

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra statistiky



Bakalářská práce

Výroba a spotřeba elektrické energie v ČR

Tomáš Pirner

© 2024 ČZU v Praze

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Tomáš Pirner

Ekonomika a management

Název práce

Výroba a spotřeba elektrické energie v ČR

Název anglicky

Production and consumption of electrical energy in the Czech Republic

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je zhodnocení energetického mixu ČR, kolik energie z jednotlivých zdrojů pochází a jaké jsou trendy v energetickém sektoru.

Dále historický popis výroby el. energie a předpokládaný vývoj výroby a spotřeby elektrické energie v ČR.

Metodika

Práce se skládá ze dvou částí – teoretická a praktická. Teoretická část bude čerpat z českých i zahraničních zdrojů, z knih a odborných časopisů. Dále z ČSÚ, Eurostatu a orgánů státní správy ČR.

Získaná data budou analyzována pomocí matematicko-statistických metod.

Doporučený rozsah práce

cca 40 stran

Klíčová slova

Výroba elektrické energie, spotřeba elektrické energie, elektrárny, cena elektřiny, elektřina, energie

Doporučené zdroje informací

Český statistický úřad [online]. Dostupné také z: <https://www.czso.cz>

Energetický regulační úřad [online]. Dostupné také z: <https://www.eru.cz>

Eurostat [online]. Dostupné také z: <https://ec.europa.eu/eurostat>

HINDLS, Richard; ARLTOVÁ, Markéta; HRONOVÁ, Stanislava; MALÁ, Ivana; MAREK, Luboš; PECÁKOVÁ, Iva; ŘEZANKOVÁ, Hana. *Statistika v ekonomii*. [Průhonice]: Professional Publishing, 2018. ISBN 978-80-88260-09-7.

MASTNÝ, Petr. *Obnovitelné zdroje elektrické energie*. 2011. Praha: České vysoké učení technické v Praze. ISBN 978-80-01-04937-2.

MOTLÍK, Jan, Libor ŠIMÁNEK a Josef ŠTEKL. *Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v České republice*. 2007. Praha. ISBN 978-80-239-8823-9.

Předběžný termín obhajoby

2023/24 LS – PEF

Vedoucí práce

RNDr. Jan Grosz

Garantující pracoviště

Katedra statistiky

Elektronicky schváleno dne 5. 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 15. 03. 2024

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Výroba a spotřeba elektrické energie v ČR" jsem vypracoval 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 autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 15.3.2024

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce RNDr. Janu Groszovi za odborné vedení, konzultace, cenné rady a doporučení, které mi byly v průběhu zpracování této práce poskytnuty.

Výroba a spotřeba elektrické energie v ČR

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zaměřuje na vývoj v oblasti energetického sektoru ČR v letech 2013–2022. Cílem této bakalářské práce je provést analýzu výroby a spotřeby elektrické energie v České republice ve sledovaném období.

Práce je rozdělena na dvě části – teoretickou a praktickou. Teoretická část práce se zaměřuje na popis jednotlivých zdrojů energie využívaných v ČR. Konkrétně jak fungují, jaké jsou jejich výhody, nevýhody a jejich role v energetickém mixu. Tato část čerpá informace z knižních zdrojů, odborných publikací a relevantních internetových zdrojů. Praktická část práce se zaměřuje na analýzu výroby a spotřeby elektrické energie v ČR v období let 2013–2022, dále analyzuje výrobu z jednotlivých zdrojů energie včetně podílu na celkové výrobě, sleduje vývoj podílu obnovitelných zdrojů a cenu elektrické energie v ČR i v zemích Evropské unie v letech 2022–1. pololetí 2023. Tato část čerpá data z veřejně dostupných zdrojů jako je ČSU, ERU a Eurostat.

Závěr práce shrnuje výsledky provedených analýz, z kterých vyplývá, že v souvislosti s poklesem výroby, nárůstem spotřeby a plánovaným uzavřením uhelných elektráren se pravděpodobně staneme z vývozce elektrické energie jejím dovozcem. Uhlé elektrárny hrají významnou roli v energetickém mixu a nebude je snadné nahradit OZE a současně se neobejdeme bez jaderných elektráren.

Klíčová slova: Výroba elektrické energie, spotřeba elektrické energie, elektrárny, cena elektřiny, elektřina, energie

Production and consumption of electric energy in Czech Republic

Abstract

This bachelor thesis examines the evolution of the energy sector in the Czech Republic from 2013 to 2022. Its objective is to analyse the generation and utilization of electricity within this period.

The thesis comprises two sections: theoretical and practical. The theoretical segment delves into explicating the functionality, advantages, disadvantages, and role within the energy mix of various energy sources employed in the Czech Republic. Information for this part is sourced from books, professional publications, and pertinent online sources. The practical section of the thesis focuses on analysing electricity production and consumption in the Czech Republic from 2013 to 2022, analyses the production from individual energy sources including the share in the total production, monitors the development of the share of renewable energy sources and the price of electricity in the Czech Republic and in the European Union in the period 2022-1st half of 2023. Data for this part is sourced from publicly available sources such as CSU, ERU, and Eurostat.

The thesis concludes by summarizing the findings, indicating a potential shift from electricity exporter to importer due to reduced production, increased consumption, and planned closure of coal-fired power plants. Coal-fired plants, integral to the energy mix, will not be easily replaced by RES, and at the same time we cannot do without nuclear power plants.

Keywords: Electricity production, electricity consumption, power plants, electricity price, electricity, energy

Obsah

1 Úvod	11
2 Cíl práce a metodika.....	12
2.1 Cíl práce.....	12
2.2 Metodika.....	13
2.2.1 Analýza časových řad.....	13
2.2.2 Elementární charakteristika časových řad.....	14
2.2.3 Modely časových řad	15
2.2.4 Trendová složka	15
3 Teoretická východiska	16
3.1 Historie elektrické energie.....	16
3.2 Obnovitelné zdroje energie.....	17
3.2.1 Větrné elektrárny.....	17
3.2.1.1 Princip fungování větrných elektráren	19
3.2.1.2 Větrná elektrárna s horizontální osou	20
3.2.1.3 Větrná elektrárna s vertikální osou	21
3.2.2 Vodní elektrárny	22
3.2.2.1 Význam vodních elektráren.....	22
3.2.2.2 Princip fungování vodních elektráren	23
3.2.2.3 Akumulační vodní elektrárny	24
3.2.2.4 Přečerpávací vodní elektrárny	24
3.2.2.5 Průtočné vodní elektrárny.....	25
3.2.3 Fotovoltaické elektrárny	25
3.2.3.1 Princip fungování fotovoltaického článku	26
3.2.4 Energetické využití biomasy.....	28
3.2.4.1 Spalování biomasy	28
3.2.4.2 Bioplynové stanice	29
3.3 Neobnovitelné zdroje energie	30
3.3.1 Uhelové elektrárny.....	31
3.3.1.1 Princip fungování uhelných elektráren	31
3.3.2 Plynové elektrárny	32
3.3.2.1 Princip fungování plynových elektráren	33
3.3.3 Jaderné elektrárny	33
3.3.3.1 Princip fungování jaderných elektráren	34

4	Výsledky vlastní práce.....	35
4.1	Analýza výroby a spotřeby elektrické energie v ČR	35
4.2	Analýza exportu a importu elektrické energie.....	37
4.3	Analýza výroby elektřiny z jednotlivých zdrojů v ČR a jejich podílu na celkové výrobě	38
4.3.1	Analýza výroby elektrické energie z větrných elektráren.....	38
4.3.2	Analýza výroby elektrické energie z vodních elektráren.....	39
4.3.3	Analýza výroby elektrické energie z fotovoltaických elektráren	40
4.3.4	Analýza výroby elektrické energie z parních elektráren.....	41
4.3.5	Analýza výroby elektrické energie z plynových elektráren.....	42
4.3.6	Analýza výroby elektrické energie z jaderných elektráren	44
4.4	Podíl obnovitelných a neobnovitelných zdrojů na celkové produkci elektrické energie.....	45
4.5	Porovnání struktury výroby elektrické energie v roce 2013 a 2022	46
4.6	Analýza cen elektrické energie zemí v Evropské unii	50
4.7	Predikce Spotřeby elektrické energie v ČR.....	51
4.8	Vlastní výpočty	53
4.8.1	Elementární charakteristika výroby elektřiny v ČR	53
4.8.2	Elementární charakteristika spotřeby elektřiny v ČR	54
4.8.3	Analýza ceny elektrické energie za pomoci trendové funkce	56
5	Výsledky a diskuse.....	58
6	Závěr	60
7	Seznam použitých zdrojů	61
8	Seznam obrázků, tabulek, grafů a zkratk.....	64
8.1	Seznam obrázků.....	64
8.2	Seznam tabulek.....	64
8.3	Seznam grafů	64
8.4	Seznam použitých zkratk.....	65

1 Úvod

Elektrická energie je klíčovým faktorem pro ekonomický rozvoj a každodenní život občanů. V současném světě, kde společnost směřuje k udržitelným a ekologickým řešením, se otázky týkající se výroby a spotřeby elektrické energie stávají stále důležitějšími. Tato bakalářská práce se zaměřuje na jedno z klíčových témat v energetickém sektoru – výrobu a spotřebu elektrické energie v České republice.

Česká republika, s bohatou historií v oblasti energetiky a průmyslu, čelí výzvám spojeným s rychlým technologickým pokrokem, globálními změnami klimatu a neustále rostoucí spotřebou energetických zdrojů. Tato práce si klade za cíl podrobně prozkoumat současný stav v oblasti výroby elektrické energie, analyzovat trendy v její spotřebě a zkoumat klíčové faktory ovlivňující energetický sektor v České republice.

V teoretické části jsou představeny nejrozšířenější zdroje pro výrobu elektrické energie v naší zemi. Z technologického hlediska je popsáno, jak jednotlivé elektrárny fungují a jaká jsou jejich specifika. Důraz je kladen na identifikaci klíčových vlivů a trendů, které ovlivňují efektivitu a udržitelnost výroby elektrické energie.

V praktické části je analyzováno množství vyrobené a spotřebované elektřiny včetně salda importu a exportu. Je zkoumáno množství vyrobené elektřiny z jednotlivých zdrojů spolu s jejich podílem na celkové výrobě. Dále je sledován podíl obnovitelných a neobnovitelných zdrojů energie včetně srovnání energetického mixu podle množství vyrobené elektřiny z jednotlivých zdrojů v roce 2013 a 2022. V práci je rovněž provedeno srovnání cen elektrické energie v rámci Evropské unie, predikce její spotřeby a výroby. Cena elektrické energie za období let 2011-2022 v ČR je analyzována za pomoci kvadratické trendové funkce.

V závěru je tato práce zaměřena na doporučení a návrhy, jak optimalizovat výrobu a spotřebu elektrické energie v souladu s moderními energetickými trendy a udržitelnými principy. Cílem je poskytnout komplexní pohled na energetický sektor České republiky a přispět k udržitelnému rozvoji této klíčové oblasti českého hospodářství.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je komplexní analýza výroby elektrické energie z různých zdrojů dostupných v České republice.

První část práce je zaměřena na popis obnovitelných zdrojů energie zahrnujících větrné elektrárny, vodní elektrárny, fotovoltaické elektrárny a možnosti využití biomasy.

Druhá část práce je zaměřena na neobnovitelné zdroje energie. Tato část obsahuje popis parních elektráren, plynových elektráren a jaderných elektráren. Každá elektrárna bude popsána z hlediska technického fungování, jejich využití, popsání výhod, nevýhod a jakou roli hrají v energetickém mixu České republiky.

Cílem bakalářské práce je provedení analýzy výroby a spotřeby elektrické energie v České republice v časovém rozmezí od roku 2013 do roku 2022. Součástí je rozbor salda exportu a importu elektrické energie v uvedeném období s konstatováním trendů. Dále je práce zaměřena na analýzu výroby elektrické energie z jednotlivých zdrojů v ČR také v období od roku 2013 do roku 2022. To obnáší přesné množství vyrobené elektřiny daným zdrojem za uvedené časové období včetně procentuálního množství, kterým se daný zdroj podílí na celkové výrobě elektrické energie v zemi. V této části je práce zaměřena na variabilitu výroby v průběhu času a jsou vysvětleny možné příčiny daných výkyvů.

Dalším cílem je analýza podílu obnovitelných a neobnovitelných zdrojů energie za sledované období. Je porovnán energetický mix ČR v roce 2013 a 2022 s přihlédnutím ke změnám ve struktuře a podílu různých zdrojů energie včetně porovnání změn u jednotlivých zdrojů OZE.

Následně je práce zaměřena na srovnání cen elektrické energie zemí v Evropské unii. Toto srovnání pomáhá zhodnotit cenovou situaci na evropském trhu.

Posledním cílem je predikce výroby a spotřeby elektrické energie za pomoci elementárních charakteristik časových řad a zhodnocení trendů ve vývoji cen elektrické energie v ČR.

2.2 Metodika

Metodika použitá při psaní bakalářské práce byla založena na důkladné literární rešerši, která vycházela z analýzy široké škály odborných zdrojů. Tyto zdroje zahrnovaly jak domácí, tak i zahraniční publikace, články a webové stránky, které poskytovaly relevantní informace k problematice studované práce.

V průběhu rešerše bylo klíčové systematicky a kriticky přistupovat k vybraným zdrojům. To zahrnovalo nejen identifikaci relevantních informací, ale také jejich analýzu, interpretaci a hodnocení. Cílem bylo zajistit důvěryhodnost a spolehlivost informací, které budou použity k popsání a analýze řešené problematiky.

Během rešerše byly často konfrontovány protichůdné názory a premisy z různých zdrojů. Tato konfrontace pomohla přesněji definovat rozsah tématu a umožnila vytvořit vyvážený a komplexní pohled na studovanou problematiku. Díky srovnání různých perspektiv bylo možné lépe porozumět kontextu a dynamice tématu.

Data pro analytickou část byla získána z veřejně dostupných informačních kanálů a statistických úřadů, jako je Český statistický úřad, Eurostat, Energetický regulační úřad nebo Ministerstvo průmyslu a obchodu. Tato data poskytovala důležité informace o výrobě, spotřebě, cenách a dalších relevantních ukazatelích v oblasti energetiky. Následně byla data zpracována do grafů pro lepší znázornění trendů a variabilit v čase a důkladně popsána. Pro analýzu výroby a spotřeby elektrické energie byla využita charakteristika časových řad a pomocí průměrného koeficientu růstu byl proveden odhad výroby a spotřeby el. energie pro roky 2023 a 2024. Zároveň je zde nastíněn možný vývoj, pokud by v roce 2020 nenastala pandemie COVID 19 a v roce 2022 válka na Ukrajině. U analýzy vývoje ceny elektrické energie v ČR byla použita trendová kvadratická funkce.

2.2.1 Analýza časových řad

Časová řada představuje sled hodnot kvalitativního ukazatele uspořádaných podle času. Tato data z minulosti, vztažená k určitému časovému období, jsou klíčová pro odhad budoucího vývoje. Časové řady dělíme na sezónní a nesezónní. Sezónní časové řady mají interval kratší než jeden rok (obvykle měsíc, kvartál). Nesezónní časové řady mají

nejčastěji interval v délce jednoho roku. Dále se ČŘ dělí na intervalové, kde se vyhodnocuje daný časový interval. Okamžité ČŘ se měří v daném čase.

2.2.2 Elementární charakteristika časových řad

Elementární charakteristiky časových řad jsou využívány k rychlému získání informací o vlastnostech a chování sledovaného ukazatele v průběhu času.

- Absolutní charakteristiky
 - První diference (absolutní přírůstek/ úbytek) – značí rozdíl mezi dvěma po sobě jdoucími hodnotami

$$d_{y_t} = y_t - y_{t-1}, \quad t=2,3,4,\dots,n$$

- Druhá diference (absolutní zrychlení/ zpomalení) – rozdíl dvou po sobě následujících 1. diferencí

$$d_{y_t} = dy_t - dy_{t-1}, \quad t=3,4,5,\dots,n$$

- Relativní charakteristiky
 - Bazický index – hodnota v každém období se vztahuje k jedné dané hodnotě, obvykle k té počáteční

$$b_t = \frac{y_t}{y_1}$$

- Koefficient růstu – o kolik % se změnila hodnota oproti minulému roku

$$k_t = \frac{y_t}{y_{t-1}}, \quad t=2,3,4,\dots,n$$

- Relativní přírůstek – značí samotnou procentuální změnu hodnoty

$$r_t = \frac{y_t}{y_{t-1}} - 1, t=2,3,4,\dots,n$$

- Průměrný koeficient růstu – udává trend koeficientu růstu

$$k = \sqrt[n-1]{\frac{y_n}{y_1}}$$

2.2.3 Modely časových řad

Časové řady se skládají ze 2 – 3 složek. Záleží, zda je ČŘ sezónní nebo nesezónní.

- Trendová složka (Tt) – vyjadřuje dlouhodobý trend sledovaného jevu
- Periodická složka (Pt) – obsahuje pravidelné výkyvy, sezónní periody jsou dlouhé maximálně jeden rok, cyklické jsou zpravidla delší než rok
- Náhodná složka (et) – nepravidelné výkyvy

2.2.4 Trendová složka

Trend je vyjádřen za pomoci matematické funkce. O tom, jakou trendovou funkci zvolíme rozhoduje R^2 . Čím vyšší je hodnota, tím vyšší je přesnost.

Trendové funkce jsou následující:

- | | |
|-----------------|-----------------------------|
| • Lineární | $T_t = a + b * t$ |
| • Kvadratické | $T_t = a + b * t + c * t^2$ |
| • Mocninné | $T_t = a * t^b$ |
| • Odmocninné | $T_t = a + b * \sqrt{t}$ |
| • Logaritmická | $T_t = a + b * \log t$ |
| • Exponenciální | $T_t = a * b^t$ |

3 Teoretická východiska

3.1 Historie elektrické energie

Dnes si již málokdo dokáže představit život bez elektřiny. Každý den nám desítky spotřebičů ulehčují život.

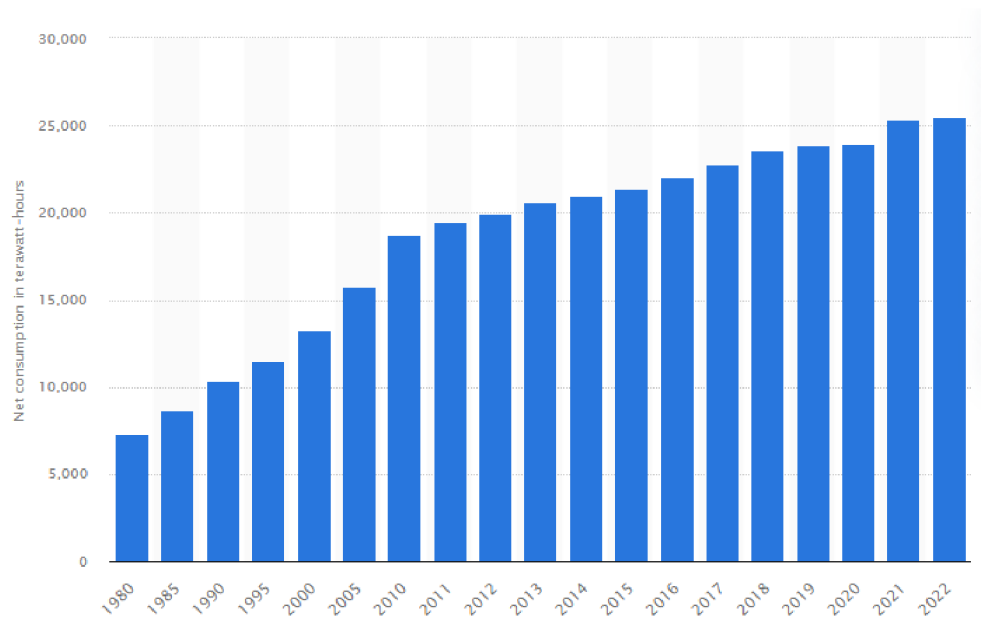
Historie elektrické energie sahá až do 18. století, kdy byly prováděny první experimenty s elektřinou. K rozvoji elektrické energie přispělo mnoho vynálezců. Jako první si elektrické energie všiml v roce 1752 Benjamin Franklin. V roce 1800 Alessandro Volta vyvinul první elektrochemický článek, což byl předchůdce moderních baterií. Roku 1820 Hans Christian Ørsted si všiml spojitosti mezi elektrickým proudem a magnetismem. Michael Faraday vynalezl elektromagnetickou indukci, což znamená, že pohybující se magnet může generovat elektrický proud. Toto zjištění vedlo k vytvoření prvního elektromagnetického dynama, což bylo zásadní pro výrobu elektřiny (IEC, 2022).

Dalším významným vynálezcem v oblasti elektrické energie je Thomas Edison, kterému se připisuje nespočet významných patentů, v roce 1879 vynalezl žárovku a v roce 1882 zavedl první elektrickou síť spolu s elektrárnou ve státě New York. Nikola Tesla, další významná postava té doby, se zasadil na prosazení střídavého proudu (AC), který se později stal standardem pro distribuci elektřiny (IEC, 2022).

Elektrická energie se stala klíčovým prvkem moderního života, pohánějícím průmysl, dopravu, domácnosti, komunikaci a další. Vlivem zvyšující se populace a neustále probíhajícím rozvojem civilizace se také neustále zvyšuje spotřeba elektrické energie. Dalším rozvojem e-mobility a větší elektrifikací domácností tento trend bude jistě pokračovat i v budoucnu (MPO, 2022).

Z grafu níže je patrné, jak spotřeba v posledních 42 letech neustále rostla a od roku 1980 se více než ztrojnásobila. Hodnoty spotřeby jsou uvedené v netto TWh.

Graf. 1: Vývoj globální spotřeby energie



Zdroj: Statista (2023)

3.2 Obnovitelné zdroje energie

Definice obnovitelných zdrojů podle platného zákona o životním prostředí 17/1992 Sb. zní: „*Obnovitelné přírodní zdroje mají schopnost se při postupném spotřebovávání částečně nebo úplně obnovovat, a to samy nebo za přispění člověka.*“

Obnovitelné zdroje jsou šetrné k životnímu prostředí a mají významný potenciál. Jejich využití nevede k trvalé degradaci životního prostředí a přispívá k udržitelnému rozvoji. Mezi výhody bezesporu patří jejich nevyčerpatelnost, ekologičnost a relativně nízké provozní náklady. Nevýhodou poté jsou, kromě vodních elektráren, vyšší celkové výrobní náklady, podíl na vyrobené elektřině je výrazně nižší než podíl na instalovaném výkonu, především u fotovoltaiky nízká účinnost, nízká výkonová hustota (nízký výkon v přepočtu na m² – kWh/m²) a poté zejména u větrných a solárních elektráren je využití v čase oproti neobnovitelným zdrojům nízké (nízká výkonová pohotovost = kolísavý výkon) (Šulc, 2015).

3.2.1 Větrné elektrárny

Historie využití větrné energie sahá několik století zpět. První záznamy o vodorovném větrném rotoru pocházejí z 3. století př. n. l. z Egypta. Na evropském kontinentu začaly

větrné mlýny sloužit od 13. století. Převažujícím způsobem využití větru bylo mletí obilí, čerpání vody a zpracování dřeva. V Holandsku bylo charakteristické spojení větrného rotoru s Archimédovým šroubem, které sloužilo k odvodňování nebo zavlažování zemědělských pozemků (Benda, 2012).

Na území současné České republiky vznikl první větrný mlýn v roce 1277 v Praze v zahradě Strahovského kláštera. Od konce 80. let minulého století začaly vznikat větrné elektrárny tak jak je známe dnes. V současnosti se po celé České republice nachází desítky lokalit s fungujícími větrnými elektrárnami. Výkon se pohybuje většinou od 300 kW u malých elektráren až po velké elektrárny o výkonu 3MW. Podle Energetického regulačního úřadu bylo v České republice v polovině roku 2023 instalováno přes 338 MW výkonu (Motlík, 2007).

Vznik větru je způsoben nerovnoměrným ohřevem zemského povrchu slunečním zářením. Ohřátá vrstva vzduchu nad povrchem stoupá vzhůru. Podstatnou roli zde hraje také střídání dne a noci a samotná rotace země. Tato dynamika způsobuje v atmosféře tlakové rozdíly, které se vyrovnávají vznikem větru, proudícího vždy od oblasti s vyšším tlakem směrem k oblasti s nižším tlakem (Svět energie, 2020).

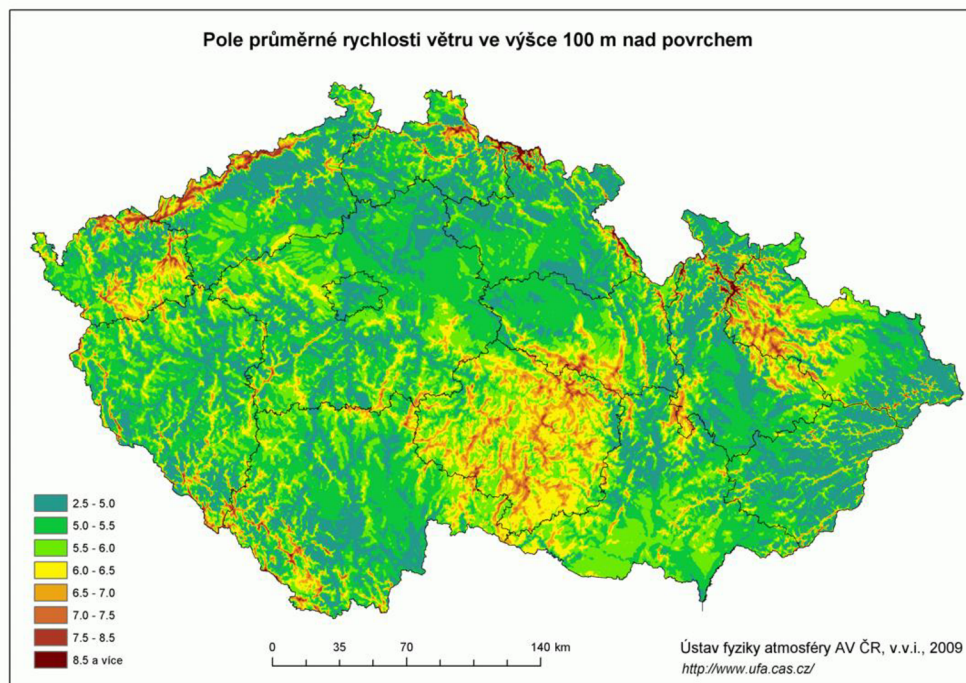
V dnešní době zažívá využívání větrné energie rozmach, zejména ve spojitosti s výrobou elektrické energie. Tento rozmach ve větrné energetice souvisí s úsilím o omezení negativních dopadů spojených s využíváním fosilních paliv pro výrobu energie a snahou o redukci emisí skleníkových plynů do atmosféry (Mastný, 2011).

Klíčovým faktorem při rozhodování o vhodné lokalitě pro výstavbu větrné elektrárny je znalost místních povětrnostních podmínek. Kromě dominantního směru větru je zásadní přesně určit především jeho rychlost a počet větrných dní za rok. Tyto údaje lze zjistit z obecných meteorologických dat nebo z detailního statistického měření prováděného přímo na daném místě. S ohledem na to, že výkon turbíny závisí na třetí mocnině rychlosti větru je důležité provést měření co nejpřesněji. Na základě vytvořené větrné mapy pak odborníci stanoví optimální počet a výkon turbín (ČEZ, 2023).

Při výběru lokality je důležité brát v úvahu také další parametry. Dopravní dostupnost je klíčová nejen pro samotnou výstavbu elektráren pomocí těžké techniky, ale i pro jejich následnou údržbu. Dále je nutné zohlednit dostupnost a kapacitu energetické přenosové sítě, pevnost podloží, profil terénu nebo vzdálenost obydlí. Na obrázku níže můžeme vidět větrný potenciál České republiky. Mapa znázorňuje průměrnou rychlost větru ve výšce 100 metrů nad zemí (ČSVE, 2021).

Z mapy je patrné, že nejvhodnější lokality pro instalaci větrných elektráren jsou v oblasti Krušných hor, Krkonoš, Jeseníků, Českomoravské vrchoviny a Šumavy.

Obrázek 1: Větrná mapa ČR



Zdroj: Ústav fyziky a atmosféry (2009)

3.2.1.1 Princip fungování větrných elektráren

Větrné elektrárny se rozlišují podle orientace osy hlavního hřídele, která může být horizontální nebo vertikální. Dalším kritériem je, jak využívají kinetickou energii vzdušné masy, což může být buď na odporovém nebo vztakovém principu. Elektrárny s vertikální osou mají generátor umístěn na zemi a nepotřebují natáčení do směru větru (O energetice, 2015).

Horizontální osa je typická pro moderní třílisté vztakové větrné turbíny, kde je generátor umístěn na vysokém tubusu. Jejich rotorové listy mají tvar aerodynamického křídla, které je obtékáno proudícím vzduchem. Díky správnému nastavení listů se na jedné straně vytváří podtlak a na straně druhé přetlak, což je způsobeno rozdílnými rychlostmi vzduchu. Následně tyto tlaky roztáčejí větrnou turbínu. Turbíny pracující na principu vztlaku mají účinnost kolem 40 až 50 % (Šulc, 2015).

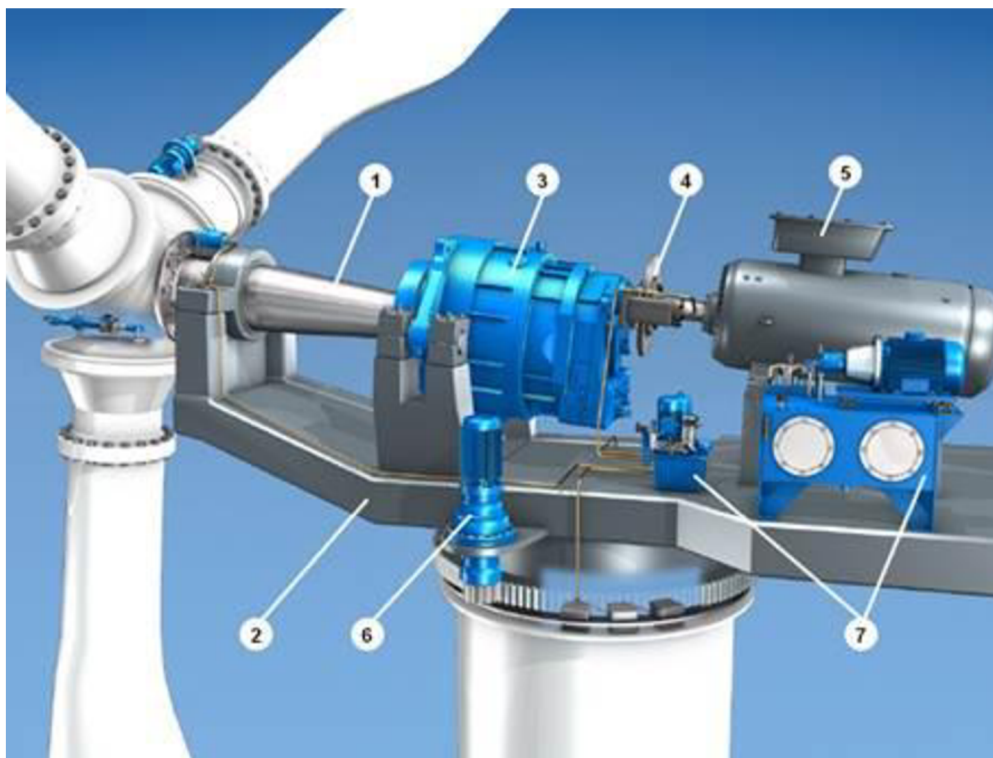
U starších zařízení nižších výkonů převažuje odporový princip s vertikální osou, kde se využívá aerodynamického odporu plochy namířené proti větru. Tyto elektrárny mají

generátor umístěn na zemi a nepotřebují natačení do směru větru. Využívají se spíše zřídka, kvůli jejich nízké účinnosti okolo 15-20 %. Uplatnění najdou obvykle jen v případech, kdy je požadována jednoduchá instalace a nízký výkon (Šulc, 2015).

3.2.1.2 Větrná elektrárna s horizontální osou

Vlivem aerodynamických sil působících na rotorové listy přeměňuje větrná turbína, umístěná na stožáru, kinetickou energii větru na mechanickou rotační energii. Tato energie se následně prostřednictvím generátoru transformuje na elektrickou energii. Rotorové listy vytvářejí podél svého obvodu aerodynamické síly, a proto musí mít specifický tvar profilu, podobný profilu křídel letadla. U větrné turbíny nesmí chybět ani efektivní a rychlá regulace výkonu, aby se předešlo mechanickému a elektrickému přetížení větrné elektrárny. Ta je řešena dvěma způsoby. První spočívá ve tvaru samotné lopatky, který je vytvořen tak, že při zvyšování rychlosti větru začnou lopatky ztrácet vztlak a tím i výkon a účinnost. Využití nachází spíše u menších elektráren. Druhým způsobem regulace je mechanické natočení lopatek za pomoci hydraulického systému, čímž opět rotor ztrácí vztlak, tedy i výkon a účinnost (ČEZ, 2023; ČSVE, 2021).

Obrázek 2: Schéma větrné elektrárny s horizontální osou



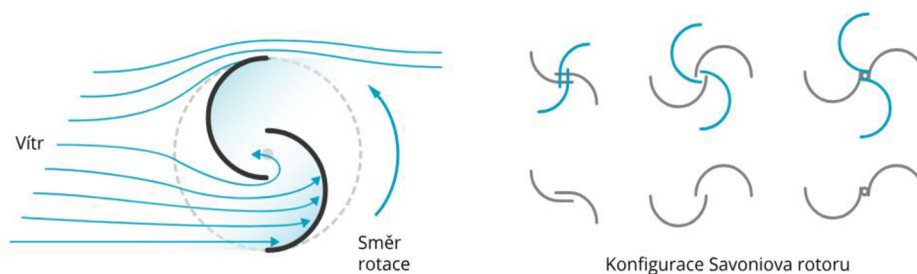
Zdroj: Česká společnost pro větrnou energetiku (2021)

- 1) Hlavní hřídel větrné elektrárny
- 2) Nosný rám strojovny
- 3) Převodovka větrné elektrárny
- 4) Spojení mezi převodovkou a generátorem
- 5) Generátor větrné elektrárny
- 6) Systém natačení strojovny
- 7) Hydraulické systémy větrné elektrárny

3.2.1.3 Větrná elektrárna s vertikální osou

Savoniova turbína zkonstruovaná v roce 1922 finským vynálezcem Siguardem J. Savoniusem představuje jednu z nejjednodušších větrných turbín využívající odporový princip. Konstrukce turbíny se obvykle skládá ze vzájemně otočených polokoulí, které jsou připevněny k vertikální ose. Lopatky ve tvaru polokoule díky duté a vypuklé části na sebe vzájemně působí odlišným odporem, což roztáčí turbínu. Její účinnost dosahuje 20 % (Svět energie, 2020).

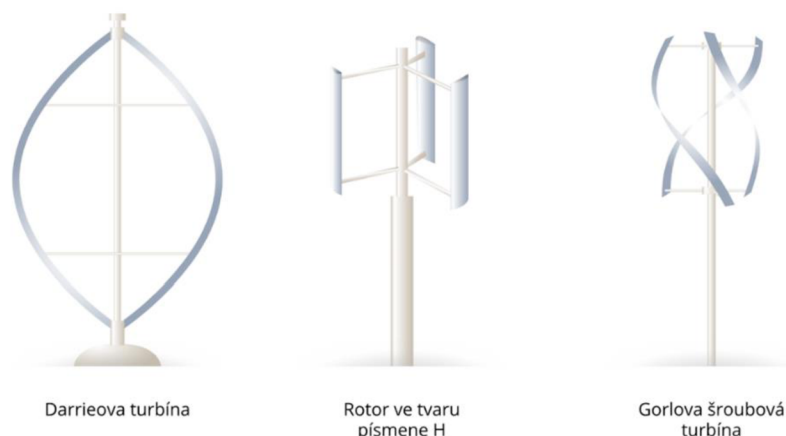
Obrázek 3: Princip Savoinovy turbíny



Zdroj: Svět energie (2020)

Další větrnou turbínou s vertikální osou je Darrieova turbína zkonstruovaná v roce 1931 francouzským vynálezcem Georgem Jean Marie Darrieusem. Konstrukce turbíny je obvykle tvořena z dvou až třech aerodynamických listů, které se otáčejí kolem svislé osy. Vlivem velmi vysoká rychlosti otáčení vzniká silná odstředivá síla, což klade důraz na výrobu konstrukce z kvalitních materiálů. Výhodou turbíny je snadná údržba a také nepotřebuje natačení podle směru větru, protože zachycuje vítr ze všech stran. Účinnost dosahuje 35 % (Svět energie, 2020).

Obrázek 4: Princip Darrieovy turbíny



Zdroj: Svět energie (2020)

3.2.2 Vodní elektrárny

Historie vodní energetiky sahá až do starověku, kdy lidstvo začalo využívat přirozené energetické zdroje pro svůj prospěch. Avšak, rozvoj této oblasti nebyl plynulý a efektivita vodních elektráren rostla pouze s velikostí vodních kol. Klíčovým bodem v historii byly inovace, jako byla první přetlaková turbína v roce 1827, Francisova turbína v roce 1847, Peltonova turbína v roce 1880 a Kaplanova turbína v roce 1918. V 19. století byla postavena první vodní elektrárna produkuje střídavý elektrický proud. Rozvoj elektrizační soustavy v 20. století výrazně změnil využívání vodní energie, umožňující vyrovnat nedostatek způsobený kolísáním potenciálu vodních toků v průběhu roku. Moderní turbíny jsou považovány za technicky nejlepší mechanické motory, s dosaženou účinností až 95 %. (Libra, 2007)

Potřeba hledat nové a alternativní energetické zdroje, stejně jako zdokonalování již známých obnovitelných zdrojů, se stává čím dál naléhavější. V této souvislosti hraje vodní energie klíčovou roli. Koloběh vody v přírodě, jako neustále se obnovujícího zdroje energie, nabízí jedinečný potenciál pro výrobu elektrické energie. (Benda, 2012)

3.2.2.1 Význam vodních elektráren

Vodní elektrárny mají v hydrologických podmínkách České republiky význam, který nespočívá v objemu vyrobené elektrické energie, jaký poskytují jiné zdroje, například

jaderná energetika. Jejich hodnota spočívá ve specifických vlastnostech provozu, které jsou klíčové pro flexibilitu a šetrnost k životnímu prostředí. Vodní elektrárny jsou schopny rychle reagovat na momentální potřeby elektrické energie v energetické soustavě, a přitom nezatěžují životní prostředí odpady, jako je například vyhořelé palivo. Z hlediska vodohospodářství mají tyto elektrárny také význam, neboť jsou součástí vodních děl, která stabilizují průtoky řek, chrání před povodněmi a podporují rekreační, průmyslové a zemědělské potřeby (Šulc, 2015).

Celkově lze říci, že vodní elektrárny hrají v České republice důležitou roli jako doplňkový zdroj primárních zdrojů elektrické energie, přičemž přinášejí významné ekonomické a ekologické výhody (Libra, 2007).

3.2.2.2 Princip fungování vodních elektráren

Ve vodních elektrárnách dochází k pohybu turbíny pod vlivem vody, tato turbína je spojena na společné hřídeli s elektrickým generátorem, což vytváří tzv. turbogenerátor. Mechanická energie plynoucí vody je transformována na elektrickou energii.

Moderní turbíny se dále dělí na rovnotlaké a přetlakové. Rovnotlaké turbíny udržují konstantní tlak vody od přítoku po výtok, zatímco do přetlakových turbín voda vtéká pod větším tlakem, než s jakým ji opouští (Bednář, 2013).

Mezi nejčastěji využívané typy vodních turbín patří Francisova turbína, která patří mezi nejdéle využívaný typ moderní turbíny, uplatňuje se při velkých průtocích a spádech. Tato turbína je flexibilní a nachází využití i jako čerpadlová turbína v přečerpávacích vodních elektrárnách, kde při změně směru otáčení přechází do role čerpadla. Díky natáčení lopatek je možné ji dobře regulovat (Bednář, 2013).

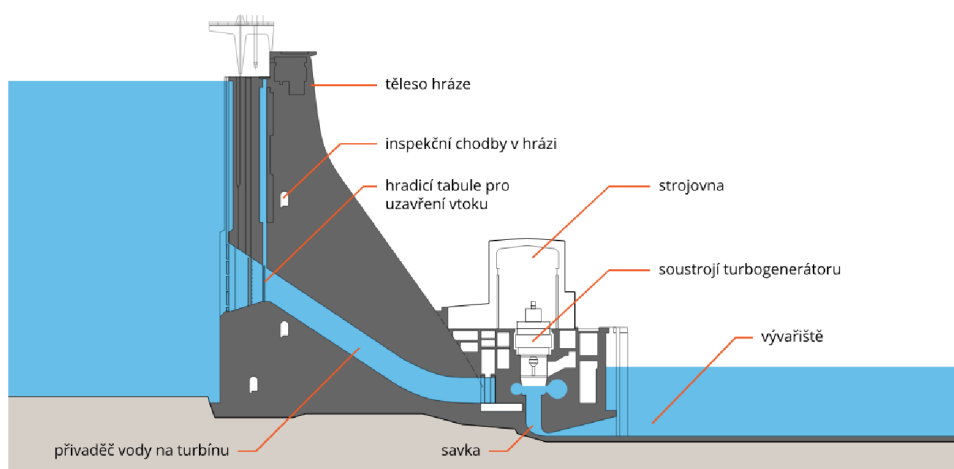
Kaplanova turbína vznikla zdokonalením vrtulové turbíny a má složitější konstrukci než turbína Francisova. Lze ji hydraulicky nebo v případě menších turbín mechanicky regulovat. Díky těmto vlastnostem dosahuje Kaplanova turbína vysoké účinnosti při širokém rozsahu průtoků (Bednář, 2013).

U vysokých spádů se využívá turbína Peltonova. U malých a středních spádů najde uplatnění turbína Bánkiho typu. Unikátní charakteristikou této turbíny je, že voda prochází přes lopatky dvakrát. Nejprve při vstupu do oběžného kola a poté opět při jeho opuštění (Bednář, 2013).

3.2.2.3 Akumulační vodní elektrárny

V případě akumulčních elektráren se využívá řízený odběr vody z akumulční nádrže podle aktuálních potřeb elektrické sítě. Tyto elektrárny pokrývají období pološpičkového zatížení nebo špičkové zatížení. Kromě akumulace elektrické energie mají tyto nádrže stabilizační účinek na vodní toky a působí jako ochrana před povodněmi. V mnoha případech slouží nádrže také jako zdroj pitné vody pro vodárny (O energetice, 2016).

Obrázek 5: Schéma akumulční vodní elektrárny

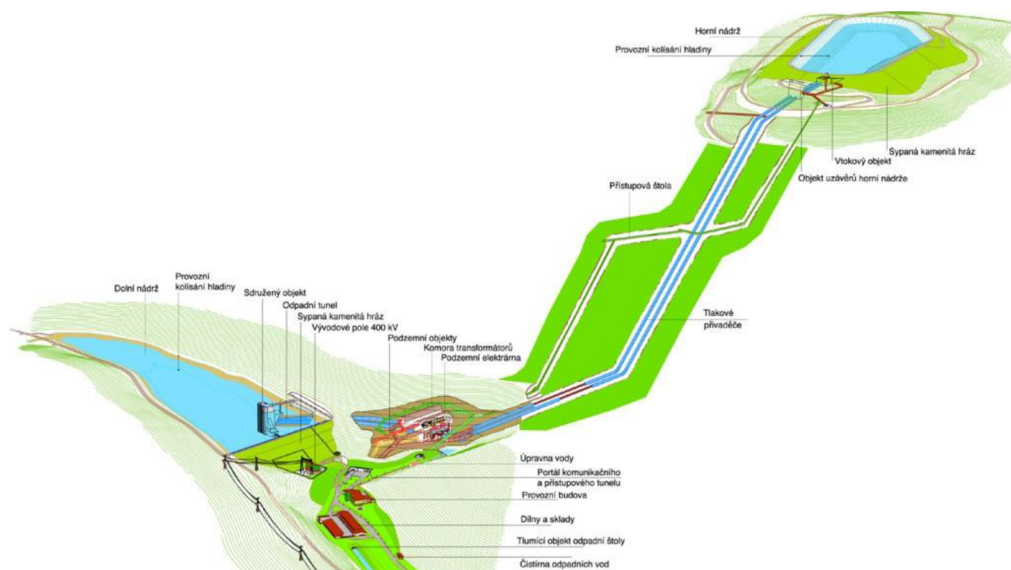


Zdroj: Svět energie (2020)

3.2.2.4 Přečerpávací vodní elektrárny

Přečerpávací vodní elektrárny jsou zvláště zajímavé pro schopnost operativně řešit zvýšenou potřebu elektrické energie v období energetických špiček. Tyto elektrárny pracují na principu dvou vodních nádrží s různou výškovou úrovní propojených tlakovým potrubím, což umožňuje rychle reagovat na změny v potřebě elektrického výkonu v síti. Přečerpávací vodní elektrárny jsou tak perspektivní technologií, zejména s ohledem na možnost akumulace elektrické energie (O energetice, 2015).

Obrázek 6: Schéma přečerpávací vodní elektrárny



Zdroj: O energetice (2015)

3.2.2.5 Průtočné vodní elektrárny

Průtočná vodní elektrárna využívá přirozený průtok řeky. V případě, že průtok řeky přesáhne hodnotu, pro kterou je elektrárna navržena nadbytečná voda je odvedena bez energetického využití. Průtočné elektrárny lze rozdělit na dvě hlavní kategorie, a to jezové a derivační (ČEZ, 2023).

Jezové vodní elektrárny využívají jezu k zvýšení hladiny vody a koncentraci spádu. Derivační elektrárny využívají systému derivačního přivaděče, což může být potrubí nebo kanál, který odvádí vodu z říčního koryta k turbíně vodní elektrárny. Následně je voda odpadním kanálem vrácena zpět do řeky (Bednář, 2013).

3.2.3 Fotovoltaické elektrárny

Využití energie slunečního záření představuje jednu z nejčistších a ekologicky nejšetrnějších metod výroby elektřiny, zejména s ohledem na ochranu životního prostředí. Tento energetický zdroj je obzvláště atraktivní díky jeho obrovské dostupnosti všude kolem nás (Libra, 2007).

První pokusy o přeměnu slunečního záření na elektrickou energii provedl v roce 1839 ve Francii fyzik Alexander Edmond Becquerel. V roce 1883 zásluhou Charlese Fritse dosáhl

fotovoltaický článek účinnosti 1 %. Významným krokem v oblasti fotovoltaických článků, tak jak je známe dnes, bylo objevení čistého monokrystalu křemíku Janem Czochralskim (Mastný, 2011).

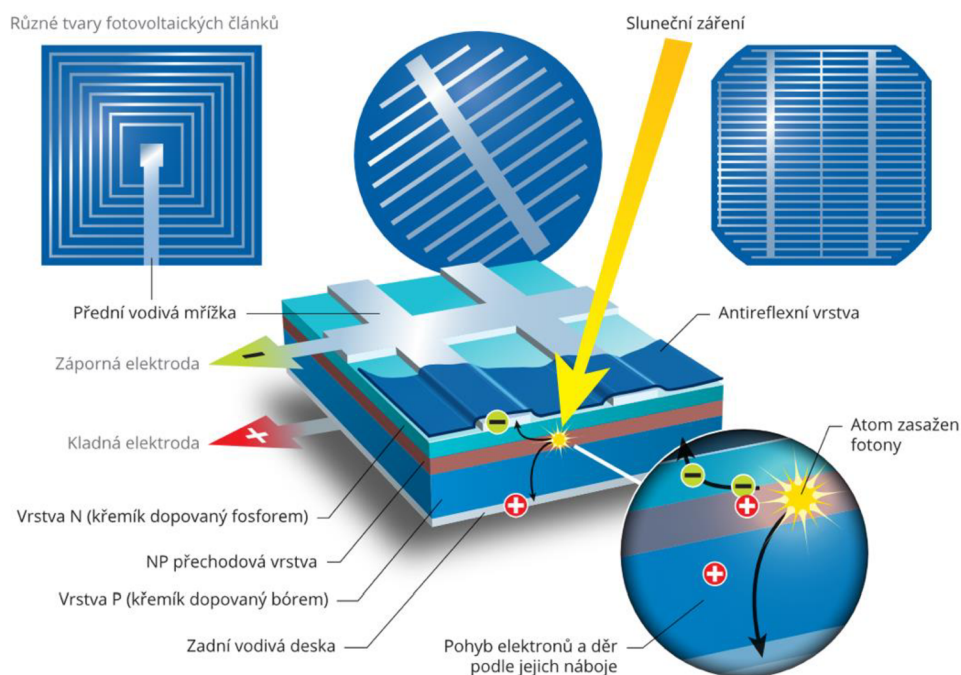
V počátcích fotovoltaické články našly uplatnění v kosmonautice jako zdroj napájení družic. Tento fakt významně přispěl k rozvoji technologie. V posledních letech došlo v České republice k rapidnímu rozšíření fotovoltaických systémů především díky dotační politice a energetické krizi. Nejčastěji se solární systémy nacházejí na střeších rodinných domů, průmyslových hal a na zemědělské půdě. Životnost takových panelů se odhaduje na 30 let (Svět energie, 2020).

Aktuálním směrem ve vývoji fotovoltaických článků je použití organických polovodičů založených na uhlíku. Tato technologie využívá organických molekul plastů, které jsou velmi tenké v řádu nanometrů, elastické, ohebné a mají nízké výrobní náklady, díky nimž může jejich cena dosahovat pouze zlomku ceny klasických křemíkových panelů. Avšak tato technologie, i když přináší revoluční přístup, zatím má jeden zásadní nedostatek, kterým je nízká účinnost pohybující se v jednotkách procent (Svět energie, 2020).

3.2.3.1 Princip fungování fotovoltaického článku

Fotovoltaický článek je zařízení, které přeměňuje sluneční záření přímo na elektrickou energii. Nejčastěji se využívají fotovoltaické články vyrobené z křemíku. Na spodní straně článku je často použit plátek krystalického křemíku s příměsí bóru s vodivostí typu P a nahoře je aplikovaná vrstva vodivosti typu N. Mezi těmito vrstvami je PN přechod. Fotony dopadající na článek uvolňují elektrony z atomů v polovodiči. Tím vzniká na rozhraní vrstev PN elektrické napětí o síle 0,5 V. Uvolněné elektrony směřují směrem nahoru k horní vrstvě, zatímco tzv. "díry" místa, kde elektrony byly odebrány a mají kladný náboj směřují dolů ke spodní vrstvě. Celý tento proces přeměny sluneční energie na elektřinu probíhá tedy v každém jednotlivém fotovoltaickém článku. Pro získání vyššího výkonu se články skládají do solárních panelů. Samotná výroba křemíkových plátek je energeticky náročná, ale vložená energie do výroby je v průběhu života solárního panelu vrácena výrobou tohoto panelu v průběhu prvních 5 let (Ahmadi, 2018).

Obrázek 7: Schéma fotovoltaického článku



Zdroj: Svět energie (2020)

Máme tři typy solárních panelů, které se liší místem využití a zejména účinností. Monokrystalické články jsou založeny na křemíkové podložce, která vzniká nařezáním tenkých plátek z křemíkového monokrystalu. Tyto křemíkové plátky jsou poté upraveny na požadovanou velikost fotovoltaického článku, obvykle je to 156×156 mm. Barva těchto plátek bývá tmavá až černá a mnohdy mají plátky osmiúhelníkový tvar. Monokrystalické články dosahují účinnosti v rozmezí od 14 do 20 % (ČEZ, 2023).

Polykrystalické články mají podobně jako monokrystalické články křemíkovou podložku, ale ta je složena z více menších křemíkových krystalů. Výroba základního ingotu je jednodušší a cenově dostupnější než u monokrystalických článků. Podložka má obvykle čtvercový tvar, je tmavomodrá a na okrajích jsou viditelné jednotlivé krystaly. Tyto články jsou nejpoužívanější a dosahují účinnosti v rozmezí od 12 do 15 %. Jejich předností je schopnost efektivně využívat rozptýlené světlo, což znamená, že nejsou tak citlivé na přesnou orientaci k jižní straně (Svět energie, 2020).

Třetím typem jsou amorfní články. Amorfní články se skládají z tenké vrstvy fotocitlivého materiálu, která je napařena na vhodný podkladový materiál, jako je sklo, plast nebo nerezová ocel. Existují i vícevrstvé varianty těchto článků, kde citlivost vrstev na různá spektra slunečního záření je posunutá, což umožňuje efektivnější využití celkového

slunečního záření. Amorfní články mohou být integrovány do střešních krytin, hydroizolačních pásů na rovných střeších nebo zpracovány do klasických panelů. Vyznačují se menší citlivostí na orientaci a teplotu prostředí, což umožňuje efektivní fungování i za zhoršených světelných podmínek. Účinnost amorfních článků se pohybuje v rozmezí 8 až 10 %, což znamená, že na dosažení stejného instalovaného výkonu je potřebná asi dvojnásobná plocha ve srovnání s jinými typy článků (Svět energie, 2020).

3.2.4 Energetické využití biomasy

Biomasa je klíčovým zástupcem obnovitelných energetických zdrojů, fungujícím jako přeměněná sluneční energie, zachycená rostlinami a uložená ve formě chemické energie. V optimálním případě lze biomasu považovat za neustále dostupnou, pokud se půda využívá efektivně. Odhaduje se, že množství biomasy vytvořené touto cestou za jediný rok na Zemi dosahuje 100 miliard tun, což je zhruba pětinašobek současné roční spotřeby energie ve světě. Obecně se považuje energetické využití biomasy za žádoucí a z hlediska minimalizace ekologické zátěže za vhodné (Libra, 2007).

3.2.4.1 Spalování biomasy

Spalování biomasy představuje nejstarší formu přeměny hmoty na teplo. Při spalování dochází k rozkladu materiálu na různé látky a plyny. Zároveň se uvolňuje energie, voda, oxid uhličitý a vzniklým odpadem je popel. Výhodou spalování biomasy fosilním palivům je téměř neutrální bilance oxidu uhličitého, což je důležité vzhledem k problematice vypouštění skleníkových plynů do atmosféry. Produkce CO₂ z biomasy je považována za neutrální, protože rostliny absorbují zhruba stejné množství plynu jako se vyprodukuje při spalování. Další výhodou je nízký obsah oxidů síry, který se pohybuje do 0,1 %. Například hnědé uhlí může obsahovat i přes 2 % těchto oxidů (Hunt, 2009).

K efektivnímu využití biomasy je dobré dodržovat základní principy při jejím zpracování. Přímý vliv na kvalitu biomasy má obsah vody, což ovlivňuje i její výhřevnost. Pokud biomasa obsahuje více než 30 % vody je dobré ji nejdříve vysušit alespoň pod tuto hranici. Ovšem za ideální stav se považuje vlhkost nanejvýš 20 %. Při výrobě pelet nebo briket musí vlhkost dosahovat maximálně 15 %. Spalování biomasy v elektrárnách funguje na stejném principu jako uhelné elektrárny. Hlavní odlišnou součástí je kotel, který musí být

uzpůsoben pro spalování biomasy. Při jejím spalování získáváme tepelnou energii, která ohřívá vodu protékající trubkami v kotli. V důsledku toho vzniká pára, která roztáčí parní turbínu pohánějící generátor. Pára z turbíny se dostává do kondenzátoru, kde kondenzuje na vodu a pomocí čerpadel je vháněna zpět do kotle. Druhý okruh odebírá teplo z kondenzátoru formou vody. Teplá voda z kondenzátoru se odvádí do chladicí věže, kde se rozprašuje a je vzduchem chlazená. Následně se dopravuje čerpadlem zpět do kondenzátoru (Hunt, 2009).

Nejrozšířenější metodou využívání biomasy je topení dřevem. Za výhodu se považuje jeho dostupnost a příznivá cena. Nevýhodou je pak nutnost časté obsluhy špatná regulace výkonu, ovšem to lze řešit pomocí vodních akumulčních nádrží, které umožňují přebytečné teplo uložit a využít ho až později. Pro co nejlepší spalování je vyžadována vysoká teplota, dostatek kyslíku a prostoru (Mastný, 2011).

Poměrně oblíbenou formou biomasy jsou i pelety. Díky výrobě za pomoci lisu jsou malé a dobře se s nimi manipuluje. Další jejich předností je, že topné zařízení může být relativně malé a podle požadovaného výkonu přikládáme potřebné množství pelet. Pelety mají nízký obsah vody, okolo 10 %, což zaručuje vysokou výhřevnost a zároveň produkují malé množství popela. Na stejném principu fungují i brikety nebo granule. Všechny tyto paliva se vyrábějí ze zbytků obilovin, slámy nebo pilin. Existují pro ně i automatické kotle, které jsou na obsluhu méně náročné než kotle na dřevo, přesto jsou v porovnání s plynovými nebo elektrickými kotli uživatelsky na jiné úrovni (Mastný, 2011).

Dalším významným zdrojem biomasy je dřevní štěpka. Získává se převážně z odpadu při těžbě dřeva nebo prořezávání stromů nebo dřevních plantáží. I přesto, že má vyšší obsah vody, se díky nižší ceně někdy vyplatí spalovat ve vlhkém stavu s menší výhřevností než ji sušit. Ovšem kotel pro spalování štěpky je větší než kotle na pelety, dražší a složitější (Motlík, 2007).

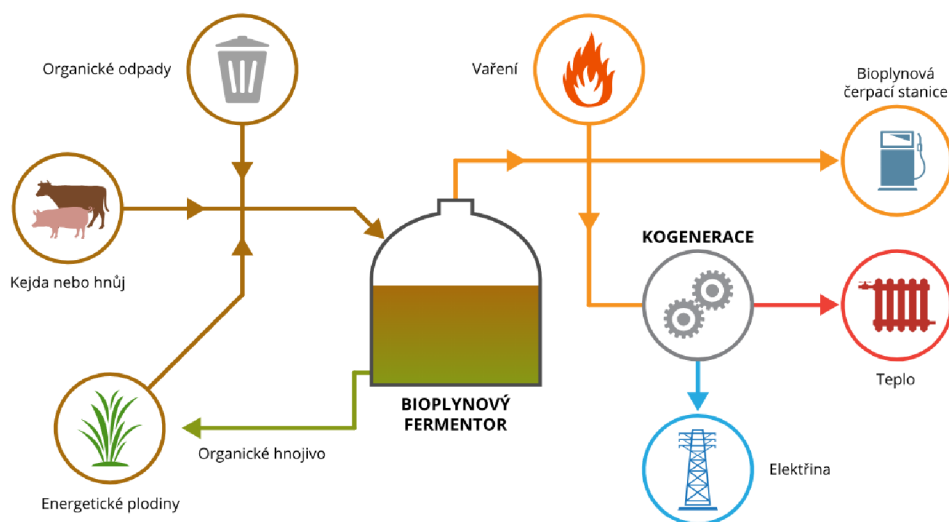
3.2.4.2 Bioplynové stanice

Další z možností využití biomasy je její přeměna na tuhá, kapalná nebo plynná biopaliva, která mohou být následně použita v tradičních elektrárnách nebo v kombinovaných zařízeních pro výrobu elektřiny a tepla (Benda, 2012).

Jedná se o pevné odpady z městského prostředí, uskladněné na kontrolovaných skládkách, odpadní vody a kal z čistíren odpadních vod nebo materiály generované v zemědělské produkci jako například hnůj ze zvířat, organické odpady z chovu dobytka nebo

odpad z masných zpracovatelských závodů. Tyto formy biomasy mohou být transformovány na bioplyn prostřednictvím kontrolovaného procesu fermentace. Anaerobní bakterie působením rozkládají materiály, čímž se postupně uvolňuje bioplyn s vysokým obsahem metanu, přičemž vedlejším produktem procesu je teplo, obvykle ve formě horké vody. Jakmile fermentační proces skončí, z původních vstupních materiálů zbyde pouze digestát, který může být opět použit jako kvalitní hnojivo. Bioplyn lze následně využít stejně jako zemní plyn, pro vytápění nebo pro výrobu elektřiny a tepla v kogeneračních zařízeních (Šulc, 2015).

Obrázek 8: Schéma bioplynové stanice



Zdroj: Svět energie (2020)

3.3 Neobnovitelné zdroje energie

Neobnovitelným zdrojem energie se rozumí paliva, jejichž zásoby jsou omezeny a spotřebovávají se rychleji, nežli mohou být přirozeně obnoveny. Patří sem ropa, zemní plyn, uhlí a rašelina. Tato paliva vznikla rozkladem organických složek hluboko v podzemí, kde díky absenci kyslíku, vysokým teplotám a tlaku mohlo dojít za milióny let k této přeměně. Dalším zdrojem je uran, který se po úpravě používá v jaderných elektrárnách jako jaderné palivo. Do elektráren se tato paliva dopravují obvykle potrubím, loděmi nebo po železnici (Drábová, 2014).

Spalování fosilních paliv nám vytváří spolehlivý a výkonný zdroj elektrické energie dodávající stabilitu naší elektrizační soustavě. Nevýhodou je, že může způsobovat značné environmentální problémy, včetně produkce emisí skleníkových plynů a odpadů. Kvůli snahám o udržitelnost a snižování emisí se stále více klade důraz na obnovitelné zdroje elektrické energie, které jsou šetrnější k životnímu prostředí a na rozdíl od fosilních paliv mají potenciál být udržitelné v dlouhodobém horizontu (Svět energie, 2020).

3.3.1 Uhelné elektrárny

V České republice, podobně jako v mnoha jiných zemích, hraje klíčovou roli výroba elektřiny z uhelných elektráren. Především jsou ale stabilním zdrojem elektřiny, dají se relativně dobře regulovat a hrají významnou roli v energetickém mixu země. Avšak v kontextu současných diskusí o udržitelnosti, klimatických změnách a snaze o přechod k obnovitelným zdrojům energie se od uhelných elektráren ustupuje především kvůli znečištění ovzduší, zejména oxidem uhličitým, oxidem siřičitým, oxidy dusíku a dalšími látkami. Odpadem je pak velké množství popela. O přesném datu konce uhelných elektráren se zatím jedná, nicméně předběžně se počítá s rokem 2033. Ekonomika výroby elektřiny ovšem naznačuje, že bez podpory mohou skončit uhelné elektrárny mnohem dříve (Doležal, 2011).

Uhlí vzniklo rozkladem organických materiálů, které se dostaly do větší hloubky, kde byl větší tlak, teplota a absence kyslíku. Jsou dva typy uhlí, černé a hnědé. Černé uhlí je kvalitnější, obsahuje méně síry, vody a má větší výhřevnost. Těží se v hlubinných dolech, zejména na Ostravsku, dříve i na Kladensku nebo Plzeňsku. Hnědé uhlí se těží v povrchových dolech, které se nachází v severních Čechách a na Karlovarsku. Těžba probíhá za pomoci obřích rypadel. Je méně kvalitní, obsahuje více vody, síry a má asi poloviční výhřevnost (ČEZ, 2023).

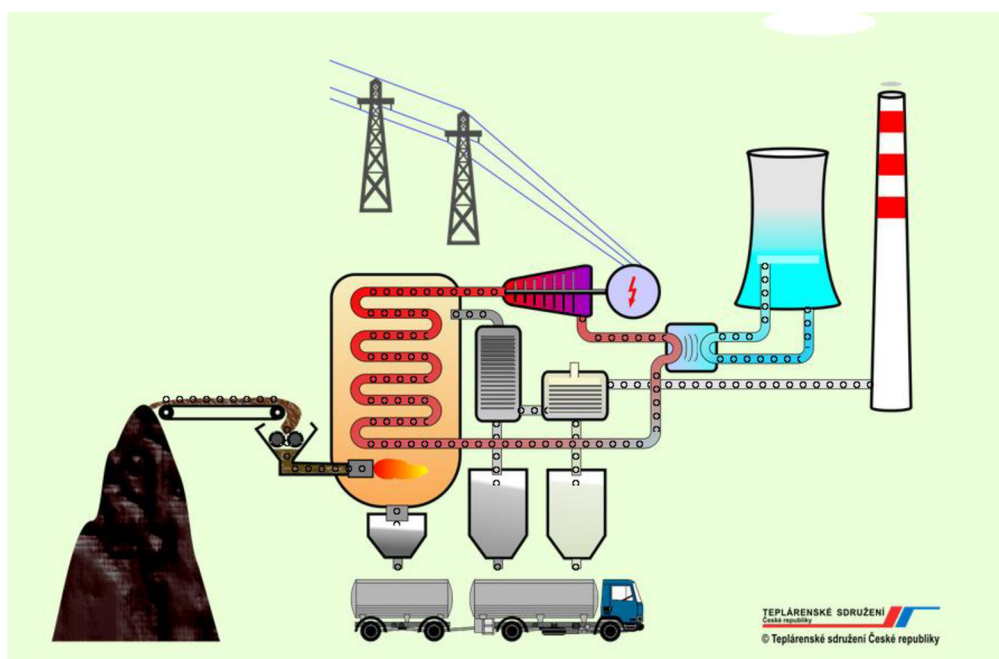
3.3.1.1 Princip fungování uhelných elektráren

Ze skládky uhlí poblíž elektrárny se uhlí pomocí pásových dopravníků dopraví do mlýnů, kde se uhlí rozemele na prach. Následně je prach spolu s předehřátým vzduchem vyfukován do kotle. Při spalování uhlí získáváme tepelnou energii, která se přenáší do vody protékající trubkami v kotli. V důsledku toho vzniká pára, která následně putuje do parní turbíny. Zde předává svou energii lopatkám rotoru, který pohání alternátor a ten

generuje elektřinu pomocí elektromagnetické indukce. Pára poté opouští turbínu a dostává se do kondenzátoru, kde kondenzuje na vodu a pomocí čerpadel je vháněna zpět do kotle. Teplá voda z kondenzátoru se odvádí do chladicí věže, kde se ochladí a je dopravována čerpadlem zpět do kondenzátoru (Doležal, 2011).

Spalováním vzniká popel, spaliny a tuhé zbytky. Popel a spaliny procházejí přes různé odlučovače a filtry, například pro zachycení oxidů síry a dusíku. Tuhé zbytky jako je například struska se dále odebírají, drtí a využívají ve stavebnictví nebo při rekultivacích (Doležal, 2011).

Obrázek 9: Schéma tepelné elektrárny



Zdroj: Teplárenské sdružení (2015)

3.3.2 Plynové elektrárny

Paroplynové elektrárny jsou moderním a významně využívaným způsobem generování elektrické energie po celém světě. Jeho hlavními charakteristikami jsou vysoká spolehlivost provozu, výkonnost, relativně nízké investiční náklady, krátká doba výstavby, regulace výkonu a ohleduplnost k životnímu prostředí. Nevýhodou je, že tento systém vyžaduje nákladné palivo, nejčastěji jde o zemní plyn. Paroplynový cyklus spadá mezi kombinované oběhy, kde se vstupní teplo využije ve dvou fázích, a to v plynovém cyklu a v klasickém parním cyklu. Toto řešení přispívá k efektivnějšímu využití energie, jehož účinnost dosahuje

až 55 % oproti tomu uhelné elektrárny dosahují účinnosti nejvýše 45 %, což zároveň snižuje emise škodlivin vzhledem k množství vyrobené elektřiny (Svět energie, 2020).

3.3.2.1 Princip fungování plynových elektráren

Cílem paroplynového cyklu při výrobě elektřiny je dosáhnout co nejvyšší účinnosti. To je dosaženo synergickým provozem dvou tepelných oběhů – plynového a parního. Plyn se nejprve spálí v plynové turbíně, která roztočí generátor vyrábějící elektřinu. Teplo vzniklé spalováním se následně využije k ohřevu vody pro následnou transformaci na plyné skupenství. Tato pára poté pohání parní turbínu, jež roztáčí generátor vyrábějící elektrickou energii. Pára z turbíny je odváděna do chladicí věže, kde zkondenzuje na vodu, která je opět vháněna do oběhu. Z výše popsaného tedy plyne, že elektrická energie se získává jak z generátoru, který pohání plynová turbína, tak z generátoru poháněného parní turbínou (Ibrahim, 2017).

3.3.3 Jaderné elektrárny

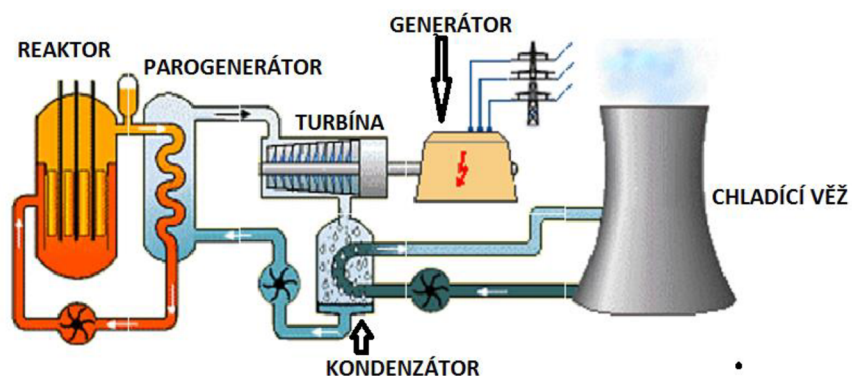
V současné době čelí svět dvěma hlavními problémům v energetice – nedostatku přístupu k energetickým zdrojům a škodlivým dopadům emisí na klimatické změny na Zemi. Oba tyto problémy jsou řešeny prostřednictvím jaderné energetiky. Mezi výhody jaderných elektráren patří efektivní a stabilní výroba, relativně dobrá regulace moderních reaktorů, cena paliva tvoří pouze malou část z celkové ceny vyrobené elektřiny. Neprodukuje prakticky žádné emise CO₂, a naopak bude hrát důležitou roli v jejich redukcii. Další výhodou je dlouhá životnost a stále se zvyšující bezpečnost. Hlavními nevýhodami pak jsou vysoké pořizovací náklady elektrárny a dlouhá doba výstavby, problém s ukládáním vyhořelého paliva a vážné důsledky případné havárie (Jaderné elektrárny, 2023).

Pokud jde o perspektivy jaderné energetiky, dostatek surovin pro výrobu jaderného paliva je rovněž významným faktorem. Světové zásoby ekonomicky dostupných jaderných paliv jsou odhadovány na 85 let, aniž by bylo nutné recyklovat palivo. Při nasazení rychlých reaktorů by se tyto zásoby s recyklací mohly prodloužit až na 2,5 tisíce let. Navíc jsou zásoby lithia, klíčové suroviny pro další generaci fúzních reaktorů, dostatečné a mohou vydržet až 46 milionů let. (ČEZ, 2023; Jaderné elektrárny, 2023)

3.3.3.1 Princip fungování jaderných elektráren

Jaderné elektrárny jsou v podstatě tepelné elektrárny. Od uhelných se liší zdrojem energie při získávání tepla. Zdrojem energie je rozpad radioaktivních prvků uranu nebo plutonia v reaktoru při řízené štěpné reakci. Primární okruh se skládá z reaktoru a parogenerátoru. Parogenerátor využívá teplo z jaderného reaktoru k vytvoření páry v sekundárním okruhu, která putuje následně do turbíny, která roztáčí generátor a ten následně vyrábí elektrický proud. Z turbíny pára odchází do kondenzátoru. Zde se chladí, přeměňuje zpět na vodu a vrací se zpět do parogenerátoru. Třetím okruhem je chladicí okruh, který odebírá z kondenzátoru teplo. Ohřátá voda následně míří do chladicí věže, kde se ochlazuje proudícím vzduchem. Ochlazená voda je následně opět vháněna do kondenzátoru (Doležal,2011).

Obrázek 10: Schéma jaderné elektrárny



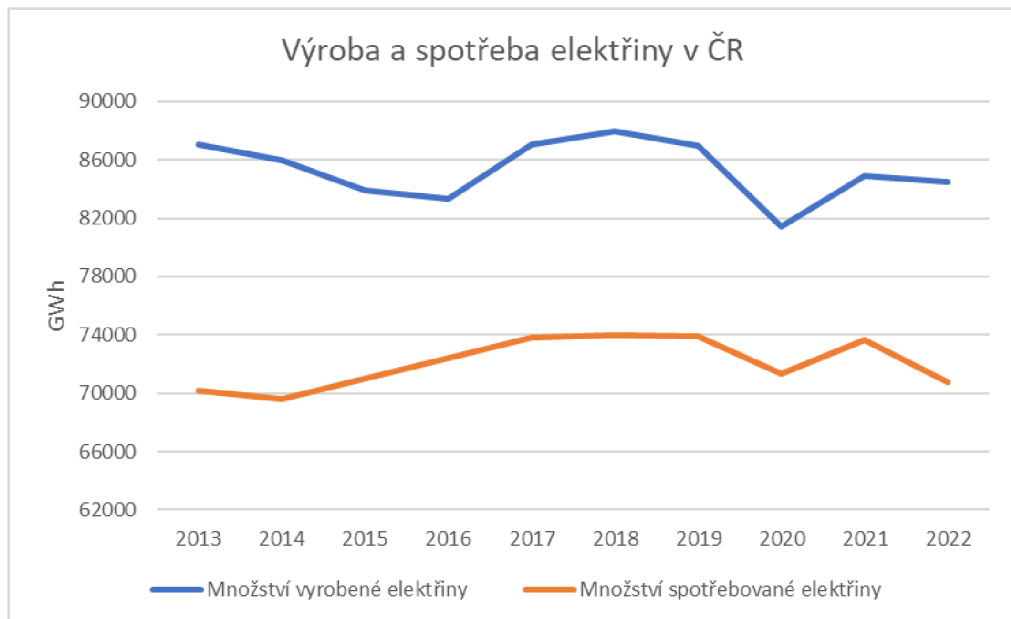
Zdroj: Informační portál (2021)

4 Výsledky vlastní práce

Praktická část této bakalářské práce navazuje na teoretickou část. Je zaměřena na analýzu výroby a spotřeby elektrické energie v ČR. Zahrnuje rozbor jednotlivých zdrojů výroby, export a import elektrické energie, podíl obnovitelných a neobnovitelných zdrojů, cenové srovnání elektřiny s ostatními státy Evropské unie, predikce spotřeby elektrické energie s výhledem do roku 2040 od Ministerstva průmyslu a obchodu. Veškerá data a informace byly získány z Energetického a regulačního úřadu, Českého statistického úřadu a Eurostatu. Grafy vždy znázorňují období 10 let – od roku 2013 do roku 2022. Hodnoty jsou uvedeny v GWh – gigawatthodinách, a to vždy v brutto stavu.

4.1 Analýza výroby a spotřeby elektrické energie v ČR

Graf. 2: Výroba a spotřeba elektřiny v ČR



Zdroj: Vlastní zpracování na základě dat z ERU (2023) a ČSU (2023)

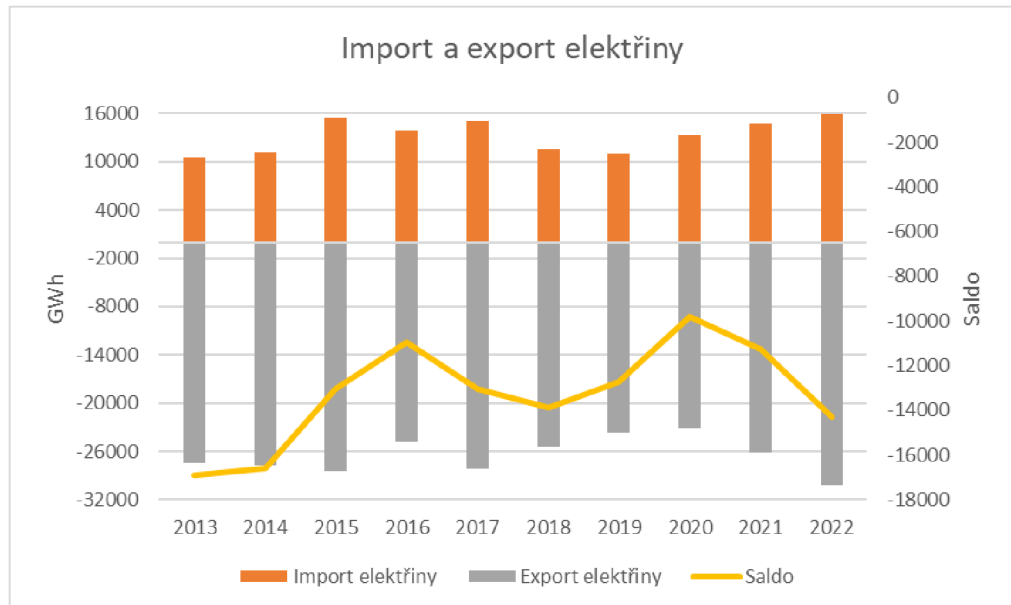
Graf znázorňuje vývoj výroby a spotřeby elektrické energie v České republice za posledních deset let v brutto stavu. V grafu je patrná sestupná tendence v oblasti vyrobené elektřiny, která v roce 2013 dosáhla hodnoty 87 065 GWh. Zatímco v roce 2022 dosáhla hodnoty 84 503 GWh, což je zhruba 3% pokles. Za propadem výroby v roce 2016 stojí především velké odstávkám v jaderných elektrárnách Temelín a Dukovany, vyrobilo se 83 302 GWh. Nejnižší hodnota za posledních deset let byla zaznamenána v roce 2020 s

množstvím vyrobené elektřiny 81 443 GWh. Rok 2020 byl ovlivněn pandemií COVID 19, při které došlo několikrát k uzavření prakticky celé republiky. Z toho důvodu také klesla výroba i spotřeba elektrické energie. Rok 2022 je zase ovlivněn geopolitickými aspekty, především pak válkou na Ukrajině, která způsobila narušení dodavatelských řetězců, při kterých došlo k růstu cen, což přimělo lidi všeobecně více šetřit, a to i na elektrické energii. Množství vyrobené elektřiny ovšem závisí na mnoha faktorech jako jsou odstávky elektráren, přírodní podmínky v daném roce nebo postupný odchod od uhelných elektráren.

Množství spotřebované elektřiny má naopak růstovou tendenci. Stále oblíbenější formou vytápění jsou tepelná čerpadla, začínají se prosazovat elektromobily a v domácnostech má každá rodina desítky spotřebičů. V roce 2013 se v České republice spotřebovalo 70 177 GWh elektrické energie. Množství spotřebované elektřiny rostlo až do roku 2019, kdy dosáhlo hodnoty 73 932 GWh. To představuje nárůst 5,35 %. V roce 2020 vypukla pandemie COVID 19, při které došlo k omezení ekonomiky, v tomto roce se spotřebovalo 71 355 GWh elektřiny. V roce 2021 vzrostla spotřeba na 73 661 GWh. V roce 2022 vypukla válka na Ukrajině. Jedním z jejích následků, který jsme mohli pocítit, byl i výrazný růst cen elektřiny, což přimělo zejména domácnosti šetřit. Spotřeba za tento rok byla 70 764 GWh. Zde je nárůst oproti roku 2013 pouze necelé procento. Největší rozdíl mezi vyrobenou a spotřebovanou elektřinou byl v roce 2013, kdy se vyprodukovalo o 24,06 % elektrické energie víc, než se jí spotřebovalo. Nejmenší rozdíl byl pak v roce 2020. Vyrobilo se o 14,14 % elektřiny víc, než činila spotřeba v ČR.

4.2 Analýza exportu a importu elektrické energie

Graf. 3: Import a export elektřiny



Zdroj: Vlastní zpracování na základě dat z ERU (2023)

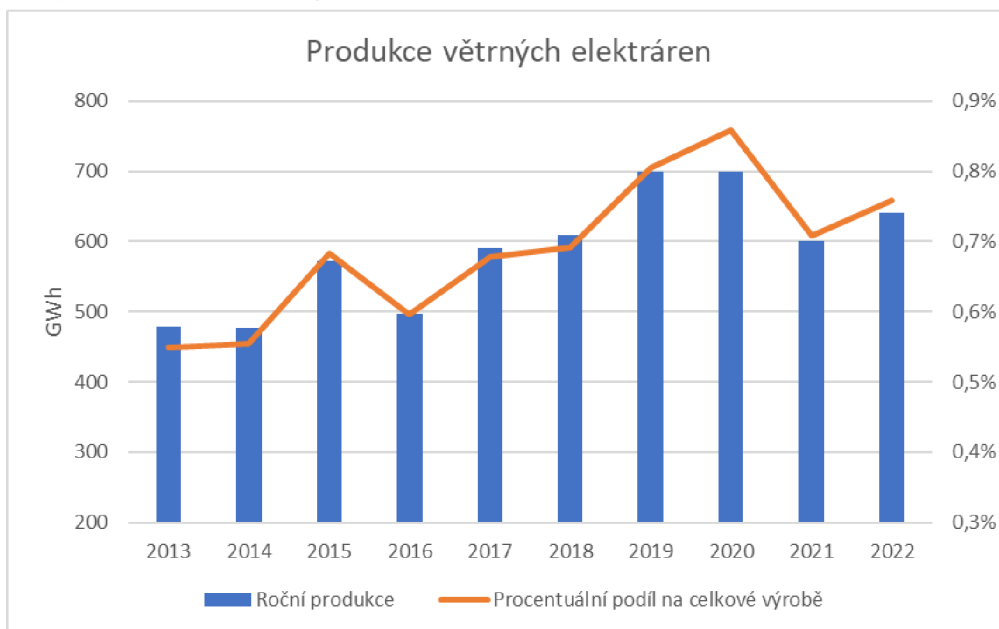
Z grafu analyzujícího import a export elektrické energie vyplývá, že vyvážíme více elektřiny, než ji dovážíme. Import se pohybuje v rozmezí od 10 571 GWh v roce 2013 do 15 958 GWh v roce 2022. Zde je nárůst 51 %. Export v roce 2013 dosáhl výše 27 458 GWh. Nejméně elektřiny se exportovalo v roce 2020, a to 23 110 GWh. V roce 2022 se vyvezlo 30 253,2 GWh, což oproti roku 2013 představuje nárůst 10,2 %. Je zde patrný trend v klesajícím saldu, jež zobrazuje rozdíl mezi dovezenou a vyvezenou elektřinou. V roce 2013 dosahovalo výše 16 887 GWh ve prospěch exportu, do roku 2016 následoval pokles na hodnotu 10 974 GWh, poté přišel nárůst a v roce 2018 se vyvezlo 13 907 GWh elektrické energie. V roce 2020 bylo saldo nejnižší, činilo pouze 9 808 GWh. Rok 2022 zaznamenal saldo 14 296 GWh, což představuje oproti roku 2013 pokles o 15,35 %. K výkyvům bude docházet stále ve větší míře, a to z důvodu nestálosti počasí. Vždy budou preferovány obnovitelné zdroje energie na úkor neobnovitelných. V praxi to znamená, že k nám bude proudit elektřina třeba z větrných farem na severu Německa a uhelné elektrárny budou utlumovat svůj výkon. Limitujícím faktorem je zde kapacita přenosové soustavy. V případě nepříznivých podmínek pro výrobu z obnovitelných zdrojů bude deficit elektrické energie nahrazen výrobou z neobnovitelných zdrojů energie.

4.3 Analýza výroby elektřiny z jednotlivých zdrojů v ČR a jejich podílu na celkové výrobě

V následující kapitole bude analyzována produkce elektřiny v České republice podle jednotlivých zdrojů z hlediska proměnlivosti výroby v jednotlivých letech, celkové produkce elektřiny a jejich podílu na energetickém mixu. Veškerá data byla získána z ročních zpráv o provozu elektrizační soustavy, které vydává Energetický regulační úřad.

4.3.1 Analýza výroby elektrické energie z větrných elektráren

Graf. 4: Produkce větrných elektráren



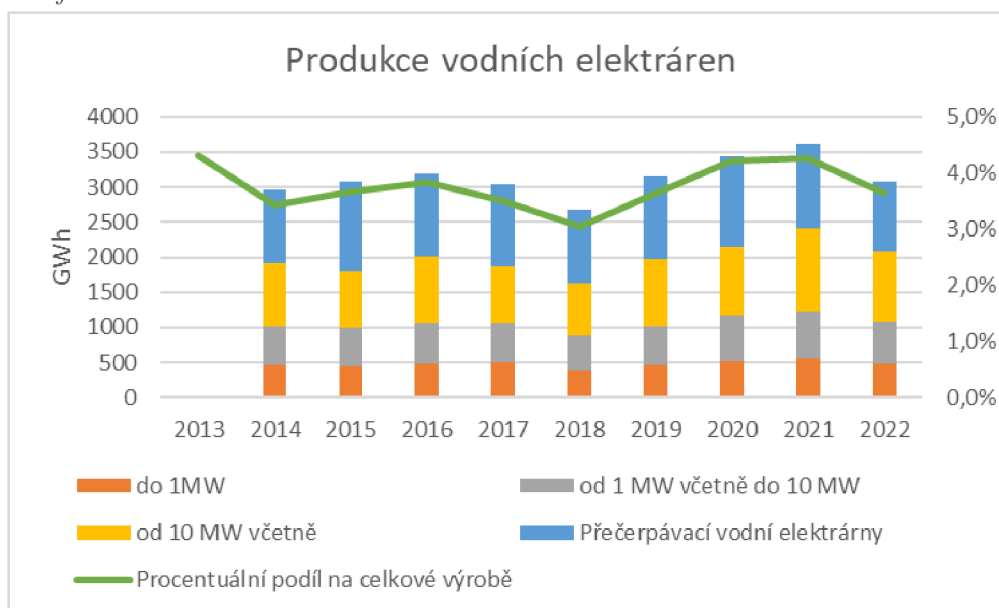
Zdroj: Vlastní zpracování na základě dat z ERU (2023)

Větrné elektrárny jsou nejméně využívaným zdrojem energie v České republice. Přestože instalovaný výkon i množství vyrobené elektřiny roste, podíl na celkem vyrobené elektřině v ČR představoval pouze 0,55 % v roce 2013, vrcholu dosáhl v roce 2020 kdy podíl představoval 0,86 %. Těto hodnoty dosáhly větrné elektrárny díky nižší celkové výrobě. V roce 2022 dosáhl podíl vyrobené elektřiny hodnoty 0,76 %. Oproti roku 2013 se podíl větrných elektráren zvýšil o 38,2 %. Množství vyrobené elektřiny v roce 2013 dosáhlo hodnoty 478,3 GWh. Nejvíce elektřiny vyrobily v roce 2019–700 GWh. V roce 2022 větrné elektrárny vyrobily 641,3 GWh, což oproti roku 2013 představuje procentuální nárůst ve výši 34 %. I přes to je jejich vliv na výrobu zatím zanedbatelný.

Zásadní nevýhodou pro investory jsou zdlouhavé povoloovací procesy, které trvají někdy i 10 let. To by se ovšem dle MŽP mělo změnit. *“Změnu má přinést vytvoření tzv. akceleračních zón, které definuje aktualizace směrnice EU pro obnovitelné zdroje (RED IV). Větrné a solární elektrárny budou v této zóně těžit například ze zjednodušených podmínek při posuzování vlivu na životní prostředí, takzvaného procesu EIA.”* (2023)

4.3.2 Analýza výroby elektrické energie z vodních elektráren

Graf. 5: Produkce vodních elektráren



Zdroj: Vlastní zpracování na základě dat z ERU (2023)

Vodní elektrárny jsou nejvyužívanějším zdrojem energie z obnovitelných zdrojů v České republice. Graf znázorňuje množství vyrobené elektřiny v elektrárnách do výkonu 1 MW červeně, elektrárny od 1 MW včetně do 10 MW šedě, elektrárny od 10 MW včetně a větší žlutě a přečerpávací elektrárny modře. Rok 2013 není znázorněn kvůli absenci dat podle uplatněného dělení. Vyrobená elektřina je uvedena v brutto stavu. Podíl vodních elektráren na výrobě elektřiny byl v roce 2013 4,32 %, což je zároveň nejvyšší číslo za sledované období. Nejnižší podíl na celkové výrobě zaznamenaly vodní elektrárny v roce 2018, a to 3 %. Následně se procenta zvyšovala až do roku 2021, kdy podíl dosáhl 4,26 %. V roce 2022 nastal pokles na 3,65 % čímž se podíl na vyrobené elektřině oproti roku 2013 snížil o 15,5 %.

Přečerpávací vodní elektrárny – tyto se na výrobě elektřiny podílejí nejvíce. Jejich průměrná roční produkce je 1156,77 GWh

Velké vodní elektrárny s výkonem 10 MW včetně a více za sledované období ročně produkovali průměrně 925,11 GWh.

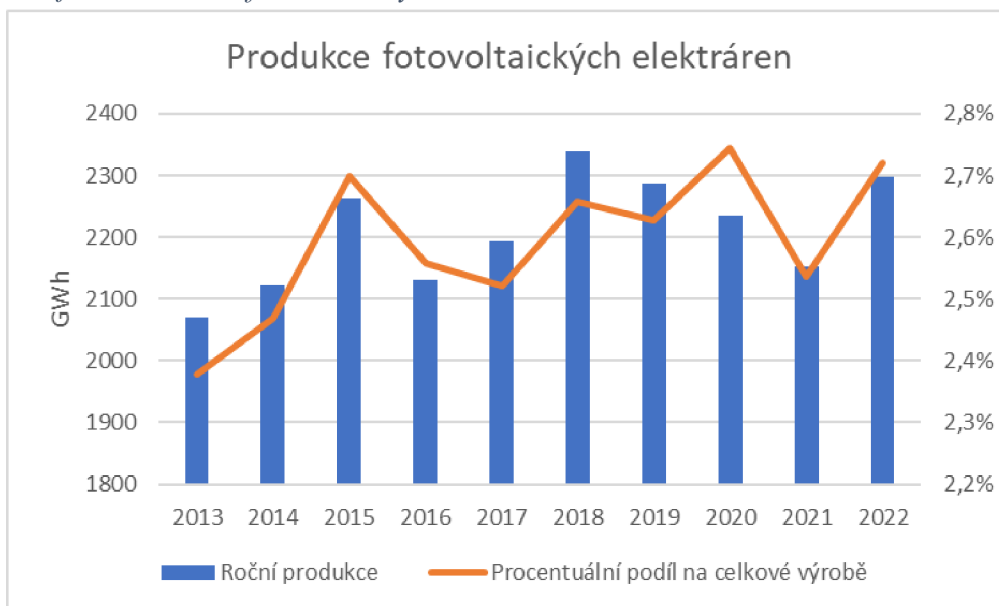
Elektrárny o výkonu od 1–10 MW ročně produkují průměrně 574,87 GWh.

Nejmenší podíl na výrobě mají elektrárny o výkonu menším než 1 MW, které ročně produkují průměrně 481,1 GWh.

Ačkoliv rok 2013 není zobrazen, celkové množství vyprodukované elektřiny v něm bylo největší - 3761,7 GWh. V roce 2014 elektrárny vyprodukovaly 2960,7 GWh. Poté následoval dva roky mírný růst a v roce 2016 vyrobily 3202 GWh. V roce 2018 vyrobily vodní elektrárny 2679,4 GWh, což je nejmenší hodnota za sledované období. Druhá nejvyšší produkce nastala v roce 2021, kdy bylo vyrobeno 3619,9 GWh. Rok 2022 byl na výrobu chudší, vyprodukovalo se v něm 3083,2 GWh. Oproti roku 2013 je to pokles o 18 %. Množství výroby je ovšem ovlivněno hydrologickou situací v daný rok a u přečerpávacích elektráren potřebou vyrovnávat špičkovou spotřebu.

4.3.3 Analýza výroby elektrické energie z fotovoltaických elektráren

Graf. 6: Produkce fotovoltaických elektráren



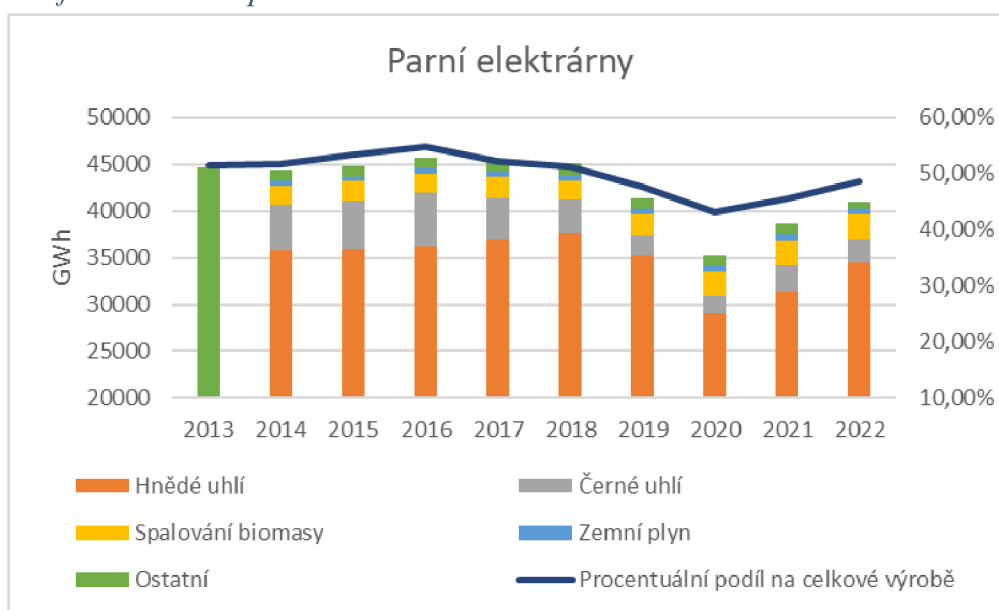
Zdroj: Vlastní zpracování na základě dat z ERU (2023)

Fotovoltaické elektrárny jsou trendem posledních let a mají také největší potenciál růstu. Do budoucna lze předpokládat nárůst výroby i podílu v energetickém mixu z důvodu podpory obnovitelných zdrojů energie. (MPO, 2024) Hodnoty jsou uvedeny v brutto stavu. V roce 2013 činila výroba 2070,2 GWh. To představuje nejmenší výrobu ve znázorněném

grafu. Podíl na celkové výrobě tento rok činil 2,38 %. Následoval růst a v roce 2015 vyrobily fotovoltaické elektrárny 2263,8 GWh, což představuje 2,7 % celkové výroby v ČR. Nejvyšší výrobu zaznamenaly fotovoltaické elektrárny v roce 2018: 2339,7 GWh. Podíl na výrobě však rekordní nebyl, představoval 2,66 %. Nejvyšší podíl na výrobě nastal v roce 2020, kdy i přes nižší výrobu: 2235,1 GWh činil 2,74 %. V roce 2022 zaznamenaly fotovoltaické elektrárny podíl na výrobě ve výši 2,72 % s objemem vyrobené elektřiny 2298,3 GWh. V objemu výroby došlo oproti roku 2013 k nárůstu o 11 %. Stejně jako ostatní obnovitelné zdroje i výroba fotovoltaických elektráren závisí na klimatických podmínkách v daný rok. Nicméně zatím mají na energetický mix velmi malý vliv.

4.3.4 Analýza výroby elektrické energie z parních elektráren

Graf. 7: Produkce parních elektráren



Zdroj: Vlastní zpracování na základě dat z ERU (2023)

Parní elektrárny produkují nejvíce energie v našem energetickém mixu a zároveň jsou velmi stabilním a dobře regulovatelným zdrojem.

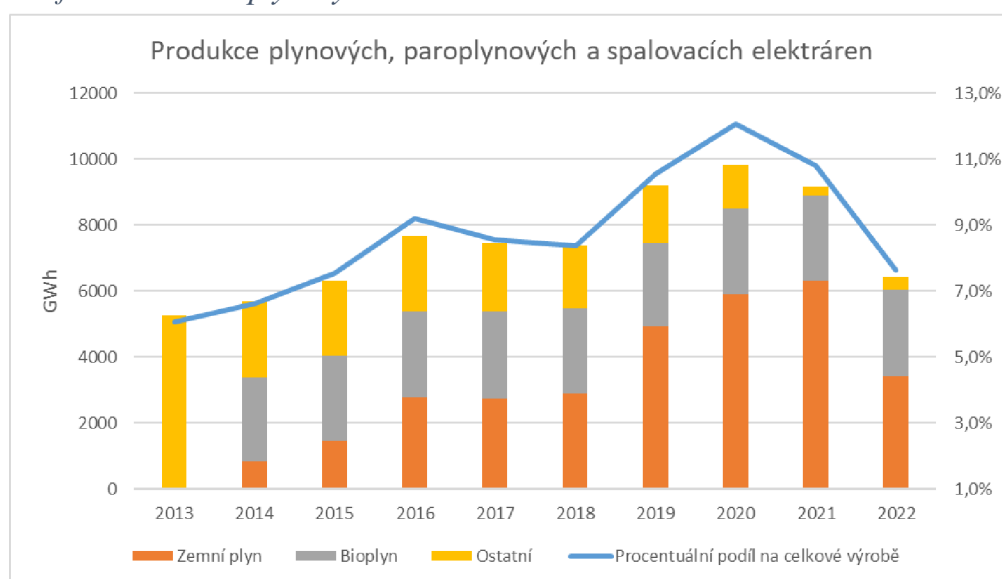
Z roku 2013 neexistují data pro jednotlivá paliva, data jsou pouze pro celkovou výrobu parních elektráren. Z toho důvodu jsem data přiřadil do kategorie "Ostatní". Následující průměry jednotlivých paliv jsou počítána od roku 2014. Veškerá výroba je uvedena v brutto stavu.

Dále je z grafu patrné, že dominantním palivem je hnědé uhlí, z kterého se ročně vyprodukuje průměrně 34766,6 GWh energie. To je téměř 82 % výroby parních elektráren. Následuje černé uhlí, jehož produkce v roce 2014 činila 4889,8 GWh a podíl byl 11 %. Ovšem jeho podíl na výrobě se v průběhu let snížil na 5,91 % - 2425,9 GWh v roce 2022. Spalování biomasy ročně vyprodukuje průměrně 2295,53 GWh energie to je 5,41 % výroby všech parních elektráren. Zemní plyn a ostatní paliva mají malý vliv na výrobu v parních elektráren. Ze zemního plynu pochází průměrně 608,44 GWh – 1,43 % a na ostatní paliva připadá 1078,33 GWh – 2,54 %.

Parní elektrárny v ČR za posledních deset let dosahují podílu na celkové výrobě v průměru 49,96 %. V roce 2013 se na celkové výrobě podílely z 51,38 %, když vyrobily 44737 GWh elektrické energie. Vrcholu ve výrobě i podílu dosáhly v roce 2016. Vyprodukovali 45704,1 GWh, respektive 54,87 % celkové výroby. Následoval pokles až do roku 2020. V tomto roce parní elektrárny vyrobily 43,22 % elektřiny v ČR, což představuje 35197,6 GWh, Pokles byl zapříčiněn pandemií COVID 19 a s ní spojenými restrikcemi, které dopadly na celkovou spotřebu elektrické energie v ČR. Od té doby opět následoval růst a v roce 2022 bylo vyprodukováno parními elektrárnami 41017,3 GWh elektrické energie a v energetickém mixu měly podíl 48,54 %.

4.3.5 Analýza výroby elektrické energie z plynových elektráren

Graf. 8: Produkce plynových elektráren



Zdroj: Vlastní zpracování na základě dat z ERU (2023)

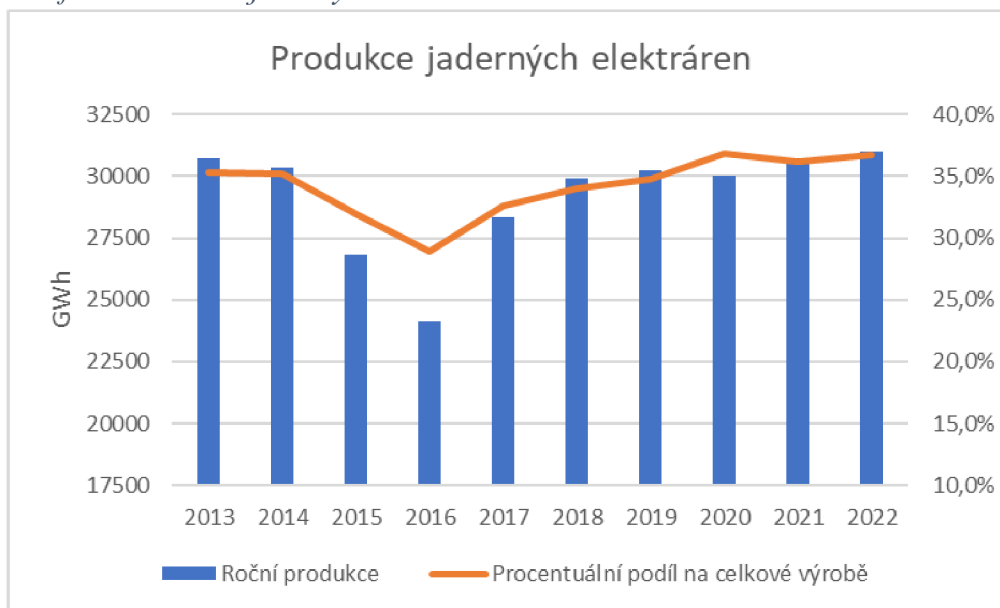
Plynové elektrárny v ČR nemají roli primární produkce. Dají se dobře regulovat, a proto velmi často slouží jako vyrovnávací kapacita elektrizační soustavy.

Z roku 2013 neexistují data pro jednotlivá paliva, data jsou pouze celkovou výrobou plynových elektráren. Z toho důvodu jsem data přiřadil do kategorie "Ostatní". Data o výrobě elektřiny jsou uvedena v brutto stavu. Následující průměry jednotlivých paliv jsou počítána od roku 2014.

Dále je z grafu zřejmé, že v posledních letech dominuje ve výrobě jako palivo zemní plyn. V roce 2014 se za pomoci zemního plynu vyprodukovalo 840,1 GWh energie, což představovalo 14,74 % produkce plynových elektráren. Kdežto na vrcholu produkce v roce 2021 bylo za pomoci zemního plynu vyprodukováno 6322 GWh – 68,93 % produkce plynových elektráren. V roce 2022 klesl podíl zemního plynu na 53,23 % - 3428,6 GWh. Bioplyn má relativně stabilní produkci, jež ročně průměrně činí 2584,36 GWh. Jeho podíl byl v roce 2014 44,92 % a v roce 2022 40,42 % na produkci plynových elektráren. Ostatní paliva mají na produkci sestupnou tendenci. Nejlepším rokem pro ně byl rok 2014, kdy se z nich vyrobilo 2298,8 GWh energie. To představovalo 40,34 % produkce plynových elektráren. V roce 2022 to již bylo pouze 6,35 % - 409,1 GWh vyprodukované energie. Výroba elektřiny v plynových elektrárnách prakticky kontinuálně rostla. V roce 2013 jejich podíl na celkové produkci v ČR činil 6,6 % - 5272,4 GWh. Svého výrobního i podílového vrcholu dosáhly v roce 2020, když vyprodukovali celkem 9831,4 GWh, což představovalo 12,07 % na výrobním mixu ČR. V roce 2022 produkce klesla na 6441,2 GWh respektive 7,62 % objemu výroby ČR. I přes pokles v roce 2022 zaznamenaly plynové elektrárny v produkci elektrické energie oproti roku 2013 nárůst o 22,17 %. Lze předpokládat, že do budoucna budou hrát významnější roli při přechodu k obnovitelným zdrojům energie.

4.3.6 Analýza výroby elektrické energie z jaderných elektráren

Graf. 9: Produkce jaderných elektráren



Zdroj: Vlastní zpracování na základě dat z ERU (2023)

Jaderné elektrárny jsou v současné době druhým největším zdrojem elektrické energie v ČR. Tento zdroj je stabilní a dá se poměrně dobře regulovat. V průměru za posledních deset let vyrobily 29231 GWh ročně, tyto hodnoty jsou uvedeny v brutto stavu. V procentech to na energetickém mixu představuje průměrně 34,26 % ročně.

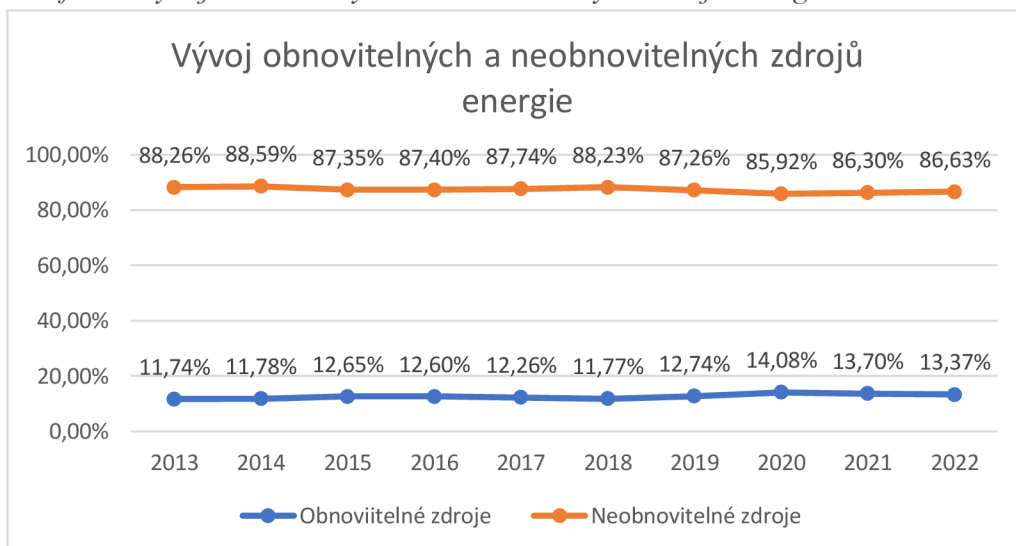
V roce 2013 vyrobily jaderné elektrárny 30745,3 GWh elektrické energie, to představovalo 35,31 % z celkové výroby v ČR. V roce 2015 se vyrobilo 26840 GWh – 32 % z výroby celkem. V roce 2016 byla výroba elektrické energie z jaderných elektráren nejnižší, co se týká sledovaného období. Vyrobilo se v něm pouze 24104,2 GWh elektřiny. Procentuálně to představuje 28,94 % z celkové výroby v daný rok. Toto snížení výroby v letech 2015 a 2016 bylo způsobeno velkými odstávkami v obou jaderných elektrárnách (ČEZ, 2024).

Od roku 2017 následoval růst zpět k hodnotám výroby okolo 30000 GWh ročně. V podílu na celkové výrobě byl rekordní rok 2020. Elektrická energie vyprodukovaná v jaderných elektrárnách představovala 36,89 % z celkového množství vyrobené elektřiny. Ve výrobě se stal rekordní rok 2022, kdy se poprvé v jaderných elektrárnách vyrobilo více než 31000 GWh, konkrétně 31021,8 GWh. V energetickém mixu se to projevilo hodnotou 36,71 %. Je pravděpodobné, že tyto hodnoty budeme vidat častěji z důvodu navyšování účinnosti

v elektrické části elektrárny a také z důvodu přechodu na delší cyklus výměny palivových tyčí, který místo dosavadních 12 měsíců bude nově 16 měsíců v případě Jaderné elektrárny Dukovany a dokonce 18 měsíců v případě Jaderné elektrárny Temelín (ČEZ, 2024).

4.4 Podíl obnovitelných a neobnovitelných zdrojů na celkové produkci elektrické energie

Graf. 10: Vývoj obnovitelných a neobnovitelných zdrojů energie



Zdroj: Vlastní zpracování na základě dat z ERU (2023)

Z grafu je patrný pozvolný nárůst výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů na úkor výroby z neobnovitelných zdrojů. Data jsou spočítána na základě brutto produkce OZE na celkové brutto produkci elektrické energie v ČR.

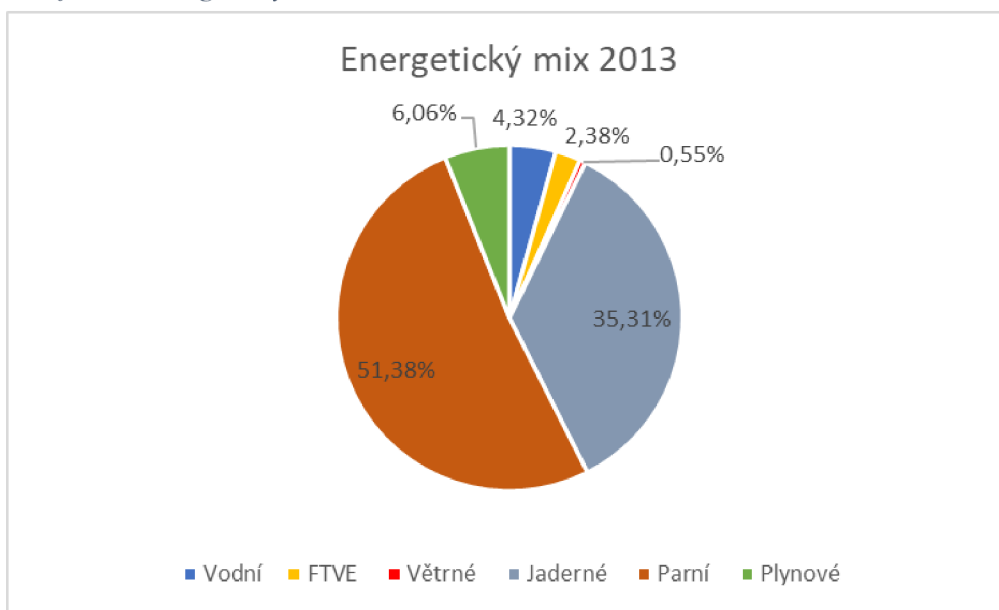
V roce 2013 se vyrobilo 11,74% elektrické energie z obnovitelných zdrojů a zbytek, tedy 88,26 % připadl na neobnovitelné zdroje energie. Postupem let podíl neobnovitelných zdrojů energie pozvolna klesal na úkor obnovitelných zdrojů energie. V roce 2020 podíl obnovitelných zdrojů energie stoupl na 14,08 %. To bylo zapříčiněno nižší celkovou výrobou elektrické energie na základě nižší spotřeby. Přednostně se vždy využívají obnovitelné zdroje energie. V následujících letech podíl obnovitelných zdrojů energie mírně poklesl a v roce 2022 dosáhl 13,37 %, čímž se jejich podíl oproti roku 2013 zvýšil o 13 %.

Neobnovitelné zdroje energie si oproti roku 2013 pohoršily na 86,63 % v roce 2022. To znamená pokles ve výši 1,9 %.

Trend růstu podílu OZE bude pokračovat. Cíl stanovený pro EU v roce 2023 (pro celou EU) je velmi ambiciózní – zvýšení podílu OZE na celkové spotřebě na 42,5 % v roce 2030. Česká republika má k tomuto cíli velmi daleko, ovšem většina států vyrábí z OZE v poměru k celkové produkci více elektřiny než ČR. Avšak pokud máme být konkurenceschopní a také ve výrobě soběstační, tento rozdíl musí ČR alespoň z části dohnat (Rada evropské unie, 2023; Evropský parlament, 2023).

4.5 Porovnání struktury výroby elektrické energie v roce 2013 a 2022

Graf. 11: Energetický mix 2013



Zdroj: Vlastní zpracování na základě dat z ERU (2023)

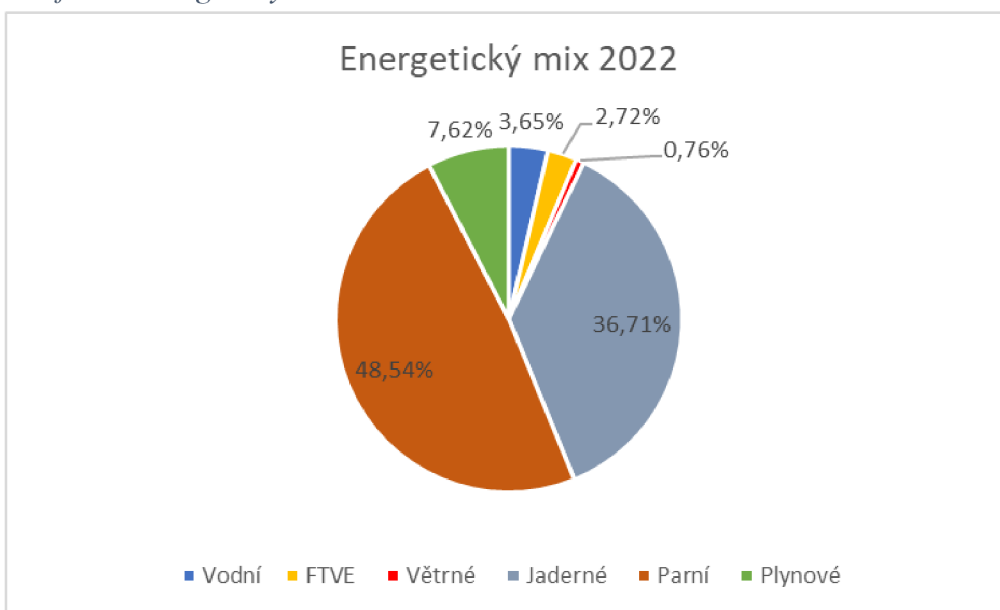
Hlavním zdrojem energie byly a jsou parní elektrárny. Jejich podíl dosáhl 51,38 % na celkové produkci. Dominantním palivem v parních elektrárnách je uhlí, ze kterého pochází většina výroby.

Jaderné elektrárny představují další významný zdroj energie, který v roce 2013 pokryl 35,31 % celkové produkce elektřiny. Přednostmi jsou dlouhá životnost, nízké provozní náklady, spolehlivý a předvídatelný provoz. Jednou z hlavních nevýhodou je vysoká počáteční investice.

Plynové elektrárny se využívají především v době denních špiček ve spotřebě nebo ke stabilizaci elektrizační soustavy díky jejich dobré a rychlé regulaci. V roce 2013 měly podíl na energetickém mixu ve výši 6,06 %. Nevýhodou je závislost na dodávkách plynu ze zahraničí.

Nejmenší podíl na výrobě v roce 2013 měly větrné elektrárny - 0,55 %, fotovoltaické elektrárny - 2,38 % a vodní elektrárny - 4,32 %.

Graf. 12: Energetický mix 2022



Zdroj: Vlastní zpracování na základě dat z ERU (2023)

Na první pohled jsou v grafu patrné změny oproti roku 2013. Parní elektrárny snížily svůj podíl o 5,5 % na 48,54% celkové produkce energie v ČR. Dominantním palivem v parních elektrárnách zůstalo hnědé uhlí, ze kterého v roce 2022 pocházelo 84 % výroby.

Navzdory ekologickým výzvám nelze v dohledné budoucnosti plně nahradit tuto formu výroby elektrické energie. Většina uhelných elektráren již byla modernizována nebo momentálně prochází modernizačními procesy pro minimalizaci negativních dopadů na životní prostředí. V budoucnu by se energetický mix mohl zásadně proměnit vlivem energetické koncepce EU (MPO, 2024).

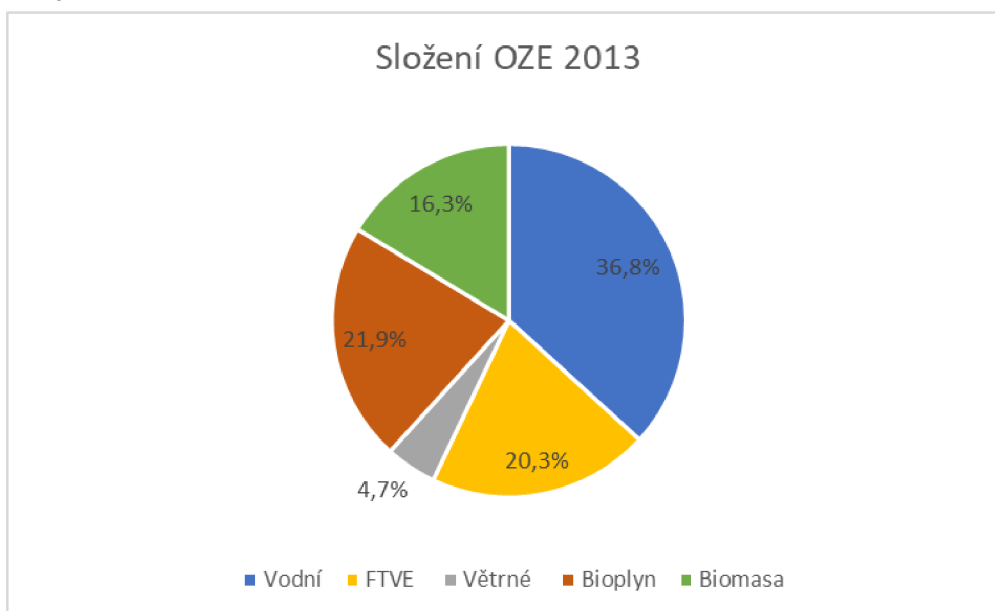
Jaderné elektrárny jako druhý nejvýznamnější zdroj v energetickém mixu ČR dosáhly podílu 36,71 %. To je oproti roku 2013 nárůst téměř o 4 %. Národní energetická strategie navrhuje prodloužení provozu elektráren Temelín a Dukovany. Dále pak stavbu nových

bloků v těchto elektrárnách. Do budoucna by mohl podíl jaderné energie na výrobě elektřiny přesáhnout 50 %, čímž by částečně nahradil uhelné elektrárny.

Plynové elektrárny svůj podíl oproti roku 2013 zvýšily o 25,7 % na 7,62 %.

Nejmenší podíl na výrobě v roce 2022 měly stejně jako v roce 2013 větrné elektrárny. Jejich podíl se však zvýšil na 0,76 %. Fotovoltaické elektrárny svůj podíl navýšily na 2,72 % a vodní elektrárny oproti roku 2013 svůj podíl snížily na 3,65 %. Produkce těchto zdrojů se považuje za bezemisní, nicméně na výrobě se podílejí pouze z malé části. Pro splnění energetické koncepce EU, která počítá s nahrazením fosilních zdrojů obnovitelnými zdroji bude muset jejich podíl významně vzrůst. S tím počítá i SEK-státní energetická koncepce MPO (MPO, 2024).

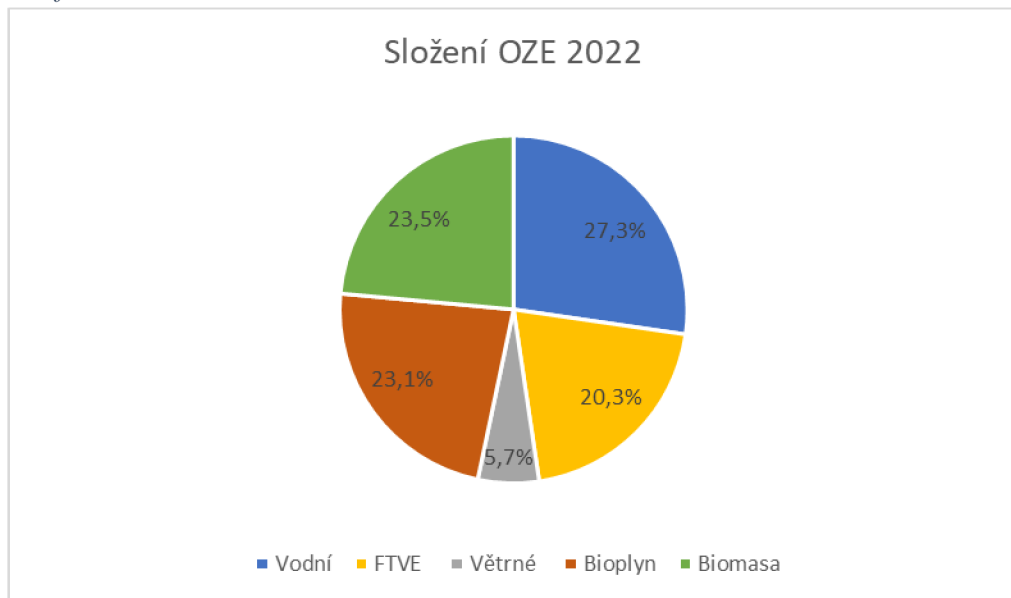
Graf. 13: Složení OZE 2013



Zdroj: Vlastní zpracování na základě dat z ERU (2023)

Na energetickém mixu obnovitelných zdrojů v roce 2013 měly největší podíl ve výši 36,8 % vodní elektrárny. Následovaly bioplynové stanice – 21,9 %, fotovoltaické elektrárny – 20,3 %, elektrárny spalující biomasu – 16,3 % a větrné elektrárny měly nejmenší podíl ve výši 4,7 %.

Graf. 14: Složení OZE 2022



Zdroj: Vlastní zpracování na základě dat z ERU (2023)

Složení energetického mixu obnovitelných zdrojů v roce 2022 bylo kromě produkce větrných elektráren poměrně vyrovnané.

Vodním elektrárnám klesl podíl z 36,8 % v roce 2013 na hodnotu 27,3 % v roce 2022.

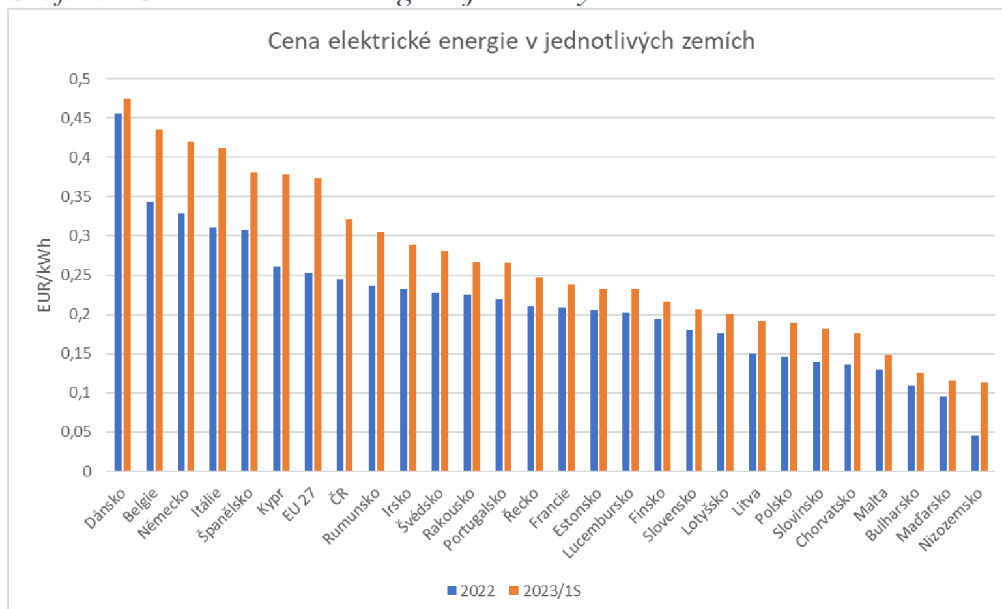
Elektrárnám spalujícím biomasu stoupl podíl z 16,3 % v roce 2013 na 23,5 % v roce 2022. Dalším zdrojem byly bioplynové elektrárny, kterým stoupl podíl ve sledovaném období z 21,9 % na 23,1 %.

Fotovoltaické elektrárny svůj podíl nezměnily, vyrobily 20,3 % z celkově vyrobené obnovitelné energie, což je stejná hodnota jako v roce 2013.

Větrné elektrárny vyrobily 4,7 % v roce 2013 a 5,7 % v roce 2022.

4.6 Analýza cen elektrické energie zemí v Evropské unii

Graf. 15: Cena elektrické energie v jednotlivých zemích



Zdroj: Vlastní zpracování na základě dat z Eurostatu (2023)

Z grafu vyplývá, že cena 1 kWh elektrické energie se v jednotlivých zemích Evropské unie liší.

Obecně lze říci, že všude cena postupem času roste. Nárůst v posledních letech byl však enormní a v dohledné době by se neměl opakovat. Zahraniční studie od renomovaných agentur předpovídají do roku 2030–2050 stagnaci nebo dokonce pokles cen elektrické energie. (Kurzy, 2024)

Ceny v grafu jsou platné pouze pro spotřebitele s roční spotřebou mezi 2500 kWh – 5000 kWh. Dané rozpětí odpovídá spotřebě většiny domácností za rok. Důležité je zdůraznit, že ceny v jednotlivých zemích jsou včetně daní.

Modře je v grafu znázorněna cena elektřiny za rok 2022. Oranžově za 1. pololetí roku 2023, protože data za celý rok 2023 ještě nebyla zveřejněna.

V prvním pololetí roku 2023 byla nejlevnější elektřina v Nizozemsku. 1 kWh stála 0,1137 EUR. O rok dříve to bylo 0,0451 EUR / kWh. V Maďarsku byla cena elektřiny v prvním pololetí roku 2023 0,1161 EUR / kWh, v roce 2022 to bylo 0,0948 EUR / kWh.

Třetí nejlevnější elektřinu mělo Bulharsko s cenou v 1. pololetí 2023 0,1256 EUR / kWh. V roce 2022 byla cena 0,1093 EUR / kWh.

Naopak nejdražší elektřinu měli v Dánsku. Za první pololetí 2023 stála 1 kWh / 0,475 EUR. V roce 2022 to pak bylo 0,4559 EUR / kWh. Druhou nejdražší elektřinu si platili Belgičané. V 1. pololetí 2023 zaplatili 0,435 EUR / kWh. V roce 2022 to bylo 0,3437 EUR / kWh. Na 3. místě se umístilo Německo. V první polovině roku 2023 stála 1 kWh / 0,4199 EUR. V roce 2022 zaplatili Němci 0,3279 EUR / kWh.

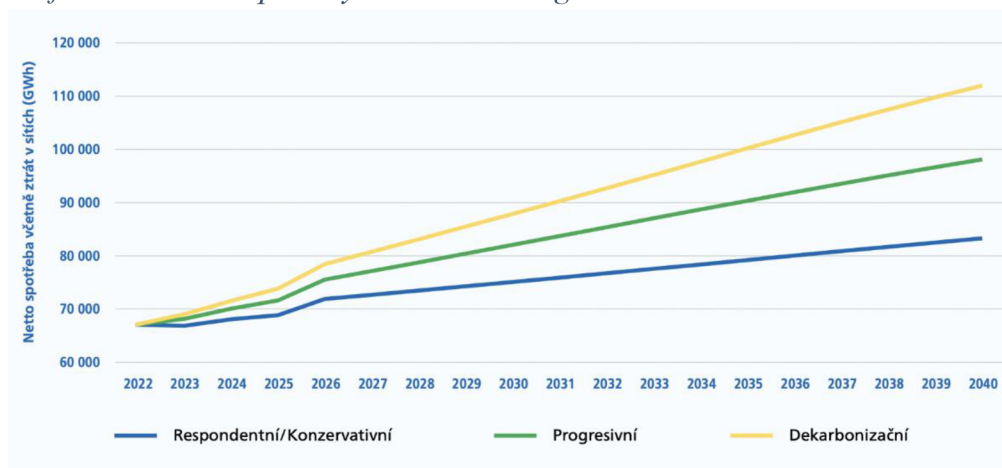
Průměr Evropské unie činil v 1. pololetí 2023 0,3739 EUR / kWh. V roce 2022 to bylo 0,2525 EUR / kWh.

V České republice jsme za 1 kWh platili průměrně 0,3212 EUR. O rok dříve to bylo 0,2445 EUR / kWh. V Polsku nebo na Slovensku platili okolo 0,2 EUR / kWh.

Nejvyšší procentuální nárůst v ceně zaznamenalo Nizozemsko. Elektřina jim zdražila o 152,11 %. Nejvyšší nominální zdražení proběhlo na Kypru, konkrétně o 0,1175 EUR / kWh.

4.7 Predikce Spotřeby elektrické energie v ČR

Graf. 16: Predikce spotřeby elektrické energie



Zdroj: MPO (2022)

Graf znázorňuje predikci spotřeby elektrické energie v ČR do roku 2040 vytvořenou ministerstvem průmyslu a obchodu. Data jsou uvedena v netto spotřebě včetně ztrát v sítích. Hodnot bylo dosaženo podle následující metodiky. *“Scénáře jsou modelovány s využitím závislosti spotřeby na makroekonomických a demografických ukazatelích (hrubý domácí produkt HDP, elektroenergetická náročnost EEN, počet obyvatel a počet domácností),*

statistikách Českého statistického úřadu (ČSÚ), projekcích vybavenosti domácností a přechodu na úspornější spotřebiče, tepelná čerpadla a elektromobilitu.

Od roku 2026 se ve všech scénářích spotřeby předpokládá využívání elektřiny místo koksovaného uhlí pro zpracování železa v závodě Liberty Ostrava a.s. Dekarbonizaci provozu bude společnost realizovat instalací dvou nových elektrických hybridních obloukových pecí s očekávaným ročním odběrem cca 2 TWh.” (MPO, 2022)

V grafu jsou znázorněny 3 scénáře. Konzervativní scénář, v grafu znázorněn modře, předpovídá, jakou spotřebu lze konzervativně očekávat v budoucnosti s ohledem na aktuálně známé strategie, vize a plány Vlády České republiky. Předpověď také zohledňuje vývoj ekonomiky po pandemii COVID-19, situaci stagflace a energetickou krizi, kterou způsobil konflikt na Ukrajině. V tomto případě se počítá s pozvolna rostoucí spotřebou elektrické energie ze 67 TWh v roce 2022 na 75 TWh v roce 2030 a 83 TWh v roce 2040. Hlavními důvody růstu spotřeby má být rozvoj elektromobility a tepelných čerpadel.

Progresivní scénář spotřeby, v grafu znázorněn zelenou barvou, vychází z cílů navrhovaných v legislativním balíčku Fit for 55, který představila Evropská komise dne 14. července 2021. Jeho hlavním cílem je do roku 2030 snížit emise CO₂ oproti roku 1990 o 55 % a do roku 2050 být uhlíkově neutrální. K dosažení těchto cílů plánuje komise zavedení nového trhu s emisními povolenkami pro dopravu a budovy, posílení a rozšíření stávajícího systému pro námořnictví, podporu rozvoje elektromobility a tepelných čerpadel, stejně jako zvýšení energetické účinnosti a elektrifikaci průmyslových odvětví. Tento scénář počítá s růstem spotřeby ze současných 67 TWh na 82 TWh v roce 2030 a 98 TWh v roce 2040. K důvodům růstu patří jako v konzervativním scénáři rozvoj elektromobility, tepelných čerpadel dále pak rozsáhlejší elektrifikace a větší odběr domácností a průmyslu.

Dekarbonizační scénář spotřeby, znázorněn žlutou barvou, představuje nejprogresivnější přístup k postupnému omezení používání fosilních paliv a maximalizace elektrifikace v konečné spotřebě. Tímto způsobem by měla být česká ekonomika do roku 2050 dekarbonizována. Tento scénář bere v úvahu strategické cíle, které byly schváleny členskými státy Evropské unie. Zvýšená elektrifikace má být dále podpořena zvýšenou energetickou efektivitou spotřebičů a procesů. Oproti progresivnímu scénáři musí navíc dojít k elektrifikaci veškerých odvětví ekonomiky. Pro dosažení tohoto cíle bude zapotřebí motivační legislativní prostředí, aktivní role státu, dostatečné finanční prostředky a jejich efektivní využití. Dekarbonizační scénář počítá s růstem ze 67 TWh v roce 2022 na 91 TWh v roce 2030 a 112 TWh v roce 2040.

4.8 Vlastní výpočty

V následující kapitole se práce zaměří na elementární charakteristiku časových řad u výroby a spotřeby elektrické energie za roky 2013-2022 a popíše dané náležitosti.

4.8.1 Elementární charakteristika výroby elektřiny v ČR

Tabulka 1: Elementární charakteristika ČR, výroba elektřiny

Rok	Vyrobená elektřina	1. absolutní diference	Relativní přírůstek	Koeficient růstu	Bazický index
2013	87064,9	/	/	/	/
2014	86003,4	-1061,5	-0,012	0,988	0,988
2015	83888,3	-2115,1	-0,025	0,975	0,964
2016	83301,9	-586,4	-0,007	0,993	0,957
2017	87037,6	3735,7	0,045	1,045	1,000
2018	88001,8	964,2	0,011	1,011	1,011
2019	86988,7	-1013,1	-0,012	0,988	0,999
2020	81443,4	-5545,3	-0,064	0,936	0,935
2021	84907,3	3463,9	0,043	1,043	0,975
2022	84503,1	-404,2	-0,005	0,995	0,971
Průměrný koeficient růstu				0,997	
Suma absolutních diferencí				-2561,8	
Průměrný absolutní přírůstek				-256,18	
Predikce výroby el. energie pro rok 2023				84249,591	
Predikce výroby el. energie pro rok 2024				83996,842	
Průměrný koeficient růstu do roku 2019				0,9999	
Predikce pokud by nenastal covid v roce 2020				86980,001	

Zdroj: Vlastní zpracování na základě dat z ERU (2023)

Tato tabulka znázorňuje vývoj vyrobené elektřiny v brutto stavu v České republice. Hodnoty produkce jsou uvedené v GWh. Za sledované období 2013-2022 můžeme pozorovat snižující se tendenci ve výrobě elektrické energie. To nám říká i průměrný koeficient růstu, který má hodnotu 0,997. Zatímco v roce 2013 se vyrobilo 87064,9 GWh v roce 2022 to bylo 84503,1 GWh, což znamená pokles ve výši 2561,8 GWh. Průměrný absolutní přírůstek nám říká, že každý rok klesla produkce v průměru o 256,18 GWh. 1. diference a relativní přírůstek nám naznačují, že k největšímu poklesu výroby došlo v roce 2020 vlivem pandemie COVID 19, a to o 5545,3 GWh, jinými slovy o 6,4 % oproti roku

2019. K největšímu nárůstu došlo v roce 2017, konkrétně o 3735,7 GWh. Oproti roku 2016 je to nárůst ve výši 4,5 %. Cokoliv predikovat v takto dynamickém odvětví s dlouhodobou perspektivou je složité s ohledem na současnou politickou situaci ve světě (Ukrajina, Izrael, Čína, Taiwan). Predikce pro rok 2023 za pomoci průměrného koeficientu růstu vyšla 84249,6 GWh. Pro rok 2024 by výroba měla dosáhnout 83996,8 GWh. Za předpokladu, že by v roce 2020 nenastala pandemie COVID 19, by výroba podle průměrného koeficientu růstu, počítaného do roku 2019 dosáhla 86980 GWh.

4.8.2 Elementární charakteristika spotřeby elektřiny v ČR

Tabulka 2: Elementární charakteristika ČR, spotřeba elektřiny

Rok	Spotřebovaná elektřina	1. absolutní diference	Relativní přírůstek	Koeficient růstu	Bazický index
2013	70177,4	/	/	/	/
2014	69622,1	-555,3	-0,008	0,992	0,992
2015	71014,3	1392,2	0,020	1,020	1,012
2016	72418,3	1404	0,020	1,020	1,032
2017	73818,3	1400	0,019	1,019	1,052
2018	73941,7	123,4	0,002	1,002	1,054
2019	73931,6	-10,1	0,000	1,000	1,053
2020	71354,8	-2576,8	-0,035	0,965	1,017
2021	73661,4	2306,6	0,032	1,032	1,050
2022	70764	-2897,4	-0,039	0,961	1,008
Průměrný koeficient růstu				1,001	
Suma absolutních diferencí				586,6	
Průměrný absolutní přírůstek				58,660	
Predikce spotřeby el. energie pro rok 2023				70834,764	
Predikce spotřeby el. energie pro rok 2024				70905,599	
Průměrný koeficient růstu do roku 2019				1,0087	
Predikce pokud by nenastal covid v roce 2020				74574,805	
Predikce pokud by nenastala válka na Ukrajině v roce 2022				75878,051	

Zdroj: Vlastní zpracování na základě dat z ERU (2023)

Tato tabulka znázorňuje vývoj spotřebované elektřiny v brutto stavu v České republice. Hodnoty produkce jsou uvedené v GWh. Za sledované období 2013-2022 můžeme pozorovat mírně se zvyšující tendenci ve spotřebě elektrické energie. To nám říká i průměrný koeficient růstu, který má hodnotu 01,001. Zatímco v roce 2013 se spotřebovalo

70177,4 GWh v roce 2022 to bylo 70764 GWh, což znamená nárůst ve výši 586,6 GWh. Průměrný absolutní přírůstek nám říká, že každý rok spotřeba vzrostla v průměru o 58,66 GWh. 1. diference a relativní přírůstek nám naznačují, že k největšímu poklesu spotřeby došlo v roce 2022 o 2897,4 GWh, jinými slovy o 3,9 % oproti roku 2021. K největšímu nárůstu došlo v roce 2021 o 2306,6 GWh. Oproti roku 2020 je to nárůst ve výši 3,2 %. Nárůst byl způsoben zejména nízkou základnou v roce 2020. Cokoliv predikovat v takto dynamickém odvětví s dlouhodobou perspektivou je složité s ohledem na současnou politickou situaci ve světě (Ukrajina, Izrael, Čína, Taiwan). Predikce pro rok 2023 za pomoci průměrného koeficientu růstu vyšla 70835 GWh. Pro rok 2024 by spotřeba měla dosáhnout 70906 GWh. Za předpokladu, že by v roce 2020 nenastala pandemie COVID 19, by spotřeba podle průměrného koeficientu růstu, počítaného do roku 2019 dosáhla v roce 2021 výše 74575 GWh. Za předpokladu, že by v roce 2022 nenastala válka na Ukrajině, což mělo vliv na enormní nárůst cen surovin a tím i elektřiny, by spotřeba elektřiny podle průměrného koeficientu růstu počítaného do roku 2019 dosáhla v daném roce 75878 GWh.

4.8.3 Analýza ceny elektrické energie za pomoci trendové funkce

Tabulka 3: Odhad ceny elektrické energie v ČR

Rok	Cena elektřiny v ČR (EUR/kWh)	Cena elektřiny podle rovnice
2011	0,1659	0,1765
2012	0,1664	0,162
2013	0,1681	0,1513
2014	0,1388	0,1444
2015	0,1385	0,1413
2016	0,142	0,142
2017	0,1438	0,1465
2018	0,1573	0,1548
2019	0,1748	0,1669
2020	0,1841	0,1828
2021	0,1802	0,2025
2022	0,2445	0,226
1S/2023*	0,3212*	0,2533
2024	/	0,2844

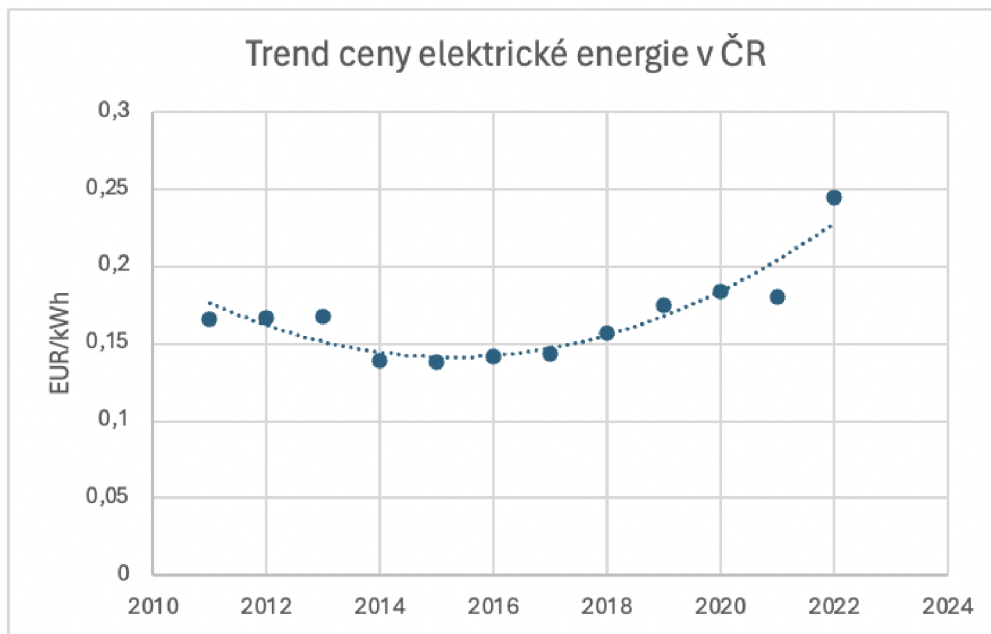
$$y = 0,1948 - 0,0202x + 0,0019x^2$$

$$R^2 = 0,7755$$

Zdroj: Vlastní zpracování na základě dat z ERU (2023)

Tabulka znázorňuje využití kvadratické trendové funkce u ceny elektrické energie v ČR ve sledovaném období od roku 2011 do prvního pololetí roku 2023. Kvadratická trendová funkce je zvolena z důvodu nejvyššího čísla R^2 , které znázorňuje kolik procent vysvětlované proměnné je vysvětleno modelem. V tomto případě vyšla hodnota $I=0,8806$, index determinace se pak rovná – 77,55 %. To značí silnou přímou závislost. Po dosazení do rovnice vyšly hodnoty odpovídající dané trendové funkci. Odhad pro rok 2024 je 0,2844 EUR/kWh. Do kvadratické funkce není zahrnuta hodnota z roku 2023, protože zde je hodnota dostupná pouze pro první pololetí, jež je zahrnuta v tabulce s *. Graf 17, umístěný níže, znázorňuje proložení ceny elektrické energie kvadratickou trendovou funkcí.

Graf. 17: Trend ceny elektrické energie



Zdroj: Vlastní zpracování na základě dat z Eurostatu (2023)

5 Výsledky a diskuse

Tato kapitola je zaměřena na komplexní zhodnocení analýzy výroby a spotřeby elektrické energie v ČR v letech 2013-2022.

Obecně lze říci, že výroba elektrické energie se pozvolna snižuje, zatímco její spotřeba mírně roste. To nám naznačuje i elementární charakteristika časových řad, která zde byla provedena. Důvodem pro zvyšování spotřeby je především vyšší elektrifikace domácností, využívání tepelných čerpadel a elektromobilů. Do budoucna bude mít nemalý vliv na zvyšování spotřeby i rozsáhlejší elektrifikace těžkého průmyslu. Všechny tyto důvody zmiňuje i predikce od MPO, která počítá v konzervativním scénáři se spotřebou v roce 2040 ve výši 83 TWh, v progresivním 98 TWh a v dekarbonizačním dokonce se spotřebou 112 TWh. Na snižování spotřeby má vliv vyšší energetická účinnost elektrospotřebičů a také pasivní domy, ale to trend určitě nezmění.

Výroba elektrické energie klesá a nic nenasvědčuje tomu, že by se trend v blízké budoucnosti změnil. Příčina je především v pomalé výstavbě OZE a jejich relativně malému vlivu na energetický mix ČR. Dalším problémem, se kterým se musí ČR vypořádat je zavření uhelných elektráren do roku 2033. K jejich zavření ale bude docházet pravděpodobně mnohem dříve. Důvodem je cena emisních povolenek, která znevýhodňuje výrobu z NZE. Záležet bude také na postoji vlády, zda bude podporovat výrobu z uhelných elektráren či nikoliv.

Saldo exportu a importu pozvolna roste, což znamená, že vyvážíme stále méně elektrické energie v poměru k dovozu než dříve. V roce 2013 ČR vyvezla o 16887 GWh energie víc, než dovezla. V roce 2022 dosáhlo saldo 14296 GWh ve prospěch exportu.

Výroba z OZE pomalu roste, ale na energetickém mixu mají podíl pouze 13,4 %. Vodní elektrárny svůj potenciál téměř vyčerpaly a se zvyšováním výroby se u nich do budoucna moc počítat nedá.

Fotovoltaické elektrárny dosáhly v roce 2022 podílu 2,8 %. Potenciál k růstu výroby je zde značný. Výstavba fotovoltaických elektráren na střechách rodinných domů je nyní trend a dají se na ně čerpat různé dotace, o které je velký zájem. Elektrárny se budují také na střechách skladů a výrobních hal. Ale ani velké rozšíření fotovoltaických elektráren nebude hrát zásadní roli ve výrobě elektřiny. Důvodem je podnebí ČR, jež není ideální, jako například v zemích na Balkánu nebo ve Španělsku.

Větrné elektrárny mají velmi nízký podíl na výrobě elektřiny – 0,7 %. Jejich potenciál je však poměrně velký, ale ani zde se nemůžeme porovnávat s větrnými farmami na pobřeží Baltského moře, které mají státy jako Německo, Polsko nebo Dánsko. Nevýhodou v podmínkách ČR je značný odpor místních obyvatel.

Spalování biomasy je uhlíkově neutrální, protože při spalování vznikne stejné množství CO₂, jako při růstu dané plodiny. V současné době se na výrobě podílejí 3 %. ČR má velké množství lesů a v kombinaci s přeměnou současných uhelných elektráren na elektrárny spalující biomasu by se podíl na výrobě mohl výrazně zvýšit.

NZE se v roce 2022 podílely na výrobě z více než 86,5 % a jsou pro nás nenahraditelné. Plynové elektrárny se v roce 2022 podílely na výrobě 7,6 %. Nevýhodou je závislost na dodávkách plynu ze zahraničí. Výhodou pak je jejich poměrně jednoduchá obsluha a velmi dobrá regulovatelnost, díky které budou vhodným doplňkem k OZE.

Uhelné elektrárny mají daný konec v roce 2033. Bez podpory státu však přestanou vyrábět o několik let dříve z důvodu drahých emisních povolenek. Za tento zdroj musí ČR najít náhradu. Je však nepravděpodobné, že zhruba 45 % výroby elektrické energie, kterou uhelné elektrárny obstarávají, do roku 2033 podaří nahradit. Proto se pravděpodobně z významného vývozce elektrické energie staneme dovozcem. Nutné je však dodat, že v NZE jsou započítány i jaderné elektrárny, které vypouštějí jen velmi malé množství CO₂ a i po roce 2033 se s nimi počítá. Na výrobě se v roce 2022 podílely více než 36,5 % a jejich produkce by měla nadále růst, zejména kvůli změně cyklu výměny palivových tyčí, které se nebudou vyměňovat po 12 měsících ale po 16 v případě JE Dukovany a 18 v případě JE Temelín. Vláda kromě toho počítá ve své energetické koncepci s výstavbou dalších bloků. Pak by podíl jaderných elektráren mohl vzrůst nad 50 %, vhodně by se doplňoval s OZE a ČR by se mohla stát opět soběstačnou, co se výroby týče.

Celkově lze říci, že s ohledem na zvyšující se spotřebu elektrické energie a závazkům v oblasti snižování emisí CO₂ se musí energetický mix ČR výrazně proměnit. Je zřejmé, že v našich podmínkách se nemůžeme spolehnout pouze na OZE a musíme k tomu provozovat i stabilní zdroje energie, jako jsou JE nebo plynové elektrárny. Zároveň je potřeba podporovat jejich výstavbu.

6 Závěr

V teoretické části práce jsou rozebrány jednotlivé zdroje energie využívané v ČR. Zaměřuje se na popis principů fungování jednotlivých elektráren, úlohu v elektrizační soustavě a možnosti jejich využití. Nejdříve popisuje obnovitelné zdroje energie, jejich výhody a nevýhody. Následně se práce zabývá popisem OZE, které zahrnují: větrné elektrárny, vodní elektrárny, fotovoltaické elektrárny a elektráren využívající bioplyn nebo spalování biomasy.

Následně se práce zabývá neobnovitelnými zdroji energie. Popisuje jejich výhody, nevýhody a využívané typy elektráren, mezi které patří parní elektrárny spalující především uhlí, plynové elektrárny, které spalují nejčastěji zemní plyn a jaderné elektrárny. Tato teoretická základna byla nezbytná pro následné porozumění praktickým aspektům problematiky.

V praktické části byla provedena analýza výroby a spotřeby elektrické energie, která poskytuje pohled na dynamiku výroby a spotřeby elektrické energie v České republice v období let 2013-2022.

Kromě analýzy samotné výroby a spotřeby elektrické energie se práce zaměřila na saldo exportu a importu elektrické energie, množství vyrobené elektřiny z jednotlivých zdrojů včetně jejich procentuálního podílu na celkové výrobě v ČR.

Dalším aspektem analýzy byl vývoj podílu obnovitelných a neobnovitelných zdrojů za sledované období a porovnání energetického mixu z roku 2013 s rokem 2022. Tyto změny byly následně posouzeny.

Práce se zaměřila také na analýzu vývoje cen elektrické energie v zemích Evropské unie, ze které vyplynulo, že v ČR platíme 7. nejdražší elektřinu ze sledovaných 27 zemí. Následně práce sledovala vývoj výroby a spotřeby elektrické energie za pomoci elementární charakteristiky časových řad a vývoj ceny elektrické energie v ČR pomocí trendové funkce.

Celkově lze konstatovat, že bakalářská práce poskytuje ucelený a přehledný pohled na problematiku energetiky v České republice. Spojuje teoretické poznatky o jednotlivých druzích elektráren s konkrétními daty jejich výroby a následnými analýzami.

7 Seznam použitých zdrojů

AHMADI, MH. et al. 2018. Solar power technology for electricity generation: A critical review. *Energy Sci Eng.* 6: 340–361. <https://doi.org/10.1002/ese3.239>

BEDNÁŘ, J. 2013. *Turbíny: malé vodní elektrárny*. 1. vyd., Českovice: Marcela Bednářová. 357 s. ISBN 978-80-905437-0-6.

BENDA, V. 2012. *Obnovitelné zdroje energie*. 1. vyd., Praha: Profi Press. 208 s. ISBN 978-80-86726-48-9.

ČSU, český statistický úřad. *energetická bilance ČR*. [online]. 2023. [cit. 2024-01-12]. Dostupné z: <https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/index.jsf?page=statistiky#katalog=33415>

ČEZ, výrobní zdroje. [online]. 2023. [cit. 2024-01-10]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobní-zdroje>.

ČEZ, aktuality z jaderných elektráren. [online]. 2024. [cit. 2024-02-12]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/pro-media/aktuality-z-jadernych-elektren>

ČSVE, česká společnost pro větrnou energii. *větrné elektrárny v ČR*. [online]. 2021. [cit. 2024-01-12]. Dostupné z: <https://www.csve.cz/cz/>.

DOLEŽAL, J. 2011. *Jaderné a klasické elektrárny*. 1. vyd., Praha: České vysoké učení technické v Praze. 260 s. ISBN 978-80-01-04936-5.

DRÁBOVÁ, D., PAČES, V. 2014. *Perspektiv české energetiky: Současnost a budoucnost*. 1. vyd., Praha: Novela bohemia. 335 s. ISBN 978-80-87683-26-2.

ERU, energetický regulační úřad. *roční zpráva o provozu elektrizační soustavy*. [online]. 2023. [cit. 2024-01-10]. Dostupné z: <https://eru.gov.cz>.

EUROSTAT, *cena elektrické energie v EU*. [online]. 2023. [cit. 2024-01-12]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ten00117/default/table>

EVROPSKÝ PARLAMENT, *obnovitelná energie*. [online]. 2023. [cit. 2024-01-12]. Dostupné z: <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/cs/sheet/70/renewable-energy>

HUNT, Colin AG. 2009. *Carbone Sinks and Climate Change*. 1. UK: Edward Elgar Publishing Limited. 235 p. ISBN 978-1-84720-977-1.

IEC, international electrotechnical commission. *Electricity in the beginning*. [online]. 2022. [cit. 2024-01-12]. Dostupné z: <https://www.iec.ch/history/world-electricity>

IBRAHIM, TK. et al. 2017. Thermal performance of gas turbine power plant based on exergy analysis. *Applied Thermal Engineering*, 115: 997-985. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2017.01.032>.

- JADERNÉ ELEKTRÁRNY, *jaderné elektrárny*. [online]. 2024. [cit. 2024-02-12]. Dostupné z: <https://www.jaderne-elektrarny.cz>.
- KURZYCZ, *dlouhodobý výhled cen elektřiny*. [online]. 2024. [cit. 2024-02-12]. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/zpravy/755898-dlouhodoby-vyhled-ceny-elektriny/>
- LIBRA, M., POULEK, V. 2007. *Zdroje a využití energie*. 1. vyd., Praha: Česká zemědělská univerzita. 141 s. ISBN 978-80-213-1647-8.
- MASTNÝ, P. 2011. *Obnovitelné zdroje elektrické energie*. 1. vyd., Praha: České vysoké učení technické v Praze. 256 s. ISBN 978-80-01-04937-2.
- MPO, ministerstvo průmyslu a obchodu. *hodnocení zdrojové přiměřenosti ES ČR*. [online]. 2022. [cit. 2024-01-12]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/elektroenergetika/2023/5/Hodnoceni-zdrojove-primerenosti-elektrizacni-soustavy-CR-2022.pdf>
- MPO, ministerstvo průmyslu a obchodu. *energetická koncepce*. [online]. 2024. [cit. 2024-02-12]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/rozcestnik/pro-media/tiskove-zpravy/aktualizace-statni-energeticke-koncepce-sek--279668/>
- MPO, ministerstvo průmyslu a obchodu. *podpora energetických úspor a využití obnovitelných zdrojů*. [online]. 2024. [cit. 2024-02-12]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/energetika/elektroenergetika/obnovitelne-zdroje/>
- MOTLÍK, J. 2007. *Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v České republice*. 1. vyd., Praha: ČEZ. 181 s. ISBN 978-80-239-8823-9.
- MŽP, ministerstvo životního prostředí. *rozvoj větrné energetiky*. [online]. 2023. [cit. 2024-01-12]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/news_20230821_Ministr-Hladik-chce-pripravit-podminky-pro-rozumny-rozvoj-vetrne-energetiky
- OENERGETICE, *uhelné a kondenzační elektrárny*. [online]. 2015. [cit. 2024-02-12]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/uhli/uhelne-kondenzacni-elektrarny>.
- OENERGETICE, *vodní elektrárny – princip, rozdělení, elektrárny v ČR*. [online]. 2016. [cit. 2024-02-12]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje/vodni-elektrarny-princip-a-rozdeleni>.
- OENERGETICE, *přečerpávací vodní elektrárna – princip a uspořádání*. [online]. 2015. [cit. 2024-02-12]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrina/precerpavaci-vodni-elektrarna-princip-usporadani-2>.
- OENERGETICE, *větrné elektrárny – princip, rozdělení, elektrárny v ČR*. [online]. 2015. [cit. 2024-02-12]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrina/vetrne-elektrarny-princip-cinnosti-zakladni-rozdeleni>.

RADA EVROPSKÉ UNIE, *jak probíhá výroba a prodej elektřiny v EU*. [online]. 2023. [cit. 2024-01-12]. Dostupné z: <https://www.consilium.europa.eu/cs/infographics/how-is-eu-electricity-produced-and-sold/>

SVĚT ENERGIE, vzdělávací portál Čez. *energetika z blízka*. [online]. 2020. [cit. 2024-01-10]. Dostupné z: <https://www.svetenergie.cz/cz/energetika-zblizka>.

ŠULC, J. 2015. *Obnovitelné zdroje energie*. 1. vyd., Liberec: Technická univerzita v Liberci. 153 s. ISBN 978-80-7494-235-8.

Zákon č. 17/1992 Sb. *o životním prostředí*.

8 Seznam obrázků, tabulek, grafů a zkratk

8.1 Seznam obrázků

Obrázek 1: Větrná mapa ČR.....	19
Obrázek 2: Schéma větrné elektrárny s horizontální osou	20
Obrázek 3: Princip Savoinovy turbíny	21
Obrázek 4: Princip Darrieovy turbíny	22
Obrázek 5: Schéma akumulční vodní elektrárny	24
Obrázek 6: Schéma přečerpávací vodní elektrárny	25
Obrázek 7: Schéma fotovoltaického článku	27
Obrázek 8: Schéma bioplynové stanice	30
Obrázek 9: Schéma tepelné elektrárny.....	32
Obrázek 10: Schéma jaderné elektrárny.....	34

8.2 Seznam tabulek

Tabulka 1: Elementární charakteristika ČR, výroba elektřiny.....	53
Tabulka 2: Elementární charakteristika ČR, spotřeba elektřiny	54
Tabulka 3: Odhad ceny elektrické energie v ČR.....	56

8.3 Seznam grafů

Graf. 1: Vývoj globální spotřeby energie.....	17
Graf. 2: Výroba a spotřeba elektřiny v ČR.....	35
Graf. 3: Import a export elektřiny	37
Graf. 4: Produkce větrných elektráren	38
Graf. 5: Produkce vodních elektráren	39
Graf. 6: Produkce fotovoltaických elektráren.....	40
Graf. 7: Produkce parních elektráren	41
Graf. 8: Produkce plynových elektráren	42
Graf. 9: Produkce jaderných elektráren	44
Graf. 10: Vývoj obnovitelných a neobnovitelných zdrojů energie.....	45
Graf. 11: Energetický mix 2013	46
Graf. 12: Energetický mix 2022	47
Graf. 13: Složení OZE 2013	48
Graf. 14: Složení OZE 2022	49
Graf. 15: Cena elektrické energie v jednotlivých zemích	50
Graf. 16: Predikce spotřeby elektrické energie	51
Graf. 17: Trend ceny elektrické energie.....	57

8.4 Seznam použitých zkratek

AC	Střídavý proud
CO ₂	Oxid uhličitý
ČR	Česká republika
ČŘ	Časová řada
ČSÚ	Český statistický úřad
EEN	Elektroenergetická náročnost
EIA	Posuzování vlivu na životní prostředí
ERU	Energetický regulační úřad
EU	Evropská unie
EUR	Euro
EUROSTAT	Statistický úřad Evropského společenství
GWh	Gigawatthodina
HDP	Hrubý domácí produkt
JE	Jaderná elektrárna
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatthodina
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
MW	Megawatt
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
NZE	Neobnovitelné zdroje energie
OZE	Obnovitelné zdroje energie
SEK	Státní energetická koncepce
TWh	Terawatthodina