

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Provozně ekonomická fakulta**

**Katedra Statistiky**



**Bakalářská práce**

**Analýza vývoje ceny elektrické energie v ČR**

**Lukáš Ouda**

© 2024 ČZU v Praze



# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Provozně ekonomická fakulta

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Lukáš Ouda

Ekonomika a management

Název práce

**Analýza vývoje ceny elektrické energie v ČR**

Název anglicky

**Analysis of the development of electricity price in the Czech Republic**

---

### Cíle práce

Práce se bude zabývat vývojem a stavem ceny elektrické energie v ČR od roku 2010. Zaměří se na fungování trhu s elektrickou energií a analyzuje nejvýznamnější faktory, které ovlivňují cenu. Cílem práce je zhodnotit dosavadní vývoj ceny elektrické energie, predikovat její budoucí vývoj a porovnat situaci v ČR s jinými vybranými státy EU. Pro dosažení tohoto cíle budou prezentována relevantní data, která budou statisticky zpracována a analyzována. Důraz bude kladen na identifikaci významných změn a souvislostí s nimi.

### Metodika

Pro získání dat budou využity primárně zdroje, jako je Český statistický úřad (ČSÚ), a další dostupné zdroje pro analýzu vývoje ceny elektrické energie v České republice. Pro analýzu dat budou použity vhodné statistické nástroje, které zahrnují popisnou statistiku, časové řady, korelační a regresní analýzu. Kromě toho budou aplikovány metody krátkodobých predikcí, aby bylo možné predikovat budoucí vývoj ceny elektřiny.

**Doporučený rozsah práce**

30-40

**Klíčová slova**

cena elektrické energie, vývoj cen, trh s elektrickou energií, časové řady, faktory ovlivňující cenu

---

**Doporučené zdroje informací**

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

BURKERT, D., LOUŽEK, M. 2007. *Jaderná energie: útlum, nebo rozvoj?* Praha: Centrum pro ekonomiku a politiku. ISBN 9788086547787aha

HINDLS, Richard. *Statistika pro ekonomy*. Praha: Professional Publishing, 2004. ISBN 80-86419-59-2.

MOŠNA, František. *Základní statistické metody*. V Praze: Univerzita Karlova v Praze – Pedagogická fakulta, 2017. ISBN 978-80-7290-972-8.

QUASCHNING, Volker. *Obnovitelné zdroje energií*. Praha: Grada, 2010. ISBN 978-80-247-3250-3.

SVATOŠOVÁ, Libuše; KÁBA, Bohumil; ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. PROVOZNĚ EKONOMICKÁ FAKULTA, ; ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. KATEDRA STATISTIKY. *Statistické metody II*.

V Praze: Česká zemědělská univerzita, Provozně ekonomická fakulta, 2008. ISBN 978-80-213-1736-9.  
Úvod do liberalizované energetiky. Druhé. Praha: Asociace energetických manažerů, 2016. ISBN 9788026092124.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2023/24 LS – PEF

**Vedoucí práce**

RNDr. František Mošna, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra statistiky

Elektronicky schváleno dne 29. 5. 2023

**Ing. Tomáš Hlavsa, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 3. 11. 2023

**doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 28. 02. 2024



### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci " Analýza vývoje ceny 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 10.3.2024

---

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval mému vedoucímu bakalářské práce panu RNDr. Františku Mošnovi, Ph.D. za spolupráci a za všechny cenné rady, které mi během psaní této bakalářské práce předával. Dále bych rád poděkoval celé své rodině, která mě podporoval v průběhu celého studia.

# **Analýza vývoje ceny elektrické energie v ČR**

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se bude věnovat pospáním fungování trhu s elektrickou energií, popsáním jednotlivých účastníků na trhu s elektrickou energií. Dále zmapuje novodobou historii rozvoje trhu s elektrickou energií v České republice. Popíše statistické metody, které se využijí v této bakalářské práci. V praktické části bude zpracovávat nasbíraná data pomocí statistických metod. Provede základní charakteristiku pomocí popisné statistiky, zpracuje regresní a korelační analýzu, provede predikci vývoje ceny elektrické energie a porovná vývoj ceny elektrické energie České republiky s jinými vybranými státy Evropské unie.

**Klíčová slova:** Elektrická energie, cena elektrické energie, vývoj cen, trh s elektrickou energií, faktory ovlivňující cenu, časové řady, regrese, korelace, závislá proměnná, nezávislá proměnná, energetická krize, energetika, statistika

# **Analysis of the development of electricity price in the Czech Republic**

## **Abstract**

This bachelor's thesis will focus on the functioning of the electricity market, describing the different participants in the electricity market. It will also map the modern history of the development of the electricity market in the Czech Republic. It will describe the statistical methods that will be used in this bachelor thesis. In the practical part, it will process the collected data using statistical methods. It will perform basic characterisation using descriptive statistics, perform regression and correlation analysis, make a prediction of the development of the electricity price and compare the development of the electricity price of the Czech Republic with other selected European Union countries.

**Keywords:** Electric power, electricity price, price development, electricity market, factors influencing price, time series, regression, correlation, dependent variable, independent variable, energy crisis, energy sector, statistics.

# Obsah

<b>1 Úvod .....</b>	<b>11</b>
<b>2 Cíl práce .....</b>	<b>12</b>
2.1 Metodika .....	12
<b>3 Teoretická východiska .....</b>	<b>13</b>
3.1 Elektrická energie.....	13
3.1.1 Elektřina jako komodita .....	13
3.2 Trh s elektřinou .....	13
3.2.1 Ministerstvo průmyslu a obchodu (MPO).....	14
3.2.2 Energetický regulační úřad .....	14
3.2.3 Státní energetická inspekce .....	14
3.2.4 Subjekt zúčtování odchylek (SZ).....	14
3.2.5 Registrovaný účastník (RÚT) .....	15
3.2.6 Operátor trhu s elektřinou (OTE).....	15
3.2.7 Provozovatel přenosové soustavy (PPS nebo TSO) .....	15
3.2.8 Provozovatel distribuční soustavy (PDS).....	16
3.2.9 Obchodník .....	17
3.2.10 Výrobce .....	17
3.3 Regulated Third Party Access.....	18
3.4 Trh s elektřinou v České republice.....	19
3.5 Vývoj energetiky v Evropě.....	19
3.5.1 Česká Republika .....	19
3.6 Liberalizace trhu .....	19
3.6.1 První ropná krize.....	20
3.6.2 Druhá ropná krize.....	20
3.6.3 Liberalizace ve Velké Británii .....	20
3.6.4 Liberalizace Evropské Unie.....	21
3.6.5 První balíček .....	21
3.6.6 Druhý balíček.....	21
3.6.7 Třetí balíček .....	22
3.7 Proměnné ovlivňující cenu elektřiny.....	22
3.7.1 Fosilní paliva .....	22
3.7.2 Emisní povolenky .....	23
3.8 Statistika .....	24
3.8.1 Regresní a korelační analýza .....	24
3.8.2 Jednoduchá lineární regrese.....	24

3.8.3	Vícenásobná regrese .....	25
3.8.4	Jednoduchá korelace .....	26
3.8.5	Vícenásobná korelace .....	27
3.8.6	Časové řady .....	27
3.8.7	Dělení časových řad .....	27
3.8.8	Dekompozice časových řad .....	28
<b>4</b>	<b>Vlastní práce .....</b>	<b>29</b>
4.1	Nezávislé proměnné .....	29
4.1.1	Ropa Brent .....	29
4.1.2	Zemní plyn PXE .....	30
4.1.3	Emisní povolenky .....	31
4.1.4	Uhlí API 2 .....	31
4.1.5	Uran .....	32
4.2	Závislá proměnná .....	33
4.2.1	Elektřina PXE .....	33
4.3	Popisná statistika .....	34
4.4	Regresní a korelační analýza .....	35
4.5	Predikce .....	39
4.6	Porovnání Itálie a Španělsko .....	40
<b>5</b>	<b>Výsledky a diskuse .....</b>	<b>42</b>
5.1	Regresní a korelační analýza .....	42
5.2	Porovnání vývoje ceny elektřiny .....	42
<b>6</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>44</b>
<b>7</b>	<b>Seznam použitých zdrojů .....</b>	<b>47</b>
<b>8</b>	<b>Seznam obrázků, tabulek, grafů a zkratk .....</b>	<b>50</b>
8.1	Seznam obrázků .....	50
8.2	Seznam tabulek .....	50
8.3	Seznam grafů .....	50
8.4	Seznam použitých zkratk .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
<b>Přílohy</b>	<b>.....</b>	<b>51</b>

# 1 Úvod

Energetický sektor je aktuálně jeden z nejvíce probíraných témat jak v České republice, tak i v globálním měřítku. Téma energetika a problémy ohledně ní se ve společnosti diskutují už dlouhou dobu stejně jako udržitelnost a globální oteplování. Především nyní, když se svět snaží přejít na udržitelné zdroje energie. Díky tomuto fenoménu jsou hodně diskutované emisní povolenky, které Evropská unie kontroluje. Právě tento systém postupně zdražuje průmysl zasažený tímto mechanismem, do kterého spadá i průmysl s energetikou.

Cena elektrické energie se nejvíce dostává do povědomí veřejnosti od začátku roku 2021 kdy začala energetická krize, následně vpád Ruská federace na území Ukrajiny tuto krizi jen vyostřil. Tato krize zasáhla celou Evropu i spousty zemí po celém světě. Po zahájení tohoto ruskou-krajinského konfliktu, byly na Ruskou federaci uvaleny ekonomické sankce spojené i s dodávkami surovin z Ruské federace do Evropy. V případě České republiky se navíc dostavily následky rozhodnutí předešlých vlád, které byly vytvořeny velkou závislostí na odebírání komodit od Ruské federace, včetně i těch pro výrobu elektrické energie. Všechny tyto důvody měli za následek nekontrolované chování trhu.

Pro České občany to mělo velké následky, obzvláště pro občany, kteří odebírali plyn a elektřinu od dodavatelů, kteří měli postavený svůj byznys model na riskantním chování a spekulování o nízkých cenách energií. Všichni zákazníci zkrachovalých dodavatelů poté většinou přešli do režimu „dodavatel poslední instance“, v kterém zákazníci měli ceny za energie stejné jako na spotovém trhu.

## 2 Cíl práce

Jako hlavní cíl této bakalářské práce je zhodnotit dosavadní vývoj ceny elektrické energie v České republice a to od roku 2010 do současnosti. Jako dílčí cíle této bakalářské práce jsou seznámení čtenáře s fungováním trhu elektrické energie, predikovat budoucího vývoje ceny elektrické energie pro Českou republiku. Další dílčí cíl je porovnat vývoj ceny elektrické energie České republiky s jinými vybranými státy patřící do Evropské unie.

### 2.1 Metodika

Tato bakalářská práce bude rozdělena teoretické a praktické části. V teoretické části se bude vycházet z odborné literatury, která je zaměřena na elektrickou energii, na popis fungování trhu s elektrickou energií. Budou vybrány komodity, z kterých se vyrábí elektrická energie. Tyto komodity budou následně zpracované pomocí vhodných statistických metod v praktické části. Tyto vybrané statistický metody, které se budou využívat v této bakalářské práci budou podrobněji popsány v teoretické části.

Pro splnění výše uvedeného cíle této bakalářské práce bude potřeba nasbírat z dostupných zdrojů dostatečné množství dat o vývoji ceny elektřiny v České republice a v jiných vybraných zemích Evropské unie. Dále bude potřeba nasbírat data o vývoji cen vybraných komodit, které ovlivňují cenu elektřiny.

Na základě těchto dat se provedou výpočty popisné statistiky. Budou provedeny analýzy časových řad. Jako další nástroj bude využívána regresní a korelační analýza. Pro provedení výpočtů a analýz bude použit analytický software Statistica, pro jednodušší výpočty budou použity statistické funkce v programu Excel.



## **3 Teoretická východiska**

### **3.1 Elektrická energie**

Elektrická energie (dále jen elektřina) se stala jednou z neodmyslitelných věcí v našem životě, která ovlivňuje ekonomiku a fungování celé moderní doby. Druhem získávání elektřiny je přeměna jiné energie právě na elektrickou. Dle zdroje energie, která se využije na přeměnu elektřiny, se elektrárny dělí na tepelné, jaderné, vodní, ostatní (1, s. 10-12). Mezi základní vlastnosti elektřiny patří její snadná transformace na odlišný druh energie, to že jí lze generovat ve větším množství a následně přenášet na velkou vzdálenost. Na druhou stranu, její největší nevýhoda je její náročnost na uskladnění (1, s. 11).

#### **3.1.1 Elektřina jako komodita**

Elektřina se stejně jako plyn či voda, označuje hromadná komodita. Spotřeba elektřiny nefunguje jako spotřeba běžných statků, jelikož nevíme kdy, kde a kolik budeme spotřebovávat elektřiny, jde tedy jen a pouze o spotřebu v reálném čase. Díky této vlastnosti je potřeba brát na vědomí jisté komplikace. Ty zní, že v aktuálním okamžiku musí být vyrobeno tolik elektřiny kolik právě spotřebováváme. Pokud by toto nebylo dodržováno, důsledkem by bylo zhoršení kvality elektřiny a následně zhroucení elektrické soustavy. Díky velké rychlosti šíření elektřiny, nastává další problém. Pokud dojde k výpadku či přerušení nějakého přenosu, následně nastává přebytek nebo nedostatek a opět trpí celá elektrická soustava. Výše zmíněné problémy má na starosti propracovaný systém dispečerského řízení. Řízení funguje na principu, kdy je požadováno, aby elektrárny měli k dispozici nevyužitý zdroj na přeměnu energií. Díky informacím z dispečinku poté elektrárny snižují nebo zvyšují dodávku elektřiny (2, s. 14-15).

### **3.2 Trh s elektřinou**

Trh s elektřinou je tvořen takzvaně shora. Chování jednotlivých subjektů na trhu určují směrnice a zákony. Subjekty stejného charakteru mají buď stejná či velmi stejná pravidla pro obchodování na trhu. Výše nároků na finanční podporu či počet obchodních

operací je dán velikostí a spolehlivostí dodávek jednotlivých subjektů. Vstup na trh je zpřístupněn jenom subjektům, které splní předem dané předpoklady (2, s. 19).  
Než se podrobněji popíše fungování trhu s elektřinou. Je vhodné nejdříve popsat všechny subjekty na trhu s elektřinou. Stejně jako u trhu i zde se půjde shora.

### **3.2.1 Ministerstvo průmyslu a obchodu (MPO)**

MPO zodpovídá a zajišťuje, aby bylo zajištěno dlouhodobé fungování energetického sektoru. Zabezpečuje zdroje aby byla pokryta spotřeba a v případě předpokládaného nedostatku elektřiny, může vypsat veřejný tendr na výstavbu nových elektráren. Dále zodpovídá za zdravé tržní prostředí, může vytvářet návrhy nových legislativ a směrnic v sektoru energetiky (2, s.78).

### **3.2.2 Energetický regulační úřad**

Toto je instituce, která má mnoho významných rolí pro správné fungování trhu s energiemi. Rozhoduje o přidělení, odebrání či možné úpravě licence. Má možnost regulovat ceny energií v rámci cenového zákona. Může dodavatelům určit povinnou dodávku. Řeší spory, které vznikly buď mezi držiteli licencí anebo spory mezi odběratelem a jinou institucí spadající pod Energetický regulační úřad. Schvaluje a vydává pravidla pro fungování trhu, pravidla pro distribuční a přenosovou soustavu. Dále vykonává kontroly a ukládá sankce za nedodržování pravidel (2, s. 78).

### **3.2.3 Státní energetická inspekce**

Institut Státní energetická inspekce spadá pod MPO. Je to orgán, který vykonává, zda výrobci dodržují zákony o podpoře obnovitelných zdrojů a zákony o hospodaření s energií (2, s. 78).

### **3.2.4 Subjekt zúčtování odchylek (SZ)**

Účastník trhu, který měří odchylky elektřiny v každém obchodované hodině v obchodním dni. Na základě měření poté provádí vyúčtování a vypořádání s operátorem trhu (2, s. 78-79).

### 3.2.5 **Registrovaný účastník (RÚT)**

Účastník trhu, který je registrovaný u Operátora trhu s elektřinou, a tudíž má právo na přístup k sítím s elektřinou.

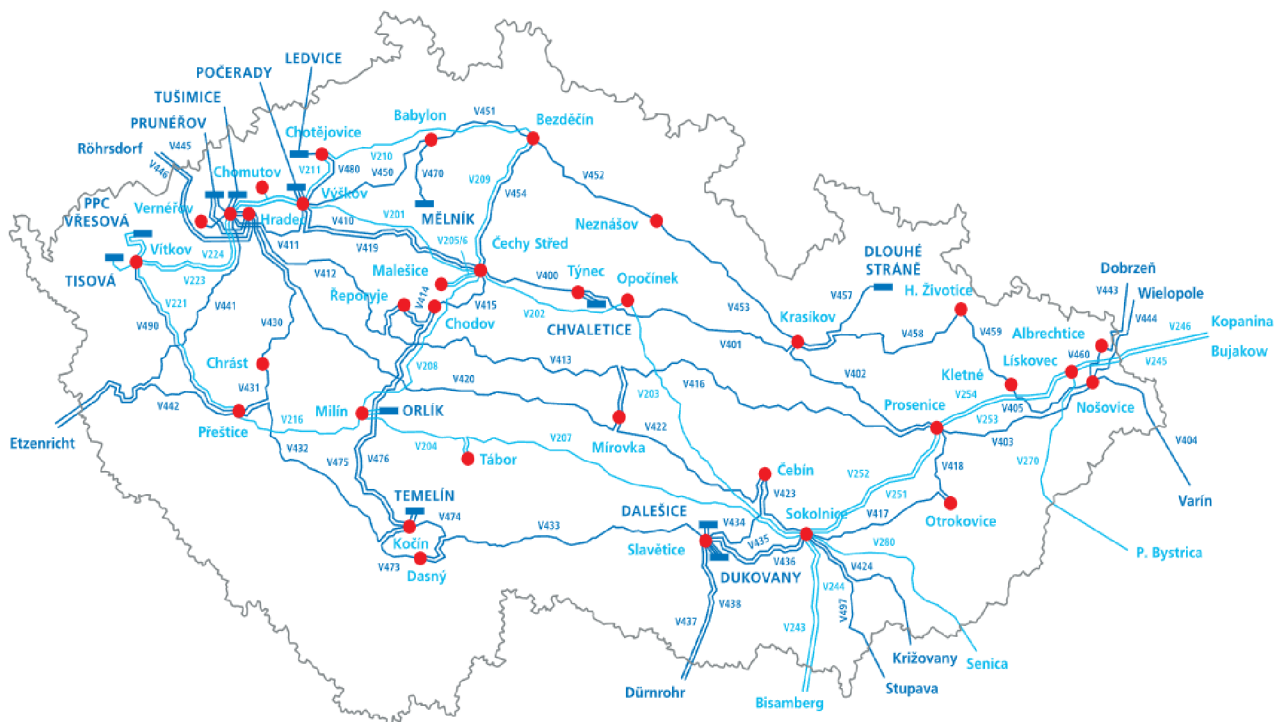
### 3.2.6 **Operátor trhu s elektřinou (OTE)**

Operátor trhu s elektřinou je jeden z klíčových účastníků na trhu s elektřinou. Mezi hlavní úkoly OTE patří sledování nabídky a poptávky na krátkodobém trhu s energiemi, na základě toho vyhodnocuje odchylky mezi domluvenými dodávkami a reálně uskutečněnými. Díky těmto odchylkám provádí vyúčtování konkrétním účastníkům (10).

### 3.2.7 **Provozovatel přenosové soustavy (PPS nebo TSO)**

Přenosová soustava se využívá k vedení vysoko napěťové elektřiny od elektráren k odběratelům. Jak dokazuje obrázek 1, Přenosová soustava je vedena po celé České republice a zároveň s tím je napojena na přenosové soustavy sousedních zemí, díky čemuž přispívá do mezinárodního propojení Evropy. Na českém území je jen jediný licencovaný provozovatel přenosové soustavy a to ČEPS s.r.o. (11).

Obrázek 1 - Mapa přenosové soustavy v České republice



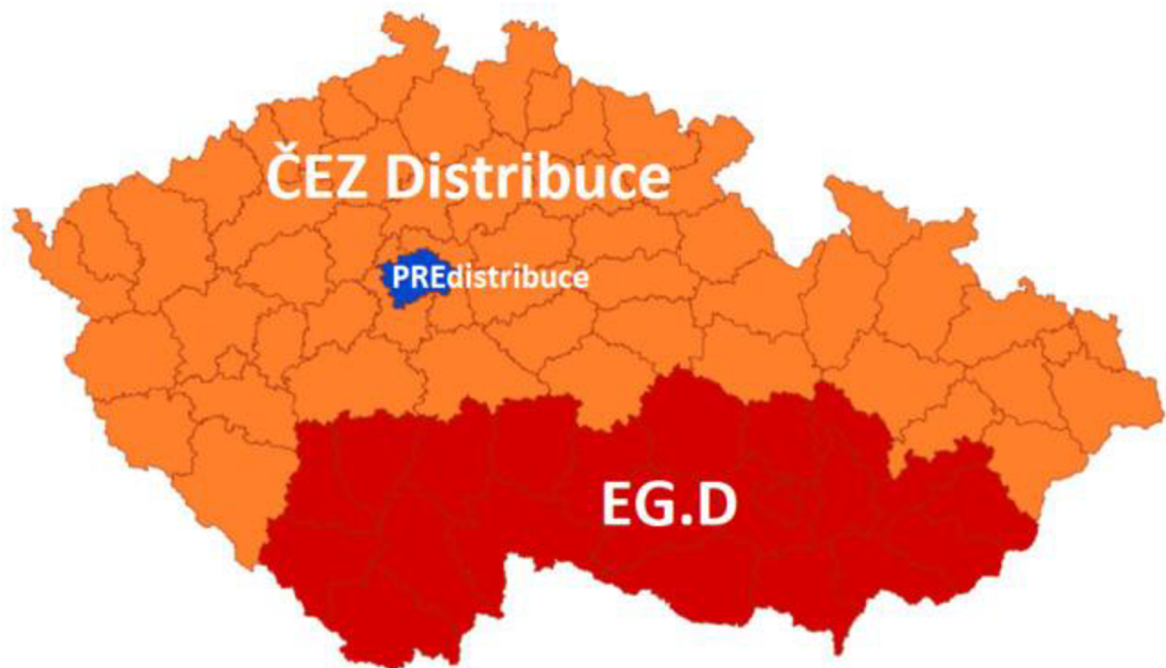
Zdroj 1 - 12

### 3.2.8 Provozovatel distribuční soustavy (PDS)

Podobný účastník trhu jako provozovatel přenosové soustavy, zajišťuje provoz distribuční sítě, která je charakteristická vedením elektřiny s napětím pod 110KV a tvarem distribuční soustavy paprskového charakteru. Soustavy rozdělujeme na regionální, které jsou přímo napojeny na přenosovou soustavu, dále na vnořené, které jsou menšího charakteru a jsou připojeny do regionální distribuční soustavy (2, s.79-80).

Mapa distribuční sítě je rozdělena do tří oblastí. Jak lze vidět na obrázku 2, z velké části je provozovatel distribuční soustavy ČEZ, v jižní části Čech je to distributor EG.D a na území města Prahy to je distributor PRE.

Obrázek 2 - Distribuční soustava elektřiny v České republice



Zdroj 2 – 13

### 3.2.9 Obchodník

Obchodník je subjekt, který nakupuje elektřinu za účelem dalšího prodeje, musí však být držitelem povolení pro obchodování elektřiny. Jakožto držitel licence má jistá práva ale i povinnosti. Obchodník má právo na přístup k síti a na dopravu elektřiny či za předem stanovených podmínek může vstupovat na trh. U povinností je rozdíl, zda obchodník prodává elektřinu i spotřebitelům (poté se nazývá dodavatel) nebo jí jen přeprodává jiným obchodníkům. Pokud je jen obchodník, povinnosti má vůči operátorovy trhu a provozovatelům soustav. Pokud je dodavatelem přibývají mu povinnosti vůči spotřebitelům (2, s. 80).

### 3.2.10 Výrobce

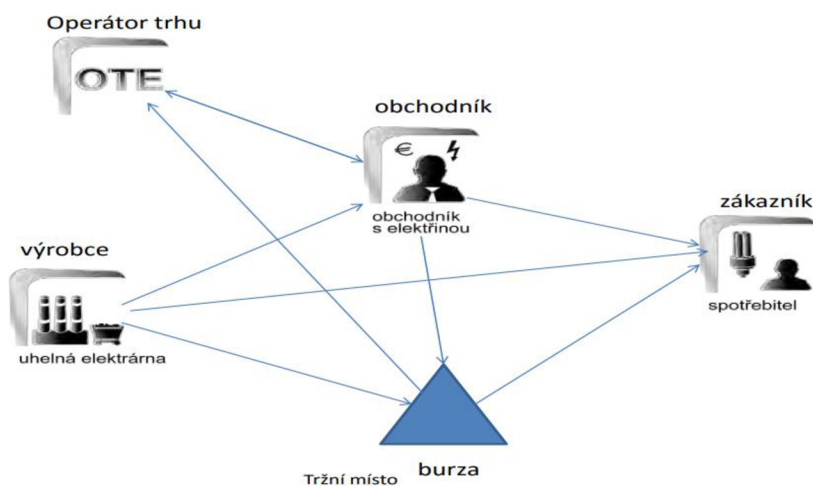
Výrobce je subjekt, mezi jehož hlavní činnost patří výroba elektřiny, s tím souvisí povinnosti vůči ostatním účastníkům trhu, jako například poskytování informací pro dispečink či operátora trhu. Aby mohla vzniknout nová výrobná, je nejdříve nutné získat souhlas od Ministerstva průmyslu a obchodu a poté licenci na výrobu, kterou uděluje energetický regulační úřad (2, s. 80).

### 3.3 Regulated Third Party Access

Regulated third party access je základní model fungování trhu s elektřinou v Evropské unii. Český název pro tento model je princip regulovaného přístupu k sítím. Model má právní základ ve Směrnici „pro vnitřní trh s elektřinou v EU č. 2009/72/ES.“ (2, s. 72). Dále je tento model rozpracovaný v české legislativě, kde je základ tvořen energetickým zákonem a vyhláškou o pravidlech trhu s elektřinou (2, s. 72).

Na trh fungují dle Regulated third party access si spotřebitel dohodne s dodavatelem, výrobcem či obchodníkem dodávku elektřiny. Provozovatel distribuční sítě je povinen zajistit dopravu elektřiny za podmínek stanoveném energetickým regulačním úřadem. Cena elektřiny je buď pevná a předem domluvená anebo se může měnit podle trhu (2, s. 73).

Obrázek 3 - vazby mezi účastníky trhu



Zdroj 3 - 3, s. 73

Na obrázku 3 lze vidět, jak spolu jednotliví účastníci mohou obchodovat. Výrobce může prodávat elektrickou energii přímo zákazníkovi, přes obchodníka či přes burzu. Dále je v systému operátor trhu který dohlíží na obchodníka a na burzu.

### **3.4 Trh s elektřinou v České republice**

Trh na území České republiky je velice rozmanitý, je zde přibližně 50 obchodní subjektů, kteří mají mezi sebou obchodní vztahy. Díky geografické poloze Česka jsme silně propojeni se zahraničím, tudíž vývoj situace na českém trhu s elektřinou odpovídá vývoji evropskému trhu jak ve střední, tak východně Evropě ale i balkánským zemím. Konkrétněji Český trh silně koreluje s trhem Německým. Česká republika má kvalitní rozsáhlou infrastrukturu, díky čemuž mají všichni účastníci trhu nástroje k odpovědnému rozhodování v rámci nákupu a prodeje (2, s. 131).

### **3.5 Vývoj energetiky v Evropě**

Velkou změnu prošel trh a distribuce elektřiny v poválečném období. Elektřina je kromě svého technického charakteru chápána i jako veřejná služba. Každý člověk má právo se připojit k elektrické síti a využívat jí za přijatelné ceny. V po válečném období se ve většině evropských států vyvíjí energetika, která je buď vlastně nebo regulována státem (2, s. 21).

#### **3.5.1 Česká Republika**

V České republice v letech 1949-1950 probíhá znárodnění energetického průmyslu. Následně dochází mezi lety 1950-1962 k největšímu rozvoji malých i velkých vodních elektráren, kdy mezi ty největší řadíme Vltavskou kaskádu. Souběžně s vodními elektrárnami se rozvíjí i tepelné elektrárny, v těchto se postupně zvětšuje výkon, díky kterému můžeme později vyvážet i do zahraničí. Za slavnostní okamžik lze označit rok 1955, kdy byla dokončena elektrifikace, poslední místo, která bylo připojeno k elektrice je obec Hřčava (3, s. 4-6).

### **3.6 Liberalizace trhu**

Než se popíše liberalizaci trhu, je nutné aby se zmínilo o ropě jako nejdůležitějším zdrojem energie a ropných krizí v 20. století, které poukázali na slabiny tehdejšího trhu s energetikou.

Během 20. století začíná trh s energiemi ovládat fosilní paliva a to konkrétněji ropa. Každým rokem se zvedá množství vytěžené ropy až se ropa stala nejvíce využívaným

nosičem energie. V návaznosti na důležitosti ropy vzniká v roce 1960 Organizace zemí vyvážejících ropu (OPEC), která má za cíl jednotnou politiku ohledně těžby ropy (2, s. 16).

### 3.6.1 První ropná krize

První ropné krizi předcházelo politické dění na blízkém východě, které vyústilo 17. října roku 1973. Organizace států vyvážející ropu se rozhodla, že omezí svoji nabídku ropy. Toto rozhodnutí okamžitě zvedlo cenu ropy o 70 %. Během následujícího roku se cena ropy zvedla až čtyřnásobně. S cenou ropy rostly i ceny energií, to zapříčinilo velkou recesi světové ekonomiky, ve většině vyspělých ekonomik to vyvolalo inflaci či stagflaci. Tato krize poukázala na velkou závislost importu energií (4).

Státy díky této krizi začali svoji pozornost soustředit na dlouhodobé plánování energetické koncepce, snažili se o větší zabezpečení svých zdrojů energií. Razantním skokem se začala rozvíjet jaderná energetika (2, s. 21).

### 3.6.2 Druhá ropná krize

Druhá ropná krize nastala roku 1979 a předcházela ji íránská revoluce, která začala o rok dříve. Dosavadní vláda krále padá a moc přebírá nový panovník. V souvislosti s revolucí se těžba ropy snížila o 7% tehdejší světové produkce. V následujících měsících se cena ropy zvedla až dvojnásobně (5).

Tato druhá krize s sebou přinesla ještě větší krizi a nestálost cen energetických zdrojů. U soukromých energetických společností, které byli regulovány státem dochází k roztříštění vztahů mezi regulátorem a společností. Konečná cena pro spotřebitele se zvyšuje avšak na straně společností nedochází k větším ziskům. Tyto důvody vedli k liberalizaci trhu (2, s. 21).

### 3.6.3 Liberalizace ve Velké Británii

Jako první stát, který začal s liberalizací energetického průmyslu je Velká Británie. V roce 1990 nastala privatizace energetického průmyslu. Ze začátku je cena vysoká, protože na trhu jsou jen dva velký výrobci elektřiny. Avšak trh s elektřinou se stává atraktivní a láká nové konkurenty na trh. Všichni nově vzniklí výrobci povinně musí mít členství. Následně vzniká nezávislý regulační orgán s názvem Office of Electricity Regulation. S odstupem času začala reálná cena elektřiny klesat. V roce 1998, tedy osm let



od zavedení privatizace energetického průmyslu, se provádí první kontrola pravidel obchodování na volném trhu. Při kontrole se zjistilo že trh je v dobré kondici a správně funguje. Je zabezpečena a zajištěna požadující kvalita dodávky elektřiny a je zde motivace, aby nový výrobci vstupovali na trh (2, s. 22).

#### 3.6.4 Liberalizace Evropské Unie

Co se týče synchronizace pravidel fungování trh s energetikou na území nově vznikající Evropské unie, se vydává první „*Směrnice Evropské Rady č. 90/547 týkající se přenosu elektřiny přenosovými sítěmi a minimálních standardů organizace mezinárodních výměn. Návazně na to v oblasti regulace cen byla ve stejném roce vydána Směrnice Evropské rady č. 90/377 upravující postupy pro transparentní stanovování cen elektřiny a plynu pro konečné průmyslové odběratele.*“ (2, s. 23). Mezi hlavní cíle těchto směrnic patří, sjednocení fungování trhu a zvýšení konkurenceschopnosti (2, s. 23).

#### 3.6.5 První balíček

Po vzniku Evropské unie vychází první směrnice v roce 1996 s označením 96/92/ES. O dva roky později, v roce 1998 vychází druhá směrnice s označením 98/30/ES. Obě směrnice určují minimální požadavky na otevřený trh, avšak jednotlivým členským státům poskytují svobodu v jejich převodu do praxe. Zajišťují přístup třetích stran k sítím, snaží se zavést nezávislé provozovatele sítí. V poslední řadě se snaží rozdělit účetnictví v podniku dle konkrétních licencovaných aktivit (8).

#### 3.6.6 Druhý balíček

Po vydání prvních dvou směrnic ne všechny státy reagují stejným způsobem. Vznikají tedy tři pomyslné skupiny států (2, s. 24).

- Mezi nejlepší skupinu států můžeme zařadit například Španělsko či Velkou Británii. Jsou to státy kde už dříve existovalo zdravé tržní prostředí a nebyl zde vymezen jeden jediný výrobce energií. Jsou to státy, které trh otevírají rychle, stanovují nezávislého regulátora a oddělují provozovatele sítě od výrobce (2, s. 24).
- Do prostřední skupiny lze zařadit například Německo, trh otevřeli všem zákazníkům, avšak pořád existují jisté bariery, které omezují konkurenci na trhu (2, s. 24).

- Do skupiny nejhorších států řadíme například Francii či Itálii. Jsou to státy, které směrnici přijmou jen formálně a proces liberalizace prodlužují (2, s. 24).

Tato situace směřovala k rozličným situacím na trhu s energetikou v rámci Evropské unie. Proto v roce 2003 vychází dvě nové směrnice (2003/54/ES a 2003/55/ES) s novými pravidly, které zároveň ruší i dvě předešlé. Mimo jiné obsahují dobu, do kdy je nutno splnit otevření trhu s energetikou (8).

### 3.6.7 Třetí balíček

Mezi roky 2006 až 2007 probíhá objemné šetření sektoru s energetikou. Na základě jeho výsledků Evropská komise navrhuje a schvaluje Třetí liberalizační balíček. V účinnost vchází v roce 2009 a obsahuje dvě směrnice a tři nařízení (2, s. 25). Tento balíček se zaměřuje na rozšíření působení a pravomocí národních regulátorů. Velká část je věnována vlastnickému unbundlingu (8).

Pod pojmem unbundling se rozumí proces oddělení činností, které podléhají hospodářské soutěži (jako je například výroba a dodávky energie), od činností, ve kterých hospodářská soutěž není možná nebo povolena (jako je přenos a distribuce). Zavedení tohoto oddělení má za následek omezení možností subjektu, který se angažuje v konkurenčních aktivitách a není mu povoleno kombinovat tyto dvě odlišné činnosti (9).

## 3.7 Proměnné ovlivňující cenu elektřiny

Na trhu s elektřinou existuje spousta faktorů, které ovlivňují konečnou cenu elektřiny. Jedná se jak o hmatatelné, tak nehmatatelné faktory. Mezi příklady hmatatelných faktorů lze zařadit cenu ropy, zemního plynu, uhlí apod. mezi příklady nehmatatelných faktorů lze zařadit cenu emisních povolenek, roční období, denní dobu, aktuální počasí apod (2, s. 20).

### 3.7.1 Fosilní paliva

Fosilní paliva jsou organické uhlíkaté sloučeniny, které se při spalování mění na tepelnou energii a produkují skleníkové plyny. Tyto paliva vznikají přes milióny let, jsou koncentrovanou zásobou energie, která vznikala z živočišných a rostlinných těl. Mezi fosilní paliva řadíme zemní plyn, ropu, černé a hnědé uhlí či rašelinu. Tyto paliva jsou na naší

planetě v omezeném množství a je zde velká pravděpodobnost že budou brzy nenávratně vytěžena (7, s. 14-15).

### 3.7.2 Emisní povolenky

Emisní povolenky se řadí mezi tržní nástroje. Vznikly v Bruselu a slouží k řešení problému globálního oteplování. Mají za cíl snížit množství skleníkových plynů ve vzduchu (14, s. 93).

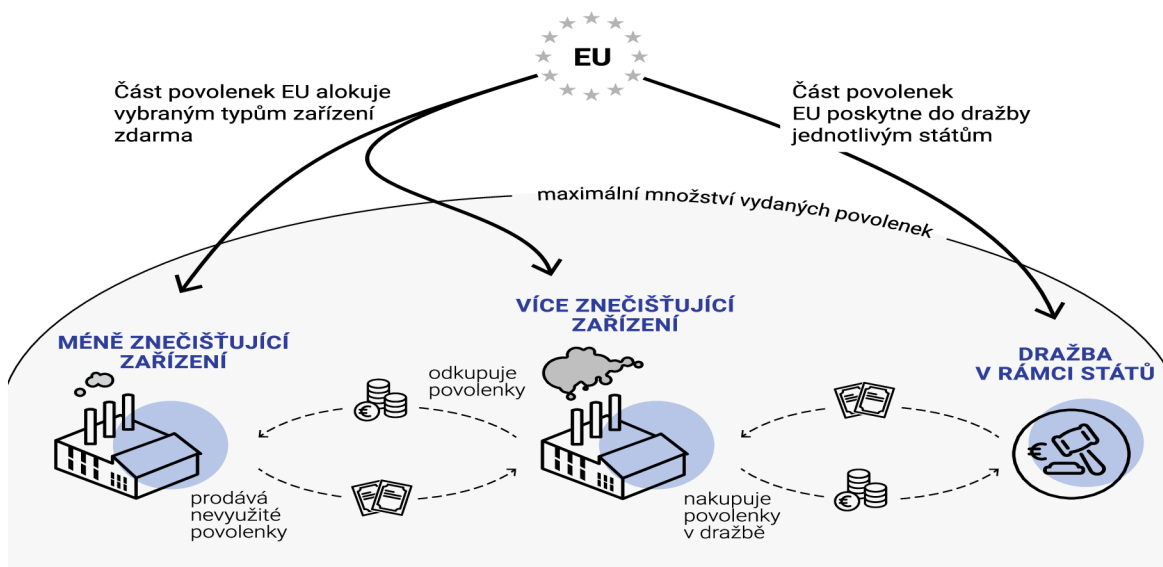
Fungují na principu, že každý podnik, který vypouští skleníkové plyny, musí vlastnit emisní povolenky na tyto emise. Na jednu emisní povolenku je možné vypustit jednu tunu CO<sub>2</sub>, nebo předem stanovené množství N<sub>2</sub>O popřípadě perfluorovaných uhlovodíků. Evropská unie vydává každý rok předem domluvené množství emisních povolenek. Toto množství se každým rokem snižuje. Provozovny mohou emisní povolenky získat či si je koupit, dle svých uvážení si je mohou nechat anebo s nimi volně obchodovat. Princip fungování trhu emisních povolenek popisuje obrázek 4. Díky snižujícímu se množství emisních povolenek dochází k navyšování jejich cen (15).

Obrázek 4 - Princip fungování povolenek v systému EU

#### JAK FUNGUJE POVOLEKOVÝ SYSTÉM EU

Kdo více znečišťuje, ten více platí.

peníze povolenky



Zdroj 4 - 15

## 3.8 Statistika

### 3.8.1 Regresní a korelační analýza

Regresní a korelační analýza zkoumá vztahy mezi minimálně dvěma až vícero proměnnými. Jednoduchou závislost nazýváme zkoumání dvou proměnných, při zkoumání tří a více proměnných nazýváme tuto závislost vícenásobnou. Zkoumání má za cíl objasnit situaci ohledně příčinným souvislostem. (18, s. 170) „*Příčinnou souvislostí mezi např. dvěma jevy se rozumí situace, kdy existence (výskyt, nastoupení) určitého jevu souvisí (má za následek, vyvolává) existenci jiného jevu.*“ (18, s. 170).

### 3.8.2 Jednoduchá lineární regrese

Regresní analýza se používá pro odhadování hodnot jedné proměnné na základně druhé proměnné. Jedna z těchto hodnot se nazývá vysvětlovaná nebo též závislá proměnná. Druhá proměnná je vysvětlující nebo též nezávislá proměnná (20, s. 106).

Vysvětlující proměnnou pro tuto práci označím X a vysvětlovanou Y.

Základní tvar lineární regresní přímky je.

$$y_i = a_{xy} + b_{xy}x$$

Kdy parametr a určuje kde regresní přímka protne svislou osu. Parametr b určuje sklon regresní přímky.

Pro získání hodnot parametrů a, b se využívá metoda nejmenších čtverců (20, s. 107). „*Tato metoda vychází z požadavku, aby součet čtverců odchylek pozorovaných hodnot  $y_1, y_2, y_3 \dots \dots y_n$  veličiny Y od odhadované regresní funkce byl minimální.*“ (20, s. 107).

Vzniká soustava normálních rovnic pro bodový odhad parametrů a, b. Tato soustava má následující tvar (20, s. 107).

$$na_{yx} + b_{yx} \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n y_i$$
$$a_{yx} \sum_{i=1}^n x_i + b_{yx} \sum_{i=1}^n x_i^2 = \sum_{i=1}^n x_i y_i$$

Kdy po vyřešení této soustavy rovnic vznikají následující rovnice (20, s. 107).

$$b = \frac{n * \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

Pokud je dán případ, kdy je přesně známo, jaká proměnná je vysvětlující a jaká vysvětlovaná, označujeme tento jev za jednostrannou závislost. Pokud je však možné předpokládat závislost v obou směrech, nazýváme tento jev oboustranná závislost. V tomto případě nám vznikají sdružené regresní přímky, kdy je třeba dbát na správný zápis spodních indexů u parametrů a, b (20, s. 108).

$$y_i = a_{yx} + b_{yx}X$$

$$x_i = a_{xy} + b_{xy}Y$$

První rovnice je případ, kdy vysvětlovaná proměnná je Y a vysvětlující proměnná je X. Druhá rovnice je případ, kdy vysvětlovaná proměnná je X a vysvětlující proměnná je Y (20, s. 108).

Poté je třeba dbát i správný zápis následujících rovnicích.

$$b_{yx} = \frac{n * \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}$$

$$a_{yx} = \bar{y} - b_{yx}\bar{x}$$

$$b_{xy} = \frac{n * \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2}$$

$$a_{xy} = \bar{x} - b_{xy}\bar{y}$$

### 3.8.3 Vícenásobná regrese

V modelu vícenásobné regresní analýze je stejně jako v jednoduchém modelu jedna vysvětlovaná proměnná (Y) a nejméně dvě vysvětlující proměnné (X). Výpočty jsou

založeny na metodice jednoduché regrese, avšak těchto výpočtů je množstevně více (20, s. 124).

Rovnice vícenásobné regrese je ve tvaru

$$y_i = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n$$

Nyní se popíše, jak vypadají vzorce pro parametry rovnice, avšak pro účel této práce se vypíšu jen vzorce s dvěma vysvětlujícími proměnnými.

$$a = \bar{y} - b_{yx_1 \cdot x_2} \bar{x}_1 - b_{yx_2 \cdot x_1} \bar{x}_2$$

$$b_{yx_1 \cdot x_2} = \frac{S_y}{S_{x_1}} \frac{r_{yx_1} - r_{x_1x_2} r_{yx_2}}{1 - r_{x_1x_2}^2}$$

$$b_{yx_2 \cdot x_1} = \frac{S_y}{S_{x_2}} \frac{r_{yx_2} - r_{x_1x_2} r_{yx_1}}{1 - r_{x_1x_2}^2}$$

#### 3.8.4 Jednoduchá korelace

Korelace popisuje v jak moc velké míře spolu dané jevy souvisí, popřípadě nesouvisí, může nabývat hodnot od mínus jedné do jedné. Pokud korelace mezi jevy má hodnotu jedna, znamená to, že jevy jsou na sobě přímo závislé. Korelace nabývající hodnot mínus jedna odpovídá nepřímé závislosti. Pokud mezi jevy není žádná závislost, korelace poté nabíhá hodnot nula (16, s. 33).

Jedna z nejběžnějších metod měření síly závislosti je korelační koeficient, který se značí jako  $r$ . Je to bezrozměrná veličina, která se vypočítá pomocí následujících vzorců (20, s. 113-115).

$$r = b_{yx} \frac{S_x}{S_y}$$

$$r = b_{xy} \frac{S_y}{S_x}$$

Dle velikost korelačního koeficientu se určuje míra závislosti. Pokud  $r$  nabývá hodnot od  $|0|$  do  $|0,3|$ , jedná se o slabou závislost. Střední závislost nastává, pokud  $r$  nabývá hodnot od  $|0,3|$  do  $|0,8|$ . Silná závislost nastává, když  $r$  je vyšší než jedna (20, s. 115).

### 3.8.5 Vícenásobná korelace

Při vícenásobné korelaci se zjišťuje buď celková závislost mezi všemi proměnnými, nebo jednotlivě mezi každou vysvětlující a vysvětlovanou proměnnou zvlášť (20, s. 128). Pro úplnou závislost lze použít tento vzorec.

$$R_{y \cdot x_1 x_2} = \sqrt{\frac{r_{yx_1}^2 + r_{yx_2}^2 - 2r_{x_1 x_2} r_{yx_1} r_{yx_2}}{1 - r_{x_1 x_2}^2}}$$

Vzorec pro parciální korelaci má následující tvar.

$$r_{yx_1 \cdot x_2} = \frac{r_{yx_1} - r_{yx_2} r_{x_1 x_2}}{\sqrt{(1 - r_{yx_2}^2)(1 - r_{x_1 x_2}^2)}}$$

$$r_{yx_2 \cdot x_1} = \frac{r_{yx_2} - r_{yx_1} r_{x_1 x_2}}{\sqrt{(1 - r_{yx_1}^2)(1 - r_{x_1 x_2}^2)}}$$

### 3.8.6 Časové řady

Časové řady patří mezi jedny nejdůležitější statistické úlohy, zkoumají změny jevů v čase (19, s. 38). Časovou řadou se myslí věcné a prostorové sledování hodnot uspořádaných v čase, nejčastěji od minulosti do přítomnosti. Při pracování s časovými řadami se využívá rozsáhlá škála soubor metod, které buď analyzují časovou řadu, popřípadě dělají prognózu (18, s. 245-246).

### 3.8.7 Dělení časových řad

Časové řady se dělí z hlediska typu sledované hodnoty na okamžikové časové řady a na intervalové časové řady. Okamžikové časové řady sledují hodnoty k určitému datumu (17, s. 11). Takovou hodnotou může být například venkovní teplota k určitému dni.

Intervalové časové řady sledují hodnoty za daný interval, sledují jejich postupné hromadění se, spotřebování, vznikání atd (19, s. 38). Příklad intervalové hodnoty je tržba v podniku za jeden rok.

Z hlediska časového, lze časové řady dělit na krátkodobé a dlouhodobé. Při krátkodobých časových řadách je časový horizont menší než 1 rok, u dlouhodobých časových řad je časový horizont větší nebo rovna 1 roku (19, s. 38).

Poslední dělení časových řad je dle původnosti hodnot. Pokud pracujeme s nijak neupravenými hodnotami, jedná se o časové řady původních hodnot. Pokud pracujeme s nějak upravenými hodnotami, například součet, průměr atd., jedná se o časové řady odvozených charakteristik (19, s. 38).

### 3.8.8 Dekompozice časových řad

Následující kapitola se bude věnovat provádět dekompozici časových řad na jednotlivé složky.

První složkou je trend. Trend je dlouhodobé chování sledované hodnoty jistým směrem, může být klesající či rostoucí, strmý, mírný. Trend není vždy stejný, v průběhu času se mění, a proto ho lze považovat za cyklický (17, s. 13).

druhá složka se nazývá sezónní složka, jedná se o opakující se odchylky od trendu. Charakterizuje se periodicitou menší nebo rovnou jednomu roku. Tyto výkyvy mohou být například způsobeny střídáním ročního období, střídáním turistickou sezónou atd (18, s. 255).

Třetí složka je cyklická složka, podobně jako sezónní složka, je to odchylka od trendu s tím rozdílem, že periodičita je zde větší než jeden rok. Občas je cyklická složka považována za trendovou složku, která popisuje střednědobý vývoj (18, s. 255). Poslední složka se nazývá náhodná složka. Je to taková proměnná, kterou nelze jednoduše definovat funkcí, ale lze jí definovat pravděpodobností. Je to ta složka, která nám zbývá po vyloučení všech předešlých složek (18, s. 255).



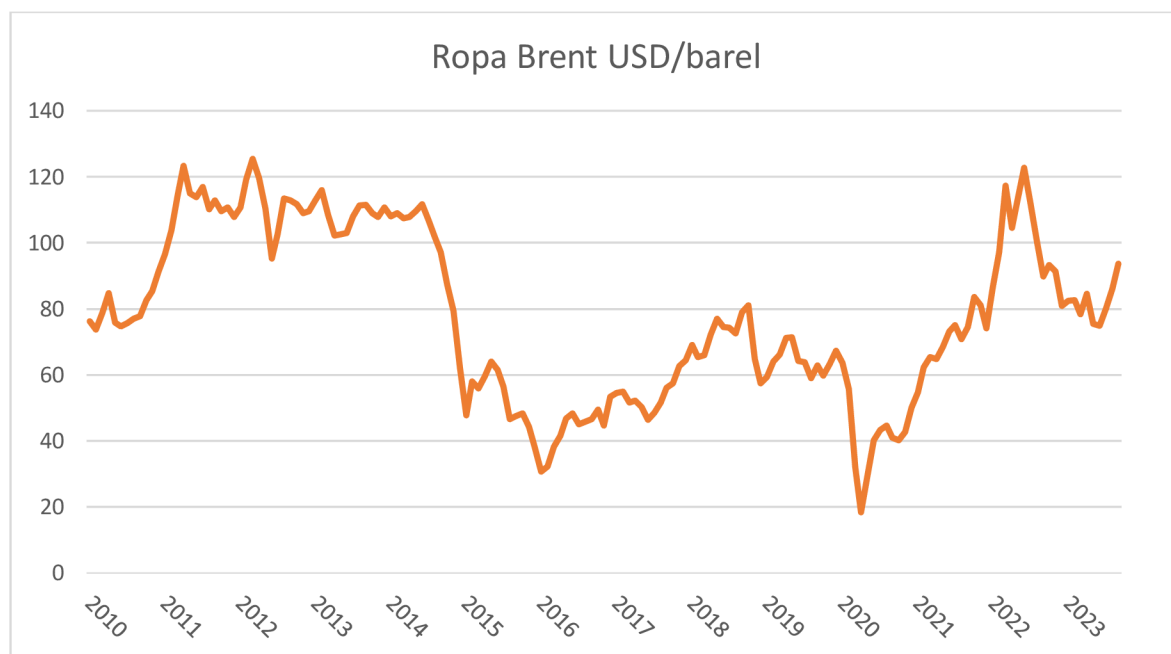
## 4 Vlastní práce

### 4.1 Nezávislé proměnné

#### 4.1.1 Ropa Brent

Ropa Brent je jedním ze základních ukazatelů pro cenu ropy na burze. Pomocí tohoto ukazatele se oceňuje zhruba 60 % dodávek ropy a to především na území Afriky, Evropy a na Středním východě. Způsob těžby této ropy je ovlivňován vývojem ceny na burze. Pokud je cena nízká, dochází k primárnímu způsobu těžby, což je pomocí vrtu, díky tomuto způsobu se vytěží okolo 30-60 % v daném vrtu. Další způsoby, pomocí kterých se dá vytěžit více ropy, jsou nákladnější, proto se využívají až při vyšší ceně (21).

Graf 1 - Vývoj ceny ropy Brent od roku 2010 do roku 2023 v jednotkách USD za barel



Zdroj 5 - Vlastní zpracování na základě zdroje 22

Z grafu 1 je vidět vývoj ceny ropy za barel. Zvyšování ceny od roku 2011 do roku 2014 mělo za důvod dlouhodobě zvyšující se spotřeba ropy velkých států, následně během roku 2014 až 2015 došlo k prudkému poklesu díky opačnému případu, a to snížení spotřeby ropy velkých států (23). Poté cena ropy kolísala v mezích normy do roku 2020, kdy započala pandemie covid-19, která měla za příčinu propad ceny ropy, poté došlo k návratu ceny do normy až do února roku 2022, kdy Ruská federace zahájila invazi na Ukrajinu.

#### 4.1.2 Zemní plyn PXE

Na burze Power exchange central Europe (dále jen PXE) se obchoduje plyn a elektřina v České republice. Burza jako taková funguje od roku 2007, nejprve obchodovala jenom s elektřinou, plyn přidala do svého portfolia v roce 2014. PXE spolupracuje s OTE (operátor trhu s elektřinou) a zajišťují společně fungování denního trhu s elektřinou a plynem (24).

Jelikož při získávání dat chyběly dvě hodnoty v roce 2010, konkrétně pro měsíc listopad a prosinec. Bylo potřeba tyto hodnoty dopočítat. Pro dopočítání těchto hodnot bylo využito lineárního trendu. Funkce byla určena na základě hodnot z roku 2010 z měsíců leden až říjen.

$$y = 1,1373x + 11,108$$

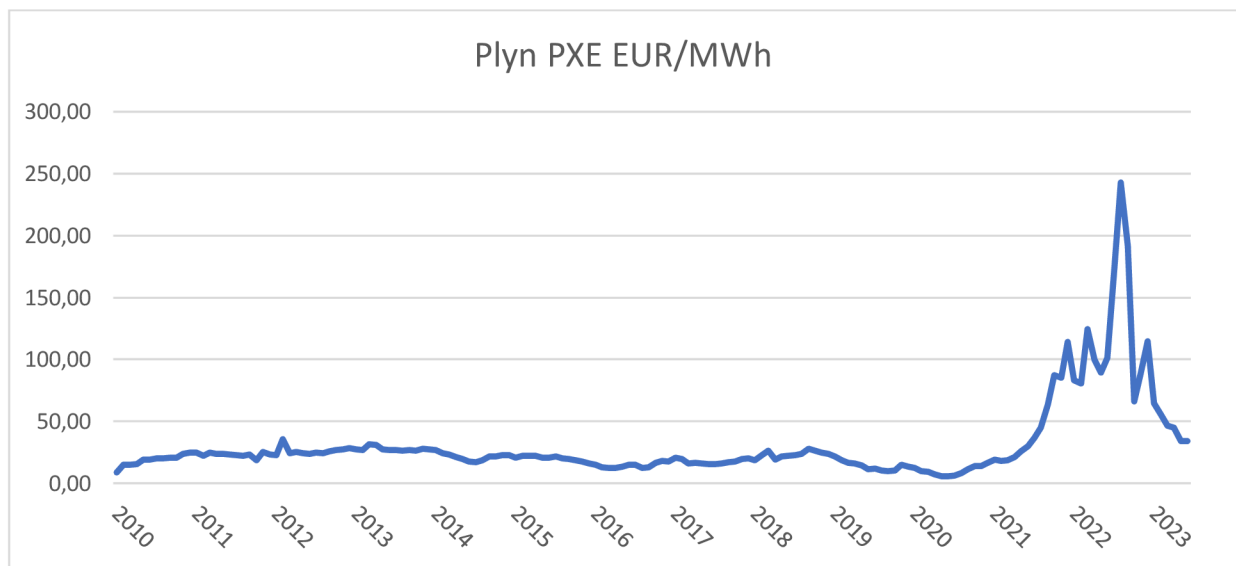
Tabulka 1 - Cena plynu EUR/MWh v roce 2010

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8,719	15,090	14,771	15,362	18,973	19,295	20,009	20,057	20,570	20,786	23,618	24,756

Zdroj 6 - Vlastní zpracování na základě dat zdroje 26

Hodnoty pro 11. a 12. měsíc jsou 23,618 a 24,756.

Graf 2 - Ceny plynu PXE EUR/MWh od roku 2010-2023



Zdroj 7 - Vlastní zpracování na základě dat zdroje 26

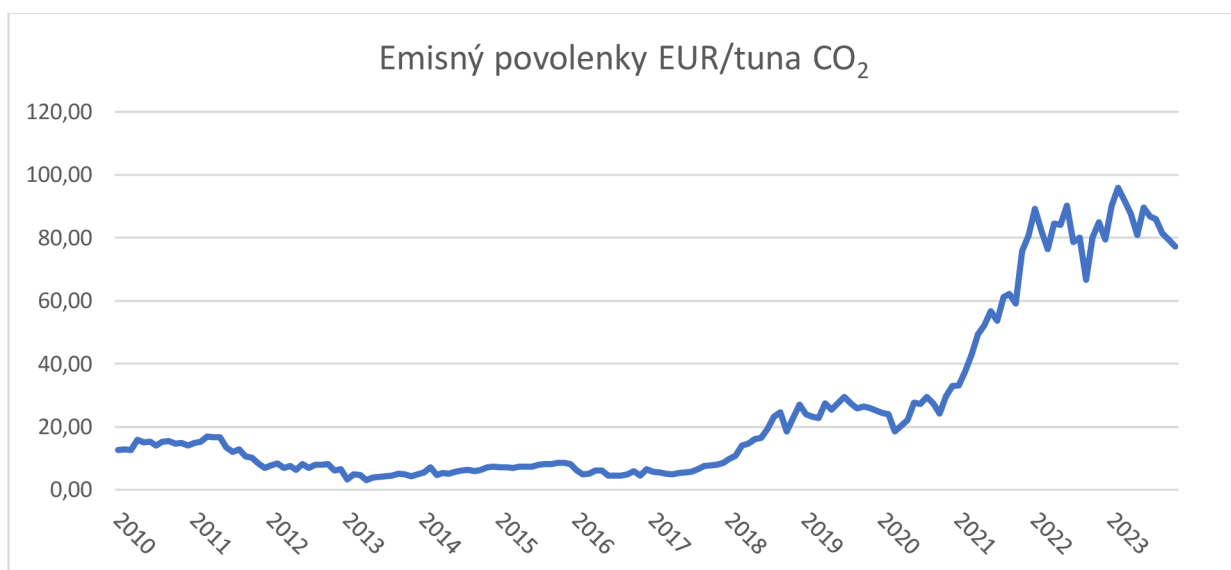
Z grafu 2 lze vidět, že cena měla od roku 2010 do roku 2014 mírný rostoucí trend. Poté do roku 2017 mírně klesající trend. Poté do roku 2020 skoro bez trendu. Dále z grafu lze vyčíst, že pandemie Covid-19 neměla výrazný vliv na cenu plynu. První růst cen v roce

2021 mělo za důvod opětovně rozběhnutí průmyslu a s tím spojená větší poptávka po plynu. Jako další důvody pro růst cen byla energetická krize a následný vpád Ruské federace na Ukrajinské území.

#### 4.1.3 Emisní povolenky

Co jsou to emisní povolenky a jaký mají účel již bylo popsáno v kapitole věnované emisním povolenkám.

Graf 3 - Vývoj ceny emisních povolenek EUR/tuna CO<sub>2</sub> od roku 2010 do roku 2023



Zdroj 8 - Vlastní zpracování na základě dat zdroje 28

Cena emisních povolenek od roku 2011 do roku 2017 měla klesající trend, to bylo zapříčiněno přebytkem povolenek na trhu. Od roku 2017 do současnosti můžeme sledovat rychle rostoucí trend, to je zapříčiněno snižujícím se množstvím povolenek na trhu, zároveň rostoucí poptávkou po nich (15).

#### 4.1.4 Uhlí API 2

Index API 2 je cenový odhad pro uhlí dovážející se do severozápadní Evropy. Tento index spravuje firma Argus Media. Přibližně 90 % světově obchodovaného uhlí se obchoduje pomocí tohoto indexu (25).

Při získávání dat nebylo nalezeno několik měsíčních cen pro rok 2010. Proto bylo potřeba tyto hodnoty dopočítat. Pro dopočet těchto hodnot bylo využito klouzavé průměry pro roky 2011 až 2015, poté byly zjištěny sezonní indexy jednotlivých měsíců a za pomoci

lineárního trendu bylo dopočítány chybějící hodnoty. Zjištěné hodnoty byly poté vynásobeny indexem pro daný měsíc. Funkce lineárního trendu vypadá následovně.

$$y = 1,2104x + 48,412$$

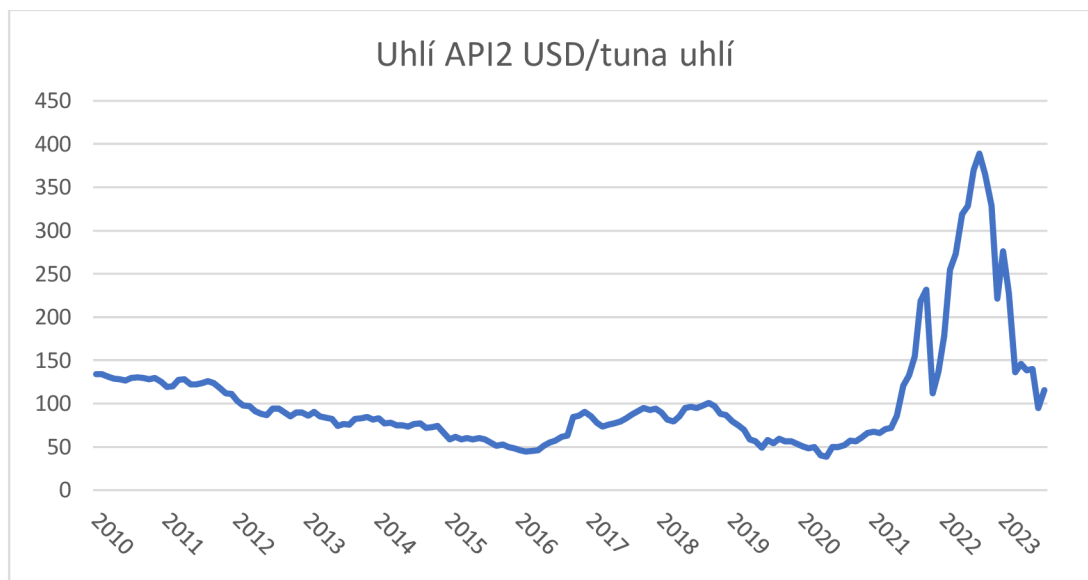
Sezónní indexy jsou následující.

Tabulka 2 - Sezónní indexy

leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
0,9807	0,9906	0,9805	0,9735	0,9738	0,9726	1,0026	1,0195	1,0232	1,0199	1,0427	1,0204

Zdroj 9 - Vlastní zpracování

Graf 4 - Vývoj ceny uhlénoho indexu API2 USD/tuna uhlí od roku 2010 do roku 2023



Zdroj 10 - Vlastní zpracování na základě dat zdroje 27

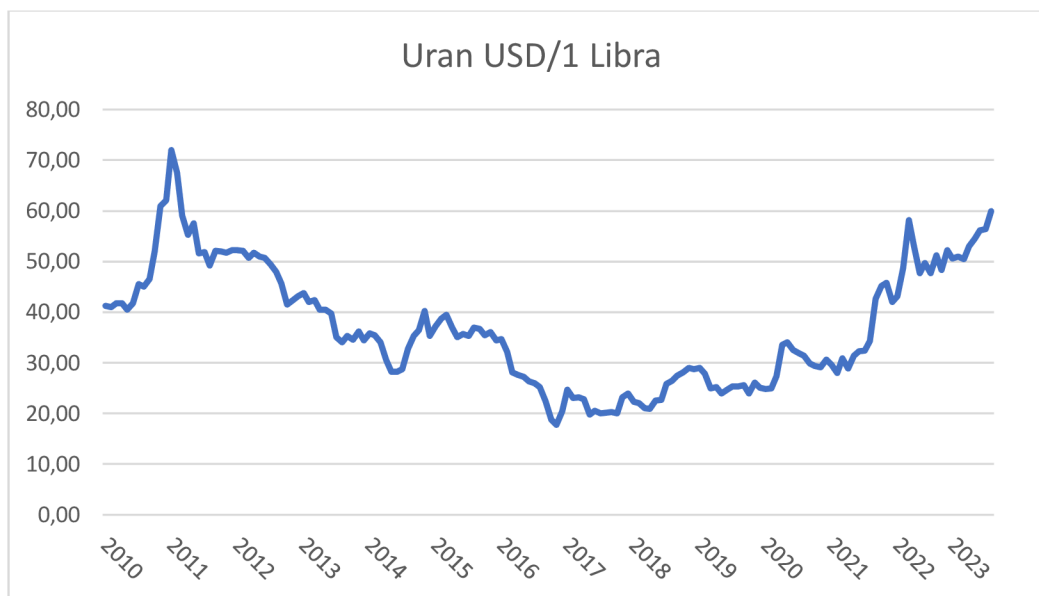
Na grafu 4 lze vidět klesající trend od roku 2010 do roku 2020. Tento trend je možné vysvětlit navyšujícím se trendem obnovitelných zdrojů a přechod z uhlénohých elektrárén na jiné zdroje.

#### 4.1.5 Uran

Uran je bezpochyby důležitá komodita pro tvorbu elektřiny. Využívá se jako palivo pro jaderné elektrárny. Těžba probíhá v nalezištích s koncentrací uranu 0,1 %, jinak je těžba považována za nevýhodnou. Mezi nejvýznamnější těžitele uranu patří spojené státy americké, Kanada, Rusko. Uran se těží i v České republice, v Libereckém kraji je cca 150 tisíc tun podzemních zásob uranu, bohužel jeho vytěžení by nezvratně poškodilo životní

prostředí. Výroba elektřiny se obejde bez tvorby skleníkových plynů, proto ji lze označit za čistou. Velkou nevýhodou je radioaktivita, kterou uran v sobě má (30).

Graf 5 - Vývoj ceny uranu USD/1 libra od roku 2010 do roku 2023



Zdroj 11 - vlastní zpracování na základě zdrojů 31 a 32

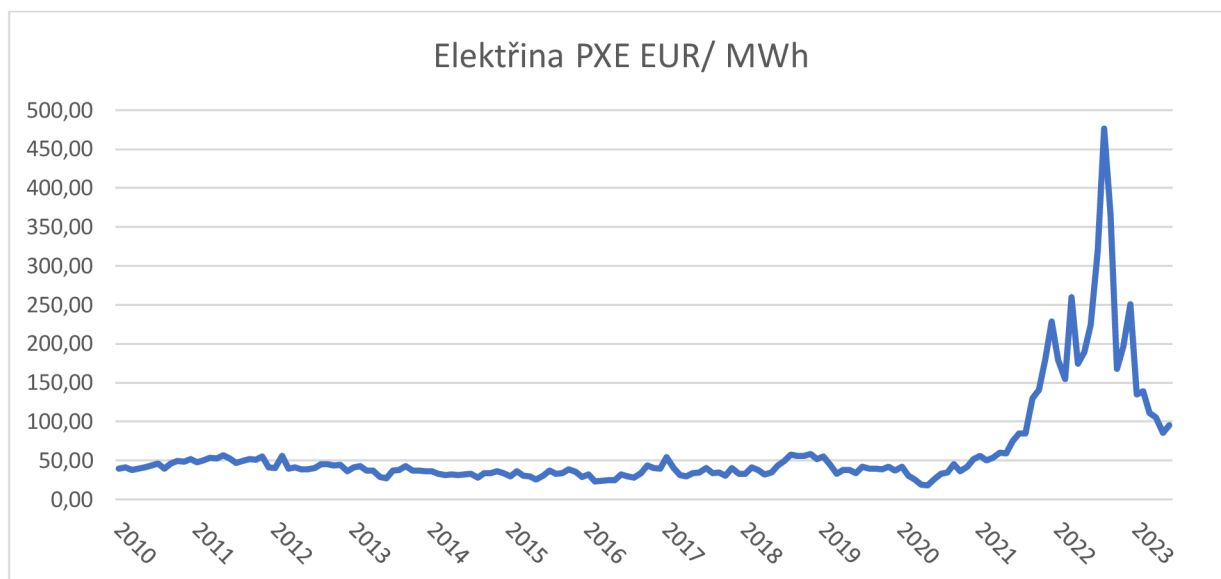
Z grafu 5 lze vyčíst následující. Cena uranu velice spadla po hospodářské krizi v roce 2008. Od tohoto roku se zvedala až do roku 2011. V roce 2011 se stala velká nehoda, konkrétně havárie jaderné elektrárny ve Fukušimě. Od této doby se energetický průmysl snaží od jaderných elektráren oprostít, přejít na jiné zdroje. Proto cena uranu klesala dlouhé roky. Velké zvýšení ceny uranu začala až energetická krize od roku 2022, kdy se cena jiných komodit pro tvorbu elektřiny nekontrolovatelně navýšila (33).

## 4.2 Závislá proměnná

### 4.2.1 Elektřina PXE

PXE má řadu milníků co se týče prodeje elektřiny. V roce 2008 PXE rozšířila své portfolio o obchodování se slovenskou elektřinou. V roce 2009 PXE začala obchodovat s maďarskou elektřinou. V současnosti PXE dodává elektrickou energii pomocí přenosových soustav do České Republiky, Maďarska, Rumunka, Polska a Slovenska (24).

Graf 6 - Vývoj ceny elektřiny PXE EUR/MWh od roku 2010 do roku 2023



Zdroj 12 - Vlastní zpracování na základě dat zdroje 26

Pro aktuální zhodnocení vývoje grafu elektřiny budou brány v úvahu hodnoty od roku 2010 do konce roku 2020. Od roku 2021 se trh začal chovat vysoce odlišně od normálu a proto by následující zhodnocení s těmito údaji bylo zkreslené.

Průměrná cena elektřiny mezi vybranými roky byla 38,75, medián je 38,01. Směrodatná odchylka je 8,57. Na základě porovnání hodnoty průměru a mediánu lze říct, že zde nejsou výrazné odlehle hodnoty. To potvrzuje hodnota směrodatné odchylky, která je relativně nízká a vypovídá o tom, že data nejsou hodně rozptýlena od průměru.

Na základě těchto poznatků lze tvrdit, že cena elektrické energie se od roku 2010 do konce roku 2020 pohybovala okolo průměrné hodnoty a výkyvy od průměrné hodnoty nebyly velké. Lze tvrdit, že cena elektrické energie byla stabilní.

### 4.3 Popisná statistika

Tabulka 3 - Popisné statistiky

Proměnná	Popisné statistiky				
	Průměr	Medián	Minimální	Maximál.	sm.odch.
Elektřina PXE	61,4192	40,40962	18,08638	476,3787	64,23295
Zemní plyn PXE	30,1945	21,79225	5,64651	242,8276	32,31526
Uhlí API 2	102,6209	85,27500	38,60000	389,0000	64,77484
Ropa BRENT	77,6847	74,80000	18,38000	125,4500	25,96665
Emisní povolenky	23,3635	12,77500	3,07000	95,8800	25,68877
Uran	37,0107	35,25000	17,75000	72,0000	11,80666

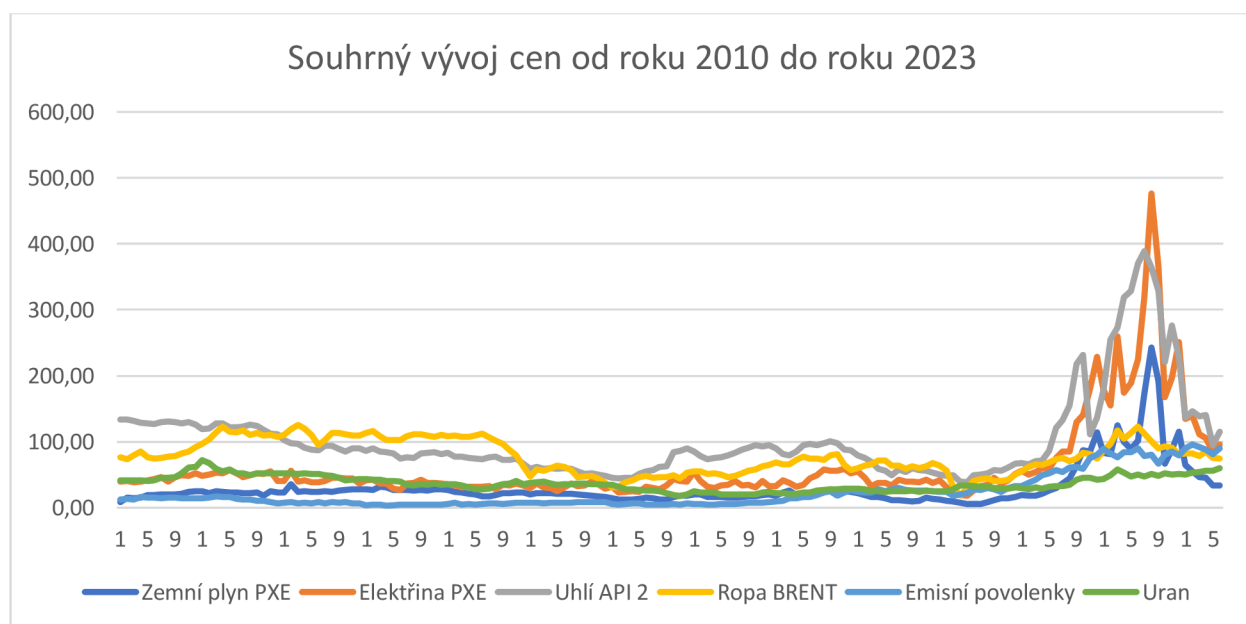
Zdroj 13 - Výstup z programu statistica

Z výsledku měření těchto popisných statistik lze vyvodit několik zásadních skutečností. Ve všech případech mají dané proměnné vysokou směrodatnou odchylku, díky tomu lze vyvodit, že hodně hodnot je rozptýleno od průměrné hodnoty. Toto největší rozptýlení má uhlí. Další důležité hodnoty jsou průměr a medián. V případě velkých rozdílů mezi těmito dvěma hodnotami lze tvrdit, že jsou zde hodně významné odlehlé hodnoty, které ovlivňují průměr a nelze ho brát jako vypovídající hodnotu. Proto je vhodnější orientovat se podle hodnoty mediánu.

Uran jako jediný vykazuje hodnoty průměru a mediánu shodné a zároveň vykazuje nejmenší směrodatnou odchylku.

#### 4.4 Regresní a korelační analýza

Graf 7 - Souhrnný vývoj cen od roku 2010 do roku 2023



Zdroj 14 - Vlastní zpracování na základě dat ze zdrojů 22, 26, 27, 28, 31 a 32

Graf 6 ukazuje souhrnný vývoj cen jednotlivých komodit. Již na první pohled je zde vidět jistá korelace. Při vizuálním zkoumání je zde vidět velká korelace mezi cenou elektřiny a cenou zemního plynu. Tato závislost bude ověřena v následujících analýzách.

Tabulka 4 - Shrnutí regresních parametrů

N=162	Shrnutí regrese pro závislou proměnnou R= ,99079478 R2= ,98167429	
	b	p-hodnot
průsečík	5,413185	0,033187
Zemní plyn PXE	1,665384	0,000000
Uhlí API 2	0,058238	0,018262
Ropa BRENT	-0,146195	0,000171
Emisní povolenky	0,391679	0,000000
Uran	0,052696	0,523989

Zdroj 15 - Výstup z programu Statistica

Jako dalším krokem byla provedena regresní analýza. Pro regresní analýzu je důležité udělat test významnosti regresních parametrů, aby bylo jasné, zda jednotlivé proměnné jsou statisticky významné a zůstanou v modelu anebo zda jsou statisticky nevýznamné a z regresního modelu je třeba je odstranit.

- Nulová hypotéza  $H_0$  je definována následovně, neexistuje statisticky významný vliv nezávislé proměnné na závislou proměnnou.
- Alternativní hypotéza  $H_1$  je definována následovně, existuje statisticky významný vliv nezávislé proměnné na závislou proměnnou.

Test se provádí na hladině významnosti 0,05. Proměnné, které mají p-hodnotu větší než 0,05 jsou statisticky nevýznamné, proto je třeba je z modelu odstranit. Nyní je to proměnná uran.

Tabulka 5 - Shrnutí regresních parametrů

N=162	Shrnutí regresních parametrů R= ,99077060 R2= ,98162637	
	b	p-hodnot
průsečík	6,059432	0,009346
Zemní plyn PXE	1,662489	0,000000
Uhlí API 2	0,060308	0,013559
Emisní povolenky	0,398142	0,000000
Ropa BRENT	-0,132962	0,000046

Zdroj 16 - Výstup z programu Statistica

Dalším krokem je znovu provést regresní analýzu nyní bez proměnné uran. Nyní všechny proměnné mají p-hodnotu nižší než 0,05. Tudíž byla zamítnuta nulová hypotéza a lze tvrdit, že všechny proměnné jsou statisticky významné.



Regresní funkce je v níže uvedeném tvaru. Proměnné jsou definované jako Y = cena elektřiny, X<sub>1</sub> = zemní plyn PXE, X<sub>2</sub> = uhlí API 2, X<sub>3</sub>= emisní povolenky, X<sub>4</sub>= ropa BRENT.

$$Y = 6,0594 + 1,6625X_1 + 0,0603X_2 + 0,3981X_3 - 0,1330X_4 + e_i$$

Tabulka 6 - Parciální korelační koeficienty

Proměnná	Proměnné obsažené v rovnici
	Parc. korelace
Zemní plyn PXE	0,948251
Uhlí API 2	0,195434
Emisní povolenky	0,618213
Ropa BRENT	-0,317125

Zdroj 17 - Výstup z programu Statistica

Jednotlivé parciální korelační koeficienty nám vysvětlují, jaká konkrétní proměnná má vliv na cenu elektřiny. Z tabulky 4 lze vyčíst následující.

1. Zemní plyn PXE

- Jak již bylo predikováno výše, zemní plyn má velmi silný a přímý vliv na cenu elektřiny. Parciální korelační koeficient = 0,9483. Pokud poroste cena zemního plynu, bude růst i cena elektřiny.

2. Uhlí API 2

- Uhlí s parciálním korelačním koeficientem = 0,1954 se umístil na třetím místě. Závislost mezi cenou uhlí a cenou elektřiny je slabá a přímá. Změna ceny uhlí bude mít menší vliv na cenu elektřiny než plyn.

3. Emisní povolenky

- Obdobně jako u zemního plynu tak i emisní povolenky mají silný a přímý vliv na cenu elektřiny. Nyní je Parciální korelační koeficient = 0,6182 a lze predikovat, že díky snižování množství emisních povolenek na trhu, bude do budoucna tato proměnná mít na cenu elektřiny větší vliv.

4. Ropa BRENT

- Ropa Brent má hodnotu parciálního korelačního koeficientu = -0,3172. Jedná se tedy o slabý a nepřímý vliv. Tato hodnota říká, že pokud cena ropy poroste, cena elektřiny bude klesat.

Ropa je bezpochyby jedna z významných komodit, která se využívá pro přeměnu na energii. Největší využití má ale v dopravě, kde se ropa využívá pro spalovací motory. Pro výroby elektrické energie se ropa v přítomnosti v energetice skoro nevyužívá (29). Na základě výsledku parciálního korelačního koeficientu a výše uvedeného důvodu bylo rozhodnuto, že cena ropy bude vyřazena z modelu.

Vzniká tedy nový model.

Tabulka 7 - Shrnutí regresních parametrů

N=162	Shrnutí regrese pro závislou proměnnou R= ,98973328 R2= ,97957196	
	b	p-hodnot
průsečík	-1,48934	0,324528
Emisní povolenky	0,45133	0,000000
Zemní plyn PXE	1,67027	0,000000
Uhlí API 2	0,01882	0,417650

Zdroj 18 Výstup z programu statistica

Nyní po porovnání p-hodnot je zjištěno, že v novém regresním modelu není uhlí statisticky významný, proto je vyřazeno z modelu.

Tabulka 8 - Shrnutí regresních parametrů

N=162	Shrnutí regrese pro závislou proměnnou R= ,98969014 R2= ,97948658	
	b	p-hodnot
průsečík	-0,598130	0,563205
Zemní plyn PXE	1,698541	0,000000
Emisní povolenky	0,459297	0,000000

Zdroj 19 - Výstup z programu statistica

Nyní vzniká regresní model, kde u všech proměnných p-hodnota je menší než 0,05, tudíž obě proměnné jsou statisticky významné a v modelu zůstanou. Z tabulky 4 lze vyčíst Vícenásobný korelační koeficientem  $R=0,9897$ , který vypovídá o velmi silné pozitivní korelaci. Koeficient vícenásobné determinace  $R^2=0,979$ , což lze interpretovat, že z 97,9 % je cena elektřiny vysvětlována právě z těchto dvou proměnných.

Regresní funkce je v níže uvedeném tvaru. Proměnné jsou definované jako  $Y$  = cena elektřiny,  $X_1$  = zemní plyn PXE,  $X_2$  = emisní povolenky.

$$Y = -0,5981 + 1,6985X_1 + 0,4593X_2 + e_i$$

Tabulka 9 - Parciální korelační koeficienty

Proměnná	Proměnné obsažené v rovnici	
	Parc. korelace	p-hodnot
Zemní plyn PXE	0,974444	0,000000
Emisní povolenky	0,681988	0,000000

Zdroj 20 - Výstup z programu statistica

Parciální korelační koeficienty vychází.

#### 1. Zemní plyn PXE

- Parciální koeficient pro zemní plyn = 0,9744. Tato hodnota vypovídá o silné přímé závislosti, sebemenší změna v ceně plynu ovlivní stejným směrem i cenu elektřiny.

#### 2. Emisní povolenky

- Pro emisní povolenky lehce slabší závislost než u zemního plynu, avšak s hodnotu parciálního koeficientu = 0,6820 se jedná stále o velkou a přímou závislost.

Tabulka 10 - ANOVA test

Efekt	ANOVA	
	Součet čtver.	p-hodnot
Regres.	650638,9	0,00

Zdroj 21 - Výstup z programu Statistica

Je důležité zkontrolovat statistickou významnost regresního modelu jako celek. Pro tyto účely poslouží ANOVA test a opět výsledek p-hodnoty. Pravidla jsou stejná jako pro testování významnosti v předešlých testech. P-hodnota pro ANOVA test vychází nižší než 0,05. Lze tvrdit že zvolen regresní model jako celek je statisticky významný.

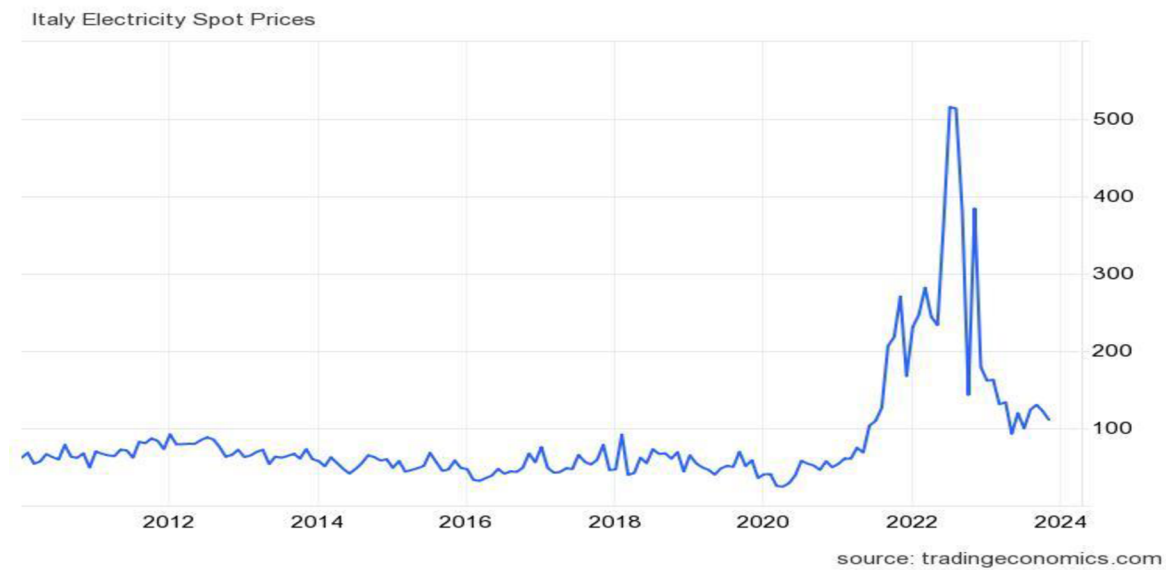
## 4.5 Predikce

V této kapitole by se práce měla zabývat predikcí vývoje ceny elektrické energie v České republice. Jelikož graf ceny elektřiny neodpovídá a ani se nepodobá žádné funkci, nelze sestavit trendovou funkci, která by odpovídala realitě a nezkreslovala by výsledky. Nelze ji sestavit konkrétně díky vývoji ceny od roku 2021 do současnosti. Kvůli tomuto důvodu by výsledky predikce byly bezvýznamné, zkreslené a neodpovídali by

pravděpodobnému vývoji ceny elektřiny. Na základě těchto důvodů se predikce nebude provádět.

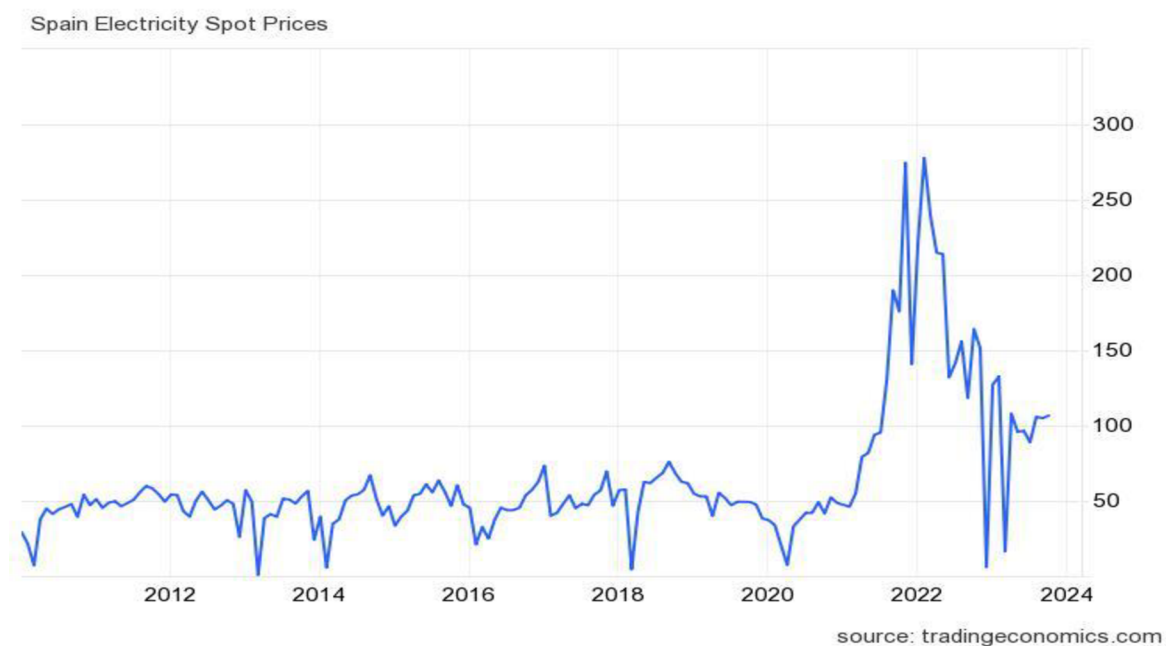
## 4.6 Porovnání Itálie a Španělsko

Graf 8 - Vývoj ceny v Itálii od roku 2010 do roku 2023 v EUR/MWh



Zdroj 22 - <https://tradingeconomics.com/italy/electricity-price>

Graf 9 - Vývoj ceny ve Španělsku od roku 2010 do roku 2023 v EUR/MWh



Zdroj 23 - <https://tradingeconomics.com/spain/electricity-price>

Při porovnání Spotové ceny elektřiny v Itálii a v České republice vidíme obdobný průběh, cena se pohybovala okolo ceny 50EUR/MWh od roku 2010 do roku 2022. Obdobně jako v České republice, během energetické krize v roce 2022 se maximální hodnota spotové elektřiny vyšplhala na 515,38EUR/MWh což je obdobně vysoká částka jako v České republice tedy 476,38EUR/MWh.

Při porovnání spotové ceny elektřiny ve španělsku a České republice. Vidíme že se cena elektřiny od roku 2010 do roku 2022 pohybovala okolo hodnoty 50EUR za MWh elektřiny což je obdobný vývoj jako v České republice. Velký rozdíl oproti České republice je v sezonnosti. Od roku 2010 do roku 2022 je zde vidět opakující se propad ceny na začátku roku, pote její opětovný růst. Velký výkyv z tohoto vývoje započala až energetická krize, kdy se cena chovala obdobně jako v České republice i Itálii. Ve srovnání s Itálií a Českou republikou Španělsko tuto krizi zvládlo lépe, cena se maximálně vyšplhala do výše 277,77EUR/MWh, což je oproti běžnému standartu cca 50EUR/MWh zvětšení o přibližně pětkrát.

## 5 Výsledky a diskuse

Na základě výsledků analýzy vývoje grafu ceny elektrické energie lze tvrdit, že cena se od roku 2010 do konce roku 2020 pohybovala okolo své průměrné hodnoty, což je 38,75 EUR/MWh. Na základě porovnání průměrné hodnoty s mediánem a následně s výsledkem směrodatné odchylky ([viz. Strana 33](#)) lze tvrdit, že cena byla stabilní a měla malé výkyvy, které se pohybovali okolo průměrné hodnoty. Minimální hodnota byla 18,09 EUR/MWh a maximální hodnota byla 58,61 EUR/MWh.

### 5.1 Regresní a korelační analýza

Z analýzy vývoje ceny elektrické energie v České republice lze říct, že všechny vyjmenované proměnné jako jsou zemní plyn, uhlí, ropa, emisní povolenka a elektřina měli od roku 2010 obdobný vývoj. Po sestavení regresního modelu a provedení všech výpočtu jsem se dostal k výsledku, kdy funkce regresního modelu je v následujícím tvaru.

$$Y = -0,5981 + 1,6985X_1 + 0,4593X_2 + e_i$$

Kdy  $Y$  = cena elektřiny,  $X_1$  = zemní plyn PXE a  $X_2$  = emisní povolenky.

Pokud se změní cena jedné z těchto komodit, s pravděpodobností 95 % se změní cena elektřiny. Celkově je cena elektřiny z 98% vysvětlována těmito proměnnými. Po provedení ANOVA testu lze tento výsledný regresní model hodnotit jako statisticky významný.

Dále jsou zde Parciální korelační koeficienty. Tento koeficient pro zemní plyn vychází 0,97, tato hodnota vypovídá o silné pozitivní závislost. Parciální koeficient pro emisní povolenky vychází 0,68. Zde je středně silná a též pozitivní závislost. Na základě těchto poznatků lze tvrdit, že výslednou cenu elektřiny bude ovlivňovat cena zemního plynu a následně cena emisních povolenek.

### 5.2 Porovnání vývoje ceny elektřiny

Po porovnání vývoje cen elektřiny v České republice, Itálii a Španělsku je zde vidět jistá shoda. Z grafu 8 a 9 lze vidět, že cena elektřiny se od roku 2010 do konce roku 2020 pohybovala okolo hodnoty 50 EUR/MWh a okolo této hodnoty se propadala anebo

zvedala, následně od roku 2021 se cena začala chovat neočekávaně. Tento obdobný vývoj lze vidět i v České republice. Toto jen potvrzuje, že trh s elektrickou energií v Evropské unii díky liberalizaci trhu funguje tak, jak bylo zamýšleno.

## 6 Závěr

Tato bakalářská práce má za hlavní cíl zhodnotit vývoj ceny elektrické energie v České republice. Jako dílčí cíle této bakalářské práce jsou seznámit čtenáře se základním fungováním trhu s elektřinou, predikovat budoucí vývoj ceny elektřiny a porovnat vývoj ceny elektřiny v jiných vybraných zemích Evropské unie.

V teoretické části této práce bylo na základě ocitovaných zdrojů popsáno, co je to elektrická energie a jak vzniká. Bylo popsáno fungování trhu a jeho základní model Regulated third party access. Též byly popsány všichni účastníci na trhu s elektrickou energií, jako jsou:

- Ministerstvo průmyslu a obchodu
- Energetický regulační úřad
- Státní energetická inspekce
- Subjekt zúčtování odchylek
- Registrovaný účastník
- Operátor trhu s elektřinou
- Provozovatel přenosové soustavy
- Provozovatel distribuční soustavy
- Obchodník
- Výrobce

Následně byla popsána novodobá historie vývoje energetického průmyslu a to od první ropné krize v roce 1973 až po liberalizaci trhu v Evropské unii. Poté byly popsány statistické metody využívány v této bakalářské práci. Mezi tyto metody jsou zařazeny popisná statistika, regresní a korelační analýza a analýza časových řad.

Ve vlastní práci byly popsány vybrané komodity, které ovlivňují cenu elektřiny. Mezi tyto komodity patří:

- Ropa Brent
- Zemní plyn PXE
- Emisní povolenky
- Uhlí API 2
- Uran



Následně byl popsán graf vývoje ceny elektřiny, popsání bylo pomocí popisné statistiky. Pro toto zhodnocení byly vybrány data od roku 2010 do konce roku 2020, na základě těchto dat se dali provádět výpočty a následně je logicky interpretovat. Pokud by byly použity i hodnoty od roku 2021 a dále, výsledky těchto šetření by nedávali reálný obraz toho, jak se cena vyvíjela, například hodnota průměru či směrodatné odchylky by nevypovídali realitě, jelikož hodnoty od roku 2021 a dále jsou ovlivněny energetickou krizí a vpádem Ruské federace na území Ukrajiny. Na základě dat od roku 2010 do konce roku 2020 lze tvrdit, že cena elektřiny na burze byla stabilní a pohybovala se okolo průměrné hodnoty 38,75 EUR/MWh.

Po provedení těchto analýz a syntéz byla provedena regresní a korelační analýza. Kdy postupnými výpočty bylo dosaženo následující funkce.

$$Y = -0,5981 + 1,6985X_1 + 0,4593X_2 + e_i$$

Kdy  $Y$  = cena elektřiny,  $X_1$  = zemní plyn PXE a  $X_2$  = emisní povolenky.

Díky regresní a korelační analýze bylo zjištěno, že na základě sesbíraných dat nejvíce ovlivňuje cenu elektřiny zemní plyn a emisní povolenky.

V jaké síle budou výsledné komodity ovlivňovat cenu elektřiny popisují parciální koeficienty. Pro zemní plyn = 0,9744 a pro emisní povolenky = 0,682. Zemní plyn má silnou a přímou závislost a sebemenší změna ceny zemního plynu změní cenu elektřiny. Cena emisních povolenek má střední a přímou závislost. Změna emisních povolenek bude taky měnit cenu elektřiny, akorát že v menší závislosti než zemní plyn.

Dále by měla být provedena predikce vývoje ceny elektřiny. Jelikož cena elektřiny do roku 2021 do současnosti měla nestálý a neobvyklý vývoj, díky energetické krizi a vpádu Ruské federace na území Ukrajiny. Kdyby byla provedena predikce na základě vybraných dat od roku 2010 do současnosti, výsledek této predikce by byl statisticky nevýznamný, protože díky těmto výrazným výkyvům v posledních letech, by byl výsledek nepravděpodobný. Na základě těchto důvodů byla tvorba predikce neprovedena.

V poslední části bylo provedeno porovnání vývoje ceny elektřiny v České republice se Španělskem a Itálií. Na základě tohoto porovnání lze tvrdit že vývoj byl ve všech zemích obdobný. Cena se pohybovala v okolí mezi hodnotou 50 EUR/MWh a od roku 2021 měla ve všech státech stejný nárůst. Díky tomuto zjištění lze tvrdit, že liberalizace trhu v Evropské unii byla účinná.

Na základě výše uvedeného textu lze tvrdit, že tato bakalářská práce splnila všechny zvolené cíle.

## 7 Seznam použitých zdrojů

1. DOLEŽAL, Jaroslav. *Jaderné a klasické elektrárny*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04936-5.
2. Kolektiv autorů. *Úvod do liberalizované energetiky: trh s elektřinou*. Praha: Asociace energetických manažerů, 2016. ISBN 978-80-260-9212-4.
3. BOUŠKA, Jan. Poznámky k historii výroby elektřiny v Českých zemích. *Svaz podnikatelů pro využití energetických zdrojů, z. s.* [online]. Praha: Svaz podnikatelů pro využití energetických zdrojů, 2018 [cit. 2023-06-21]. Dostupné z: [https://www.spvez.cz/archiv/pages/history/history\\_01.htm](https://www.spvez.cz/archiv/pages/history/history_01.htm)
4. VOLEK, Stanislav. Ropná krize v roce 1973. Peníze [online]. Praha: Nextpage Media, 2002 [cit. 2023-06-21]. Dostupné z: <https://www.penize.cz/nezamestnanost/15178-ropna-krize-v-roce-1973>
5. GRAEFE, Laurel. Oil shock of 1978-79. *Federal reserve history* [online]. St. Louis: Federal reserve history, 2019 [cit. 2023-06-21]. Dostupné z: <https://www.federalreservehistory.org/essays/oil-shock-of-1978-79>
6. HANOUS, Daniel. Jak funguje tepelná elektrárna? Výhody a nevýhody. *Energetiko* [online]. 2023 [cit. 2023-06-23]. Dostupné z: <https://energetiko.cz/tepelna-elektrarna/>
7. QUASCHNING, Volker. *Obnovitelné zdroje energie*. Praha: Grada Publishing, 2010. ISBN 978-80-247-3250-3.
8. DASHÖFER, Verlag. Nový energetický zákon (NEZ): Obecně o věcném záměru. *Energetikainfo* [online]. Praha: Verlag Dashöfer, nakladatelství, 2020 [cit. 2023-06-26]. Dostupné z: [https://www.energetikainfo.cz/33/novy-energeticky-zakon-nez-obecne-o-vecnem-zameru-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EIDzobldhBp5yC\\_Tq5v2PDs/#:~:text=Prvn%C3%AD%20liberaliza%C4%8Dn%C3%AD%20bal%C4%8Dek%20C%C3%ADlem%20jednotliv%C3%BDch%20liberaliza%C4%8Dn%C3%ADch%20bal%C3%AD%20C4%8Dk%C5%AF%20m%C4%9Blo,spot%C5%99ebitele%20a%20t%C3%ADm%20i%20zv%C3%BD%C5%A1en%C3%AD%20konkurenceschopnosti%20evropsk%C3%A9ho%20pr%C5%AFmyslu](https://www.energetikainfo.cz/33/novy-energeticky-zakon-nez-obecne-o-vecnem-zameru-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EIDzobldhBp5yC_Tq5v2PDs/#:~:text=Prvn%C3%AD%20liberaliza%C4%8Dn%C3%AD%20bal%C4%8Dek%20C%C3%ADlem%20jednotliv%C3%BDch%20liberaliza%C4%8Dn%C3%ADch%20bal%C3%AD%20C4%8Dk%C5%AF%20m%C4%9Blo,spot%C5%99ebitele%20a%20t%C3%ADm%20i%20zv%C3%BD%C5%A1en%C3%AD%20konkurenceschopnosti%20evropsk%C3%A9ho%20pr%C5%AFmyslu)
9. Unbundling in the European electricity and gas sectors. *Florence school of regulation* [online]. Florence: Florence school of regulation, 2020 [cit. 2023-06-26]. Dostupné z: <https://fsr.eui.eu/unbundling-in-the-european-electricity-and-gas-sectors/>
10. ZEMKOVÁ, Barbora. OTE: Co o operátorovi trhu s elektřinou potřebujete vědět?. *Elektrina* [online]. Praha: ušetřeno, 2020 [cit. 2023-06-28]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/ote-operator-trhu>
11. *Přenosová soustava* [online]. Praha: ČEPS [cit. 2023-06-28]. Dostupné z: <https://www.ceps.cz/cs/prenosova-soustava>
12. *Přenosová soustava* [online]. Praha: ČEPS [cit. 2023-06-28]. Dostupné z: <https://www.ceps.cz/cs/uvod>
13. *Distribuční soustava elektřiny a plynu na mapě* [online]. Praha: Ceny energie, 2020 [cit. 2023-06-28]. Dostupné z: <https://www.cenyenergie.cz/distribucni-soustava/#/promo-gas-mini>

14. BURKET, Daneš, LOUŽEK, Marek, ed. *Jaderná energie: útlum, nebo rozvoj? : sborník textů*. Praha: CEP - Centrum pro ekonomiku a politiku, 2007. Ekonomika, právo, politika. ISBN 978-80-86547-78-7.
15. PROTIVÍNSKÝ, Tomáš. Jak fungují evropské emisní povolenky?. *Fakta o klimatu* [online]. Brno: Otevřená data o klimatu, 2021 [cit. 2023-07-11]. Dostupné z: <https://faktaoklimatu.cz/explainery/emisni-povolenky-ets>
16. MOŠNA, František. *Základní statistické metody*. V Praze: Univerzita Karlova v Praze - Pedagogická fakulta, 2017. ISBN 978-80-7290-972-8.
17. ARLT, Josef a Markéta ARLTOVÁ. *Ekonomické časové řady*. Praha: Professional Publishing, 2009. ISBN 978-80-86946-85-6.
18. HINDLS, Richard. *Statistika pro ekonomy*. 8. vyd. Praha: Professional Publishing, 2007. ISBN 978-80-86946-43-6.
19. SVATOŠOVÁ, Libuše a Bohumil KÁBA. *Statistické metody II*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, Provozně ekonomická fakulta, 2008. ISBN 978-80-213-1736-9.
20. KÁBA, Bohumil. *Statistika*. Vyd. 3. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2001. ISBN 978-80-213-0746-9.
21. Ropa Brent: Aktuální graf vývoje ceny ropy. Co ji ovlivňuje a jak se liší od WTI. *E15* [online]. 2022 [cit. 2023-10-18]. Dostupné z: <https://www.e15.cz/cena-ropy-brent-a-graf>
22. *Europe Brent spot price FOB* [online]. 20232 [cit. 2023-10-18]. Dostupné z: <https://www.eia.gov/dnav/pet/hist/rbrteM.htm>
23. VOŘÍŠEK, Martin. Důvody poklesu ceny ropy. *Oenergetice* [online]. 2015 [cit. 2023-10-18]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/ropa/duvody-poklesu-ceny-ropy>
24. POWER EXCHANGE CENTRAL EUROPE, a.s. *Ministretvo obchodu a průmyslu* [online]. 2016 [cit. 2023-10-20]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/stavebnictvi-a-suroviny/komoditni-burzy/komoditni-burzy-v-cr/power-exchange-central-europe--a-s---119992/>
25. *Coal: API 2 price assessment* [online]. 2023 [cit. 2023-11-07]. Dostupné z: <https://www.argusmedia.com/en/methodology/key-prices/api-2-coal>
26. *Statistika* [online]. 2018 [cit. 2023-11-07]. Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/cs/statistika/rocní-zprava?date=2023-01-01>
27. *Coal (API2) CIF ARA (ARGUS-McCloskey) Futures - (MTFc1)* [online]. 2023 [cit. 2023-11-07]. Dostupné z: [https://www.investing.com/commodities/coal-\(api2\)-cif-ara-futures-historical-data](https://www.investing.com/commodities/coal-(api2)-cif-ara-futures-historical-data)
28. *Carbon Emissions Futures – Dec 23 (CFI2Z3)* [online]. 2023 [cit. 2023-11-07]. Dostupné z: <https://www.investing.com/commodities/carbon-emissions-historical-data>
29. Roční zpráva o provozu teplárenských soustav České republiky 2022. *Energetický regulační úřad* [online]. 2022 [cit. 2023-11-10]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/sites/default/files/obsah/prilohy/eruteplo2022.pdf>
30. Těžba uranu. *Jaderné elektrárny* [online]. 2023 [cit. 2023-11-10]. Dostupné z: <https://www.jaderne-elektrarny.cz/tezba-uranu/>
31. Uranium Futures - Dec 23 (UXXc2). *Investing* [online]. 2023 [cit. 2023-11-10]. Dostupné z: <https://www.investing.com/commodities/uranium-futures-historical-data>

32. Uranium Spot Price (I:USPNM). *Ycharts* [online]. 2023 [cit. 2023-11-10].  
Dostupné z: [https://ycharts.com/indicators/uranium\\_spot\\_price](https://ycharts.com/indicators/uranium_spot_price)
33. Uran jako investice? *Colosseum* [online]. 2021 [cit. 2023-11-10]. Dostupné z:  
<https://www.colosseum.cz/blog/zpravodajstvi/uran-jako-investice.html#>

## 8 Seznam obrázků, tabulek, grafů a zkratk

### 8.1 Seznam obrázků

Obrázek 1 - Mapa přenosové soustavy v České republice.....	16
Obrázek 2 - Distribuční soustava elektřiny v České republice.....	17
Obrázek 3 - vazby mezi účastníky trhu.....	18
Obrázek 4 - Princip fungování povolenek v systému EU.....	23

### 8.2 Seznam tabulek

Tabulka 1 - Cena plynu EUR/MWh v roce 2010.....	30
Tabulka 2 - Sezónní indexy.....	32
Tabulka 3 - Popisné statistiky.....	34
Tabulka 4 - Shrnutí regresních parametrů.....	36
Tabulka 5 - Shrnutí regresních parametrů.....	36
Tabulka 6 - Parciální korelační koeficienty.....	37
Tabulka 7 - Shrnutí regresních parametrů.....	38
Tabulka 8 - Shrnutí regresních parametrů.....	38
Tabulka 9 - Parciální korelační koeficienty.....	39
Tabulka 10 - ANOVA test.....	39
Tabulka 11 - Ceny vybraných komodit v jednotlivých měsících.....	51

### 8.3 Seznam grafů

Graf 1 - Vývoj ceny ropy Brent od roku 2010 do roku 2023 v jednotkách USD za barel...29	
Graf 2 - Ceny plynu PXE EUR/MWh od roku 2010-2023.....	30
Graf 3 - Vývoj ceny emisních povolenek EUR/tuna CO <sub>2</sub> od roku 2010 do roku 2023.....	31
Graf 4 - Vývoj ceny uhelného indexu API2 USD/tuna uhlí od roku 2010 do roku 2023....	32
Graf 5 - Vývoj ceny uranu USD/1 libra od roku 2010 do roku 2023.....	33
Graf 6 - Vývoj ceny elektřiny PXE EUR/MWh od roku 2010 do roku 2023.....	34
Graf 7 - Souhrnný vývoj cen od roku 2010 do roku 2023.....	35
Graf 8 - Vývoj ceny v Itálii od roku 2010 do roku 2023 v EUR/MWh.....	40
Graf 9 - Vývoj ceny ve Španělsku od roku 2010 do roku 2023 v EUR/MWh.....	40

## Přílohy

Tabulka 11 - Ceny vybraných komodit v jednotlivých měsících

Rok	Měsíc	Zemní plyn PXE	Elektrina PXE	Uhlí API 2	Ropa BRENT	Emisní povolenky	Uran
2010	1	8,72	39,42	133,8091	76,17	12,71	41,25
	2	15,09	40,93	133,9489	73,75	12,86	41,00
	3	14,77	38,23	131,3711	78,83	12,71	41,75
	4	15,36	39,50	129,2374	84,82	15,84	41,75
	5	18,97	41,21	128,0756	75,95	15,02	40,50
	6	19,30	43,45	126,7222	74,76	15,19	41,75
	7	20,01	46,10	129,403	75,58	14,08	45,50
	8	20,06	39,87	130,3336	77,04	15,22	45,00
	9	20,57	45,94	129,5434	77,84	15,41	46,50
	10	20,79	49,38	127,8682	82,67	14,63	52,00
	11	23,62	48,21	129,4483	85,28	14,76	61,00
	12	24,76	51,98	125,4309	91,45	14,02	62,10
2011	1	24,71	47,83	119,25	96,52	14,76	72,00
	2	22,42	49,98	120,00	103,72	15,30	67,50
	3	24,98	53,14	127,50	114,64	16,88	59,00
	4	23,63	52,39	127,85	123,26	16,70	55,25
	5	23,48	56,59	122,15	114,99	16,69	57,50
	6	23,33	52,41	122,45	113,83	13,36	51,65
	7	22,49	46,68	123,40	116,97	12,11	51,85
	8	21,98	49,06	125,65	110,22	12,84	49,15
	9	23,12	52,05	123,45	112,83	10,66	52,05
	10	18,59	51,13	117,70	109,55	10,12	52,00
	11	25,10	54,76	112,00	110,77	8,35	51,75
	12	23,27	40,98	111,40	107,87	6,97	52,25
2012	1	22,81	40,57	102,95	110,69	7,84	52,25
	2	35,64	55,86	97,75	119,33	8,34	52,05
	3	24,23	39,14	96,95	125,45	6,98	50,75
	4	25,08	41,06	91,20	119,75	7,48	51,75
	5	24,30	38,44	88,25	110,34	6,27	51,00
	6	23,98	38,68	87,00	95,16	8,20	50,75
	7	24,70	40,64	94,15	102,62	6,88	49,50
	8	24,01	45,28	93,80	113,36	8,03	48,00
	9	25,62	45,14	89,40	112,86	7,93	45,65
	10	26,76	44,04	85,30	111,71	8,23	41,50
	11	27,52	44,29	89,50	109,06	6,20	42,25
	12	28,19	36,30	89,90	109,49	6,45	43,15
2013	1	27,51	41,43	86,15	112,96	3,31	43,75
	2	26,81	42,67	90,45	116,05	4,80	42,00

	3	31,33	36,90	85,25	108,47	4,74	42,40	
	4	30,88	36,67	83,80	102,25	3,07	40,50	
	5	27,21	28,51	82,15	102,56	3,91	40,50	
	6	26,70	27,00	74,50	102,92	4,18	39,75	
2014	7	26,71	36,78	76,55	107,93	4,31	35,00	
	8	26,13	38,03	75,70	111,28	4,55	34,00	
	9	26,59	42,50	82,50	111,60	5,02	35,25	
	10	26,24	37,17	83,30	109,08	4,80	34,50	
	11	27,94	37,40	84,60	107,79	4,36	36,25	
	12	27,47	36,24	81,70	110,76	4,83	34,40	
	1	26,95	36,03	83,15	108,12	5,50	35,80	
	2	24,26	33,31	77,20	108,90	7,06	35,45	
	3	23,33	31,19	77,50	107,48	4,64	34,00	
	4	21,08	31,98	75,00	107,76	5,40	30,50	
	2015	5	19,75	31,47	74,85	109,54	5,05	28,25
		6	17,43	31,83	73,25	111,80	5,81	28,25
7		16,78	32,86	76,35	106,77	6,19	28,75	
8		18,72	28,27	77,00	101,61	6,38	32,75	
9		21,71	34,19	72,25	97,09	5,82	35,30	
10		21,74	34,17	72,90	87,43	6,34	36,50	
11		22,80	36,58	74,15	79,44	7,04	40,25	
12		22,93	33,75	66,70	62,34	7,25	35,25	
1		20,41	29,48	58,95	47,76	7,08	37,25	
2		22,33	36,14	61,90	58,10	7,10	38,75	
3		22,02	30,67	58,95	55,89	6,92	39,50	
4		22,23	29,76	59,75	59,52	7,39	37,00	
2016	5	20,72	25,41	58,85	64,08	7,32	35,10	
	6	20,67	30,64	60,10	61,48	7,42	35,75	
	7	21,42	36,71	58,45	56,56	7,85	35,30	
	8	20,18	32,68	54,85	46,52	8,05	36,90	
	9	19,45	33,40	51,40	47,62	8,13	36,65	
	10	18,52	39,08	52,55	48,43	8,63	35,40	
	11	17,34	35,48	50,00	44,27	8,58	36,10	
	12	15,85	28,76	48,10	38,01	8,22	34,45	
	1	14,76	31,89	45,75	30,70	6,04	34,70	
	2	12,71	23,37	44,30	32,18	4,99	32,15	
	3	12,56	23,72	45,00	38,21	5,20	28,15	
	4	12,31	24,70	45,75	41,58	6,17	27,65	
	5	13,13	24,35	51,15	46,74	6,08	27,25	
	6	14,89	32,14	55,00	48,25	4,46	26,40	
	7	14,77	29,49	57,05	44,95	4,41	26,00	
	8	12,52	27,63	61,40	45,84	4,46	25,25	
	9	12,80	33,41	62,85	46,57	4,96	22,40	
	10	16,35	43,42	84,40	49,52	5,90	18,75	
	11	17,99	40,02	85,90	44,73	4,58	17,75	
	12	17,70	39,32	90,10	53,31	6,54	20,40	



2017	1	20,40	54,27	85,30	54,58	5,69	24,65
	2	19,76	40,62	77,85	54,87	5,57	23,00
2018	3	16,22	31,67	73,35	51,59	5,04	23,25
	4	16,56	29,77	75,45	52,31	4,94	22,75
	5	16,06	33,47	76,80	50,33	5,35	19,75
	6	15,51	34,88	79,15	46,37	5,42	20,50
	7	15,24	40,25	83,30	48,48	5,73	20,05
	8	16,03	34,10	87,80	51,70	6,54	20,15
	9	17,23	34,75	91,35	56,15	7,59	20,25
	10	17,37	30,33	94,80	57,51	7,81	20,05
	11	19,56	40,71	92,75	62,71	7,97	23,25
	12	19,91	32,89	94,50	64,37	8,60	23,90
	1	18,39	33,08	89,60	69,08	9,85	22,25
	2	22,87	40,99	81,55	65,32	10,73	22,00
3	26,29	37,77	79,45	66,02	14,04	21,00	
4	19,31	31,89	85,25	72,11	14,60	20,90	
5	21,84	34,44	95,00	76,98	16,16	22,55	
6	22,22	44,04	96,45	74,41	16,51	22,70	
7	22,93	49,69	95,10	74,25	19,34	25,85	
8	23,64	57,72	97,65	72,53	23,20	26,45	
9	28,05	55,85	100,45	78,89	24,63	27,50	
10	26,26	56,16	97,45	81,03	18,49	28,15	
11	24,77	58,61	88,50	64,75	22,70	29,00	
12	23,75	51,75	86,65	57,36	27,06	28,80	
2019	1	21,88	55,34	79,15	59,41	23,90	28,95
	2	18,69	45,11	75,00	63,96	23,13	27,80
2020	3	16,41	33,05	69,55	66,14	22,82	25,00
	4	16,18	38,00	59,00	71,23	27,43	25,20
	5	14,37	37,87	56,45	71,32	25,45	24,00
	6	11,26	33,84	48,90	64,22	27,50	24,65
	7	11,82	42,02	57,90	63,92	29,38	25,35
	8	10,19	39,79	54,25	59,04	27,37	25,30
	9	9,53	39,72	59,55	62,83	25,76	25,55
	10	10,49	38,72	56,50	59,71	26,35	23,90
	11	14,83	41,98	56,05	63,21	25,94	26,15
	12	13,18	37,27	53,15	67,31	25,18	25,05
	1	12,26	41,81	50,40	63,65	24,31	24,80
	2	9,99	30,59	48,30	55,66	24,02	24,90
3	9,11	25,39	49,50	32,01	18,42	27,40	
4	7,40	19,28	39,95	18,38	20,39	33,50	
5	5,89	18,09	38,60	29,38	22,18	34,05	
6	5,65	26,29	49,65	40,27	27,68	32,55	
7	5,98	32,76	49,90	43,24	27,22	31,90	
8	8,03	34,55	52,15	44,74	29,53	31,40	
9	11,36	44,91	57,25	40,91	27,50	29,90	
10	13,96	36,38	56,35	40,19	24,19	29,40	

2021	11	14,00	41,64	61,00	42,69	29,60	29,15
	12	16,38	51,48	66,22	49,99	32,94	30,70
	1	19,28	56,16	67,80	54,77	33,18	29,63
	2	18,19	50,64	65,90	62,28	37,60	27,98
	3	18,33	53,72	70,10	65,41	42,89	30,95
	4	21,37	60,24	71,75	64,81	49,31	28,9
	5	25,82	59,29	86,10	68,53	52,24	31,4
	6	29,74	75,10	120,75	73,16	56,78	32,25
	7	36,41	85,07	132,80	75,17	53,69	32,4
	8	44,74	84,88	154,60	70,75	61,07	34,25
	9	63,36	129,75	218,10	74,49	62,16	42,6
	10	87,44	140,57	231,35	83,54	59,08	45,2
2022	11	85,26	180,21	111,75	81,05	75,73	45,75
	12	114,00	228,69	136,75	74,17	80,65	42,05
	1	83,08	179,57	178,25	86,51	89,24	43,08
	2	80,77	154,98	254,65	97,13	82,21	48,75
	3	124,52	260,15	273,35	117,25	76,48	58,2
	4	99,83	174,09	319,25	104,58	84,45	53
	5	89,07	188,99	328,35	113,34	84,02	47,75
	6	101,31	224,75	370,35	122,71	90,16	49,75
	7	173,68	319,45	389,00	111,93	78,55	47,75
	8	242,83	476,38	364,55	100,45	80,03	51,25
	9	191,81	365,48	328,50	89,76	66,73	48,38
	10	66,27	168,02	221,00	93,33	79,97	52,28
2023	11	88,27	196,80	276,00	91,42	84,90	50,63
	12	114,84	250,81	227,90	80,92	79,40	50,93
	1	64,34	134,68	136,55	82,50	90,13	50,48
	2	55,47	139,20	146,00	82,59	95,88	52,93
	3	46,67	110,83	138,30	78,43	91,75	54,55
	4	45,10	105,67	140,34	84,64	87,65	56,1
5	34,07	85,30	95,10	75,47	80,77	56,38	
6	34,02	95,63	115,59	74,84	89,57	59,93	

Zdroj 24 – 22, 26, 27, 28, 31 a 32