

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra statistiky



Bakalářská práce

**Statistická analýza výroby elektrické energie v ČR
a sousedních zemích**

Anna Kotliarova

© 2023 ČZU v Praze

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Anna Kotliarova

Podnikání a administrativa

Název práce

Statistická analýza výroby elektrické energie v ČR a sousedních zemích

Název anglicky

Statistical analysis of electricity production in the Czech Republic and neighboring countries

Cíle práce

Hlavním cílem bakalářské práce bude popis vývojových tendencí ve výrobě elektřiny dle jednotlivých výrobních zdrojů v České republice a v zemích s ní sousedících. V předem vymezeném období bude popsán minulý vývoj výroby elektrické energie. Pozornost bude také věnována jednotlivým zdrojům výroby elektrické energie.

Metodika

K realizaci potřebných analýz budou využívány zejména metody analýzy časových řad, jejich základní charakteristiky – které poslouží k popisu dynamiky vývoje vybraných ukazatelů, a indexní analýza. Výsledky práce budou doloženy grafy a tabulkami.

Doporučený rozsah práce

40-60

Klíčová slova

elektrická energie, výroba, zdroj výroby, analýza, časová řada

Doporučené zdroje informací

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

DVORSKÝ, Emil a Pavla HEJTMÁNKOVÁ. Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie. Praha: BEN – technická literatura, 2005. ISBN 80-7300-118-7.

HENDL, Jan. Přehled statistických metod zpracování dat: analýza a metaanalýza dat. Praha: Portál, 2006. 583 s ISBN 8073671239.

MATOUŠEK, Antonín. Výroba elektrické energie. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Ústav elektroenergetiky, 2007. ISBN 978-80-214-3317-5.

TŮMA, Jiří. Security, quality and reliability of electrical energy. Praha: Conte, 2007. ISBN 978-80-239-9056-0.

Předběžný termín obhajoby

2023/24 LS – PEF

Vedoucí práce

Ing. Jana Köppelová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra statistiky

Elektronicky schváleno dne 13. 6. 2023

Ing. Tomáš Hlavsa, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 3. 11. 2023

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 14. 03. 2024

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Statistická analýza výroby elektrické energie v ČR a sousedních zemích" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské 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 autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 14.03.2024

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala paní Janě Köppelové za její neustálou podporu, odborné vedení a cenné rady během celého procesu vytváření této bakalářské práce. Její znalosti, ochota a profesionální přístup mi byly neocenitelnou oporou při zkoumání tématu statistické analýzy výroby elektrické energie v České republice a v sousedních zemích.

Statistická analýza výroby elektrické energie v ČR a sousedních zemích

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá popisem vývojových tendencí výroby elektrické energie v České republice a sousedních zemích. Práce si klade za cíl popsat vývojové tendence v produkci elektřiny podle jednotlivých výrobních zdrojů v daném regionu v předem stanoveném období. Důraz je kladen i na analýzu domácích zdrojů produkce elektrické energie. Pro analýzu jsou využity metody analýzy časových řad a indexní analýza, doplněné o grafickou a tabulkovou dokumentaci výsledků.

Závěry analýzy naznačují vliv ekonomických událostí a snahu o udržitelnost a diverzifikaci energetických zdrojů na dynamiku výroby elektřiny v daném regionu. V České republice se postupně snižuje význam uhlí a roste podíl obnovitelných zdrojů energie, jako jsou větrná a solární energie. Srovnání s okolními státy ukazuje na specifické charakteristiky jejich energetických mixů. Německo směřuje k obnovitelným zdrojům, zatímco Polsko a Česká republika zůstávají závislé na uhlí. Rakousko efektivně využívá vodní energii a Slovensko se orientuje na jadernou energii. Srovnání produkce elektřiny na obyvatele ukazuje na relativní energetickou efektivitu České republiky ve srovnání se sousedy, což reflektuje úspěšné využití dostupných zdrojů.

Klíčová slova: elektrická energie, výroba, zdroj výroby, analýza, časová řada

Statistical analysis of electricity production in the Czech Republic and neighboring countries

Abstract

This bachelor thesis deals with describing the developmental trends in the production of electrical energy in the Czech Republic and neighboring countries. The aim of the thesis is to describe the developmental trends in electricity production according to individual sources of production in the given region over a predetermined period. Emphasis is also placed on analyzing domestic sources of electricity production. Methods of time series analysis and index analysis will be used for the analysis, supplemented by graphical and tabular documentation of the results.

The conclusions of the analysis suggest the influence of economic events and efforts towards sustainability and diversification of energy sources on the dynamics of electricity production in the region. In the Czech Republic, the importance of coal is gradually decreasing, and the share of renewable energy sources such as wind and solar energy is increasing. Comparison with neighboring countries reveals specific characteristics of their energy mixes. Germany is moving towards renewable sources, while Poland and the Czech Republic remain dependent on coal. Austria efficiently utilizes hydroelectric power, and Slovakia focuses on nuclear energy. Comparison of electricity production per capita indicates the relative energy efficiency of the Czech Republic compared to its neighbors, reflecting the successful utilization of available resources. These findings support the ongoing need for sustainability and diversification of energy sources in the region.

Keywords: electricity, production, energy source, analysis, time series

Obsah

1 Úvod.....	7
2 Cíl práce a metodika	8
2.1 Cíl práce	8
2.2 Metodika	8
2.2.1 Časové řady a jejich analýza.....	8
2.2.2 Základní charakteristiky časových řad	11
2.2.3 Modelování časových řad	14
2.2.4 Analýza trendové složky v neperiodické časové řadě	15
3 Teoretická východiska	20
3.1 Význam elektřiny v současné společnosti a v regionu střední Evropy	20
3.2 Historický vývoj energetiky a výroby elektřiny v ČR	20
3.3 Energetický mix v ČR.....	22
3.4 Fosilní paliva.....	23
3.4.1 Typy elektráren na fosilní paliva	23
3.5 Jaderná energie a její rostoucí význam v 21. století.....	26
3.5.1 Elektrárny.....	27
3.5.2 Bezpečnost a řízení jaderné energetiky	29
3.5.3 Inovace a perspektivy jaderné energie	30
3.6 Obnovitelné zdroje energie	30
3.6.1 Větrná energie.....	31
3.6.2 Vodní energie.....	33
3.6.3 Sluneční energie.....	37
3.6.4 Biomasa	39
3.7 Ekologie a udržitelnost v energetice	40
3.7.1 Ekologické dopady různých zdrojů energie.....	40
3.7.2 Technologické inovace směřující k nižšímu ekologickému zatížení.....	42
3.8 Ekonomické aspekty výroby elektřiny.....	42
3.8.1 Náklady a ekonomické faktory spojené s různými způsoby výroby elektřiny	42
3.8.2 Cena elektřiny	43
3.8.3 Srovnání energetických mixů v České republice a v sousedních zemích.	44
3.8.4 Slovensko.....	44
3.8.5 Polsko.....	45
3.8.6 Rakousko	45
3.8.7 Německo	45
4 Vlastní práce.....	47

4.1	Analýza vývoje výroby elektrické energie v ČR.....	47
4.1.1	Energetický mix ČR.....	49
4.1.2	Analýza výroby elektrické energie z uhlí	50
4.1.3	Analýza výroby elektrické energie jadernými elektrárnami	51
4.1.4	Analýza výroby elektrické energie plynem	53
4.1.5	Analýza výroby elektrické energie z bioenergie.....	54
4.1.6	Analýza výroby elektrické energie ze solární energie	55
4.1.7	Analýza výroby elektrické energie z vodní energie.....	55
4.1.8	Analýza výroby elektrické energie z větrné energie.....	57
4.2	Vývoj výroby elektrické energie v sousedních státech České republiky	58
4.2.1	Německo	58
4.2.2	Polsko.....	59
4.2.3	Rakousko.....	60
4.2.4	Slovensko	61
4.3	Srovnání výroby elektrické energie v České republice a v Německu dle zdrojů62	
4.4	Srovnání výroby elektrické energie v České republice a v Rakousku dle zdrojů63	
4.5	Srovnání výroby elektrické energie v České republice a v Polsku	64
4.6	Srovnání výroby elektrické energie v České republice a v Slovensku.....	65
4.7	Srovnání výroby elektrické energie v České republice se sousedními zeměmi na jednoho obyvatele.....	66
5	Výsledky a diskuse	68
5.1	Výroba elektrické energie v ČR 2000-2022.....	68
5.2	Energetické mixy v ČR ve srovnání se sousedními státy.....	68
5.3	Výroby elektrické energie v sousedních státech ČR.....	69
5.4	Srovnání výroby elektrické energie na obyvatele v ČR a sousedních státech .	70
Závěr	71
6	Seznam použitých zdrojů.....	73
7	Seznam obrázků, tabulek, grafů a zkratk	80
7.1	Seznam obrázků	80
7.2	Seznam grafů.....	80
Přílohy	81

1 Úvod

Elektrická energie je klíčovým faktorem v moderní společnosti. Její význam spočívá v tom, že umožňuje fungování prakticky všech aspektů života. Od osvětlení a zahřívání domovů po provoz průmyslových zařízení a dopravních prostředků – elektřina je nedílnou součástí každodenního života. Tuto nedílnou roli elektřiny lze pozorovat nejen ve sféře osobní spotřeby, kde je například nezbytná pro pohodlí a bezpečnost v domácnostech, ale také v ekonomice a průmyslu. Zde elektrická energie hraje klíčovou roli v pohánění strojů, automatizovaných procesů a inovací, které podporují ekonomický růst a konkurenceschopnost firem. Taková spolehlivá dodávka elektřiny je tedy základním předpokladem pro stabilitu a rozvoj moderních ekonomik.

Tato bakalářská práce se zaměřuje na statistickou analýzu výroby elektrické energie v České republice a sousedních zemích. Cílem práce je popsat vývojové tendence výroby elektrické energie v České republice a sousedních zemích. V rámci této analýzy budou zkoumány různé výrobní zdroje elektřiny, včetně obnovitelných zdrojů, jaderné energie a fosilních paliv, a jejich příspěvek k celkové produkci elektřiny.

Využití statistických metod umožní hlubší porozumění datům a identifikaci klíčových trendů v produkci elektřiny. Získané poznatky z této analýzy budou sloužit jako cenný zdroj informací pro tvůrce politik a odborníky v energetickém sektoru při plánování a rozhodování ohledně budoucího vývoje energetických systémů a strategií.

Kromě toho se práce bude zabývat historií výroby elektřiny v České republice, zkoumající výstavbu prvních elektráren a jejich vliv na ekonomiku a společnost. Důkladněji budou prozkoumány jednotlivé elektrárny, jejich technologie a přínos k celkové produkci elektrické energie. Tato část práce poskytne čtenáři komplexní pohled na historii a současnost výroby elektrické energie v České republice, přispívající k lepšímu porozumění vývoje energetického sektoru v dané oblasti.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je provést podrobnou statistickou analýzu výroby elektrické energie v České republice a sousedních zemích. Konkrétně se zaměřuje na popis vývojových trendů v produkci elektřiny a identifikaci klíčových faktorů ovlivňujících tuto produkci. Práce si klade za cíl poskytnout komplexní pohled na současný stav výroby elektrické energie v daném regionu, včetně rozboru různých výrobních zdrojů elektřiny a jejich relativního příspěvku k celkové produkci. Získané poznatky budou sloužit jako cenný zdroj informací pro tvůrce politik a odborníky v energetickém sektoru při plánování a rozhodování v oblasti energetické politiky a strategií.

2.2 Metodika

Pro získání potřebných dat byl využit Český statistický úřad (ČSU) jako hlavní instituce pro sběr a uchovávání statistik. Pro srovnávání výroby elektřiny v České republice se situací ve světě bylo využito dat z mezinárodní energetické agentury (IEA), která poskytuje mezinárodní energetická data a analýzy. Informace o energetickém sektoru byly dále čerpány od národních energetických regulačních orgánů, které mají detailní přehled o daném odvětví.

2.2.1 Časové řady a jejich analýza

Časová řada představuje základní koncept v oblasti statistiky a analýzy dat, který hraje význačnou roli v mnoha odvětvích, včetně ekonomie, meteorologie, financí, inženýrství a v mnoha dalších. Časová řada je způsob, jak reprezentovat data, která jsou shromažďována nebo pozorována v pravidelných časových intervalech, a tím umožňuje lépe porozumět jejich časovému vývoji a vzorům (82) (83).

Formálně lze časovou řadu definovat jako chronologicky uspořádanou posloupnost hodnot nějaké náhodné veličiny, které jsou zaznamenávány nebo měřeny v pravidelných časových intervalech. Tyto intervaly jsou obvykle rovnoměrné, a proto je možné časovou řadu zapsat jako y_1, y_2, \dots, y_n nebo y_t , kde t značí časovou proměnnou s celkovým počtem pozorování n (83) (87) (88). Pozorování v časové řadě musí být srovnatelná z několika hledisek, což znamená, že údaje v časových řadách musí být porovnatelné. Srovnatelnost zahrnuje jakost a konzistenci dat, stejně jako metody sběru a zpracování. Bez srovnatelných

dat by analýza časových řad byla nemožná, protože by nedocházelo k důvěryhodným interpretacím a závěrům.

Časové řady jsou v praxi velmi běžným jevem. Příklady zahrnují denní objemy obchodovaných akcií, průběhy cen ropy, měsíční hrubý domácí produkt (HDP) a mnoho dalších.

Ústředním cílem analýzy časových řad je vytvořit model, který co nejlépe popisuje chování zkoumaného souboru dat. Získaný model umožňuje lépe porozumět mechanismu časové řady, zda obsahuje nějaký globální trend, pravidelné odchylky od trendu ve formě sezónnosti a cyklů a další charakteristiky. Pomocí analýzy je možné identifikovat, co ovlivňuje hodnoty časové řady a co na ně nemá vliv. V některých případech lze také ovlivnit (optimalizovat) chování časové řady pomocí vhodných parametrů. Modely časových řad lze také použít k předpovědím budoucího vývoje časové řady, i když je třeba mít na paměti, že žádný model nemůže předpovědět budoucí pozorování časové řady s absolutní jistotou (83) (87) (88).

Členění časových řad je možné z několika hledisek.

Z hlediska trendu se rozlišují **stacionární** a **nestacionární** časové řady:

Stacionární časové řady nevykazují žádný zjevný trend a mají konstantní statistické vlastnosti v čase. To znamená, že průměr, rozptyl a kovariance mezi pozorováními zůstávají neměnné. Nestacionární časové řady obsahují nějaký trend, který může být lineární nebo nelineární, což způsobuje změny ve statistických vlastnostech (97).

Podle variability rozlišujeme **deterministické** a **stochastické** časové řady:

Deterministické časové řady jsou řízeny matematickými pravidly a nemají náhodnou komponentu. Sezónní řady mohou být příkladem deterministických řad. Stochastické časové řady obsahují náhodnou složku, která může být popsána pravděpodobnostními modely (97).

Z hlediska struktury a charakteristik se rozlišuje **jednoduché** a **složitě** časové řady:

Jednoduché časové řady mají jednoznačné a pravidelné vzory. Analyzují se snadněji a mohou být dobře modelovány jednoduchými statistickými metodami. Složitě časové řady mohou obsahovat více než jednu komponentu a vyžadovat sofistikovanější modelování a analýzu.

Z hlediska charakteru ukazatele, lze časové řady rozdělit na **intervalové** a **okamžikové**:

Okamžiková časová řada se zaměřuje na to, kolik jevů existuje v daném konkrétním časovém okamžiku. Toto měření je relevantní pro události nebo jevy, které lze spojit s přesným okamžikem v čase. Příkladem může být počet obyvatelstva ke konkrétnímu dni/datu. Data jsou zaznamenávána v diskrétních časových bodech, což jsou přesně definované okamžiky, a jsou relevantní pro okamžité časové jevy. Na rozdíl od okamžikové časové řady se intervalová časová řada zaměřuje na množství jevů, které se vyskytly v určitém časovém intervalu. Ukazatel udává, kolik jevů vzniklo nebo zaniklo během daného časového intervalu. Příkladem může být počet sňatků během jednoho roku (84) (87) (88).

Podle frekvence měření se časové řady dělí na **krátkodobé**, **roční** a **dlouhodobé**:

Krátkodobé časové řady zahrnují data měřená v krátkém časovém období. Tato měření se obvykle opakují s periodicitou kratší než jeden rok, například týdně, měsíčně nebo čtvrtletně. Krátkodobé časové řady jsou často využívány k analýze krátkodobých fluktuací a sezónních změn.

Roční časové řady se vyznačují periodicitou měření právě jeden rok a jsou často používány k analýze sezónních změn, a trendů, které se opakují na základě ročního období.

Dlouhodobé časové řady zahrnují data sbíraná po delší časové období než je 1 rok, mnohdy také desítky let nebo více.

Problémy při analýze časových řad.

Diskrétní časové body pozorování:

Časové řady často sestávají z diskrétních časových bodů, což znamená, že data jsou dostupná pouze v určitých diskrétních okamžicích, například na měsíční, týdenní nebo dokonce denní úrovni. Tato diskretizace může vzniknout z povahy sledovaného jevu, jako je například roční produkce aut, nebo akumulací a průměrováním hodnot za časová období.

Volba časových bodů pozorování má výrazný vliv na interpretaci časové řady. Příliš vzácná měření mohou vést k nedostatečné reprezentativnosti trendů, zatímco příliš častá měření mohou zbytečně zahušťovat data a znesnadňovat analýzu. Je nezbytné nalézt vyvážený přístup, který zachovává podstatné charakteristiky sledovaného jevu.

V některých případech není možnost volby časových bodů, protože data jsou již dostupná a pevně daná. Toto může nastat při analýze historických dat, kde není možné ovlivnit frekvenci ani intervaly měření (82) (84).

Problémy s délkou časových řad:

Některé analýzy časových řad, především ty využívající statistické modely, vyžadují minimální délku řady pro správnou funkci. Například metody z Box-Jenkinsova přístupu pro modelování ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average) potřebují dostatečně dlouhou řadu pro odhad parametrů.

Je také důležité zohlednit frekvenci měření dat. V některých případech může být potřeba delší řada, zejména pokud jsou data měřena s nižší frekvencí, aby bylo možné zachytit relevantní trendy a vzory. Příliš dlouhé časové řady mohou čelit problémům, pokud dochází ke změnám charakteristik sledovaného jevu v průběhu času. Udržet konzistenci modelu, který by zohlednil všechny změny, může být v některých případech obtížné.

Starší data mohou ztrácet relevanci vzhledem k novějším trendům nebo událostem. Modely postavené na příliš dlouhých řadách mohou přisuzovat menší váhu aktuálním informacím, což může vést k nižší přesnosti předpovědi. Příliš složité modely mohou být náchylné k přeučení (overfitting), pokud jsou použity na příliš dlouhé časové řady. To znamená, že model by se mohl příliš přizpůsobit šumu nebo specifickým vzorům v datech, což by mohlo vést k horším výsledkům na nových datech (82) (84).

Problémy s kalendářem:

Při analýze časových řad se mohou objevit problémy spojené s kalendářem, například při použití průměrných měsíčních nebo čtvrtletních hodnot, kde měsíce mají různý počet dnů a pracovních dnů, a pohyblivé svátky mohou ovlivnit agregovaná data. Pro dosažení vzájemné srovnatelnosti hodnot v časové řadě lze provést standardizaci dat, což je proces úpravy časové řady tak, aby byly jednotlivé hodnoty vzájemně srovnatelné. To se provádí podle vzorce

$$y'_i = \frac{y_i}{k_i} \bar{k}_i \quad [1]$$

kde y'_i je standardizovaná hodnota za i -té období, y_i je naměřená hodnota za toto období, k_i je počet menších časových jednotek v i . časovém období (např. dnů) a \bar{k}_i je počet menších časových jednotek ve standardizovaném časovém období (např. měsíce) (82) (84).

2.2.2 Základní charakteristiky časových řad

V analýze časových řad je možné zkoumat jejich základní charakteristiky. Kromě standardních statistických charakteristik, které jsou známé z obecné statistiky (jako

minimum, maximum, medián a kvantily), v analýze časových řad se využívají specifické charakteristiky, které jsou relevantní pro tento typ dat. Tyto charakteristiky je možné členit dle toho, zda jsou využívány ke zjišťování úrovně dané časové řady, nebo k popisu dynamiky vývoje hodnot shromážděných v časové řadě (82).

Mezi charakteristiky úrovně patří průměry. Úroveň časové řady je možné určit pomocí aritmetického nebo chronologického průměru, v závislosti na tom, zda se jedná o intervalovou nebo okamžikovou časovou řadu.

V případě intervalové časové řady obsahující data, která jsou zaznamenávána v pravidelných časových intervalech, jako jsou hodiny, dny, měsíce, roky atd., je možné využít aritmetického průměru v jeho prosté nebo vážené formě. Výpočet průměru v intervalových časových řadách při stejně dlouhých intervalech se provádí pomocí prosté formy aritmetického průměru (93 str. 11) (92 str. 253).

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad [2]$$

V případě intervalových časových řad s nesterjně dlouhými intervaly se pro výpočet průměru využívá vážené formy aritmetického průměru

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i n_i \quad [3]$$

Okamžikové časové řady obsahují data, která jsou zaznamenávána vždy k nějakým konkrétním časovým okamžikům a pro určení jejich úrovně se využívá chronologický průměr. Výpočet průměru v okamžikových časových řadách se liší podle toho, zda jsou vzdálenosti mezi časovými okamžiky stejné nebo různé délky.

Prostý chronologický průměr okamžikové časové řady se používá v případě, že mezi okamžiky jsou stejné časové intervaly (88) (89) (92 str. 248) (95 str. 11).

$$\bar{y} = \frac{\frac{y_1+y_2+\dots+y_{n-1}+y_n}{2}}{n-1} \quad [4]$$

Vážený chronologický průměr okamžikové časové řady se používá v případě, že mezi okamžiky jsou různé časové intervaly. V tomto případě se průměr spočítá jako vážený průměr, kde se každá hodnota váží podle délky časového interval (88) (3 str. 248) (5 str. 11).

$$\bar{y} = \frac{\frac{y_1+y_2}{2}(t_2-t_1)+\frac{y_2+y_3}{2}(t_3-t_2)+\dots+\frac{y_{n-1}+y_n}{2}(t_n-t_{n-1})}{t_n-t_{n-1}} \quad [5]$$

V analýze časových řad jsou kromě průměrů velice důležité míry dynamiky, které umožňují detailněji zkoumat, jak se časová řada vyvíjí a co o ní lze zjistit (87) (88). Míry dynamiky lze rozdělit na absolutní a relativní.

Mezi absolutní charakteristiky patří absolutní přírůstek (první absolutní diference), označovaný často jako Δt , což reprezentuje rozdíl mezi dvěma po sobě jdoucími hodnotami časové řady.

$$\Delta_t = y_t - y_{t-1}, t = 2, 3, \dots, n \quad [6]$$

První diference umožňují identifikovat růst nebo pokles hodnoty mezi určitými obdobími. (84) (87) (88) (89).

Průměrný absolutní přírůstek říká, o kolik se průměrně změnila hodnota sledovaného ukazatele shromážděného v časové řadě za období mezi dvěma měřeními během sledovaného období. Výpočet je proveden jako průměr prvních diferencí (88).

$$\bar{\Delta} = \frac{1}{n-1} \sum_{t=2}^n \Delta_t^{(1)} y_t = \frac{y_n - y_1}{n-1} \quad [7]$$

Druhé diference, označované jako Δ_t^2 jsou rozdíly mezi prvními diferencemi.

$$\Delta_t^2 = \Delta_t - \Delta_{t-1} = y_t - 2y_{t-1} + y_{t-2} \quad [8]$$

Druhé diference mohou být použity k identifikaci zvrátů v trendu či přechodů mezi různými stupni změn. Například, pokud jsou druhé diference blízké nule, mohlo by to znamenat, že trend v datech je téměř lineární (84) (92 str. 253) (96 str. 279). Druhé diference udávají zrychlení případně zpomalení ve vývoji časové řady.

Mezi relativní charakteristiky patří koeficienty růstu, které udávají, kolikrát se časová řada změnila mezi jednotlivými po sobě jdoucími okamžiky (88) (89) (92 str. 253).

$$k_t = \frac{y_t}{y_{t-1}}; t = 2, 3, \dots, n \quad [9]$$

Průměrný koeficient růstu říká, kolikrát se průměrně změnila časová řada za období mezi dvěma měřeními během sledovaného období. Vzhledem k tomu, že jsou průměrovány poměrové proměnné, je potřeba použít geometrický průměr (88) (89).

$$\bar{k} = \sqrt[n-1]{k_2 k_3 \dots k_n} = \sqrt[n-1]{\frac{y_n}{y_1}} \quad [10]$$

Průměrný koeficient růstu má smysl vypočítat pouze tehdy, když má celá časová řada monotónní průběh. Pokud nemá monotónní průběh, musí se počítat několik průměrných koeficientů, vždy jeden za každý monotónní úsek.

Relativní přírůstky v procentech (%) říkají, o kolik procent se změnila časová řada mezi jednotlivými okamžiky (88).

$$\delta_t = \frac{a^{(1)}y_t}{y_{t-1}} \cdot 100 = \frac{y_t - y_{t-1}}{y_{t-1}} \cdot 100 = (k_t - 1) \cdot 100 \quad [11]$$

Průměrné relativní přírůstky v procentech (%) měří, o kolik procent se průměrně mění časová řada mezi po sobě jdoucími měřeními během sledovaného období (88).

$$\bar{\delta}_t = (\bar{k} - 1) \cdot 100(\%) \quad [12]$$

2.2.3 Modelování časových řad

Volba vhodné metody pro analýzu časové řady závisí na několika faktorech. Různé metody poskytují různé výstupy, a proto je důležité zvážit, co je cílem analýzy. Dále je důležitým faktorem charakter časové řady, což zahrnuje délku řady, rozdělení náhodných veličin v ní, nezávislost pozorování, stacionaritu procesu a další (83) (85).

Přístupů k analýze jednorozměrných časových řad je několik. Může jít o přístup pomocí klasického (formálního) modelu, nebo pomocí Box-Jenkins metodologie, nebo také pomocí spektrální analýzy. Klasický (formální) model vychází z předpokladu, že je časovou řadu možné rozdělit na 4 složky, jedná se o tzv. dekompozici časové řady: Jednotlivými složkami rozkladu jsou trend (T), sezónní složka (S), cyklická složka (C) a náhodná složka (ε).

Trend představuje dlouhodobou tendenci dat růst nebo klesat v průběhu času. Může být stoupající, klesající nebo plochý, a ukazuje obecný směr dat v průběhu času. Může být lineární nebo nelineární.

Sezónnost označuje pravidelné opakující se vzory v datech v pravidelných časových intervalech, obvykle v průběhu jednoho roku. Například, sezónnost může odrážet sezónní změny ve spotřebě v zimě nebo v létě.

Cyklická složka reprezentuje dlouhodobé oscilace nebo fluktuace v datech, které nejsou spojeny s pravidelnými sezónními vzory. Periodicita cyklické složky je delší než

jeden rok. Tato složka může být způsobena různými ekonomickými, společenskými nebo politickými faktory.

Náhodná složka zahrnuje náhodné fluktuace nebo chyby v datech, které nelze vysvětlit trendem, sezónností nebo cyklickými složkami. Představuje nepředvídatelné události nebo faktory, které mohou ovlivnit časovou řadu. Náhodná složka je často považována za reziduální složku po odečtení trendu, sezónnosti a cyklické složky od původních dat.

Existují dva základní způsoby dekompozice časových řad: aditivní a multiplikativní. Volba mezi aditivní a multiplikativní dekompozicí závisí na specifikách dat shromážděných v časových řadách a na účelu analýzy. Multiplikativní dekompozice se obvykle používá, pokud rozptýl hodnot časové řady roste s časem, což značí, že fluktuace se zvětšují vzhledem k trendu. Multiplikativní model může být vyjádřen následujícím způsobem

$$Y_t = T_t \cdot S_t \cdot C_t \cdot \varepsilon_t \quad [13]$$

Naopak aditivní dekompozice je vhodnější, pokud fluktuace zůstávají relativně konstantní, a může být snazší na interpretaci. Aditivní model může být vyjádřen následujícím způsobem

$$Y_t = T_t + S_t + C_t + \varepsilon_t \quad [14]$$

kde složky mají stejný význam jako v případě multiplikativní dekompozice (82) (85) (87) (88) (89) (90).

2.2.4 Analýza trendové složky v neperiodické časové řadě

Trendová složka vyjadřuje dlouhodobé změny nebo směřování časové řady, což může být způsobeno různými faktory, jako jsou demografické změny, ekonomické trendy nebo jiné strukturální změny v datech (82) (87) (88) (89) (90).

Existují dva základní přístupy k analýze trendu, a to tzv. globální a lokální přístup. Globální přístup je pravděpodobně ten nejběžněji známý. Tento přístup předpokládá, že pro celou časovou řadu existuje jedna regresní funkce, která popisuje trend na celém časovém intervalu. Lokální přístup, na druhé straně, předpokládá, že existuje funkce, která popisuje trend, ale její parametry (nebo dokonce celá funkce) jsou platné pouze v určitém lokálním

kontextu. To znamená, že se parametry této funkce (nebo sama funkce) mění postupně s průběhem časové řady (82) (85) (89) (90).

Klasický přístup k globální analýze trendu je regresní analýza, která zahrnuje vytváření matematických/trendových modelů, které mají za cíl popsat a kvantifikovat trend v datech. Tento globální přístup předpokládá, že existuje jedna univerzální funkce, která může být použita k modelování celého trendu na celém časovém rozsahu. Nejběžnější z používaných typů trendů jsou:

Konstantní trend, což znamená, že trendová složka je konstantní a nemění se v průběhu času. Tento trend má matematický tvar

$$y = \beta_0, \quad [15]$$

kde β_0 je konstantní parametr (82) (85) (87) (89) (90).

Lineární trend předpokládá, že trendová složka se vyvíjí lineárně v čase. To znamená, že

$$y = \beta_0 + \beta_1 x, \quad [16]$$

kde β_0 a β_1 jsou parametry modelu. Tyto parametry mohou být odhadnuty pomocí metody nejmenších čtverců (MNČ). MNČ hledá takové hodnoty parametrů modelu, které minimalizují součet čtverců odchylek mezi pozorovanými hodnotami a hodnotami předpovídanými modelem. Konkrétně pro lineární model

$$\hat{\beta}_1 = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum(x_i - \bar{x})^2} \quad [17]$$

$$\hat{\beta}_0 = \bar{y} - \hat{\beta}_1 \bar{x} \quad [18]$$

Kvadratický trend je podobný lineárnímu trendu, ale s kvadratickou složkou. Trendová funkce má tvar

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2, \quad [19]$$

kde β_0 , β_1 a β_2 jsou parametry modelu. Pro odhad těchto parametrů je také možné použít metodu nejmenších čtverců

$$\hat{\beta}_2 = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^2(y_i - \bar{y})}{\sum(x_i - \bar{x})^4} \quad [20]$$

$$\hat{\beta}_1 = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum(x_i - \bar{x})^2} \quad [21]$$

$$\hat{\beta}_0 = \bar{y} - \hat{\beta}_1\bar{x} - \hat{\beta}_2\bar{x}_2 \quad [22]$$

a tím získat kvadratický model pro popis trendu (82) (85) (87) (89) (90).

Exponenciální trend představuje vývoj konstantním tempem. Trendová funkce má tvar

$$y = \beta_0 \cdot e^{\beta_1 x} \quad [23]$$

kde β_0 a β_1 jsou konstanty. Pro odhad těchto konstant je potřeba transformovat tento exponenciální trend na lineární tvar pomocí přirozeného logaritmu a to pomocí vzorce

$$\ln(y) = \ln(\beta_0) + \beta_1 x \quad [24]$$

$$\beta_1 = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(\ln(y_i) - \ln(\bar{y}))}{\sum(x_i - \bar{x})^2} \quad [25]$$

$$\ln(\beta_0) = \ln(\bar{y}) + \beta_1 \bar{x} \quad [26]$$

$$\beta_0 = e^{\ln(\beta_0)} \quad [27]$$

Když jsou parametry modelu odhadnuty, je důležité provést validaci modelu, pro zjištění, zda parametry a model dobře odpovídají datům. To zahrnuje analýzu chyb předpovědí – při využití modelu pro předpovídání v časových řadách, testy statistické významnosti parametrů modelu a určení míry přesnosti modelu, jako je index případně koeficient determinace (82) (85).

Index determinace (I^2) dále zkoumá celý model. Je to metrika, která měří, jak velká část variability v datech je vysvětlena modelem. I^2 vyjadřuje, jak dobře se model přizpůsobuje datům a kolik procent celkové variability v datech lze vysvětlit pomocí modelu. Vyšší hodnota I^2 naznačuje, že model dobře vysvětluje data. I^2 může nabývat hodnot od 0 do 1, kde hodnota 1 znamená, že model dokonale vysvětluje data, a hodnota 0 znamená, že model nijak nevysvětluje variabilitu dat (82).

K hodnocení kvality modelu lze použít různé míry, které jsou obdobné těm, které se používají v regresní analýze pro určení vhodnosti regresní funkce. Jedná se ve všech případech o chyby a jsou to například:

Součet čtvercových chyb (SSE - Sum of Squared Errors) je míra, která, zahrnuje součet čtverců chyb mezi pozorovanými hodnotami a predikcemi modelu (82) (85).

$$SSE = \sum_{i=n+1}^{n+n} (y_i - \hat{y}_i)^2 = \sum_{i=n+1}^{n+h} e_i^2 \quad [28]$$

kde y_i jsou pozorované hodnoty časové řady, \hat{y}_i jsou předpovězené hodnoty časové řady a e_i jsou chyby mezi pozorovanými a předpovězenými hodnotami (82) (85).

Střední čtvercová chyba (MSE - Mean Squared Error) je míra, která je průměrem čtverců chyb mezi pozorovanými hodnotami a predikcemi modelu (82) (85).

$$MSE = \frac{1}{h} \sum_{i=n+1}^{n+n} (y_i - \hat{y}_i)^2 = \frac{1}{h} \sum_{i=n+1}^{n+h} e_i^2 \quad [29]$$

Střední absolutní chyba (MAE - Mean Absolute Error) je průměrem absolutních hodnot chyb mezi pozorovanými hodnotami a predikcemi modelu (82) (85).

$$MAE = \frac{1}{h} \sum_{i=n+1}^{n+n} |y_i - \hat{y}_i| = \frac{1}{h} \sum_{i=n+1}^{n+h} |e_i| \quad [30]$$

Střední absolutní procentní chyba (MAPE - Mean Absolute Percentage Error) měří procentní chybu predikce ve srovnání s pozorovanými hodnotami (82) (85).

$$MAPE = \frac{100}{h} \sum_{i=n+1}^{n+n} \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| \quad [31]$$

Na druhou stranu, lokální přístup, jak bylo již řečeno, předpokládá, že existuje funkce, která popisuje trend, ale její parametry (nebo dokonce celá funkce) jsou platné pouze v určitém lokálním kontextu. Jedná se o tzv. adaptivní přístup k analýze časových řad. Místo hledání jediné funkce, která by vysvětlila celý průběh řady, adaptivní metody umožňují, aby se model měnil s průběhem času. To znamená, že parametry trendu, které byly v předchozích částech textu považovány za konstantní, se v adaptivních přístupech mění v závislosti na čase. Tento model má následující formu

$$T(t) = \beta_0(t) + \beta_1(t)X_t + \beta_2(t)X_t^2 + \dots + \beta_k(t)X_t^k + \varepsilon_t. \quad [32]$$

Jedním ze způsobů, jak lokálně analyzovat trend, je metoda klouzavých průměrů. Klouzavé průměry jsou metodou vyrovnávání časových řad, kde průměr "klouže" podél časové řady. Tím je získána nová řada hodnot, která lépe zachycuje obecný směr dat a umožňuje odstranit šum nebo fluktuace v datech. Klouzavé průměry snižují variabilitu v časových řadách a usnadňují identifikaci vzorů (82) (85) (88).

Existují různé typy klouzavých průměrů, ať už jednoduché nebo vážené. Jednoduchý klouzavý průměr bere aritmetický průměr hodnot v časové řadě v různě dlouhých časových oknech. Vážený klouzavý průměr přidává váhy k hodnotám v časovém okně, což znamená, že některé hodnoty mají větší vliv než jiné. Tato metoda umožňuje lépe zachytit důležité změny v datech.

Další metoda používaná v lokální analýze trendu je metoda exponenciálního vyrovnávání. Tato metoda vychází z předpokladu, že parametry časové řady se postupně vyvíjí. Při odhadu hodnoty se využívají předchozí hodnoty s exponenciálními vahami. Váhy jsou nastaveny tak, že čím je hodnota vzdálenější od aktuálně vyrovnávaného času, tím menší má vliv na vyrovnání. Exponenciální vyrovnávání pracuje s myšlenkou, že hodnota $y(t)$ v časové řadě závisí na předchozích hodnotách, avšak s exponenciálně klesajícími vahami směrem do minulosti. Existují různé varianty exponenciálního vyrovnání, ale nejjednodušší je jednoduché exponenciální vyrovnání (86) (90).

Jednoduché exponenciální vyrovnání předpokládá, že časová řada má lokálně konstantní trend. Váhy, které se používají k vyrovnání, jsou exponenciálně klesající, a to díky vyrovnávací konstantě α .

Rekurentní vzorec pro jednoduché exponenciální vyrovnávání je

$$\hat{y}_t = \alpha \cdot y_t + (1 - \alpha) \cdot \hat{y}_{t-1} \quad [33]$$

Kde \hat{y}_t je vyrovnávaná hodnota v čase t , y_t je aktuální pozorovaná hodnota a α je vyrovnávací konstanta (86) (90).

3 Teoretická východiska

3.1 Význam elektřiny v současné společnosti a v regionu střední Evropy

V dnešní globalizované společnosti nelze přehlížet důležitost elektřiny, která se stala základním pilířem pro fungování všech odvětví moderního života. Elektřina je motorem technologického pokroku, klíčem k inovacím a vývoji komplexních komunikačních systémů. Ovlivňuje takřka všechny aspekty našeho každodenního života, od osobních elektronických zařízení až po průmyslové procesy ve velkém měřítku.

Globálně lze konstatovat, že elektřina hraje zásadní roli ve formování moderního světa. Digitalizace a automatizace by bez ní nebyly možné. Rychlý rozvoj umělé inteligence, internetu a biomedicínského výzkumu je závislý na spolehlivém zásobování elektřinou. Napříč světem existuje více než 5,5 miliardy aktivních internetových připojení a přes 8 miliard mobilních telefonů, což dokazuje, jak elektřina propojuje globální komunikaci (64) (65).

Při pohledu na region střední Evropy, význam elektřiny je neméně zřejmý. Elektřina zásadně ovlivňuje nejen hospodářství, ale i kvalitu života občanů. V České republice a sousedních zemích se elektřina stala katalyzátorem ekonomického růstu. Bez ní by moderní průmysl nemohl fungovat, jelikož elektřina je klíčovým faktorem pro výrobu, provoz a automatizaci.

Spotřeba elektřiny v domácnostech je dalším důkazem jejího významu. V průměru spotřebuje jedna domácnost v České republice kolem 3 MWh elektřiny ročně. Moderní způsob života zahrnuje množství elektrických spotřebičů, od osvětlení až po inteligentní domácí systémy. To znamená, že spolehlivé zásobování elektřinou je pro kvalitu života nepostradatelné (66).

Průmysl v regionu střední Evropy je silně závislý na elektřině. Výrobní linky, stroje, roboti – vše potřebuje elektřinu pro svůj provoz. Průmyslová spotřeba elektřiny dosáhla v Evropské unii přibližně 37,1 % v roce 2022, což názorně ukazuje, že elektřina je hnací silou ekonomiky (67).

3.2 Historický vývoj energetiky a výroby elektřiny v ČR

Historický vývoj energetiky a výroby elektřiny v České republice a sousedních zemích prošel v průběhu dějin dynamickým vývojem, který odrážel různé technologické, společenské a ekonomické kontexty. Historie této oblasti je rozdělena do několika klíčových

etap, které ukazují evoluci od počátečních kroků v elektrické revoluci až po současný důraz na udržitelnost a diverzifikaci energetického mixu.

V průběhu 19. století došlo v oblasti elektřiny k revoluci, která měla hluboký dopad na moderní společnost. Klíčovými událostmi tohoto období byly významné objevy vědců jako byli Michael Faraday a André-Marie Ampère.

Michael Faraday, britský fyzik, objevil princip elektromagnetické indukce, který říká, že změna magnetického pole v prostoru generuje elektrický proud. To znamená, že pohybující se magnet nebo změna magnetického pole vytváří elektrický proud v přilehlém vodiči. Tento objev odkryl možnost přeměny mechanické energie na elektrickou a naopak. Faradayho práce měly zásadní vliv na vývoj elektřiny jako zdroje energie (69) (70).

André-Marie Ampère měl také významný podíl na rozvoji elektromagnetismu. Jeho práce propojila elektřinu a magnetismus do jednoho teoretického rámce, což vedlo k hlubšímu porozumění těmto jevům. Jeho výzkum přispěl k formulaci Ampérova zákona o elektromagnetickém poli a ukázal, jak elektrické proudy vytvářejí magnetická pole. (68)

Díky těmto zásadním objevům se otevřely nové možnosti využití elektřiny. Začaly se vyvíjet elektromagnetické generátory a motory, což vedlo k rychlému procesu industrializace a modernizace společnosti. Elektrická energie postupně nahrazovala mechanickou práci a přinesla nové technologie a komunikační systémy, což radikálně změnilo životní styl lidí.

S nástupem 20. století se elektřina stala nepostradatelným prvkem v rámci průmyslové revoluce, která transformovala celou společnost. První tepelné elektrárny, spalující fosilní paliva jako uhlí a ropa, se staly klíčovými hráči energetického mixu této doby, a to nejen v Českých zemích, ale i v okolních regionech (63).

V rámci regionu střední Evropy hrálo uhlí v energetice význačnou úlohu. Zejména v Polsku se stal uhlí dominantním zdrojem elektřiny a zásadním faktorem pro hospodářský rozvoj (63).

Paralelně s tím byl region střední Evropy, včetně České republiky, svědkem vzrůstajícího významu jaderné energie. První jaderné elektrárny byly vybudovány i v zemích jako Maďarsko a Slovensko. Všechny tyto země se snažily diverzifikovat své energetické zdroje a hledat alternativy k fosilním palivům, zejména s ohledem na ekologickou a energetickou bezpečnost (63).

Tato evoluce přinesla zásadní posun v energetickém sektoru celého regionu. Elektrifikace průmyslu, domácností a dopravy otevřela nové perspektivy a urychlila

modernizaci společnosti. Průmyslová revoluce a nástup fosilních paliv a jaderné energie tak nezřídka utvářely energetickou mapu střední Evropy během 20. století.

Po pádu železné opony se energetický sektor v regionu dostal do fáze hluboké transformace. Otevření energetických trhů novým hráčům bylo zásadním krokem směrem k větší konkurenceschopnosti a efektivitě. Toto otevření přineslo transparentnost, inovaci a nové příležitosti v celém energetickém řetězci.

Transformace po roce 1989 přinesla také nástup obnovitelných zdrojů energie, jako jsou solární a větrná energie. Díky technologickým pokrokům klesly náklady na výrobu energie z těchto zdrojů a zvýšila se jejich spolehlivost. Tímto se zvýšil podíl obnovitelných zdrojů v energetickém mixu, což pozitivně ovlivňuje snižování emisí skleníkových plynů a ochranu životního prostředí (70).

Omezení závislosti na fosilních palivech se stalo klíčovým cílem v souladu s ekonomickými a ekologickými imperativy. Přejít k udržitelným energetickým zdrojům výrazně zvýšil energetickou bezpečnost regionu a redukoval jeho ekologickou stopu. Snahy o snížení emisí CO₂, hlavního původce klimatických změn, se staly prioritou, a tak byly zaváděny politiky směřující k čistším energetickým zdrojům (70).

Tímto se energetický sektor v regionu postavil novým směrem, zdůrazňujícím udržitelnost, ekologii a diverzifikaci. Tato transformace umožnila lépe reagovat na aktuální výzvy a lépe se připravit na budoucí potřeby, přičemž se příznivě odrazilo na ekonomice, životním prostředí a společenském vývoji.

3.3 Energetický mix v ČR

Energetický mix v České republice (ČR) je definován různými faktory a zdroji energie, které slouží k výrobě elektřiny a tepla. Historický vývoj energetiky v ČR byl silně ovlivněn nedostatečnou dostupností některých klíčových energetických surovin, jako jsou zemní plyn, ropa a uran. Tato nedostupnost vedla k závislosti na domácích zásobách hnědého a černého uhlí, což mělo důsledky pro energetický mix a výrobu elektřiny.

Potenciál obnovitelných zdrojů energie byl v minulosti částečně vyčerpán, a získávání energie z těchto zdrojů bylo limitováno geografickými, klimatickými a geologickými charakteristikami ČR. Přesto se v posledních letech podíl obnovitelných zdrojů zvyšuje, a to zejména větrné a solární energie (48).

V České republice bylo v roce 2022 celkem vyrobeno 84 527,5 GWh elektrické energie. Největší podíl tvořily parní elektrárny 48,6 %, jaderné elektrárny přispěly 36,7 %, plynové a spalovací elektrárny 4,6 % a paroplynové 3,0 %. Fotovoltaické elektrárny vyrobily 2,7 % energie, vodní elektrárny 2,5 % a větrné elektrárny 0,8 % (36).

Největším hráčem v energetickém mixu ČR je společnost ČEZ, která provozuje řadu uhelných, jaderných, vodních, fotovoltaických a větrných elektráren, a která výrazně přispívá k celkové výrobě elektřiny. Další významní výrobci elektřiny jsou například Sev.en Energy AG, Sokolovská uhelná a.s. a Energetický a průmyslový holding (1) (2) (3) (4).

Z hlediska energetické bilance a dovozu závisí ČR na dovozech zemního plynu a surové ropy, avšak v porovnání s jinými státy EU má poměrně nízkou energetickou dovozní závislost, což je dáno vysokou primární produkcí pevných fosilních paliv a významným podílem jaderného tepla ve výrobě elektřiny (5) (6) (7).

3.4 Fosilní paliva

Fosilní paliva, jako jsou uhlí, ropa a zemní plyn, hrají význačnou roli v energetickém zásobování České republiky, sousedních států a celosvětově. Tyto přírodní zdroje, vytvořené z pozůstatků pradávných organismů, tvoří ohromnou zásobárnu energie, která byla miliony let uložena pod zemským povrchem. Přirozený proces transformace těchto organických materiálů za vysokého tlaku a teploty během dlouhých období vedl k vytvoření bohatých energetických materiálů, jež nyní slouží jako klíčové zdroje pro moderní energetické systémy (8).

Spalováním fosilních paliv se uvolňuje velké množství tepla, které nachází široké uplatnění, zejména při výrobě elektřiny a pohonu strojů. Tento proces spalování je chemickou reakcí, kdy organické sloučeniny v palivech reagují s kyslíkem z atmosféry, což vede k uvolnění energie ve formě tepla a světla. Toto teplo je následně využito k ohřevu vody a páry, jež pohání turbíny v elektrárnách. Tyto turbíny generují mechanickou energii, která je poté transformována na elektrickou energii v generátorech (71) (72).

3.4.1 Typy elektráren na fosilní paliva

Ve skutečnosti se pod pojmem "tepelná elektrárna" rozumí komplex zařízení, který generuje elektrickou energii transformací tepelné energie. Tato tepelná energie může pocházet z různých zdrojů, jako je geotermální energie nebo energie z chemických a jaderných reakcí (73).

Na druhou stranu vodní elektrárny, větrné elektrárny a podobné zařízení nejsou považovány za tepelné elektrárny, protože nepracují na základě tepelné energie (73).

V České republice momentálně operuje celkem 26 tepelných elektráren s instalovaným výkonem přesahujícím 100 MW. Ročně tyto elektrárny vygenerují přibližně 40–45 TWh (terawatthodin), což představuje značný podíl na celkové energetické spotřebě v ČR. Je důležité zmínit, že většinu těchto elektráren provozuje energetická společnost ČEZ, což svědčí o významném podílu této společnosti na českém energetickém trhu (9).

Uhelné elektrárny mají v energetických systémech značný význam a historicky hrály klíčovou roli ve výrobě elektřiny. Tyto uhelné elektrárny využívají spalování uhlí k produkci tepelné a elektrické energie (11).

Uhelná elektrárna funguje na principu přeměny tepelné energie na mechanickou a následně na elektrickou energii. Základním krokem je spalování uhlí v kotli elektrárny, což uvolňuje teplo. Toto teplo ohřívá vodu, která prochází trubkami v kotli, a přeměňuje ji na páru. Tato pára se poté dostává do turbíny, kde je její pohybová energie přeměněna na mechanickou energii, což způsobí rotaci turbíny (11).

Turbína je připojena k generátoru, což je zařízení schopné přeměnit mechanickou energii na elektrickou energii. Během rotace turbíny se generátor rovněž otáčí, což vede k indukci elektrického proudu ve vinutí generátoru díky elektromagnetické indukci. Tento střídavý elektrický proud je následně odebrán a distribuován do elektrické sítě (11).

Pára, která vyjde z turbíny, je následně z kondenzována v kondenzátoru zpět do kapalného stavu a je opětovně využita v kotli. Tento proces vytváří uzavřený oběh, kde se pára pravidelně recykluje (11).

Tímto způsobem uhelná elektrárna vytváří elektřinu, která je následně dodávána do elektrické sítě pro potřeby domácností a průmyslu. Uhelné elektrárny mají různé výrobní bloky, z nichž každý má vlastní kotel, turbínu, generátor a další příslušenství. Tyto bloky mohou mít různý instalovaný výkon a vytvářet elektrickou energii v různých množstvích (11).

V současné době se v moderních uhelných elektrárnách dosahuje účinnosti přeměny energie kolem 42 %. V České republice v roce 2022 produkují 1 kWh elektřiny za 20 haléřů, což je ekonomicky výhodné. Nicméně, kvůli různým faktorům, včetně upřednostňování obnovitelných zdrojů na evropské energetické burze, se ceny mohou měnit a navyšovat (75).

Mezi nejvýznamnější patří elektrárny jako Prunéřov, Tušimice, Ledvice, Komořany, Mělník (75).

Plynové a paroplynové elektrárny jsou v porovnání s uhelnými elektrárnami mnohem šetrnější k životnímu prostředí. Tyto elektrárny se řídí moderní energetickou koncepcí, která se snaží minimalizovat emise škodlivin do ovzduší. Jsou také flexibilní a dobře doplňují obnovitelné zdroje energie, které získávají stále více na významu (10).

Plynové elektrárny pracují na principu Braytonova cyklu, kde stlačený vzduch a palivo vstupují do spalovací komory za vysokého tlaku, což zvyšuje účinnost spalování. Vzniklé spaliny se následně používají k pohonu plynové turbíny, která generuje elektřinu. Spaliny mohou být také před vstupem do kotle zahřány pro zvýšení účinnosti (10).

Paroplynové elektrárny jsou pokročilejší variantou plynových elektráren. Kombinují dva cykly - plynový a parní. První část je plynový oběh Braytonova cyklu (10).

Druhá část je parní cyklus, který využívá tepelnou energii k přeměně vody na páru vysokého tlaku a teploty. Tato pára pohání parní turbínu, která generuje elektrickou energii. V paroplynovém cyklu se zbytková tepelná energie spalin využívá k ohřevu vody v kotli. Paroplynové elektrárny kombinují tyto dva cykly pro dosažení vyšší účinnosti 42-58 %, což je vyšší než při provozu cyklů jednotlivě (plynový 28-38 %, parní 28-42 %) (10).

Mezi nejvýznamnější Paroplynové elektrárny v České republice nepochybně patří Elektrárna Počeradý (viz Obrázek 1), která byla první svého druhu v České republice s výkonem 838 MWe.

Obrázek 1 Elektrárna Počeradý



Svetenergie.cz, ELEKTRÁRNA POČERADY. Dostupné z: <https://www.svetenergie.cz/cache/img/17/data-web-powerplant-pocerady-pocerady3.clip.x622.y300.r0.q80.nr1.me2.co50.jpg>

Tento zdroj se nachází v areálu Elektrárny Počerady, umístěné poblíž obce Počerady v Ústeckém kraji. Elektrárna Počerady, původně koncipovaná pro spalování uhlí, byla vybudována v letech 1970–1977 a momentálně provozuje pět bloků s jednotkovým výkonem 200 MWe (17).

Oba typy elektráren jsou cennými nástroji pro vyrovnávání energetických sítí a zajištění spolehlivé dodávky elektřiny. Plynové a paroplynové elektrárny významně přispívají k diverzifikaci energetického mixu, což zlepšuje energetickou bezpečnost a snižuje emise znečišťujících látek ve srovnání s konvenčními uhelnými elektrárnami. S růstem technologických inovací a novými trendy v energetice je pravděpodobné, že tyto elektrárny budou hrát ještě větší roli v budoucím energetickém průmyslu (74).

3.5 Jaderná energie a její rostoucí význam v 21. století

Jaderná energie, získávaná skrze jaderné reakce, má v dnešní době stále větší význam v celosvětovém energetickém sektoru. Tato forma energetiky se opírá o využívání štěpných reakcí atomových jader k produkci tepla, které je následně přeměňováno na elektrickou energii. Tento komplexní proces se odehrává v jaderných reaktorech, které jsou speciálně navrženy tak, aby umožnily řízené a stabilní průběhy jaderných štěpných reakcí (76).

Jaderné reakce probíhají ve speciálních materiálech, jako je uran nebo plutonium. Tato jaderná paliva jsou umístěna v palivových tyčích, které jsou umístěny v jaderném reaktoru. Během štěpné reakce se jádro těžšího atomu (např. uranu-235) rozštěpí na dvě menší jádra a několik neutronů. Při tomto procesu se uvolní velké množství tepla a dalších neutronů, které mohou způsobit další štěpení jader a reakci se udrží (76).

Teplé reakční produkty se používají k ohřevu vody, která se mění na páru. Tato pára následně pohání turbínu, které pohánějí generátory elektřiny a produkují elektrickou energii. Jaderná energie je tedy získávána bez spalování fosilních paliv, což znamená, že neprodukuje emise oxidu uhličitého (CO₂) ani znečišťujících látek (76).

Hlavní výhody jaderné energie zahrnují její vysokou energetickou hustotu (malé množství paliva produkuje velké množství energie), nízké emise skleníkových plynů a kontinuální provoz, který nezávisí na povětrnostních podmínkách. Nicméně jaderná energie nese také rizika, jako jsou možnost jaderných havárií, produkce jaderného odpadu a otázky spojené s jeho ukládáním a nakládáním (76).

3.5.1 Elektrárny

V současné době jsou v provozu dvě jaderné elektrárny: Jaderná elektrárna Dukovany (EDU) a Jaderná elektrárna Temelín (ETE) (12).

Jaderná elektrárna Dukovany, kterou je vidět na Obrázku 2, je první jadernou elektrárnou na území České republiky a se nachází v kraji Vysočina, mezi obcemi Dukovany, Slavětice a Rouchovany, na ploše 90 hektarů. Jaderná elektrárna Dukovany se skládá z čtyř výrobních bloků s tlakovodními rektory typu VVER 440. Od svého uvedení do provozu v 80. letech byla postupně modernizována a upgradována, což umožnilo zvýšit její instalovaný výkon na současných 4 x 510 MW. Elektrárna pravidelně prochází bezpečnostními kontrolami a splňuje nejnovější standardy provozu jaderných zařízení. Od roku 1985 do ledna roku 2015 vyrobila JE Dukovany 384 miliard kWh elektrické energie, což pokrylo přibližně 20 % spotřeby elektřiny v ČR (22).

Obrázek 2 Jaderná elektrárna Dukovany



Zdroj: OENERGETICE.cz. Praha: David Vobořil [cit. 2015-04-08]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/plyn/paroplynova-elektrarna-princip-funkce>

Jaderná elektrárna Dukovany nejen zabezpečuje část energetických potřeb České republiky, ale má také pozitivní vliv na regionální ekonomiku. Je největším zaměstnavatelem v okolí a vytváří tisíce pracovních míst přímo v elektrárně i v souvisejících oborech. Studie ukazují, že provoz elektrárny Dukovany je spojen s třiceti tisíci pracovními místy v regionu (22).

Skupina ČEZ, která elektrárnu Dukovany provozuje, je aktivní nejen v provozování jaderných elektráren, ale také v oblasti jaderného výzkumu a vývoje. Spolupracuje na několika mezinárodních projektech, včetně stavby fúzního reaktoru ITER. Evropský parlament podporuje jaderný výzkum a rozvoj jaderné energie jako součást bezuhlíkové energetické soustavy. V rámci Evropy se zdůrazňuje důležitost jaderné energie a obnovitelných zdrojů pro dosažení energetických cílů a snížení emisí skleníkových plynů (12).

Jaderná elektrárna Temelín (ETE) (Obrázek 3) se nachází v krásném jihočeském kraji, přibližně 24 kilometrů od města České Budějovice a 5 kilometrů od Týna nad Vltavou. Tato elektrárna rozkládá na ploše 143 hektarů. Její stavební práce začaly v roce 1987 a byly dokončeny v roce 2000. První a druhý blok elektrárny byly uvedeny do zkušebního provozu v letech 2002 a 2003 (12) (13).

Obrázek 3 Jaderná elektrárna Temelín



Zdroj: ČEZ [online]. Praha: ČEZ [cit. 2022-06-29]. Dostupné z: <http://virtualniprohledky.cez.cz/cez-pocerady/skin/mapa.jpg>

ETE představuje dvouokruhovou jadernou elektrárnu s tlakovodními reaktory VVER 1000 typu V 320, které umožňují přeměnu energie z jaderného paliva na elektrickou energii. Celkový instalovaný výkon této elektrárny činí 2 x 1125 MWe. Plánuje se výstavba třetího a čtvrtého bloku, aby se pokryla rostoucí spotřeba elektřiny (13).

Dostavba třetího a čtvrtého bloku ETE vyvolala vlnu protestů, které vyjádřily ekologické obavy a nesouhlas místních obyvatel. Nicméně tato rozšiřující se elektrárna by

mohla přispět k rozvoji průmyslu, vědy a školství v regionu, což má pozitivní socioekonomické dopady (13).

Před uvedením JE Temelín do provozu byly Jihočeské oblasti závislé na dodávkách elektrické energie z jiných regionů, zejména z ekologicky zatížených severních Čech. Výstavba Temelína, jako významného energetického zdroje, umožnila řešit nedostatek elektrické energie a současně přispěla k zlepšení ekologické situace tím, že pomohla postupně odstavit zastaralé uhelné elektrárny v severních Čechách (14).

Diskuze o budoucím vývoji jaderné energetiky v regionu se také soustředí na ekonomické a strategické aspekty. Možnosti výstavby nových jaderných reaktorů, dodavatelské modely a otázky financování jsou klíčovými tématy. Rozhodnutí ohledně těchto aspektů budou mít vliv na energetický mix, bezpečnost dodávek elektřiny a celkovou energetickou budoucnost České republiky a sousedních států.

3.5.2 **Bezpečnost a řízení jaderné energetiky**

Bezpečnost jaderných zařízení je klíčovým faktorem pro jejich bezproblémový provoz. Jaderné reaktory musí být koncipovány, postaveny a provozovány tak, aby minimalizovaly riziko úniku radiace a případné ohrožení životního prostředí a lidského zdraví. Dosahuje se to kombinací různých bezpečnostních opatření.

Jaderné elektrárny jsou vybaveny kombinací pasivních a aktivních bezpečnostních systémů. Pasivní systémy jsou navrženy tak, aby se spouštěly automaticky bez potřeby lidského zásahu, včetně například pasivního chlazení reaktoru. Aktivní systémy jsou ovládány a monitorovány operátory a slouží k řízení a dohledu nad provozem elektrárny.

Udržení optimální teploty reaktoru je dalším klíčovým aspektem bezpečnosti jaderných elektráren. Chlazení reaktoru je zajišťováno několika nezávislými systémy, což zabezpečuje odvod tepla z reaktoru, dokonce i v případě havárie (80).

Moderní jaderné elektrárny jsou vybaveny sofistikovanými kontrolními systémy, které neustále monitorují provoz reaktoru a zajistí, aby všechny procesy probíhaly bezpečně. Tyto systémy jsou navrženy tak, aby byly schopny reagovat na odchylky od normálu a případně přejít do bezpečnostního režimu (22) (80).

Samotný design reaktoru hraje klíčovou roli v bezpečnosti jaderné elektrárny. Reaktory jsou konstruovány s ohledem na jejich inherentní bezpečnostní vlastnosti. To znamená, že fyzikální a chemické vlastnosti materiálů a procesů v reaktoru jsou takové, že minimalizují riziko havárie samy o sobě (22).

Kromě technických aspektů je důležitým prvkem bezpečnosti jaderných elektráren i školený personál. Operátoři musí být připraveni na rychlou a efektivní reakci na různé situace a krizové scénáře. Pravidelné školení a cvičení jsou nezbytné pro udržení vysoké úrovně bezpečnosti (22) (80).

Elektrárny Dukovany a Temelín jsou neustále modernizovány, aby splňovaly nejnovější bezpečnostní standardy a požadavky na provoz jaderných zařízení. Bezpečnost provozu je sledována a dohledována několika domácími i mezinárodními úřady, včetně Státního úřadu pro jadernou bezpečnost, Mezinárodní agentury pro atomovou energii a organizace WANO (22).

3.5.3 Inovace a perspektivy jaderné energie

Jaderná energie má bohatou historii jako spolehlivý a udržitelný způsob výroby elektřiny s nízkými emisemi skleníkových plynů. V poslední době však přišly inovace v oblasti jaderné energetiky, které mohou změnit náš přístup k této formě energie. Jednou z těchto inovací jsou Malé Modulární Reaktory (MMR).

MMR jsou kompaktní jaderné reaktory, které vynikají svou menší velikostí a modulárním designem. Na rozdíl od klasických jaderných elektráren se MMR vyrábějí ve standardizovaných modulech v továrně. Tato modularita přináší efektivitu ve výrobě a snižuje náklady na výstavbu jaderných elektráren (77).

Co se týče České republiky, energetická společnost ČEZ ohlásila, že provedla předběžné posouzení a identifikovala další dvě preferované lokality pro umístění modulárních reaktorů (SMR). Tyto lokality by mohly vzniknout vedle již plánovaného pilotního projektu v lokalitě Jaderné elektrárny Temelín. Konkrétně se jedná o lokality Dětmárovice a Tušimice, které jsou aktuálně využívány pro provoz uhelných elektráren. Tato iniciativa je součástí širšího plánu společnosti ČEZ s názvem "Vize 2030 do 2040" (78).

3.6 Obnovitelné zdroje energie

Obnovitelná energie je forma energetických zdrojů, které se obnovují v lidském časovém měřítku. Tyto zdroje zahrnují uhlíkově neutrální varianty, jako jsou sluneční záření, vítr, déšť, příliv, vlny a geotermální teplo. Biomasa je také často považována za obnovitelný zdroj energie, i když se v některých případech diskutuje o její uhlíkové neutralitě. V rámci

Evropské unie je též považováno za obnovitelnou energii spalování odpadu (23) (15) (27) (28).

Energetické systémy využívající obnovitelnou energii se stávají stále efektivnějšími a cenově dostupnějšími, a jejich podíl na celkové energetické produkci postupně roste. V roce 2019 představovaly více než dvě třetiny nově instalovaných energetických zdrojů právě z obnovitelných zdrojů energie. Podle zprávy REN21 z roku 2020 měly obnovitelné zdroje energie v roce 2017 významný podíl na celkové energetické produkci ve světě, a to 26,4 % v elektřině, 10,1 % v teple a 3,3 % v dopravě. Mezi lety 2013 a 2018 stoupl podíl obnovitelné energie na celosvětové energetické spotřebě o 7,2 %. Moderní obnovitelné zdroje energie (které nezahrnují tradiční biomasy) dokonce zaznamenaly růst o 21,5 % (29) (16) (30) (31).

3.6.1 Větrná energie

V České republice je zaznamenáno zpoždění v rozvoji větrných elektráren, jak uvedl ministr průmyslu a obchodu Jozef Síkela. V současné době větrná energie představuje pouze 690 GWh elektřiny, což odpovídá přibližně 1 % celkové spotřeby elektřiny v Česku. To je výrazně méně než evropský průměr, který činí 17 %. Pokud se podíváme na větrné elektrárny v České republice, zjistíme, že většina z nich byla postavena před rokem 2012 a v obdobích 2014–2016 a 2019–2020 nebyla v Česku postavena žádná nová větrná elektrárna. Nicméně ministr Síkela plánuje zvýšit podíl větrné energie v Česku až na trojnásobek do roku 2030 (32) (18).

Větrná elektrárna je zařízení, které přeměňuje kinetickou energii větru na elektrickou energii. K tomu využívá větrnou turbínu, kterou je vidět na Obrázku 4. Tato turbína využívá sílu proudícího vzduchu k otáčení rotoru. Mechanická energie rotoru je poté převedena prostřednictvím generátoru na elektrickou energii (19).

Proces začíná tím, že větrná turbína zachycuje kinetickou energii větru. Turbína se skládá z vysoké věže a rotoru s lopatkami. Tyto lopatky jsou navrženy tak, aby mohly efektivně reagovat na sílu větru. Když vítr fouká, dochází k nárazům vzduchu na lopatky, což způsobuje jejich pohyb (19).

Když lopatky rotoru začnou rotovat, přeměňují kinetickou energii větru na rotační mechanickou energii rotoru. Rychlost, jakou se lopatky pohybují, závisí na rychlosti větru. Tímto způsobem se vytváří mechanická síla, která pohání celý systém (17).

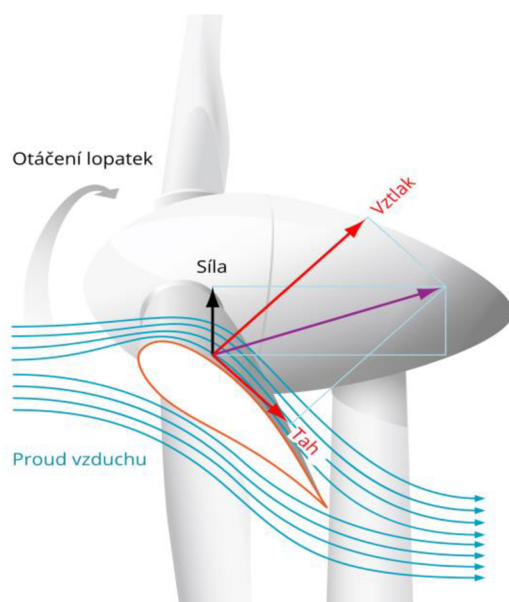
Mechanická energie rotoru se přenáší na generátor, který je umístěn uvnitř větrné turbíny. Generátor obsahuje elektromagnetické cívky a rotor. Když se rotor otáčí, generuje

se magnetické pole, což indukuje elektrický proud v cívkách generátoru. Tento princip je znám jako elektromagnetická indukce a byl objeven Faradayem (17).

Elektrický proud generovaný generátorem je střídavý (AC). Než se dostane do elektrické sítě, musí být převeden na stejnosměrný proud (DC). Toho lze dosáhnout pomocí usměrňovače, což je zařízení, které převádí střídavý proud na jednosměrný (17).

Předtím, než elektrická energie opustí větrnou turbínu, je její napětí zvýšeno na vysoké hodnoty, což je vhodné pro přenos elektřiny po elektrických vedeních. To se děje v transformátoru uvnitř větrné turbíny (17).

Obrázek 4 Vztlakový princip otáčení lopatek větrného stroje



Zdroj: Svetenergie.cz, VĚTRNÁ ELEKTRÁRNA. Dostupné z: <https://www.svetenergie.cz/cz/energetika-zblizka/obnovitelne-zdroje-energie-pro-deti/vetrna-energie-pro-deti/vetrna-elektrarna/jak-funguje>

Vysokonapěťový stejnosměrný proud je přiveden do elektrické sítě pomocí vysokonapěťových vedení. Odtud je distribuován do měst, obcí a domů, kde může být využit pro osvětlení, topení, provoz různých elektrických zařízení a další energetické potřeby.

Moderní větrné elektrárny jsou vybaveny řídicími systémy, které sledují rychlost větru a optimalizují provoz turbín tak, aby dosáhli co největší efektivity. Pokud je vítr příliš silný nebo příliš slabý, turbíny se mohou vypnout nebo upravit svou rychlost, aby maximalizovaly výkon a životnost (17).

České republice se nacházejí především větrné elektrárny na souši (onshore), což znamená, že jsou postaveny na pevninském území. Můžou být také umístěny na mořském

pobřeží (offshore), ale to v Česku není tak běžné. Česká republika má k dispozici přibližně 300 větrných turbín na více než 70 větrných farmách (81).

3.6.2 Vodní energie

Vodní energie představuje důležitý zdroj energie. Tato forma energie má bohatou historii a byla jedním z prvních alternativních zdrojů energie. Historicky byla vodní energie využívána k pohonu různých zařízení, včetně mlýnů, pil, hamrů a čerpadel. Jedním z nejstarších zařízení bylo vodní kolo, které bylo poháněno proudem vody. Postupem času se využívaná technologie stala efektivnější, díky použití vodních turbín, které využívaly jak kinetickou, tak potenciální energii vody (63) (35).

Dnes má vodní energie klíčovou roli jako obnovitelný a rychle dostupný zdroj elektřiny, zejména když je potřeba vyrobit elektřinu nad rámec kapacity jiných zdrojů, jako jsou například jaderné elektrárny.

V České republice představuje vodní energie pouze 2,5 % celkové spotřeby energie v roce 2022, ale i přesto hrají vodní elektrárny důležitou roli (36).

Na celém území České republiky najdeme průtočné vodní elektrárny, akumulární elektrárny, přečerpávací elektrárny a malé vodní elektrárny (33).

Průtočné elektrárny jsou umístěny na řekách nebo potocích s konstantním průtokem vody. Pracují nepřetržitě podle průtoku vody v řece. Principem průtočných elektráren je využití kinetické energie pohybující se vody k pohonu turbíny. Voda je přiváděna do střediska elektrárny, kde je tato kinetická energie přeměněna na mechanickou energii otáčející turbínu. Ta zase pohání generátor elektřiny, čímž se elektřina produkuje. Průtočné elektrárny jsou ideální pro řeky s trvalým průtokem vody a jsou stabilním zdrojem obnovitelné energie. Jedním z příkladů průtočné elektrárny v České republice je Vodní elektrárna Štěchovice (Obrázek 5). Tato elektrárna se nachází na řece Vltavě a využívá stabilního průtoku této řeky k výrobě elektřiny. Má instalovaný výkon přibližně 105 MW a je jednou z větších průtočných elektráren v zemi (33) (35) (37).

Akumulární elektrárny mají dvě nádrže umístěné na různých úrovních a využívají rozdíl výšek pro generování elektřiny. Principem je přečerpávání vody z dolní nádrže do horní nádrže v době nízké poptávky po elektřině. Když je vyšší poptávka, voda je spuštěna zpět dolů, čímž pohání turbínu a generuje elektřinu. Tato zařízení pomáhají vyrovnávat výkyvy v dodávce elektřiny do sítě a zajišťují, že elektřina je k dispozici i během špiček poptávky (33).

Obrázek 5 Vodní elektrárna Štěchovice



Zdroj: Nase-voda.cz, Oproti roku 2001 snížil ČEZ v elektrárnách spotřebu pitné vody o polovinu. Nase-voda.cz, 2016. Dostupné z: <https://www.nase-voda.cz/oproti-roku-2001-snizil-cez-elektrarnach-spotrebu-pitne-vody-polovinu/>

Jako příklad akumulární elektrárny můžeme uvést elektrárnu Orlick (Obrázek 6). Orlick představuje největší, nejvyšší a nejmohutnější přehradu mezi vltavskými přehradami. Nachází se na levém břehu řeky, nedaleko betonové hráze, a byla uvedena do provozu v letech 1960–61. Impozantní betonová tížní hráz, dlouhá 450 metrů, dosahuje v koruně výšky 91 metrů. Plocha nádrže se rozkládá na 68 kilometrech Vltavy, 23 kilometrech Otavy a 7 kilometrech Lužnice, přičemž její největší hloubka činí 74 metrů (38) (39).

Co se týče objemu zadržené vody, přehrada Orlick drží prvenství v České republice. Trvalý objem nádrže stanovený na kótě 330,0 metru činí 280 milionů kubických metrů. Celkový objem nádrže čítá 374,5 milionu kubických metrů, z toho využitelný objem nad úrovní 351,6 metru dosahuje 85 milionů kubických metrů. Bezpečnostní objem nad touto hladinou činí 62,1 milionu kubických metrů, s maximální hladinou na úrovni 354,0 metrů nad mořem. Celkový maximální teoretický objem vody tak může dosáhnout až 716,6 milionu kubických metrů (40).

Obrázek 6 Vodní elektrárna Orlík



Zdroj: IDNES.CZ, OBRAZEM: Orlík, přehrada s krvavou pověstí, slaví 50 let. IDNES.CZ 2010. Dostupné z: https://www.idnes.cz/zpravy/domaci/obrazem-orlik-prehrada-s-krvavou-povesti-slavi-50-let.A100820_164105_praha-zpravy_sfo

Přečerpávací elektrárny jsou podobné akumulacím elektrárnám, ale jsou zaměřeny na regulaci celého elektroenergetického systému. Tyto elektrárny přečerpávají vodu z jedné nádrže do druhé v době nízké poptávky po elektřině a poté ji zpět pouštějí, aby se generovala elektřina v době vyšší poptávky nebo za využití obnovitelných zdrojů energie. Přečerpávací elektrárny pomáhají udržovat stabilitu elektrické sítě a optimalizovat využití energie (33).

V České republice je několik přečerpávacích elektráren, a Největší elektrárnou v České republice je přečerpávací elektrárna Dlouhé stráně (Obrázek 7), která je oblíbeným turistickým cílem v Jeseníkách na severovýchodním území České republiky, která má instalovaný výkon 2 x 325 MW.

Tato elektrárna plní v elektrizační soustavě několik klíčových funkcí, a to - statickou, dynamickou a kompenzační. Statická funkce spočívá v přeměně nadbytečné energie v soustavě na energii špičkovou. V době, kdy je přebytek elektrické energie v síti, což se často vyskytuje v noci, se voda čerpá z dolní nádrže do horní. Naopak, v době nedostatku elektřiny, elektrárna pracuje v turbínovém režimu a generuje elektrický proud. Dynamická funkce elektrárny spočívá v její schopnosti fungovat jako výkonová rezerva pro elektrický systém, vytvářet regulační výkon a energii a podílet se na řízení kmitočtu elektrické sítě. Kompenzační provoz slouží k regulaci napětí v elektrické soustavě.

Obrázek 7 Elektrárna Dlouhé stráně



Zdroj: Barančík, Jan. Archiv ČEZ, PVE Dlouhé stráně. Dostupné z: <https://www.reded.cz/redmag-online/pve-dlouhe-strane/>

Elektrárna Dlouhé stráně je realizována jako podzemní zařízení. Oba soustrojí včetně turbín jsou umístěny v podzemní kaverně o rozměrech 87,5 x 25,5 x 50 metrů. Kromě turbínové kaverny se v podzemí nachází také komora transformátorů o rozměrech 115 x 16 x 21,7 metrů. V této komoře jsou instalovány dva blokové trojfázové transformátory, rozvodny 22 kV a další potřebné zařízení.

Horní nádrž je propojena s podzemní elektrárnou dvěma přivaděči, z nichž každý slouží pro jedno soustrojí. Tyto přivaděče mají délku 1 547 metrů a 1 499 metrů. Dále je elektrárna spojena s dolní nádrží dvěma odpadními tunely o průměru 5,2 metru. Tyto tunely mají délku 354 a 390 metrů. Dolní nádrž se nachází na říčce Divoká Desná. Celkový objem této nádrže činí 3,4 milionu kubických metrů, s výškou hráze 56 metrů a rozsahem kolísání hladiny 22,2 metru.

Naopak horní nádrž se nachází na hoře Dlouhé Stráně v nadmořské výšce 1350 metrů a má celkový objem 2,72 milionu metrů krychlových. Technologický proces elektrárny zajišťují dvě reverzní turbosoustrojí, každé s výkonem 325 MW. Při čerpadlovém režimu dosahuje výkon reverzní turbíny 312 MW, zatímco při turbínovém režimu dosahuje až 325 MW.

Kromě toho, na povrchu se nachází správní budova s velínem, objekt vývodového pole s rozvodnou o napětí 400 kV, dílny, sklady, garáže, čistírna odpadních vod a úpravná vody (33).

Malé vodní elektrárny (MVE) jsou umístěny na menších tocích a řekách a mají nižší výkon než velké elektrárny. Tyto MVE často slouží pro místní komunity a mohou být integrovány do místních energetických sítí. I přesto, že mají nižší kapacitu, představují stabilní zdroj obnovitelné energie pro malé oblasti. MVE jsou flexibilní a mohou být adaptovány na specifické potřeby dané lokality. Reálným příkladem malé vodní elektrárny v České republice je Malá vodní elektrárna Český Krumlov. Tato elektrárna se nachází na řece Vltavě a má nižší výkon než větší elektrárny. Je integrována do místní energetické sítě a slouží k zásobování místní komunity elektřinou. Má instalovaný výkon kolem 1 MW (33).

Kromě těchto čtyř hlavních typů vodních elektráren existují také další inovativní technologie využívající vodní energii, jako jsou přílivové elektrárny, které využívají odlivy a přílivy mořské vody, a experimentální technologie, které zkoumají nové způsoby získávání energie z vodního proudu (33).

K roku 2018 bylo provozováno v CR 11 velkých vodních elektráren s instalovaným výkonem nad 10 megawattů (MW) a 1 614 malých vodních elektráren (MVE) s instalovaným výkonem do 10 MW. Velké vodní elektrárny měly celkový instalovaný výkon 1918 MW, zahrnující jak akumulární elektrárny (743 MW), tak i průtočné elektrárny (743 MW), tak i přečerpávací elektrárny (1175 MW). Tyto elektrárny pracují v různých režimech v závislosti na aktuální potřebě elektřiny (34).

3.6.3 Sluneční energie

Sluneční energie je obnovitelným zdrojem energie, který vychází ze slunečního záření vznikajícího díky jaderným reakcím ve Slunci. Slunce se nachází ve středu naší sluneční soustavy a skládá se hlavně z vodíku (přibližně 92,1 % hmotnosti) a helia (přibližně 7,8 % hmotnosti). Hlavním mechanismem, jakým Slunce vytváří energii, je termonukleární fúze. V jádru Slunce probíhají jaderné reakce, při nichž dochází k slučování atomů vodíku do atomů helia za vysokých teplot a tlaku. Tento proces uvolňuje enormní množství energie ve formě světla a tepla. Tento zdroj energie se považuje za nevyčerpatelný, neboť se předpokládá, že Slunce bude vyzařovat energii ještě miliardy let. Sluneční energie se dostává na Zemi a nabízí mnoho různých aplikací a využití (26) (24).

V České republice, kde průměrná intenzita slunečního záření podle informace ČEZ činí přibližně 300 W/m² a ročně připadá na 1 m² plochy 800–1250 kWh energie, má

sluneční energie velký potenciál pro výrobu elektřiny a ohřev vody. V zemi existuje několik způsobů, jak tuto sluneční energii využít pro produkci elektřiny a ohřev vody (25).

Fotovoltaické panely, také známé jako solární panely, přímo přeměňují sluneční záření na elektřinu. Tyto panely jsou instalovány na střechách budov, na pozemcích a ve větších fotovoltaických elektrárnách, a slouží zejména k výrobě elektřiny pro domácnosti a komerční provozy. Solární tepelné kolektory zachycují sluneční teplo a využívají ho k ohřevu vody. Tato metoda je ideální pro ohřev teplé vody v domácnostech a podporu vytápění. Některé domácnosti a menší provozy si mohou nainstalovat svépomocné solární systémy pro ohřev vody a výrobu elektřiny. Tyto systémy mohou být finančně efektivní a snižují závislost na tradičních energetických zdrojích. Vedle fotovoltaických panelů na střechách existují i větší solární elektrárny umístěné na pozemcích, které mohou dodávat elektřinu do elektrické sítě (26) (24).

Kromě fotovoltaických panelů na střechách existují také větší solární elektrárny umístěné na pozemcích, které mohou dodávat elektřinu do elektrické sítě. Solární teplárny využívají sluneční energii k produkci tepla, což může sloužit k vytápění budov, ohřevu vody nebo k provozu průmyslových procesů.

Koncept solární architektury zahrnuje návrh budov a infrastruktury tak, aby co nejlépe využívaly sluneční energii. To může zahrnovat orientaci budov směrem k jihu, využití slunečního světla pro osvětlení a pasivní ohřev interiéru. Modernizace existujících budov a systémů může zahrnovat instalaci solárních technologií pro zlepšení energetické efektivity a snížení spotřeby elektřiny.

V roce 2021 bylo v Česku připojeno celkem 9 321 nových fotovoltaických elektráren, což představuje nárůst o 3 028 instalací oproti roku 2020. Tyto elektrárny jsou převážně menší střešní systémy. V roce 2021 bylo proplaceno přibližně 6 500 žádostí o dotaci na výstavbu domácích solárních elektráren z programu "Nová zelená úsporám." Většina žadatelů se rozhodla pro hybridní systémy s ukládáním elektřiny do baterie. České domácnosti se stále více zajímají o energetickou soběstačnost a investují do vlastních solárních zdrojů (43).

Skupina ČEZ hraje v České republice aktivní roli v oblasti využití sluneční energie a provozuje fotovoltaické elektrárny v 14 lokalitách po celém světě. Celosvětově se podílí fotovoltaiky na celkové produkci elektrické energie podle informace ze článku "Komunální ekologie.cz" od 7. ledna 2022 zvyšuje a očekává se, že fotovoltaika bude pokrývat až 15 %

poptávky po energii v Evropě do roku 2030 a více než 20 % celosvětové produkce elektřiny může pocházet z fotovoltaiky do roku 2050 (25).

Sluneční energie je nejen ekologicky šetrná alternativa, ale také ekonomicky výhodný způsob výroby energie, který může přispět k ochraně životního prostředí snížením emisí skleníkových plynů (24).

3.6.4 **Biomasa**

Biomasa je cenným zdrojem energie, který se skládá z organických materiálů, jako jsou dřevo, rostlinné zbytky, zemědělské odpady, komunální odpady a bioplyn. Tato organická hmota obsahuje energii ve formě uhlovodíků, které lze využít pro výrobu tepla a elektřiny. Biomasa může existovat ve formě pevné, kapalné nebo plynné, což znamená, že existuje mnoho různých způsobů, jak ji využít (44) (45).

Biomasa má široké spektrum aplikací, a to včetně vytápění domů, průmyslových zařízení a veřejných budov. Energie z biomasy se získává několika způsoby, zahrnující spalování, anaerobní rozklad a chemické procesy (45).

Spalováním biomasy, ať už ve formě pevného paliva (dřevo, štěpka), kapalného paliva (biooleje) nebo plyného paliva (bioplyn). Tyto procesy se provádějí v speciálních zařízeních, jako jsou kotle a spalovací jednotky. Při spalování se biomasa spálí za vysokých teplot, což uvolňuje teplo, které lze použít pro vytápění, ohřev vody nebo k výrobě elektřiny.

Další možností je anaerobní rozklad, kde organická biomasa, včetně zemědělských odpadů, potravinových zbytků a organického odpadu z domácností, může být v anaerobních podmínkách (bez přístupu vzduchu) rozkládána mikroorganismy. Tento proces vytváří bioplyn obsahující metan. Bioplyn lze spalovat pro výrobu tepla a elektřiny (44) (45).

Biomasa může být rovněž využita pro chemické procesy, jako je pyrolýza a plynofikace. Pyrolýza je proces, při kterém se biomasa zahřívá za nízkého nebo žádného kyslíku, což vede ke vzniku plyného produktu a uhlíkových zbytků. Plynofikace zahrnuje vytváření syngasu (směs vodíku a oxidu uhelnatého) z biomasy, který může být použit pro výrobu elektřiny nebo jako palivo pro různé průmyslové procesy (45).

Dalším využitím biomasy je výroba biopaliv, jako jsou bioetanol a biodiesel. Tyto biopaliva mohou být použita jako náhrada za tradiční fosilní paliva v dopravě a výrobě energie (44) (45).

Nakonec, biomasa hraje klíčovou roli v produkci elektřiny. Při spalování biomasy v elektrárnách se produkuje pára, která pohání turbíny a generátory. Biomasa může být také konvertována na bioplyn, který lze spalovat pro výrobu elektřiny (44) (45).

V České republice se biomasa získává z různých zdrojů, včetně lesního hospodářství, zemědělských odpadů a bioplynových stanic. Je také využívána pro výrobu biopaliv, což přispívá k udržitelnější energetické produkci a snižování emisí skleníkových plynů (45).

3.7 Ekologie a udržitelnost v energetice

3.7.1 Ekologické dopady různých zdrojů energie

Ekologické dopady při výrobě elektrické energie jsou důležitým tématem v současném světě, kde se snažíme řešit klimatickou krizi a omezit negativní vlivy na životní prostředí. Výroba elektřiny může mít různé ekologické dopady, které závisí na způsobu, jakým je tato energie vyrobena, a na tom, kde se nacházíme. Zde se podíváme na obecné ekologické dopady při výrobě elektřiny a zaměříme se také na situaci v České republice.

Emise skleníkových plynů představují závažný problém v kontextu výroby elektřiny. Jednou z hlavních složek těchto emisí je oxid uhličitý (CO₂), který výrazně přispívá k globálnímu oteplování a klimatickým změnám. Tento problém je významný nejen na globální úrovni, ale také v České republice, kde se elektřina vyrábí z různých zdrojů (46).

Fosilní paliva, jako jsou uhlí, ropa a zemní plyn, představují stále běžné palivové zdroje pro výrobu elektřiny. Spalování těchto paliv v elektrárnách generuje významné množství CO₂, což má vážné důsledky pro životní prostředí. V České republice byl oficiálně stanoven emisní faktor elektřiny na přibližně 0,43 tuny CO₂ na megawatthodinu (tCO₂/MWh) na jeden zdroj. Toto číslo ukazuje, že průměrně se při výrobě 1 megawatthodiny elektřiny v ČR uvolní 0,43 tuny CO₂, což odpovídá 430 kg CO₂. Emisní faktor elektřiny je vážený průměr emisí ze všech elektráren, a zohledňuje různé zdroje energie, jako jsou uhlí, jaderná energie a vodní elektrárny (46).

Emisní faktor pro elektrárny spalující uhlí činí přibližně 0,36 t CO₂ ekv./MWh). Naopak, hlavní obnovitelné zdroje energie, jako jsou větrné elektrárny, fotovoltaické panely a vodní elektrárny, mají emisní faktor uvedený na nulu. Tímto způsobem je v tomto materiálu obnovitelným zdrojům energie přisuzován status "bezuhlíkových" (46).

Druhým významným problémem při výrobě elektrické energie je znečištění ovzduší. Toto znečištění vzniká emisemi různých škodlivých látek do atmosféry, které jsou

produkovány při spalování fosilních paliv a dalších procesech spojených s energetickým průmyslem.

Jedním z hlavních znečišťujících faktorů jsou emise oxidu síry (SO₂) a oxidu dusíku (NO_x). Tyto látky negativně ovlivňují kvalitu ovzduší a přispívají k vytváření kyselých dešťů, smogu a dalším ekologickým problémům. Také emise částic, které mohou obsahovat různé toxické látky, představují významný problém spojený s energetickým průmyslem (47).

V České republice byla přijata opatření na snižování těchto emisí, včetně instalace čistících zařízení a používání paliv s nižším obsahem síry. Přesto stále existují elektrárny, které využívají zastaralé technologie a přispívají k znečištění ovzduší.

Pokrok směrem k čistší výrobě elektřiny má klíčový význam pro ochranu životního prostředí a lidského zdraví. Investice do obnovitelných zdrojů energie, jako jsou větrné elektrárny, solární panely a vodní elektrárny, mohou výrazně snížit znečištění ovzduší a emise skleníkových plynů. Dále je důležité pokračovat v modernizaci existujících elektráren a přechodu na paliva s nižším obsahem síry.

Těžba fosilních paliv, jako jsou ropa, uhlí a zemní plyn, má významný ekologický dopad na životní prostředí během procesu výroby energie.

Tato činnost často prováděná s sebou nese destrukci přírodního prostředí, zahrnující zničení lesů a mokřad, což má za následek ztrátu biodiverzity a narušení ekosystémů, což vede k ohrožení mnoha druhů rostlin a živočichů. Příkladem může být těžba uhlí v severních Čechách (49).

Těžba a zpracování fosilních paliv mohou také způsobit znečištění vodních zdrojů. Úniky ropy do oceánů, výlevy chemikálií a toxických látek mohou mít katastrofální důsledky pro vodní ekosystémy a ohrozit zdraví lidí, kteří jsou závislí na těchto zdrojích vody. Elektrárny, které chladí svá zařízení vodou, mohou způsobit zvýšení teploty vodních toků, což může ohrozit vodní organismy (49).

V energetickém průmyslu se generuje různorodý odpad, jehož nevhodné nakládání může způsobit negativní dopady na životní prostředí. Při spalování uhlí a biomasy v elektrárnách například vzniká popílek a popelíny. Tyto odpady často obsahují toxické látky a těžké kovy, jejichž nedostatečná likvidace může způsobit znečištění půdy a vodních zdrojů.

Jaderné elektrárny také generují nebezpečný jaderný odpad, který vyžaduje dlouhodobé úložiště. Neschopnost správně nakládat s tímto odpadem nebo jeho únik může mít katastrofální důsledky pro životní prostředí a zdraví lidí.

3.7.2 Technologické inovace směřující k nižšímu ekologickému zatížení

Celosvětově se pozoruhodně rozvíjí oblast obnovitelných zdrojů energie (OZE). K roku 2021 dosáhla celková instalovaná kapacita solárních panelů úctyhodných 770 gigawattů (GW), což znamená dvojnásobek oproti stavu z roku 2015. Současně kapacita větrných elektráren přesáhla 743 GW (51).

Jedním z nejambicióznějších projektů je Mezinárodní termonukleární experimentální reaktor (ITER) v Jižní Francii, jehož cílem je dosáhnout jaderné fúze pro energetické účely. K roku 2021 dosáhl tento projekt významného pokroku, avšak bude trvat další desetiletí, než dosáhne komerčního provozu (52).

V České republice aktivně probíhá modernizace uhelných elektráren s cílem výrazně snížit emise CO₂. Jedním z význačných projektů v této oblasti je modernizace elektrárny Ledvice, která má potenciál snížit emise o více než 40 % (53).

Zároveň má Česká republika plány na rozšíření jaderné energetiky a výstavbu nové jaderné elektrárny, a to Temelín 3. a 4. bloku, s celkovou kapacitou 2 400 MW (54).

V oblasti chytrých sítí (Smart Grids) byla v České republice v roce 2020 dokončena modernizace celkem 22 710 kilometrů elektrických vedení a byly instalovány chytré měřiče u 3,16 milionů zákazníků. (Zdroj: Energetický regulační úřad) (55).

Tyto údaje ukazují, že jak celosvětově, tak v České republice probíhají významné technologické inovace, které mají za cíl snížit ekologické zatížení výroby elektrické energie a přispět k udržitelnější energetické produkci.

3.8 Ekonomické aspekty výroby elektřiny

3.8.1 Náklady a ekonomické faktory spojené s různými způsoby výroby elektřiny

Náklady a ekonomické faktory spojené s výrobou jaderné energie v České republice jsou klíčovými faktory, které ovlivňují udržitelnost energetického sektoru. Výstavba a provoz jaderných elektráren si vyžadují vysoké investice. Tyto náklady zahrnují financování stavebních projektů, nákup zařízení a technologií a také zajištění vysokých bezpečnostních standardů. Modernizace a bezpečnostní opatření představují další faktor zvyšující provozní náklady jaderných elektráren. Aktualizace technologií a vybavení je nezbytná k udržení bezpečného provozu a splnění regulátorů.

Po dokončení výstavby mají jaderné elektrárny relativně nízké provozní náklady, zejména díky tomu, že palivo ve formě jaderných tyčí je relativně levné a má dlouhou životnost. To umožňuje efektivní výrobu elektřiny po dlouhou dobu.

Je však důležité brát v úvahu i dodatečné náklady spojené s vyřazením jaderných elektráren a nakládáním s jaderným odpadem. Tyto procesy vyžadují finanční zajištění a komplexní plánování.

Naopak elektrárny spalující fosilní paliva čelí stále rostoucím nákladům na modernizaci a snižování emisí. Palivo, zejména uhlí, tvoří značnou část provozních nákladů.

Pokud jde o obnovitelné zdroje energie, instalace větrných elektráren a solárních panelů vyžaduje vysoké počáteční investice. Po instalaci mají obnovitelné zdroje energie nízké provozní náklady, protože nepotřebují pohonné hmoty. Jejich ekonomiku může ovlivňovat změna počasí, což může ovlivňovat jejich výkon. Mnoho zemí podporuje obnovitelné zdroje energie prostřednictvím subvencí a zvýhodněných tarifů, což může snížit náklady pro investory.

3.8.2 **Cena elektřiny**

Jedním z klíčových principů elektrické sítě je, že výroba elektřiny musí být vždy přibližně na stejné úrovni jako její spotřeba. Pokud je spotřeba elektřiny výrazně vyšší než produkce, generátory elektřiny mohou čelit velkému tlaku. Naopak, pokud je výroba elektřiny výrazně vyšší než spotřeba, může dojít k poškození elektrického rozvodného systému. V extrémních případech to může vést k přerušení dodávky elektřiny, což se nazývá blackout (79).

Spotřeba elektřiny se během dne mění, obvykle je vyšší během dne než v noci. Během zimního období stoupá poptávka z důvodu vytápění, ale kvůli klimatickým změnám a rostoucí potřebě klimatizace se očekává, že spotřeba elektřiny bude růst i v letních měsících.

Spotřebu elektřiny lze do určité míry předpovídat, což umožňuje plánování výroby elektřiny. Toto plánování probíhá na energetických burzách a řídí ho operátor přenosové soustavy, který v České republice zastupuje společnost ČEPS. Tato organizace sleduje aktuální spotřebu elektřiny a zajistí, aby produkce a spotřeba byly vyváženy (79).

Cena elektřiny na trhu se určuje porovnáním poptávky po elektřině od zákazníků s nabídkovými cenami od různých elektráren. Tento proces probíhá na energetických burzách, jako je například PXE v Praze. Elektrárny s nejnižšími nabídkovými cenami jsou vybírány

k výrobě elektřiny, dokud je pokryta celá poptávka. Ceny se nastavují tak, aby vyrovnaly poptávku a nabídku na trhu (79).

Ceny elektřiny jsou také ovlivňovány tím, jaké druhy zdrojů energie jsou v daném okamžiku dostupné. Elektrárny využívající energii ze slunce nebo větru mají nízké variabilní náklady, protože tyto zdroje energie jsou zdarma. To znamená, že jsou ochotny nabízet elektřinu za nižší ceny. Na druhé straně elektrárny spalující zemní plyn mají vyšší variabilní náklady, což znamená, že jsou citlivé na zvýšení cen plynu (79).

3.8.3 Srovnání energetických mixů v České republice a v sousedních zemích

Česká republika je středně velkým producentem elektřiny v rámci Evropské unie a má dlouhou historii v oblasti energetiky. Dominantním zdrojem elektřiny v České republice je jaderná energie, která přispívá zhruba třetinou celkové produkce elektřiny. V zemi jsou provozovány dvě jaderné elektrárny: Dukovany a Temelín. Tyto elektrárny jsou klíčovými producenty elektřiny a zajišťují energetickou nezávislost České republiky.

Fosilní paliva, zejména uhlí, stále hrají významnou roli v energetickém mixu České republiky. Česká republika má několik uhelných elektráren, které vyrábějí elektřinu, ačkoli jejich podíl na produkci elektřiny postupně klesá. Tento klesající trend je v souladu s národními a evropskými snahami o snižování emisí CO₂ a přechodu k udržitelnějším energetickým zdrojům.

V oblasti obnovitelných zdrojů energie začíná Česká republika také nabývat na významu. Rozvoj větrných elektráren a solárních panelů je patrný, i když zatím mají tyto zdroje menší podíl ve srovnání s jinými zeměmi. Česká republika se snaží zvýšit podíl obnovitelných zdrojů energie a investuje do nových obnovitelných projektů, aby dosáhla nízkouhlíkových energetických cílů.

3.8.4 Slovensko

Slovensko má silnou závislost na jaderné energii, která tvoří zhruba polovinu celkového energetického mixu a je klíčovým zdrojem elektřiny. Na Slovensku jsou provozovány pět jaderných reaktorů ve dvou jaderných elektrárnách: Jaderná elektrárna Bohunice s dvěma reaktory z 80. let a třemi v Jaderné elektrárně Mochovce, dva z 90. let a třetí byl uveden do provozu v lednu 2023. Celková elektřinová výroba z jaderné energie v roce 2020 činila 15,4 TWh, s jedním dalším reaktorem téměř hotovým v Mochovcích (56).

Slovensko také využívá fosilní paliva, jako jsou uhlí a zemní plyn, ale podíl těchto paliv postupně klesá. Země se aktivně snaží diverzifikovat svůj energetický mix a zvýšit podíl obnovitelných zdrojů energie. Větrné elektrárny a vodní elektrárny mají významný potenciál využití na Slovensku, a jejich podíl na energetickém mixu začíná růst.

3.8.5 **Polsko**

Polský energetický sektor je šestý největší v Evropě. Podle dat Polskie Sieci Elektroenergetyczne (PSE) dosáhla výroba elektřiny v říjnu 2020 hodnoty 13 553 GWh; domácí spotřeba dosáhla 14 798 GWh (57).

Polsko silně závislá na uhlí, které tvoří většinu jejich energetického mixu. Elektrárny spalující uhlí jsou klíčovými zdroji elektřiny v Polsku. Tato závislost na uhlí představuje výzvu v kontextu snižování emisí CO₂ a přechodu k udržitelnějším energetickým zdrojům. Plán, který byl představen v září 2020, je vládní strategie pro palivový a energetický sektor v Polsku, která si klade za cíl dosáhnout do roku 2040 50 % nulových emisí. Tento plán zahrnuje plánovanou výstavbu přímořských větrných farem a uvedení do provozu jaderné elektrárny (58) (59).

3.8.6 **Rakousko**

Rakousko má odlišný energetický mix, kde fosilní paliva, včetně uhlí a zemního plynu, mají pouze malý podíl. Země je známá svým využíváním vodní energie, která tvoří většinu jejich elektřiny. Hlavní vodní elektrárny, jako například Kaprunské vodní elektrárny a Ebenfurtská vodní elektrárna, jsou významnými producenty elektřiny. Plánuje se, že do roku 2030 bude získávat 100 % energie z obnovitelných zdrojů, především z vodní, větrné a solární energie (60) (61).

Rakousko má také významný podíl obnovitelných zdrojů energie, včetně větrných elektráren a solárních panelů. Větrné elektrárny v Alpách a solární panely na střechách domů přispívají k rozvoji obnovitelných zdrojů energie. Rakousko aktivně investuje do těchto technologií a snaží se zvýšit podíl obnovitelných zdrojů energie v energetickém mixu. Toto úsilí je klíčové pro dosažení nízkouhlíkových cílů země (62).

3.8.7 **Německo**

Německo je jedním z největších a nejvýznamnějších producentů elektřiny v Evropské unii. Země prošla v posledních letech významnými změnami ve svém energetickém mixu a

politice v oblasti energie. Jednou z klíčových změn je postupné odstavování jaderné energie v reakci na události jako havárie v jaderné elektrárně v Fukushima v Japonsku. Toto odstavování zahrnuje postupné uzavírání jaderných elektráren v Německu.

Německo se aktivně snaží diverzifikovat svůj energetický mix a snížit svou závislost na fosilních palivech. Země má rozsáhlé větrné elektrárny na pobřeží Severního moře a Baltského moře, což ji činí jedním z lídrů v oblasti využití větrné energie. Solární energie je také v Německu velmi rozšířená, zejména na střechách domů.

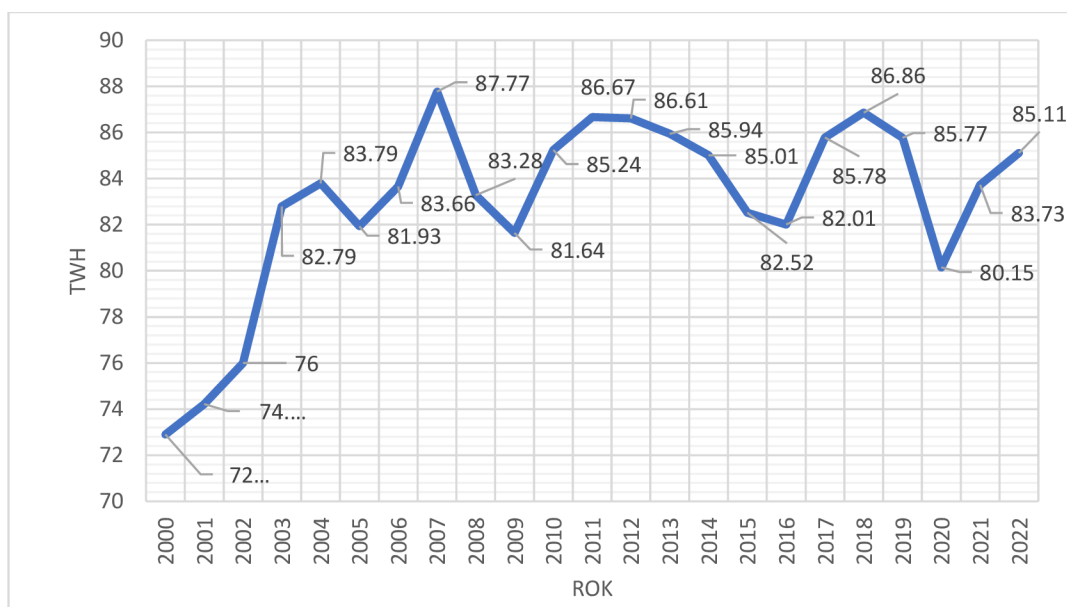
Kromě obnovitelných zdrojů energie využívá Německo zemní plyn a uhelné elektrárny, které v minulosti tvořily významný podíl v energetickém mixu. Země investuje do technologií pro zachycení a skladování uhlíku (CCS) a snaží se snížit emise CO₂.

4 Vlastní práce

4.1 Analýza vývoje výroby elektrické energie v ČR

Na zobrazeném grafu 1 je patrný vývoj výroby elektrické energie v České republice v období od roku 2000 do roku 2022. Na první pohled je zřejmé, že křivka vykazuje kolísavý charakter s výraznou rozptýleností po celou dobu sledovaného období. Podrobnější analýza křivky na grafu a základních charakteristik z tabulky 1 ukazuje, že od roku 2000 do roku 2004 je patrný pravidelný a stabilní růst, což je potvrzeno i průměrnou hodnotou 1. difference ve výši 2,72 TWh (viz Tabulka 2). Dále, podle hodnoty 2. difference (Tabulka 1), která činí -5 TWh, lze usuzovat, že v roce 2003 došlo k nejrychlejšímu růstu výroby, zatímco v roce 2004 se tempo růstu zpomalilo, což je doloženo negativní hodnotou druhé difference -5,7 TWh. Následně v roce 2005 došlo k mírnému poklesu ve výrobě, což je patrné z hodnoty růstového tempa v tomto roce, které činilo 98 %. V následujícím období od roku 2006 do roku 2007 opět došlo k růstu ve výrobě, přičemž v roce 2007 dosáhla produkce elektřiny nejvyšší hodnoty za celé sledované období, a to 87,77 TWh. Tento pozitivní trend svědčí o prosperitě a rozvoji energetického sektoru během těchto let.

Graf 1: Vývoj výroby elektrické energie v ČR v letech 2000-2022 (TWh)



Zdroj: Vlastní zpracování dle dat ERÚ 2024

Nicméně v letech 2008 a 2009 zasáhla světová finanční krize, což vedlo k meziročnímu poklesu výroby elektřiny, jak naznačují hodnoty prvních absolutních diferencí

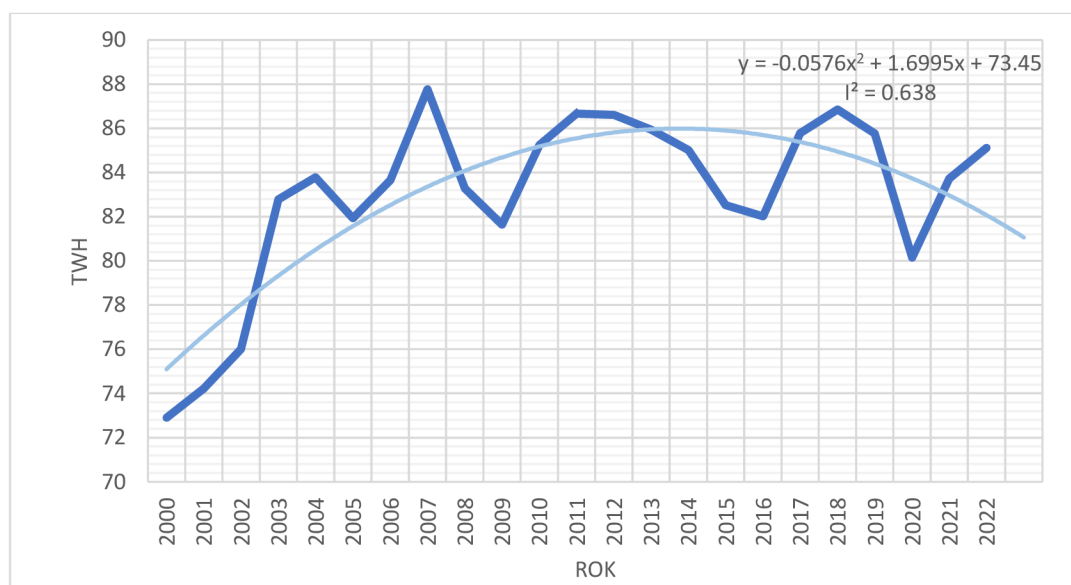
z tabulky 1, konkrétně - 4,49 TWh v roce 2008 a -1,64 TWh v roce 2009. Po překonání této krize následovalo období mírného růstu a poklesů v následujících letech. Růst nebyl tak pravidelný jako v předchozím období, což ukazuje na určitou variabilitu v tempu rozvoje energetického sektoru.

V roce 2020 došlo k výraznému poklesu výroby elektřiny z hodnoty 85,77 TWh v minulém roce na hodnotu 80,15 TWh, což naznačuje tempo růstu s hodnotou 93 % v roce 2020 podle tabulky 1. Toto znamená, že produkce elektřiny klesla o 7 % oproti předchozímu roku. Tento pokles byl přímým důsledkem pandemie Covid-19. Omezení ekonomických aktivit, uzavření podniků a snížená poptávka po elektřině vedly k rapidnímu úbytku v produkci elektřiny. V roce 2021 byl zaznamenán nárůst výroby elektřiny na hodnotu 83,73 TWh, což naznačuje první diference s hodnotou 3,58 TWh. Toto může být spojeno s postupnou obnovou ekonomiky po pandemii Covid-19. Zlepšující se ekonomická situace a obnovená poptávka pravděpodobně přispěly k tomuto nárůstu.

Průměrná výroba elektřiny za celé období od roku 2000 do roku 2022 podle tabulky 2 činí 83,01 TWh. Nejvíce elektřiny bylo vyrobeno v roce 2007 s hodnotou 87,77 TWh, zatímco nejméně v roce 2000 s hodnotou 72,9 TWh.

Ve sledování vývoje výroby elektrické energie byla provedena analýza trendové složky na globální úrovni.

Graf 2: Vývoj výroby elektrické energie v ČR 2000-2022 (TWh) s kvadratickou funkcí trendu



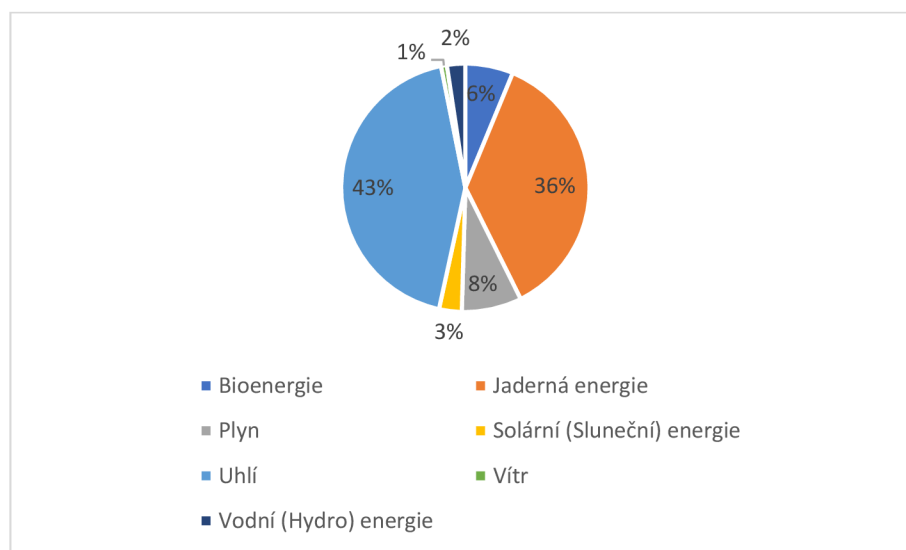
Zdroj: Vlastní zpracování dle dat ERÚ 2024

Tento přístup předpokládá existenci jedné trendové funkce, která popisuje celkový trend během celého časového období. Na základě hodnoty indexu determinace byla zvolena kvadratická funkce, kterou je vidět na grafu 2 ve tvaru $y = -0,0576x^2 + 1,6995x + 73,45$, kde index determinace dosahuje hodnoty $I^2 = 0,638$, což může být považováno za střední míru vysvětlující síly.

4.1.1 Energetický mix ČR

Dále je nutné se zaměřit na jednotlivé zdroje energetického mixu v České republice. Pro to byl vzat rok 2022, neboť je posledním sledovaným obdobím a umožňuje poskytnout aktuální data pro analýzu. Podle výšečového grafu 3, znázorňujícího energetický mix v České republice v roce 2022, lze pozorovat, že největší část energetického portfolia tvoří uhlí, konkrétně s podílem 43 %.

Graf 3: Podíl jednotlivých zdrojů na výrobě elektrické energie v ČR 2022 – TWh

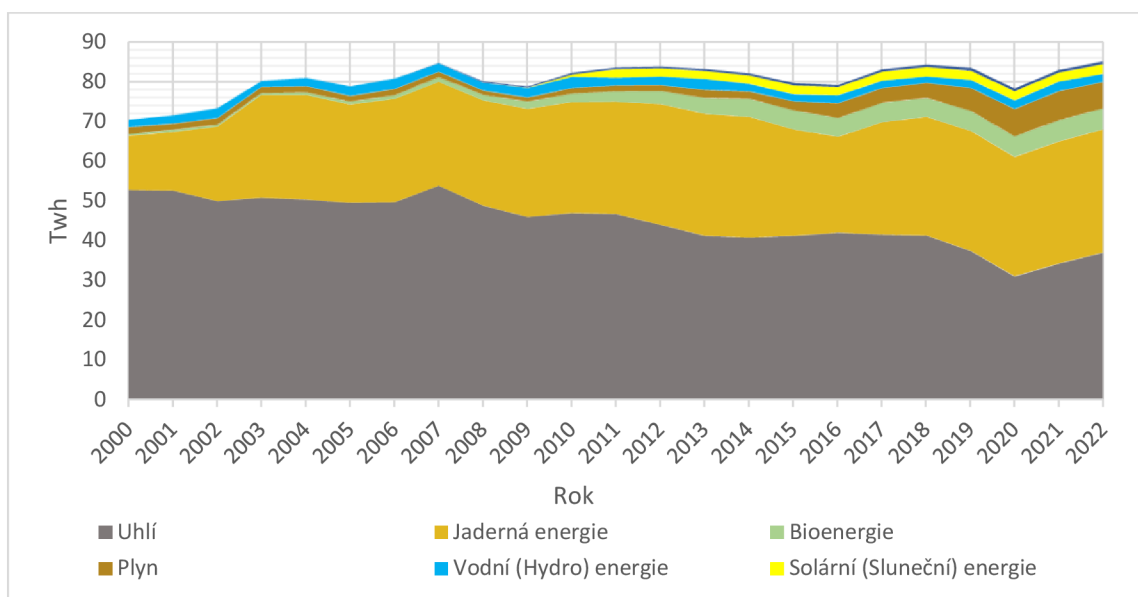


Zdroj: Vlastní zpracování dle dat ERÚ 2024

Na druhém místě jsou jaderné elektrárny s 36 %. Dále následuje plyn s 8 % podílem, 6 % připadá na bioenergii. Z obnovitelných zdrojů má solární energie podíl 3 %, vodní energie 2 % a větrná energie pouze 1 %.

Největší podíl uhlí na celkových zdrojích výroby elektrické energie dokazuje i graf 4, který zobrazuje výrobu elektrické energie v České republice v období od roku 2000 do roku 2022 v čase.

Graf 4: Vývoj výroby elektrické energie v ČR podle jednotlivých zdrojů v období 2000-2022 (TWh)



Zdroj: Vlastní zpracování dle dat ERÚ 2024

Tato linie postupně klesá, ale stále zastává významnou část. Dále je zde jaderná energie, která od roku 2003 narostla a poté se držela přibližně na stejné úrovni. Bioenergie a plyn také zvyšují svou produkci, ale stále mají nízký podíl. Následuje vodní energie, která se od počátku téměř nezměnila během těchto dvaceti let. Solární energie, vzniklá od roku 2010, je přibližně na stejné úrovni jako voda. Větrná energie, která tvoří nejmenší podíl, je velmi slabě rozvinuta.

Dále budou zkoumány jednotlivé zdroje odděleně, aby bylo dosaženo většího přiblížení situace.

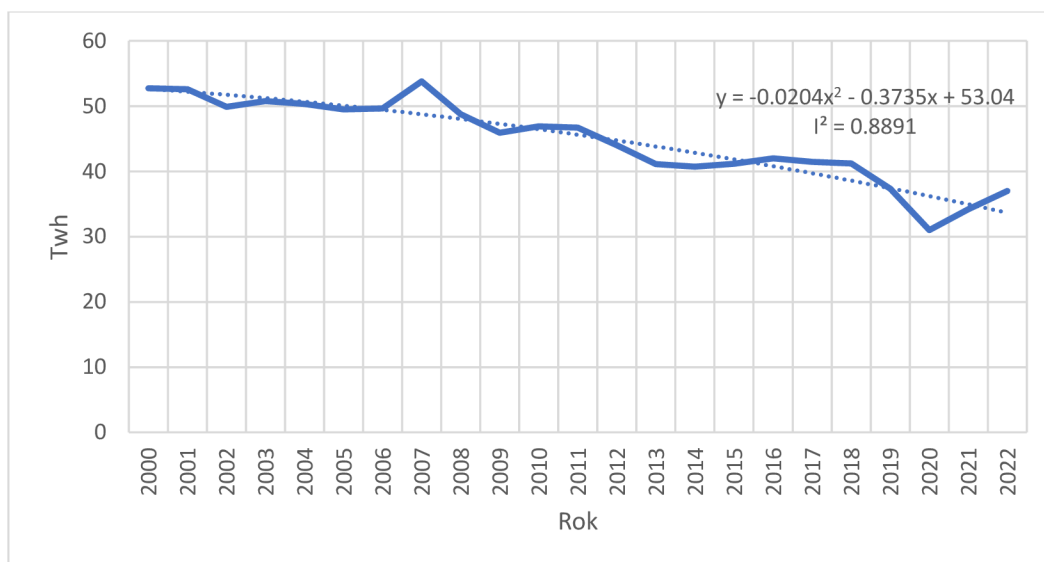
4.1.2 Analýza výroby elektrické energie z uhlí

Prvním a dominantním zdrojem výroby elektrické energie je uhlí, které v roce 2022 představuje největší podíl s 43 % ze všech zdrojů. Celková produkce elektřiny z uhlí dosahuje 36,97 TWh ve stejném roce (Tabulka 3). Podle analýzy grafu 5 vývoje výroby elektřiny z uhlí v daném období a průměrné hodnoty první diference z tabulky 4 s hodnotou -0,71 TWh lze říci, že křivka zaznamenává mírně klesající trend, což může být způsobeno omezeními kvůli dopadu uhlí na životní prostředí. Také při pohledu na graf je dobře vidět, že výroba z uhlí má stabilní vývoj s malou kolísavostí. Tomu tak může být z důvodu, že tento zdroj je relativně stabilní a nezávislý na ekonomických krizích a jiných situacích.

V roce 2007 je pozorováno výrazné zvýšení výroby elektrické energie z uhlí, což je reflektováno růstovým tempem v tomto roce, dosahujícím hodnoty 108 % podle tabulky 3.

V tomto roce také produkce elektřiny z uhlí dosahuje svého maxima za celé sledované období, a to 53,79 TWh. Takový výkyv může být způsoben například zvýšenou poptávkou po elektrické energii nebo změnou cen uhlí na světovém trhu. Následně v roce 2010 dochází k výraznému poklesu výroby, což je zřejmé z grafu 5 a je vidět podle hodnoty 1 difference (Tabulka 3) s hodnotou -6,33 TWh. Tento pokles je také patrný jako minimum ve výrobě elektřiny z uhlí, dosahující hodnoty 31 TWh. Takové snížení je pravděpodobně způsobeno pandemií Covid-19.

Graf 5: Vývoj výroby elektrické energie z uhlí v ČR v letech 2000-2022 (TWh)



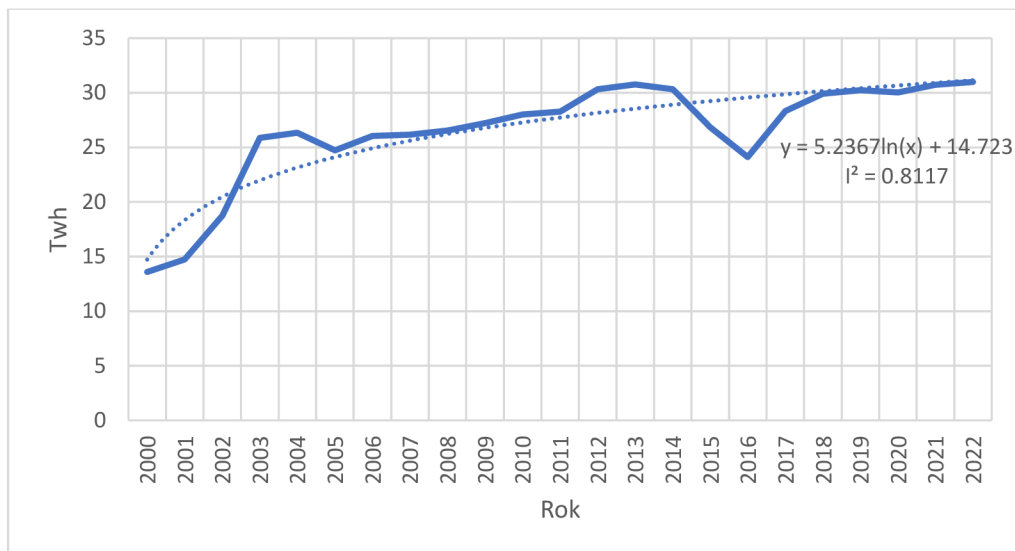
Zdroj: Vlastní zpracování dle dat ERÚ 2024

Provedla se také analýza trendové složky na globální úrovni. Na základě hodnoty indexu determinace byla zvolena kvadratická funkce, kterou lze vidět na grafu 5 jako přerušovanou čáru ve tvaru $y = -0.0204x^2 - 0.3735x + 53.04$, kde index determinace dosahuje hodnoty $I^2 = 0.8891$, což lze považovat za vysokou míru vysvětlující síly.

4.1.3 Analýza výroby elektrické energie jadernými elektrárnami

Dalším zdrojem výroby elektřiny je jaderná energie, která představuje 36 % podílu v Česku v roce 2022 a dosahuje produkce 30,99 TWh (Tabulka 5).

Graf 6: Vývoj výroby elektrické energie jadernou energií v ČR v letech 2000-2022 (TWh)



Zdroj: Vlastní zpracování dle dat ERÚ 2024

Graf 6 prezentuje vývoj ukazatele výroby elektřiny pomocí jaderných elektráren. Z něj je zřejmé, že vývoj výroby elektřiny z jaderných zdrojů mírně roste, což potvrzuje průměrná absolutní diference s hodnotou 0,79 TWh (viz Tabulka 6).

Mezi lety 2000 a 2004 dochází k výraznému růstu výroby elektřiny z jaderných elektráren. Tento růst je patrný i z hodnoty tempa růstu, která dosahuje v roce 2004 hodnoty 102 % (Tabulka 5). Nejrychlejší nárůst výroby je zaznamenán v roce 2003, což dokumentuje pozitivní hodnota druhé diference ve výši 3,14 TWh. V následujícím roce, tedy 2004, je růst výroby pomalejší, jak naznačuje negativní hodnota druhé diference -6,67 TWh (viz Tabulka 5).

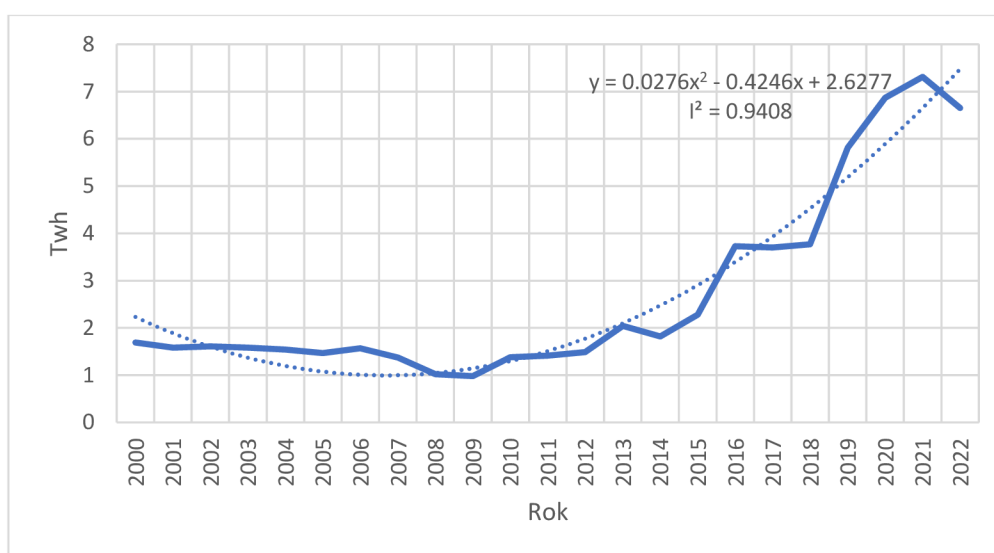
Mezi lety 2005 a 2014 je pozorován další postupný růst výroby, avšak v roce 2015 dochází k výraznému poklesu. To je patrné z negativní hodnoty první diference v roce 2015 ve výši -3,49 TWh a hodnoty -2,74 v roce 2016 (viz Tabulka 5). Tento pokles lze přičíst investicím do obnovitelných zdrojů, které mohly ovlivnit podíl jaderné energie na celkové produkci elektřiny.

Dále, pomocí globální metody s využitím indexu determinace byla, pro popis uplynulého vývoje, zvolena logaritmická funkce ve tvaru $y = 5,2367\ln(x) + 14,723$, s indexem determinace R^2 dosahujícím hodnoty 0,8117, která je zobrazena na grafu 6 přerušovanou čarou.

4.1.4 Analýza výroby elektrické energie plynem

Dalším zdrojem elektřiny v České republice je plyn, který měl v roce 2022 podíl 8 % na celkovém energetickém mixu a dosáhl 6,65 TWh. Při analýze dat výroby za období od roku 2000 do roku 2009 energie klesala velmi pozvolna, což ukazuje průměrná absolutní diference za tento úsek ve výši -0,07 TWh (Tabulka 8). Tato klesající tendence není výrazně patrná ani na grafu 7. V roce 2009 dosáhla nejmenší hodnoty 0,98 TWh, což je polovina hodnoty z roku 2000, což ilustruje i bazický index v roce 2009 s hodnotou 58 % oproti základnímu roku 2000 (Tabulka 7).

Graf 7: Vývoj výroby elektrické energie zemním plynem v ČR v letech 2000-2022 (TWh)



Zdroj: Vlastní zpracování dle dat ERÚ 2024

Od roku 2010 do konce roku 2022 byl zaznamenán výrazný růst produkce, což je jasně patrné na grafu 7, a to ještě více podtrhuje průměrné tempo růstu s hodnotou 118 % (Tabulka 8). Největší tempo růstu bylo zaznamenáno v roce 2016, kdy dosáhlo až 64 % (Tabulka 7) oproti předchozímu roku. Toto rapidní zvýšení signalizuje významný nárůst výroby elektrické energie v daném roce. V roce 2021 dosáhla produkce elektřiny nejvyšší hodnoty, konkrétně 7,31 TWh, což je čtyřikrát více než v referenčním roce podle hodnoty bazického indexu v roce 2021 433 % (Tabulka 7). Podle analýzy 1. diference podle tabulky 8 a grafu 7 lze pozorovat, že trend produkce elektřiny plynem má kolísavý charakter s malou rozptýleností. Z dlouhodobého hlediska je však od roku 2010 rostoucí, což ukazuje průměrná absolutní diference s hodnotou 0,44 TWh.

Dále byla provedena analýza na globální úrovni a k analytickému popisu trendu byla zvolena funkce kvadratická s funkcí $y = 0,0276x^2 - 0,4246x + 2,6277$ a indexem determinace $R^2 = 0,9408$ (viz graf 7). To značí, že daný model je pro popis uplynulého vývoje daného ukazatele vhodný, vysvětluje ho z 94%.

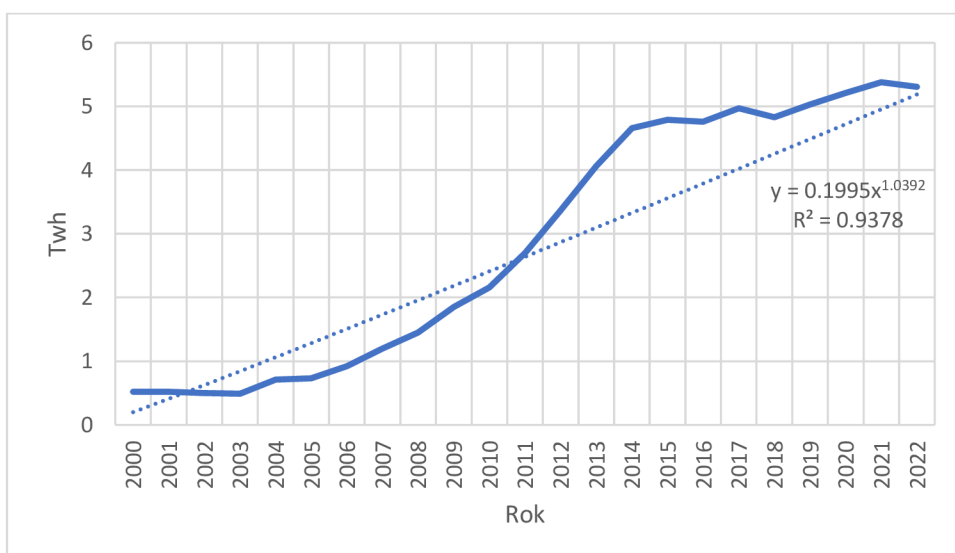
4.1.5 Analýza výroby elektrické energie z bioenergie

Bioenergie má podíl 6 % v celkovém energetickém mixu a její výroba v roce 2022 dosahuje 5,31 TWh. Z grafu 8 je zřejmé, že trend této formy energetiky roste po celou dobu své existence, což potvrzuje i průměrná 1 diference s hodnotou 0,21 TWh (Tabulka 10). Stejný nárůst ukazuje i bazický index z tabulky 9, který v roce 2021 vykazuje desetinásobný nárůst oproti referenčnímu roku 2000.

Dále tempo růstu ukazuje, že výrazný růst přichází v období od roku 2006 do roku 2014, přičemž průměrné tempo růstu dosahuje 23 % (Tabulka 10). Od roku 2015 do konce roku 2022 linie roste velmi pomalu a vykazuje v průměru 2 % tempo růstu (Tabulka 10).

Dále byla provedena analýza na globální úrovni a podle indexu determinace byla zvolena mocninná funkce, která má tvar $y = 0,1995x^{1,0392}$ a indexem determinace $R^2 = 0,9378$. Znamená to, že popisuje minulý vývoj výroby elektrické energie z bioenergie z necelých 94 %.

Graf 8: Vývoj výroby elektrické energie z bioenergie v ČR v letech 2000-2022 (TWh)



Zdroj: Vlastní zpracování dle dat ERÚ 2024

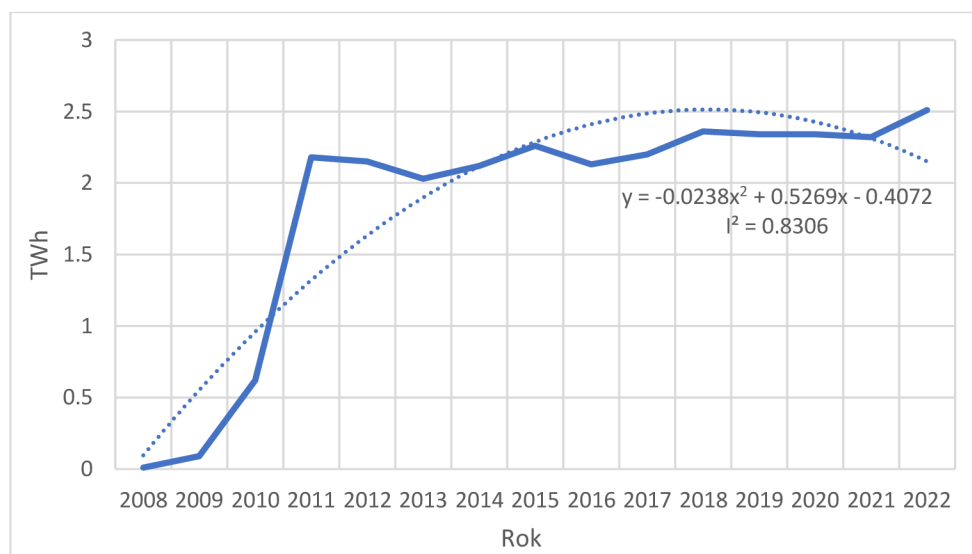
4.1.6 Analýza výroby elektrické energie ze solární energie

Solární energie představuje zdroj výroby energie s 3% podílem na celkovém energetickém mixu a dosáhla výroby 2,51 TWh v roce 2022. Na grafu 9 lze identifikovat, že výroba solární energie začala až v roce 2008, kdy začala hrát klíčovou roli ve světovém energetickém sektoru v reakci na zvýšenou globální povědomí o změnách klimatu a snahu o snížení emisí skleníkových plynů.

Od roku 2008 do roku 2011 výroba energie ze slunce velmi rychle rostla, což potvrzuje průměrná absolutní diference za tři roky ve výši 0,54 TWh (viz Tabulka 12). Nejrychlejší růst tedy byl zaznamenán v roce 2011 podle hodnoty druhé diference s pozitivní hodnotou 1,03 (Tabulka 11). V následujících letech, podle hodnoty průměrné první diference 0,03 TWh (Tabulka 12), výroba elektrické energie ze slunce mírně rostla s malou kolísavostí, což svědčí o stabilitě tohoto zdroje.

Dále byla provedena analýza trendu na globální úrovni a byla zvolena funkce logaritmická ve tvaru $y = 1,0801\ln(x) - 0,3418$ s indexem determinace $I^2 = 0,8223$.

Graf 9: Vývoj výroby elektrické energie z solární energie v ČR v letech 2000-2022 (TWh)



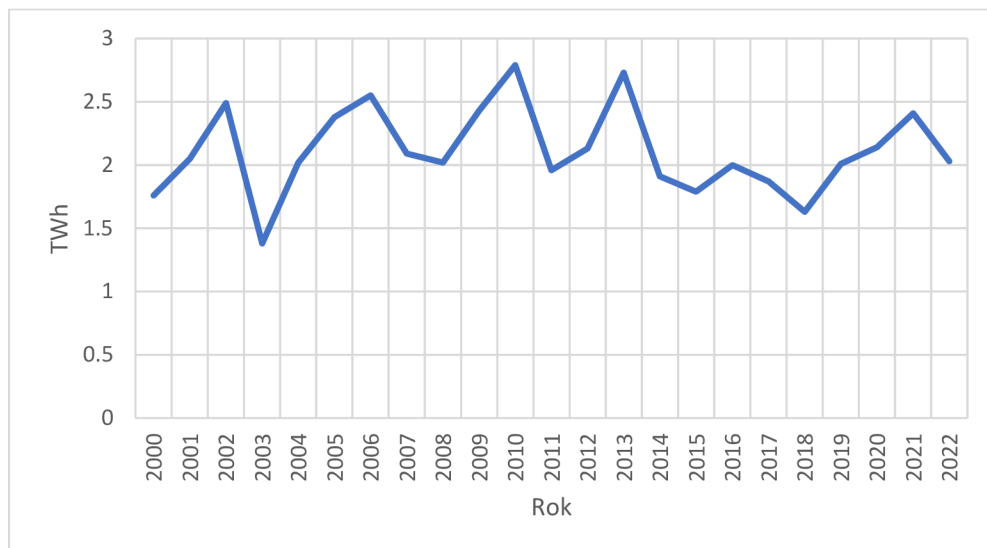
Zdroj: Vlastní zpracování dle dat ERÚ 2024

4.1.7 Analýza výroby elektrické energie z vodní energie

Další zdroj výroby elektrické energie v České republice je vodní energie, která má podíl 2 % na celkovém energetickém mixu a s výrobou v roce 2022 dosáhla 2,03 TWh (Tabulka 13). Na Grafu 10 je zobrazen vývoj výroby vodní energie, kde je patrný velmi kolísavý charakter s vysokou rozptýleností, jak je znázorněno v tabulce 13 pomocí hodnoty

1. diference. Takové změny ve výrobě mohou být způsobeny přírodními vlivy, urbanizací, různorodostí velikostí vodních elektráren a dalšími faktory.

Graf 10: Vývoj výroby elektrické energie z vodních zdrojů v ČR v letech 2000-2022 (TWh)

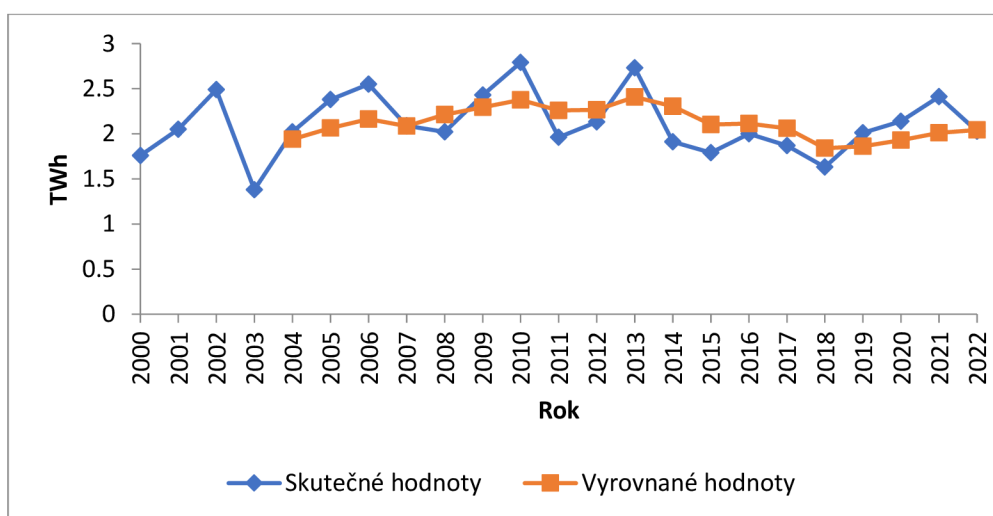


Zdroj: Vlastní zpracování dle dat ERÚ 2024

Nejvíce elektrické energie podle tabulky 13 bylo vyrobeno v roce 2010, a to 2,79 TWh, zatímco nejméně v roce 2003, kdy dosáhla hodnoty 1,38 TWh.

Během analýzy těchto oscilujících trendů bylo uchýleno k mechanickému vyrovnání pomocí klouzavých průměrů, což přináší pohlednější a lépe interpretovatelnou časovou řadu, jak je patrné na přiloženém grafu 11.

Graf 11: Mechanicky vyrovnaná časová řada pomocí klouzavých průměrů výroby elektrické energie z vodních zdrojů v ČR v letech 2000-2022 (TWh)



Zdroj: Vlastní zpracování dle dat ERÚ 2024

Pro dosažení této vyhlazené podoby byl zvolen jednoduchý klouzavý průměr s obdobím 5 let. Tento postup spočívá v tom, že každý bod v klouzavém průměru je vypočítán jako průměr hodnot z posledních 5 let, zahrnující i aktuální rok.

Nově vzniklá časová řada ukazuje menší kolísavost než předchozí nevyhlazená data. Tento jev naznačuje, že krátkodobé fluktuace a náhodné výkyvy byly úspěšně eliminovány, zatímco dlouhodobé trendy jsou lépe zachyceny a interpretovatelné.

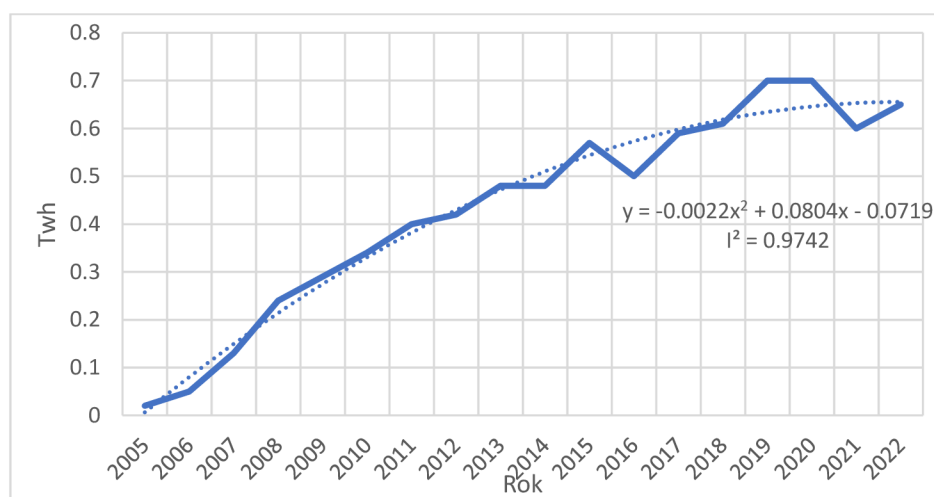
V tabulce 15 jsou prezentována nově vytvořená data reprezentující časovou řadu a základní charakteristiky. Podle těchto charakteristik lze říci, že výroba elektrické energie z vody nevykazuje rostoucí ani klesající trend, ale spíše se drží stabilní s malou mírou kolísavosti. Tento fakt potvrzuje i průměrná hodnota 1. difference, která činí 0,005 TWh.

4.1.8 Analýza výroby elektrické energie z větrné energie

Větrná energie představuje pouze 1 % z celkového energetického mixu v České republice a vyrobila v roce 2022 pouze 0,65 TWh energie. Je však důležité poznamenat, že větrná energie má velmi rostoucí charakter podle grafu 13 po celou dobu od roku 2004, kdy poprvé začala být vyráběna pomocí větrných elektráren, až po rok 2022. Nejrychleji rostla výroba elektřiny v letech 2007 a 2008, což dokládají pozitivní hodnoty druhých diferencí. V roce 2007 byla hodnota druhé difference 0,08 a v roce 2008 dosáhla 0,11 (Tabulka 18). Na celém zbývajícím úseku podle tempa růstu má růst docela kolísavý charakter.

Podle provedené analýzy trendové složky na globální úrovni byla zvolena kvadratická funkce ve tvaru $y = 0,0394x - 0,0245$ s indexem determinace $R^2 = 0,933$.

Graf 13: Vývoj výroby elektrické energie z větrných zdrojů v ČR v letech 2000-2022 (TWh)



Zdroj: Vlastní zpracování dle dat ERÚ 2024

4.2 Vývoj výroby elektrické energie v sousedních státech České republiky

4.2.1 Německo

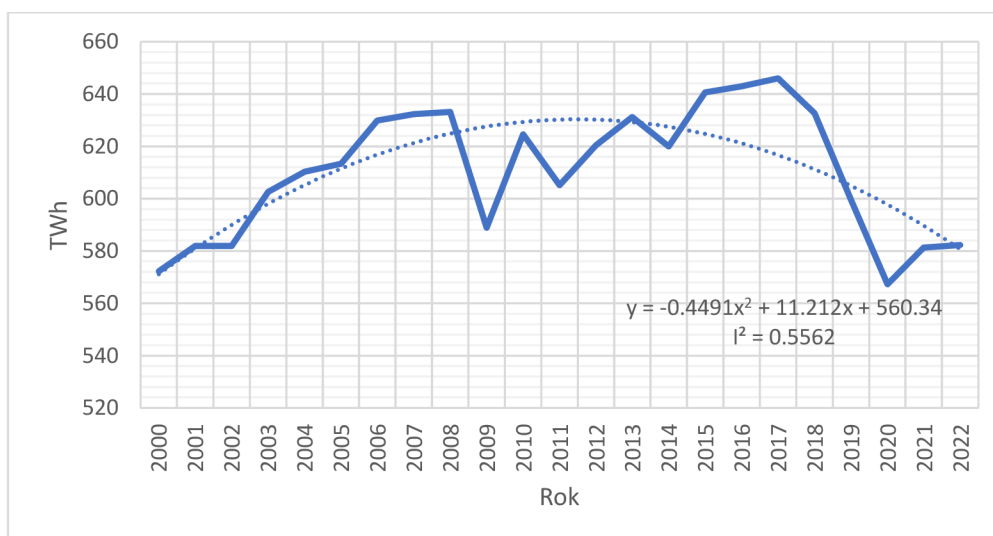
V Německu byla v letech 2000 až 2022 průměrná výroba elektřiny rovna 610,46 TWh podle tabulky 20. Dále, jak ukazuje graf 14, křivka má kolísavý charakter s vysokou rozptýleností, což je patrné i z hodnot první diference za celé období.

Od roku 2000 do roku 2008 docházelo k výraznému růstu výroby energie v Německu s malými fluktuacemi, což je zřejmé z grafu a potvrzuje to také průměrné tempo růstu za tento časový úsek s hodnotou 107 % (Tabulka 20). Dále je zřejmý výrazný propad v roce 2009, což ukazuje i hodnota první diference, která činí -44,26 TWh (Tabulka 19). Toto snížení může být způsobeno například ekonomickou krizí nebo jinými vnějšími faktory.

V letech 2010 až 2017 opět výroba elektřiny mírně rostla, podobně jako v období od roku 2000 do roku 2008, ale s větší fluktuací.

Dále od roku 2018 do roku 2020 došlo k výraznému poklesu výroby elektřiny, a v roce 2020 dosáhla nejnižší hodnoty za celé zkoumané období, a to 567,27 TWh. Tento pokles je patrný z grafu a ukazuje průměrné tempo růstu za tento časový úsek jako 96 % (tabulka 20). Takový propad v datech může být způsoben pandemií Covid-19, která měla významný dopad na ekonomiku a průmysl, včetně energetického sektoru.

Graf 14: Vývoj výroby elektrické energie v Německu 2000-2022 (TWh) s kvadratickou funkcí trendu



Zdroj: Vlastní zpracování dle dat ERÚ 2024

Dále byla provedena analýza na globální úrovni a na základě této analýzy byla zvolena kvadratická funkce ve tvaru $y = -0.4491x^2 + 11,212x + 560,34$ s indexem determinace $I^2 = 0,55$, což naznačuje střední míru vysvětlující síly uplynulého vývoje sledovaného ukazatele.

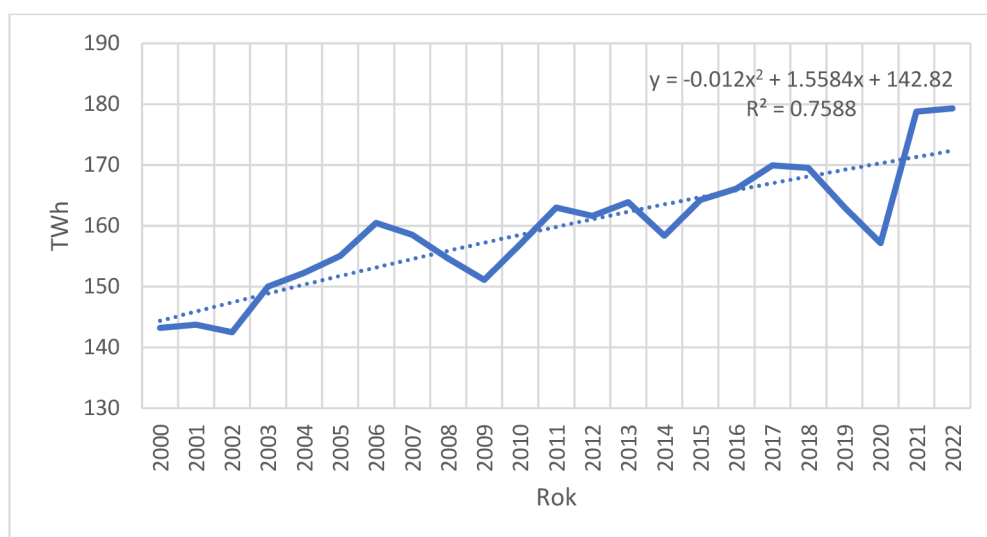
4.2.2 Polsko

Na základě grafu 15 je zřejmé, že výroba elektrické energie v Polsku vykazuje rostoucí trend s mírnou variabilitou. Tento fakt podporují i hodnoty první diference od roku 2000 do roku 2022. Průměrná hodnota první diference za celé toto období činí 1,64 TWh, jak je uvedeno v Tabulce 22. V roce 2020 je pozorován výrazný pokles, což je patrné z grafu, a tuto skutečnost potvrzuje i hodnota růstového tempa, která činí 96 % (viz Tabulka 21). Tento pokles pravděpodobně souvisí s pandemií Covid-19.

Nejvyšší hodnota výroby elektrické energie v Polsku byla dosažena v roce 2022, a to 179,3 TWh, zatímco nejnižší hodnota byla zaznamenána v roce 2002, a to 142,49 TWh (Tabulka 21). Průměrná produkce elektrické energie za celé období činila 159,27 TW (Tabulka 22).

Dále byla provedena analýza na globální úrovni a podle indexu determinace, který se rovná 0,75, byla zvolena kvadratická funkce s rovnicí $y = -0,012x^2 + 1,5584x + 142,82$.

Graf 15: Vývoj výroby elektrické energie v Polsku 2000-2022 (TWh) s kvadratickou funkcí trendu

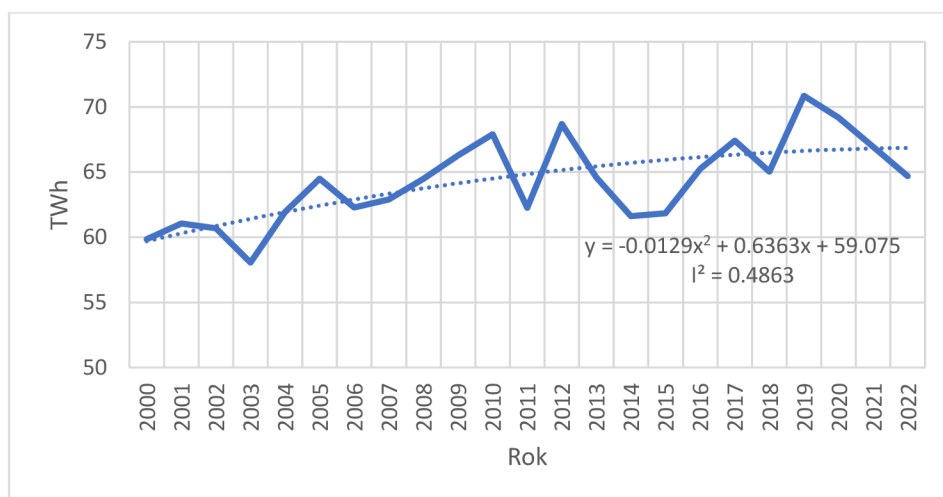


Zdroj: Vlastní zpracování dle dat ERÚ 2024

4.2.3 Rakousko

Podle analýzy grafu 16 je zřejmé, že trend výroby elektřiny v Rakousku vykazuje významnou rozptýlenost. Přesto je patrný pozitivní trend, který se pomalu vyvíjí. Tento trend je dále potvrzen průměrnou hodnotou první diference, která činí 0,22 TWh podle tabulky 24 za celé zkoumané období. Vysoká míra variability může být způsobena například tím, že 60 % elektrické energie v Rakousku je vyráběno z vodní energie, která je silně závislá na klimatických podmínkách.

Graf 16: Vývoj výroby elektrické energie v Rakousku 2000-2022 (TWh) s kvadratickou funkcí trendu



Zdroj: Vlastní zpracování dle dat ERÚ 2024

Vysoká míra variability v trendu výroby elektřiny v Rakousku může být především způsobena využitím vodní energie, která tvoří významnou část celkové produkce elektřiny v zemi. Vodní elektrárny jsou závislé na stavu vodních zdrojů, který je ovlivňován sezónními a klimatickými podmínkami, jako jsou srážky, teplota a sněhové srážky.

Pokud je dostatek srážek a vodních zdrojů, vodní elektrárny mohou produkovat více elektřiny, což může vést k nárůstu výroby. Naopak v obdobích sucha či nedostatku srážek může produkce vodní energie klesnout, což má za následek pokles v celkové produkci elektřiny.

Tato závislost na přírodních podmínkách vede k výrazným fluktuacím v produkci elektřiny a vytváří tak kolísavý trend výroby elektřiny v Rakousku, jak je patrné z analýzy grafu 16. Taková variabilita vyžaduje flexibilní přístup k řízení a optimalizaci výroby elektřiny.

Dále nejmenší množství elektřiny bylo vyrobeno v roce 2003, a to 58,03 TWh, zatímco nejvyšší množství bylo dosaženo v roce 2019, a to 70,86 TWh. Průměrná produkce elektřiny za celé období činí 64,27 TWh (Tabulka 24).

Poté byla provedena analýza na globální úrovni, a na základě indexu determinace s hodnotou 48,63, což lze považovat za střední míru vysvětlující síly, byla vybrána kvadratická funkce ve tvaru $y = -0,0129x^2 + 0,6363x + 59,075$.

4.2.4 Slovensko

Na grafu 19 je patrný dlouhodobě klesající trend s mírnou kolísavostí. Tuto tendenci potvrzuje i bazický index, který postupně klesá, a v roce 2022 dosahuje hodnoty 87 %, což je o 13 % méně než v původním roce 2000 (Tabulka 27).

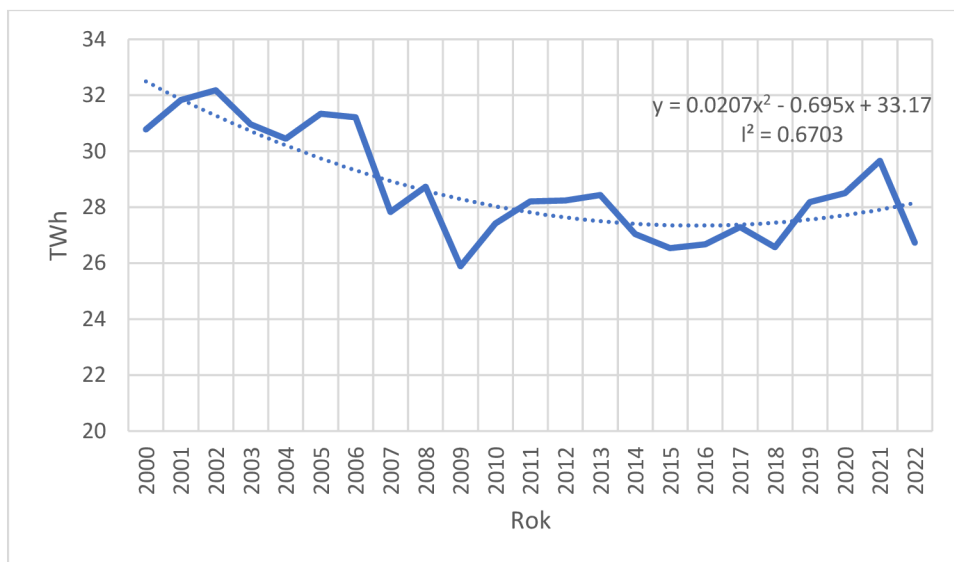
Při pečlivějším zkoumání grafu od roku 2000 do roku 2006 nebyl zaznamenán pokles výroby elektřiny ve Slovensku, ačkoliv se to tak může na první pohled zdát podle grafu, což potvrzuje tempo růstu za tento časový úsek s hodnotou 100 % (Tabulka 28). Od roku 2007 do roku 2009 však dochází k významnému poklesu výroby, přičemž v roce 2007 dosáhlo tempo růstu hodnoty 89 % oproti předchozímu roku. Situace se v roce 2008 mírně zlepšila, což naznačuje i hodnota první diference 0,9 podle tabulky 27, což znamená, že došlo k nárůstu produkce oproti předchozímu roku. Nicméně v roce 2009 došlo k dalšímu významnému poklesu, kdy výroba dosáhla nejnižší hodnoty za celé období, a to 25,89 TWh. Takový velký propad v těchto letech svědčí o tom, že došlo pravděpodobně k strukturálním změnám v energetickém sektoru, které mohly být způsobeny například úpravami v legislativě, nedostatkem investic do modernizace nebo jinými faktory ovlivňujícími trh s elektřinou.

Je také zajímavé, že v roce 2020 nezaznamenala výroba elektřiny ve Slovensku pokles ve srovnání s jinými státy, například Německem, kde tempo růstu kleslo o 6 % oproti předchozímu roku, v Polsku o 4 %, v Česku o 8 % a v Rakousku o 2 %. Naopak v letech 2020 a 2021 tempo růstu stoupalo a pokles začal až v roce 2022. Důvodem může být skutečnost, že Slovensko využívá více jadernou energii a obnovitelné zdroje, například vodní energii, které jsou méně závislé na fluktuacích v ekonomice.

Dále byla provedena analýza na globální úrovni a byla zvolena kvadratická funkce ve tvaru $y = 0,0207x^2 - 0,695x + 33,17$ podle indexu determinace 0,67, což je střední míra

vysvětlení síly. Tento výsledek naznačuje, že zvolená kvadratická funkce poměrně dobře vysvětluje vztah mezi nezávislou a závislou proměnnou.

Graf 19: E Vývoj výroby elektrické energie v Slovensku 2000-2022 (TWh) s kvadratickou funkcí trendu



Zdroj: Vlastní zpracování dle dat ERÚ 2024

4.3 Srovnání výroby elektrické energie v České republice a v Německu dle zdrojů

Pro srovnání výroby elektrické energie se sousedními zeměmi byl použit rok 2022, neboť se jedná o poslední sledované období. Tento rok disponuje aktuálními a relevantními daty, které umožňují provést komparativní analýzu výroby elektřiny mezi Českou republikou a jejími sousedy.

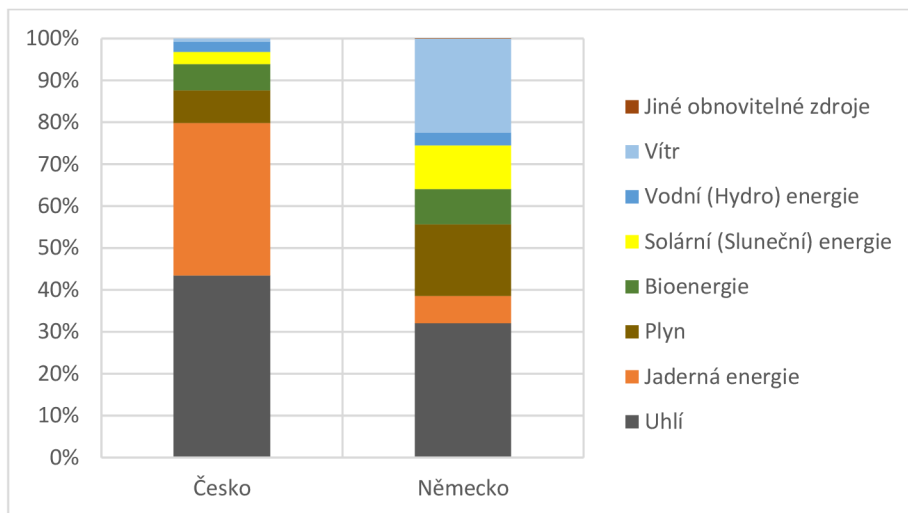
Z grafu 20 je patrné, že většina elektřiny v Německu, konkrétně 42 %, je vyráběna z uhlí. Následuje jaderná energie s podílem 19 %, 13 % připadá na plyn, 10 % na větrnou energii, dále 5 % na bioenergii, 4 % na solární energii a zbývající podíly představují ostatní fosilní paliva s 3 % a vodní energie s 3 %.

Srovnání energetických mixů Německa a Česka v roce 2022 vykazuje několik zajímavých podobností, ale také rozdílů. Především je zřejmé, že oba státy spoléhají na uhlí, jako jeden z hlavních zdrojů elektřiny, což je z hlediska životního prostředí problematické vzhledem k vysokým emisím skleníkových plynů a dalším znečišťujícím látkám.

Dále jaderná energie a plyn v Německu jsou rozděleny poměrně rovnoměrně, i když jaderná energie převažuje. Toto rozdělení je částečně důsledkem snah Německa o omezení

využívání jaderné energie po havárii v jaderné elektrárně Fukušima, což bylo také zmíněno v části 3.8.3 Srovnání energetických mixů v České republice a v sousedních zemích.

Graf 20: Energetické mixy Česka a Německa pro rok 2022 (TWh)



Zdroj: Vlastní zpracování dle dat ERÚ 2024

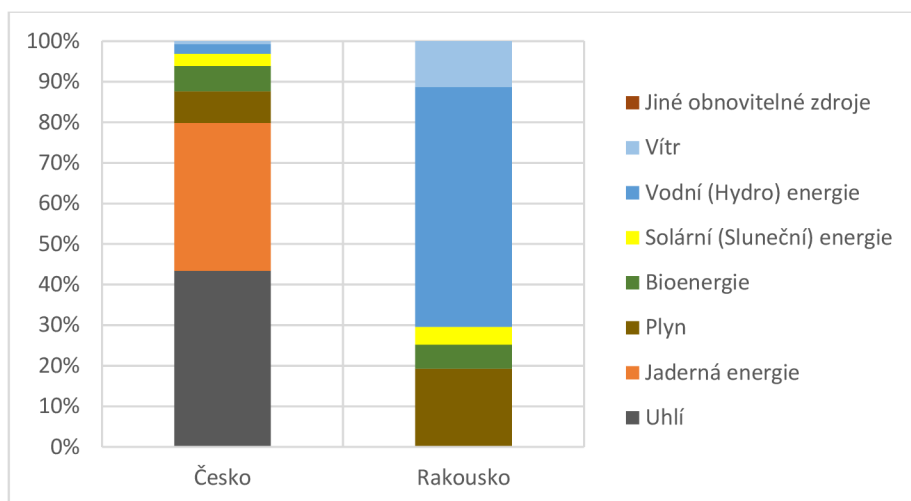
V Česku má jaderná energie významný podíl stejně jako uhlí, zatímco plynová energie v Česku představuje pouze čtvrtinu podílu jaderné energie. Co se týče obnovitelných zdrojů energie, Německo zaujímá výraznější pozici než Česko, zejména v oblasti větrné energie. Německo má podíl větrné energie až 10 % ve srovnání s pouhými 1 % v Česku. Dále je zde podobný podíl bioenergie a solární energie mezi oběma zeměmi.

4.4 Srovnání výroby elektrické energie v České republice a v Rakousku dle zdrojů

Z grafu 21 je patrné, že většina elektřiny, tedy 60 %, v Rakousku, se vyrábí z vodní energie. Rakousko má bohaté zásoby vodních zdrojů díky své geografické poloze v Alpách. Tyto hory poskytují ideální terén pro vytváření přehradních jezer a toků, které lze využít k výrobě hydroelektrické energie. Tento vysoký podíl vodní energie svědčí o efektivním využití přírodních zdrojů, které Rakousko má k dispozici. Je také důležité zmínit, že Rakousko plánuje do roku 2030 vyrábět 100 % energie pouze z obnovitelných zdrojů, jak bylo také popsáno v části 3.8.3.

Dále 16 % připadá na plyn, 7 % na uhlí, což je šestkrát méně než v Česku. 6 % připadá na bioenergi, 5 % je vyprodukovaných z ostatních fosilních paliv spolu s větrem a pouze 1 % získává Rakousko ze solární energie.

Graf 21: Energetické mixy Česka a Rakouska pro rok 2022 (TWh)



Zdroj: Vlastní zpracování dle dat ERÚ 2024

Při srovnání energetického mixu s Českem je vidět, že se podstatně liší. Zatímco v Rakousku je většina elektřiny generována z vodní energie, v Česku jsou hlavními zdroji elektřiny uhlí a jaderná energie. Na rozdíl od Česka Rakousko nemá jadernou energii. Rakouský parlament totiž přijal zákon o jaderné energii již v roce 1978, čímž se stalo Rakousko jaderně neutrálním státem. Tento zákon zakázal výstavbu jaderných elektráren a stanovil, že výroba jaderné energie není povolena.

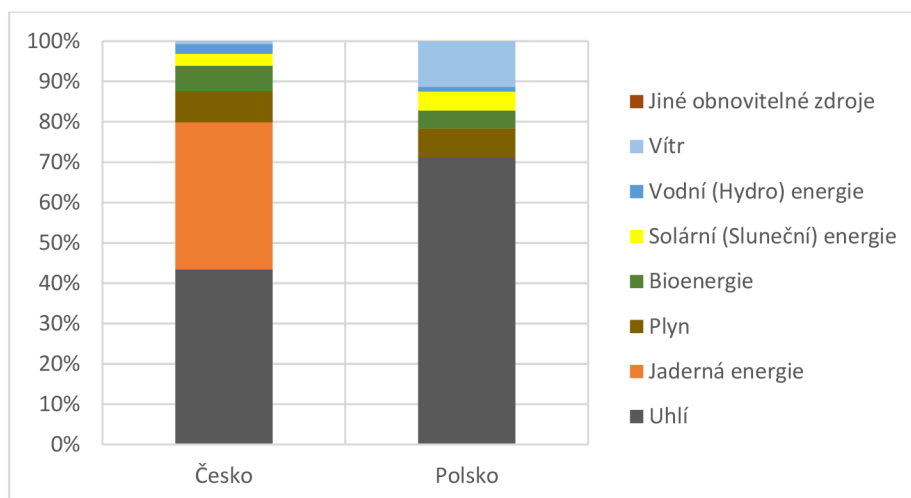
4.5 Srovnání výroby elektrické energie v České republice a v Polsku

Polsko podle grafu 22 nejvíce své elektřiny vyrábí z uhlí, a to dokonce více než v České republice, konkrétně jde o 69 %. Dále vyrábí 7 % plynem, 4 % má bioenergie a 3 % ostatní fosilní paliva.

Při srovnání s Českem je dobře vidět, že i když Polsko vyrábí dvě třetiny své elektřiny z uhlí, má větší podíl na obnovitelných zdrojích než Česká republika. V České republice obnovitelné zdroje na celkovém energetickém mixu tvoří pouze 7 %, zatímco v Polsku je to 17 %. Z toho 11 % pochází z větrné energie, 5 % ze solárních elektráren a 1 % z vodní energie.

Větrná energie má v Polsku podíl 11 % z toho důvodu, že Polsko investovalo do výstavby větrných elektráren a poskytlo příznivé podmínky pro rozvoj tohoto odvětví. Tento trend směřující k větší diverzifikaci energetického mixu může Polsku pomoci snížit svou závislost na uhlí a přispět k čistějšímu a udržitelnějšímu energetickému sektoru.

Graf 22: Energetické mixy Česka a Polska pro rok 2022 (TWh)

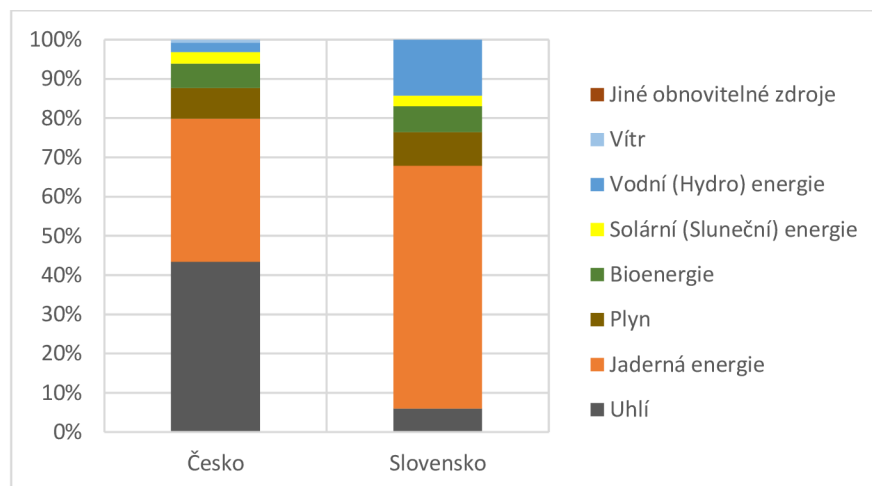


Zdroj: Vlastní zpracování dle dat ERÚ 2024

4.6 Srovnání výroby elektrické energie v České republice a v Slovensku

Slovensko podle grafu 23 má za rok 2022 největší podíl jaderné energie, a to 59 %. To je mnohem více než v České republice.

Graf 23: Energetické mixy Česka a Slovenska pro rok 2022 (TWh)



Zdroj: Vlastní zpracování dle dat ERÚ 2024

Toto vysoké zastoupení jaderné energie je částečně důsledkem historických investic a rozhodnutí o výstavbě jaderných elektráren na Slovensku, jak je popsáno v části 3.8.3.

Dále 14 % tvoří vodní energie, částečně díky přítomnosti přehradních jezer a toků, které umožňují výrobu hydroelektrické energie. Přestože Slovensko není tak hojně obdařeno

vodními zdroji jako některé jiné země, využívá své dostupné zdroje vody k výrobě čisté energie z vodních elektráren.

8 % pochází z plynu, 6 % je z uhelných elektráren, což je nižší podíl než v České republice, která je velice závislá na uhlí.

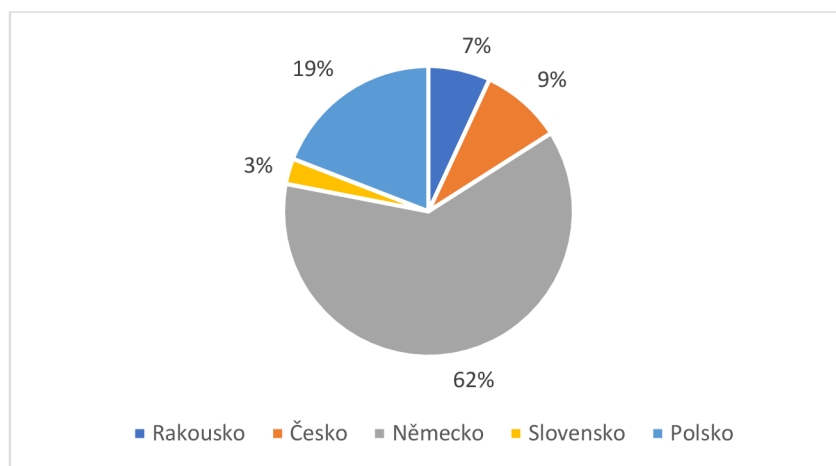
Ostatní fosilní paliva představují 4 %, zahrnující různé zdroje, jako je ropa a zemní plyn. Solární energie má podíl 3 %, což ukazuje na rostoucí trend využívání obnovitelných zdrojů energie na Slovensku, i když solární energie zatím není tak rozvinutá jako jiné zdroje.

Průměrná výroba elektřiny za období od 2000 do 2022 činí 28,72 TWh, přičemž nejvíce elektřiny bylo vyrobeno v roce 2002 a to 32,18 TWh, a nejméně v roce 2009, kdy činila 25,89 TWh.

4.7 Srovnání výroby elektrické energie v České republice se sousedními zeměmi na jednoho obyvatele

Na grafu 24 je znázorněn % podíl celkové výroby elektrické energie v roce 2022 z různých zemí. Je dobře vidět, že Německo vyrábí elektrickou energii sedmkrát více než všechny ostatní země, s průměrnou produkcí 610,46 TWh. Zase tady nevidím, proč rok 2022, já vím proč, ale čtenář to nebude vědet.

Graf 24: Podíl celkové výroby elektrické energie z různých zemí 2022 (%)



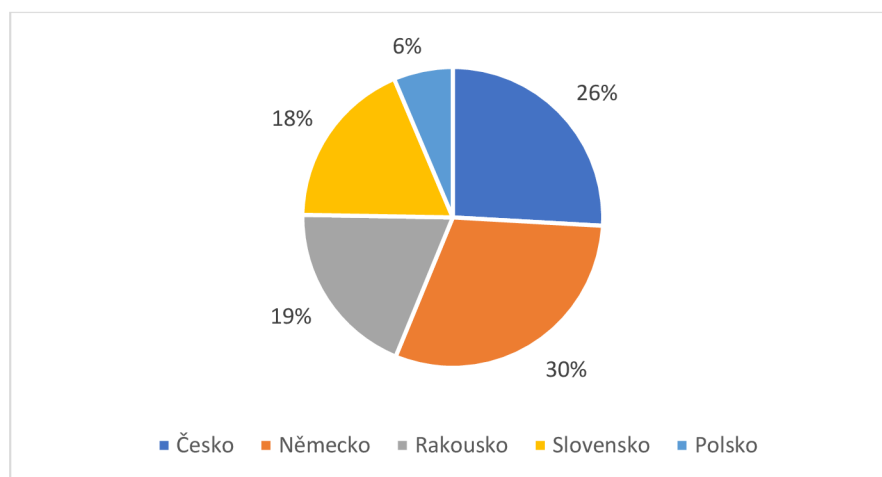
Zdroj: Vlastní zpracování dle dat ERÚ 2024

Rozdíl ve výrobě elektřiny mezi jednotlivými zeměmi může být způsoben různými faktory, jako je například velikost a hustota obyvatelstva. V roce 2022 žilo v Německu 84,3 milionu obyvatel, v Polsku 38 milionů, v Česku 10,52 milionu obyvatel, v Rakousku 9,1 milionu obyvatel a ve Slovensku pouze 5,43 milionu obyvatel.

Produkce elektřiny na obyvatele se liší v jednotlivých zemích. V Německu činí přibližně 6,91 kWh/obyvatel, v Česku je to přibližně 8,09 kWh/obyvatel, v Rakousku 5,09 kWh/obyvatel a ve Slovensku přibližně 4,9 kWh/obyvatel. Naopak v Polsku je výroba elektřiny na obyvatele pouze přibližně 1,7 kWh/obyvatel.

Z analýzy těchto údajů vyplývá, že Česká republika vyprodukovala nejvíce elektřiny na jednoho obyvatele. Toto je dále vidět z dat zobrazených na grafu 25, který znázorňuje podíl výroby elektřiny na jednoho obyvatele v procentech.

Graf 25: Podíl výroby elektrické energie z různých zemích na jednoho obyvatele pro rok 2022 (%)



Zdroj: Vlastní zpracování dle dat ERÚ 2024

5 Výsledky a diskuse

5.1 Výroba elektrické energie v ČR 2000-2022

Celková analýza výroby elektrické energie v České republice v období od roku 2000 do roku 2022 poskytuje důkladný pohled na dynamiku a strukturu energetického sektoru této země. Zahrnuje nejenom vývoj výroby elektřiny jako celku, ale také detailní analýzu jednotlivých zdrojů energie, jako je uhlí, jaderná energie, plyn, bioenergie, solární energie, vodní energie a větrná energie.

Z pohledu celkové výroby elektřiny lze konstatovat, že období od roku 2000 do roku 2022 bylo charakterizováno různými událostmi a vlivy, které ovlivnily výrobu elektřiny. Například světová finanční krize v letech 2008 a 2009 způsobila krátkodobý pokles výroby elektřiny, zatímco pandemie Covid-19 v roce 2020 vedla k výraznému úbytku v produkci elektřiny. Nicméně, obnovující se ekonomika v roce 2021 přispěla k nárůstu výroby elektřiny.

Pokud jde o jednotlivé zdroje energie, uhlí tradičně dominuje energetickému mixu České republiky, představující v roce 2021 43 % podíl. Tento trend však postupně klesá z důvodu omezení kvůli dopadům na životní prostředí. Naopak, větrná energie a solární energie, i když mají malý podíl, vykazují stabilní a rostoucí trend.

Jaderná energie si udržuje stabilní podíl na výrobě elektřiny, avšak některé události, jako je výrazný pokles v roce 2015, mohou být spojeny s investicemi do obnovitelných zdrojů energie. Plynové elektrárny zaznamenávají významný růst produkce od roku 2010, což je pravděpodobně důsledek zlepšení technologií a infrastruktury. Bioenergie vykazuje stabilní růst po celé sledované období, zatímco vodní energie má kolísavý charakter, pravděpodobně způsobený přírodními vlivy a urbanizací.

Energetický sektor České republiky prošel v posledních dvaceti letech různými změnami a výzvami, ačkoli některé zdroje energie zůstávají dominantními hráči, existuje rostoucí trend směrem k obnovitelným zdrojům energie.

5.2 Energetické mixy v ČR ve srovnání se sousedními státy

Analýza energetických mixů v sousedních státech České republiky nabízí důležitý pohled na jejich energetickou infrastrukturu a strategie v oblasti výroby elektřiny.

V Německu převažuje výroba elektřiny z uhlí s podílem 42 %, což je významný zdroj, avšak s negativními dopady na životní prostředí. Jaderná energie následuje s 19 %, přičemž

plyn a větrná energie mají podíly 13 % a 10 %. Podíl obnovitelných zdrojů, zejména větrné energie, je výrazný, což odráží snahu o diverzifikaci energetického mixu a snížení závislosti na fosilních palivech.

V Polsku dominuje výroba elektřiny z uhlí s podílem 69 %, což je vysoké číslo, ale zároveň je Polsko lídrem v podílu obnovitelných zdrojů energie ve srovnání s Českou republikou. Větrná energie má v Polsku významný podíl 11 %, což taky ukazuje na snahu o diversifikaci energetického mixu a snižování závislosti na uhlí.

Rakousko využívá své bohaté zdroje vodní energie, která tvoří 60 % celkové produkce elektřiny. Tento vysoký podíl ukazuje na efektivní využití přírodních zdrojů. Díky své geografické poloze v Alpách má Rakousko ideální podmínky pro výrobu hydroelektrické energie. Snaha o přechod na 100 % obnovitelné zdroje do roku 2030 posiluje jeho postavení jako příkladu udržitelného energetického modelu.

Slovensko se vyznačuje vysokým podílem jaderné energie (59 %) a vodní energie (14 %). Tento vysoký podíl jaderné energie je důsledkem historických investic a rozhodnutí o výstavbě jaderných elektráren. Přestože se Slovensko neřadí mezi země s největšími zásobami vodní energie, efektivně využívá dostupné zdroje k výrobě čisté energie.

Česká republika a sousední státy sdílejí některé podobnosti a rozdíly ve svých energetických mixech. Uhlí je významným zdrojem elektřiny v Česku i v Polsku, zatímco v Německu a Rakousku je podíl výrazně nižší. Rakousko využívá vodní energii jako hlavní zdroj elektřiny, což je rozdíl oproti Česku a Polsku, které jsou závislé na uhlí a jaderné energii. Německo se vyznačuje vysokým podílem obnovitelných zdrojů, což ukazuje na jeho snahu o přechod k udržitelnějšímu energetickému modelu.

5.3 Výroby elektrické energie v sousedních státech ČR

V rámci analýzy výroby elektrické energie v sousedních zemích České republiky byl proveden důkladný průzkum vývoje v Německu, Polsku, Rakousku a na Slovensku. Každá země vykazuje specifické trendy, které odrážejí různé faktory ovlivňující energetický sektor.

V Německu byl zaznamenán kolísavý trend výroby elektrické energie s vysokou rozptýleností. Období od roku 2000 do roku 2008 bylo charakterizováno výrazným růstem, avšak následný propad v roce 2009 naznačuje možné dopady ekonomické krize. Mezi lety 2018 a 2020 došlo k dalšímu významnému poklesu, který pravděpodobně souvisel s pandemií Covid-19. Analytické metody potvrdily použití kvadratické funkce, která relativně dobře modeluje vztah mezi nezávislými a závislými proměnnými.

V Polsku byl pozorován stabilní růst výroby elektrické energie s mírnou rozptýleností. Nicméně v roce 2020 došlo k výraznému poklesu, pravděpodobně v důsledku pandemie. Analýza na globální úrovni potvrdila použití kvadratické funkce s přijatelnou mírou vysvětlující síly.

Rakousko vykazuje velkou rozptýlenost v trendu výroby elektrické energie, ale s pozitivním dlouhodobým trendem. Pro eliminaci velkých kolísání bylo provedeno exponenciální vyrovnání časové řady. Globální analýza podporuje použití kvadratické funkce s vysokou mírou vysvětlující síly.

Ve Slovensku byl pozorován dlouhodobě klesající trend výroby elektrické energie s mírnou rozptýleností. Identifikované významné poklesy v produkci naznačují strukturální změny v energetickém sektoru. Použitá kvadratická funkce má mírnou míru vysvětlující síly.

5.4 Srovnání výroby elektrické energie na obyvatele v ČR a sousedních státech

Srovnání výroby elektrické energie na jednoho obyvatele v České republice a v jejích sousedních zemích poskytuje zajímavý pohled na energetickou efektivitu a využití zdrojů v daných regionech. Z analýzy dat vyplývá, že i přes rozdíly ve velikosti a hustotě obyvatelstva jsou energetické profily těchto zemí různorodé.

Sedmidenní produkce elektřiny v Německu překračuje kombinovanou produkci všech ostatních zemí. To je důsledkem jeho velké populace a rozsáhlé infrastruktury. Přestože má Německo vyšší absolutní produkci elektřiny, na jednoho obyvatele je tato produkce nižší než v České republice.

S přibližně 10,52 miliony obyvatel a produkcí elektřiny na obyvatele přesahující 8 kWh, Česká republika se v roce 2022 řadila mezi země s nejvyšší energetickou efektivitou v regionu. I přes to, že nemá tak vysokou absolutní produkci jako Německo, je úspěšná v maximalizaci svých zdrojů na obyvatele.

S výrobou elektřiny na obyvatele kolem 5 kWh je Rakousko efektivní využití svých přírodních zdrojů, zejména vodní energie.

Slovensko má nejnižší produkci elektřiny na obyvatele. Jeho produkce elektřiny na obyvatele přesahuje 4,9 kWh, což je důsledek jeho energetického mixu, který zahrnuje významný podíl jaderné energie.

Závěr

Závěr analýzy výroby elektrické energie v České republice a jejích sousedních státech odhaluje významné rozdíly i podobnosti v energetických profilech těchto zemí. Dynamika výroby elektřiny v průběhu let reflektuje jak ekonomické události, tak i snahu o udržitelnost a diverzifikaci energetických zdrojů.

V období od roku 2000 do roku 2022 byla výroba elektřiny v České republice pod vlivem širokého spektra faktorů, které zahrnovaly jak globální události, tak i lokální ekonomické a environmentální trendy. Mezi klíčové události patřily světové hospodářské krize a nedávná pandemie Covid-19, které měly významný dopad na ekonomickou aktivitu a výrobu elektřiny po celém světě.

Během tohoto období byl pozorován postupný pokles dominance uhlí v energetickém mixu České republiky. Tento trend byl podpořen snahou o snížení emisí skleníkových plynů a přechod k udržitelnějším zdrojům energie. Obnovitelné zdroje energie, zejména větrná a solární energie, začaly získávat na významu a stávaly se stále důležitější součástí energetického portfolia země.

Tento vývoj směrem k udržitelnějším zdrojům energie není pouze trendem v České republice, ale i ve většině vyspělých zemí po celém světě. Při srovnání se sousedy lze identifikovat specifické charakteristiky jejich energetických mixů.

Německo se aktivně snaží diverzifikovat svůj energetický mix směrem k obnovitelným zdrojům energie. V posledních letech investovalo do větrné a solární energie s cílem snížit závislost na fosilních palivech a dosáhnout udržitelnější energetické budoucnosti.

Naopak Polsko a Česká republika nadále spoléhají na uhlí jako hlavní zdroj elektřiny, i když se obě země snaží postupně diversifikovat své energetické zdroje a podporovat rozvoj obnovitelných zdrojů energie.

Rakousko využívá své přírodní zdroje vodní energie efektivně a aktivně se podílí na vývoji obnovitelných zdrojů energie. Tento přístup je důležitý pro dosažení udržitelné energetické politiky a snižování emisí skleníkových plynů. Slovensko se naopak vyznačuje vysokým podílem jaderné energie ve svém energetickém mixu, což mu poskytuje relativně stabilní zdroj elektřiny.

Srovnání výroby elektřiny na jednoho obyvatele ukazuje, že Česká republika má relativně vysokou energetickou efektivitu ve srovnání se svými sousedy. I přes nižší absolutní produkci elektřiny se Česká republika vyznačuje úspěšným využitím svých zdrojů.

Rakousko efektivně využívá své přírodní zdroje vodní energie, zatímco Německo má nižší produkci elektřiny na obyvatele, ačkoli má vyšší absolutní produkci. Polsko a Slovensko mají nižší energetickou efektivitu, což může být důsledkem jejich energetických mixů a infrastruktury.

Dynamika a struktura výroby elektřiny v České republice a jejích sousedních státech odráží složité interakce mezi ekonomickými, environmentálními a technologickými faktory. Snaha o udržitelnost a diverzifikace energetických zdrojů je klíčová pro budoucnost energetiky v tomto regionu. Na základě této analýzy je možné formulovat doporučení pro efektivní a udržitelný vývoj energetického sektoru v regionu.

6 Seznam použitých zdrojů

DOMÁCNOSTI V ROCE 2022 REKORDNĚ ŠETŘILY ELEKTRINOU, Oddělení kanceláře Rady, 2023. Dostupné z <https://www.eru.cz/domacnosti-v-roce-2022-rekordne-setrily-elektřinou>

1. SKUPINA ČEZ. Výrobní zdroje [online]. [cit. 2022-06-29]

Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobni-zdroje>

2. Sev.en Energy. Činnosti [online]. [cit. 2022-09-08].

Dostupné z <https://www.7.cz/cz/cinnosti/>

3. Zpráva o hospodaření 2020. Skupina Sokolovská uhelná [online]. [cit. 2022-09-08].

Dostupné z https://www.suas.cz/images/clanky/Hospodarske/2020_HV.pdf

4. EPH 2021, Annual Report. Energetický a průmyslový holding [online]. [cit. 2015-11-11].

Dostupné z <https://www.epholding.cz/vyrocní-zpravy/>

5. Český statistický úřad. Energetická bilance ČR - časové řady [online]. [cit. 2023-07-26].

Dostupné z https://www.czso.cz/csu/czso/ene_cr

6. ERÚ. Roční zpráva o provozu ES ČR pro rok 2021 [online]. [cit. 2022-07-22].

Dostupné z <https://www.eru.cz/roční-zpráva-o-provozu-elektrizacní-soustavy-cr-pro-rok-2022>

7. ERÚ. Roční zpráva o provozu ES ČR 2011 [online]. [cit. 2022-09-02].

Dostupné z <https://www.eru.cz/zpravy-o-provozu?odvetvi=All&druh=All&rok=2011>

8. MOTOAKI, Sato. Thermochemistry of the formation of fossil fuels, Fluid-Mineral Interactions: A Tribute to HP Eugster 2 (1990), S. 271-283. [online]. 1990, [cit. 2020-12-31].

Dostupné z https://www.geochemsoc.org/files/6214/1261/1770/SP-2_271-284_Sato.pdf

9. Kadlecová, Michaela. Tepelné elektrárny v ČR. Kalkulator.cz [online]. Praha:

Kalkulator.cz, [cit. 2022-10-17].

Dostupné z <https://www.kalkulator.cz/clanky/152/tepelne-elektrarny-v-cr>

10. Vobořil, David. Paroplynová elektrárna – princip funkce. OENERGETICE.cz. Praha: OENERGETICE.cz, [cit. 2015-104-08].

Dostupné z <https://oenergetice.cz/plyn/paroplynova-elektrarna-princip-funkce>

11. Jak funguje uhelná elektrárna. Skupina ČEZ [online]. Praha:

Dostupné z <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobni-zdroje/uhelne-elektrarny-a-teplarny/flash-model-jak-funguje-uhelna-elektrarna>

12. Skupina ČEZ / Jaderná energetika v České republice [online].

Dostupné z <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobni-zdroje/jaderna-energetika/jaderna-energetika-v-ceske-republice>

13. Skupina ČEZ / Jaderná elektrárna Temelín [online].

Dostupné z <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobni-zdroje/jaderna-energetika/jaderna-energetika-v-ceske-republice/ete>

14. Skupina ČEZ / Historie a současnost Elektrárny Temelín [online].

Dostupné z <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobni-zdroje/jaderna-energetika/jaderna-energetika-v-ceske-republice/ete/historie-a-soucasnost>

15. Skupina ČEZ / Obnovitelné zdroje [online].

Dostupné z <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobni-zdroje/obnovitelne-zdroje>

16. Renewable Energy Now Accounts for a Third of Global Power Capacity. irena.org [online]. Praha: [cit. 2020-12-02].

Dostupné z <https://www.irena.org/news/pressreleases/2019/Apr/Renewable-Energy-Now-Accounts-for-a-Third-of-Global-Power-Capacity>

17. Skupina ČEZ / Svetenergie.cz, VĚTRNÁ ELEKTRÁRNA. [online].
Dostupné z <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobni-zdroje/paroplynové-a-plynové-zdroje/provozované-paroplynové-elektrárny>
18. Česko zaostalo v rozvoji větrných elektráren, tvrdí Síkela. Podíl na výrobě energie chce ztrojnásobit. Praha: Irozhlas.cz, [cit. 2023-06-17].
Dostupné z https://www.irozhlas.cz/ekonomika/sikela-vetrne-elektrarny-elektrina-cesko-vyroba_2306171338_fos
19. Vobořil, David. Větrné elektrárny - princip, rozdělení, elektrárny v ČR. OENERGETICE.cz. Praha: OENERGETICE.cz [cit. 2015-02-28].
Dostupné z <https://oenergetice.cz/elektrina/vetrne-elektrarny-princip-cinnosti-zakladni-rozdeleni>
20. Budoucnost energetiky, Poptávka po uhlí loni stoupla. Zpoždění státní energetické koncepce může ohrozit konkurenceschopnost Česka. Evropa v datech.cz [online]. Praha: [cit. 2023-08-22].
Dostupné z <https://www.evropavdatech.cz/clanek/100-budoucnost-energetiky/>
21. Byznys, pracovní místa, vzdělávání – stavba nových jaderných bloků bude pro region kolem Dukovan obrovským impulsem. All for power / Jaderná energetika [online]. Praha: [cit. 2023-05-09].
Dostupné z <https://allforpower.cz/jaderna-energetika/byznys-pracovni-mista-vzdelavani-stavba-novych-jadernych-bloku-bude-pro-region-kolem-dukovan-obrovskym-impulsem-733>
22. Skupina ČEZ / Historie a současnost EDU [online].
Dostupné z <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobni-zdroje/jaderna-energetika/jaderna-energetika-v-ceske-republice/edu/historie-a-soucasnost>
23. IEA. Renewable Energy.....into the Mainstream [online]. IEA, 2002 [cit. 2020-12-09].
Dostupné z <https://library.um.edu.mo/ebooks/b1362376x.pdf>
24. Sluneční energie: Výhody, využití i největší producenti. Epet.cz [online]. Praha: 2021.
Dostupné z <https://www.epet.cz/slunecni-energie-vyhody-vyuziti-i-nejvetsi-producenti/>
25. Skupina ČEZ / Slunce [online].
Dostupné z <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobni-zdroje/obnovitelne-zdroje/slunce#:~:text=V20C48CeskC3A920republice20je20prC5AFmC49BrnC3A1,nC49Bj20dokC3A1C5BEeme20vyuC5BEC3ADt20pouze20C48DC3A1st.>
26. Skupina ČEZ / Obnovitelné zdroje [online].
Dostupné z <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobni-zdroje/obnovitelne-zdroje>
27. Biomass subsidies 'not fit for purpose', says Chatham House. Carbon Brief [online]. 2017-02-23 [cit. 2020-12-02].
Dostupné z <https://www.carbonbrief.org/biomass-subsidies-not-fit-for-purpose-chatham-house/>
28. NEWS, Chelsea Harvey, Niina Heikkinen, E&E. Congress Says Biomass Is Carbon-Neutral, but Scientists Disagree. Scientific American [online]. [cit. 2020-12-02]
Dostupné z <https://www.scientificamerican.com/article/congress-says-biomass-is-carbon-neutral-but-scientists-disagree/>
29. Global renewable energy trends | Deloitte Insights. www2.deloitte.com [online]. [cit. 2020-12-02].
Dostupné z <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/power-and-utilities/global-renewable-energy-trends.html>
30. REN21. Key findings of the Renewables global status report [online]. REN21, 2010 [cit. 2010-12-02].

- Dostupné z https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2020_key_findings_en.pdf
31. Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2020. /publications/2020/Sep/Renewable-Energy-and-Jobs-Annual-Review-2020 [online]. [cit. 2020-12-02].
Dostupné z <https://www.irena.org/publications/2020/Sep/Renewable-Energy-and-Jobs-Annual-Review-2020>
32. Větrné elektrárny v ČR, Podle optimistického scénáře může větrná energie pokrýt až třetinu tuzemské spotřeby energie. Rozvoj brzdí mýty i politický nezájem. Evropavdatech.cz [online], 2022.
Dostupné z <https://www.evropavdatech.cz/clanek/87-vetrne-elektrarny-v-cr/>
33. Vobořil, David. Vodní elektrárny - princip, rozdělení, elektrárny v ČR. OENERGETICE.cz [online], 2016.
Dostupné z <https://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje/vodni-elektrarny-princip-a-rozdeleni>
34. KKE/CE – Člověk a energie 2019/2020 / Vodní elektrárny ČR. Katedra energetických strojů a zařízení [online], 2019/2020.
Dostupné z http://home.zcu.cz/~novakm42/clovek_a_energie-KKE-CE_2019_2020/CE_11_cviceni_podklady.pdf
35. Vodní energie: Princip fungování, využití a největší producenti. Epet.cz [online], 2021
Dostupné z <https://www.epet.cz/vodni-energie-princip-fungovani-vyuziti-a-nejvetsi-producenti/>
36. Výroba a spotřeba elektrické energie v roce 2022. Český statistický úřad. Praha: Český statistický úřad, 2020.
Dostupné z <https://www.czso.cz/csu/xb/vyroba-a-spotreba-elektricke-energie-v-jihomoravskem-kraji-v-roce-2022>
37. Skupina ČEZ / Vodní elektrárny Štěchovice [online].
Dostupné z <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobní-zdroje/obnovitelne-zdroje/voda/vodni-elektrarny/ceska-republika/stechovice-58100>
38. Orlická přehrada [online]. Spolek pro popularizaci jižních Čech [cit. 2011-02-19].
Dostupné z <http://www.jiznicechy.org/bg/error.htm>
39. Toulavá kamera: Orlická přehrada [online]. Praha: Česká televize [cit. 2011-02-19].
Dostupné z <https://www.ceskatelevize.cz/porady/1126666764-toulava-kamera/>
40. Vodní dílo Orlík [online]. Praha c jazyk =: Povodí Vltavy [cit. 2010-02-19].
Dostupné z <https://web.archive.org/web/20120313034138/http://www.pvl.cz/download/Orlik.pdf>
41. Přečerpávací vodní elektrárna Dlouhé stráně [online]. [cit. 2022-03-06].
Dostupné z <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobní-zdroje/obnovitelne-zdroje/voda/vodni-elektrarny/ceska-republika/dlouhe-strane-58155>
42. TRNAVSKÝ, Jiří. Dlouhé stráně stabilizují soustavu. *Energie 21* [online]. Profi Press, 2021-09-04 [cit. 2022-03-06].
Dostupné z <https://energie21.cz/dlouhe-strane-udrzuji-stabilitu-site/>
43. Počet solárních elektráren v České republice přibývá. Praha: TZ Solární asociace, 2022
Dostupné z <https://www.komunalniekologie.cz/info/pocet-solarnich-elektraren-v-ceske-republice-pribyva>
44. Pravda, Lukáš, Energie z biomasy III - seminář, Biomasa jako obnovitelný zdroj energie. Brno: Energie z biomasy III - seminář, 2004.
Dostupné z file:///C:/Users/Anna20Kotliarova/Pictures/18_PravdaI.pdf
45. Vobořil, David. Biomasa - využití, zpracování, výhody a nevýhody, energetické využití v ČR. OENERGETICE.cz [online], 2017.

- Dostupné z <https://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje/biomasa-vyuziti-zpracovani-vyhody-a-nevyhody>
46. Veronika.cz, Jaké emise CO₂ připadají na vyrobenou jednotku elektřiny dle typu elektrárny? [online] Praha: Veronika.cz, 2021.
Dostupné z <https://www.veronika.cz/otazky?i=514>
47. Český hydrometeorologický ústav, Znečištění ovzduší na území České republiky 2020 [online]. Český hydrometeorologický ústav 2020.
Dostupné z <https://info.chmi.cz/rocenka/ko2020/>
48. Jádru, ekologie a bezpečnost, Česká republika má vinou geografických, podnebných a geologických podmínek omezené možnosti využití řady zdrojů energie při produkci elektřiny. Energii z atomu však místní podmínky vyhovují [online]. Enviweb.cz 2012
Dostupné z <https://www.enviweb.cz/92215>
49. Klimov, Andrey. Fosilní zdroje energie: výhledy a vliv na životní prostředí. Bakalářská práce 2014.
Dostupné z <https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/71607/130133840.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Mezi20hlavnC3AD20environmentC3A1lnC3AD20dopady20fosilnC3ADch,2C20NOx2C20CO2a20CO2.&text=V20pC599C3ADpadC49B2C20C5BEe20fosiInC3AD20palivo,zaC599C3ADzenC3AD20na20oxid20sC3ADrovC3BD2C20SO3>.
50. Ministerstvo životního prostředí, Environmentální technologie a ekoinovace v České republice II. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2010. ISBN: 978-80-85087-90-1.
Dostupné z https://www.cenia.cz/wp-content/uploads/2019/04/Environmentalni_techologie_a_ekoinovace_v_CRII.pdf
51. IREMI.org, Renewable Energy Capacity Statistics 2021. IREMI, 2021. ISBN 978-92-9260-342-7
Dostupné z https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Apr/IRENA_RE_Capacity_Statistics_2021.pdf
52. Ct24.ceskatelevize.cz, Experimentální fúzní reaktor ITER je dokončen ze tří čtvrtin. Příští rok ho čeká zkušební provoz [online]. Ct24.ceskatelevize.cz, 2022.
Dostupné z <https://ct24.ceskatelevize.cz/svet/3539414-experimentalni-fuzni-reaktor-iter-je-dokoncen-ze-tri-ctvrtin-pristi-rok-ho-ceka>
53. Skupina ČEZ / Přejchod na nové zdroje energie [online].
Dostupné z <https://www.cez.cz/udrzitelnost-a-etika/cs/environmental/prechod-na-nove-zdroje-energie>
54. Národní akční plán rozvoje jaderné energetiky v České republice. Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR, Ministerstvo financí ČR, 2015.
Dostupné z <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/54251/61936/640148/priloha001.pdf>
55. Národní akční plán pro chytré sítě (NAP SG). Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR, 2015.
Dostupné z <https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/elektroenergetika/2016/11/Narodni-akcni-plan-pro-chytre-site.pdf>
56. Nuclear Power in Slovakia [online]. World-nuclear.org, 2023.
Dostupné z <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-o-s/slovakia.aspx>
57. "Polskie Sieci Elektroenergetyczne S.A. – PSE". www.pse.pl. [2020-11-27].
Dostupné z <https://www.pse.pl/home>
58. Thefirstnews.com, "Poland to subsidise coal power amid high CO₂ prices – deputy PM". Thefirstnews.com. [2021-12-20].

- Dostupné z <https://www.thefirstnews.com/article/poland-to-subsidise-coal-power-amid-high-co2-prices---deputy-pm-21215>
59. Apnews.com, "Polish govt, unions initial plan to phase out coal by 2049". AP NEWS, 2021, [2021-12-20].
- Dostupné z <https://apnews.com/article/europe-poland-coal-mining-katowice-state-budgets-2f5b222e47418657b42ffb568c7038dc>
60. Worlddata.info, Energy consumption in Austria [online]. Worlddata.info 2023. Dostupné z <https://www.worlddata.info/europe/austria/energy-consumption.php>
61. Gaugl, Robert. Sommer, Mark. Integrated Power and Economic Analysis of Austria's Renewable Electricity Transformation START2030 Working Paper #1. Start 2030, 2023. Dostupné z https://start2030.wifo.ac.at/outputs/START2030_Working_Paper_1.pdf
62. Breakinglatest.news, Contribution of renewable energies in generation 2022 further increased. Breakinglatest.news, 2023. Dostupné z <https://www.breakinglatest.news/news/contribution-of-renewable-energies-in-generation-2022-further-increased/>
63. Bouška, Jan. SPVEZ, z.s, Historie energetiky. SPVEZ, z.s, 2013 - 2017. Dostupné z <https://www.spvez.cz/en/node/7062>
64. AHLGREN, MATT. 100+ INTERNETOVÝCH STATISTIK, FAKTŮ A TRENDŮ PRO ROK 2023. Websiterating.com 2023. Dostupné z <https://www.websiterating.com/cs/research/internet-statistics-facts/#:~:text=Dne2031.,sedm20hodin20online20kaC5BEc3BD20den.>
65. Worldometers.info/cz. [online]. Dostupné z <https://www.worldometers.info/cz/>
66. Skupina ČEZ / Jaká je průměrná spotřeba elektřiny u rodinného domu? [online]. Skupina ČEZ 2022. Dostupné z <https://www.cez.cz/cs/clanky/elektrina/jaka-je-prumerna-spotreba-elektriny-u-rodinneho-domu-174046#:~:text=V20prC5AFmC49Bru20jedna20domC3A1cnost20v,nC3A1slednC49B20prC5AFmC49BrnC3A120spotC599eba20pC599esnC49BjC5A1C3ADm20C3BAdajem.>
67. Faktaoklimatu.cz, Elektřina v ČR: výroba, spotřeba a emise. Faktaoklimatu.cz, 2022. Dostupné z [https://faktaoklimatu.cz/infografiky/elektrina-cr#:~:text=V20roce20202220spotC599eba20opC49Bt,zdravotnictvC3AD20\(212C92025\).](https://faktaoklimatu.cz/infografiky/elektrina-cr#:~:text=V20roce20202220spotC599eba20opC49Bt,zdravotnictvC3AD20(212C92025).)
68. Dvořák, Leoš. Elektřina a magnetismus, Magnetické pole stacionárního elektrického proudu [online]. Praha: Elektřina a magnetismus, 2020. Dostupné z https://kdf.mff.cuni.cz/vyuka/Fyzika2elmag/EIMag_07_MagPoleStacElProudu_ver0.pdf
69. Encyklopedie fyziky, Faradayův zákon elektromagnetické indukce. Encyklopedie fyziky, 2012. Dostupné z <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/304-faradayuv-zakon-elektromagneticke-indukce#>
70. Spvez.cz, Historie energetiky [online]. Spvez.cz, 2013 až 2017. Dostupné z <https://www.spvez.cz/en/node/7062>
71. SCHMIDT-ROHR, Klaus. Why Combustions Are Always Exothermic, Yielding About 418 kJ per Mole of O₂. Journal of Chemical Education. 2015-12-08, roč. 92, čís. 12, s. 2094–2099 [online]. Journal of Chemical Education [cit. 2020-12-31]. Dostupné z <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.5b00333>
72. Velká kniha o energii. Příprava vydání P. Augusta [online]. Praha: L.A. Consulting Agency 383 s. ISBN 80-238-6578-1, ISBN 978-80-238-6578-3. Dostupné z <https://www.worldcat.org/title/85012766>

73. Skupina ČEZ / TEPELNÁ ELEKTRÁRNA. Skupina ČEZ, 1999.
https://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/vykladovy-slovník-energetiky/hesla/tepel_el.html#:~:text=SprC3A1vnC49B20je20vC5A1ak20tepelnC3A120elektrC3A1ma,z20energie20chemickC3A920a20jadernC3A9.
74. Plyn.cz, 5 největších výhod plynových elektráren [online]. Plyn.cz, 2020.
Dostupné z <https://www.plyn.cz/5-nejvetsich-vyhod-plynovych-elektraren#:~:text=Plyn20mC3A120niC5BEC5A1C3AD20emise20neC5BE20uhlC3AD&ext=JednC3A120se20sice20o20fosilnC3AD,oxidy20sC3ADry2C20prach20a20popC3ADl ek>.
75. Informacni-portal.cz, Uhelné elektrárny [online].
Dostupné z <https://www.informacni-portal.cz/clanek/uhelne-elektrarny>
76. Epet.cz, Jak funguje jaderná elektrárna a jaké výhody i nevýhody přináší jaderná energie [online]. Epet.cz 2021.
Dostupné z <https://www.epet.cz/jak-funguje-jaderna-elektrarna-a-jake-vyhody-prinasi-jaderna-energie/>
77. Avcr.cz, Budoucnost energetiky: malé modulární reaktory jako zdroj čistší energie. Avcr.cz, 2023.
Dostupné z <https://www.avcr.cz/cs/veda-a-vyzkum/matematika-fyzika-a-informatika/Budoucnost-energetiky-male-modularni-reaktory-jako-zdroj-cisti-energie/#:~:text=Jde20o20novC49B20vyvC3ADjenC3A920jadernC3A9,vyuC5BEitC3AD20a20tam20jednoduC5A1e20sestavit>.
78. Kříž, Ladislav. All for power, ČEZ po předběžném posouzení vytypoval další dvě preferované lokality pro malé modulární reaktory, vedle pilotního Temelína by mohly vzniknout v Dětmarovicích a Tušimicích [online]. All for power 2023.
Dostupné z <https://allforpower.cz/jaderna-energetika/cez-po-predbeznem-posouzeni-vytypoval-dalsi-dve-preferovane-lokality-pro-male-modularni-reaktory-vedle-pilotniho-temelina-by-mohly-vzniknout-v-detmarovicich-a-tusimicich-696>
79. Krčál, Jan. Ekonews.cz, Co ovlivňuje cenu elektřiny? Nejlevnější je ta ze slunce či větru, nejdražší z plynu [online]. Ekonews.cz, 2022.
Dostupné z <https://www.ekonews.cz/co-ovlivnuje-cenu-elektriny-nejlevnejsi-je-ta-ze-slunce-ci-vetru-nejdrazsi-z-plynu/>
80. SKUPINA ČEZ/ Technologie a zabezpečení [online].
Dostupné z <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobní-zdroje/jaderna-energetika/jaderna-energetika-v-ceske-republice/ete/technologie-a-zabezpeceni-1>
81. Faktaoklimatu.cz, Potenciál větrné energie v ČR.
Dostupné z <https://faktaoklimatu.cz/infografiky/potencial-vetrne-energie-cr#:~:text=Pro20srovnC3A1nC3AD2C20vC49BtC5A1ina20z20210,v20prC5AFmC49Bru2032C320GWh>.
82. Dobrovolný, Petr. Statistické metody a zpracování dat - VIII Analýza časových řad. Muni.cz, 2015.
Dostupné z https://is.muni.cz/el/1431/podzim2006/Z0069/um/Statistika_8_casove_rady.pdf
83. Klicnarová, Jana. Houda, Michal. Časové řady. Časové řady, Základní pojmy a metody analýzy časových řad [online]. České Budějovice: Časové řady, 2014.
84. Klicnarová, Jana. Houda, Michal. Časové řady. Časové řady, Diskrétní časové řady [online]. České Budějovice: Časové řady, 2014.
Dostupné z http://home.ef.jcu.cz/~janaklic/OPVVV_SMAC/diskrC3A9tnC3AD-asovC3A9-ady.html

85. Klicnarová, Jana. Houda, Michal. Časové řady. Časové řady, Analýza časových řad - úvod [online]. České Budějovice: Časové řady, 2014
Dostupné z http://home.ef.jcu.cz/~janaklic/OPVVV_SMAC/analC3BDza-asovC3BDch-ad-C3BAvod.html
86. Klicnarová, Jana. Houda, Michal. Časové řady. Časové řady, Adaptivní přístupy [online]. České Budějovice: Časové řady, 2014
Dostupné z http://home.ef.jcu.cz/~janaklic/OPVVV_SMAC/adaptivnC3AD-p-C3ADstupy.html
87. Pokorný, Kamil. Docplayer.cz, 11. Časové řady Pojem a klasifikace časových řad [online]. Docplayer.cz, 2015
Dostupné z <https://docplayer.cz/1990054-11-casove-rady-11-1-pojem-a-klasifikace-casovych-rad.html>
88. Litschmannová, Martina. Explorační analýza časových řad [online]. homel.vsb.cz, 2015.
Dostupné z https://homel.vsb.cz/~lit40/ZS/CasRady_uvod.pdf
89. Otipka, Petr. Šmajstrla, Vladislav. PRAVDĚPODOBNOST A STATISTIKA, ČASOVÉ ŘADY [online]. homel.vsb.cz, 2008
Dostupné z <https://homel.vsb.cz/~oti73/cdpast1/>
90. KRIVÝ, IVAN. Analýza časových řad. Ostrava: 2012. CZ.1.07/2.2.00/28.0245
Dostupné z <https://web.osu.cz/~Bujok/files/ancas.pdf>
91. HENDL, Jan. Přehled statistických metod: analýza a metaanalýza dat. Páté, rozšířené vydání. Praha: Portál, 2015. ISBN 978-802-6209-812.
92. HINDLS, Richard. Statistika pro ekonomy. 8. vyd. Praha: Professional Publishing, 2007. ISBN 978-80-86946-43-6.
93. SOUČEK, Eduard. Statistika pro ekonomy. Praha: Vysoká škola ekonomie a managementu, 2007. ISBN 978-80-86730-06-6.
94. PAVELKA, Radek. Statistika a ekonometrie. Testování regresního modelu [online]. 2017, 28.6.2017, (13) [cit. 2023-11-14].
Dostupné z: <https://www.financevpraxi.cz/statistika-testovani-modelu>
95. FISCHER, Jakub, Věra JEŘÁBKOVÁ, Ludmila PETKOVÁ, Veronika PTÁČKOVÁ a Petra ŠVARCOVÁ. Základní metody statistického srovnávání. Praha: Oeconomica, 2019. ISBN 978-80-245-2342-2.
96. MAREK, Luboš. Statistika pro ekonomy: aplikace. 2. vyd. Praha: Professional Publishing, 2007. ISBN 978-808-6946-405.
97. VŠE Praha, Acta oeconomica pragensia 6: (2), str. 7-11, VŠE Praha, 1998. ISSN 0572-3043.
Dostupné z https://nb.vse.cz/~arlt/hlavni/publik/A_CRTI0I1_98.pdf

7 Seznam obrázků, tabulek, grafů a zkratk

7.1 Seznam obrázků

Obrázek 1 Elektrárna Počerady.....	25
Obrázek 2 Jaderná elektrárna Dukovany	27
Obrázek 3 Jaderná elektrárna Temelín.....	28
Obrázek 4 Vztlakový princip otáčení lopatek větrného stroje.....	32
Obrázek 5 Vodní elektrárna Štěchovice.....	34
Obrázek 6 Vodní elektrárna Orlický.....	35
Obrázek 7 Elektrárna Dlouhá stráně	36

7.2 Seznam grafů

Graf 1: Vývoj výroby elektrické energie v ČR v letech 2000-2022 (TWh)	47
Graf 2: Vývoj výroby elektrické energie v ČR 2000-2022 (TWh) s kvadratickou funkcí trendu	48
Graf 4: Vývoj výroby elektrické energie v ČR podle jednotlivých zdrojů v období 2000-2022 (TWh).....	50
Graf 5: Vývoj výroby elektrické energie z uhlí v ČR v letech 2000-2022 (TWh)	51
Graf 6: Vývoj výroby elektrické energie jadernou energií v ČR v letech 2000-2022 (TWh)	52
Graf 7: Vývoj výroby elektrické energie zemním plynem v ČR v letech 2000-2022 (TWh)	53
Graf 9: Vývoj výroby elektrické energie z solární energie v ČR v letech 2000-2022 (TWh)	55
Graf 10: Vývoj výroby elektrické energie z vodních zdrojů v ČR v letech 2000-2022 (TWh).....	56
Graf 11: Mechanický vyrovnána časová řada pomocí klouzavých průměrů výroby elektrické energie z vodních zdrojů v ČR v letech 2000-2022 (TWh)	56
Graf 13: Vývoj výroby elektrické energie z větrných zdrojů v ČR v letech 2000-2022 (TWh).....	57
Graf 14: Vývoj výroby elektrické energie v Německu 2000-2022 (TWh) s kvadratickou funkcí trendu	58
Graf 15: Vývoj výroby elektrické energie v Polsku 2000-2022 (TWh) s kvadratickou funkcí trendu	59
Graf 16: Vývoj výroby elektrické energie v Rakousku 2000-2022 (TWh) s kvadratickou funkcí trendu	60
Graf 19: E Vývoj výroby elektrické energie v Slovensku 2000-2022 (TWh) s kvadratickou funkcí trendu	62
Graf 20: Energetické mixy Česka a Německa pro rok 2022 (TWh).....	63
Graf 21: Energetické mixy Česka a Rakouska pro rok 2022 (TWh)	64
Graf 22: Energetické mixy Česka a Polska pro rok 2022 (TWh)	65
Graf 23: Energetické mixy Česka a Slovenska pro rok 2022 (TWh)	65
Graf 24: Podíl celkové výroby elektrické energie z různých zemí 2022 (%).....	66
Graf 25: Podíl výroby elektrické energie z různých zemích na jednoho obyvatele pro rok 2022 (%).....	67

Přílohy

Tabulka 1 Elementární charakteristiky vývoje celkové výroby elektrické energie v ČR ...	82
Tabulka 2 Průměrné elementární charakteristiky celkové výroby elektrické energie v ČR	82
Tabulka 3 Elementární charakteristiky vývoje výroby elektrické energie v ČR – Uhlí.....	83
Tabulka 4 Průměrné elementární charakteristiky vývoje výroby elektrické energie v ČR – Uhlí	83
Tabulka 5 Elementární charakteristiky vývoje výroby elektrické energie v ČR - Jaderná energie.....	84
Tabulka 6 Průměrné elementární charakteristiky vývoje výroby elektrické energie v ČR – Jaderná energie	84
Tabulka 7 Elementární charakteristiky vývoje výroby elektrické energie v ČR – Plyn.....	85
Tabulka 8 Průměrné elementární charakteristiky vývoje výroby elektrické energie v ČR – Plyn	85
Tabulka 9 Elementární charakteristiky vývoje výroby elektrické energie v ČR – Bioenergie	86
Tabulka 10 Průměrné elementární charakteristiky vývoje výroby elektrické energie v ČR – Bioenergie	86
Tabulka 11 Elementární charakteristiky vývoje výroby elektrické energie v ČR - Solární energie.....	87
Tabulka 12 Průměrné elementární charakteristiky vývoje výroby elektrické energie v ČR – Solární energie	87
Tabulka 13 Elementární charakteristiky vývoje výroby elektrické energie v ČR - Vodní energie.....	88
Tabulka 14 Průměrné elementární charakteristiky vývoje výroby elektrické energie v ČR – Vodní energie.....	88
Tabulka 15 Elementární charakteristiky vývoje výroby elektrické energie v ČR - Vodní energie.....	89
Tabulka 17 Elementární charakteristiky vývoje výroby elektrické energie v ČR – Větrná energie.....	90
Tabulka 18 Průměrné elementární charakteristiky vývoje výroby elektrické energie v ČR – Větrná energie.....	90
Tabulka 19 Elementární charakteristiky vývoje výroby elektrické energie v Německu	91
Tabulka 20 Průměrné elementární charakteristiky vývoje výroby elektrické energie v Německu	91
Tabulka 21 Elementární charakteristiky vývoje výroby elektrické energie v Polsku	92
Tabulka 22 Průměrné elementární charakteristiky vývoje výroby elektrické energie v Polsku.....	92
Tabulka 23 Elementární charakteristiky vývoje výroby elektrické energie v Rakousku	93
Tabulka 24 Průměrné elementární charakteristiky vývoje výroby elektrické energie v Rakousku	93
Tabulka 27 Elementární charakteristiky vývoje výroby elektrické energie ve Slovensku ..	94
Tabulka 28 Průměrné elementární charakteristiky vývoje výroby elektrické energie ve Slovensku.....	94

Tabulka 1 Elementární charakteristiky vývoje celkové výroby elektrické energie v ČR

Rok	Výroba v ČR (TWh)	1. absolutní diference [6]	2. absolutní diference [8]	Tempo růstu (%) [11]	Bazický index (%) [5]
2000	72.9	-	-	-	100
2001	74.22	1.32	-	102	102
2002	76	1.78	0.46	102	104
2003	82.79	6.79	5.01	109	114
2004	83.79	1	-5.79	101	115
2005	81.93	-1.86	-2.86	98	112
2006	83.66	1.73	3.59	102	115
2007	87.77	4.11	2.38	105	120
2008	83.28	-4.49	-8.6	95	114
2009	81.64	-1.64	2.85	98	112
2010	85.24	3.6	5.24	104	117
2011	86.67	1.43	-2.17	102	119
2012	86.61	-0.06	-1.49	100	119
2013	85.94	-0.67	-0.61	99	118
2014	85.01	-0.93	-0.26	99	117
2015	82.52	-2.49	-1.56	97	113
2016	82.01	-0.51	1.98	99	112
2017	85.78	3.77	4.28	105	118
2018	86.86	1.08	-2.69	101	119
2019	85.77	-1.09	-2.17	99	118
2020	80.15	-5.62	-4.53	93	110
2021	83.73	3.58	9.2	104	115
2022	85.11	1.38	-2.2	102	117

Zdroj:

ERÚ, vlastní zpracování, 2023

Tabulka 2 Průměrné elementární charakteristiky celkové výroby elektrické energie v ČR

Elementární charakteristiky průměrné	Hodnota v (TWh)
Průměrná absolutní diference (2000-2004) [12]	2,72
Průměrná výroba elektřiny [2]	83.01

Zdroj: ERÚ, vlastní zpracování, 2023

Tabulka 3 Elementární charakteristiky vývoje výroby elektrické energie v ČR – Uhlí

Rok	Výroba uhlí (TWh)	1. absolutní diference [6]	tempo růstu (%) [11]	bazický index (%) [5]
2000	52.75	-	-	100
2001	52.59	-0.16	100	100
2002	49.91	-2.68	95	95
2003	50.77	0.86	102	96
2004	50.31	-0.46	99	95
2005	49.52	-0.79	98	94
2006	49.65	0.13	100	94
2007	53.79	4.14	108	102
2008	48.77	-5.02	91	92
2009	45.94	-2.83	94	87
2010	46.9	0.96	102	89
2011	46.68	-0.22	100	88
2012	43.98	-2.7	94	83
2013	41.12	-2.86	93	78
2014	40.73	-0.39	99	77
2015	41.14	0.41	101	78
2016	41.97	0.83	102	80
2017	41.44	-0.53	99	79
2018	41.2	-0.24	99	78
2019	37.33	-3.87	91	71
2020	31	-6.33	83	59
2021	34.18	3.18	110	65
2022	36.97	2.79	108	70

Zdroj: ERÚ, vlastní zpracování, 2023

Tabulka 4 Průměrné elementární charakteristiky vývoje výroby elektrické energie v ČR – Uhlí

Elementární charakteristiky průměrné	Hodnota v (TWh)
Průměrná absolutní diference (2000-2022) [7]	-0,71

Zdroj: ERÚ, vlastní zpracování, 2023

Tabulka 5 Elementární charakteristiky vývoje výroby elektrické energie v ČR - Jaderná energie

Rok	Výroba jadernými elektrárnami (TWh)	1. absolutní diference [6]	2. absolutní diference [8]	tempo růstu (%) [11]	bazický index (%) [5]
2000	13.59	-	-	-	100
2001	14.75	1.16	-	109	109
2002	18.74	3.99	2.83	127	138
2003	25.87	7.13	3.14	138	190
2004	26.33	0.46	-6.67	102	194
2005	24.73	-1.6	-2.06	94	182
2006	26.05	1.32	2.92	105	192
2007	26.17	0.12	-1.2	100	193
2008	26.55	0.38	0.26	101	195
2009	27.21	0.66	0.28	102	200
2010	28	0.79	0.13	103	206
2011	28.28	0.28	-0.51	101	208
2012	30.32	2.04	1.76	107	223
2013	30.75	0.43	-1.61	101	226
2014	30.33	-0.42	-0.85	99	223
2015	26.84	-3.49	-3.07	88	197
2016	24.1	-2.74	0.75	90	177
2017	28.34	4.24	6.98	118	209
2018	29.92	1.58	-2.66	106	220
2019	30.25	0.33	-1.25	101	223
2020	30.04	-0.21	-0.54	99	221
2021	30.73	0.69	0.9	102	226
2022	30.99	0.26	-0.43	101	228

Zdroj: ERÚ, vlastní zpracování, 2023

Tabulka 6 Průměrné elementární charakteristiky vývoje výroby elektrické energie v ČR – Jaderná energie

Elementární charakteristiky průměrné	Hodnota v (TWh)
Průměrná absolutní diference (2000-2022) [7]	0,79

Zdroj: ERÚ, vlastní zpracování, 2023

Tabulka 7 Elementární charakteristiky vývoje výroby elektrické energie v ČR – Plyn

Rok	Výroba z plynu (TWh)	1. absolutní diference [6]	tempo růstu (%) [11]	bazický index (%) [5]
2000	1.69	-	-	100
2001	1.58	-0.11	93	93
2002	1.61	0.03	102	95
2003	1.58	-0.03	98	93
2004	1.54	-0.04	97	91
2005	1.47	-0.07	95	87
2006	1.57	0.1	107	93
2007	1.37	-0.2	87	81
2008	1.02	-0.35	74	60
2009	0.98	-0.04	96	58
2010	1.38	0.4	141	82
2011	1.41	0.03	102	83
2012	1.49	0.08	106	88
2013	2.04	0.55	137	121
2014	1.82	-0.22	89	108
2015	2.28	0.46	125	135
2016	3.73	1.45	164	221
2017	3.7	-0.03	99	219
2018	3.77	0.07	102	223
2019	5.81	2.04	154	344
2020	6.87	1.06	118	407
2021	7.31	0.44	106	433
2022	6.65	-0.66	91	393

Zdroj: ERÚ, vlastní zpracování, 2023

Tabulka 8 Průměrné elementární charakteristiky vývoje výroby elektrické energie v ČR – Plyn

Elementární charakteristiky průměrné	Hodnota
Průměrná absolutní diference (2000-2009) [7]	0,07 (TWh)
Průměrné tempo růstu (2010-2022) [12]	118 (%)
Průměrná absolutní diference (2000-2022) [7]	0,44 (TWh)

Zdroj: ERÚ, vlastní zpracování, 2023

Tabulka 9 Elementární charakteristiky vývoje výroby elektrické energie v ČR – Bioenergie

Rok	Výroba z bioenergie (TWh)	1. absolutní diference [6]	tempo růstu (%) [11]	bazický index (%) [5]
2000	0.52	-	-	100
2001	0.52	0	100	100
2002	0.5	-0.02	96	96
2003	0.49	-0.01	98	94
2004	0.71	0.22	145	137
2005	0.73	0.02	103	140
2006	0.92	0.19	126	177
2007	1.2	0.28	130	231
2008	1.45	0.25	121	279
2009	1.85	0.4	128	356
2010	2.16	0.31	117	415
2011	2.7	0.54	125	519
2012	3.37	0.67	125	648
2013	4.06	0.69	120	781
2014	4.66	0.6	115	896
2015	4.79	0.13	103	921
2016	4.76	-0.03	99	915
2017	4.97	0.21	104	956
2018	4.83	-0.14	97	929
2019	5.03	0.2	104	967
2020	5.21	0.18	104	1002
2021	5.38	0.17	103	1035
2022	5.31	-0.07	99	1021

Zdroj: ERÚ, vlastní zpracování, 2023

Tabulka 10 Průměrné elementární charakteristiky vývoje výroby elektrické energie v ČR – Bioenergie

Elementární charakteristiky průměrné	Hodnota
Průměrná absolutní diference [7]	0,21 (TWh)
Průměrné tempo růstu (2006-2014) [12]	23 (%)
Průměrné tempo růstu (2015-2022) [12]	2 (%)

Zdroj: ERÚ, vlastní zpracování, 2023

Tabulka 11 Elementární charakteristiky vývoje výroby elektrické energie v ČR - Solární energie

Rok	Výroba ze solární energie (TWh)	1. absolutní diference [6]	2. absolutní diference [8]	tempo růstu (%) [11]	bazický index (%) [5]
2000	0	-	-	-	-
2001	0	0	-	-	-
2002	0	0	0	-	-
2003	0	0	0	-	-
2004	0	0	0	-	-
2005	0	0	0	-	-
2006	0	0	0	-	-
2007	0	0	0	-	-
2008	0.01	0.01	0.01	-	100
2009	0.09	0.08	0.07	900	900
2010	0.62	0.53	0.45	689	6200
2011	2.18	1.56	1.03	352	21800
2012	2.15	-0.03	-1.59	99	21500
2013	2.03	-0.12	-0.09	94	20300
2014	2.12	0.09	0.21	104	21200
2015	2.26	0.14	0.05	107	22600
2016	2.13	-0.13	-0.27	94	21300
2017	2.2	0.07	0.2	103	22000
2018	2.36	0.16	0.09	107	23600
2019	2.34	-0.02	-0.18	99	23400
2020	2.34	0	0.02	100	23400
2021	2.32	-0.02	-0.02	99	23200
2022	2.51	0.19	0.21	108	25100

Zdroj: ERÚ, vlastní zpracování, 2023

Tabulka 12 Průměrné elementární charakteristiky vývoje výroby elektrické energie v ČR – Solární energie

Elementární charakteristiky průměrné	Hodnota v (TWh)
Průměrná absolutní diference (2008-2011) [7]	0,54

Zdroj: ERÚ, vlastní zpracování, 2023

Tabulka 13 Elementární charakteristiky vývoje výroby elektrické energie v ČR - Vodní energie

Rok	Výroba vodními elektrárnami (TWh)	1. absolutní diference [6]	tempo růstu (%) [11]	bazický index (%) [5]
2000	1.76	-	-	100
2001	2.05	0.29	116	116
2002	2.49	0.44	121	141
2003	1.38	-1.11	55	78
2004	2.02	0.64	146	115
2005	2.38	0.36	118	135
2006	2.55	0.17	107	145
2007	2.09	-0.46	82	119
2008	2.02	-0.07	97	115
2009	2.43	0.41	120	138
2010	2.79	0.36	115	159
2011	1.96	-0.83	70	111
2012	2.13	0.17	109	121
2013	2.73	0.6	128	155
2014	1.91	-0.82	70	109
2015	1.79	-0.12	94	102
2016	2	0.21	112	114
2017	1.87	-0.13	94	106
2018	1.63	-0.24	87	93
2019	2.01	0.38	123	114
2020	2.14	0.13	106	122
2021	2.41	0.27	113	137
2022	2.03	-0.38	84	115

Zdroj: ERÚ, vlastní zpracování, 2023

Tabulka 14 Průměrné elementární charakteristiky vývoje výroby elektrické energie v ČR – Vodní energie

Elementární charakteristiky průměrné	Hodnota v (TWh)
Průměrná absolutní diference (2008-2022) [7]	0,01

Zdroj: ERÚ, vlastní zpracování, 2023

Tabulka 15 Elementární charakteristiky vývoje výroby elektrické energie v ČR - Vodní energie

Rok	Původní data (TWh)	Vyrovnaná data (TWh)	1. absolutní diference [6]	tempo růstu (%) [11]	bazický index (%) [5]
2000	1.76	-	-	-	-
2001	2.05	-	-	-	-
2002	2.49	-	-	-	-
2003	1.38	-	-	-	-
2004	2.02	-	-	-	100
2005	2.38	0.124	-	106	106
2006	2.55	0.1	-0.024	105	112
2007	2.09	-0.08	-0.18	96	107
2008	2.02	0.128	0.208	106	114
2009	2.43	0.082	-0.046	104	118
2010	2.79	0.082	4.44089E-16	104	122
2011	1.96	-0.118	-0.2	95	116
2012	2.13	0.008	0.126	100	117
2013	2.73	0.142	0.134	106	124
2014	1.91	-0.104	-0.246	96	119
2015	1.79	-0.2	-0.096	91	108
2016	2	0.008	0.208	100	109
2017	1.87	-0.052	-0.06	98	106
2018	1.63	-0.22	-0.168	89	95
2019	2.01	0.02	0.24	101	96
2020	2.14	0.07	0.05	104	99
2021	2.41	0.082	0.012	104	104
2022	2.03	0.032	-0.05	102	105

Zdroj: ERÚ, vlastní zpracování, 2023

Tabulka 17 Elementární charakteristiky vývoje výroby elektrické energie v ČR – Větrná energie

Rok	Výroba větrnými elektrárnami (TWh)	1. absolutní diference [6]	2. absolutní diference [8]	tempo růstu (%) [11]	bazický index (%) [5]
2000	0	-	-	-	-
2001	0	0	-	-	-
2002	0	0	0	-	-
2003	0	0	0	-	-
2004	0.01	0.01	0.01	-	100
2005	0.02	0.01	0	200	200
2006	0.05	0.03	0.02	250	500
2007	0.13	0.08	0.05	260	1300
2008	0.24	0.11	0.03	185	2400
2009	0.29	0.05	-0.06	121	2900
2010	0.34	0.05	6E-17	117	3400
2011	0.4	0.06	0.01	118	4000
2012	0.42	0.02	-0.04	105	4200
2013	0.48	0.06	0.04	114	4800
2014	0.48	0	-0.06	100	4800
2015	0.57	0.09	0.09	119	5700
2016	0.5	-0.07	-0.16	88	5000
2017	0.59	0.09	0.16	118	5900
2018	0.61	0.02	-0.07	103	6100
2019	0.7	0.09	0.07	115	7000
2020	0.7	0	-0.09	100	7000
2021	0.6	-0.1	-0.1	86	6000
2022	0.65	0.05	0.15	108	6500

Zdroj: ERÚ, vlastní zpracování, 2023

Tabulka 18 Průměrné elementární charakteristiky vývoje výroby elektrické energie v ČR – Větrná energie

Elementární charakteristiky průměrné	Hodnota v (%)
Průměrné tempo růstu (2005-2008) [12]	224

Zdroj: ERÚ, vlastní zpracování, 2023

Tabulka 19 Elementární charakteristiky vývoje výroby elektrické energie v Německu

ROK	VÝROBA V NĚMECKU (TWH)	1. ABSOLUTNÍ DIFERENCE [6]	TEMPO RŮSTU (%) [11]	BAZICKÝ INDEX (%) [5]
2000	572.3	-	-	100
2001	581.89	9.59	102	102
2002	581.96	0.07	100	102
2003	602.54	20.58	104	105
2004	610.28	7.74	101	107
2005	613.41	3.13	101	107
2006	629.81	16.4	103	110
2007	632.31	2.5	100	110
2008	633.2	0.89	100	111
2009	588.94	-44.26	93	103
2010	624.64	35.7	106	109
2011	605.17	-19.47	97	106
2012	620.39	15.22	103	108
2013	631.15	10.76	102	110
2014	619.95	-11.2	98	108
2015	640.57	20.62	103	112
2016	642.97	2.4	100	112
2017	646.01	3.04	100	113
2018	632.72	-13.29	98	111
2019	599.49	-33.23	95	105
2020	567.26	-32.23	95	99
2021	581.35	14.09	102	102
2022	582.28	0.93	100	102

Zdroj: ERÚ, vlastní zpracování, 2023

Tabulka 20 Průměrné elementární charakteristiky vývoje výroby elektrické energie v Německu

Elementární charakteristiky průměrné	Hodnota
Průměrné tempo růstu (2018-2020) [12]	96 (%)
Průměrné tempo růstu (2000-2008) [12]	107 (%)
Průměrná výroba (2000- 2022) [2]	610,46 (TWh)

Zdroj: ERÚ, vlastní zpracování, 2023

Tabulka 21 Elementární charakteristiky vývoje výroby elektrické energie v Polsku

ROK	VÝROBA V POLSKU (TWH)	1. ABSOLUTNÍ DIFERENCE [6]	2. ABSOLUTNÍ DIFERENCE [8]	TEMPO RŮSTU (%) [11]	BAZICKÝ INDEX (%) [5]
2000	143.18	-	-	-	100
2001	143.72	0.54	-	100	100
2002	142.49	-1.23	-1.77	99	100
2003	150.01	7.52	8.75	105	105
2004	152.26	2.25	-5.27	101	106
2005	155.05	2.79	0.54	102	108
2006	160.45	5.4	2.61	103	112
2007	158.51	-1.94	-7.34	99	111
2008	154.64	-3.87	-1.93	98	108
2009	151.09	-3.55	0.32	98	106
2010	157	5.91	9.46	104	110
2011	163.01	6.01	0.1	104	114
2012	161.63	-1.38	-7.39	99	113
2013	163.91	2.28	3.66	101	114
2014	158.38	-5.53	-7.81	97	111
2015	164.24	5.86	11.39	104	115
2016	166.09	1.85	-4.01	101	116
2017	169.93	3.84	1.99	102	119
2018	169.49	-0.44	-4.28	100	118
2019	163.04	-6.45	-6.01	96	114
2020	157.14	-5.9	0.55	96	110
2021	178.77	21.63	27.53	114	125
2022	179.3	0.53	-21.1	100	125

Zdroj: ERÚ, vlastní zpracování, 2023

Tabulka 22 Průměrné elementární charakteristiky vývoje výroby elektrické energie v Polsku

Elementární charakteristiky průměrné	Hodnota v (TWh)
Průměrná absolutní diference (2000-2022) [7]	1,64
Průměrná výroba [2]	159,27

Zdroj: ERÚ, vlastní zpracování, 2023

Tabulka 23 Elementární charakteristiky vývoje výroby elektrické energie v Rakousku

ROK	VÝROBA V RAKOUSKU (TWH)	1. ABSOLUTNÍ DIFERENCE [6]	TEMPO RŮSTU (%) [11]	BAZICKÝ INDEX (%) [5]
2000	59.85	-	-	-
2001	61.06	1.21	102	102
2002	60.69	-0.37	99	101
2003	58.06	-2.63	96	97
2004	61.93	3.87	107	103
2005	64.49	2.56	104	108
2006	62.28	-2.21	97	104
2007	62.91	0.63	101	105
2008	64.5	1.59	103	108
2009	66.3	1.8	103	111
2010	67.91	1.61	102	113
2011	62.26	-5.65	92	104
2012	68.7	6.44	110	115
2013	64.59	-4.11	94	108
2014	61.62	-2.97	95	103
2015	61.85	0.23	100	103
2016	65.25	3.4	105	109
2017	67.42	2.17	103	113
2018	65.04	-2.38	96	109
2019	70.86	5.82	109	118
2020	69.19	-1.67	98	116
2021	66.95	-2.24	97	112
2022	64.69	-2.26	97	108

Zdroj: ERÚ, vlastní zpracování, 2023

Tabulka 24 Průměrné elementární charakteristiky vývoje výroby elektrické energie v Rakousku

Elementární charakteristiky průměrné	Hodnota v (TWh)
Průměrná absolutní diference (2000-2022) [7]	0,22
Průměrná výroba [2]	64,27

Zdroj: ERÚ, vlastní zpracování, 2023

Tabulka 27 Elementární charakteristiky vývoje výroby elektrické energie ve Slovensku

ROK	VÝROBA VE SLOVENSKU (TWH)	1. ABSOLUTNÍ DIFERENCE [6]	TEMPO RŮSTU (%) [11]	BAZICKÝ INDEX (%) [5]
2000	30.78	-	-	100
2001	31.83	1.05	103	103
2002	32.18	0.35	101	105
2003	30.96	-1.22	96	101
2004	30.45	-0.51	98	99
2005	31.34	0.89	103	102
2006	31.21	-0.13	100	101
2007	27.83	-3.38	89	90
2008	28.73	0.9	103	93
2009	25.89	-2.84	90	84
2010	27.42	1.53	106	89
2011	28.21	0.79	103	92
2012	28.24	0.03	100	92
2013	28.44	0.2	101	92
2014	27.04	-1.4	95	88
2015	26.54	-0.5	98	86
2016	26.68	0.14	101	87
2017	27.29	0.61	102	89
2018	26.57	-0.72	97	86
2019	28.19	1.62	106	92
2020	28.51	0.32	101	93
2021	29.66	1.15	104	96
2022	26.73	-2.93	90	87

Zdroj: ERÚ, vlastní zpracování, 2023

Tabulka 28 Průměrné elementární charakteristiky vývoje výroby elektrické energie ve Slovensku

Elementární charakteristiky průměrné	Hodnota v (TWh)
Průměrná absolutní diference [7]	
Průměrné tempo růstu (2000-2006) [12]	100
Průměrná výroba [2]	44.72

Zdroj: ERÚ, vlastní zpracování, 2023

Tabulka 29 trendové funkce daných časových řad

Ukazatel		Funkce	Index determinace (%)
Celková výroba elektrické energie v ČR		$y = 79.051e^{0.004x}$	28.88
		$y = 0.3173x + 79.209$	29.63
		$y = 3.5825\ln(x) + 74.978$	56.09
		$y = -0.0576x^2 + 1.6995x + 73.45$	63.80
		$y = 74.945x^{0.0451}$	54.91
Uhelné elektrárny		$y = 56.243e^{-0.02x}$	85.45
		$y = -0.863x + 55.079$	87.20
		$y = -6.211\ln(x) + 58.66$	67.08
		$y = -0.0204x^2 - 0.3735x + 53.04$	88.91
		$y = 60.771x^{-0.141}$	62.20
Jaderná energie		$y = 19.501e^{0.0238x}$	54.12
		$y = 0.5419x + 19.97$	58.54
		$y = 5.2367\ln(x) + 14.723$	81.17
		$y = -0.049x^2 + 1.7175x + 15.072$	75.28
		$y = 15.148x^{0.2397}$	76.57
Plyn		$y = 0.9041e^{0.0744x}$	80.89
		$y = 0.2382x - 0.1341$	63.99
		$y = 1.4209\ln(x) - 0.4633$	33.79
		$y = 0.0276x^2 - 0.4246x + 2.6277$	94.08
		$y = 0.8256x^{0.4385}$	47.99
Bioenergie		$y = 0.4251e^{0.1313x}$	78.83
		$y = 0.2797x - 0.4821$	93.69
		$y = 2.0526\ln(x) - 1.7308$	74.90
		$y = 2E-05x^2 + 0.2793x - 0.4804$	93.69
		$y = 0.1995x^{1.0392}$	93.78
Obnovitelné zdroje	Solární energie	$y = 0.1499x - 0.5967$	81.82
		$y = 1.0959\ln(x) - 1.2563$	64.90
		$y = -0.0008x^2 + 0.1685x - 0.6739$	81.90
	Větrná energie	$y = 0.0374x - 0.1107$	94.40
		$y = 0.2815\ln(x) - 0.2935$	79.39
		$y = -0.0004x^2 + 0.0473x - 0.1518$	94.80
Celková výroba elektrické energie v Německu		$y = 604.97e^{0.0007x}$	1.41
		$y = 0.4344x + 605.25$	1.45
		$y = 10.26\ln(x) + 587.44$	12
		$y = -0.4491x^2 + 11.212x + 560.34$	55.62

	$y = 587.37x^{0.0168}$	11.76
Celková výroba elektrické energie v Polsku	$y = 144.45e^{0.008x}$	75.41
	$y = 1.2712x + 144.02$	75.64
	$y = 10.127\ln(x) + 136.55$	71.29
	$y = -0.012x^2 + 1.5584x + 142.82$	75.88
	$y = 137.58x^{0.0644}$	72.33
Celková výroba elektrické energie ve Slovensku	$y = 31.081e^{-0.007x}$	49.55
	$y = -0.1975x + 31.097$	48.37
	$y = -1.735\ln(x) + 32.62$	55.44
	$y = 0.0207x^2 - 0.695x + 33.17$	67.03
	$y = 32.74x^{-0.059}$	54.87

Zdroj: ERÚ, vlastní zpracování, 2023