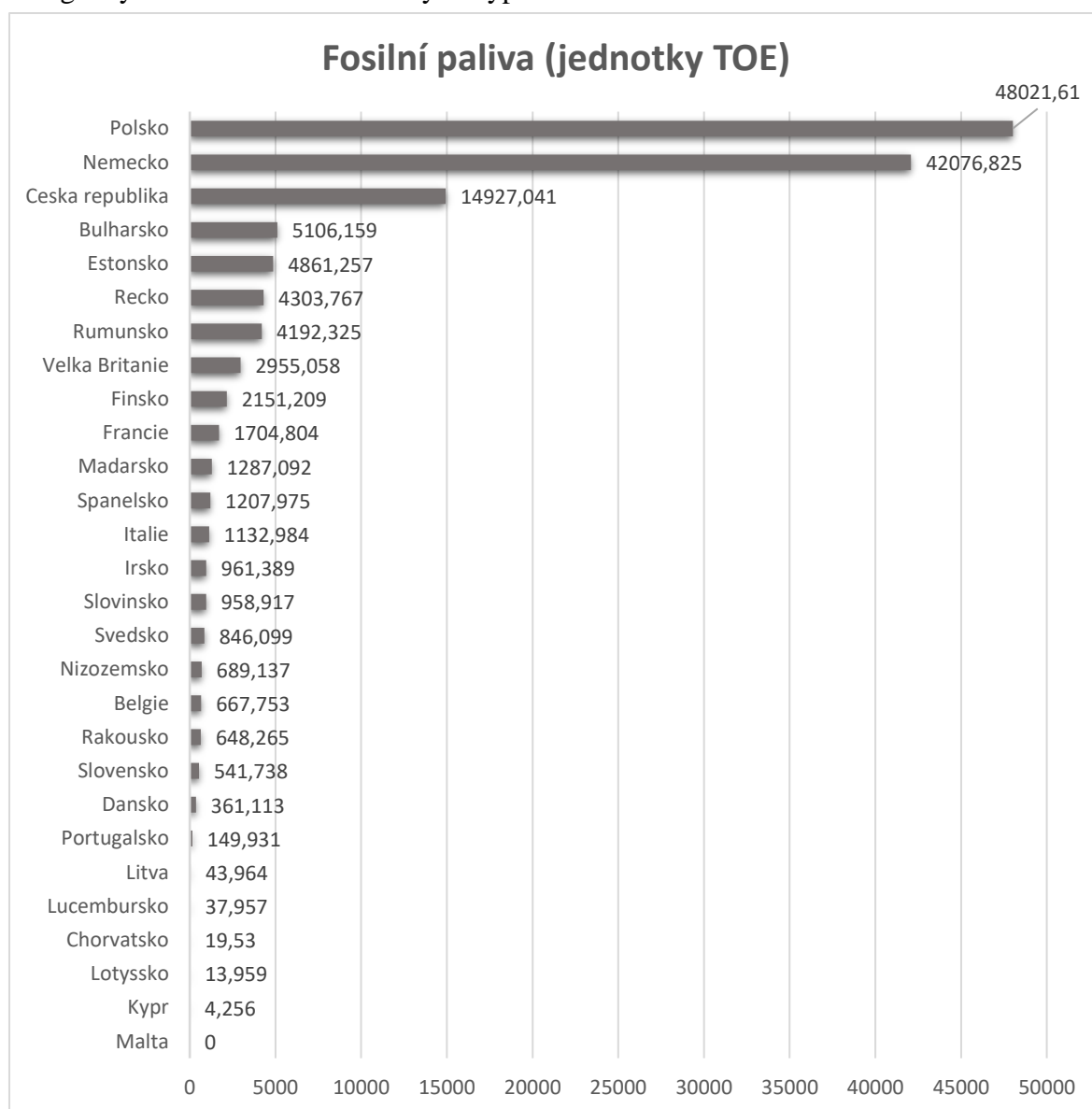
### Podíl skleníkových plynů v EU za rok 2018



Graf 7 Podíl skleníkových plynů v EU (zdroj: vlastní zpracování, datové soubory Eurostatu)

#### 4.1.8 Výroba energie pomocí fosilních paliv

Ukazatel se zabývá výrobou energie pomocí fosilních paliv. Přeborníkem a zároveň největším znečišťovatelem v oblasti této výroby energie je Polsko, dále pak druhé Německo, které však již od uhelných elektráren ustupuje, třetí místo obsadila ČR. Většina zemí EU provozuje tuto výrobu v malém měřítku. Produkce energie fosilními palivy je především velmi úzce svázána s přírodními zdroji každého státu. Případný dovoz pro tuto výrobu energie by se z hlediska ekonomiky nevyplatil.



Graf 8 Fosilní paliva (zdroj: vlastní zpracování, datové soubory Eurostatu)

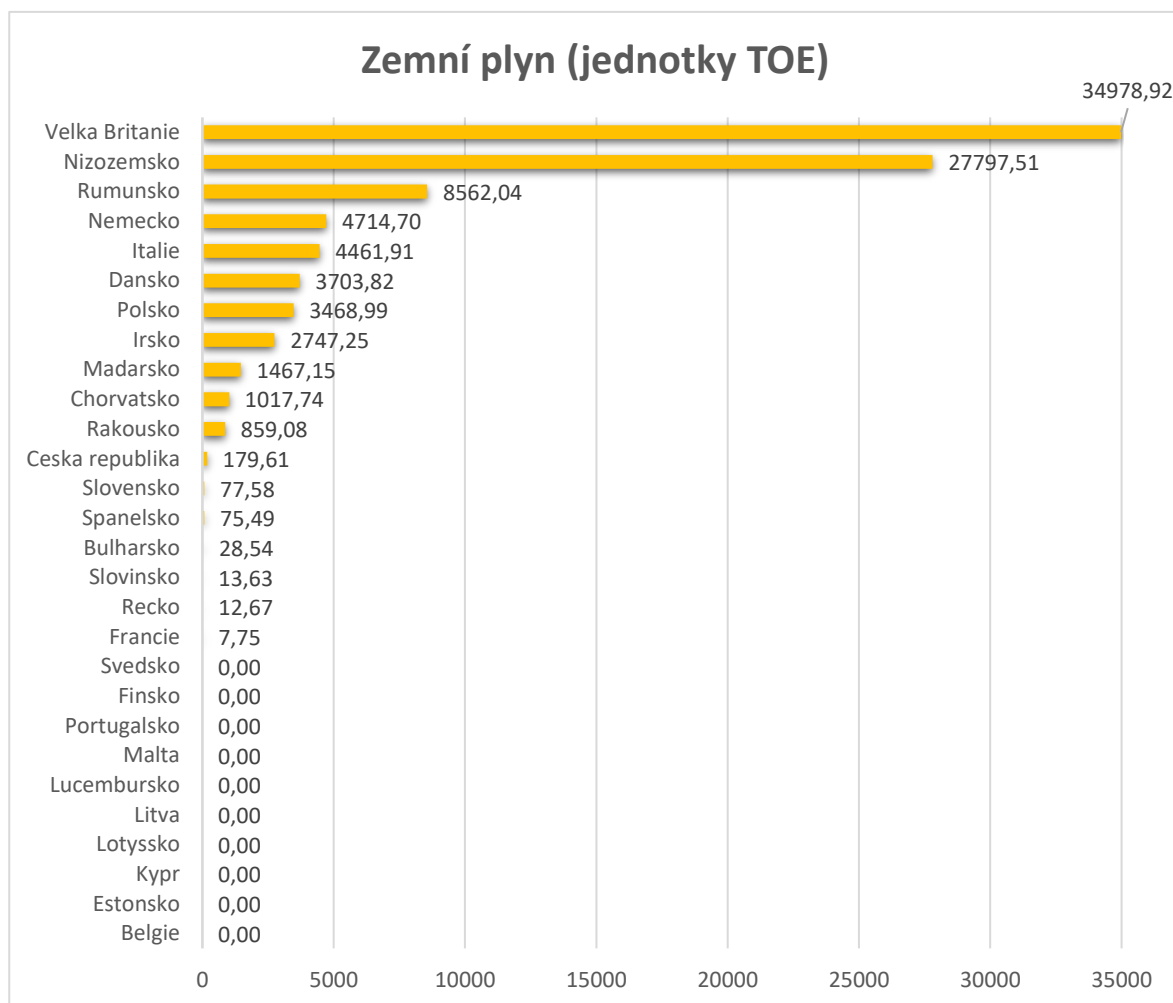
The SAS System											
The MEANS Procedure											
Analysis Variable : fosilni_paliva fosilni_paliva											
N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Std Dev	Coeff of Variation	Lower Quartile	Upper Quartile	Quartile Range	Skewness	Kurtosis
28	4995.43	960.15	0.00	48021.61	11724.38	234.70	255.52	3573.69	3318.17	3.21	9.70

Obrázek 19 Výstup procedury MEANS – Fosilní paliva (zdroj: vlastní zpracování)

Tento soubor je velmi nesourodý v návaznosti na variační koeficient 234,70 %, na trhu existují tři hlavní výrobci s tímto typem produkce. Nejnižší hodnotu 0 TOE zaznamenala Malta, nejvyšší 48021,61 TOE již zmíněné Polsko. Šikmost (Skewness) činí 3,21, jedná se znovu o kladnou (pravostranná) šikmost, kde rozdělení četností je zešikmeno zleva od průměru. Špičatost (Kurtosis) činí 9,70, vypovídá o velmi silné špičatosti zobrazení. Kvartily společně s průměrem a směrodatnou odchylkou lze považovat za statisticky nevýznamné v souvislosti s variabilitou souboru.

#### 4.1.9 Výroba energie pomocí zemního plynu

U tohoto měřítka znovu záleží na dostupnosti přírodních zdrojů zemí EU. Největšími výrobci energie pomocí zemního plynu v EU byla Velká Británie a stále je Nizozemsko. Velká Británie je celosvětově čtvrtým největším producentem zemního plynu, těží ho především v Severním moři, v menší míře také v Irském moři. Nizozemsko má zase jedno z největších nalezišť plynu na světě, konkrétně v Groningenu. Rumunsko, díky vlastní těžbě plynu, je jednou z mála zemí vykazující poměrně malou energetickou závislost na dovozu. Důkazem jsou data v ukazateli *energetická závislost*. Mezi střední výrobce se řadí Německo, Itálie, Dánsko, Polsko, Irsko, Maďarsko, Chorvatsko a Rakousko. Ostatní země včetně ČR mají výrobu energie pomocí zemního plynu velmi malou nebo žádnou.



Graf 9 Zemní plyn (zdroj: vlastní zpracování, datové soubory Eurostatu)

**The SAS System**  
The MEANS Procedure

Analysis Variable : zemni\_plyn zemni\_plyn

N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Std Dev	Coeff of Variation	Lower Quartile	Upper Quartile	Quartile Range	Skewness	Kurtosis
28	3363.37	52.02	0.00	34978.92	8237.67	244.92	0.00	3108.12	3108.12	3.26	10.28

Obrázek 20 Výstup procedury MEANS – Zemní plyn (zdroj: vlastní zpracování)

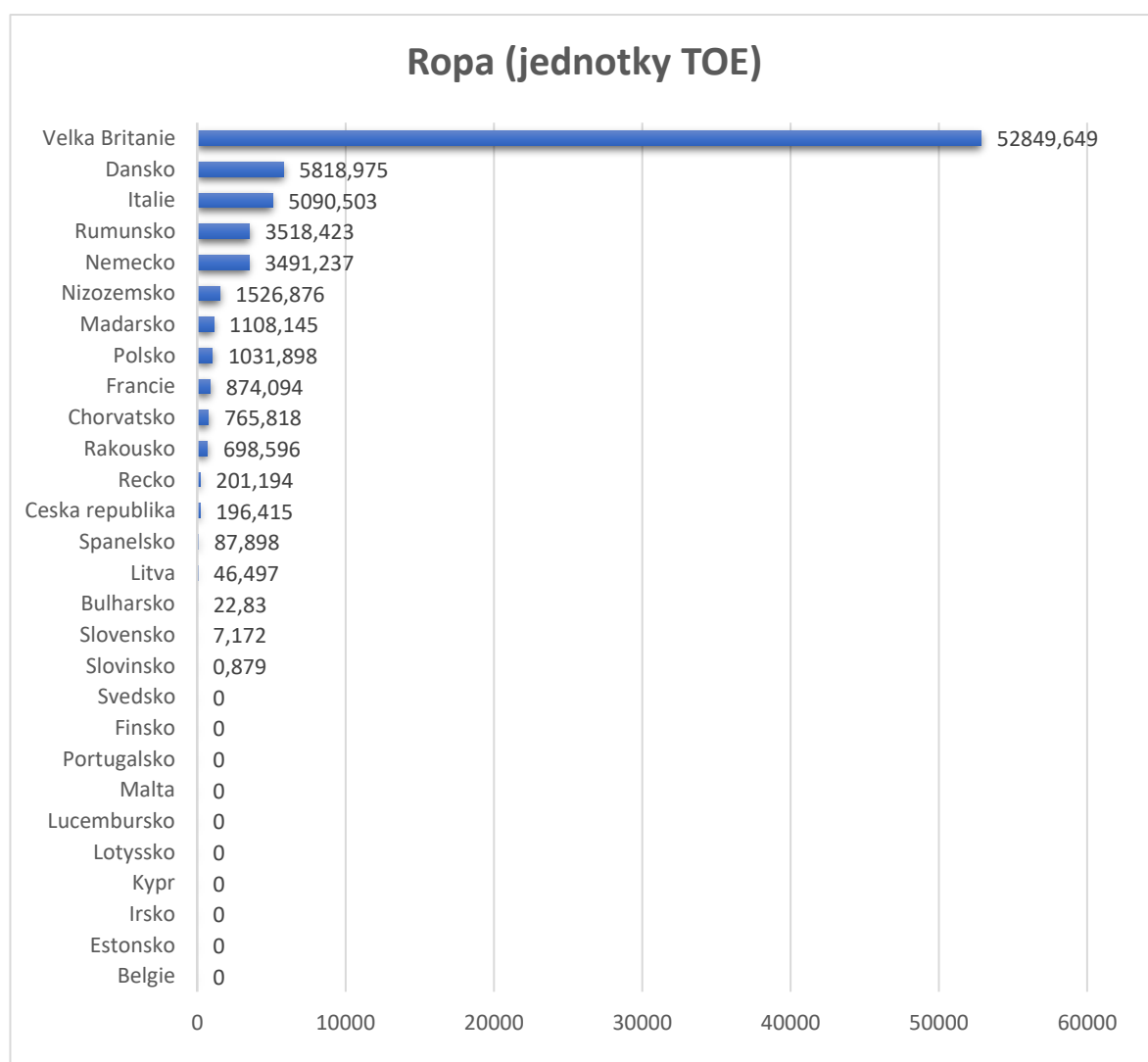
Soubor vykazuje velkou nesourodost, variační koeficient je 244,92 % a značí extrémní variabilitu dat. Nejnižší hodnotu 0 TOE zaznamenalo 10 států, které nevyrobí žádnou energii ze zemního plynu. Nejvyšší hodnota 34978,92 TOE patří Velké Británii. Šikmost (Skewness) činí 3,26, jedná se o kladnou (pravostranná) šikmost, kde rozdělení četností je zešikmeno zleva od průměru. Špičatost (Kurtosis) činí 10,28, vypovídá o velmi silné



špičatosti zobrazení. Hodnoty průměru, kvartilů a směrodatné odchylky jsou statisticky nevýznamné.

#### 4.1.10 Výroba energie pomocí ropy

U tohoto ukazatele je hlavním výrobcem energie pomocí surové ropy Velká Británie, které patří celosvětově 15. místo v oblasti těžby ropy. Na svém území má mnoho ropných ložisek a také významnou část těží opět v Severním moři. Státy EU disponují spíše menšími ložisky ropy, převážně ropu dovážejí.



Graf 10 Ropa (zdroj: vlastní zpracování, datové soubory Eurostatu)

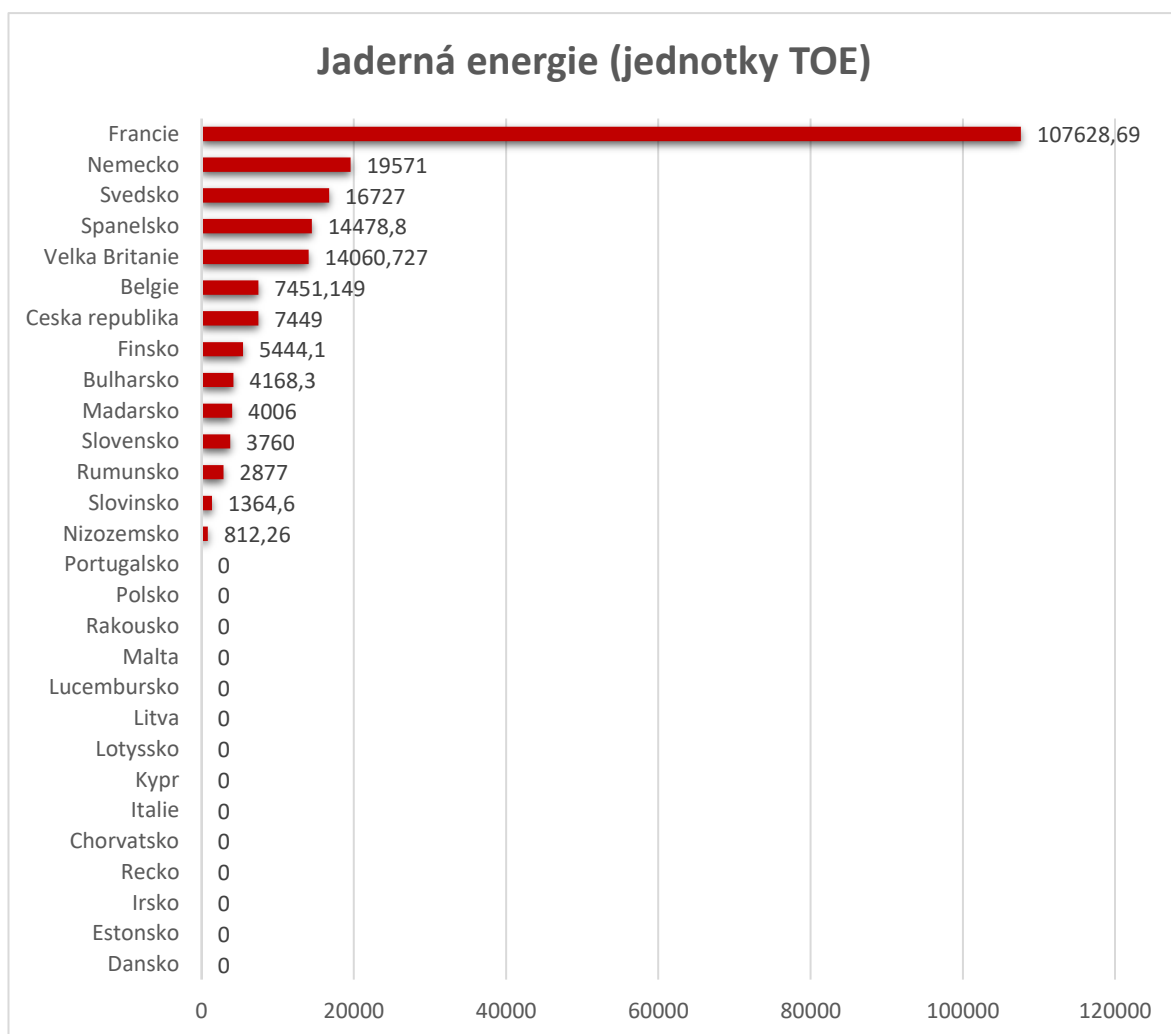
The SAS System											
The MEANS Procedure											
Analysis Variable : ropa ropa											
N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Std Dev	Coeff of Variation	Lower Quartile	Upper Quartile	Quartile Range	Skewness	Kurtosis
28	2762.04	67.20	0.00	52849.65	9944.98	360.06	0.00	1070.02	1070.02	5.08	26.41

Obrázek 21 Výstup procedury MEANS – Ropa (zdroj: vlastní zpracování)

Soubor je znovu velmi nesourodý, variační koeficient je 360,06 % a značí extrémní variabilitu dat. Nejnižší hodnota 0 TOE byla zaznamenána u 10 států, které nevyrábí žádnou energii pomocí ropy. Nejvyšší hodnota 52849,65 TOE patří Velké Británii (v dnešní době již není členem EU). Šikmost (Skewness) činí 5,08, jde o kladnou (pravostranná) šikmost, kde rozdělení četností je silně zešikmeno zleva od průměru. Špičatost (Kurtosis) činí 26,41, vypovídá o extrémní špičatosti zobrazení především z důvodu, že Velká Británie se tak výrazně odchýlila od ostatních států svojí výrobou. Hodnoty průměru, kvartilů a směrodatné odchylky jsou v tomto případě opět statisticky nevýznamné.

#### 4.1.11 Výroba energie pomocí jádra

V tomto typu výroby energie se evropské státy dělí na polovinu. Prvních 14 států, podle grafu i dat níže, vyrábí energii pomocí tohoto typu a druhá část již ne. Největším producentem je Francie, která svojí výrobou několikanásobně převyšuje ostatní. Výrobu přes 10000 TOE zaznamenalo také Německo, Švédsko, Španělsko a Velká Británie. Střední výrobci, mezi které se řadí i Česká republika, zaznamenali výrobu od 4000 až po 7500 TOE. ČR je současně také největším producentem z východních zemích Evropské unie.



Graf 11 Jaderná energie (zdroj: vlastní zpracování, datové soubory Eurostatu)

**The SAS System**  
The MEANS Procedure

Analysis Variable : jadro jadro

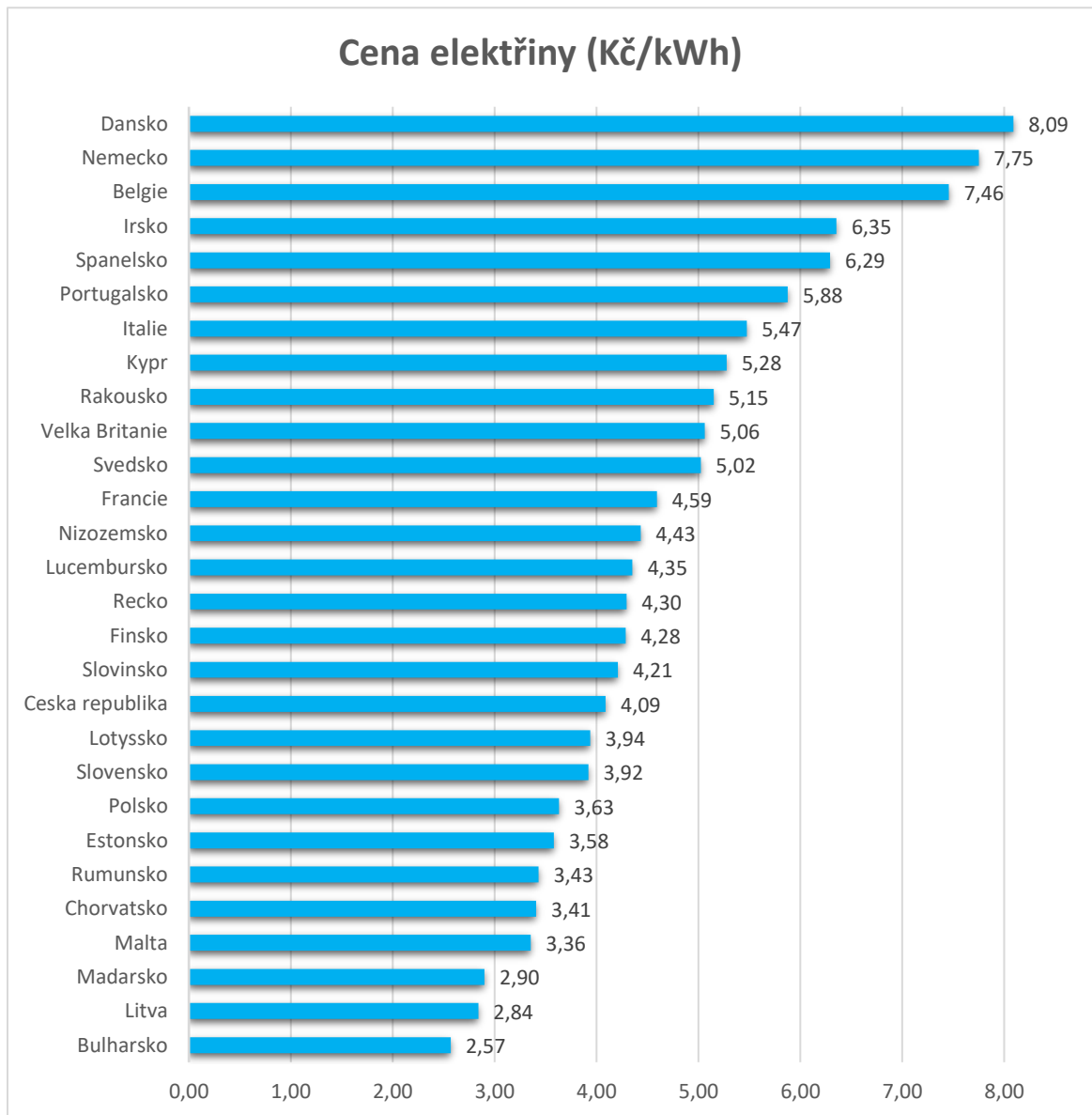
N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Std Dev	Coeff of Variation	Lower Quartile	Upper Quartile	Quartile Range	Skewness	Kurtosis
28	7492.81	406.13	0.00	107628.69	20440.62	272.80	0.00	6446.55	6446.55	4.67	23.30

Obrázek 22 Výstup procedury MEANS – Jaderná energie (zdroj: vlastní zpracování)

Soubor vykazuje velkou nesourodost, variační koeficient je 272,80 % a značí extrémní variabilitu dat. Nejnižší hodnotu 0 TOE zaznamenalo 14 států, nejvyšší pak 107628,69 TOE Francie. Šikmost souboru (Skewness) činí 4,67, znamenající kladnou (pravostranná) šikmost, kde rozdělení četností je silně zešikmeno zleva od průměru. Špičatost (Kurtosis) činí 23,30, vypovídá o extrémní špičatosti zobrazení. Hodnoty průměru, kvartilů a směrodatné odchylky jsou v tomto případě znovu statisticky nevýznamné.

#### 4.1.12 Průměrná cena elektřiny

Následující graf zobrazuje cenovou hladinu elektřiny v EU. Eurostat poskytuje 5 různých typů cen elektřiny v závislosti na spotřebě. Pro následnou analýzu byla vybrána cena elektřiny pro spotřebitele v rozmezí: 2500 kWh < spotřeba < 5000 kWh, což odpovídá průměrné hodnotě spotřeby domácností. Samotná cena je očištěna od všech poplatků a daní. Cena byla rovněž pro lepší představu převedena z Eura na českou měnu v kurzu 25,89 Kč



Graf 12 Cena elektřiny (zdroj: vlastní zpracování, datové soubory Eurostatu)

ze dne 3.2.2021. V grafu je zřejmé, že cena elektřiny se v každém státě EU odlišuje. Nejdražší elektřinu pro domácnosti mají v Dánsku, Německu a Belgii, kde cenová hladina překročila hranici sedmi korun za kWh. Dokonce v Dánsku je to 8,09 Kč/kWh. Naopak

nejlevnější elektřinu mají v Bulharsku, Litvě a Maďarsku. Česká republika patří mezi země s levnější elektřinou z hlediska evropského průměru.

The SAS System											
The MEANS Procedure											
Analysis Variable : cena_elektriny cena_elektriny											
N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Std Dev	Coeff of Variation	Lower Quartile	Upper Quartile	Quartile Range	Skewness	Kurtosis
28	4.70	4.32	2.57	8.09	1.46	31.04	3.61	5.37	1.77	0.85	0.19

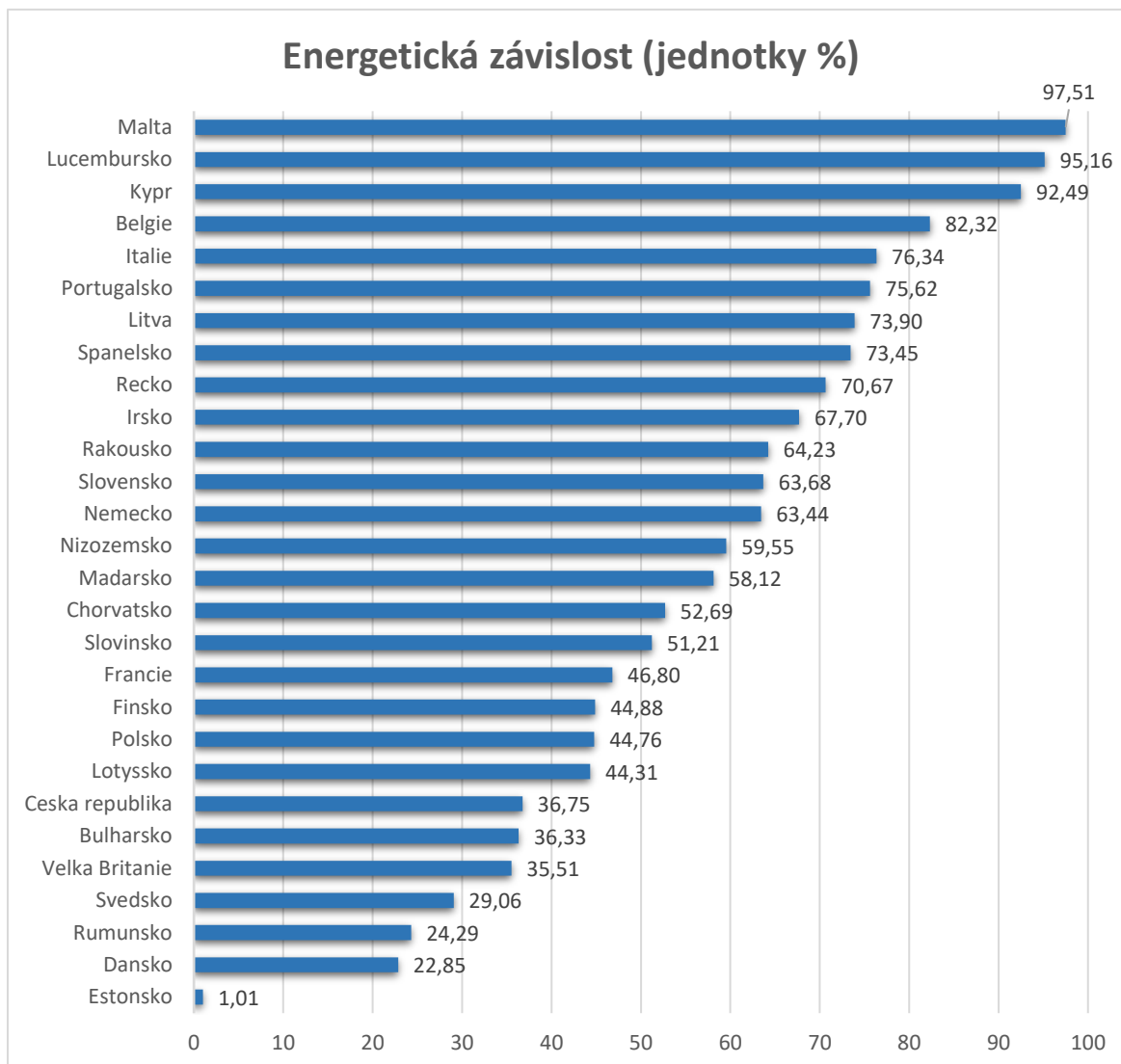
Obrázek 23 Cena elektřiny (zdroj: vlastní zpracování)

Soubor nevykazuje tak velkou variabilitu dat jako u předchozích ukazatelů, ale pořád nelze brát aritmetický průměr jako relevantní hodnotu, ale spíše jako hodnotu orientační vzhledem k variačnímu koeficientu, který je 31,04 %. Šikmost souboru (Skewness) činí 0,85, jedná se o kladnou (pravostranná) šikmost, kde rozdělení četností je lehce zešikmeno zleva od průměru. Špičatost (Kurtosis) činí 0,19, vypovídá o slabé špičatosti zobrazení, téměř normálně zašpičatělé. Menší variabilita je zaznamenána také u kvartilů, kde dolní kvartil je roven 3,61, prostřední kvartil (medián) 4,32 a horní kvartil 5,37. Směrodatná odchylka souboru je 1,46, vypovídá o jistém rozptýlení dat kolem průměru.

#### 4.1.13 Energetická závislost

Tento ukazatel představuje, do jaké míry se ekonomiky států EU spoléhají na dovoz energie pro uspokojení svých energetických potřeb. Měří se podílem čistého dovozu (odečtením vývozu od dovozu) na hrubé domácí spotřebě energie (součet vyrobené energie a čistého dovozu).

Průměrná míra závislosti v EU dle grafu níže byla přibližně 56,5 %, což vypovídá o tom, že více než polovina energie je pokryta čistým dovozem. Energetická závislost se pohybuje od 90 % na Maltě, Lucembursku a Kypru do méně než 25 % v Rumunsku, Dánsku a Estonsku. ČR patří, díky své vlastní energetice, mezi země s nižší mírou závislosti na dovozu energie než je evropský průměr.



Graf 13 Energetická závislost (zdroj: vlastní zpracování, datové soubory Eurostatu)

**The SAS System**

**The MEANS Procedure**

Analysis Variable : energeticka_zavislost energeticka_zavislost											
N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Std Dev	Coeff of Variation	Lower Quartile	Upper Quartile	Quartile Range	Skewness	Kurtosis
28	56.59	58.84	1.01	97.51	23.40	41.35	40.53	73.67	33.14	-0.24	-0.17

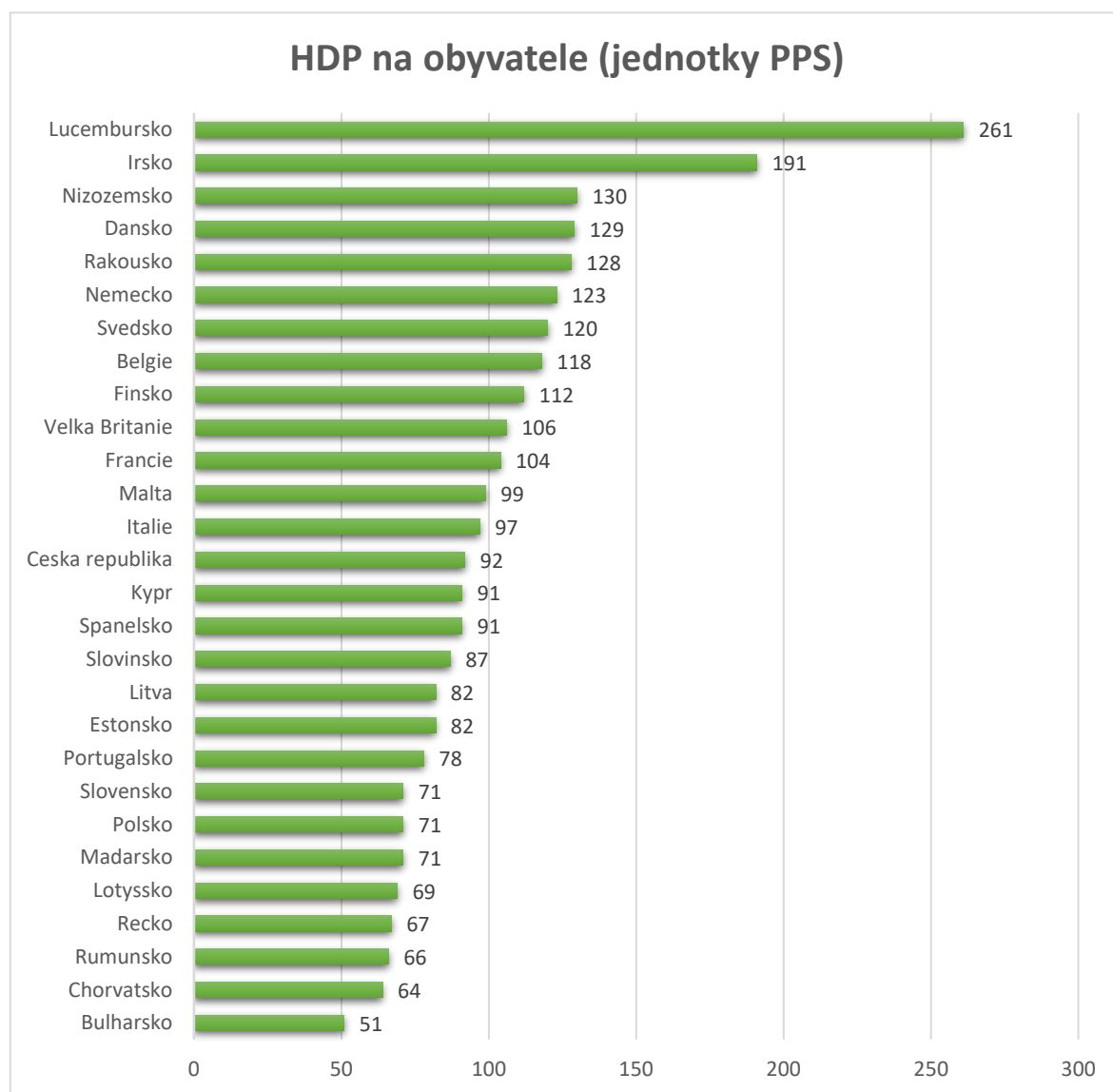
Obrázek 24 Energetická závislost (zdroj: vlastní zpracování)

Výstupní tabulka procedury *means* vykazuje vyšší variabilitu zobrazení dat. Extrémní hodnoty jsou zaznamenány na horní hranici u zemí Malta, Lucembursko a Kypr. Na dolní hranici pak u Estonska, které je se svou procentuální hodnotou 1,01 téměř nezávislým státem na dovozu energie. Variační koeficient dosahuje hodnoty 41,35 %, opět průměrná hodnota má spíše význam orientační. Šikmost souboru (Skewness) činí -0,24, jde o zápornou

(levostrannou) šikmost, kde rozdělení četností je lehce zešikmeno zprava od průměru. Špičatost (Kurtosis) činí -0,17, vypovídá o slabé špičatosti zobrazení. Hodnota kvartilového rozpětí je 33,14, kde pro jednotlivé kvartily jsou hodnoty: 40,53 pro dolní kvartil, 58,84 pro prostřední kvartil a 73,67 pro horní kvartil. Směrodatná odchylka souboru činí 23,4, vypovídá o jistém rozptýlení dat kolem průměru.

#### 4.1.14 HDP na obyvatele

Tento ukazatel je měřítkem ekonomické aktivity na obyvatele států EU. Předpokladem tohoto ukazatele je, že bohatší státy mají větší prostředky pro investice do OZE než státy s menším indexem HDP. Vysvětlení HDP na obyvatele v měřítku PPS přesně objasňují webové stránky (EUROSTAT, GDP per capita in PPS, 2019).



Graf 14 HDP na obyvatele (zdroj: vlastní zpracování, datové soubory Eurostatu)

„Objemový index HDP na obyvatele ve standardech kupní síly (PPS) je vyjádřen ve vztahu k průměru Evropské unie, nastavenému na rovných 100. Pokud je index země vyšší než 100, je úroveň HDP této země na osobu vyšší než průměr EU a naopak. Základní údaje jsou vyjádřeny v PPS, tj. ve společné měně, která eliminuje rozdíly v cenových hladinách mezi zeměmi a umožňuje smysluplné objemové srovnání HDP mezi zeměmi.“ Přeloženo.

Největší podíl HDP na obyvatele, překročený více než dvojnásobkem oproti průměru v EU, zaznamenalo Lucembursko s hodnotou 261. Nadprůměrné hodnoty vykazují také Irsko, Nizozemsko, Dánsko, Rakousko, Německo, Švédsko, Belgie a Finsko. ČR se nachází těsně pod touto hranicí s hodnotou 92. Nejnižší objemový index HDP na obyvatele zaznamenalo Bulharsko s hodnotou 51.

The SAS System											
The MEANS Procedure											
Analysis Variable : hdp_na_obyvatele hdp_na_obyvatele											
N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Std Dev	Coeff of Variation	Lower Quartile	Upper Quartile	Quartile Range	Skewness	Kurtosis
28	101.82	91.50	51.00	261.00	42.62	41.86	71.00	119.00	48.00	2.26	6.78

Obrázek 25 Výstup procedury MEANS – HDP na obyvatele (zdroj: vlastní zpracování)

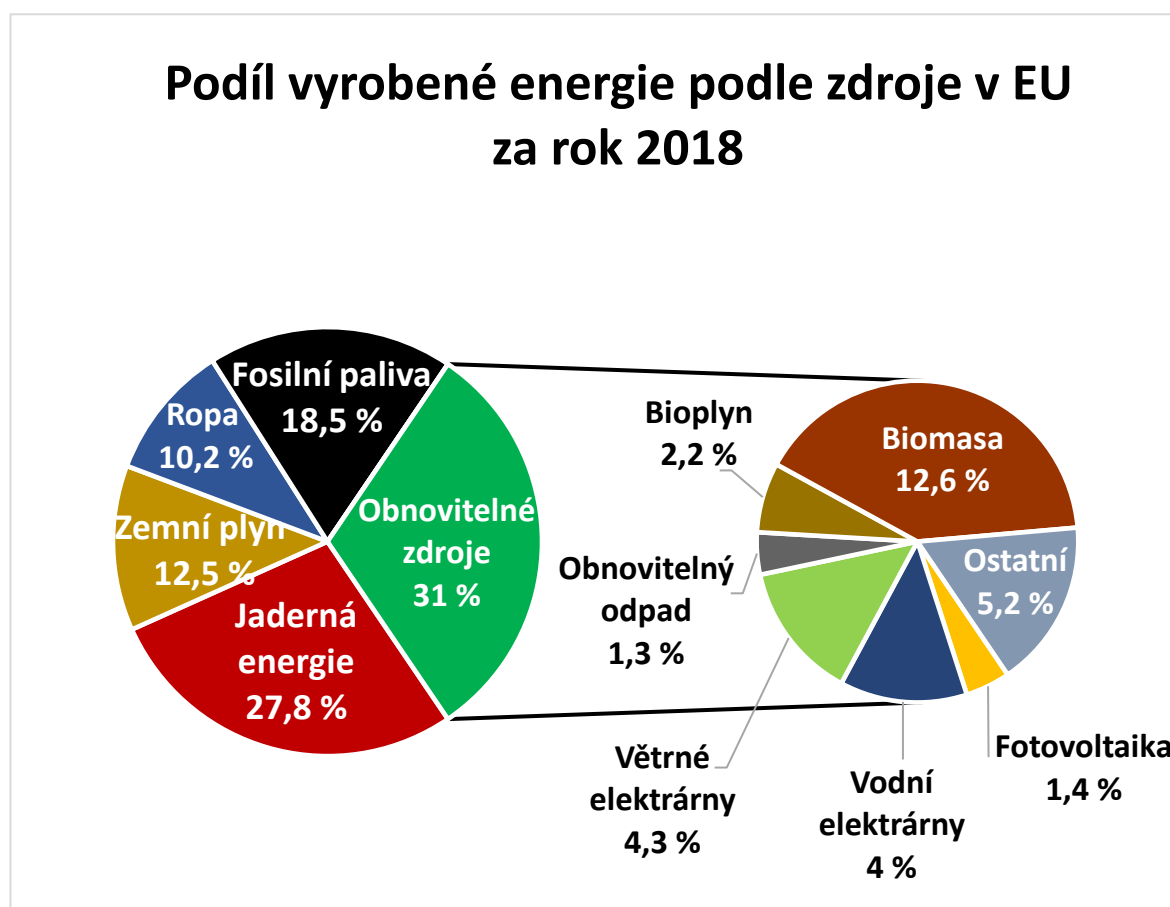
Soubor vykazuje podobnou rozptýlenost dat jako předchozího ukazatele. Opět je přikládán průměrné hodnotě spíše význam orientační na základě variačního koeficientu. Šikmost souboru (Skewness) činí 2,26, jedná se o kladnou (pravostranná) šikmost, kde rozdělení četností je zešikmeno zleva od průměru. Špičatost (Kurtosis) činí 6,78, vypovídá o špičatějším zobrazení dat. Kvartilového rozpětí je 48 s hodnotami 71 pro dolní kvartil, 91,5 pro prostřední kvartil a 119 pro horní kvartil. Směrodatná odchylka souboru je rovna 42,62, vykazuje určitou rozptýlenost dat kolem průměru.

#### 4.1.15 Podíl vyrobené energie v EU

Následující graf zobrazuje souhrnný podíl všech dostupných zdrojů výroby energie v EU za rok 2018. Nejvíce se v Evropě vyrábí energie z obnovitelných zdrojů, a to téměř 31 %, z toho jsou tvořeny několika dílčími výseči. Většinový díl energie z OZE tvoří biomasa a to 12,6 %, následují větrné elektrárny s 4,3 %, vodní elektrárny se 4 %, bioplyn s 2,2 %, fotovoltaika s 1,4 % a obnovitelný odpad s 1,3 %. Výsečovou část „Ostatní“ tvoří energie solárních kolektorů, geotermální, mořských vln, biopaliva a tepelná čerpadla. Druhým největším zdrojem EU je jaderná energie s výsečovým podílem 27,8 %. Následují fosilní paliva s 18,5 %, zemní plyn s 12,5 % a ropa s 10,2 %. K tomuto grafu (EUROSTAT, What do we produce in the EU?, 2019) dodává:



„Výroba energie se však v jednotlivých členských státech velmi liší. Význam jaderné energie je obzvláště vysoký ve Francii (78% z celkové národní výroby energie), Belgii (65%) a na Slovensku (63%). Obnovitelná energie je hlavním zdrojem energie v řadě členských států, přičemž více než 90% (energie vyrobené v dané zemi) je na Maltě, v Lotyšsku, na Kypru, v Portugalsku a v Litvě. Fosilní paliva mají největší význam v Polsku (78%), Estonsku (74%), Řecku (57%) a Česku (55%), zatímco zemní plyn je hlavním zdrojem energie vyráběné v Nizozemsku (76%). Ropa je hlavní zdroj výroby energie v Dánsku (41%).“ Přeloženo



Graf 15 Výšečový graf zdrojů energie (zdroj: vlastní zpracování, datové soubory Eurostatu)

## 4.2 Analýza časových řad

Pro analýzu časových řad byly vybrány čtyři konkrétní ukazatelé, kteří se vztahují k porozumění, jak OZE ovlivňuje energetický průmysl. Data pro časové řady jsou ročního charakteru zahrnující hodnoty všech členských států Evropské unie. K analýze časové řady byl využit modul *Time Series Forecasting* v SAS softwaru.

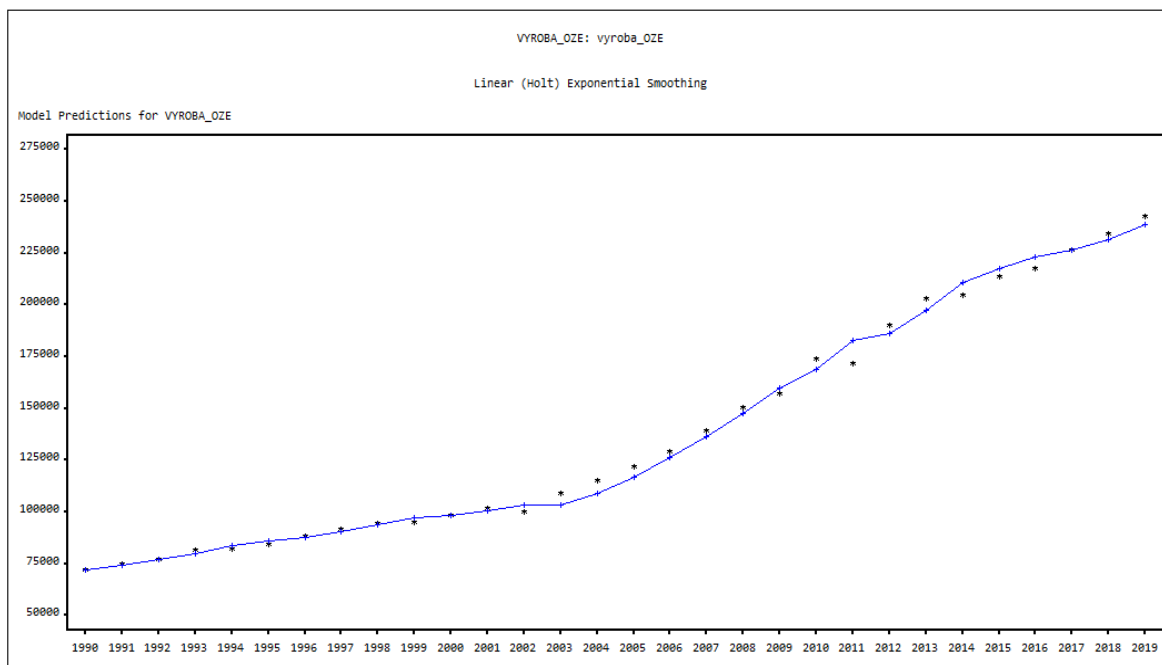
#### 4.2.1 Časová řada primární výroby z OZE

Časová řada primární výroby z OZE je zkoumána podle ročních dat v časovém horizontu 1990–2019. Dle modelů byl vybrán pro interpolaci Holtův model exponenciálního vyrovnání s lineárním trendem, který dosahoval nejnižší střední absolutní procentuální chybu odhadu (M.A.P.E) 2,13 % ze všech modelů.

Forecast		Mean Absolute Percent Error
Model	Model Title	
<input checked="" type="checkbox"/>	Linear (Holt) Exponential Smoothing	2.13488
<input type="checkbox"/>	Damped Trend Exponential Smoothing	2.13983
<input type="checkbox"/>	Double (Brown) Exponential Smoothing	2.44076
<input type="checkbox"/>	Random Walk with Drift	3.05179
<input type="checkbox"/>	Linear Trend	10.33238

Obrázek 26 Přehled modelů výroba OZE (zdroj: vlastní zpracování)

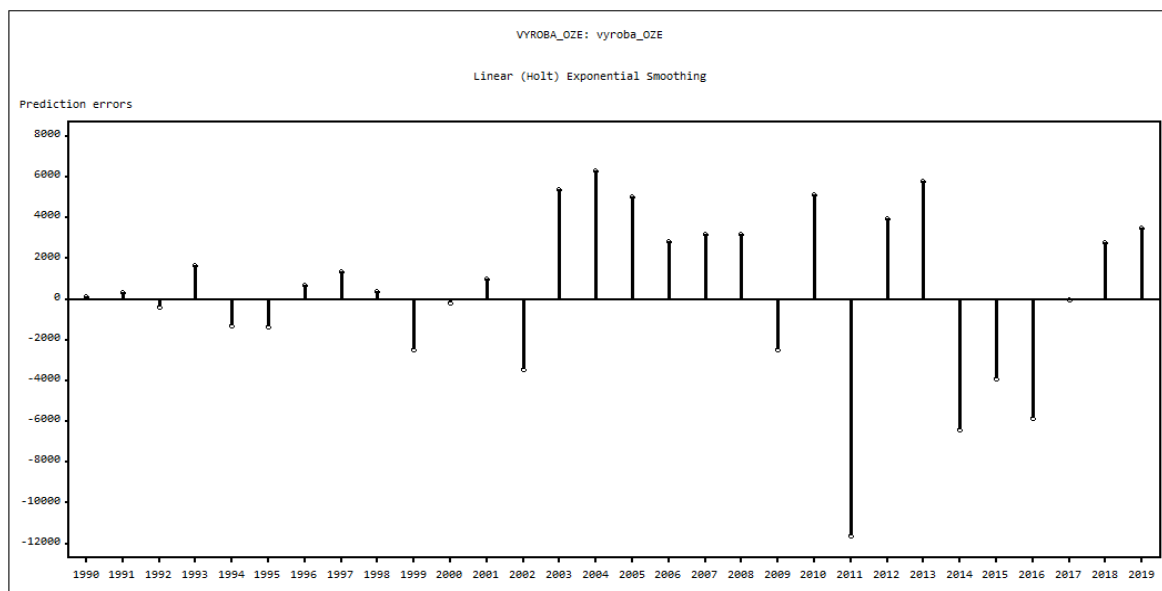
V časové řadě výroby energie z OZE lze pozorovat postupný růst od roku 1990 průměrným přírůstkem o 2707,69 TOE do roku 2002, kde byl zaznamenán nepatrný pokles. Od téhož roku nastal velký skok s průměrným přírůstkem 9246,69 TOE až do roku 2011, kde výroba znovu klesla o 2661 TOE. Tento nečekaný pokles lze také vypořadovat u trendu, který je v tomto období vychýlen. Od roku 2012 pokračuje opět skokový nárůst průměrně o 8888,14 TOE až do konce časové řady.



Graf 16 Interpolace výroba z OZE (zdroj: vlastní zpracování, datové soubory Eurostatu)

#### 4.2.1.1 Model reziduí

Rezidua vykazují v období 1990-2002 žádoucí nahodilé chování. Výrazná chybovost je zaznamenána v roce 2011, kdy trend je zřetelně vychýlen v časové řadě. Stejně tak i v období 2003 až 2008, kdy opačně trend nepočítal s tak vysokými přírůstky výroby z OZE.



Graf 17 Rezidua výroby z OZE (zdroj: vlastní zpracování)

#### 4.2.1.2 Kvalita modelu

Z hodnot tabulky kvality modelu jsou důležité dva znaky. Prvním, výše zmíněná hodnota M.A.P.E., která dosahuje 2,13 % a druhým, pak index determinace (R-Square), který je roven 0,995. Model lze považovat za nejlepší ze všech vypočtených modelů.

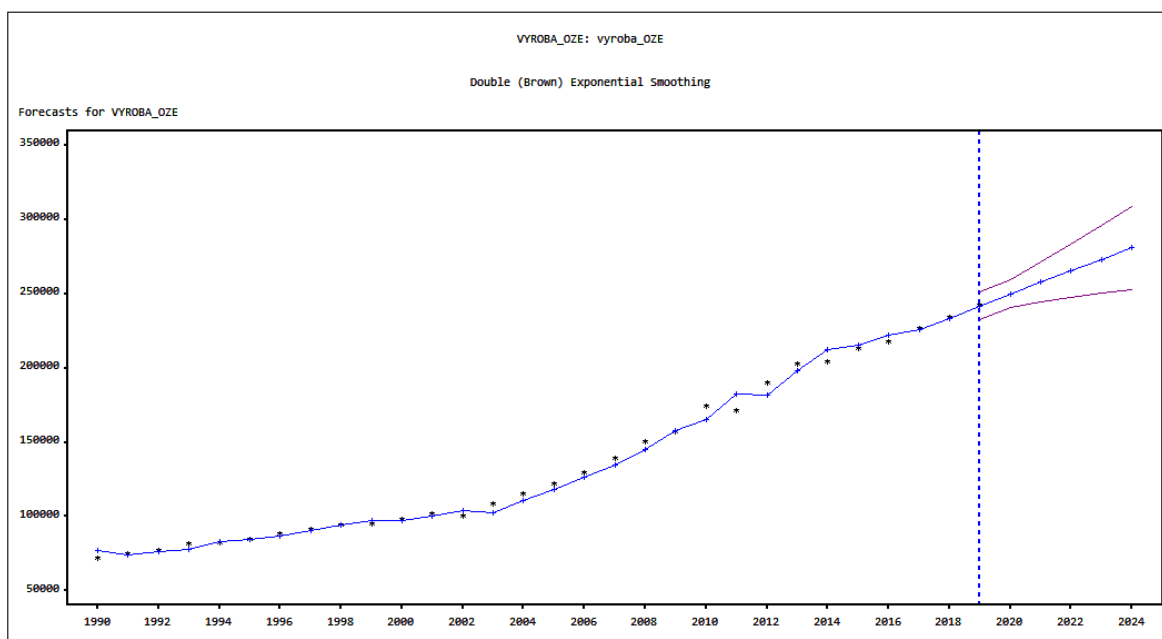
Statistics of Fit	
VYROBA_OZE: vyroba_OZE	
Linear (Holt) Exponential Smoothing	
Statistic of Fit	Value
Mean Square Error	15971674
Root Mean Square Error	3996.5
Mean Absolute Percent Error	2.13480
Mean Absolute Error	3075.3
R-Square	0.995

Tabulka 2 Kvalita modelu výroba z OZE (zdroj: vlastní zpracování)

### 4.2.1.3 Prognóza

Předpověď budoucího vývoje trendu je klíčovým grafem vyjádření postupného vývoje v nadcházejících letech. Pro extrapolaci byl vybrán Brownův model exponenciálního dvojitého vyrovnání, vykazující nejnižší hodnotu M.A.P.E. 0,809 % s indexem determinace 0,949. Byla zvolena pětiletá predikce s pětiletou pseudoprognózou, která slouží k porovnání dat podléhající vytvořené prognóze s již skutečnými daty. To je důležitý krok k eliminování zbytečných chyb vyhodnocovacích modelů.

Z výhledu do budoucna se předpokládá další růst výroby OZE v souvislosti s upřednostňováním tohoto typu výroby nad neobnovitelnými zdroji. Pětiletý odhad předpovídá, že výroba OZE bude v roce 2024 činit 281020 TOE, což je nárůst přibližně o 38511,91 TOE od roku 2019.



Graf 18 Model prognózy výroba OZE (zdroj: vlastní zpracování)

DATE	ACTUAL	PREDICT	U95	L95	ERROR	NERROR	_LEVEL_	_TREND_
1990	71832	77320	86737	67903	-5489	-1.1424	71837	1367
1991	74722	74561	83978	65144	161.2674	0.0336	73285	1407
1992	76882	76089	85506	66673	792.4083	0.1649	75090	1607
1993	81394	78292	87709	68875	3102	0.6455	78253	2388
1994	82303	83011	92428	73594	-708.5160	-0.1475	80285	2209
1995	84530	84688	94105	75271	-157.6519	-0.0328	82415	2170
1996	88287	86739	96156	77322	1548	0.3222	85361	2559
1997	91737	90462	99879	81045	1275	0.2653	88560	2880
1998	94314	94301	103718	84884	13.3202	0.002772	91447	2884
1999	94758	97194	106611	87777	-2436	-0.5071	93109	2270
2000	98368	97633	107050	88216	735.0660	0.1530	95748	2455
2001	101616	100641	110058	91224	975.3378	0.2030	98692	2701
2002	100090	104075	113492	94658	-3985	-0.8293	99394	1698
2003	108821	102777	112194	93360	6043	1.2578	104124	3219
2004	115070	110540	119957	101123	4530	0.9428	109616	4360
2005	121885	118305	127722	108888	3580	0.7451	115772	5261
2006	129239	126257	135674	116840	2981	0.6205	122529	6012
2007	139374	134510	143927	125093	4864	1.0123	130981	7236
2008	150517	145403	154820	135986	5114	1.0643	140783	8524
2009	157184	157771	167188	148354	-586.4585	-0.1221	149013	8376
2010	174064	165706	175123	156289	8358	1.7396	161583	10480
2011	171403	182469	191886	173053	-11067	-2.3033	166510	7694
2012	190267	181844	191261	172427	8423	1.7531	178431	9815
2013	202863	197991	207408	188574	4872	1.0140	190690	11041
2014	204336	212695	222112	203278	-8359	-1.7397	197537	8937
2015	213389	215348	224765	205931	-1960	-0.4079	205491	8444
2016	217446	222319	231736	212902	-4873	-1.0142	211489	7217
2017	226308	225872	235289	216455	435.5163	0.0906	218925	7326
2018	234372	233526	242943	224109	846.3127	0.1761	226676	7539
2019	242508	241702	251118	232285	806.5431	0.1679	234620	7743
2020	.	250050	259467	240633	.	.	242362	7743
2021	.	257793	271134	244452	.	.	250105	7743
2022	.	265535	283360	247711	.	.	257047	7743
2023	.	273278	296062	250493	.	.	265590	7743
2024	.	281020	309189	252852	.	.	273332	7743

Tabulka 3 Přehled konkrétních hodnot prognózy OZE výroba (zdroj: vlastní zpracování)

#### 4.2.2 Časová řada energetické závislosti

V ukazateli *energetické závislosti* vyplývá, že většina států EU musí energii dovážet. Je mnoho důvodů, proč tomu tak je, příkladem může být nedostatek vlastních zdrojů (přírodních, technologických, finančních), zvětšující se průmysl, růst populace nebo také postupné vypínání uhelných a tepelných elektráren a s tím spojený přechod na obnovitelné zdroje energie. Právě příchod OZE do energetiky může tvořit nemalý podíl ve zvyšování energetické závislosti. V situaci, kdy se vypínají elektrárny spalující tuhá paliva a jsou nahrazovány obnovitelnými zdroji, které zatím rozhodně nestačí pokrýt plnohodnotnou kapacitu výroby těchto elektráren, může toto představovat skutečnou energetickou krizi. Tato práce není určena k dehonestaci OZE, spíše naopak, ale pro nahrazení uhelných a tepelných elektráren je zapotřebí ještě udělat nemalý technologický posun pro efektivnější těžbu energie z obnovitelných zdrojů, která by plně nahradil produkci fosilních elektráren. V této časové řadě je znázorněno, jak se v průběhu 25 let energetická závislost zvětšuje.

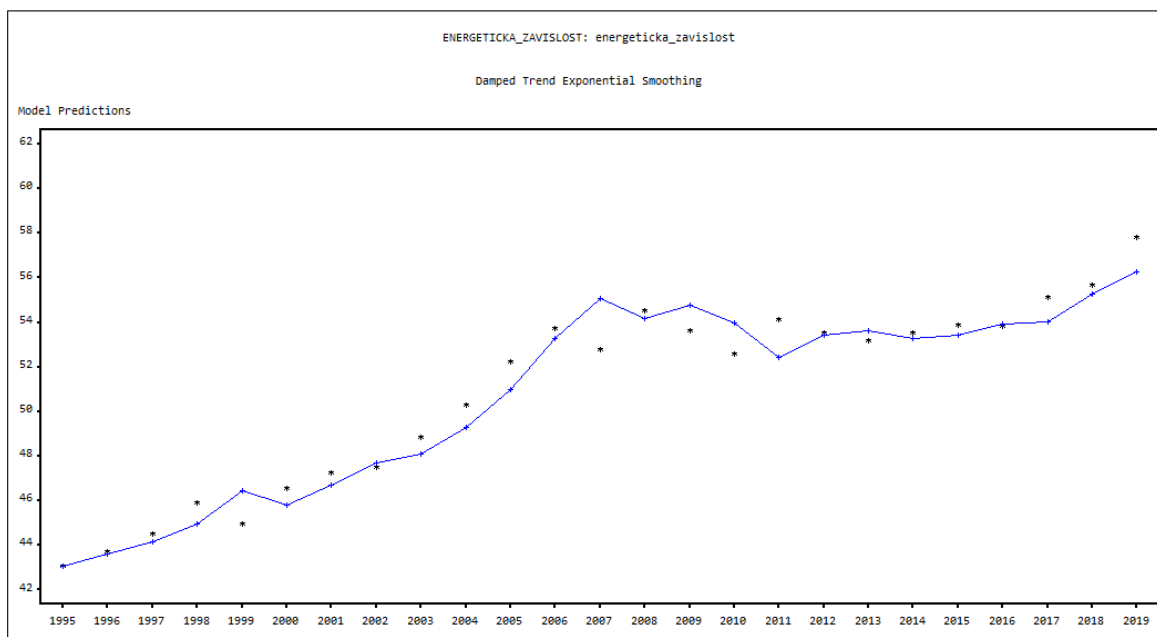
Pro energetickou závislost jsou vybrána roční data v horizontu 1995–2019. Dle modelů níže, byl vybrán pro interpolaci model exponenciálního vyrovnání s tlumeným trendem, který dosahoval nejnižší chybu odhadu (M.A.P.E) 1,49 % ze všech modelů.

Kombinace dalších modelů včetně modelu exponenciálního vyrovnání s tlumeným trendem nepřinesla lepší výsledek.

Forecast Model	Model Title	Mean Absolute Percent Error
<input type="checkbox"/>	Damped Trend Exponential Smoothing	1.49317
<input type="checkbox"/>	Linear (Holt) Exponential Smoothing	1.57504
<input type="checkbox"/>	Random Walk with Drift	1.62394
<input type="checkbox"/>	Double (Brown) Exponential Smoothing	1.68275
<input type="checkbox"/>	Linear Trend	2.33859
<input type="checkbox"/>	Forecast combination 1: (Combination of 2 models)	1.49473
<input type="checkbox"/>	Forecast combination 2: (Combination of 2 models)	1.48269
<input type="checkbox"/>	Forecast combination 3: (Combination of 2 models)	1.58827
<input type="checkbox"/>	Forecast combination 4: (Combination of 3 models)	1.50299

Obrázek 27 Přehled modelů energetická závislost (zdroj: vlastní zpracování)

V časové řadě energetické závislosti je mnoho zřetelných výkyvů, které trend nedokázal předvídat. Drobné kolísání je zachyceno již mezi roky 1998 a 1999, kdy energetická závislost nečekaně vzrostla o 1,4 procentního bodu a pak zaznamenala prudký pokles. Dalším výkyvem je období mezi lety 2017 až 2019. Od roku 2017 byla závislost zvýšena o 1,3 % a v roce 2019 dokonce o 2,1 %. Ale největší oscilace hodnot je zachycena v období ekonomické krize mezi lety 2007 až 2011, kdy energetická závislost střídavě klesala a stoupala.

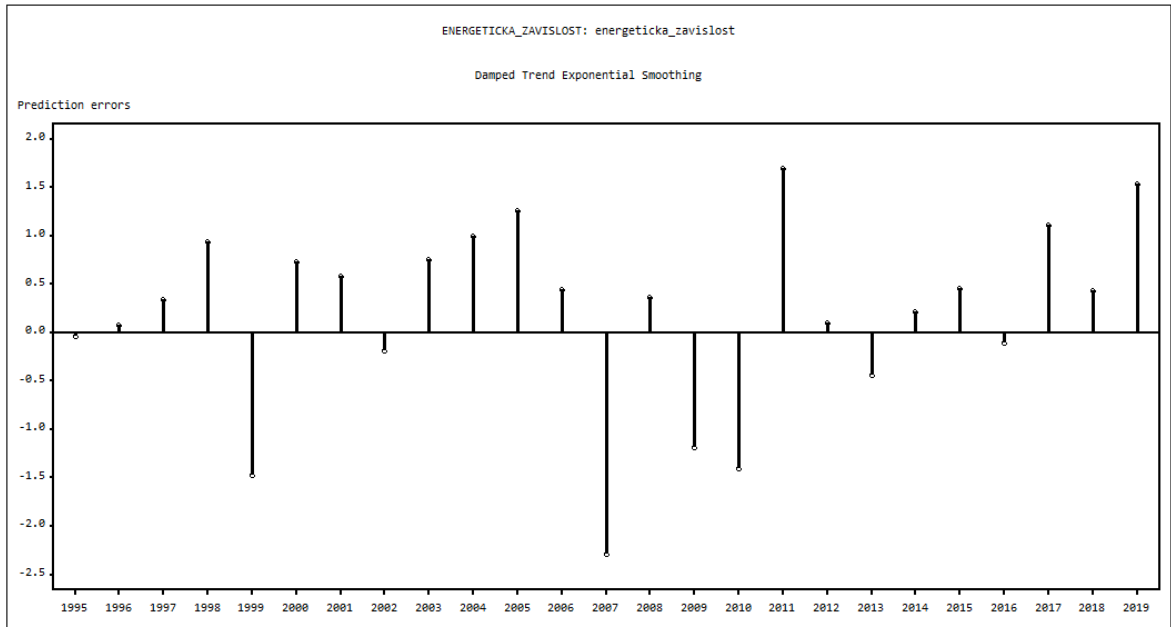


Graf 19 Interpolace energetická závislost (zdroj: vlastní zpracování, datové soubory Eurostatu)

#### 4.2.2.1 Model reziduí

Největší chybovost v reziduálním grafu je v období již zmíněné ekonomické krize, kdy v roce 2007 byl zaznamenán propad o 0,9 %. Podobná změna je rovněž zachycena v roce

1999, kdy závislost se propadla o stejný procentuální podíl. Vyšší predikční chyby jsou také zobrazeny u nárůstu závislosti v letech 2011 a 2019.



Graf 20 Rezidua energetické závislosti (zdroj: vlastní zpracování)

#### 4.2.2.2 Kvalita modelu

Důležité hodnoty (M.A.P.E) 2,814 % a index determinace (R-Square) s hodnotou 0,944. Daný model lze považovat za nejlepší ze všech možných ostatních modelů a kombinací.

Statistics of Fit	
ENERGETICKA_ZAVISLOST: energeticka_zavislost	
Damped Trend Exponential Smoothing	
Statistic of Fit	Value
Mean Square Error	0.93519
Root Mean Square Error	0.96705
Mean Absolute Percent Error	1.49312
Mean Absolute Error	0.76807
R-Square	0.946

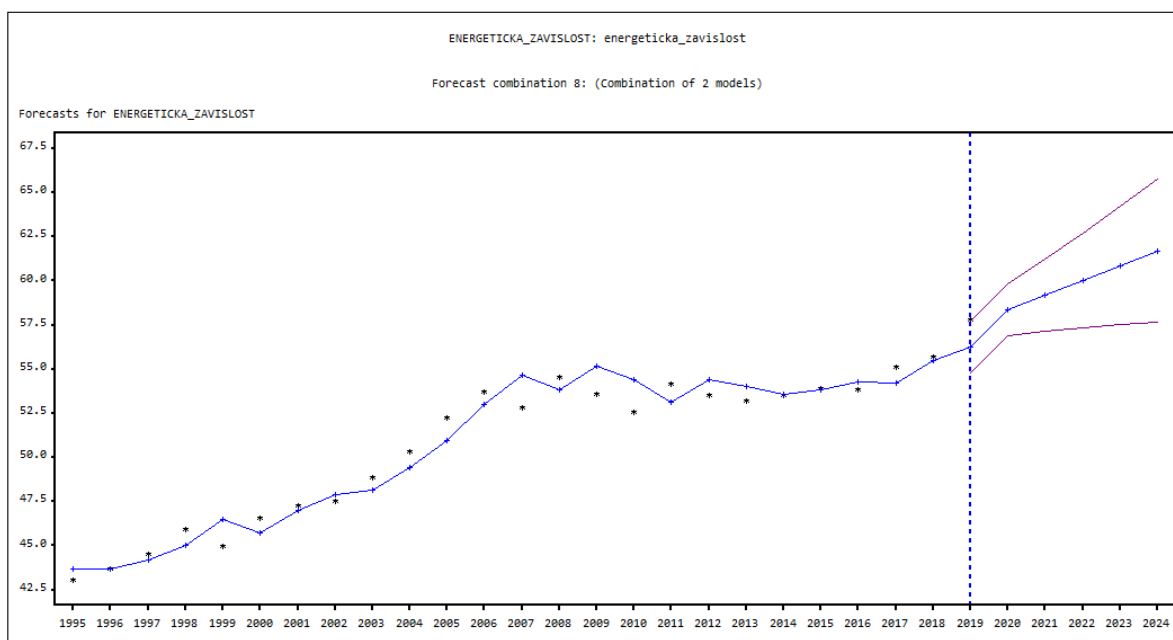
Tabulka 4 Kvalita modelu energetická závislost (zdroj: vlastní zpracování)

### 4.2.2.3 Prognóza

Pro extrapolaci byla vybrána kombinace modelů Holtova exponenciálního vyrovnání s lineárním trendem a Brownova exponenciálního vyrovnání, které vykazovaly nejnižší hodnotu M.A.P.E. 1,11 % s indexem determinace 0,678. Byla zvolena opět pětiletá predikce s pětiletou pseudoprognozou.

<input type="checkbox"/>	Random walk with Drift	1.12868
<input type="checkbox"/>	Linear (Holt) Exponential Smoothing	1.12681
<input type="checkbox"/>	Double (Brown) Exponential Smoothing	1.33188
<input type="checkbox"/>	Damped Trend Exponential Smoothing	1.37941
<input type="checkbox"/>	Linear Trend	4.52535
<input type="checkbox"/>	Forecast combination 6: (Combination of 2 models)	1.19817
<input type="checkbox"/>	Forecast combination 7: (Combination of 2 models)	1.16218
<input checked="" type="checkbox"/>	Forecast combination 8: (Combination of 2 models)	1.11285

Obrázek 28 Přehled modelů energetická závislost – extrapolace (zdroj: vlastní zpracování)



Graf 21 Model prognózy energetická závislost (zdroj: vlastní zpracování)

V predikci časové řady se očekává další růst energetické závislosti v EU. Pětiletý odhad předpovídá, že průměrný dovoz energie v procentuálním vyjádření bude činit v roce 2024 61,7 %. Oproti roku 2019 je to zvýšení o 3,9 % a za posledních dvacet let, tedy od roku 2004, se jedná až o 11,4 %. Z tohoto plynou dva závěry. V Evropě se sice přechází na OZE, ale současně roste i závislost na dovozu energie. A druhým konstatováním je, že v Evropě se vyrábí čím dál tím méně energie. Tato domněnka je ověřována v třetí časové řadě.



DATE	ACTUAL	PREDICT	ERROR	U95	L95	NERROR
1995	43.0530	43.6568	-0.6038	45.1322	42.1814	-0.802116
1996	43.6990	43.6762	0.0228	45.1517	42.2008	0.0302243
1997	44.5210	44.1979	0.3231	45.6734	42.7225	0.429155
1998	45.9130	45.0313	0.8817	46.5067	43.5559	1.171236
1999	44.9720	46.4732	-1.5012	47.9486	44.9978	-1.994238
2000	46.5410	45.7201	0.8209	47.1955	44.2447	1.090507
2001	47.2640	47.0181	0.2459	48.4935	45.5427	0.326616
2002	47.4970	47.8862	-0.3892	49.3616	46.4108	-0.517044
2003	48.8470	48.1711	0.6759	49.6465	46.6957	0.897930
2004	50.2940	49.4379	0.8561	50.9133	47.9625	1.137259
2005	52.2480	50.9757	1.2723	52.4511	49.5003	1.690161
2006	53.7030	53.0255	0.6775	54.5009	51.5501	0.900038
2007	52.7940	54.6391	-1.8451	56.1145	53.1637	-2.451114
2008	54.5250	53.8298	0.6952	55.3052	52.3544	0.923496
2009	53.6080	55.1861	-1.5781	56.6615	53.7107	-2.096306
2010	52.5790	54.4032	-1.8242	55.8786	52.9278	-2.423330
2011	54.1260	53.1443	0.9817	54.6197	51.6688	1.304170
2012	53.5370	54.3902	-0.8532	55.8656	52.9148	-1.133392
2013	53.1870	54.0344	-0.8474	55.5098	52.5589	-1.125640
2014	53.5170	53.5999	-0.0829	55.0753	52.1244	-0.110060
2015	53.8950	53.8380	0.0570	55.3134	52.3626	0.0757169
2016	53.8100	54.2556	-0.4456	55.7310	52.7802	-0.591950
2017	55.1230	54.2396	0.8834	55.7151	52.7642	1.173461
2018	55.6920	55.4996	0.1924	56.9751	54.0242	0.255525
2019	57.7950	56.2470	1.5480	57.7224	54.7715	2.056458
2020	.	58.3600	.	59.8354	56.8846	.
2021	.	59.1952	.	61.2692	57.1213	.
2022	.	60.0305	.	62.7261	57.3349	.
2023	.	60.8658	.	64.2232	57.5084	.
2024	.	61.7011	.	65.7657	57.6365	.

Tabulka 5 Přehled konkrétních hodnot prognózy energetická závislost (zdroj: vlastní zpracování)

### 4.2.3 Časová řada celkové výroby energie v EU

Ukazatel celkové výroby (TOE jednotky) představuje veškerou primární produkci energie ze všech dostupných zdrojů v EU. Roční data jsou v časovém intervalu 1990 až 2019.

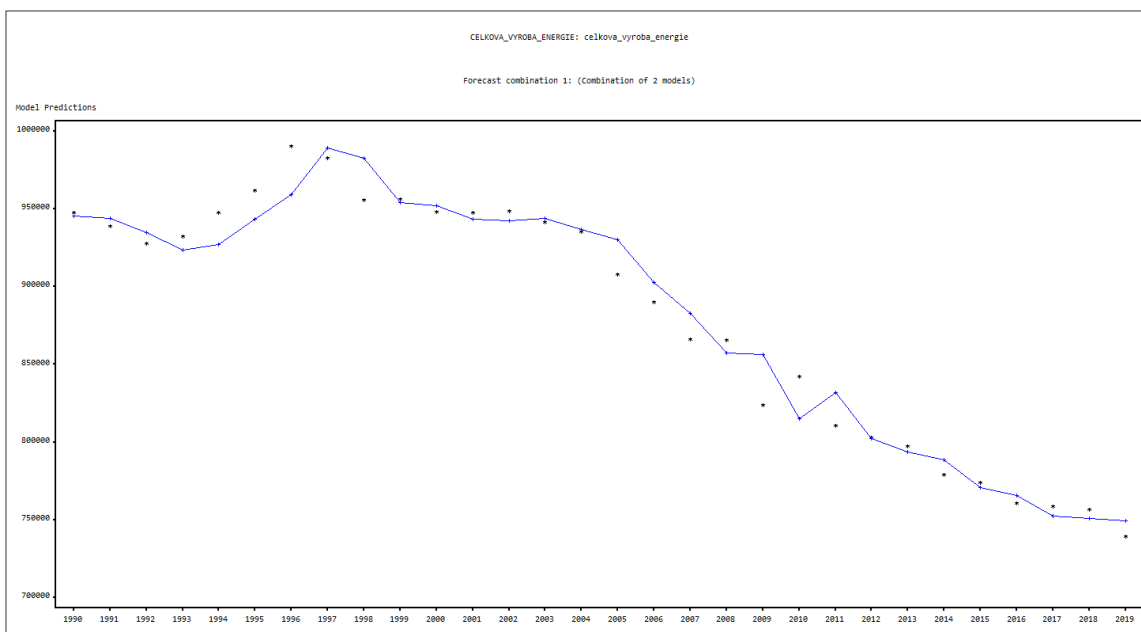
Dle modelů a různých druhů spojení modelů byla vybrána pro interpolaci nejlepší kombinace náhodné procházky s posunem a exponenciálního vyrovnání s tlumeným trendem, která vykazovala nejnižší hodnotu M.A.P.E 1,26 %.

Forecast Model	Model Title	Mean Absolute Percent Error
<input type="checkbox"/>	Random Walk with Drift	1.26225
<input type="checkbox"/>	Log Random Walk with Drift	1.26725
<input type="checkbox"/>	Damped Trend Exponential Smoothing	1.32144
<input type="checkbox"/>	Log Damped Trend Exponential Smoothing	1.32512
<input type="checkbox"/>	Linear (Holt) Exponential Smoothing	1.32531
<input type="checkbox"/>	Log Linear (Holt) Exponential Smoothing	1.33182
<input type="checkbox"/>	Log Double (Brown) Exponential Smoothing	1.35043
<input type="checkbox"/>	Double (Brown) Exponential Smoothing	1.36771
<input type="checkbox"/>	Linear Trend	3.07489
<input type="checkbox"/>	Log Linear Trend	3.23176
<input checked="" type="checkbox"/>	Forecast combination 1: (Combination of 2 models)	1.25707
<input type="checkbox"/>	Forecast combination 2: (Combination of 2 models)	1.32398
<input type="checkbox"/>	Forecast combination 3: (Combination of 2 models)	1.40816
<input type="checkbox"/>	Forecast combination 4: (Combination of 2 models)	1.34459
<input type="checkbox"/>	Forecast combination 5: (Combination of 2 models)	1.35624
<input type="checkbox"/>	Forecast combination 6: (Combination of 3 models)	1.41980

Obrázek 29 Přehled modelů celková výroba (zdroj: vlastní zpracování)

Časová řada potvrzuje domněnku o klesající produkci energie. V Evropě se vyrábí méně energie a stává se energeticky závislou. Celkový pokles od roku 1990 do roku 2019 činí 208006,5 TOE, což může mít za následek, že v budoucnu může hrozit nedostatek energie. Při dnešním rozvoji, kdy elektrinou je poháněno skoro vše, se toto jeví jako skutečná hrozba.

V časové řadě je zaznamenáno mnoho výkyvů, ve kterých se trend vzdálil od původních hodnot. Jedním z příkladů je nečekaný růst od roku 1993 až 1996. Velké oscilace jsou také v období ekonomické krize, kdy výroba střídavě klesala a rostla. Přes všechny možné změny je přesto zřejmé, že časová řada má sestupnou tendenci.



Graf 22 Interpolace celková výroba (zdroj: vlastní zpracování, datové soubory Eurostatu)

#### 4.2.3.1 Kvalita modelu

Kombinace modelů přinesla vysoký index determinace (R-Square) s hodnotou 0,966. A s již zmiňovanou hodnotou M.A.P.E 1,26 lze považovat za velice kvalitní.

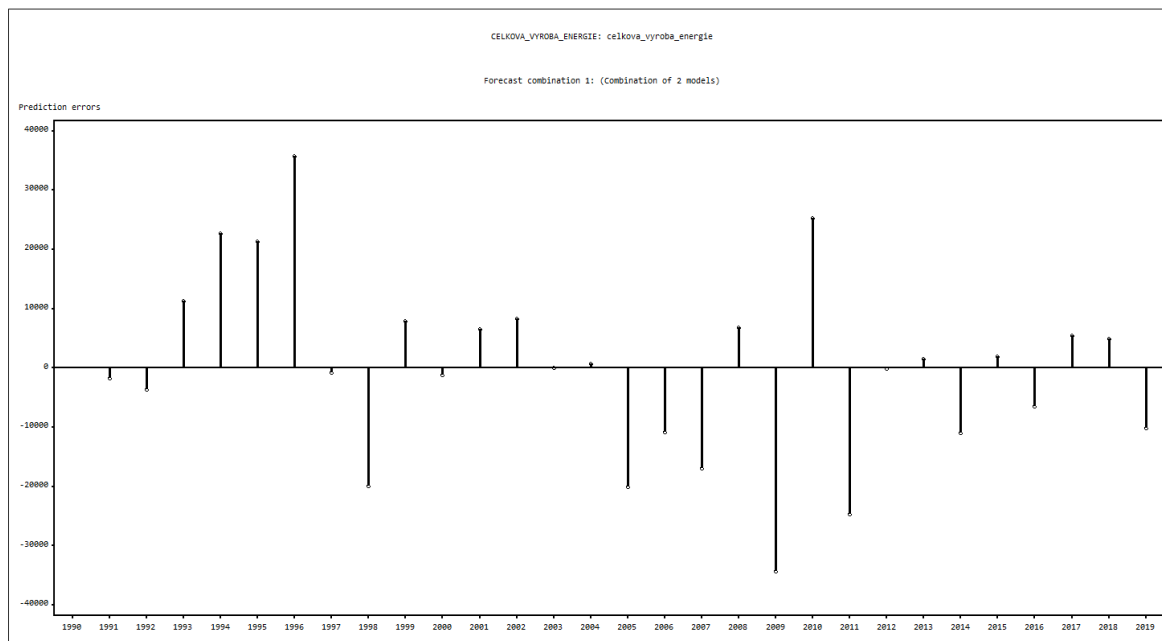
Statistics of Fit  
 CELKOVA\_VYROBA\_ENERGIE: celkova\_vyroba\_energie  
 Forecast combination 1: (Combination of 2 models)

Statistic of Fit	Value
Mean Square Error	225926054
Root Mean Square Error	15030.8
Mean Absolute Percent Error	1.25707
Mean Absolute Error	11078.5
R-Square	0.966

Tabulka 6 Kvalita modelu celková výroba (zdroj: vlastní zpracování)

#### 4.2.3.2 Model reziduí

V grafu reziduí jsou zachyceny predikční chyby znázorňující výkyvy v celkové výrobě. Velká chybovost je zaznamenána v již zmíněných letech 1993 až 1996 a rovněž také mezi lety 2006 až 2011, kdy výroba začala prudce klesat. Výjimku tvoří rok 2010.

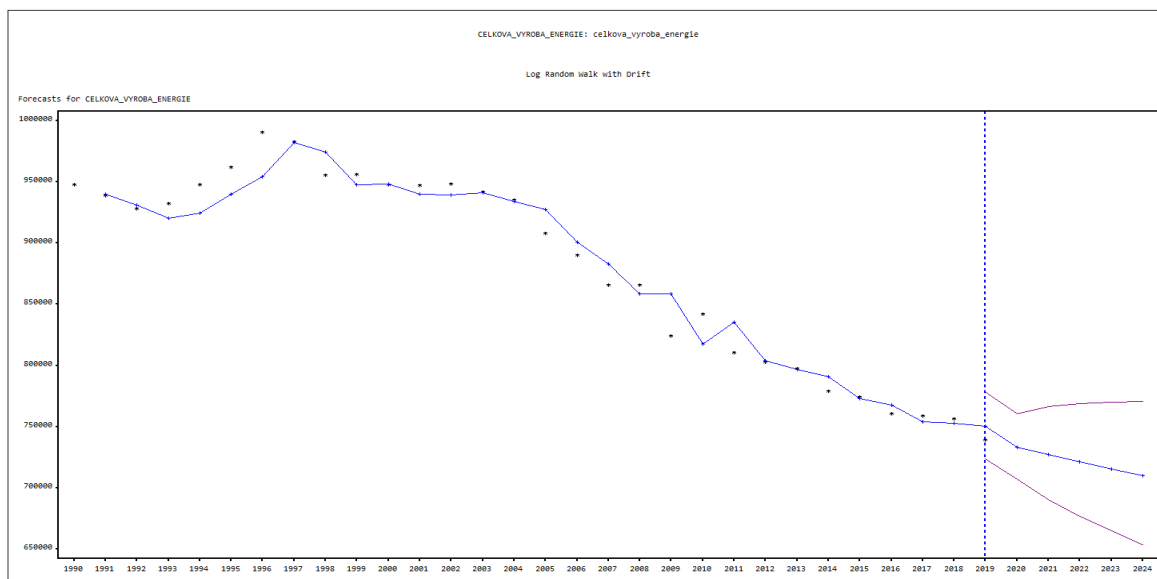


Graf 23 Rezidua celkové výroby (zdroj: vlastní zpracování)

#### 4.2.3.3 Prognóza

Dle diagnostiky časové řady v aplikaci SAS bylo zjištěno, že model má pro extrapolaci logaritmickou transformaci. Byl tedy vybrán logaritmický model náhodné procházky s posunem, s hodnotou M.A.P.E. 0,747 % a indexem determinace 0,649. Byla zvolena pětiletá predikce s pětiletou pseudoprognózou.

Budoucí předpověď značí pokračující trend poklesu produkce energie v EU. V roce 2024 by se mělo vyrobit v Evropě už „jenom“ 709868 TOE energie. Oproti roku 1990 je to pokles o více než 237512 TOE energie. Předpokládá se tedy, že v Evropě bude pokračovat prohlubování energetické závislosti. Tento zvětšující se problém ovlivňuje spoustu dalších ukazatelů. Příkladem může být cena elektřiny, která při současné situaci, kdy Evropa většinu energie importuje z dovozu, musí zdražovat. Tato hypotéza je prozkoumána ve čtvrté časové řadě této práce.



Graf 24 Model prognózy celková výroba (zdroj: vlastní zpracování)

Forecast Data Set

CELKOVA\_VYROBA\_ENERGIE: celkova\_vyroba\_energie

Log Random Walk with Drift

DATE	ACTUAL	PREDICT	U95	L95	ERROR	NERROR	RESIDUAL	RESSTD	NRESID
1990	947380	.	.	.	.	.	.	.	.
1991	938549	939695	974840	905818	-1147	-0.0651	-0.001221	0.0187	-0.0652
1992	927833	930935	965752	897373	-3103	-0.1779	-0.003338	0.0187	-0.1782
1993	931968	920306	954726	887127	11662	0.6762	0.0126	0.0187	0.6722
1994	947511	924408	958981	891081	23103	1.3337	0.0247	0.0187	1.3177
1995	961717	939825	974974	905943	21892	1.2430	0.0230	0.0187	1.2291
1996	990303	953916	989592	919525	36387	2.0355	0.0374	0.0187	1.9983
1997	982405	982269	1019006	946857	135.1867	0.007344	0.000138	0.0187	0.007346
1998	955396	974435	1010879	939305	-19040	-1.0427	-0.0197	0.0187	-1.0533
1999	956087	947646	983088	913481	8441	0.4753	0.008868	0.0187	0.4734
2000	947775	948331	983799	914142	-555.9835	-0.0313	-0.000586	0.0187	-0.0313
2001	947234	940087	975246	906195	7147	0.4057	0.007574	0.0187	0.4043
2002	948460	939550	974689	905678	8910	0.5061	0.009439	0.0187	0.5038
2003	941355	940767	975951	906850	588.8095	0.0334	0.000626	0.0187	0.0334
2004	934984	933719	968640	900057	1265	0.0723	0.001354	0.0187	0.0722
2005	907846	927399	962084	893965	-19553	-1.1251	-0.0213	0.0187	-1.1375
2006	889929	900482	934160	868018	-10553	-0.6254	-0.0118	0.0187	-0.6293
2007	865782	882710	915723	850887	-16928	-1.0234	-0.0194	0.0187	-1.0336
2008	865407	858759	890876	827799	6649	0.4131	0.007712	0.0187	0.4117
2009	823942	858387	890491	827441	-34445	-2.1413	-0.0410	0.0187	-2.1862
2010	842069	817258	847824	787795	24811	1.6200	0.0299	0.0187	1.5964
2011	810287	835238	866476	805126	-24951	-1.5941	-0.0303	0.0187	-1.6189
2012	802973	803714	833773	774739	-741.1376	-0.0492	-0.000923	0.0187	-0.0492
2013	797320	796459	826247	767745	860.4058	0.0576	0.001080	0.0187	0.0576
2014	779163	790852	820430	762340	-11689	-0.7887	-0.0149	0.0187	-0.7948
2015	774005	772843	801747	744980	1163	0.0803	.	.	.
2016	760434	767727	796440	740049	-7293	-0.5069	.	.	.
2017	758798	754265	782475	727073	4533	0.3207	.	.	.
2018	756630	752643	780792	725509	3987	0.2827	.	.	.
2019	739374	750492	778561	723436	-11119	-0.7906	.	.	.
2020	.	733376	760804	706937	.	.	.	.	.
2021	.	727427	766198	690618	.	.	.	.	.
2022	.	721526	768904	677068	.	.	.	.	.
2023	.	715673	770207	665001	.	.	.	.	.
2024	.	709868	770610	653914	.	.	.	.	.

Tabulka 7 Přehled konkrétních hodnot prognózy celková výroba energie (zdroj: vlastní zpracování)

#### 4.2.4 Časová řada průměrné ceny elektřiny

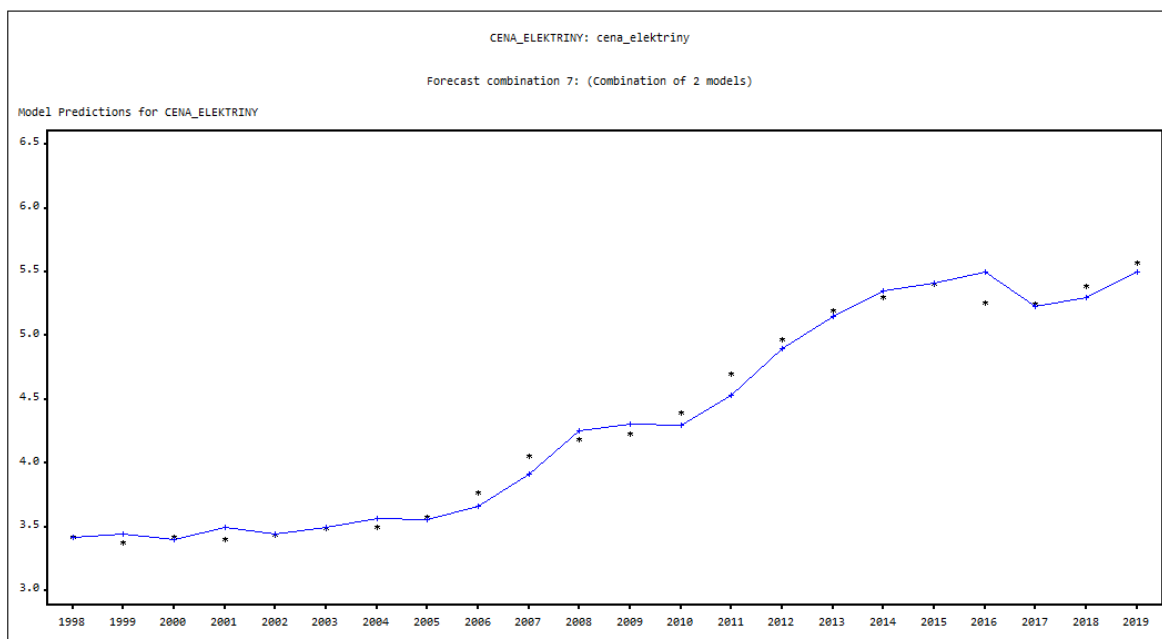
Data jsou za jednotlivé roky v rozmezí 1998 až 2019. Eurostat vykazuje ve svých statistikách cenu elektřiny za každé půlroky. Pro tuto časovou řadu byla vypočtena průměrná hodnota z obou půlročních výkazů. Tímto byla získána průměrná cena elektřiny za každý rok. Stejně tak cena je očištěna od všech poplatků a daní, stanovená pro konečnou spotřebu domácností. Pro lepší orientaci je cena převedena na českou měnu (Kč/kWh) podle kurzu 25,89 Kč ze dne 3.2.2021.

Dle modelů a různých druhů jejich spojení byla vybrána pro interpolaci až sedmá nejlepší kombinace modelů náhodné procházky s posunem a Brownova exponenciálního vyrovnání, která vykazovala nejnižší hodnotu M.A.P.E 1,6 % ze všech modelů.

Forecast		Mean Absolute Percent Error
Model	Model Title	
<input type="checkbox"/>	Damped Trend Exponential Smoothing	1.88342
<input type="checkbox"/>	Double (Brown) Exponential Smoothing	1.88547
<input type="checkbox"/>	Linear (Holt) Exponential Smoothing	1.88633
<input type="checkbox"/>	Random Walk with Drift	2.19619
<input type="checkbox"/>	Linear Trend	4.13328
<input type="checkbox"/>	Forecast combination 1: (Combination of 2 models)	1.79496
<input type="checkbox"/>	Forecast combination 2: (Combination of 2 models)	1.88598
<input type="checkbox"/>	Forecast combination 3: (Combination of 3 models)	1.82533
<input type="checkbox"/>	Forecast combination 4: (Combination of 2 models)	1.62306
<input type="checkbox"/>	Forecast combination 5: (Combination of 2 models)	2.07403
<input type="checkbox"/>	Forecast combination 6: (Combination of 2 models)	2.71491
<input checked="" type="checkbox"/>	Forecast combination 7: (Combination of 2 models)	1.59555

Obrázek 30 Přehled modelů průměrná cena elektřiny (zdroj: vlastní zpracování)

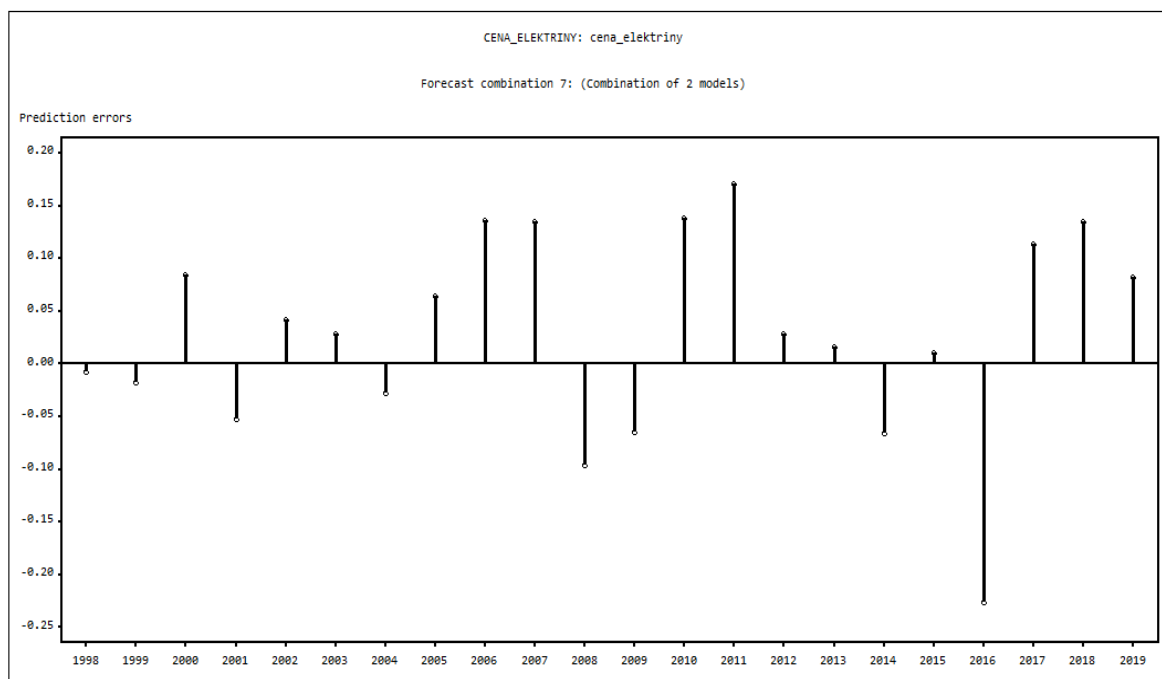
Z časové řady vyplývá, že průměrná cena elektřiny v EU během let skutečně zdražuje. Od roku 1998 až do roku 2005 její hodnota oscilovala jen velmi málo, jednalo se o setiny koruny. Zlom nastal v roce 2006, kdy cena začala stoupat už o desetiny korun a v roce 2007 překročila hranici čtyř korun za kWh. Během ekonomické krize 2008 až 2009 cena elektřiny nezaznamenala větší výkyvy, spíše stagnovala. Od roku 2010 začala opět strmě stoupat, tento růst se zastavil až v roce 2015. Za roky 2016 a 2017 nepatrně zlevňovala a poslední údaje značí o tom, že cena elektřiny má opět rostoucí tendenci. Spočtený trend pro časovou řadu ceny elektřiny vykazuje velmi dobrou přesnost s reálnými hodnotami.



Graf 25 Interpolace průměrná cena elektřiny (zdroj: vlastní zpracování, datové soubory Eurostatu)

#### 4.2.4.1 Model reziduí

V reziduálním grafu je zaznamenána největší chybovost za roky 2011 a 2016, kdy cena elektřiny začala prudce stoupat a později šokově klesla. Trend na tyto výkyvy zareagoval až v dalších letech. Ostatní roky jsou zachyceny spíše ve vlnách, kdy po tříletém až čtyřletém růstu průměrné ceny elektřiny následoval roční nebo dvouroční pád.



Graf 26 Rezidua průměrné ceny elektřiny (zdroj: vlastní zpracování)

#### 4.2.4.2 Kvalita modelu

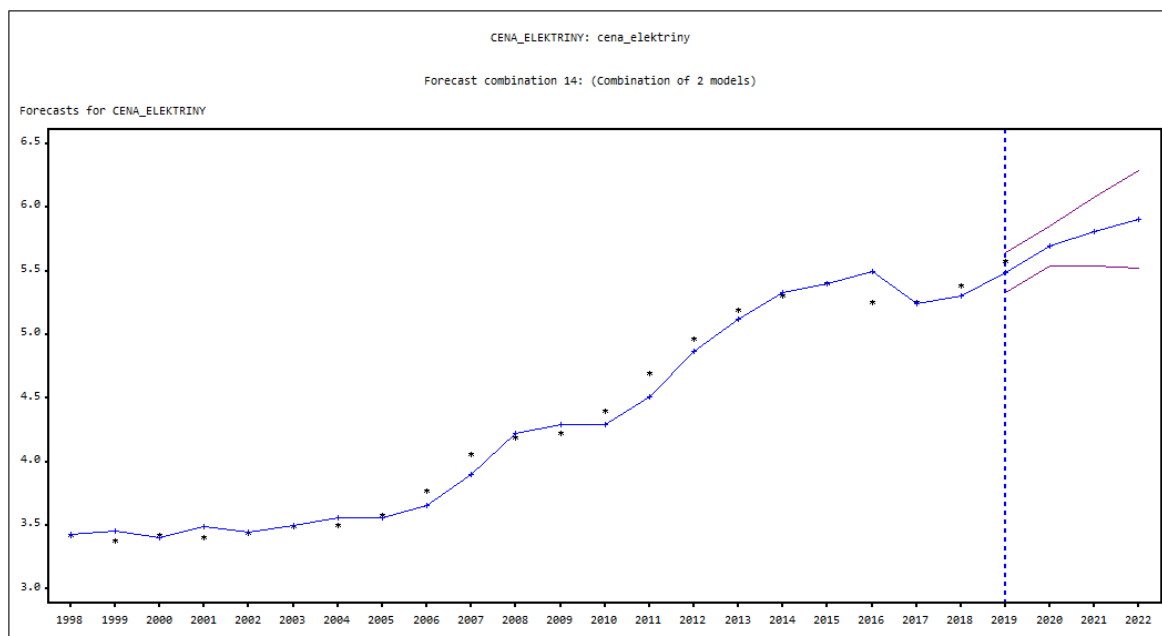
Důležité hodnoty (M.A.P.E) s výsledkem 2,814 % a indexem determinace (R-Square) s hodnotou 0,944. Daný model lze považovat za nejlepší ze všech možných ostatních modelů a kombinací.

Statistics of Fit	
CENA_ELEKTRINY: cena_elektriny	
Forecast combination 7: (Combination of 2 models)	
Statistic of Fit	Value
Mean Square Error	0.0090142
Root Mean Square Error	0.09494
Mean Absolute Percent Error	1.59655
Mean Absolute Error	0.06977
R-Square	0.987

Tabulka 8 Kvalita modelu průměrná cena elektřiny (zdroj: vlastní zpracování)

#### 4.2.4.3 Prognóza

Pro extrapolaci byla vybrána kombinace modelů náhodné procházky s posunem a exponenciálního vyrovnání s tlumeným trendem, která vykazovala nejnižší hodnotu M.A.P.E. 1,05 % s indexem determinace 0,732. Byla zvolena tříletá predikce s tříletou pseudoprognozou.



Graf 27 Model prognózy průměrná cena elektřiny (zdroj: vlastní zpracování)

Z prognózy je zřejmé, že cena elektřiny bude i nadále zdražovat. V roce 2022 by se měla cena elektřiny dostat na hranici 5,91 Kwh/Kč v EU. Hlavní příčiny jsou shledány ve stále dražších emisních povolenkách pro elektrárny spalující tuhá paliva a v energetické závislosti na dovozu, která dle prognózy bude i nadále stoupat.

Forecast Data Set  
CENA\_ELEKTRINY: cena\_elektriny  
Forecast combination 14: (Combination of 2 models)

DATE	ACTUAL	PREDICT	ERROR	U95	L95	NERROR
1998	3.4210	3.4283	-0.007273	3.8353	3.0213	-0.035024
1999	3.3746	3.4572	-0.0826	3.6142	3.3002	-1.030664
2000	3.4223	3.4070	0.0154	3.5640	3.2500	0.191641
2001	3.4069	3.4923	-0.0854	3.6493	3.3352	-1.065998
2002	3.4365	3.4517	-0.0152	3.6087	3.2947	-0.189489
2003	3.4881	3.4993	-0.0112	3.6563	3.3422	-0.139302
2004	3.5010	3.5597	-0.0587	3.7167	3.4026	-0.732467
2005	3.5758	3.5571	0.0186	3.7142	3.4001	0.232681
2006	3.7705	3.6566	0.1139	3.8136	3.4996	1.421822
2007	4.0581	3.8993	0.1588	4.0563	3.7423	1.981717
2008	4.1883	4.2241	-0.0358	4.3811	4.0670	-0.446518
2009	4.2270	4.2916	-0.0646	4.4486	4.1346	-0.806400
2010	4.3959	4.2935	0.1024	4.4505	4.1364	1.278696
2011	4.6989	4.5143	0.1846	4.6713	4.3573	2.304509
2012	4.9659	4.8711	0.0948	5.0281	4.7141	1.182761
2013	5.1915	5.1238	0.0678	5.2808	4.9667	0.845771
2014	5.3037	5.3329	-0.0291	5.4899	5.1758	-0.363759
2015	5.4030	5.3997	0.003320	5.5567	5.2427	0.0414452
2016	5.2547	5.4937	-0.2390	5.6507	5.3366	-2.982666
2017	5.2521	5.2465	0.005592	5.4036	5.0895	0.0697927
2018	5.3850	5.3018	0.0832	5.4588	5.1448	1.037949
2019	5.5719	5.4890	0.0830	5.6460	5.3319	1.035539
2020	.	5.6977	.	5.8547	5.5407	.
2021	.	5.8087	.	6.0778	5.5395	.
2022	.	5.9077	.	6.2928	5.5225	.

Tabulka 9 Přehled konkrétních hodnot prognózy průměrná cena elektřiny (zdroj: vlastní zpracování)

### 4.3 Analýza hlavních komponent

Analýza hlavních komponent je v této fázi využita zejména k redukci původního počtu popisovaných proměnných novými veličinami, které se označují jako komponenty. Nově vzniklé komponenty shrnují informaci o původních proměnných za předpokladu minimální ztráty informace. V AHK jsou rovněž určeny procentuální podíly každé komponenty vysvětlující celkový rozptyl a jejich vzájemné korelace.

Pro zpracování analýzy hlavních komponent bylo nejprve zapotřebí data standardizovat kvůli rozdílným jednotkám u proměnných a vyšší variabilitě dat. K tomuto účelu byla využita byla procedura STDIZE v programu SAS.

Následující výstup procedury STDIZE (tabulka 11) je zobrazen na následující straně. První sloupec obsahuje výčet všech 14ti ukazatelů, ve druhém jsou hodnoty průměru, třetí sloupec zobrazuje hodnoty směrodatné odchylky, čtvrtý sloupec udává, že hodnoty byly



spočteny pro všechny státy EU a poslední pátý sloupec obsahuje označení jednotlivých ukazatelů.

The SAS System				
The STDIZE Procedure				
Location and Scale Measures				
Location = median Scale = interquartile range				
Name	Location	Scale	N	Label
vyroba_oze	3687.562500	9182.895000	28	vyroba_oze
podil_oze_spotreba	17.614000	17.333500	28	podil_oze_spotreba
spotreba_energie	23.565000	48.325000	28	spotreba_energie
podil_oze_elektrina	28.663617	23.022570	28	podil_oze_elektrina
oze_doprava	6.928055	2.480176	28	oze_doprava
podil_oze_vytapeni_chlazení	24.390324	24.446037	28	podil_oze_vytapeni_chlazení
emise_sklenikovyh_plynu	43829	109086	28	emise_sklenikovyh_plynu
fosilni_paliva	960.153000	3318.169500	28	fosilni_paliva
zemni_plyn	52.015500	3108.120500	28	zemni_plyn
ropa	67.197500	1070.021500	28	ropa
jadro	406.130000	6446.550000	28	jadro
cena_elektriny	4.323630	1.768287	28	cena_elektriny
energeticka_zavislost	58.836000	33.144000	28	energeticka_zavislost
hdp_na_obyvatele	91.500000	48.000000	28	hdp_na_obyvatele

Tabulka 11 Výstup procedury STDIZE (zdroj: vlastní zpracování)

Eigenvalues of the Correlation Matrix				
	Eigenvalue	Difference	Proportion	Cumulative
1	4.23952641	1.14423394	0.3028	0.3028
2	3.09529247	1.35848868	0.2211	0.5239
3	1.73680379	0.11535710	0.1241	0.6480
4	1.62144669	0.55158488	0.1158	0.7638
5	1.06986181	0.30592457	0.0764	0.8402
6	0.76393724	0.19751593	0.0546	0.8948
7	0.56642132	0.24901487	0.0405	0.9352
8	0.31740644	0.05790228	0.0227	0.9579
9	0.25950416	0.07717225	0.0185	0.9764
10	0.18233191	0.04669789	0.0130	0.9895
11	0.13563402	0.12633136	0.0097	0.9992
12	0.00930266	0.00697280	0.0007	0.9998
13	0.00232986	0.00212866	0.0002	1.0000
14	0.00020121		0.0000	1.0000

Tabulka 10 Vlastní hodnoty korelační matice AHK (zdroj: vlastní zpracování)

S již standardizovaným souborem (tabulka 11) bylo možné provést samotnou analýzu hlavních komponent, k té byla využita procedura PRINCOMP, jejíž konkrétní podobu ukazuje následující příkaz.

```

PROC PRINCOMP data=standardized out=print;
  var
    vyroba_oze
    podil_oze_spotreba
    spotreba_energie
    podil_oze_elektrina
    oze_doprava
    podil_oze_vytapeni_chlazení
    emise_sklenikovyh_plynu
    cena_elektriny
    energeticka_zavislost
    hdp_na_obyvatele;
run;

```

Obrázek 31 Příkazové zadání AHK (zdroj: vlastní zpracování)

Procedura PRINCOMP obsahuje několik výsledků. Stěžejním výstupem je tabulka číslo 10, která vykazuje, do jaké míry se jednotlivé komponenty podílí na celkovém rozptylu. V tomto případě je ve sloupci *Proportion* vyjádřen podíl všech čtrnácti vytvořených komponent na celkovém rozptylu.

Rozptyl je vysvětlen prvními čtyřmi komponenty na 76,38 %, které přispívají svým dílem více než 10 %. Bohužel celkový rozptyl se nepodařil vyjádřit vyšší hodnotou z důvodu vysoké variability dat v jednotlivých ukazatelích. V návaznosti na shlukovou analýzu by

takto vysoká variabilita dat způsobila, že většina států by se spojila do jednoho velkého shluku v minimálních vzdálenostech, případně další shluky by tvořily pouze jednotlivci. Z tohoto důvodu jsou odstraněny ukazatelé tvořící alternativní zdroje, tj. fosilní paliva, zemní plyn, ropa a jaderná energie. Tyto ukazatelé, v rámci průzkumové analýzy dat, zaznamenaly jako jediní variační koeficient přesahující 200 %, což má následek, že případná shluková analýza by byla z většiny zkeslena. Podíly těchto ukazatelů na celkovém rozptylu rovněž vykazují velmi malou hodnotu, konkrétně méně než 3 % u každého. Nicméně tyto ukazatele nesou určitý druh informace a budou využity v závěrečných výsledcích shlukové analýzy pro porozumění, jaké další druhy energetických zdrojů státy EU využívají.

S novým počtem ukazatelů, celkově tedy 10, je realizovaná nová analýza hlavních komponent ke zjištění vzájemných závislostí. Před AHK bylo zapotřebí opět data standardizovat. Prvotním výstupem AHK je korelační matice, která uvádí do jaké míry jsou jednotlivé proměnné v souboru vzájemně závislé. Z korelační matice je možné také vypočítat přímé a nepřímé závislosti mezi ukazateli. Po uhlopříčce jsou hodnoty rovny jedné, což značí maximální přímou závislost.

Correlation Matrix										
	vyroba_oze	podil_oze_spotreba	spotreba_energie	podil_oze_elektrina	oze_doprava	podil_oze_vytapeni_chlazení	emise_sklenikovyh_plynu	cena_elektriny	energeticka_zavislost	hdp_na_obyvatele
vyroba_oze	1.0000	0.0852	0.9238	0.2486	0.3328	-1.250	0.8761	0.4375	-0.682	0.0487
podil_oze_spotreba	0.0852	1.0000	-2.107	0.7759	0.5541	0.8990	-2.760	0.0217	-4.908	-1.678
spotreba_energie	0.9238	-2.107	1.0000	0.0106	0.0894	-3.763	0.9502	0.3940	-0.447	0.0401
podil_oze_elektrina	0.2486	0.7759	0.0106	1.0000	0.3989	0.5029	-0.0258	0.3755	-3.211	-0.172
oze_doprava	0.3328	0.5541	0.0894	0.3989	1.0000	0.3488	-0.108	0.1062	-1.868	0.1871
podil_oze_vytapeni_chlazení	-1.250	0.8990	-3.763	0.5029	0.3488	1.0000	-4.302	-1.731	-4.061	-3.138
emise_sklenikovyh_plynu	0.8761	-2.760	0.9502	-0.0258	-0.108	-4.302	1.0000	0.3976	-0.149	0.0163
cena_elektriny	0.4375	0.0217	0.3940	0.3755	0.1062	-1.731	0.3976	1.0000	0.1590	0.4025
energeticka_zavislost	-0.682	-4.908	-0.447	-3.211	-1.868	-4.061	-0.149	0.1590	1.0000	0.3147
hdp_na_obyvatele	0.0487	-1.678	0.0401	-0.172	0.1871	-3.138	0.0163	0.4025	0.3147	1.0000

Tabulka 12 AHK – korelační matice (zdroj: vlastní zpracování)

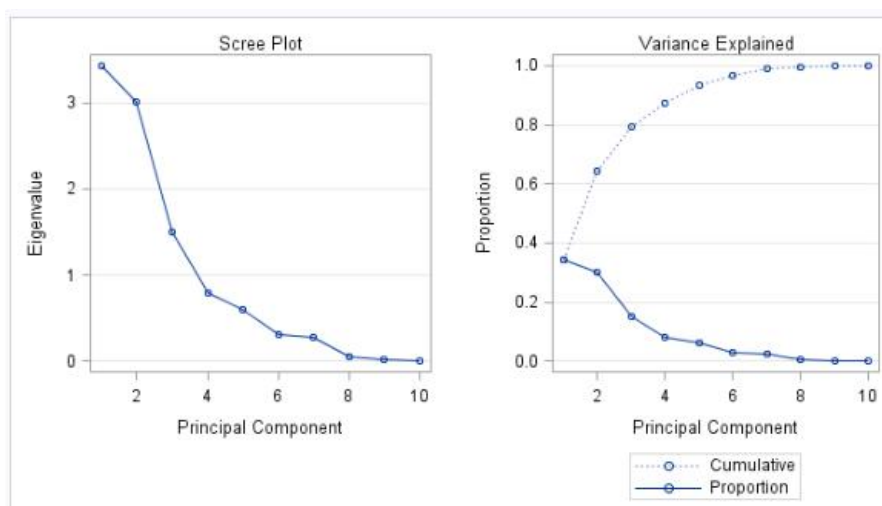
Vysokou míru přímé závislosti zaznamenala výroba z OZE se spotřebou primární energie, dále pak emise skleníkových plynů s výrobou z OZE, podíl OZE ve vytápění a chlazení s podílem OZE ve spotřebě a primární spotřeba energie s emisemi skleníkových plynů. Tyto čtyři spojení jsou i v logickém významu, tj. výroba z OZE ovlivňuje celkové množství spotřebované energie včetně emisí skleníkových plynů a naopak, stejně tak podíl OZE ve spotřebě energie ovlivňuje podíl OZE ve vytápění a chlazení nebo celková spotřeba energie ovlivňuje emise skleníkových plynů. Nižší přímá závislost je zaznamenána např. mezi cenou elektřiny a HDP na obyvatele nebo podílem OZE v celkové spotřebě s podílem OZE v elektřině.

Druhým výstupem z AHK jsou vlastní hodnoty korelační matice. Je viditelné, že došlo ke zvýšení celkového podílu prvních čtyř komponent o 10,98 % na celkovém rozptylu díky odstranění vybraných ukazatelů.

Eigenvalues of the Correlation Matrix				
	Eigenvalue	Difference	Proportion	Cumulative
1	3.42908429	0.42197968	0.3429	0.3429
2	3.00710461	1.50467233	0.3007	0.6436
3	1.50243228	0.70533888	0.1502	0.7939
4	0.79709341	0.19172879	0.0797	0.8736
5	0.60536462	0.29364192	0.0605	0.9341
6	0.31172270	0.04046001	0.0312	0.9653
7	0.27126269	0.22471065	0.0271	0.9924
8	0.04655204	0.02678902	0.0047	0.9971
9	0.01976302	0.01014268	0.0020	0.9990
10	0.00962034		0.0010	1.0000

Tabulka 13 Vlastní hodnoty korelační matice č.2 AHK (zdroj: vlastní zpracování)

Tuto skutečnost lze ověřit také na grafu číslo 28, konkrétně z jeho druhé části (Variance Explained). Rozptyl je vysvětlen prvními třemi komponenty na 79,39 %, které přispívají svým dílem více než 10 %. Čtvrtá komponenta přispívá 7,97 %. Celkově je tedy rozptyl vysvětlen prvními čtyřmi komponentami na 87,36 %. Pro srovnávání jednotlivých států budou tyto čtyři komponenty zásadní.



Graf 28 Grafický výstup z procedury AHK (zdroj: vlastní zpracování)

Poslední tabulkou procedury PRINCOMP jsou samotné komponenty s jejich vzájemnou souvislostí. Pro výběr konkrétních komponent je brána vždy nejvyšší hodnota v absolutní hodnotě napříč všemi proměnnými.

		Eigenvectors									
		Prin1	Prin2	Prin3	Prin4	Prin5	Prin6	Prin7	Prin8	Prin9	Prin10
vyroba_oze	vyroba_oze	0.355121	0.403876	-0.116127	0.130585	0.183457	0.168501	0.061893	-0.232377	-0.703915	-0.254677
podil_oze_spotreba	podil_oze_spotreba	-0.358152	0.419816	0.044862	-0.024178	0.088377	0.218151	0.042600	0.069172	-0.175782	0.774587
spotreba_energie	spotreba_energie	0.445530	0.272250	-0.209191	0.071593	0.013364	0.137205	0.033907	-0.538173	0.570384	0.208268
podil_oze_elektrina	podil_oze_elektrina	-0.172320	0.440285	0.191610	-0.393355	0.026505	-0.269455	0.643994	-0.008454	0.159615	-0.267258
oze_doprava	oze_doprava	-0.099132	0.364308	0.239815	0.703423	0.095131	-0.475925	-0.186619	0.092325	0.142065	-0.077778
podil_oze_vytapeni_chlazení	podil_oze_vytapeni_chlazení	-0.420177	0.272717	-0.066368	-0.034231	0.243567	0.550572	-0.330350	0.042672	0.263339	-0.448047
emise_sklenikovych_plynu	emise_sklenikovych_plynu	0.459774	0.231520	-0.228060	-0.017475	0.007723	0.119789	0.053694	0.799236	0.160847	0.027330
cena_elektriny	cena_elektriny	0.245272	0.244054	0.433270	-0.519958	-0.065678	-0.207033	-0.610305	-0.022069	-0.029673	0.034413
energeticka_zavislost	energeticka_zavislost	0.188192	-0.268059	0.394853	-0.002537	0.834043	0.077661	0.135450	0.034488	0.076171	0.099076
hdp_na_obyvatele	hdp_na_obyvatele	0.155184	-0.023508	0.668182	0.236359	-0.435059	0.489601	0.202030	0.026729	0.026563	-0.042547

Tabulka 14 Komponenty AHK

- I. S komponentou nejvíce korelují: primární spotřeba energie a emise skleníkových plynů. Lze ji interpretovat jako emisní spotřeba energie.
- II. S komponentou nejvíce korelují: podíl OZE ve spotřebě energie a podíl OZE ve spotřebě elektřiny. Lze ji interpretovat jako podíl OZE ve spotřebě energie a elektřiny.
- III. S komponentou nejvíce korelují: cena elektřiny a HDP na obyvatele. Lze ji interpretovat jako cena elektřiny a HDP na obyvatele.
- IV. S komponentou nejvíce korelují: podíl OZE v dopravě a HDP na obyvatele. Lze ji interpretovat jako podíl OZE v dopravě a HDP na obyvatele.
- V. S komponentou nejvíce korelují: podíl OZE ve vytápění, chlazení a energetická závislost. Lze ji interpretovat jako podíl OZE ve vytápění, chlazení a energetická závislost.
- VI. S komponentou nejvíce korelují: podíl OZE ve vytápění, chlazení a HDP na obyvatele. Lze ji interpretovat jako podíl OZE ve vytápění, chlazení a HDP na obyvatele.
- VII. S komponentou nejvíce korelují: podíl OZE ve spotřebě elektřiny a HDP na obyvatele. Lze ji interpretovat jako podíl OZE ve spotřebě elektřiny a HDP na obyvatele.
- VIII. S komponentou nejvíce korelují: emise skleníkových plynů a OZE v dopravě. Lze ji interpretovat jako emisní doprava.

- IX. S komponentou nejvíce korelují: primární spotřeba energie a podíl OZE ve vytápění a chlazení. Lze ji interpretovat jako primární spotřeba energie a podíl OZE ve vytápění a chlazení.
- X. S komponentou nejvíce korelují: podíl OZE ve spotřebě energie a primární spotřeba energie. Lze ji interpretovat jako celková primární spotřeba energie .

#### 4.4 Shluková analýza

Závěrečná etapa této práce je věnována shlukové analýze dat. Účelem této analýzy je nalezení takových shluků států, které se mezi sebou odlišují, ale jejichž členové jsou v jistých parametrech podobní. Tato analýza představuje také souhrnné vyhodnocení všech předchozích analýz, které jsou problematice OZE věnovány.

Pro shlukovou analýzu bylo potřeba opět data standardizovat stejně tak jako u AHK. Dále pak byla provedena samotná procedura CLUSTER v aplikaci SAS, která určí, které ze států EU jsou si podobné a spojí je do jednotlivých shluků. Vybranou

```

proc cluster data=standardized
  outtree=tree method=ward ccc pseudo;
var
  vyroba_oze
  podil_oze_spotreba
  spotreba_energie
  podil_oze_elektrina
  oze_doprava
  podil_oze_vytapeni_chlazení
  emise_sklenikových_plynu
  cena_elektriny
  energeticka_zavislost
  hdp_na_obyvatele;
id staty;
run;

```

Obrázek 32 Příkazové zadání Cluster analýzy (zdroj: vlastní zpracování)

metodou pro tvorbu shluků byla zvolena Wardova metoda, která spojuje shluky způsobem, aby součet přírůstků reziduálního rozptylu byl minimální, čímž minimalizuje ztrátu informace při spojení dvou tříd. Procedura CLUSTER byla použita v následující podobě.

Jeden z prvních výstupů procedury *cluster* je tabulka, která popisuje historii shlukování zkoumaných států. Tabulka je koncipována jednotlivými kroky vytvářených shluků.

Sloupec *Freq* vyjadřuje počet proměnných, ze kterých se skládá vždy výsledný shluk. Pomocí *Semipartial R-Square* je měřen přínos nově vzniklých shluků. *R-Square*

Cluster History										
Number of Clusters	Clusters Joined		Freq	Semipartial R-Square	R-Square	Approximate Expected R-Square	Cubic Clustering Criterion	Pseudo F Statistic	Pseudo t-Squared	Tie
27	Madarsko	Slovensko	2	0.0013	.999	.	.	30.0	.	.
26	Recko	Slovinsko	2	0.0018	.997	.	.	26.0	.	.
25	Spanelsko	Italie	2	0.0026	.994	.	.	21.8	.	.
24	Chorvatsko	Lotyšsko	2	0.0027	.992	.	.	20.4	.	.
23	CL26	Litva	3	0.0028	.989	.	.	19.9	1.6	.
22	Bulharsko	Rumunsko	2	0.0029	.986	.	.	19.9	.	.
21	Ceska republika	CL27	3	0.0029	.983	.	.	20.2	2.2	.
20	Rakousko	Portugalsko	2	0.0036	.979	.	.	20.0	.	.
19	Belgie	Irsko	2	0.0054	.974	.	.	18.7	.	.
18	CL23	Kypr	4	0.0058	.968	.	.	17.9	2.5	.
17	CL22	CL21	5	0.0061	.962	.	.	17.4	2.6	.
16	Francie	Velka Britanie	2	0.0067	.955	.	.	17.1	.	.
15	Estonsko	CL24	3	0.0074	.948	.	.	16.9	2.7	.
14	CL19	Nizozemsko	3	0.0093	.939	.	.	16.5	1.7	.
13	CL18	Malta	5	0.0098	.929	.	.	16.3	2.8	.
12	Dansko	CL20	3	0.0106	.918	.	.	16.4	2.9	.
11	CL25	CL16	4	0.0109	.907	.	.	16.7	2.3	.
10	CL11	Polsko	5	0.0149	.893	.	.	16.6	2.2	.
9	CL17	CL13	10	0.0176	.875	.	.	16.6	4.2	.
8	CL14	Lucembursko	4	0.0184	.857	.	.	17.1	2.5	.
7	CL9	CL15	13	0.0257	.831	.	.	17.2	4.6	.
6	CL12	Finsko	4	0.0341	.797	.	.	17.3	4.8	.
5	CL8	CL6	8	0.0624	.734	.725	0.32	15.9	4.6	.
4	Nemecko	CL10	6	0.0688	.666	.669	-.08	15.9	7.8	.
3	CL5	CL7	21	0.0842	.582	.583	-.03	17.4	6.9	.
2	CL3	Svedsko	22	0.2478	.334	.371	-.70	13.0	15.8	.
1	CL2	CL4	28	0.3337	.000	.000	0.00	.	13.0	.

Tabulka 15 Historie shlukování (zdroj: vlastní zpracování)

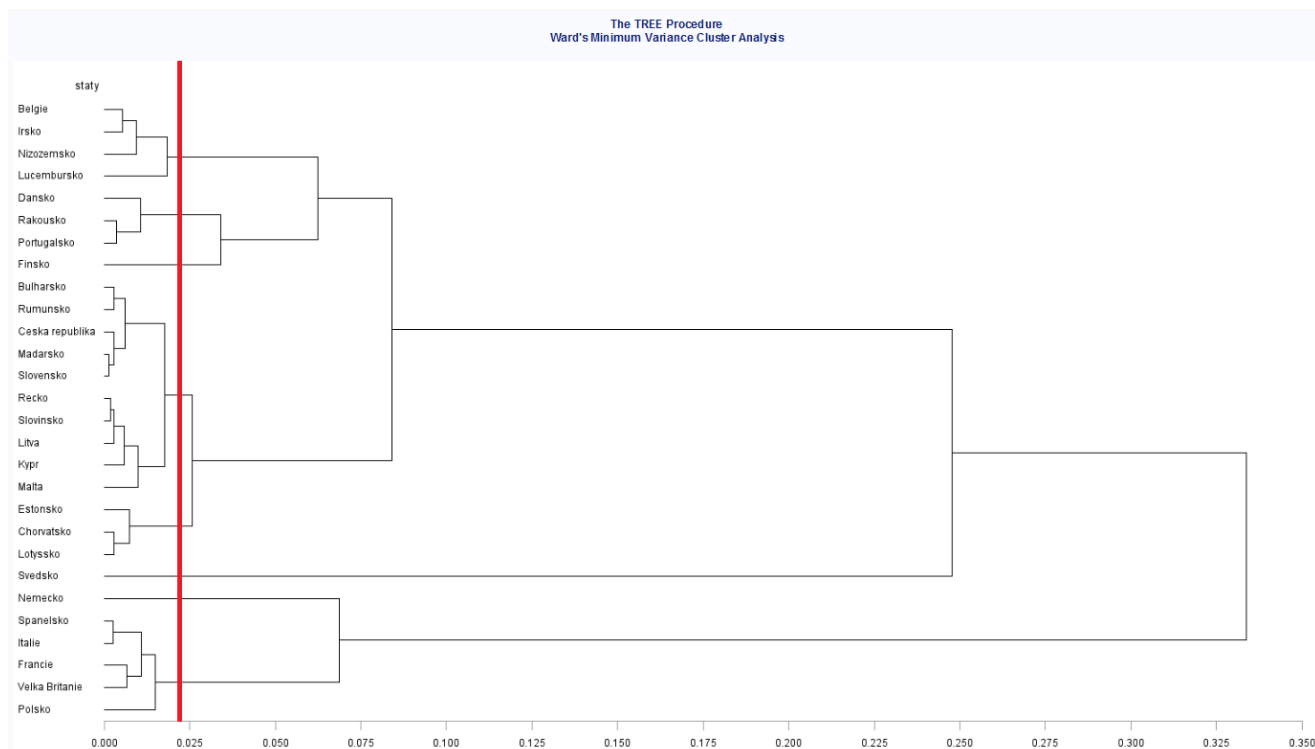
by měl dosahovat nízkou variabilitu ve shluku a vysokou variabilitu mezi shluky, když je hodnota blíží k jedničce, tím více je optimální. Pokles hodnot v *Pseudo F statistic* značí pokles variability mezi shluky. Pokud dochází k velkým propadům hodnoty značí to odlišnost shluků. *Pseudo t-Squared* značí místa ve kterých dochází ke shluku více shluků.

Pro názornou ukázkou shluků je využit dendrogram, který byl vytvořen pomocí následujícího příkazu.

```
proc tree data = tree out=new graphics horizontal;
  ID staty;
run;
```

Obrázek 33 Příkazové zadání dendrogram (zdroj: vlastní zpracování)

Výstupem zadávacího příkazu je dendrogram jednotlivých shlukování. Ukončení shlukování je možno vidět na dendrogramu s vyznačenou červenou kolmicí určující bod, ve které bylo shlukování zastavené. Řez byl proveden tak, aby vzniklo přesně osm shluků, z toho tři tvoří samostatné státy.



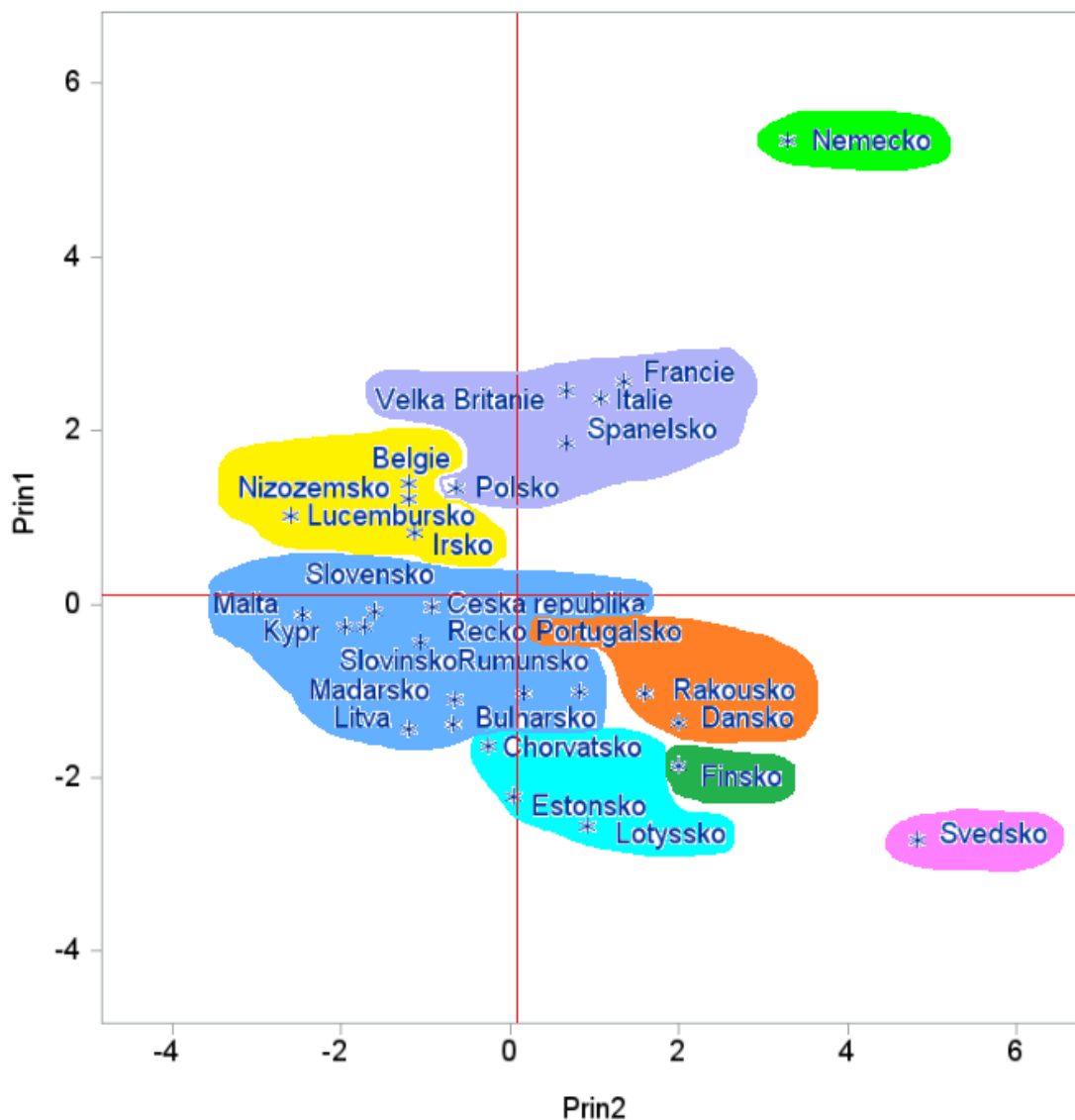
Graf 29 Dendrogram (zdroj: vlastní zpracování)

Pro lepší představivost jsou výsledné shluky zakresleny barevně do grafu 30 na následující stránce. Státy jsou rozříděny podle první a druhé komponenty, vycházející z AHK. Graf je získán za pomoci tohoto příkazu.

```
%PLOTIT (data=print, labelvar=staty, plotvars=prin1 prin2,  
color=black, colors=blue);  
run;
```

Obrázek 34 Příkazové zadání grafu hlavních komponent (zdroj: vlastní zpracování)

## The SAS System



Graf 30 Graf hlavních komponent (zdroj: vlastní zpracování)

## 5 Výsledky

Ve shlukové analýze, ve které na základě statistických dat z jednotlivých ukazatelů, byly státy EU roztrženy do shluků. Ze shlukové analýzy byly dosaženy následující výsledky.

Německo, jakožto samostatný (světle zelený) shluk, se velmi liší od ostatních států svou vlastní výrobou z OZE, s kterou patří největší v Evropě. Tato výroba rovněž značí, že Německo muselo vynaložit obrovské množství investic, které si však vyžádaly, že patří mezi



země s nejdražší cenou elektřiny. Využívání výroby OZE ve vlastní spotřebě energie představuje pro Německo jen malou část, konkrétně 16,7 %. Průmyslová část Německa je napájena především z dalších zdrojů výroby energie a to fosilními palivy, (od kterých už ale odstupuje), zemním plynem a jadernou energií. Tento ohromný průmysl si vyžádal nejenom nejvyšší spotřebu energie v EU, ale také to, že Německo je největší znečišťovatel emisemi skleníkových plynů. Německo je navíc také závislé na dovozu energie (63,4 %) a tato závislost bude ještě umocněna plynovodem *Nord Stream 2* vedeným přes Baltské moře z Ruska. V ekonomické oblasti patří samozřejmě Německo mezi přední vyspělé státy EU s objemovým indexem HDP na obyvatele 123.

Další, samostatný (tmavě růžový) shluk tvoří Švédsko, které patří mezi země s vysokou výrobou z OZE (4. místo v EU). S vysokým náskokem drží i prvenství v konečné spotřebě energie z této výroby. Rovněž vykazuje nejvyšší podíl využitelnosti energie z OZE v dopravě, ve vytápění a chlazení. V hrubé spotřebě elektřiny je na 2. místě, hned za Rakouskem. Oproti Německu je ve Švédsku i nižší cena elektřiny (5,02 Kč/kWh), která se pohybuje lehce nad průměrem EU. Celková primární spotřeba energie Švédska (8. místo v EU) poukazuje na průmyslově rozvinutý stát ovšem s tím, že není tak velkým znečišťovatelem jako Německo. Švédsko patří spíše naopak mezi země s nižší produkcí emisí skleníkových plynů při výrobě energie (18. místo v EU). Mezi další zdroje výroby energie používá zejména jadernou energii (3. místo v EU) a v malém měřítku i fosilní paliva (16. místo v EU). Velkou výhodou oproti ostatním státům má v energetické nezávislosti, až 70 % pokryje Švédsko vlastní výrobou svoji spotřebu energie. Švédsko nepochybně patří mezi bohaté země v EU (7. místo v ukazateli HDP na obyvatele s hodnotou 120).

Samostatný (tmavě zelený) shluk tvoří také Finsko. Svoji výrobou z OZE patří ke státům s vyšší produkcí této energie (7. místo v EU). Vysoký podíl využitelnosti OZE vykazuje Finsko ve spotřebě energie (2. místo v EU), konkrétně ve spotřebě v dopravě (2. místo v EU) a spotřebě ve vytápění a chlazení (3. místo v EU). Celková primární spotřeba energie u Finska není až tak velká (11. místo v EU) jako u předešlých shluků, před ním je i ČR. Produkce emisí skleníkových plynů řadí Finsko na 15. místo v EU, patří mezi „čistší“ země. Dalšími zdroji jsou pro Finsko jaderná energie (7. místo v EU) a fosilní paliva (9. místo v EU). Finsko mezi jednočlennými shluky zaznamenalo nejlevnější cenu elektřiny (4,28 Kč/kWh). V rámci Evropské unie se rovněž řadí mezi země s levnější elektřinou. Nezávislost na dovozu energie je ve Finsku také velmi dobrá, téměř 55,12 % pokryje vlastní

výrobou spotřebu. Finsko se rovněž řadí mezi bohaté státy, podle HDP na obyvatele mu patří 9. místo.

Třetí (oranžový) shluk tvoří státy Portugalsko, Rakousko a Dánsko, které vykazují největší podobnost v podílu využitelnosti OZE na spotřebu energie. Tyto státy používají v nadpoloviční většině obnovitelné zdroje k přeměně na elektrický proud určený k následné spotřebě. Důkazem je ukazatel podílu OZE na hrubé spotřebě elektřiny, kde státy více než 50 % používají OZE na elektřinu. Rakousko v tomto dokonce drží prvenství v EU a to podílem 74,2 %. Vysoký podíl zaznamenaly státy také ve využití OZE v oblasti vytápění, chlazení a dopravě. Ve výrobě energie z OZE každý stát přispívá dílem 6354,5 TOE za Portugalsko, 9813,75 TOE za Rakousko a 3995,8 TOE za Dánsko. Míra znečištění emisemi skleníkových plynů se u států se pohybuje od horní hranice 54693,4 t pro Rakousko až po dolní hranici 33718,6 t pro Dánsko, nepatří mezi hlavní znečišťovatele ovzduší v EU. Mezi další zdroje výroby energie využívá Portugalsko jen velmi z malé části fosilní paliva, ale především je velmi energeticky závislé na dovozu, v EU je na 6. místě s podílem 75,62 %. Rakousko využívá v malé míře fosilní paliva, zemní plyn a ropu. U Dánska jsou ale zdroje zemního plynu a ropy zásadní, dokazuje to svojí výrobou energie z těchto zdrojů a současně je z těchto tří států nejméně energeticky závislé, a to podílem 22,85 %. Nicméně Dánsko má naproti tomu nejdražší elektřinu (8,09 Kč/kWh) z celé EU. Rakousko a Portugalsko jsou v cenové hladině 5-6 Kč/kWh. U Rakouska je ovšem také problém s jeho vysokou mírou energetické závislosti, která dosahuje 64,23 %. Dánsko a Rakousko patří mezi bohatší státy EU podle HDP na obyvatele, Portugalsko se nachází podprůměrem v tomto ukazateli.

Čtvrtý (azurový) shluk je tvořen Chorvatskem, Estonskem a Lotyšskem. Pro tyto tři státy nejsou OZE tak velkou prioritou jako u jiných států. Jejich celková výroba z obnovitelných zdrojů se pohybuje podprůměrem v Evropě. Nicméně to, co již vyrobí, použijí ve větší míře pro vlastní spotřebu, u Lotyšska je to až 40 %. V Chorvatsku a Lotyšsku slouží OZE primárně pro spotřebu elektřiny a v Estonsku pro vytápění a chlazení. V EU patří mezi menší znečišťovatele ovzduší z pohledu vyprodukovaných emisí. Dalšími důležitými energetickými zdroji jsou pro tyto země: fosilní paliva (5. místo v EU) pro Estonsko, zemní plyn pro (10. místo v EU) Chorvatsko a Lotyšsko ve velmi malé míře využívá fosilní paliva. Patří mezi země s levnější elektřinou pro domácnosti, každý je pod hranicí čtyř korun za kWh. Estonsko jako jediné v EU se pyšní téměř žádnou energetickou závislostí na dovozu energie, v 98,99 % pokryje svou vlastní spotřebu. Pro Chorvatsko a Lotyšsko je závislost

na energetickém dovozu podstatně větší, u Chorvatska je to až přes 50 %. V ukazateli HDP na obyvatele se nacházejí podprůměrem v EU.

Pátý (žlutý) shluk je sestaven ze států Belgie, Nizozemsko, Lucembursko a Irsko. Společný význam vykazují spíše k celkovému nevyužití OZE jako zdroje energie. Nepřikládají OZE nějaký větší význam. Je to obdobné jako u azurové shluku, s tím rozdílem, že státy v tomto shluku se naopak v maximální míře snaží spotřebovat vyrobenou energii z OZE. Tato skupina států spoléhá více na svoje finanční a přírodní zdroje v oblasti energetiky. Lucembursko, jakožto nejbohatší stát v EU podle objemového indexu HDP na obyvatele, je téměř kompletně závislé na dovozu energie (95,1 %), následován Belgií se závislostí 82,3 % a Irskem 67,7 %. Nizozemsko zaznamenalo nejnižší energetickou závislost z těchto čtyř států s hodnotou 59,6 % především proto, že na jeho území jsou velká ložiska zemního plynu, který následně využívá k výrobě energie (2. místo v EU). Dalšími využívanými zdroji je jaderná energetika v Belgii a v malé míře fosilní paliva v Irsku. Cena elektřiny tyto země rozděluje na dvě skupiny. V Belgii a Irsku přesahuje cena za kWh pro domácnosti šestikorunovou hranici, dokonce u Belgie je to až 7,5 Kč/kWh. Naproti tomu v Lucembursku a Nizozemsku je cena daleko nižší, přibližně 4,4 Kč/kWh u obou. Podle indexu HDP na obyvatele jsou tyto země nadprůměrně bohaté.

Šestáým shlukem je skupina států: Velká Británie, Francie, Itálie, Španělsko, a Polsko. Tyto země spojuje především vysoká spotřeba celkové energie (dána územím, počtem obyvatel, vyspělou industrializací) a počet vyprodukovaných skleníkových plynů. Největším producentem energie z OZE v rámci tohoto shluku je Francie (2. místo v EU), naopak nejmenší podíl zaznamenalo Polsko (9. místo v EU). Celková využitelnost energie z OZE je ale na konečné spotřebě velmi nízká u těchto států. Je to podobné jako u Německa. Zajímavou vlastností u této skupiny je, že každý stát disponuje jedním primárním zdrojem nebo kombinací zdrojů k výrobě energie. V rámci EU Polsko drží prvenství ve výrobě energie fosilními palivy, Velká Británie v zemním plynu a ropě, ve Francii a Španělsku převládá jaderná energetika a Itálie využívá kombinaci ropy a zemního plynu. Naopak co je velmi odlišuje mezi sebou jsou ekonomické ukazatele. Nejdražší elektřina a vysoká míra závislosti je ve Španělsku a v Itálii. V opačném pojetí je toto u zbývajících zemí, tedy ve Francii, Velké Británii a Polsku. V ukazateli HDP na obyvatele se blízko průměrné hodnoty pohybují Velká Británie, Francie a Itálie. Lehce podprůměrem se nachází Španělsko a silněji pak poslední Polsko.

Posledním a současně nejpočetnějším (tmavě modrým) shlukem jsou státy: Malta, Kypr, Slovensko, Slovinsko, Maďarsko, Litva, Česká republika, Řecko, Rumunsko a Bulharsko. Jsou to malé až střední státy, které vykazují vůči daleko větším zemím nižší celkovou primární spotřebu energie danou svými potřebami, územím, průmyslem a počtem obyvatel. V tomto shluku jsou patrné i větší rozdíly mezi samotnými státy vzhledem k vyšší variabilitě dat. Největší producent energie z OZE je v tomto shluku Rumunsko (11. místo v EU), naopak nejmenší výrobu zaznamenala Malta (28. místo v EU). ČR je v tomto ukazateli umístěna na 13. pozici v EU. Většina zemí je z hlediska využitelnosti OZE na průměru v EU. Čtvrtinový podíl využití energie z OZE ve své spotřebě zaznamenaly státy ČR, Bulharsko, Slovinsko, Rumunsko a v Litvě dokonce až 24 % podíl. Konkrétní využití OZE se ale v jednotlivých státech se liší. Například největší podíl OZE ve spotřebě elektřiny má Rumunsko (42 %), Bulharsko zase ve využití OZE v dopravě (8,1 %) anebo Litva používá OZE ze 46 % na vytápění a chlazení. Tento způsob využití obnovitelné energie upřednostňuje také ČR. Nejméně vyprodukovaných emisí má, v rámci tohoto shluku i v EU, Malta a Kypr. Tyto ostrovní země vzhledem ke svým polohám a územím, staví svoji energetiku na dovozu, který představuje až 90 % závislost. Naopak nejvyšší počet vyprodukovaných emisí je zachyceno u ČR, která ale na druhé straně patří mezi země s nízkou energetickou závislostí (36,8 %) díky vlastní energetice zahrnující jadernou a uhelnou produkci. Ostatní státy do jisté míry používají k výrobě fosilní paliva kromě Malty, která neznamena žádnou výrobu. Rumunsko a Bulharsko využívají ještě navíc kombinaci zdrojů: zemní plyn, ropa a jaderná energie. Cena elektřiny pro domácnosti je v těchto zemích poměrně levná až na výjimky. Nejdražší elektřinu má Kypr, zbytek států se pohybuje v cenové hladině od 3,4 Kč/kWh pro Maltu až po 4,3 Kč/kWh pro Řecko. Pod tři koruny za kWh se dostalo Maďarsko, Litva a Bulharsko, které v rámci celé EU zaznamenalo nejlevnější elektřinu. Energetická závislost států je v tomto shluku dost rozptýlena. Od 24,29 % pro Rumunsko až 97,57 % pro Maltu. Většina států ale musí podstatnou část energie dovážet. Objemový index HDP na obyvatele je v těchto zemích spíše podprůměrný, nejvyšší hodnota 99 patří Maltě, nejmenší pak 51 patří Bulharsku. ČR s indexem 92 zaznamenalo druhé nejvyšší číslo hned po Maltě.

## 6 Diskuse

Pro diskusi výsledků je vždy nejprve uvedeno konstatování samotné studie a poté je zhodnoceno pomocí odrážky vlastními výsledky.

### 6.1 Bioresources vs vlastní výsledky

V porovnání výsledků z *Bioresources* (Parobek, a další, 2016) spolu vlastními jsou vidět jisté rozdíly. Ve studii *Bioresources* byly zahrnuty i ukazatelé vztahující se na využitelnost biomasy a obnovitelného odpadu (štěpka, lesní kůra apod.), které v konečných výsledcích studie měly zásadní vliv. Studie ve shlukové analýze prokázala, že existuje devět hlavních identifikovatelných shluků, které jsou znázorněny v následující tabulce.

Cluster	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Country	Austria (AT)	Hungary (HU)	Greece (GR)	Bulgaria (BG)	Cyprus (CY)	Germany (DE)	Netherlands (NL)	France (FR)	Italy (IT)
	Portugal (PT)	Belgium (BE)	Romania (RO)	Lithuania (LI)	Estonia (EE)		Poland (PL)		Spain (ES)
	Sweden (SE)			Czech Rep. (CZ)	Latvia (LT)		United Kingdom (UK)		
	Finland (FI)			Denmark (D)	Slovenia (SI)				
				Ireland (IE)	Luxembourg (LU)				
				Slovakia (SK)	Malta (MT)				

Tabulka 16 Výsledná tabulka shluků (zdroj: *Bioresources*)

Samostatnými shluky číslo 6 a 8 v *Bioresources* vyšlo Německo a Francie. Autoři (Parobek, a další, 2016) k těmto výsledkům dodávají: „Německo je lídrem v oblasti výroby primární energie z biomasy, ale zároveň samotná využitelnost OZE je podprůměrná. Kromě toho je tato země jedním z největších spotřebitelů dřeva. Německo a Francie (shluk 8) jsou lídry v produkci dřeva s vysokou energetickou závislostí, průměrným lesním porostem a relativně nízkou úrovní emisí skleníkových plynů ve srovnání s jinými průměry shluků. Tyto dva klastry zaujímají první dvě pozice v pořadí průměrů klastrů pro výrobu primární energie z biomasy, kde Francie zaujímá druhé místo s téměř 37% nižší produkcí primární energie z biomasy ve srovnání s Německem.“

- Výsledky vlastní práce skutečně potvrzují nízké využití obnovitelné energie v konečné spotřebě u Německa a stejně tak i u Francie. Německo se ale především ve shlukové analýze odlišuje svou nadprůměrnou výrobou z OZE nad ostatními. Je v tomto odvětví lídrem, podobně jako konstatuje *Bioresources* v primární produkci z biomasy. Vyšší energetická závislost je zaznamenána u Německa (63,44 %). Francie svou výrobou energie v nadpoloviční většině pokryje konečnou spotřebu, především díky ohromné produkci jaderných elektráren, ve které je v Evropě ojedinělá. Vyprodukované emise skleníkových plynů dle vlastních výsledků řadí naopak Francii a Německo mezi hlavní znečišťovatele EU. S tímto hodnocením je s *Bioresources* nalezen nesoulad. Oblast míry lesního porostu a produkci dřeva nebyla ve vlastní práci zkoumána, a tudíž nemůže být relevantně posouzena.

Shluk číslo 1 *Bioresources* označil 4 státy (Rakousko, Portugalsko, Švédsko a Finsko), které patří mezi lídry ve využitelnosti obnovitelné energie a průměrné produkci primární energie z biomasy. „Shluk je výrazně pod průměrem EU, pokud jde o míru zaměstnanosti a energetickou závislost. Na druhou stranu tento klastr přidělil téměř největší procento HDP (v průměru 2,82 %) jako výdaje na výzkum a vývoj (tabulka 3).“

- Vlastní výsledky skutečně prokázaly vysoký podíl OZE v konečné spotřebě u těchto států. Závislost na dovozu energie je však v tomto shluku poměrně rozptýlena. Švédsko a Finsko většinu konečné spotřeby pokryjí vlastní výrobou, Švédsko až dokonce ze 70 %. Opakem je Rakousko a Portugalsko, které většinu energie musí dovážet. Rovněž byl potvrzen vysoký objemový index HDP na obyvatele u těchto zemí kromě Portugalska. Míra zaměstnanosti nebyla zkoumána ve vlastní práci.

U shluku číslo 2 *Bioresources* konstatuje, „že Maďarsko a Belgie jsou výrazně pod průměrem ve využívání OZE a ve výrobě primární energie z biomasy významně nevynikají v žádné ze zkoumaných oblastí. Jsou vysoce energeticky závislé s nízkým stupněm zalesnění.“

- Toto konstatování je potvrzeno jen z části, dle vlastních výsledků. Je pravdou, že tyto státy jsou pod průměrem ve využitelnosti OZE, ale co se týče vysoké míry energetické závislosti, tak to tvrzení lze konstatovat pouze u Belgie. Bulharsko na základě dosažených výsledků rozhodně patří ke státům s nižší mírou energetické závislosti. Stupeň zalesnění nebyl ve vlastní práci zkoumán.

Shluk číslo 3 dle *Bioresources* tvoří dva státy (Řecko a Rumunsko), které jsou mírně nad průměrem ve využitelnosti OZE a pod průměrem ve výrobě primární energie z biomasy. Patří mezi země s levnou elektřinou.

- Tyto státy vyšly ve vlastní analýze obdobně ve stejném shluku. S konstatováním *Bioresources* lze téměř souhlasit. Tyto země využívají průměrně OZE ve své konečné spotřebě energie. Rozhodně patří mezi země s levnější elektřinou. Výroba primární energie z biomasy nebyla u tohoto shluku zkoumána.

Shluk číslo 4 je tvořen šesti státy (Bulharsko, Litva, ČR, Dánsko, Irsko a Slovensko), které zaznamenaly průměrný podíl na využívání obnovitelných zdrojů energie a výrazně podprůměrnou produkci primární energie z biomasy. „Tento shluk má nejnižší hladinu skleníkových plynů při relativně vysokém růstu HDP z pohledu průměrů shluků především z důvodu vývoje v Litvě.“

- Z této šestice států vyšly rovněž ve vlastní analýze čtyři státy (ČR, Litva, Bulharsko a Slovensko) v jednom shluku. Dosažené výsledky potvrzují, že tyto státy se pohybují kolem průměrné hodnoty podílu využitelnosti OZE. Zbývající země Irsko a Dánsko, které nevyšly ve stejném shluku jako v *Bioresources*, se mezi sebou významně liší. Irsko je hluboce podprůměrné ve využití OZE a Dánsko naopak, patří mezi lídry. Výše vyprodukovaných skleníkových plynů je u této skupiny států také velmi rozdílná. Rozhodně však tyto státy nepatří k hlavním producentům emisí v EU. Vysoký index HDP na obyvatele byl zaznamenán pouze u Irska a Dánska, proto také jsou tyto státy ve vlastní analýze v jiném shluku. Zbytek států je spíše podprůměrný. S tímto s *Bioresources* panuje poněkud nesoulad.

Shluk číslo 5 je postaven ze šesti států (Kypr, Estonsko, Lotyšsko, Slovinsko, Lucembursko a Malta), ve kterém *Bioresources* konstatuje: „Shluk 5 je jedním z nejpočetnějších shluků vykazující nadprůměrný podíl na využívání obnovitelné energie; země však produkují nejmenší množství primární energie z obnovitelných zdrojů. Tento klastr je charakterizován nejnižší produkcí dřeva z pohledu klastrového průměru.“

- V tomto shluku je nalezena shoda u Estonska a Lotyšska, které skutečně vykazují vysoce nadprůměrný podíl OZE na hrubé konečné spotřebě, ale zároveň zaznamenaly jedny z nejmenších produkcí energie z tohoto typu v EU.

U zbývajících států panuje s *Bioresources* nesoulad s nadprůměrným podílem využití OZE ve spotřebě, právě naopak mají podprůměrné hodnoty kromě

Slovinska, které je zhruba na průměru v EU. Lze potvrdit konstatování *Bioresources*, že všechny tyto země vykazují velmi nízkou produkci energie z OZE. Charakteristika nejnižší produkce dřeva nebyla ve vlastní práci zkoumána.

Shluk číslo 6 a 8 z *Bioresources* je již na začátku rozebrán.

Shluk číslo 7 je sestaven ze třech států (Nizozemsko, Polsko, UK), pro které je „charakteristická nižší produkce primární energie z obnovitelných zdrojů a nejnižší podíl využití obnovitelných zdrojů. Tento shluk má také nejnižší klastrový průměr lesního porostu a rovněž nejnižší energetickou závislost ve srovnání s jinými klastry.“

- Ve vlastní shlukové analýze je rovněž spojeno Polsko s Velkou Británií s výjimkou Nizozemska. Dle dosažených výsledků nelze souhlasit, že pro Polsko a Velkou Británii je charakteristická nižší produkce z OZE, právě naopak tyto státy patří k zemím s vyšší výrobou, umožněnou také svou polohou a územím. Nizozemsko vykazuje průměrnou výrobu z OZE. S čím však panuje naprostý souhlas s *Bioresources*, je velmi nízká využitelnost OZE ve vlastní spotřebě energie u těchto zemí. Rovněž nižší energetická závislost je potvrzena u Velké Británie a Polska. Nizozemsko je poměrně více závislé na dovozu energie. Lesní porost u těchto států nebyl ve vlastní analýze zkoumán.

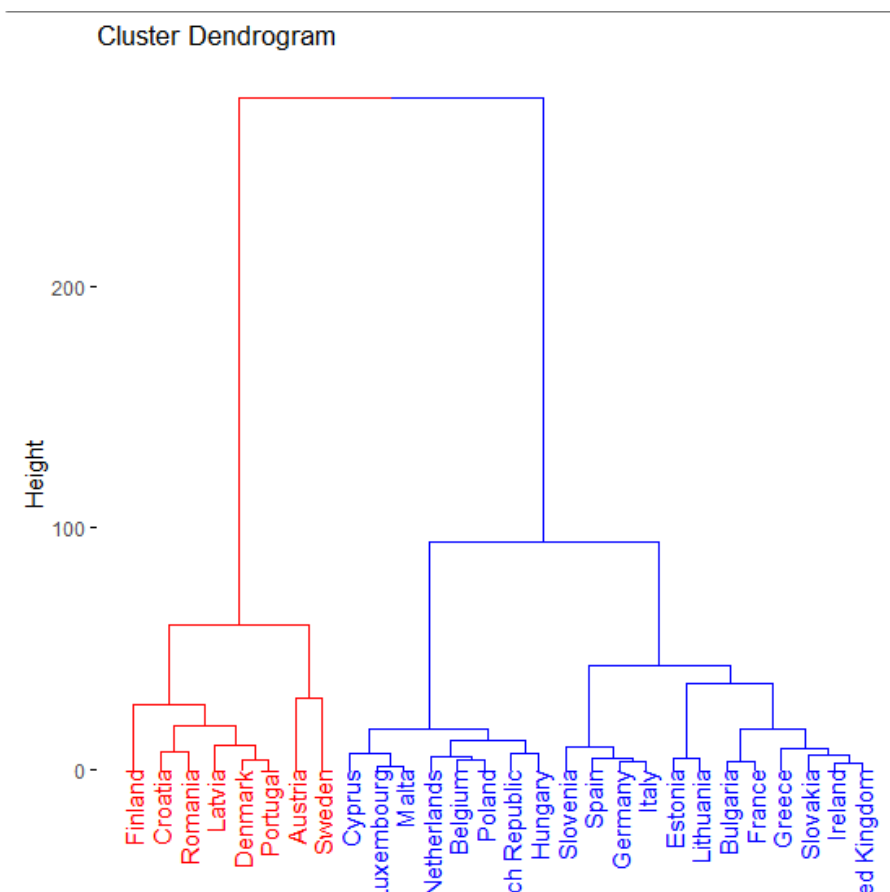
Poslední shluk číslo 9 je tvořen státy Itálií a Španělskem. „Tento shluk je charakteristický podprůměrným využitím obnovitelné energie s nadprůměrnou produkcí primární energie z obnovitelných zdrojů. Z hlediska monitorování těchto dvou charakteristik vykazují tyto země nejvyváženější hodnoty, zatímco využití energie z obnovitelných zdrojů je mírně pod průměrem.“

- Ve vlastní shlukové analýze jsou tyto státy rovněž v jedné skupině shluku. S konstatováním *Bioresources* lze plně souhlasit a podobné tvrzení je uvedeno v dosažených výsledcích této práce.



## 6.2 MARINOIU CRISTIAN vs vlastní výsledky

Výsledky studie autora (MARINOIU, 2018) ukázaly dva existující shluky v rámci celé EU. Vybrané ukazatelé autora (podíl OZE ve spotřebě energie, elektřiny a dopravě) jsou zahrnuty v analytické části této práce. Graf níže znázorňuje finální dendrogram autora Marinoiu.



Graf 31 Dendrogram studie (zdroj: MARINOIU CRISTIAN)

Z hlediska využitelnosti OZE došel (MARINOIU, 2018) k následujícím závěrům. Červený shluk číslo 1 obsahuje 8 států, které vykazují vyšší průměrný příspěvek obnovitelné energie na celkové spotřebované energii oproti druhému (modrému) shluku. Na druhé straně modrý shluk je více homogenní.

- U států v červeném shluku je rovněž zaznamenáno nadprůměrné využití OZE ve vlastní spotřebě, s tímto je nalezena shoda s autorem.

„Rovněž po provedené statistické analýze bylo zjištěno, že ukazatel I1- „Podíl OZE na hrubé konečné spotřebě“ a ukazatel I3- „Podíl OZE na elektřině“ představují statisticky významné rozdíly na úrovni spočtených shluků, zatímco ukazatel I2 - „Podíl OZE v dopravě“ nikoliv.“ (MARINOIU, 2018)

- Na základě AHK je také zaznamenána větší významnost ukazatelů L1 a L3, které rozptýl vysvětlovaly vyšší mírou než ukazatel L2.

### 6.3 Energies vs vlastní výsledky

Výsledky shlukové analýzy ve studii autorů (Simionescu, Strielkowski, & Tvaronavičienė, 2020) jsou za dvě časové období, tj. 2007 a 2017. Pro diskusi s vlastními výsledky jsou vybrány především shlukové analýzy za rok 2017, které obsahují aktuálnější data. Všechny ukazatelé ve studii, tj. podíl OZE v elektřině a HDP na obyvatele, jsou zahrnuti rovněž v této práci. Níže jsou výsledky studie *Energies*.

*Energies* 2020, 13, 2280

9 of 18

**Table 3.** Countries clusters according to the share of RES in the final consumption in the EU-28 in 2007 (k-means method).

Clusters according to Share of Renewable Energy in Electricity in 2007		Clusters according to Share of Renewable Energy in Electricity and GDP per Capita in 2007		
Cluster 1	Cluster 2	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
Austria, Finland, Portugal, Croatia, Latvia, Sweden	Bulgaria, Belgium, Cyprus, Denmark, Estonia, Greece, Hungary, France, Germany, Ireland, Italy, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Poland, Romania, Slovakia, Slovenia, Spain, UK	Austria, Belgium, Cyprus, Denmark, Finland, France, Germany, Netherlands, Italy, UK, Sweden, Ireland, Spain	Luxembourg	Bulgaria, Croatia, Czech Republic, Estonia, Greece, Hungary, Latvia, Lithuania, Malta, Poland, Portugal, Slovakia, Slovenia, Romania

Own results.

**Table 4.** Clusters of countries according to the share of renewable energy in the final consumption in the EU-28 in 2017 (k-means method).

Clusters according to Share of Renewable Energy in Electricity in 2017		Clusters according to Share of Renewable Energy in Electricity and GDP per Capita in 2017		
Cluster 1	Cluster 2	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
Austria, Denmark, Estonia, Portugal, Romania, Croatia, Latvia, Sweden, Lithuania	Bulgaria, Belgium, Cyprus, Estonia, Finland, Greece, Hungary, France, Germany, Ireland, Italy, Luxembourg, Malta, Netherlands, Poland, Slovakia, Slovenia, Spain, UK	Austria, Belgium, Denmark, Finland, France, Germany, Netherlands, UK, Sweden, Ireland	Luxembourg.	Bulgaria, Croatia, Czech Republic, Estonia, Greece, Hungary, Latvia, Lithuania, Malta, Poland, Portugal, Slovakia, Slovenia, Romania, Cyprus, Italy, Spain

Own results.

*Tabulka 17 Výsledná tabulka shluků (zdroj: Energies)*

Podle ukazatele podílu OZE ve spotřebě elektřiny za rok 2017 vyšly autorům (Simionescu, Strielkowski, & Tvaronavičienė, 2020) dva shluky. První skupinou jsou státy vykazující vyšší podíl OZE ve spotřebě elektřiny v porovnání s druhou skupinou. S přidáním druhého ukazatelé, tj. HDP na obyvatele, byly vytvořeny celkově tři shluky.

- V první shlukové analýze studie *Energies* (Table 4., levá strana) dle ukazatele podílu OZE ve spotřebě elektřiny je soulad s vlastními výsledky až na výjimky. U prvního shluku v *Energies* nelze souhlasit, že vyšší podíl OZE v elektřině má také Litva a Estonsko. Vlastní analýza potvrdila, že jsou v této oblasti spíše podprůměrné. Rozhodně větší podíl vykazuje např. Finsko, Německo nebo Španělsko určené ve druhém shluku studie *Energies*.

Ve druhé shlukové analýze studie *Energies* (Table 4., pravá strana) v kombinaci ukazatelů HDP na obyvatele a podílu OZE v elektřině je výstup studie ve shodě s vlastními výsledky. Bohatší státy jsou umístěny v prvním shluku s vyšším

průměrným podílem využitelnosti OZE oproti třetímu shluku. Shluk 3 je z hlediska HDP na obyvatele slabší. Výjimkou je Lucembursko, které tvoří jediný shluk. Ve vlastní analýze v rámci celé EU zaznamenalo Lucembursko nejvyšší hodnotu HDP na obyvatele, ale z hlediska využitelnosti OZE na elektřinu je silně podprůměrné. Výsledky této práce dokazují, že svoji energetiku staví na něčem jiném.

## 7 Závěr

V rámci diplomové práce, pod katedrou statistiky, je provedena statistická analýza rozvoje obnovitelné energie. Cílem je zhodnocení využití OZE v Evropské unii.

Naplnění cíle probíhá ve čtyřech etapách. Nejprve je provedena jednoduchá průzkumová analýza vybraných ukazatelů, které odhalují jednotlivé rozdíly mezi státy v oblasti obnovitelných zdrojů.

Druhá etapa zahrnuje časové řady pro určité ukazatele, které řeší samotnou produkci energie z OZE a případné důsledky na energetiku Evropské unie. V časové řadě primární výroby z OZE se předpokládá další růst v nadcházejících letech, stejně tak i u ceny elektřiny, která bude zdražovat, jak z důvodu emisních povolenek pro uhelné nebo tepelné elektrárny, tak i kvůli rostoucímu importu energie do Evropské unie. Pro časovou řadu celková výroba v EU se predikuje další snižování výrobních kapacit, což může vést k tomu, že v Evropě bude v budoucnu hrozit nedostatek potřebné energie.

Třetí etapa se zabývá analýzou hlavních komponent. V AHK byla zjištěna v korelační matici síla závislosti jednotlivých ukazatelů a následný vliv proměnných v jednotlivých komponentách. Pro snížení vysoké variability dat jsou odstraněny pro shlukovou analýzu čtyři ukazatelé, které vykazují extrémní rozptýlenost dat přesahující 200 %. Vztah jednotlivých komponent k celkovému rozptylu se tedy daří vysvětlit prvními čtyřmi komponenty na hodnotu 87,36 %.

Závěrečná fáze je věnovaná shlukové analýze dat. Základem jsou získané shluky států, které se navzájem od sebe odlišují, ale uvnitř shluku jsou státy provázány určitými podobnostmi. Výsledky shlukové analýzy jsou shrnuty v následujících bodech:

Největší rozmach obnovitelných zdrojů je zaznamenán v Německu. Svou ohromnou produkcí energie z OZE předčí všechny ostatní státy v EU. Důležitými producenty primární energie z OZE je také Francie a země ležící na severu a jihu Evropy. Jsou to především státy Švédsko, Finsko, Itálie a Španělsko. Analýza ukazuje, že většina těchto hlavních producentů

má také nadprůměrné hodnoty v ekonomické oblasti, zejména v HDP na obyvatele. Naopak nejnižší hodnoty využitelnosti obnovitelné energie mezi ekonomicky vyspělými státy zaznamenává Belgie, Nizozemsko, Lucembursko a Irsko.

Většina malých až středních zemí včetně ČR podle výsledků shlukové analýzy tvoří významnou část produkce z obnovitelných zdrojů. Tyto země dle svých možností využívají OZE jen jako další prostředek pro výrobu energie, který patří do řady mnoha způsobů, jakým řeší svůj energetický průmysl. Výjimku tvoří Chorvatsko, Estonsko a Lotyšsko, které navzdory tomu, že nejsou hlavními producenty obnovitelné energie a nepatří mezi nadprůměrně bohaté státy dle indexu HDP, vykazují velký podíl využitelnosti OZE ve vlastní spotřebě. Další skupina států podle výsledků ve shlukové analýze, která vysokým způsobem spotřebovává obnovitelnou energii je Portugalsko, Rakousko a Dánsko. Opět tyto země kromě Portugalska patří k ekonomicky vyspělým.

Závěrem lze konstatovat, že v Evropě dochází k postupné revoluci energetického průmyslu, který byl v minulosti nastaven především na spalování tuhých paliv. Tento způsob získávání energie je z hlediska budoucích prognóz dlouhodobě neudržitelný, zejména z důvodu vyčerpání těchto zdrojů. Obnovitelná energie není novým poznáním, tuto přírodní sílu znali již naši předkové. Novým poznáním je však uvědomění, že z dlouhodobého hlediska představují obnovitelné zdroje nevyčerpatelnou energii, která tu s námi bude napořád.

## 8 Seznam použitých zdrojů

### Knižní zdroje:

1. Balák, R. (1989). *Nové zdroje energie*. Praha: SNTL - nakladatelství technické literatury.
2. Karamanolis, S. (1996). *Sluneční energie*. Praha: Sdružení MAC, s.r.o.
3. Smil, V. (2006). *Energie*. (P. Kaas, Překl.)
4. Meloun, M., & Militký, J. (1994). *Statistické zpracování experimentálních dat*. Praha: Plus.
5. Studeník, J., & Svitavský, M. (2014). *Energie větru, vody, biomasy*. eJMškoly.
6. Svatošová, L., & Kába, B. (2008). *Statistické metody II*. Praha: ČZU.
7. Svatošová, L., & Kába, B. (2012). *Statistické nástroje ekonomického výzkumu*. Plzeň: Aleš Čeněk s.r.o.
8. Grady, C. (2016). *Hydropower*. Enslow Publishing, LLC.
9. Grady, C. (2016). *Wind Energy*. Enslow Publishing LLC.
10. Dušek, J., & Kostka, P. (2020). *Zázrak jménem voda*. Albatros Media a.s.
11. Matuška, T. (2013). *Solární zařízení v příkladech*. Grada Publishing a.s.
12. Shurong, W., & Zhongyang, L. (2016). *Pyrolysis of Biomass*. De Gruyter, Inc.
13. Moldan, B. (2018). *Civilizace na planetě Zemi*. Praha: Charles University in Prague, Karolinum Press.
14. Corke, T., & Nelson, R. (2018). *Wind Energy Design*. Taylor & Francis Group.
15. Quaschnig, V. (2010). *Obnovitelné zdroje energie*. (V. Bartoš, Překl.) Havlíčkův Brod: Grada Publishing a.s.

### Elektronické zdroje:

1. Boháčková, I., Hrabánková, M., & Svatošová, L. . *Role zemědělství rozvoji venkovských regionů*. Získáno 15. leden 2021, z Role zemědělství rozvoji venkovských regionů: [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwi13qDA\\_5XuAhXS26QKHagAAikQFjADegQIARAC&url=http%3A%2F%2Fwww.agris.cz%2Fclanek%2F126934&usq=AOvVaw2b8fIwEOqGTiMtA2lzg4Uz](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwi13qDA_5XuAhXS26QKHagAAikQFjADegQIARAC&url=http%3A%2F%2Fwww.agris.cz%2Fclanek%2F126934&usq=AOvVaw2b8fIwEOqGTiMtA2lzg4Uz)
2. Dobrovolný, P. . *Cluster analysis - IS MUNI*. Získáno 12. leden 2021, z Statistické metody a zpracování dat - shluková analýza:

- [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwif1uSLsZbuAhVR-qQKHd-OBCwQFjABegQIBRAC&url=https%3A%2F%2Fis.muni.cz%2Ffel%2F1431%2Fpodzim2004%2FZ0069%2Fum%2F143953%2FStatistika\\_vicerozmerne\\_metody\\_2.pdf&usg=AOvVaw2nISk\\_ZgYh6ImTGJD](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwif1uSLsZbuAhVR-qQKHd-OBCwQFjABegQIBRAC&url=https%3A%2F%2Fis.muni.cz%2Ffel%2F1431%2Fpodzim2004%2FZ0069%2Fum%2F143953%2FStatistika_vicerozmerne_metody_2.pdf&usg=AOvVaw2nISk_ZgYh6ImTGJD)
3. Drápela, K. (27. leden 2012). *8 Průzkumová analýza dat - Kiwi.mendelu.cz*. Získáno 17. leden 2021, z Průzkumová analýza dat: [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiAmaregsHtAhXQ-6QKHfBtCO8QFjADegQIAhAC&url=http%3A%2F%2Fuser.mendelu.cz%2Fdrapela%2Fstatisticke\\_metody%2Fprezentace%2Fzakladni%2FEDA.pdf&usg=AOvVaw07wDzQF4KVpNixmJPq1FR2](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiAmaregsHtAhXQ-6QKHfBtCO8QFjADegQIAhAC&url=http%3A%2F%2Fuser.mendelu.cz%2Fdrapela%2Fstatisticke_metody%2Fprezentace%2Fzakladni%2FEDA.pdf&usg=AOvVaw07wDzQF4KVpNixmJPq1FR2)
  4. Emmanuel, D., Rogdakis, & Koronaki, I. P. (2018). *Renewable Energy Engineering: Solar, Wind, Biomass, Hydrogen and Geothermal Energy Systems*. Bentham Science Publishers. Získáno 20. leden 2021, z <https://ebookcentral-proquest-com.infozdroje.czu.cz/lib/czup/detail.action?docID=5614087>
  5. European Union. (2018). Získáno 23. leden 2021, z THE STATE OF RENEWABLE ENERGIES IN EUROPE: [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjo6MTAtrnuAhVItIsKHZ7HB7IQFjAAegQIBBAC&url=https%3A%2F%2Fwww.isi.fraunhofer.de%2Fcontent%2Fdam%2Fisi%2Fdokumente%2Fccx%2F2019%2FThe\\_State\\_of\\_RES\\_in\\_Europe-2018-GB.pdf&usg=AOvVaw1xs8](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjo6MTAtrnuAhVItIsKHZ7HB7IQFjAAegQIBBAC&url=https%3A%2F%2Fwww.isi.fraunhofer.de%2Fcontent%2Fdam%2Fisi%2Fdokumente%2Fccx%2F2019%2FThe_State_of_RES_in_Europe-2018-GB.pdf&usg=AOvVaw1xs8)
  6. *Gallica*. Získáno 14. leden 2021, z <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k2968p/f561.chemindefer>
  7. Hejl, S. (3. duben 2019). *Jak dlouho lidstvu vydrží současné energetické zdroje?* Získáno 24. leden 2021, z [technickytydenik.cz: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/energetika-teplo/jak-dlouho-lidstvu-vydrzi-soucasne-energeticke-zdroje\\_46788.html](https://www.technickytydenik.cz/rubriky/energetika-teplo/jak-dlouho-lidstvu-vydrzi-soucasne-energeticke-zdroje_46788.html)
  8. IVT tepelná čerpadla. *Princip tepelných čerpadel*. Získáno 25. leden 2021, z IVT tepelná čerpadla: <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/princip-tepelnych-cerpadel>
  9. Klímeček, P. (7. 4 2008). *SHLUKOVACÍ METODY V DATA MININGU*. Získáno 27. leden 2021, z <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja>

- &uact=8&ved=2ahUKEwiC5NDsiZbuAhVFKuwKHbYRAmYQFjABegQIBRAC  
&url=http%3A%2F%2Fwww.ekonomie-  
management.cz%2Fdownload%2F1331826675\_2e7a%2F11\_klimek.pdf&usg=AO  
vVaw1CxIIPib80NCbQ3i3drHdl
10. MARINOIU, C. (2018). *A CLUSTER ANALYSIS OF EU MEMBER COUNTRIES FROM THE PERSPECTIVE OF THE USE OF RENEWABLE ENERGY*. Získáno 10. leden 2021, z [https://www.utgjiu.ro/revista/ec/pdf/2018-06/04\\_Marinoiu.pdf](https://www.utgjiu.ro/revista/ec/pdf/2018-06/04_Marinoiu.pdf)
  11. Meloun, M., & Militký, J. *Přednosti analýzy shluků ve vícerozměrné statistické analýze*. Získáno 1. leden 2021, z <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj-hrXTu5buAhUjPewKHXwYBCQQFjAAegQIAxAC&url=https%3A%2F%2Fmeloun.upce.cz%2Fdocs%2Fpublication%2F152.pdf&usg=AOvVaw0fDRhTIPW87etfhHKK-5NC>
  12. Molek, T. (24. březen 2018). *Mořské vlny jako nevyčerpatelný zdroj energie pro lidstvo? Švédové věří, že je to možné*. Získáno 10. leden 2021, z [Oenergetice.cz: https://oenergetice.cz/elektrarny-svet/morske-vlny-jako-nevyčerpatelny-zdroj-energie-lidstvo-svedove-veri-ze-mozne#comments](https://oenergetice.cz/elektrarny-svet/morske-vlny-jako-nevyčerpatelny-zdroj-energie-lidstvo-svedove-veri-ze-mozne#comments)
  13. Parobek, J., Paluš, H., Kalamárová, M., Loučanová, E., Šupín, M., Križanová, A., & Repková Štofková, K. (2016). *BioResources*. Získáno 11. leden 2021, z [Energy utilization of renewable resources in the European Union - Cluster analysis approach: https://bioresources.cnr.ncsu.edu/resources/energy-utilization-of-renewable-resources-in-the-european-union-cluster-analysis-approach/](https://bioresources.cnr.ncsu.edu/resources/energy-utilization-of-renewable-resources-in-the-european-union-cluster-analysis-approach/)
  14. Proelektrotechniky.cz, r. (25. leden 2013). *Víte, jak funguje výroba elektřiny z gejzírů a z moře?* Získáno 17. leden 2021, z [proelektrotechniky.cz: http://www.proelektrotechniky.cz/vzdelavani/8.php](http://www.proelektrotechniky.cz/vzdelavani/8.php)
  15. Simionescu, M., Strielkowski, W., & Tvaronavičienė, M. (5. květen 2020). *Energies*. Získáno 11. leden 2021, z [Renewable Energy in Final Energy Consumption and Income in the EU-28 Countries: https://www.mdpi.com/1996-1073/13/9/2280/pdf](https://www.mdpi.com/1996-1073/13/9/2280/pdf)
  16. Vobořil, D. (28. únor 2015). *Větrné elektrárny - princip, rozdělení, elektrárny v ČR*. Získáno 14. leden 2021, z [Oenergetice.cz: https://oenergetice.cz/typy-elektraren/vetrne-elektrarny-princip-cinnosti-zakladni-rozdeleni](https://oenergetice.cz/typy-elektraren/vetrne-elektrarny-princip-cinnosti-zakladni-rozdeleni)

17. Vobořil, D. (24. listopad 2016). *Vodní elektrárny - princip, rozdělení, elektrárny v ČR*. Získáno 18. leden 2021, z Oenergetice.cz: <https://oenergetice.cz/elektrina/vodni-elektrarny-princip-a-rozdeleni#comments>
18. Vobořil, D. (6. únor 2017). *Biomasa - využití, zpracování, výhody a nevýhody, energetické využití v ČR*. Získáno 19. leden 2021, z Oenergetice.cz: <https://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje/biomasa-vyuziti-zpracovani-vyhody-a-nevyhody>
19. VSelektro, T. (15. 05 2020). *VSelektro*. Načteno z Fotovoltaika - monokrystal, nebo polykrystal: <https://www.vselektro.eu/fotovoltaika-monokrystal-nebo-polykrystal/>
20. *Zákony - pro lidi sbírka zákonů*. Získáno 10. leden 2021, z *Zákony pro lidi*: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1992-17#f1401867>
21. Křištof, A. (2006). *Nové metody a přístupy k analýze a prognóze ekonomických časových řad*. Získáno 1. březen 2021, z [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiEsdvF46bvAhWlxIsKHaPYAosQFjAAegQIARAD&url=https%3A%2F%2Fwww.pef.czu.cz%2Fdl%2F46387&usg=AOvVaw2EcEDxoa-ASlgJD\\_oEusF0](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiEsdvF46bvAhWlxIsKHaPYAosQFjAAegQIARAD&url=https%3A%2F%2Fwww.pef.czu.cz%2Fdl%2F46387&usg=AOvVaw2EcEDxoa-ASlgJD_oEusF0)
22. Křivý, I. (2012). *ANALÝZA ČASOVÝCH ŘAD*. Získáno 1. březen 2021, z <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiagqbH76LvAhXJ2qQKHV-PC90QFjAAegQIAhAD&url=https%3A%2F%2Fweb.osu.cz%2F~Bujok%2Ffiles%2Fancas.pdf&usg=AOvVaw05nMRA8Wrs8wQKJ6ZGWiqD>
23. Petrášková, V. *Exponenciální vyrovnávání*. Získáno 1. březen 2021, z [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjAksus56LvAhVRi8MKHwo4CNoQFjACegQIAhAD&url=http%3A%2F%2Fwww.pf.jcu.cz%2Fstru%2Fkatedry%2Fm%2Fpetraskova%2Fcrek-prednaska\\_9.pdf&usg=AOvVaw0F8bbDBby4XVB3Tn5ev\\_In](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjAksus56LvAhVRi8MKHwo4CNoQFjACegQIAhAD&url=http%3A%2F%2Fwww.pf.jcu.cz%2Fstru%2Fkatedry%2Fm%2Fpetraskova%2Fcrek-prednaska_9.pdf&usg=AOvVaw0F8bbDBby4XVB3Tn5ev_In)
24. EUROSTAT. (2019). *What do we produce in the EU?* Získáno 19. únor 2021, z <https://ec.europa.eu/eurostat/cache/infographs/energy/bloc-2b.html>
25. EUROSTAT. (2019). *GDP per capita in PPS*. Získáno 19. únor 2021, your key to European statistics: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/tec00114>
26. EUROSTAT. (2021). *Datové soubory*. Získáno 5. leden 2021. z <https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/database>