

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta podnikatelská

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Brno, 2022

Bc. Martin Franěk



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA PODNIKATELSKÁ

FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT

ÚSTAV EKONOMIKY

INSTITUTE OF ECONOMICS

**EKONOMETRICKÝ MODEL POPTÁVKY PO
ELEKTRICKÉ ENERGII - KOMPARATIVNÍ
STUDIE VZTAHU MALOOBCHODNÍCH A
VELKOOBCHODNÍCH CEN V EU**

AN ECONOMETRIC MODEL OF ELECTRICITY DEMAND IN THE CZECH REPUBLIC - A
COMPARATIVE STUDY OF THE RELATIONSHIP BETWEEN RETAIL AND COMMERCIAL
PRICES IN EU

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Martin Franěk

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jiří Luňáček, Ph.D., MBA

BRNO 2022

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav ekonomiky
Student: **Bc. Martin Franěk**
Vedoucí práce: **Ing. Jiří Luňáček, Ph.D., MBA**
Akademický rok: 2021/22
Studijní program: Mezinárodní ekonomika a obchod

Garant studijního programu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně zadává diplomovou práci s názvem:

Ekonometrický model poptávky po elektrické energii – komparativní studie vztahu maloobchodních a velkoobchodních cen v EU

Charakteristika problematiky úkolu:

Úvod
Cíle práce, metody a postupy zpracování
Teoretická východiska práce
Analýza současného stavu
Vlastní návrhy řešení
Závěr
Seznam použité literatury
Přílohy

Cíle, kterých má být dosaženo:

Globálním cílem práce je tvorba ekonometrického modelu, vysvětlujícího formování ceny elektrické energie se zaměřením na porovnání prostředí maloobchodních a velkoobchodních cen. Model bude vytvořen pro prostředí České republiky a libovolné členské země EU. Parciálními cíli práce je rešerše odborné literatury, vytvoření datové základny pro výpočtovou část, samotná tvorba modelu v odpovídajícím statistickém softwaru (GRET, STATISTICA 12, IBM SPSS), testování stability modelu a poslední řadě diskuse a zhodnocení výsledků. V diskusi musí být definováno, v čem se odlišuje poptávka po elektrické energii ve vybraných zemích. Výsledky práce mohou být použity ERÚ.

Základní literární prameny:

BEDI, Jatin a Durga TOSHNIWAL. Deep learning framework to forecast electricity demand. Applied energy [online]. OXFORD: Elsevier, 2019, 238, 1312-1326 [cit. 2021-9-23]. ISSN 0306-2619. Dostupné z: doi:10.1016/j.apenergy.2019.01.113.

BLAZEY, Anco S. Global Energy Market Trends. Lilburn, GA: River Publishers, 2016. ISBN 9781498786577.

FELSMANN, B, A VÉKONY, B DÉZSI a A DIALLO. European barriers in retail energy markets. Luxembourg: Publications Office, 2021. ISBN 9789276302490.

KOČENDA, Evzen a Alexandr ČERNÝ. Elements of Time Series Econometrics. Prague: Karolinum Press, 2015. ISBN 9788024631998.

STAIR, Ralph, Charles MUNSON, Barry RENDER a Nagraj (Raju) BALAKRISHNAN. Managerial decision modeling: business analytics with spreadsheets. De Gruyter, 2017. ISBN 1501515101.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2021/22

V Brně dne 28.2.2022

L. S.

prof. Ing. Tomáš Meluzín, Ph.D.
garant

doc. Ing. Vojtěch Bartoš, Ph.D.
děkan

Abstrakt

Předmětem této diplomové práce je vytvoření ekonometrických modelů vysvětlující tvorbu cen elektřiny se zaměřením na srovnání prostředí maloobchodních a velkoobchodních cen za období let 2010 až 2020. Model bude vytvořen pro prostředí České republiky a vybrané členské země EU. Dílčími cíli práce je rešerše odborné literatury, vytvoření databáze pro výpočtovou část, vytvoření modelu v příslušném statistickém softwaru (GRETl a IBM SPSS Statistics 25), testování stability modelu a diskuse a hodnocení výsledků.

Abstract

The subject of this master's thesis is to create an econometric models explaining the formation of electricity prices with a focus on comparing the environment of retail and wholesale prices between years 2010 and 2020. The model will be created for the environment of the Czech Republic and another chosen EU member country. The partial goals of the work are the research of professional literature, the creation of a database for the computational part, the creation of the model in the appropriate statistical software (GRETl and IBM SPSS Statistics 25), testing the stability of the model and the discussion and evaluation of results.

Klíčová slova

elektřina, cena elektrické energie, ekonometrický model, statistika, ekonometrická analýza, regresní model, prognóza, časové řady, autokorelace, heteroskedasticita, regresní analýza, korelační analýza, Česká republika, Rakousko

Key words

electricity, electricity price, econometric models, statistics, econometric analysis, regression models, forecast, time series, autocorrelation, heteroskedasticity, regression analysis, correlation analysis, Czech Republic, Austria

Bibliografická citace práce

Citace tištěné práce:

FRANĚK, Martin. Ekonometrický model poptávky po elektrické energii - komparativní studie vztahu maloobchodních a velkoobchodních cen v EU. Brno, 2022. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/140830>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, Ústav ekonomiky. Vedoucí práce Jiří Luňáček.

Prohlášení o samostatném zpracování práce

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a zpracoval jsem ji samostatně.

Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem ve své práci neporušil autorská práva (ve smyslu Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

V Brně, dne

.....

podpis

Poděkování

Rád bych poděkoval panu Ing. Jiřímu Luňáčkovi Ph.D., MBA za odborné vedení a kontrolu mé diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat také panu Ing. Karlovi Doubravskému Ph.D. za poskytnutou pomoc a odborné rady při ekonometrickém modelování.

Obsah

Úvod.....	12
1 Cíl a metodika práce	13
2 Teoretická východiska práce	14
2.1 Historie elektrické energie na území České republiky	14
2.1.1 Elektrická energie 1910-1945.....	14
2.1.2 Elektrická energie 1946-1992.....	15
2.1.3 Elektrická energie od roku 1993 do současnosti	15
2.2 Trh s elektrickou energií v ČR.....	18
2.2.1 Liberalizace energetického trhu.....	18
2.2.2 Současná situace na trhu elektrické energie v ČR.....	21
2.2.3 Energetický mix	22
2.2.4 Účastníci trhu s elektřinou	23
2.2.5 Tvorba ceny elektrické energie a její vývoj.....	28
2.2.6 Prostředí velkoobchodu a maloobchodu.....	35
2.3 Současná situace na trhu elektrické energie v Rakousku.....	36
2.4 Ekonometrie	37
2.4.1 Specifikace ekonometrického modelu	38
2.4.2 Kvantifikace ekonometrického modelu	38
2.4.4 Verifikace ekonometrického modelu.....	39
2.4.3 Využití ekonometrického modelu.....	41
2.4.4 Korelační analýza	41
2.4.5 Regresní analýza.....	42
2.4.6 Vícenásobná regresní analýza.....	43

2.4.7	Testování regresního modelu.....	49
2.4.8	Prognóza pomocí regresního modelu	56
2.5	Vybrané ukazatele pro zpracování ekonometrického modelu	60
3	Analýza problému a současné situace	61
3.1	Komparativní srovnání České republiky a Rakouska	61
3.1.1	Přístup k energii	61
3.1.2	Spotřeba energie a elektřiny	61
3.1.3	Energetický mix	62
3.1.4	Mix elektřiny.....	62
3.1.5	Energetická a uhlíková náročnost	62
3.2	Korelační analýza.....	63
3.3	Popis vybraných ukazatelů.....	64
3.3.1	Cena uhlí	64
3.3.2	Cena zemního plynu	66
3.3.3	Cena ropy	67
3.3.4	Cena mědi	68
3.3.5	Cena zlata.....	69
3.3.6	Emisní povolenky	71
3.3.7	Míra inflace.....	72
3.3.8	HDP na obyvatele	73
3.3.9	Vzájemná provázanost vybraných ukazatelů.....	74
3.4	Ekonometrické modelování	76
3.4.1	Sestavené regresní modely.....	76
3.4.2	Ekonomická verifikace regresních modelů.....	77
3.4.3	Statistická verifikace regresních modelů	79

3.4.4	Ekonometrická verifikace vybraných modelů	84
3.3.5	Prognózování pomocí sestavených modelů	88
4	Vyhodnocení analytické části práce a diskuse	97
	Závěr	102
	Seznam pramenů a použité literatury	104
	Seznam grafů	109
	Seznam tabulek	110
	Seznam rovnic	111
	Seznam obrázků	114
	Seznam příloh	115
	Přílohy	116

Úvod

Téma diplomové práce mi bylo přiděleno fakultou. Tématem je tvorba ekonometrického modelu poptávky po elektrické energii a následná komparativní studie vztahu maloobchodních a velkoobchodních cen s vybranou zemí Evropské unie. Téma je velmi aktuální vzhledem k současné situaci na trhu s energiemi a zde spatřuji jeho praktický přínos. V diplomové práci budou vypracovány ekonometrické modely zaměřující se na cenu elektrické energie a komparativní studii vztahu maloobchodních a velkoobchodních cen v České republice, kdy dojde k následnému srovnání s vybranou zemí EU, tedy s Rakouskem. Hlavním cílem diplomové práce je tvorba ekonometrického modelu, který bude vysvětlovat formování cen elektrické energie se zaměřením se na prostředí maloobchodníků a velkoobchodníků.

Práce je rozdělena do čtyř částí. V první části diplomové práce je obsažena metodika a samotné cíle práce. Ve druhé části dochází k literární rešerši, tato teoretická část je rozdělena do několika podkapitol obsahující základní pojmy a východiska, která jsou nutná pro pochopení záměru vypracování samotné diplomové práce. Po seznámení se s historií, základními pojmy a teoretickými východisky následuje třetí, analytická část, ve které dochází k analýze hlavní výzkumné otázky a jejich dalších dílčích podotázek. Dochází zde k analýze současného stavu a komparativnímu srovnání obou vybraných zemí. Jsou zde vypracovány ekonometrické modely poptávky po elektrické energii a je zde také srovnání mezi Českou republikou a Rakouskem. Ve čtvrté části diplomové práce je obsažena diskuse a zhodnocení výsledků vytvořených ekonometrických modelů poptávky po elektrické energii a také komparativní srovnání vztahu maloobchodních a velkoobchodních cen v České republice a v Rakousku.

1 Cíl a metodika práce

Hlavním cílem diplomové práce je tvorba ekonometrického modelu, který bude vysvětlovat formování poptávky po elektrické energii se zaměřením se na prostředí maloobchodních a velkoobchodních cen. Parciálními cíli práce je literární rešerše, vytvoření datové základy pro výpočtovou část, sestavení samotných modelů za využití softwarů GRETL a SPSS Statistics 25, testování stability modelu a v poslední řadě také diskuse a zhodnocení výsledků.

K naplnění podstaty diplomové práce je nejprve zapotřebí se seznámit se základními pojmy a teoretickými východisky. V první části se věnuji zpočátku historii, abych přiblížil vývoj trhu elektrické energie na území České republiky. Následně popisuji trh s elektřinou v České republice, kde se věnuji liberalizaci, současné situaci, energetickému mixu, subjektům působícím v České republice, tvorbě ceny elektrické energie včetně jejího vývoje a zaměřením se na princip nákupu dopředu. Dále popisuji prostředí velkoobchodu a maloobchodu a pro samotné komparativní srovnání bude také nastíněna situace na rakouském trhu. Na závěr této části bude popsán ekonometrický model, korelační a regresní analýza. Zdroje pro čerpání informací jsou knižní publikace, odborné články a informace dostupné z výročních zpráv o provozu elektrizační soustavy České republiky z Energetického regulačního úřadu (ERÚ), ze zpráv z Českého statistického úřadu (ČSÚ), z Eurostatu, Mezinárodní agentury pro energii (IEA) a mnoha dalších. Po seznámení s teoretickými východisky následuje analytická část, kde bude vytvořena datová základna pro statistickou výpočetní část, budou zde vybrány ukazatele a budou vypracovány samotné ekonometrické modely za využití softwarů GRETL a SPSS Statistics 25, které budou následně testovány. V závěrečné části práce pak dojde k diskusi a zhodnocení výsledků, ke kterým diplomová práce dospěla.

2 Teoretická východiska práce

V literární rešerši jsem se zaměřil na historii elektrické energie na území České republiky, která má za cíl přiblížit vývoj elektrické energie na trhu. Dále popisují model trhu s elektřinou a trh s elektrickou energií na území České republiky, kde se věnují liberalizaci, současné situaci na českém energetickém trhu, energetickému mixu a principu nákupu elektrické energie. Dále popisují energetické subjekty působící v České republice, tvorbě ceny elektrické energie a prostředí maloobchodních a velkoobchodních cen. Poté se věnují aktuální situaci na trhu elektrické energie v Rakousku. V teoretické části práce se také věnují popisu samotného ekonometrického modelu a vysvětlení korelační a regresní analýzy. V závěru teoretické části přibližují klíčové makroekonomické faktory, které budou později využity v analytické části práce.

2.1 Historie elektrické energie na území České republiky

Webový portál elektřina.cz, kterému je ČEZ partnerem, uvádí, že v 70. letech devatenáctého století došlo k výraznému kroku k počátkům elektrifikace, mezi první společnosti, které disponovaly elektrickou energií patřily průmyslové podniky, jmenovitě se jednalo o textilku v Moravské Třebové a o plzeňskou papírnu. [1]

2.1.1 Elektrická energie 1910-1945

Hlavním důvodem systematické elektrizace nebyl průmysl, nýbrž zemědělství. V zemědělství nebyl dostatek lidské pracovní síly a to vedlo k tomu, že se za ni hledala náhrada ve strojích. Tímto způsobem začaly vznikat malé elektrárny a po první světové válce docházelo k jejich sjednocování a propojování. Poptávka po elektrické energii rostla zvláště po konci války. V roce 1919 byl přijat zákon o všeobecné elektrifikaci, při vzniku Československé republiky v roce 1918 mělo přístup k elektřině 34 % obyvatel, na Slovensku se jednalo o pouhých 2 %. Ve dvacátých letech bylo založeno 20 elektrárenských společností, které měly povinnost zajistit dodávku elektřiny každému, kdo o ni projeví zájem. Díky tomu, že elektrárny byly vlastněné nejen státem, ale i samosprávou či přímo spotřebiteli, postupovala elektrizace velmi rychle. Na konci dvacátých let byl elektrický proud přístupný 70 % obyvatelstva. Ceny elektřiny byly v této době poměrně vysoké, v roce 1928 činila jedna kilowatthodina 3,37 Kč, v roce 1937 stála 0,63 Kč a v roce 1950 klesla na 0,31 Kč. Na konci tohoto desetiletí byly také postaveny první větší elektrárny –

například v Oslavanech, Třebonicích, Brně nebo Liberci. Ke konci třicátých let však došlo k útlumu, kdy byla rozvíjející se elektrifikace vlivem druhé světové války přerušena. V tomto období bylo i přes probíhající celosvětovou hospodářskou krizi již elektrifikováno 70 % všech obcí a elektřina byla zpřístupněna pro 90 % obyvatelstva, většina elektřiny je spotřebovávána na osvětlení. Z důvodů zapojení české energetiky do válečného průmyslu, došlo k růstu počtu elektráren i během ní avšak jejich technický stav nebyl dobrý a válkou utrpěl také rozvod elektrického vedení. [2]

2.1.2 Elektrická energie 1946-1992

Po druhé světové válce došlo ke změnám vlastnických poměrů, byly zřízeny Československé energetické závody, které měly za úkol vyrábět a rozvádět elektřinu. Elektřina není ve druhé polovině čtyřicátých let spotřebovávána primárně na osvětlení, ale hlavní složkou spotřeby elektrické energie jsou elektrické spotřebiče. Po válce docházelo k nedostatkům elektřiny, což se muselo řešit jejím následným nákupem od sousedního Polska. I přes všechno to, co se v padesátých letech událo, lze toto období hodnotit jako úspěšné. Výkony tehdejších elektráren se díky modernizaci zvýšily dvakrát až třikrát, rozvíjela se také výměna s okolními státy. Spotřeba elektrické energie rostla rychleji než výkon samotných elektráren a to hlavně díky neefektivnosti průmyslu. V polovině padesátých let se začala vypínat elektřina pro domácnosti tak, aby byly zajištěné dodávky pro průmysl. To mělo za důsledek, že začala zaostávat spotřeba domácností oproti zahraničí. V šedesátých letech docházelo k budování elektrických sítí, především budování vedení s vyšším napětím. Došlo také k výstavbě uhelných elektráren s bloky 110 MW a později i 200 MW. Díky politice „levné elektřiny“ se v sedmdesátých letech vůbec neměnily ceny elektřiny, což vedlo k rozporu mezi cenou a výrobními náklady. Tento rozpor řešily státní dotace, ale z dlouhodobého hlediska to nebylo udržitelné, ceny tak skokově vzrostly. V osmdesátých letech dochází k výstavbě Jaderné elektrárny Dukovany a začala výstavba i druhé české jaderné elektrárny v Temelíně. I nadále však politika levné elektřiny přinášela problémy a to vedlo k neefektivitě průmyslu a plýtvání elektřinou. [2]

2.1.3 Elektrická energie od roku 1993 do současnosti

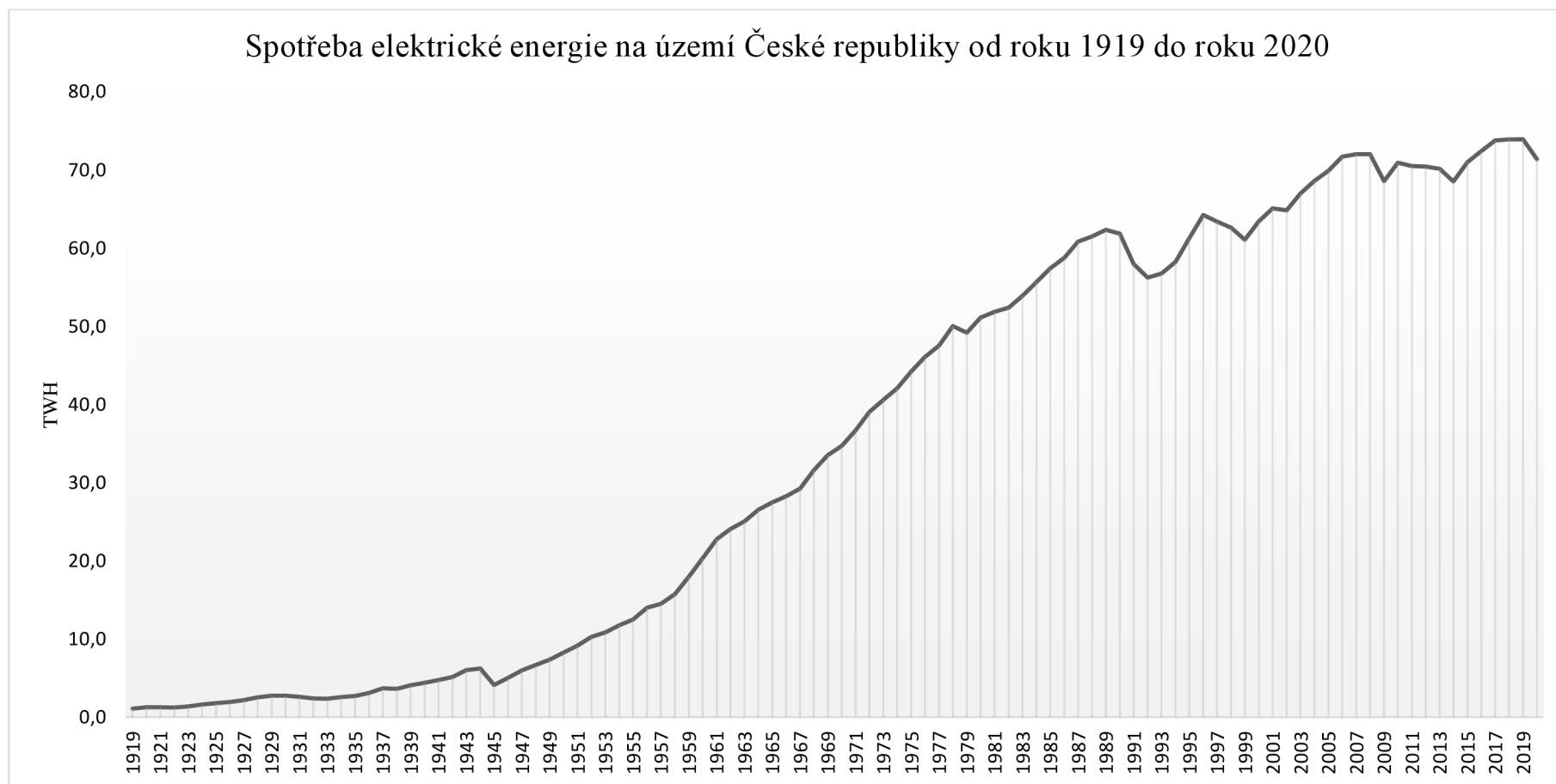
Po sametové revoluci prodělala elektroenergetika zásadní změny. Z Českých energetických závodů se oddělily teplárenské, opravárenské, montážní a další podniky,

vzniklo tak osm společností, které dodávaly elektřinu koncovým zákazníkům. Většina energetických společností byla privatizována, některé jen z části. Spotřeba elektřiny spolu se změnou a vývojem ekonomiky poklesla a ke konci devadesátých let kopírovala vývoj HDP. Cena elektřiny tak začala odrážet skutečné náklady. Od roku 2002 začala elektřinu do české sítě dodávat také Jaderná elektrárna Temelín. [2] Podle ČEZu se na nadpolovičním podílu vyrobené elektřiny ve 21. století podílejí uhelné výroby i přesto, že se Česká republika zavázala snižovat emise oxidu uhličitého na absolutní minimum a v následujících letech tak bude docházet k jejich útlumu. Hnědouhelné elektrárny mají dnes výkon 10 800 MWe a představují 53 % celkového množství vyrobené elektřiny. Dle Státní energetické koncepce ČR dojde do roku 2035 k poklesu na 6400 MWe, což by představovalo 31,5 %, a do roku 2040 by mělo dojít k poklesu až na 2 600 MWe (12,7 %). Do budoucna je tedy vyhlídka taková, že bude docházet k poklesu množství vyrobené elektřiny hnědouhelnými elektrárnami a jejich cílený podíl by měl být k roku 2040 mezi 11 a 21 % celkové produkce. Kolem stejného roku, roku 2040, lze ale také očekávat postupné odstavení bloku jaderné elektrárny Dukovany, což bude znamenat snížení výkonu o 2040 MWe a celkem tedy Česká republika přijde v tomto roce až o 12 040 MWe. [3]

Následující graf mapuje spotřebu elektrické energie na území České republiky za období let 1919 až po rok 2020, data byla převzata od Českých energetických závodů.

Graf 1: Spotřeba elektrické energie na území České republiky 1919-2020

Zdroj: ČSÚ (vlastní zpracování)



2.2 Trh s elektrickou energií v ČR

Elektrická energie patří ke skupině síťových odvětví spolu s dodávkami plynu, vody a telekomunikačních služeb. Z těchto vyjmenovaných síťových odvětví je však nejsložitějším systémem. Soustava elektrické energie představuje soubor vzájemně propojených výrobních, přenosových, distribučních a spotřebních zařízení, přičemž se tato zařízení vzájemně ovlivňují. Elektřina se stejně jako voda či plyn dopravuje po sítích. Také způsob odběru elektrické energie je obdobný. Jelikož si spotřebitel ze sítě přímo bere elektrickou energii, tak o objednavce rozhoduje neustále v reálném čase svým skutečným odběrem. Na rozdíl od ostatních hromadných komodit odlišuje elektřinu rychlost šíření a prakticky nulové zpoždění. Z tohoto plyne, že v každém okamžiku musí být vyrobeno tolik elektřiny, kolik je spotřebováno, jinak by elektřina v síti chyběla či přebývala. Důsledkem by bylo zhoršování kvality elektřiny a poté kolaps celé soustavy. Problémem této soustavy je, že jakékoliv poruchy se šíří velmi rychle, takže výpadek v jednom místě znamená okamžitě nedostatek či přebytek a zhoršování parametrů pro všechny a všude v síti. Všichni čerpají ze sítě stejnou kvalitu elektřiny, kterou zajišťuje složitý dispečerský mechanismus, který zajišťuje rovnováhu mezi spotřebou a výrobou. Na výstupu z výrobního zařízení má elektrická energie stejnou technickou kvalitu, každý výrobce tedy dodává identický produkt. Elektřinu nejde ve větším měřítku skladovat a sítěmi protéká nejkratší cestou, která nemusí být vzdálenostně nejkratší. To má za důsledek to, že výrobci i spotřebitelé elektrické energie jsou na sobě vzájemně závislí a výpadek v jedné části sítě může způsobit výpadek sítě na jiném, i stovky kilometrů vzdáleném, místě v prakticky stejný okamžik. Podmínkou pro podnikání v elektroenergetice je tedy přistoupení na podrobná a velmi striktní pravidla. [4, strana 14-15]

2.2.1 Liberalizace energetického trhu

Jak píše inženýr Bárta „*Liberalizace energetického trhu je pokračující proces, který mění rozhraní mezi jeho různými částmi a vytváří nové vazby, a tudíž nová rozhraní. Vzhledem k rostoucí složitosti různých vazeb v normalizaci je snahou usnadnit a racionalizovat rozhraní. Tento příspěvek si klade za cíl definovat současná základní rozhraní a určit aspekty vhodné pro normalizaci v blízké budoucnosti.*“ [5]

V roce 1990 se Velká Británie rozhodla privatizovat výrobce a distributory elektrické energie po vzoru privatizace v odvětví telekomunikací. Kromě speciální jaderné společnosti (provozující britské jaderné elektrárny) byly privatizovány tři výrobní společnosti a jedna přenosová společnost. Byla vytvořena konkurence ve výrobě a spotový trh na den dopředu. Členství na trhu bylo pro výrobce elektrické energie povinné a trh byl spravován přenosovou společností. Byl také vytvořen nezávislý regulační orgán. Počáteční ceny byly velmi vysoké v důsledku dvou elektrárenských společností, které tvořily oligopol s tržním podílem 48 % a 30 %. Atraktivita výroby elektřiny však přilákala do odvětví energetiky další výrobce, kteří začali budovat nové zdroje, nejvíce paroplynové elektrárny. Tržní podíl dvou velkých firem klesl a s ním i ceny elektřiny. Na cenu elektrické energie mělo vliv i rozhodnutí regulátora, který přikázal, aby tyto dvě společnosti snížily ještě více svůj podíl na trhu. V roce 1998 byla provedena revize pravidel obchodování a dospělo se k závěru, že vše funguje vcelku uspokojivě. Součástí nových pravidel pak bylo bilaterální obchodování mezi výrobcí, dodavateli a zákazníky. V roce 1994 došlo k reformě trhu s elektrickou energií také ve Švédsku, kdy parlament rozhodl o liberalizaci elektroenergetického trhu. Operátoři ze Švédska a Norska vytvořili burzu elektřiny pro celou Skandinávii s označením Nordpool. Postupně došlo k rozšíření oblasti o Finsko a západní Dánsko. Dodnes se Nordpool označuje za burzu s nejvyšším podílem spotového trhu na světě. Díky zkušenostem s trhem ve Velké Británii a ve Skandinávii došlo k velkému vývoji trhů v ostatních státech Evropské unie. Tyto dva trhy jsou však dodnes považovány za ty nejlépe fungující a nejvyspělejší.

V rámci optimální spolupráce byla již v roce 1990 vydána Směrnice Evropské Rady číslo 90/547, která se týká přenosu elektrické energie přenosovými sítěmi a standardů organizace mezinárodních výměn. V návaznosti na tuto směrnici byla ve stejném roce vydána Směrnice Evropské Rady číslo 90/377, která upravuje postupy pro stanovování cen elektřiny a plynu pro konečné průmyslové odběratele. Tyto směrnice měly za cíl sjednotit pravidla a díky tlaku na ceny energií zvýšit konkurenceschopnosti evropského průmyslu. Přijetím Maastrichtské smlouvy a vytvořením Evropské unie bylo urychleno vytvoření ekonomického prostoru. Rozhodnutí o liberalizaci trhu s elektřinou bylo v roce 1996 upevněno Směrnici 1996/93/EC, ta vstoupila v platnost v roce 1999 a od té doby platí pro všechny členské státy Evropské unie.

V roce 1996 vstoupila v účinnost první liberalizační směrnice, která stanovila požadavky na otevřený trh. Základními okruhy, pro které byly nastaveny pravidla byly:

- *způsob zajištění přístupu k sítím (sjednaný přístup k sítím založený na dohodě o ceně a podmínkách s operátorem, regulovaný přístup k sítím a jediný kupující, který za transparentních a nediskriminačních podmínek nakupuje elektřinu od výrobců a dodává ji zákazníkům)*
- *způsob zajištění rozvoje zdrojů (tendrový a autorizační přístup)*
- *nezávislý dohled nad odvětvím a regulace monopolních činností (nezávislý regulační orgán)*
- *zajištění závazků veřejné služby (odpovědnost za dodávku, povinnost připojení a dodávky ve stanovených případech za stanovených podmínek)*
- *zavedení nezávislých provozovatelů sítí (oddělení výroby od dopravy elektrické energie a její dodávky)*
- *oddělené účetnictví za jednotlivé regulované činnosti*
- *minimální postup otevírání trhu (zajištění srovnatelné rychlosti otevírání trhu ve všech zemích EU)*

To, jak jednotlivé členské státy zařadily zásady prvního liberalizačního balíčku do svých národních legislativ a stanovovaly tak model trhu, vedlo Komisi k prohloubení požadavků a pravidel. V některých státech docházelo k rychlé liberalizaci a otevření trhu, došlo k volbě nezávislého regulátora a oddělení provozování sítí. Tyto státy již měly prvky tržního prostředí dříve a trh neměl jasně hlavního výrobce (mezi tyto země patří Velká Británie, Skandinávské země, Španělsko a Nizozemí). Pak tu byly také státy s formálním přístupem, kdy se sice trh otevřel pro všechny zákazníky, ale zůstaly zde bariéry bránící konkurenci (Německo) a státy, kde byla odmítána rychlá liberalizace a požadavky a směrnice se promítly pouze částečně (Francie). Tato situace znamenala nefér konkurenční výhodu pro státy, které měly prvky tržního prostředí již dříve. Proto vznikl druhý liberalizační balíček, který obsahoval:

- *existenci nezávislého regulátora*
- *právní oddělení systémových operátorů od výroby a obchodu*
- *oddělení provozovatelů distribučních soustav a dodavatelů elektřiny*

- *jednotné tarify pro všechny uživatele*
- *otevřený a jednotný režim, zrušení tarifů za přeshraniční přenos a zavedení kompenzace nákladů mezi provozovateli sítí*
- *garantovaný přístup k sítím pro všechny odběratele a ochrana zranitelných zákazníků*
- *odpovědnost členských států za udržení spolehlivosti dodávky a dostatečných kapacit*

Tento balíček zpřístupnil mezinárodní obchodování a zajistil vyšší flexibilitu. I když se v letech 2007 a 2008 urychlil proces sjednocení trhů, jednalo se spíše o jejich propojení než sloučení v jednotný trh. Členské státy se neochotně vzdávaly vlivu nad regulací národních trhů a spousta národních regulátorů byla pod politickým vlivem. Na základě sektorového šetření z let 2006 až 2008 navrhla Evropská komise posílení harmonizace a liberalizace energetického trhu. V roce 2009 byl schválen třetí liberalizační balíček, obsahující právní normy pro liberalizaci trhů s elektřinou, s návrhem na vznik agentury regulátorů, která by měla koordinační roli. Třetí liberalizační balíček obsahuje 5 norem, které prozatím nebyly plně implementovány do všech zemí, avšak přinesly pokrok ve vytváření shodného tržního prostředí s elektrickou energií po celé Evropské unii. Ve střední Evropě vznikl propojením českého a slovenského trhu v roce 2009 společný trh. V roce 2012 se k němu připojilo Maďarsko a v roce 2014 také Rumunsko. [4, strana 22-26]

2.2.2 Současná situace na trhu elektrické energie v ČR

Dle Mezinárodní agentury pro energii (z angličtiny International Energy Agency = IEA) jsou klíčovými cíli snížení spotřeby energie, snížení energetické náročnosti ekonomiky a rozšíření jaderné energetiky o 2500 MW kolem roku 2035. Klíčovou výzvou také bude příprava na vyřazování uhlí z energetického mixu. Základním stavebním kamenem energetického mixu v České republice jsou stále fosilní paliva. [6] Fosilní paliva jsou látky na bázi vodíku a uhlíku, které vznikly před miliony let v zemské kůře přetvořením organických látek. Spalováním těchto paliv se uvolňuje tepelná energie. Mezi fosilní paliva můžeme řadit například uhlí (černé, hnědé), ropu nebo zemní plyn. [7] Uhlí bylo jako jediné fosilní palivo klíčovým energetickým zdrojem. V roce 2019 představovalo jednu třetinu celkových dodávek energie, 46 % celkové výroby elektřiny a více než 25 %

vytápění bytů. [9] V České republice je uhlí dostupné v rozsáhlých nalezištích a využívá se k vytápění a k výrobě elektřiny. Spolu s jadernou energií přispívá k mírnému stupni energetické soběstačnosti. [8] Role uhlí v celkové dodávce energie klesla mezi lety 2009 a 2019 o 19 % a to především díky snížení výroby elektřiny ze spalování uhlí, která byla nahrazena zemním plynem, bioenergií, jadernou a solární fotovoltaikou. V roce 2020 pandemie Covid-19 silně ovlivnila produkci uhlí, která se snížila o 24 % ve srovnání s předchozím rokem. Podíl uhlí na výrobě elektřiny se snížil na 41 % a byl nahrazen výše zmíněnými energetickými zdroji. [9] Kvůli rozsáhlé těžbě a využívání uhlí je problémem znečištěné ovzduší, na které má vliv také mnoho aut s naftovými motory. Přestože Česká republika dosáhla úspěchu v oddělení emisí od hospodářského růstu, jsou emise oxidu uhličitého na obyvatele a uhlíková náročnost ekonomiky jednou z nejvyšších v členských zemích IEA. [8] Díky klesající spotřebě uhlí mezi lety 2009 a 2019 se snížila uhlíková náročnost ekonomiky o 15 % a také přispěla k 22 % snížení uhlíkové náročnosti výroby tepla. I tak se Česká republika drží nad průměrem uhlíkové náročnosti ekonomiky členských států IEA. Mezi lety 2019 a 2020 klesla uhlíková náročnost ekonomiky o 6 % a to díky poklesu spotřeby uhlí při výrobě a spotřebě elektřiny v důsledku pandemie Covid-19. Po poklesu mezi lety 2005 a 2015 jsou nyní emise skleníkových plynů relativně stabilní. Emise spojené s energetikou se mezi lety 2009 a 2019 snížily o 14 %, což vypovídá o snížené roli uhlí v energetickém sektoru České republiky. [9]

2.2.3 Energetický mix

Energetický mix je podíl primárních a sekundárních zdrojů energie při výrobě elektřiny. Primární zdroje energie jsou přírodní zdroje, které nejsou člověkem přetvářené, dělí se na obnovitelné a neobnovitelné. Mezi obnovitelné zdroje se řadí fosilní paliva jako je uhlí, ropa nebo plyn. Mezi obnovitelné zdroje patří vodní energie, větrná energie, sluneční energie, biomasa a geotermální energie. Sekundární neboli druhotné zdroje jsou takové zdroje, které vznikly lidskou činností. Mezi tyto zdroje patří komunální odpad (spalování odpadů), vyjeté oleje (vytápění), skládkové plyny a odpadní teplo. [10]

V roce 2019 se obnovitelné zdroje (sluneční, větrné, vodní, geotermální, biomasa a ostatní) podílely na energetickém mixu České republiky 3,9 %. Fosilní zdroje (hnědé uhlí, černé uhlí, zemní plyn, ropa a ropné produkty z druhotného zdroje a další) se podílely na energetickém mixu podílem 57,01 %. Z toho mělo procentuálně nejvyšší zastoupení

hnědé uhlí s hodnotou 46,18 %. Jaderné zdroje pak obsahují poslední část energetického mixu, tedy 39,09 %. [11]

2.2.4 Účastníci trhu s elektřinou

Z hlediska obchodních vztahů jsou hlavními účastníky výrobce a spotřebitel. Do hry také vstupuje zprostředkovatel (prostředník), který propojuje poptávku od konečných spotřebitelů s nabídkou od výrobců. Přímý vztah spotřebitele a výrobce je sice možný, ale má smysl pouze při dlouhodobém velkém odběru spotřebitelem a velkým výrobcem. Podobně jako u řady jiných komodit zde existuje tržní místo neboli burza, kde se střetává nabídka s poptávkou a probíhají zde organizované obchody. Významnou roli hraje také operátor trhu, který se zabývá registrací účastníků trhu, účtuje odchylky skutečného odběru elektrické energie a sjednané dodávky. Na trhu s elektrickou energií založeném na TPA (Third Party Access) znamená přístup třetí strany k sítím. Jde o právo odběratele, výrobce či obchodníka na dopravu elektřiny přes rozvodné sítě, kdy si spotřebitel sjednává dodávku elektřiny s výrobcem (dodavatelem). Zákazník má právo si vybrat, kteréhokoliv dodavatele elektrické energie (případně více dodavatelů), stejné právo má však i dodavatel. Dopravu elektřiny zajišťuje PDS – Provozovatel distribuční soustavy (sítě), ke které je spotřebitel připojen za tarify stanovené regulátorem ERÚ – Energetickým regulačním úřadem. Spotřebitel si dopravu a připojení k síti sjednává sám s distributorem, nebo prostřednictvím obchodníka, od kterého elektrickou energii odebírá. Provozovatel distribuční soustavy poskytuje své služby subjektům připojeným do sítě, konkrétně velkým distributorům a výrobcům a přes ně také samotným spotřebitelům. Cena za elektrickou energii je stanovena dohodou mezi spotřebitelem a dodavatelem, případně pak také na organizovaném trhu transparentním výpočtem. Jelikož existuje mnoho konkurentů mezi výrobcí, obchodníky a dodavateli, tak se cena tvoří přímo na trhu, a tak jsou výroba, obchod a dodávka elektrické energie plně tržními činnostmi. U provozovatelů sítí, kteří jsou monopolními poskytovateli služeb, jsou jejich ceny i podmínky regulovány státem. Trh se tedy dělí na regulovanou část, kam se řadí přenosové služby, distribuční služby a systémové služby, které zajišťují spolehlivost a rovnováhu výroby a spotřeby, a na neregulovanou část, kam spadá výroba, dodávka a obchod. Obchodníci se ještě dělí na maloobchodníky, kdy dodavatelé dodávají elektřinu koncovým zákazníkům, a čisté obchodníky, kteří s elektřinou obchodují pouze

velkoobchodně. Následující podkapitoly přibližují konkrétní účastníky trhu s elektrickou energií v České republice. [4, strana 72-77]

2.2.4.1 Ministerstvo průmyslu a obchodu (MPO)

Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky (MPO) připravuje státní energetickou koncepci a s ní také související strategické dokumenty. Zajišťuje soulad strategických dokumentů v oblasti energetiky včetně rozvržení hospodářské strategie a politiky vlády s hospodářsko-politickými procesy v Evropské unii. MPO zabezpečuje výkon státní správy v oblasti elektrické energie, plynárenství, kapalných paliv, teplárenství a také v oblasti jaderné energie. V oblasti legislativy MPO zodpovídá za energetický zákon, zákon o hospodaření energií a také za zákon o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů. Zajišťuje vztah k oprávněným orgánům Evropské unie, jako je OECD a Energetická charta. [12]

Ministerstvo průmyslu a obchodu zodpovídá také za fungování energetiky jako odvětví, a z dlouhodobého hlediska zodpovídá také za zajištění bezpečnosti a spolehlivosti dodávek elektrické energie. MPO zajišťuje, aby byl na trhu dostatečný počet zdrojů pokrývajících spotřebu, dále také za to, aby byl na trhu dostatek síťových kapacit a fungující tržní model. V případě nedostatku zdrojů má oprávnění vypsat tendr na výstavbu nových zdrojů elektrické energie. Vůči Evropské komisi má MPO řadu povinností, jako například povinnost opatření přijatých ke splnění dodávky poslední instance, ochrany zákazníků a ochrany životního prostředí, a o jejich vlivu na hospodářskou soutěž, informační povinnost o dovozech elektrické energie z hlediska fyzikálních toků, o důvodech zamítnutí žádostí, udělení státní autorizace a další. [4, strana 78]

2.2.4.2 Energetický regulační úřad (ERÚ)

Energetický regulační úřad (ERÚ) by zřízen v roce 2001 energetickým zákonem upravující jeho kompetence. ERÚ řídí Rada Energetického regulačního úřadu, sídlí v Jihlavě a má pracoviště také v Praze a Ostravě. ERÚ reguluje ceny, konkrétně tedy regulované složky cen energií, ke kterým každý rok vydává cenová rozhodnutí. Těmito rozhodnutími podle zákona stanovuje podporu pro obnovitelné zdroje energie. ERÚ podporuje hospodářskou soutěž v energetice a licencuje výrobce energií, obchodníky a další subjekty, které následně dozoruje. Energetický regulační úřad taktéž chrání samotné

spotřebitele na energetickém trhu. Pokud spotřebitel řeší jakýkoliv problém se svým dodavatelem energií či distributorem, může se právě na tento úřad obrátit. [13]

ERÚ mimo jiné plní také řadu klíčových rolí pro zajištění fungování trhu s energiemi. Rozhoduje o udělení, změně či zrušení licence. Rozhoduje také o uložení povinnosti dodávek nad rámec licence, o regulaci cen cenového zákona, ukládá pokuty za porušení povinností dle energetického zákona, rozhoduje spory mezi držiteli licencí a řeší spory odběratelů elektřiny, schvaluje pravidla provozování přenosové soustavy a distribučních soustav i obchodní podmínky operátora trhu, vydává vyhlášky k energetickému zákonu a provádí kontrolu nad dodržováním zákona a hospodářskou soutěží na trhu s elektrickou energií a plynem. [4, strana 78]

2.2.4.3 Státní energetická inspekce (SEI)

Státní energetická inspekce (SEI) je podřízená Ministerstvu průmyslu a obchodu a dělí se na ústřední inspektorát a na územní inspektoráty. SEI provádí kontrolní činnost danou zákonem o hospodaření energií. Tato kontrolní činnost se zahajuje buď na návrh Ministerstva průmyslu a obchodu, na návrh Energetického regulačního úřadu, z vlastního podnětu či z podnětu třetí strany. Výsledkem kontrolní činnosti v případě porušení právních předpisů je buď opatření k nápravě či sankční opatření. Informace získané SEI jsou využívány v odborných analýzách či činnostech a jsou podkladem pro Ministerstvo průmyslu a obchodu a pro další státní instituce. [14]

2.2.4.4 Subjekt zúčtování (SZ)

Celým názvem subjekt zúčtování odchylek je účastníkem na trhu s elektrickou energií který má právo na přístup k sítím a který je taktéž zodpovědný za odchylky smluvené a naměřené energie v jednotlivých obchodních hodinách obchodního dne. Uzavřením smlouvy o zúčtování odchylek s operátorem trhu dochází ke vzniku subjektu zúčtování. Operátor trhu na základě takto uzavřené smlouvy provádí hodnocení, zúčtování a vypořádání jeho odchylek. [4, strana 78-79]

2.2.4.5 Registrovaný účastník (RÚT)

Registrovaný účastník na trhu s elektrickou energií je účastníkem trhu s elektřinou, který má právo přístupu k sítím a je registrován v informačním systému OTE, prostřednictvím kterého probíhá komunikace s operátorem trhu. [4, strana 79] [15]

2.2.4.6 Operátor trhu s elektřinou (OTE)

Operátor trhu s elektřinou, znám také pod zkratkou OTE, je akciová společnost, která zajišťuje fungování trhu s elektřinou a plynem. Operátor trhu s elektřinou spadá pod stát a dohlíží na to, aby na trhu panovala rovnováha mezi nabídkou a poptávkou po elektřině a plynu. Mimo jiné také pravidelně vyhodnocuje odchylky mezi tím, kolik elektřiny se vyrobí a kolik se jí spotřebuje. Tato skutečnost je stěžejní zejména pro dodavatele a provozovatele přenosové soustavy. Operátor na trhu s elektřinou také vydává řadu statistik souvisejících s energetickým trhem na území České republiky. Veřejnosti například poskytuje informace o celkové měsíční či roční spotřebě energií. [16] Základní rolí operátora trhu s elektřinou je zajistit registraci nových účastníků trhu, registraci jejich obchodních diagramů, vyhodnocení a zúčtování odchylek subjektů zúčtování, tedy velkoobchodních účastníků. OTE je v České republice ze zákona i provozovatelem krátkodobého trhu s elektrickou energií a současně také zpracovává dlouhodobé prognózy nabídky a poptávky po elektřině a tyto informace poté poskytuje účastníkům trhu. [4, strana 79]

2.2.4.7 Provozovatel přenosové soustavy (PPS či TSO – Transmission System Operator)

Provozovatel přenosové soustavy neboli PPS je jediným subjektem, který má licenci na přenos elektrické energie. Zodpovídá za spolehlivé provozování a rozvoj přenosové soustavy, za zprostředkování systémových služeb, zajištění přeshraničních přenosů a taky za koordinaci spolupráce se zahraničními provozovateli přenosových soustav. Provozovatel přenosové soustavy je zodpovědný za řízení toků v přenosové soustavě a je také provozovatelem centrálního energetického dispečinku, který je v určitých činnostech nadřazený technickým dispečinkům distribučních soustav. Významnou rolí PPS je zajištění plánování, přípravy a spolehlivého provozu elektrizační soustavy v reálném čase. Provozovatel přenosové soustavy také provádí obchodní měření v místech připojení výroben a distribučních soustav a také na přeshraničních vedeních, naměřená data poté

předává operátorovi trhu – OTE. PPS také zajišťuje vyrovnávání odchylek a organizuje trh s podpůrnými službami. Součástí jeho postavení je zabezpečit přístup pro všechny bez rozdílu k přenosové soustavě včetně přeshraničního obchodování. [4, strana 79]

2.2.4.8 Provozovatel distribuční soustavy (PDS)

Provozovatel distribuční soustavy neboli PDS je subjekt, který provozuje distribuční soustavu, spravuje, udržuje a odpovídá za funkčnost rozvodné sítě a koncových měřičů. Podle území působnosti je distributor automaticky přidělen k odběrnému místu. V České republice jsou tři provozovatelé distribuční soustavy elektřiny (ČEZ Distribuce, PRE Distribuce a E.ON) a tři provozovatelé distribuční soustavy plynu (GasNet, Pražská plynárenská a EG.D.) [17] PDS svojí činností navazuje na provozovatele přenosové soustavy. Součástí PDS jsou i její řídicí, ochranné, zabezpečovací a také informační systémy. [4, strana 79]

2.2.4.9 Obchodník

Obchodníkem na trhu s elektrickou energií se myslí fyzická či právnická osoba, která má licenci určenou pro obchod s elektřinou a která nakupuje elektřinu za účelem jejího dalšího prodeje. Obchodník má právo na přístup k rozvodné síti a také na dopravu elektřiny, za splnění určitých podmínek má také právo k přístupu na trh, na nákup a prodej elektřiny a na získávání informací. Obchodník má ale i mnoho povinností, vůči OTE musí provést registraci, zúčtování a zavazuje k předávání dat. Povinnosti má také k provozovatelům soustav, se kterými souvisí informace pro přípravu provozu, pokyny dispečinků a jiné. Jestli obchodník (dodavatel) dodává elektrickou energii koncovým zákazníkům, má povinnosti i k nim. [4, strana 80]

2.2.4.10 Výrobce

Výrobce na trhu s elektrickou energií je držitelem licence na její výrobu, kterou vydává Energetický regulační úřad a to na konkrétní zařízení a připojení do sítě. Délka této licence se odvíjí od životnosti zařízení, případně se může odvíjet od doby pronájmu, nevlastní-li výrobce své vlastní zařízení. Výrobce s takto získanou licencí má poté právo na připojení do sítě a na přepravu elektřiny, má právo také svoji elektrickou energii prodávat a při splnění daných podmínek ji dodávat provozovateli přenosové soustavy podpůrné služby. Výrobce má řadu povinností, mezi ty hlavní patří povinnost

k provozovateli soustavy, do které je připojen a vůči operátorovi trhu. Pokud by chtěl výrobce postavit novou výrobní elektrické energie, musel by získat státní souhlas, který vydává Ministerstvo a které je podmínkou pro vydání územního rozhodnutí. Některé role účastníků na trhu s elektřinou se mohou různě propojovat, například výrobce může být zároveň registrovaný účastník a plnohodnotný obchodník s validní licencí a registrací jako subjekt zúčtování. Některé role ovšem kumulovat nelze, to stanovuje zákon. Například společnost ČEPS má jako jediný subjekt v České republice oprávnění k zajišťování obchodu se systémovými a podpůrnými službami. ČEPS se nemůže účastnit jiných obchodních činností s výjimkou činnosti stanovených energetickým zákonem a také nemůže být držitelem jiné licence. [4, strana 80]

2.2.4.11 Burza (PXE)

Power Exchange Central Europe (PXE) je komoditní burza, která od roku 2014 nabízí konečným zákazníkům aukce elektrické energie a zemního plynu. Komoditní burza je určena pro každého koncového zákazníka, který má zájem si tímto způsobem obstarat energii. Nejvýznamnějšími odběrateli, kteří využívají aukcí na PXE, jsou ministerstva, kraje, města, obce, nemocnice, školy a další instituce podléhající režimu veřejných zakázek. Na burze v současnosti působí 14 dodavatelů, kteří mají oprávnění obchodovat, mimo obchodování na velkoobchodním trhu, na trhu konečných zákazníků. Mezi tyto dodavatele patří ČEZ ESCO, ČEZ PRODEJ, E.ON, Pražská energetika, Pražská plynárenská, Moravské naftové doly a další. [18]

2.2.5 Tvorba ceny elektrické energie a její vývoj

Tvorba ceny elektrické energie je závislá na mnoha faktorech. Výše ceny je do určité míry regulována státem. A to z toho důvodu, aby zajistil přijatelnou cenu jak pro obyvatele, tak i pro průmyslové podniky. Výše ceny elektrické energie je tvořena třemi složkami a to regulovanou částí, neregulovanou částí a daněmi. Regulovaná část ceny elektrické energie se skládá z poplatků, které stanovuje Energetický regulační úřad a distributor je tedy nemůže ovlivnit. Mezi tyto poplatky patří poplatek za rezervovaný příkon, poplatek za systémové služby, příspěvek na obnovitelné zdroje a poplatek operátorovi trhu (OTE). Neregulovanou část ceny může dodavatel ovlivnit. Slevy, akce a zvýhodnění se počítají pouze z této části ceny. Neregulovanou část tedy tvoří cena za každou odebranou megawatthodinu (stanovenou dodavatelem) a pevnou cenou za měsíc.

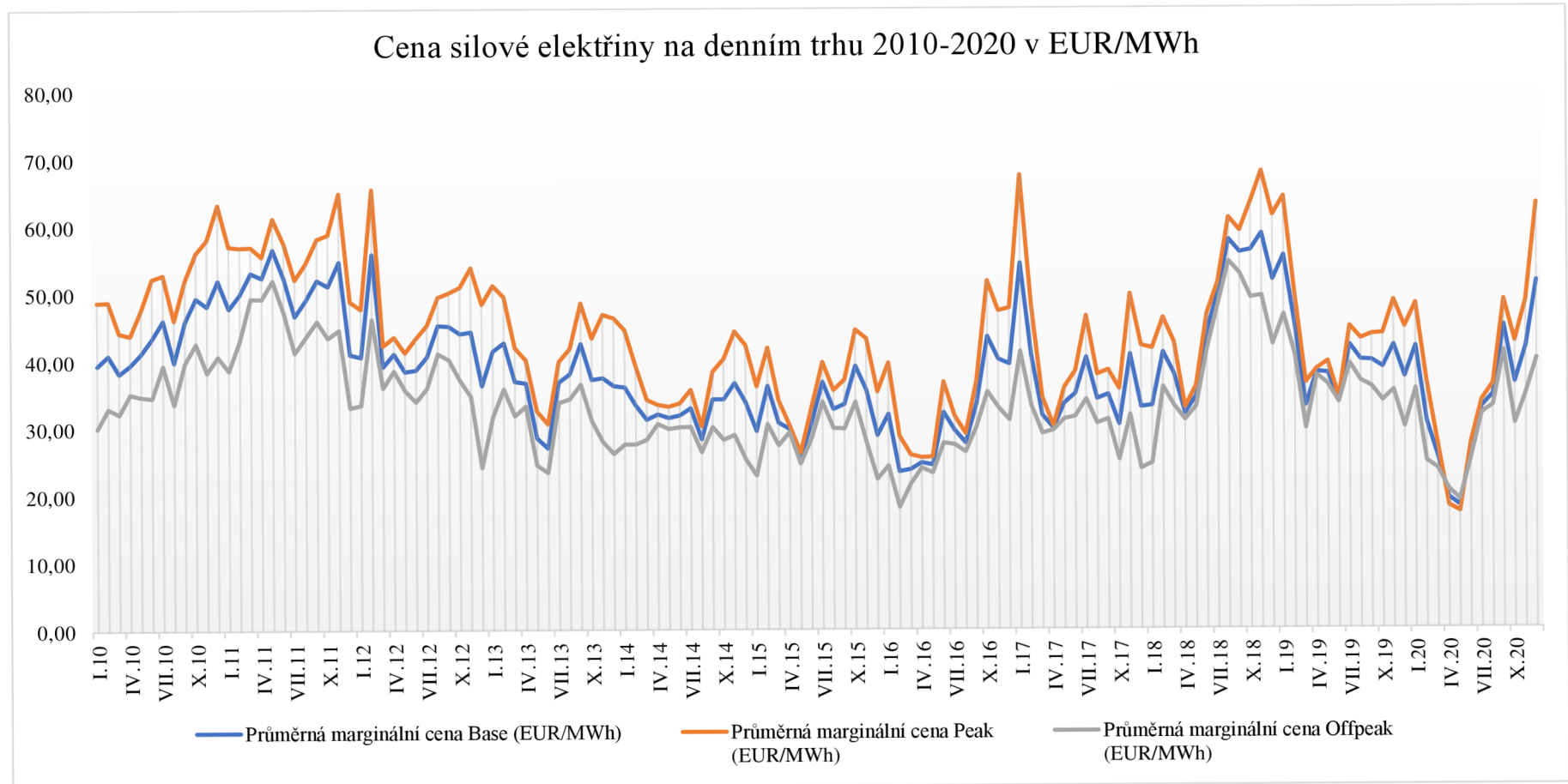
Poslední částí ceny jsou daně. Daň je stanovena státem a zaplatit se musí u každého dodavatele i distributora elektřiny. Do daně se počítá daň z přidané hodnoty (DPH) a daň z elektřiny, ta se platí za každou spotřebovanou megawatthodinu. Energetický regulační úřad vydává cenová rozhodnutí pro aktuální rok. [19]

2.2.5.1 Vývoj cen elektrické energie od roku 2010 do roku 2020

Tato podkapitola pojednává o vývoji cen elektrické energie v České republice a v Rakousku. V první části se věnují dennímu trhu silové elektřiny v České republice, kdy je porovnávána průměrná marginální base, peak a offpeak cena. Další část podkapitoly zachycuje vývoj cen elektrické energie v letech 2010-2020. První časová řada zobrazuje vývoj ceny elektrické energie domácností České republiky a Rakouska s odběrem od 2500 kWh do 5000 kWh v eurech před zdaněním. Druhý graf zobrazuje vývoj cen elektrické energie středních spotřebitelů s výjimkou domácností České republiky a Rakouska s odběrem od 500 MWh do 2000 MWh v eurech také před zdaněním. Tento typ označíme jako „podnikatele“, pro lepší srovnání.

Graf 2: Cena silové elektřiny na denním trhu 2010-2020 v EUR/MWh

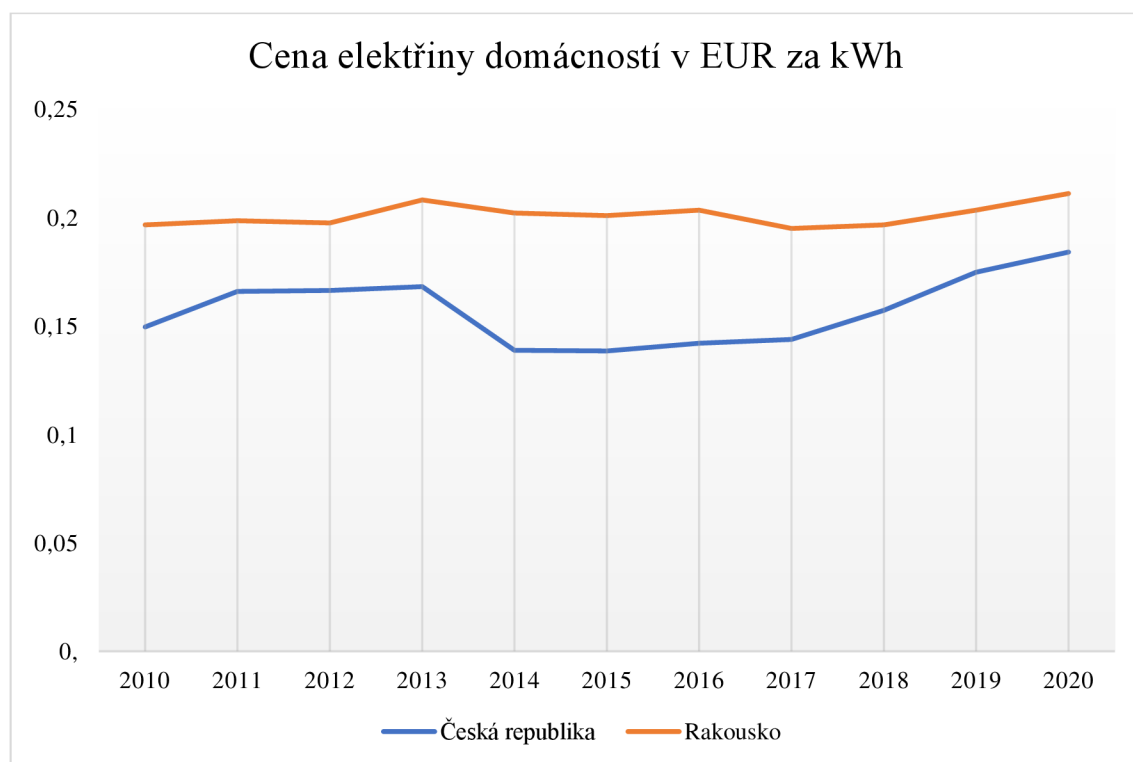
Zdroj: OTE (Vlastní zpracování)



Graf číslo 2 zobrazuje denní trh elektrické energie v České republice. Je rozdělen na tři ukazatele a to na průměrnou marginální base, peak a offpeak cenu. Průměrná base cena je cena sesbírána za celý den (od 0:00 do 23:59), offpeak cena je cena, která je mimo dobu nejvyššího počtu nákupů a ta zobrazuje období od 0:00 do 8:00 a 20:00 do 23:59. Peak cena je nejvyšší a zachycuje období od 8:00 do 20:00. Graf zachycuje výkyv ročních období i různé další ekonomické události, které mají na cenu elektřiny vliv.

Graf 3: Vývoj cen elektřiny domácností v EUR za kWh

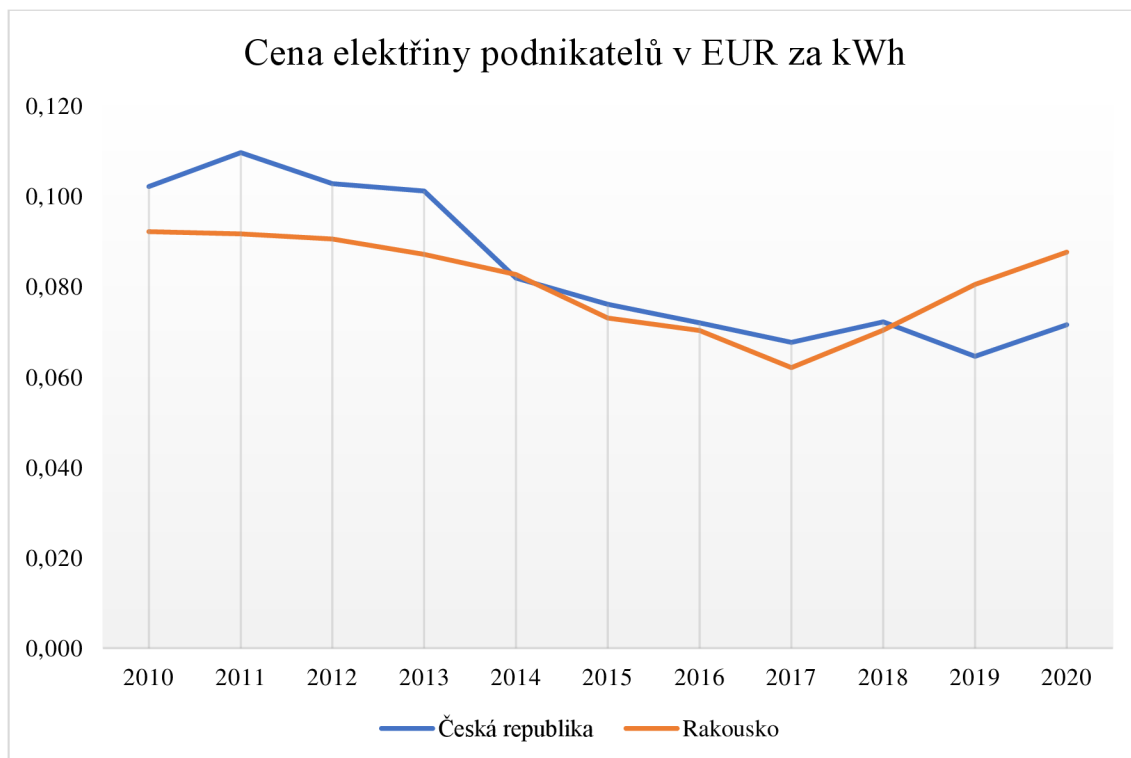
Zdroj: Eurostat (vlastní zpracování)



Za sledované období můžeme vidět, že cena elektřiny pro domácnosti je v každém roce o něco málo dražší v Rakousku. V posledním sledovaném roce dochází v obou vybraných zemích k navýšení ceny za elektrickou energii a Česká republika se cenou dostává nejbližší Rakousku za celé sledované období 10 let. Rok 2020 je tedy rokem, kdy obě země dosahují svého maxima, co se ceny elektrické energie týče. Rakousko v tomto roce zaznamenalo cenu 0,211 € a Česká republika 0,184 € za jednu kilowatt hodinu.

Graf 4: Vývoj cen elektřiny podnikatelů v EUR za kWh

Zdroj: Eurostat (vlastní zpracování)



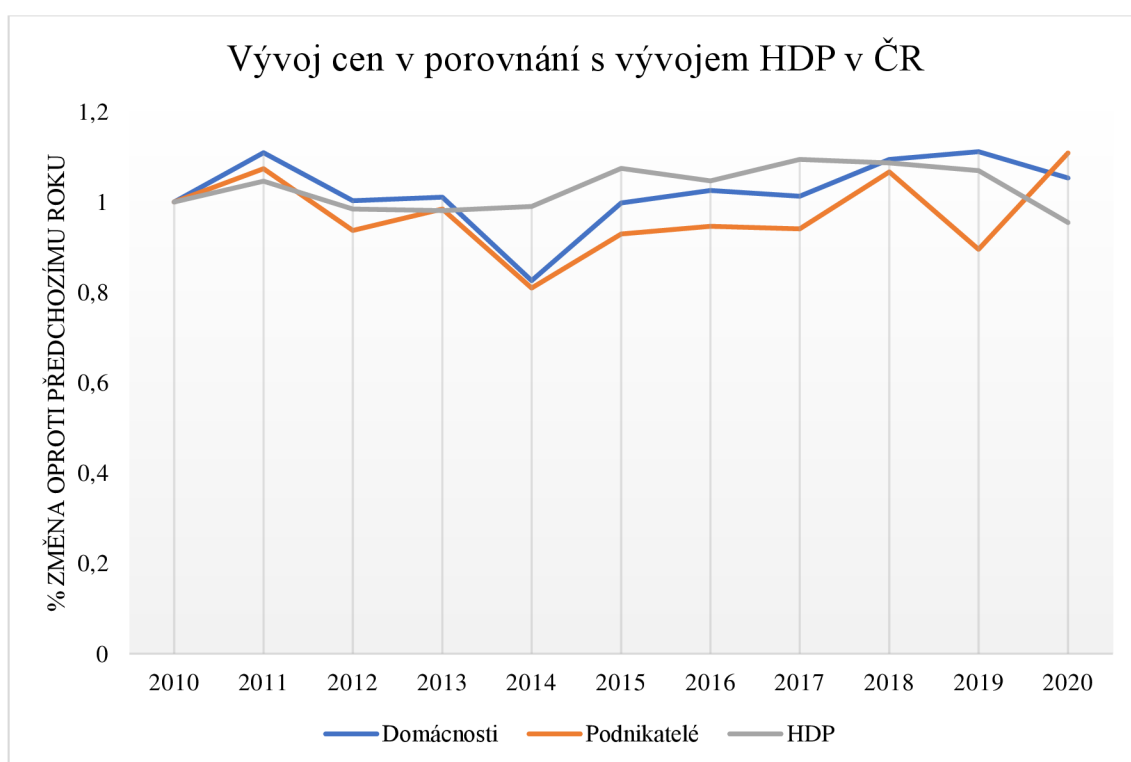
Co se týče ceny elektrické energie u podnikatelů, na grafu číslo 4 můžeme vidět, že se obě osy protnuly a to hned dvakrát. Na počátku sledovaného období byla cena elektřiny dražší v České republice a od roku 2011 docházelo k jejímu postupnému snižování. V roce 2014 se cena elektrické energie v České republice dostala nepatrně pod úroveň té rakouské. Po tomto roce obě země pokračovaly v nastalém trendu snižování ceny, ale s tím, že Česká republika měla stále dražší elektřinu. To se změnilo v posledních dvou letech sledovaného období, kdy se Rakousko dokonce dostalo na svoji nejvyšší naměřenou hodnotu za sledované období. Rakousko tak od roku 2017 zaznamenává nárůst ceny elektrické energie, zatímco Česká republika jej zaznamenává pouze v tom posledním.

2.2.5.2 Vývoj cen v porovnání s vývojem HDP

Tato podkapitola porovnává vývoj cen elektrické energie za sledované období let 2010 až 2020 s vývojem HDP ve vybrané zemi. Pro lepší přehlednost byl vývoj rozdělen podle zemí. V prvním grafu je zobrazen vývoj cen v porovnání s vývojem HDP v České republice, kde jsou mimo zmiňované HDP porovnávány také ceny domácností a podnikatelů z předchozí kapitoly. Pro lepší přehlednost byla vzata procentuální změna daného ukazatele v porovnání s minulým rokem. Grafy tedy zobrazují procentuální změnu oproti předchozímu roku.

Graf 5: Vývoj cen elektřiny v porovnání s vývojem HDP v ČR

Zdroj: Eurostat (vlastní zpracování)

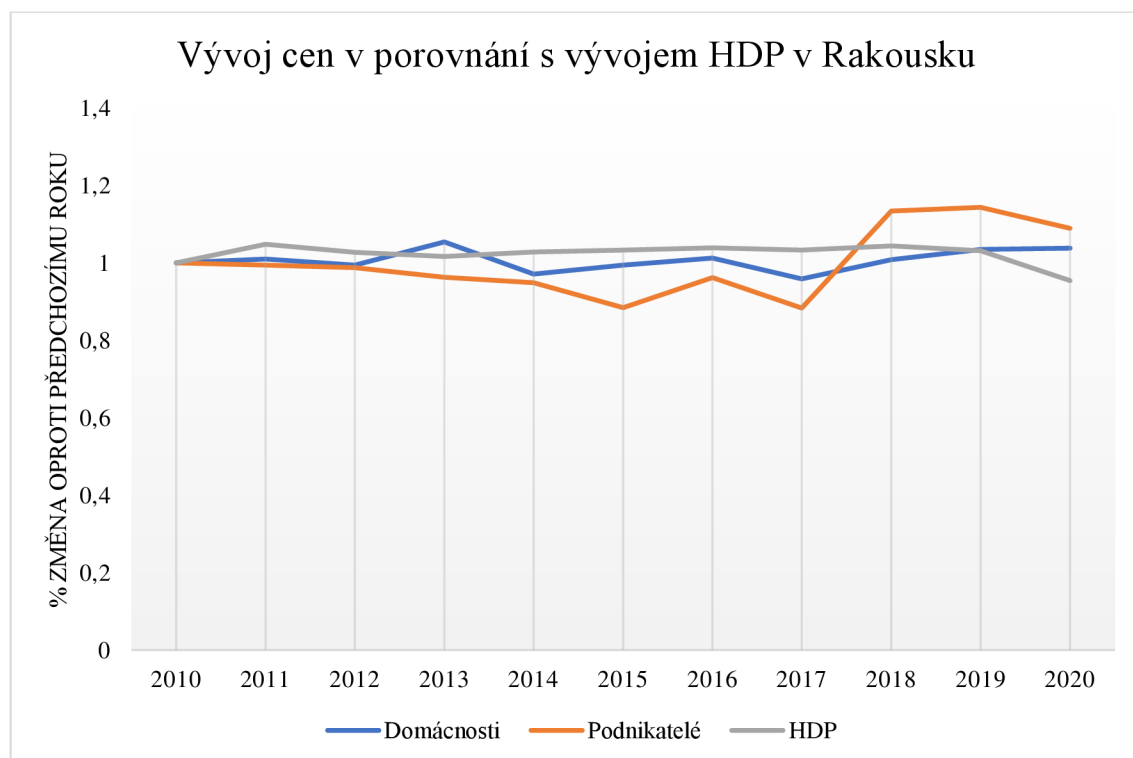


Graf číslo 5 porovnává procentuální vývoj cen elektřiny s vývojem HDP v České republice. Hned na první pohled si můžeme všimnout mírného kolísání na počátku sledovaného období, kdy šly ceny elektřiny domácností, ceny elektřiny podnikatelů a také HDP nahoru. Od roku 2014 u všech tří ukazatelů zaznamenáváme růst, kdy se nejvyšší procentuální změna projevuje na HDP. Po celou dobu je procentuální změna ceny elektrické energie nižší u podnikatelů a ta tak do roku 2018 zcela kopíruje trend ceny

elektrické energie domácností. To však neplatí v posledních dvou sledovaných letech, kdy v roce 2019 dochází k poměrně razantnímu poklesu ceny elektrické energie u podnikatelů a v posledním sledovaném roce 2020 dochází k poměrně velkému navýšení ceny a celková procentuální změna oproti předchozímu roku je tak ze všech ukazatelů nejvyšší.

Graf 6: Vývoj cen elektřiny v porovnání s vývojem HDP v Rakousku

Zdroj: Eurostat (vlastní zpracování)



Graf výše vyobrazuje porovnání procentuálního vývoje cen elektrické energie s vývojem HDP v Rakousku. Jak si můžeme všimnout, tak HDP nedosahuje žádných extrémních změn, v posledních dvou letech však dochází k poklesu a v posledním sledovaném roce se procentuální změna HDP nachází na nejnižší hodnotě za sledované období. Cena elektrické energie podnikatelů téměř přesně kopíruje trend, který byl zaznamenán v České republice. Kdy od roku 2010 až do roku 2015 dochází k postupnému poklesu procentuální změny ceny elektřiny u podnikatelů. Zde je malý rozdíl. V České republice se navýšení projevilo již v roce 2015, zatímco v Rakousku až o rok později.

2.2.5.3 Princip nákupu dopředu

S energiemi je možné obchodovat jak na krátkou, tak na delší dobu. Dodavatelé mohou od výrobců nakupovat na delší období (takzvaně dopředu) anebo krátkodobě za spotovou cenu, tedy za okamžitou cenu elektrické energie a plynu na trhu s energiemi. Ta je daná aktuální poptávkou a s časem se průběžně mění. Její výše závisí na tom, kdy ji dodavatel skutečně kupuje. Pokud dodavatel nakupuje elektřinu dopředu, může svým zákazníkům nabízet takzvané smlouvy s fixovanou cenou energií i na několik let dopředu. Výhodou takto fixovaných cen je pro zákazníka to, že se cena nezmění ani v době, kdy dojde k rychlému nárůstu cen energií na burzách. V době, kdy dochází k růstu cen energií má tak zákazník potřebnou stabilitu a cenu zafixovanou smlouvou. V opačném případě může dodavatel energií spekulovat s cenou a energii nenakupovat dopředu, ale za spotovou cenu na poslední chvíli. Pokud jsou ceny energií nízké, může dodavatel nabízet lidem velmi levnou elektřinu. Avšak pokud by se ceny energií zvýšily a dále rostly, musel by tento dodavatel svým zákazníkům výrazně zdražit. Zákazník se může rozhodnout, jestli bude riskovat s cenou bez fixace či nikoliv. Za předpokladu levných energií to může být výhodné, ale v opačném případě také velmi nevýhodné. Pokud by ceny nebyly zafixované smlouvou a došlo by k růstu cen energií, tak by dodavatel neměl pro své zákazníky elektřinu nakoupenou a musel by ji dokupovat na spotovém trhu za vysoké ceny. [20]

2.2.6 Prostředí velkoobchodu a maloobchodu

Obchodování s elektrickou energií můžeme rozdělit na velkoobchod a maloobchod. S přihlédnutím k tomu, jak to funguje v praxi, lze říct, že na velkoobchodním trhu nakupují a také prodávají subjekty zúčtování mezi sebou. Na druhou stranu na maloobchodním trhu spolu realizují obchod subjekty zúčtování s účastníkem trhu, případně účastník trhu s jiným účastníkem trhu. Při realizaci obchodu na velkoobchodním trhu musí subjekt zúčtování řešit, zda je pro něj výhodnější provozovat vlastní zdroje, případně v jakém režimu, či zda je výhodnější elektřinu koupit na velkoobchodním trhu. Za předpokladu, že jsou maloobchodní a velkoobchodní ceny regulovány anebo jsou stanoveny trhem, nevzniká žádný problém. Velkoobchod i maloobchod s elektrickou energií je součástí jednoho obchodního procesu a jeho umělé rozdělení může způsobovat problémy. Prvním takovým problémem může být konkurence na maloobchodním trhu, kdy pokud obchodníci s elektřinou nedosahují obvyklých výsledků, mají sklon tuto

aktivitu opouštět. To vede k tomu, že do maloobchodu s elektrickou energií nevstupují nové subjekty a výsledkem je nedostatečná konkurence na trhu. Dalším dopadem je likvidita, kdy spojení cen maloobchodu a velkoobchodu může vést k tomu, že se zvýší likvidita na obou trzích. Třetím dopadem jsou cenové signály, které pro zákazníky znamenají to, že bez přímého vlivu velkoobchodních cen elektřiny na konečné zákazníky jsou více pravděpodobná nesprávná rozhodnutí při volbě použité energie a jejího využití. Pro výrobce tyto signály znamenají to, že bez přímého vlivu poptávky na stranu dodávky energie lze očekávat klesající počet podnětů pro výstavbu nových zdrojů energie, případně lze také očekávat jejich chybnou alokaci. Posledním dopadem je integrace trhů, kdy regulace maloobchodních cen, byť jen částečná, nepomáhá sjednocení trhů. Pro existenci maloobchodního trhu je podstatným článkem Evropská unie, díky které má každý zákazník právo zvolit si svého dodavatele elektřiny. Cílem tohoto rozhodnutí bylo vybudovat takový maloobchodní trh s elektrickou energií v Evropské unii, který přinese výhodnější ceny, lepší kvalitu služeb, nové produkty a zlepšování stávajících a další.

Pro to, aby mohl maloobchodní trh existovat a fungovat, je naprosto zásadní podmínkou to, aby existoval likvidní velkoobchodní trh. Integrací těchto dvou trhů je významné v oblasti bilančního mechanismu a vnitrodenního trhu. Z hlediska správné funkčnosti trhu s elektrickou energií je nutné, aby cena zákazníka na maloobchodním trhu odrážela v daném čase a místě elektrizační soustavy cenu na velkoobchodním trhu. Ceny velkoobchodního trhu jsou povětšinou hodinové, denní či dle pásma. Pro většinu zákazníků na maloobchodním trhu jsou ceny platné pro sjednané období, například na rok. [21, strana 39-42]

2.3 Současná situace na trhu elektrické energie v Rakousku

Dle Mezinárodní agentury pro energii se rakouská vláda zavázala, stejně jako česká, dosáhnout uhlíkové neutrality. Rakousko by této neutrality chtělo dosáhnout nejpозději v roce 2040. Tento závazek bude vyžadovat, aby Rakousko podstatně zvýšilo úsilí o dekarbonizaci ve všech energetických odvětvích. [22] Dekarbonizace v energetice je termín, kterým je myšlen proces vedoucí ke snižování množství emisí uhlíku, zejména pak oxidu uhličitého. [23] Rakousko si stanovilo cíl 100 % dodávek elektřiny z obnovitelných zdrojů do roku 2030. Již v roce 2018 pocházelo 77 % elektřiny z obnovitelných zdrojů. Závazek rakouské vlády 100 % dodávek elektřiny z obnovitelných

zdrojů do roku 2030 bude vyžadovat investice, které budou mít vliv na odolnější a flexibilnější síť, prostřednictvím digitalizace chtějí optimalizovat řízení na straně poptávky a také chtějí aktualizovat právní a regulační rámec, aby se spotřebitelé mohli více zapojit. Jako v mnoha dalších zemích je dekarbonizace tepla a dopravy náročná na růst emisí v Rakousku, od roku 2014 je způsoben zvýšením konečné spotřeby energie v budovách a dopravě. Rakouská vláda plánuje vyřadit topné systémy na ropu a uhlí a to do roku 2035. Do roku 2025 by chtěla omezit používání zemního plynu pro vytápění v budovách. [22]

2.4 Ekonometrie

Podstatu ekonometrie lze charakterizovat jako ekonomickou disciplínu, která se zabývá měřením různých ekonomických vztahů a jejich závislostí. Ekonometrická analýza je spojením ekonomické teorie, matematiky, statistiky a v poslední době také informatiky, která je využívána za účelem vyhledávání, měření a empirického ověřování zejména ekonomických, ale i jiných jevů. *Metodologie ekonometrické analýzy je založená na vícestupňové abstrakci vycházející z teoretické kvalitativní analýzy zkoumaného problému nebo systému jejímž cílem je nejprve specifikace ekonomického modelu neboli základní formulace hypotézy. Ekonomický model usnadňuje a umožňuje matematickou a statistickou formalizaci verbálně popsaných teoretických předpokladů a poznatků. Při matematické specifikaci a transformaci ekonomického modelu jde o adekvátní vyjádření základní hypotézy s maximálním, avšak únosným stupněm zjednodušení, jehož výsledkem je ekonomicko-matematický model. Po vhodné statistické specifikaci stochastických vlivů, zahrnutých do modelu, dostáváme ekonometrický model. Matematické závislosti veličin umožňují kvantifikovat na základě dostupných empiricky zjištěných statistických dat intenzitu a směr jejich vzájemného působení do modelu zahrnutých proměnných, které jsou měřené odhadnutými parametry ekonometrického modelu. Je-li ekonometrický model odhadnut, následuje jeho verifikace, tedy ověření, že jsou odhadnuté parametry v souladu s teoretickými předpoklady. Pro toto ověření je potřeba si stanovit správná testovací kritéria. V poslední řadě jde o praktické využití odhadnutého modelu pro účely analýzy zkoumaného problému či systému za období, za které jsou dostupná statistická data, ale i období předpovědi. [24, strana 11-14]*

2.4.1 Specifikace ekonometrického modelu

Konkrétní specifikace ekonometrického modelu je subjektivní, záleží totiž na schopnostech ekonometra sloučit teoretické poznatky s informacemi o sledovaném problému či systému, který se zkoumá. Nejčastěji se ekonometrický model specifikuje více způsoby, kdy se ta nejvíce vhodná varianta vybírá dle vyhodnocení počítačového simulačního experimentu s různými variantami modelu. Specifikace modelu spočívá ve třech krocích:

1. *Určení a klasifikace všech proměnných zahrnutých do modelu s apriorní a výběrovou informací získanou z ekonomické teorie a z dat*
2. *Stanovení předpokládaných znamének a očekávaných hodnot odhadnutých parametrů modelu*
3. *Volba matematického a analytického modelu, popřípadě jeho jednotlivých rovnic*

V prvním kroku jde o rozdělení proměnných na endogenní a exogenní. Endogenní proměnné jsou takové proměnné jejichž hodnoty jsou generovány systémem, zatímco exogenní proměnné jsou takové proměnné, které působí na zkoumaný systém a které jsou jím samy ovlivňovány. Endogenní proměnné mají v jednorovnicových modelech pouze jednu úlohu a to vysvětlovací. Ve vícerovnicových modelech mají dvojí roli, kdy mohou vystupovat i jako vysvětlující proměnné. Exogenní proměnné mají pokaždé charakter vysvětlujících proměnných. Ve druhém kroku jde o znaménka jednotlivých parametrů, které určujeme pomocí příslušné ekonomické teorie anebo k tomu využíváme podklady z jiných kvantitativních studií a analýz. Třetí variantě stejně jako té první nedává ekonometrická teorie přesný návod pokud jde o analytický tvar zkoumaných závislostí ekonometrického modelu nebo o počet rovnic či jejich případných vztahů. Při volbě matematického tvaru se rozhodujeme pro jeden ze tří typů modelu a to pro jednorovnicový model, vícerovnicový model zcela nebo zdánlivě nezávislých rovnic a pro simultánní model. [24, strana 14-21]

2.4.2 Kvantifikace ekonometrického modelu

Kvantifikace ekonometrického modelu slouží zvláště pro odhad číselných hodnot jeho parametrů pomocí vhodně zvolených ekonometrických odhadových postupů. Kvantifikace modelu začíná již nashromážděním statistických dat a jejich úpravou. Data,

kteřá jsou používána při kvantifikaci modelu mají povahu zpravidla kvantitativních statických pozorování neexperimentálního charakteru. Pro kvantifikaci dat existují vhodné postupy, které umožňují použít při odhadu parametrů modelu i veličiny, které jsou jak kvalitativní veličiny, tak kvantitativní proměnné, které nejsou přímo měřitelné. Tohoto lze dosáhnout za pomoci fiktivních (umělých) proměnných, za pomoci kterých lze měřit vliv takových faktorů jako je pohlaví, stupeň dosažené kvalifikace a podobně. Statistická data mohou mít různou podobu. Časové řady nám poskytují informace o číselných hodnotách proměnných v jednotlivých po sobě jdoucích časových intervalech různých délek, nejčastěji se využívají roky, měsíce či čtvrtletí. Průřezová data představují pozorování vybraných proměnných, které se týkají jednotlivých subjektů ve stejném sledovaném období a shrnují informace za různé regiony nebo země v daném období a mají povahu prostorových údajů. V některých zkoumáních je užitečné zkombinovat průřezová data s údaji z časových řad. Tento přístup vnáší do ekonometrického modelu více informací a používá se běžně při takzvaném smíšeném odhadu koeficientů pružnosti, k poptávce po určité komoditě, kdy tyto koeficienty příjmové pružnosti obvykle odhadujeme z průřezových údajů a koeficienty cenové pružnosti pak z časových řad. Dalším pojmem jsou panelová data, která jsou zvláštním druhem statistických dat. Tato data vznikají opakováním výběrového šetření s daným programem u stejného výběrového souboru oslovených respondentů v různých časových obdobích. Příkladem panelových dat mohou být údaje o peněžních příjmech a výdajích vybraných sociálních skupin domácností, které jsou zjišťovány několik měsíců či let po sobě. [24, strana 21-23]

2.4.4 Verifikace ekonometrického modelu

Před aplikací ekonometrického modelu na teoretické i praktické problémy jej ještě musíme verifikovat, neboli ověřit, a vyhodnotit, jestli jsou všechny získané odhady parametrů v souladu s omezeními počáteční ekonomické hypotézy. Mimo samotnou verifikaci ekonometrického modelu je potřeba ještě provést rozhodnutí o jeho reálnosti a posoudit statistickou významnost odhadnutých parametrů a testování platnosti hypotéz, které se týkají určitých vlastností proměnných a parametrů modelu, jeho analytického tvaru i použitých dat. Verifikaci ekonometrických modelů lze rozdělit na tři typy:

1. *Ekonomická verifikace*
2. *Statistická verifikace*
3. *Ekonometrická verifikace*

Ekonomická verifikace vychází z ekonomických omezení a je nezbytným kritériem ekonomické interpretace a využitelnosti výsledků kvantifikace. Jde o to ověřit správnost znamének a velikost číselných hodnot odhadnutých parametrů. Jsou-li získané odhady v souladu s očekáváním ohledně znamének a hodnot jednotlivých parametrů, tak je lze interpretovat shodně s teoretickými a ekonomickými předpoklady a takto odhadnutý ekonometrický model je adekvátním zobrazením zkoumaného ekonomického problému či systému. Avšak nejsou-li znaménka či hodnoty odhadnutých parametrů v souladu s výchozími ekonomickými předpoklady, je nutno model anebo jeho jednotlivé rovnice zpravidla specifikovat odlišným způsobem. **Statistická verifikace** slouží k posouzení, zda existuje statistická reálnost jednotlivých odhadnutých parametrů i celého ekonometrického modelu. Tato verifikace je založena na statistických testech (kritériích), pomocí kterých je ověřována přesnost nebo významnost výsledků kvantifikace z jednoho výběru pozorování na základě statistické indukce. Nejčastěji využívanými statistickými testy jsou standardní chyby odhadnutých parametrů, koeficient vícenásobné determinace a dále také t a F testy statistické významnosti odhadů. Třetím typem je **ekonometrická verifikace** modelu spočívající v ověřování podmínek, které jsou potřebné k úspěšné aplikaci konkrétních ekonometrických metod, testů a technik. Pomocí statistických testů zkoumáme platnost či oprávněnost použití statistických kritérií, zvláště v případě malého rozsahu výběru pozorování. Pokud nejsou dodrženy předpoklady, které jsou potřebné pro aplikaci konkrétního odhadového postupu nebo testu, pak odhady parametrů ztrácejí některé optimální vlastnosti anebo pozbývají platnosti, takže neposkytují reálné závěry. Mezi ekonometrická kritéria patří testy autokorelace náhodných složek, kritéria multikolinearity vysvětlujících proměnných a další. Vyhodnocení reálnosti odhadnutého modelu je nezbytnou součástí ekonometrické analýzy, jelikož k praktickému využití jsou vhodné pouze takové výsledky kvantifikace ekonometrického modelu, které vyhovují zmíněným kritériím současně. [24, strana 23-24]

2.4.3 Využití ekonometrického modelu

Oblastí způsobů aplikace a využití ekonometrických modelů je spousta, uplatnění nachází ekonometrická analýza jak při kvantifikaci a verifikaci ekonomických hypotéz na makroúrovni, tak i při zkoumání vztahů mezi ekonomickými proměnnými jako je poptávka, důchody a ceny na mikroúrovni. Od počátku ekonometrie je dáván značný prostor makroekonomickým a mikroekonomickým studiím, kde jsou zkoumány poptávkové funkce, nejčastěji domácností. Další oblastí využití je aplikace jednorovnicových ekonometrických modelů u podniků, kde jsou předmětem zkoumání produkční a nákladové funkce. Významnou roli také hrají makroekonomické produkční funkce a to z hlediska rozdělování a teorie růstu. Z makroekonomických modelů je dlouhodobě zájem především o spotřební funkce. Významnou úlohu má ekonometrická analýza také v úseku zkoumání investiční funkce a při ověřování různě specifikovaných funkcí poptávky po penězích a to v souvislosti s relativní efektivností monetární a fiskální politiky, kde je ekonometrické modelování důležitým nástrojem. Analýza vývoje nebo chování zkoumaného souboru v období pozorování, neboli aplikace modelu ex post, spočívá v interpretaci a testování významu odhadnutých parametrů i modelu jako celku. Cílem je verifikovat shodu závěrů, které plynou z odhadnutého modelu, s počáteční hypotézou. Předpověď budoucích hodnot vysvětlovaných proměnných, neboli aplikace modelu ex ante, slouží k odhadu endogenních proměnných pomocí odhadnutého modelu v období mimo interval pozorování. Předpokladem je však znalost očekávaných hodnot vysvětlujících proměnných v období předpovědi, kdy jsou analytický (matematický) tvar i odhady parametrů modelu v čase stabilní. Obecně neplatí, že když odhadnutý model vyhovuje všem kritériím verifikace v období pozorování, tak je automaticky vhodný pro predikci. Před aplikací ekonometrického modelu je tak potřeba testovat jeho predikční schopnosti, například pomocí simulačních postupů. [24, strana 26-28]

2.4.4 Korelační analýza

Korelací je myšlena lineární závislost mezi dvěma veličinami. Míru této korelace vyjadřuje korelační koeficient, který nabývá hodnot od -1 do 1. Nulová hodnota znamená, že mezi veličinami není lineární závislost. Nabývá-li hodnota kladných čísel, znamená to, že je mezi veličinami lineární vztah, kdy s růstem jedné veličiny roste i druhá. Záporné hodnoty nám naopak říkají, že mezi zkoumanými veličinami je vztah, kdy při růstu jedné

veličiny dochází k poklesu druhé. Čím více se výsledná hodnota korelačního koeficientu přibližuje extrémům intervalu, je jejich vztah silnější. [25]

2.4.5 Regresní analýza

Regresní analýza patří k těm nejvyužívanějším metodám statistické analýzy vícerozměrných dat. Regresní analýza poskytuje možnost vyjádření vztahu mezi proměnnou, kterou chceme popisovat a množinou vysvětlujících proměnných pomocí regresní funkce. Nachází uplatnění v řadě oborů, jakými jsou fyzika, chemie, ekonomie, sociální vědy a další. Regresní analýzu lze demonstrovat na jednoduchém modelu se dvěma proměnnými X a Y , které se od sebe odlišují svým významem. Hodnotu Y jakožto náhodnou veličinu budeme označovat jakou vysvětlovanou veličinu, zatímco hodnotu X budeme označovat jako vysvětlující proměnnou. Hodnoty Y před provedením pokusu neznáme a neovlivňujeme, hodnoty X máme plně pod kontrolou kalp dopředu nastavené hodnoty, nebo je získáme jako výsledky provedeného náhodného pozorování současně s měřením hodnot veličiny Y . Dalším předpokladem je, že mezi proměnnou X a proměnnou Y existuje přibližně lineární vztah. Měření či pozorování vysvětlující proměnné Y může být zatíženo náhodnou chybou, kterou budeme označovat jako e . Za těchto podmínek tedy dostáváme jednoduchý model regresní analýzy a sice:

$$Y = \beta_1 + \beta_2 X + e$$

Rovnice 1: Jednoduchý model regresní analýzy

kde jsou β_1 a β_2 neznámé parametry (reálné konstanty), Y a e jsou náhodné veličiny a X je daná reálná proměnná. Parametry β_1 a β_2 jsou neznámé a je tak zapotřebí je odhadnout pomocí naměřených dat. Také předpokládáme, že při hodnotách $x_1, x_2 \dots x_n$ proměnné X pozorujeme hodnoty $y_1, y_2 \dots y_n$ proměnné Y zatížené chybami $e_1, e_2 \dots e_n$. O pozorováních $y_1, y_2 \dots y_n$ předpokládáme, že vyhovují jednoduchému modelu regresní analýzy a tak tedy platí, že regresní funkce je znázorněna přímkou a platí následující vztah:

$$y_i = \beta_1 + \beta_2 x_i + e_i; i = 1, 2 \dots, n.$$

Rovnice 2: Regresní funkce

O chybách $e_1, e_2 \dots e_n$ předpokládáme, že jsou to veličiny, které jsou nezávislé a nesystematické, to znamená, že jejich střední hodnota je nulová, tedy že $E(e_i) = 0$.

Předpokládáme také, že jsou tyto chyby homogenní, tedy že mají stejný rozptyl $D(e_i) = \delta^2$; $i = 1, 2 \dots n$. Model popsáný výše se nazývá regresní model. Cílem modelu je najít odhady neznámých parametrů β_1 a β_2 a odhad rozptylu δ^2 . Pro toto lze využít metodu nejmenších čtverců, které se budu věnovat v podkapitole níže. [26, strana 264-265]

2.4.6 Vícenásobná regresní analýza

Vícenásobná regresní analýza využívající metodu nejmenších čtverců je základním nástrojem, pomocí kterého lze získat koeficienty potřebné pro tvorbu ekonometrického modelu. Vícenásobná regresní analýza se využívá k popisu vztahů mezi více než jednou nezávislou proměnnou a jednou závislou proměnnou. V dalších podkapitolách dojde k představení klasického lineárního regresního modelu, k představení metody nejmenších čtverců a k míře intenzity závislosti. Dojde také k testování samotného regresního modelu, kdy bude blíže popsán test významnosti odhadnutých parametrů, intervaly spolehlivosti odhadnutých parametrů, test významnosti modelu, test specifikace modelu, multikolinearita, heteroskedasticita, autokorelace, ex-post a ex-ante predikce. Na závěr kapitoly se budu věnovat prognóze pomocí regresního modelu, kdy bude popsána prognóza pomocí jednorovnicového modelu a kritéria hodnocení předpovědi.

2.4.6.1 Klasický lineární regresní model

Pokud budeme předpokládat stochastickou lineární závislost, tedy že změna jednoho jevu vyvolá změnu druhého jevu s určitou pravděpodobností, mezi vysvětlovanou proměnnou Y a k vysvětlujícími proměnnými $X_1, X_2 \dots, X_k$ ve tvaru:

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + u$$

Rovnice 3: Klasický lineární regresní model

kde u je náhodná složka a β_j je regresní koeficient či parametr ($j = 1, 2, 3 \dots, k$). X_1 lze specifikovat jako zvláštní proměnnou, která při každém z pozorování nabývá hodnoty rovné 1, takže tento vztah lze popsat jako:

$$E(Y) = \beta_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + u$$

Rovnice 4: Regresní model s absolutním členem (úrovňovou konstantou)

kdy je β_1 absolutní člen nebo úrovněová konstanta. Jestliže platí vztah $E(u) = 0$, pak můžeme očekávanou hodnotu Y vyjádřit jako funkci daných hodnot vysvětlujících proměnných pomocí deterministického vztahu:

$$E(Y) = \beta_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k$$

Rovnice 5: Regresní funkce základního souboru

tento vztah se nazývá regresní funkcí základního souboru. Regresní koeficienty $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_k$ měří změnu $E(Y)$, která odpovídá jednotkové změně libovolné jedné vysvětlující proměnné, kdy ostatní vysvětlující proměnné zůstávají konstantní za jinak nezměněných podmínek (*ceteris paribus*). Jelikož neznáme koeficienty regresní rovnice, ani parametry rozdělení náhodné složky v základním souboru, musíme se tak spokojit s jejich odhady. K dispozici máme zpravidla konečný výběr n pozorování, kde každé obsahuje konkrétní hodnotu vystěhované proměnné Y a množinu hodnot vysvětlující proměnných X_1, X_2, \dots, X_k . Jestliže pro základní soubor, ze kterého jsme získali náhodný výběr n pozorování, platí regresní vztah (viz rovnice 4), pak pro i -té pozorování dostáváme vztah:

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki} + u; \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Rovnice 6: Regresní model pro i -té pozorování

tím, že aplikujeme některý z adekvátních postupů, odhadneme z výběru n pozorování regresní funkci základního souboru (rovnice 5) pomocí výběrové regresní funkce:

$$\hat{Y} = b_1 + b_2 X_2 + \dots + b_k X_k$$

Rovnice 7: Výběrová regresní funkce

v tomto vztahu jsou b_1, b_2, \dots, b_k bodové odhady neznámých parametrů $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$. Veličina \hat{Y} je vyrovnaná nebo predikovaná hodnota Y , takže její vyrovnané hodnoty pro jednotlivá pozorování lze zapsat jako:

$$\hat{Y}_i = b_1 + b_2 X_{2i} + \dots + b_k X_{ki}; \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Rovnice 8: Vyrovnané hodnoty pro jednotlivé pozorování

Odlišnost mezi skutečnými hodnotami Y_i v jednom výběru a vyrovnanými hodnotami \hat{Y} :

$$Y_i - \hat{Y}_i = e_i; \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Rovnice 9: Reziduum 1

Je reziduum. Měřitelná rezidua e_i lze chápat jako odhady neznámých náhodných složek u_i . Vzhledem k vyrovnaným hodnotám pro jednotlivá pozorování (rovnice 8) platí:

$$Y_i = \hat{Y}_i + e_i = b_1 + b_2 X_{2i} + \dots + b_k X_{ki} + e_i; \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Rovnice 10: Reziduum 2

Z tohoto vztahu je zřejmé, že se e_i nemůže rovnat nule, protože reziduum je odchylka skutečných hodnot Y_i od vyrovnaných, zatímco náhodná složka je rozdíl mezi skutečnými hodnotami Y_i a jejich očekávanými či průměrnými hodnotami. Pomocí různých výběrových regresních rovnic lze dospět k rozdílným množinám reziduí. Aby došlo ke zjednodušení odvození výsledků při odhadu a testování lineárního regresního modelu, vyjádříme soustavu n rovnic z regresního modelu pro i -té pozorování (rovnice 6) pomocí zápisu:

$$y = X\beta + u$$

Rovnice 11: Soustava n rovnic vyjádřená pomocí maticového zápisu

kde:

y je sloupcový vektor n pozorování hodnot vysvětlované proměnné

X je matice $n \times k$ pozorování hodnot vysvětlujících proměnných

u je sloupcový vektor n hodnot nepozorovatelné náhodné složky

β je sloupcový vektor k neznámých parametrů

Rozdíl počtu pozorování n a počtu odhadovaných parametrů k je počet stupňů volnosti, kdy musí platit $n > k$. Pro klasický či standardní lineární regresní model musí být splněny 4 podmínky a sice:

1. $E(u) = \mathbf{0}$
2. $E(uu') = \delta^2 I_n$
3. X je nestochastická matice, takže $E(X'u) = \mathbf{0}$
4. X má plnou hodnost k

První ze zmíněných podmínek nám říká, že náhodné složky musí mít ve všech výběrech identické rozdělení s nulovou střední hodnotou. Druhá je vyjádřením homoskedasticity a sériové závislosti. Ze třetí podmínky vychází to, že při opakovaných výběrech by pozorování vysvětlujících proměnných nabírala stálých hodnot, takže jediným zdrojem měnící se variability y v různých výběrech je pouze nestálost vektoru náhodných složek. Čtvrtou a poslední podmínkou je, aby matice X neobsahovala žádné perfektně lineární závislé sloupce pozorování náhodných proměnných. Mimo splnění těchto 4 podmínek se také předpokládá, že je model přesně specifikován v souladu s ekonomickou teorií. [24, strana 29-31]

2.4.6.2 Metoda nejmenších čtverců

Při splnění výše uvedených 4 klasických podmínek, lze odhadnout vektor neznámých regresních koeficientů i stochastické parametry rozdělení náhodných složek v lineárních regresním modelu metodou řádných nebo klasických **nejmenších čtverců**. Předností metody nejmenších čtverců je to, že oproti jiným odhadovým metodám poskytuje odhady s optimálními vlastnostmi i pro menší výběry pozorování a výpočetní postup při určení numerických hodnot odhadovaných parametrů je jednoduchý. Z metody nejmenších čtverců taktéž vychází spousta dalších, propracovanějších, ekonomických odhadových postupů. Vrátime-li se k rovnici číslo 11, tak jsou v tomto lineárním modelu veškeré informace o neznámém vektoru parametrů β a neznámém skaláru δ^2 obsažena ve výběru pozorování n náhodné proměnné y a pro k stálých vysvětlujících proměnných X . Podstatou tohoto bodového odhadu je vybrat vhodnou funkci pozorování y při známé matici pozorování X , abychom získali co nejlepší odhady neznámých parametrů modelu. Pokud se omezíme na lineární transformace y , pak můžeme zapsat bodovou lineární odhadovou funkci jako:

$$b = Ay$$

Rovnice 12: Bodová lineární odhadová funkce

kde b je sloupcový vektor odhadů β a A je matice typu $k \times n$. Pokud vyjdeme z metody nejmenších čtverců při odhadu klasického lineárního modelu (viz rovnice číslo 11), tak pro bodovou odhadovou funkci b platí následující vztah:

$$y = Xb + e$$

Rovnice 13: Metoda nejmenších čtverců při odhadu klasického lineárního modelu 1

nebo:

$$\hat{y} = Xb$$

Rovnice 14: Metoda nejmenších čtverců při odhadu klasického lineárního modelu 2

kde e je vektor n reziduí $(y - Xb)$ a \hat{y} je vektor vyrovnaných hodnot vysvětlované proměnné. Kritériem volby odhadované funkce β při využití metody nejmenších čtverců je dosáhnout co nejmenšího součtu čtverců reziduí, minimalizujeme tedy kvadratickou formu

$$e'e = (y - Xb)'(y - Xb) = y'y - 2b'X'y + b'X'Xb$$

Rovnice 15: Kvadratická forma odhadované funkce β za využití metody nejmenších možných čtverců

Po stanovení první parciální derivace soustavy z rovnice číslo 15 podle b' a výsledek položíme roven nule, dostaneme vztah:

$$\frac{\partial(e'e)}{\partial b'} = -2X'y + 2X'Xb = 0$$

Rovnice 16: Parciální derivace rovnice 15 podle b' s výsledkem rovným nule

řešením této parciální derivace dospějeme k takzvaným normálním rovnicím nejmenších čtverců:

$$X'Xb = X'y$$

Rovnice 17: Normální rovnice nejmenších čtverců 1

takže při existenci $(X'X)^{-1}$ dostaneme bodovou odhadovou funkci b , která minimalizuje součet čtverců reziduí a má tvar:

$$b = (X'X)^{-1}X'y$$

Rovnice 18: Bodová odhadová funkce b 1

Jelikož je matice druhých partiálních derivací $\frac{\partial^2(e'e)}{\partial b' \partial b} = 2X'X$ je pozitivně definitivní, vektor b z rovnice číslo 18 zaručuje dosažení minima výrazu rovnice 15, tedy kvadratické formě odhadované funkce β za využití metody nejmenších možných čtverců. Pro ilustraci odvození odhadové funkce metodou nejmenších čtverců bez použití maticového vyjádření použijeme lineární regresní model s jednou vysvětlující proměnnou. Pro jednoduchou lineární regresi Y_i a X_i tedy platí:

$$X'X = \begin{bmatrix} n & \sum X_i \\ \sum X_i & \sum X_i^2 \end{bmatrix}; \quad X'y = \begin{bmatrix} \sum Y_i \\ \sum X_i Y_i \end{bmatrix}$$

Rovnice 19: Jednoduchá lineární regrese Y_i a X_i

V tom případě se dá zapsat normální rovnice nejmenších čtverců jako:

$$\begin{aligned} b_1 n + b_2 \sum X_i &= \sum Y_i \\ b_1 \sum X_i + b_2 \sum X_i^2 &= \sum X_i Y_i \end{aligned}$$

Rovnice 20: Normální rovnice nejmenších čtverců 2

Řešením dvou rovnic napsaných výše je bodová odhadová funkce metody nejmenších čtverců, která má následující tvar:

$$b = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n & \sum X_i \\ \sum X_i & \sum X_i^2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \sum Y_i \\ \sum X_i Y_i \end{bmatrix} = \frac{1}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \begin{bmatrix} \sum X_i^2 & -\sum X_i \\ -\sum X_i & n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sum Y_i \\ \sum X_i Y_i \end{bmatrix}$$

Rovnice 21: Bodová odhadová funkce b 2

Pro bodové odhady b_1 (úrovňová konstanta) a b_2 (regresní koeficient) metodou nejmenších čtverců dostaneme na základě rovnice číslo 20 vyjádření těchto vzorců:

$$b_1 = \frac{\sum X_i^2 \sum Y_i - \sum X_i \sum X_i Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$b_2 = \frac{n \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

Rovnice 22: Vyjádření úrovňové konstanty b_1 a regresního koeficientu b_2

Pro zjednodušení výpočtů lze namísto původních pozorování Y_i a X_i využít jejich centralizované hodnoty, tedy hodnoty zmenšené o výběrové aritmetické průměry a

vyjádření úrovně konstanty b_1 a regresního koeficientu b_2 by v úsporné formě vypadal následovně:

$$b_1 = \bar{Y} - b_2 \bar{X}$$

$$b_2 = \frac{\sum x_i y_i}{\sum x_i^2}$$

Rovnice 23: Úsporný zápis úrovně konstanty b_1 a regresního koeficientu b_2

kde $x_i = X_i - \bar{X}$ a $y_i = Y_i - \bar{Y}$, kdy \bar{X} a \bar{Y} jsou výběrové průměry pozorování X_i a Y_i . [24, strana 32-34]

2.4.7 Testování regresního modelu

Dalším krokem při tvorbě vícenásobné regresní analýzy, dle které bude vypracován ekonometrický model je testování samotného regresního modelu. V této kapitole bude postupně popsán test významnosti odhadnutých parametrů, intervaly spolehlivosti odhadnutých parametrů, test významnosti modelu, test specifikace modelu, multikolinearity, heteroskedasticita, autokorelace a na závěr také ex-post a ex-ante predikce.

2.4.7.1 Test významnosti odhadnutých parametrů

Jelikož bodová odhadová funkce regresních parametrů \mathbf{b} poskytuje výběrové odhady na základě jednoho výběru pozorování ze základního souboru, je potřeba testovat jejich statistickou významnost. Vhodná testovací kritéria jsou stanovena na znalosti průměrů a rozptylů výběrových rozdělení odhadových funkcí regresních koeficientů. Z předpokladu normality se odvíjí to, že také stochastická odhadová funkce \mathbf{b} má normální rozdělení s vektorem středních hodnot rovným $\boldsymbol{\beta}$ a s kovarianční maticí $\sigma^2 (X'X)^{-1}$. Ve skutečnosti neznáme σ^2 a proto při testování významnosti regresních koeficientů vycházíme z jeho nestranného odhadu metodou nejmenších čtverců (rovnice číslo 24).

$$s^2 = \frac{e'e}{n-k} = \frac{1}{n-k} (y'y - b'X'y)$$

Rovnice 24: Nestranná odhadová funkce rozptylu δ^2

$$e = y - Xb$$

Rovnice 25: Vektor reziduí

Pokud je nestranný odhad σ^2 známý, tak zvolíme i nestranné odhady rozptylů odhadnutých parametrů na základě rovnice číslo 26.

$$S(b) = s^2(X'X)^{-1}$$

Rovnice 26: Odhadová statistika S(b)

Odmocniny odhadů rozptylů na diagonále kovarianční matice S(b) jsou odhady standardních chyb bodových odhadů, takže pro ně platí následující vztah:

$$s_{b_j} = s\sqrt{x^{jj}}; \quad j = 1, 2, \dots, k.$$

Rovnice 27: Odhady standardních chyb bodových odhadů

Nediagonální prvky z rovnice číslo 26 představují odhadnuté kovariance dvojic bodových odhadů, neboli

$$\text{cov}(b_i b_j) = s^2 x^{ij}; \quad j \neq k$$

Rovnice 28: Odhadnuté kovariance dvojic bodových odhadů

Podíl $b_i - \beta_j / \sigma_{b_j}$ je standardizovaná normální proměnná s nulovým průměrem a jednotkovým rozptylem, takže je poměr:

$$t_j = \frac{(b_i - \beta_j)}{s_{b_j}}; \quad j = 1, 2, \dots, k.$$

Rovnice 29: Testovací kritérium

má pro každé j Studentovo **rozdělení t** s $n - k$ stupni volnosti. Testovací statistika je vhodná spíše pro menší výběry, kde je $n \leq 30$. Pokud se počet stupňů pohybuje kolem 30, tak jsou rozdíly mezi kvantily rozdělení t a normovaného normálního rozdělení velmi malé. Díky testovacímu kritériu (rovnice číslo 29) je možné testovat hypotézy týkající se jednoho libovolného regresního parametru β_j . Budeme-li chtít testovat nulovou hypotézu $(H_0) \beta_j = m_j$ proti alternativní hypotéze $(H_1) \beta_j \neq m_j$, využijeme jako testovací veličinu:

$$t_j = \frac{(b_i - m_j)}{s_{b_j}}; \quad j = 1, 2, \dots, k.$$

Rovnice 30: Testovací veličina

Je potřeba si zvolit hladinu významnosti, to bude $\alpha = 0,05$, tedy 5 %. Dosadíme hodnotu parametru β_j , tj. m_j do testovacího kritéria a pro známé odhady b_j a s_{b_j} určíme výběrovou hodnotu t_j . Jestliže platí při použití dvoustranného testu $|t_j| > t_{\alpha/2} *$, neboli absolutní hodnota vypočítaného t_j je větší než kritická hodnota $t_{\alpha/2} *$ pro $n - k$ stupňů volnosti, pak na pěti procentní hladině významnosti nulovou hypotézu zamítáme ve prospěch alternativní hypotézy. V opačném případě, když je $|t_j| \leq t_{\alpha/2} *$, nulovou hypotézu přijmeme. U ekonometrické analýzy se často testuje nulová hypotéza (kdy je β_j rovno nule), kdy příslušná vysvětlující proměnná X_j nemá žádný vliv na vysvětlovanou proměnnou Y . V takovém případě dojde ke zjednodušení a pro j -tý regresní parametr dostaneme testovací kritérium t-poměru:

$$t_j = \frac{b_j}{s_{b_j}}$$

Rovnice 31: Testovací kritérium t poměr

Testovací kritérium se nazývá **t poměr** a využívá se jako míra přesnosti bodových odhadů regresních koeficientů místo odhadnutých standardních chyb. Díky tomuto poměru můžeme posoudit statistickou významnost j -tého parametru tak, že nulovou hypotézu $\beta_j = 0$ přijmeme, když $|t_j| \leq t_{\alpha/2} *$ pro hladinu významnosti α a $n - k$ stupňů volnosti, neboli s pravděpodobností $100 \times (1 - \alpha)$ procent usuzujeme, že bodový odhad β_j není statisticky významný. V opačném případě, platí-li $|t_j| > t_{\alpha/2} *$ nulovou hypotézu $\beta_j = 0$ zamítneme a konstatujeme, že vysvětlující proměnná X_j je ze hlediska vlivu na vysvětlovanou proměnnou Y významnou proměnnou na hladině významnosti α při $n - k$ stupních volnosti. V případě, že je více než 30 stupňů volnosti, tak se rozdělení t téměř neliší od normálního rozdělení a můžeme tak ignorovat počet stupňů volnosti a položit pěti procentní hladinu významnosti kritickou hodnotu $t_{\alpha/2} * = t_{0,0025} *$ rovnu dvěma. [24, strana 40-41]

2.4.7.2 Intervaly spolehlivosti odhadnutých parametrů

To, že odmítneme nulové hypotézy v průběhu testování statistické významnosti odhadnutých parametrů lineárního regresního modelu neznamena, že bodové odhady nejmenších čtverců b_j jsou přesnými hodnotami skutečných hodnot parametrů β_j . Pro určení stupně shody odhadnuté a skutečné hodnoty konkrétního parametru lineární regresní závislosti je zapotřebí stanovit pro jeho skutečnou hodnotu interval spolehlivosti. Musíme nalézt meze, ve kterých se bude skutečná hodnota parametru při opakovaných výběrech nacházet s určitým stupněm spolehlivosti (s požadovanou pravděpodobností). Tato pravděpodobnost se volí předem a je hladinou či koeficientem spolehlivosti. Při ekonometrických zkoumáních se využívá hladina spolehlivosti nejčastěji ve výši 95 procent. To znamená, že při opakovaných výběrech má interval spolehlivosti obsahovat skutečnou hodnotu příslušného parametru v 95 procentech případů. Ve zbývajících 5 procentech je skutečná hodnota parametru v základním souboru mimo interval spolehlivosti. Při rozdělení t je hladina spolehlivosti pro regresní parametr následující:

$$P\left(-t_{\frac{\alpha}{2}} * < t_j < t_{\frac{\alpha}{2}} *\right) = 1 - \alpha$$

Rovnice 32: Hladina spolehlivosti pro regresní parametr při rozdělení t

pravděpodobnost, že t_j leží mezi hodnotou $-t_{\frac{\alpha}{2}} *$ a $t_{\frac{\alpha}{2}} *$ je pro $n - k$ stupňů volnosti rovna $1 - \alpha$. Hodnotu pro $t_{\frac{\alpha}{2}} *$ dosadíme z tabulek rozdělení t a dosazením t_j z rovnice číslo 29 dostaneme pro $\alpha = 0,05$ následující vztah:

$$P\left(b_j - t_{\frac{\alpha}{2}} * S_{b_j} < \beta_j < b_j + t_{\frac{\alpha}{2}} * S_{b_j}\right) = 0,95$$

Rovnice 33: Hladina spolehlivosti pro regresní parametr při rozdělení t po dosazení

Takže 95procentní interval spolehlivosti lze vyjádřit jako:

$$\beta_j = b_j \pm t_{0,025} * S_{b_j}$$

Rovnice 34: Vyjádření 95procentního intervalu spolehlivosti

Rovnici 34 lze taky vyložit tak, že s 95procentní pravděpodobností při $n - k$ stupních volnosti obsahuje interval $b_j \pm t_{0,025} * S_{b_j}$ skutečnou hodnotu parametru β_j . [24, strana 41-42]

2.4.7.3 Testování specifikace modelu

Do specifikační analýzy spadají taktéž testy chyb specifikace, které umožňují indikovat jejich výskyt i stupeň významnosti. Je užitečné rozlišovat testy specifikace a testy chybné specifikace. U testu specifikace je přesně určena alternativní hypotéza a u testu chybné specifikace není alternativní hypotéza formulována. Testy chybné specifikace se nazývají taky diagnostickými testy. Obecným testem pro zjišťování specifikačních chyb, které vznikají v důsledku vynechání vysvětlujících proměnných nebo chybnou specifikací analytického modelu je **test RESET**, který spočívá v následujících třech krocích:

1. Využijeme-li jako příklad nákladovou funkci $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i - \beta_2 X_i^2 + \beta_3 X_i^3 + u_i$; $i = 1, 2, \dots, n$, kde Y jsou celkové náklady a X objem produkce. Tak při postupu ověřování správné specifikace modelu vyjdeme zpravidla z nejjednoduššího lineárního tvaru a tím je:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + u_i; \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Rovnice 35: Funkce celkových nákladů zapsaná v lineárním tvaru

Odhad Y_i získaný aplikací metody nejmenších čtverců označíme jako \widehat{Y}_i

2. Namísto přidání proměnných X_i^2 a X_i^3 do lineární nákladové funkce zahrneme do rovnice číslo 35 dodatečně vysvětlující proměnné \widehat{Y}_i^2 a \widehat{Y}_i^3 , takže za pomoci metody nejmenších čtverců odhadujeme regresní rovnici:

$$Y_i = \beta_0^* + \beta_1^* X_i - \beta_2^* \widehat{Y}_i^2 + \beta_3^* \widehat{Y}_i^3 + u_i^*; \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

Rovnice 36: Zahrnutí vysvětlujících proměnných do rovnice číslo 35

3. Pokud označíme spočítané hodnoty R^2 pro rovnice 35 a 36 jako R_0^2 (R_1^2), tak lze ověřit významnosti obou nově zahrnutých proměnných do nákladové funkce pomocí testovací statistiky F v podobě:

$$F = \frac{(R_1^2 - R_0^2)/2}{(1 - R_1^2)/(n - 4)}$$

Rovnice 37: Ověření významnosti pomocí testovací statistiky F

Pokud je zvýšení R_j^2 podstatné pro zvolenou hladinu významnosti, tak zamítneme nulovou hypotézu lineární specifikace nákladové funkce ve prospěch alternativní hypotézy s tím, že je model chybně specifikován. [24, strana 60-62]

2.4.7.4 Multikolinearita

Lineární nezávislost všech sloupců matice pozorování X je jedním z klasických požadavků, které je nutno splnit pro reálný odhad parametrů lineárního regresního modelu metodou nejmenších čtverců. Tento požadavek znamená to, že vysvětlující proměnné nejsou perfektně lineárně zkorelovány a tak nelze žádnou z nich vyjádřit jako lineární kombinaci jiné nebo jiných vysvětlujících proměnných matice X (případně součin $X'X$), mají plnou hodnost a vzniká multikolinearita, díky které je součin $X'X$ singulární matice s determinantom $|X'X| = 0$, tak neexistuje inverzní matice $(X'X)^{-1}$ a nelze stanovit odhadovou funkci za využití metody nejmenších čtverců. V praxi při ekonometrické analýze se tento případ nevyskytuje příliš často, ale za to je častým jevem to, že jsou některé nebo všechny vysvětlující proměnné silně kolineární. (str 92) Běžnou metodou zjišťování multikolinearity je hodnocení výběrových hodnot párových korelačních koeficientů vysvětlujících proměnných. V případě jedné vysvětlující proměnné se multikolinearita obecně považuje za nepřijatelnou dosahuje-li některý z jednoduchých koeficientů korelace absolutní hodnoty větší než 0,8 případně 0,9. Pokud model obsahuje více než dvě vysvětlující proměnné, toto pravidlo neplatí. V takovém případě se postupuje tak, že pro každou j -tou vysvětlující proměnnou X_j a zbývajících $k - 1$ proměnných vypočítáme nejdříve dílčí koeficienty vícenásobné determinace R_j^2 a je-li některý z nich blízký hodnotě 1, je zde silná multikolinearita. Významnost dílčích koeficientů determinace R_j^2 můžeme ověřit pomocí statistiky F ve znění:

$$F_j = \frac{R_j^2}{1 - R_j^2} \times \frac{n - k + 1}{k - 2}; \quad j = 1, 2, \dots, k.$$

Rovnice 38: Ověření významnosti dílčích koeficientů pomocí statistiky F

Pokud je některá vypočítaná hodnota F_j větší než kritická hodnota F_j^* pro zvolenou hladinu významnosti, odmítneme nulovou hypotézu o úplné nezávislosti vysvětlujících proměnných v daném výběru ve prospěch lineární závislosti pozorování příslušné proměnné X_j na výběrových hodnotách zbývajících vysvětlujících proměnných.

V případě existence více než jedné lineární závislosti nelze multikolinearitu mezi nezávisle proměnnými zjistit. [24, strana 92-99]

2.4.7.5 Heteroskedasticita

Jedna z podmínek klasického lineárního regresního modelu (konkrétně druhá podmínka z kapitoly 2.4.6.1) zahrnuje požadavek konečného a konstantního rozptylu náhodných složek a tím pádem i reziduí modelu, ten označujeme jako homoskedasticitu. V opačném případě se jedná o heteroskedasticitu. Heteroskedasticita se vyskytuje méně častěji u odhadu modelu z údajů z časových řad a setkáváme se s ní především při odhadu parametrů modelu z průřezových dat, když dochází k větším změnám v hodnotách vysvětlujících proměnných. [24, strana 74] Díky řadě formálních statistických testů heteroskedasticity nejsou příliš vyžadovány předběžné informace o jejím pravděpodobném tvaru. Jedním z nejvíce využívaných testů v ekonometrické praxi je takzvaný Whiteův test. [27, strana 85-85] Dalšími jsou poté Breusch-Paganovy a Koenkerovy testy.

2.4.7.6 Autokorelace

Předpokladem pro odhad lineárního regresního modelu klasickou metodou nejmenších čtverců, který je spolu s homoskedasticitou obsažen v první podmínce, jsou i nulové kovariance. Když je náhodná složka modelu v libovolném období zkorelována s jinou náhodnou složkou (či s jinými náhodnými složkami) v předcházejících obdobích, jde o autokorelaci náhodných složek. Autokorelace je tedy závislost mezi posloupností hodnot jedné proměnné, které jsou uspořádány v čase či prostoru. Pro autokorelaci prvního řádu se nejčastěji využívá Durbinova-Watsonova statistika d , která je dána vztahem:

$$d = \frac{\sum_{t=2}^T (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^T e_t^2}$$

Rovnice 39: Durbinova-Watsonova statistika d

tento vztah je podíl součtu čtverců rozdílů sousedních reziduí a nevysvětlitelného, neboli reziduálního součtu čtverců. Při kladné autokorelaci mají sousední rezidua obvykle stejná znaménka, takže čtverec rozdílů hodnot ve srovnání se čtvercem jejich hodnot je poměrně malý. U záporné korelace je tomu naopak. Statistika d nabývá při pozitivní autokorelaci

nízké hodnoty a při negativní naopak vysoké. Statistika d leží v intervalu od 0 do 4, kde je střední hodnota rovna dvěma. Pro daný počet stupňů volnosti $n - k$ horní (d_H) a dolní (d_D) meze statistiky d . Tyto meze jsou na konkrétních hodnotách vysvětlujících proměnných nezávislé. Při testování nulové hypotézy sériové nezávislosti reziduí proti alternativní hypotéze srovnáváme výběrovou hodnotu d s kritickými hodnotami d_H či d_D tabelovanými pro určitou hladinu významnosti a určitý počet stupňů volnosti. Při použití Durbinova-Watsonova testu odmítneme nulovou hypotézu náhodného charakteru reziduí ve prospěch alternativní hypotézy významné kladné autokorelace prvního řádu. Je-li $0 < d < d_D$, zatímco pro $4 - d_D < d < d_D$ přijmeme alternativní hypotézu významné záporné autokorelace prvního řádu. Pokud se projeví, že $d_H < d < 4 - d_H$, nulovou hypotézu sériové nezávislosti nezamítneme. Výsledek testování je neprůkazný, když platí $d_D \leq d \leq d_H$ nebo $4 - d_D \geq d \geq 4 - d_H$. [24, strana 82-86]

2.4.8 Prognóza pomocí regresního modelu

Poslední částí je prognózování pomocí regresního modelu, kdy se budeme věnovat prognóze pomocí lineárního regresního modelu a kritériím hodnocení předpovědí.

2.4.8.1 Prognóza pomocí lineárního regresního modelu

Odhadnutý model musí být v čase stabilní, tedy jeho specifikace, charakter rozdělení náhodné složky a odhadnuté hodnoty parametrů zůstávají v platnosti i v období prognózy. Za využití standardního lineárního regresního modelu dospějeme k předpovědím s optimálními vlastnostmi. Tyto požadavky se musí splnit před prognostickou aplikací ekonometrického modelu. Pro určení krátkodobých, střednědobých a dlouhodobých ekonometrických předpovědí ex ante a ex post vysvětlované endogenní proměnné vycházíme z klasického tvaru pro lineární regresní model a tím je vztah:

$$y = X\beta + u$$

Rovnice 40: Klasický regresní model

kde: **y** je vektor $T \times 1$ pozorování vysvětlované proměnné,
 X je matice $T \times k$ pozorování vysvětlující proměnných
 u je vektor $T \times 1$ nepozorovatelných náhodných složek

β je vektor $k \times 1$ neznámých parametrů

pokud jsou splněny předpoklady pro použití metody nejmenších čtverců, získáme nestranný odhad vektoru β pomocí odhadové funkce metody nejmenších čtverců ve tvaru:

$$b = (X'X)^{-1}X'y$$

Rovnice 41: Nestranný odhad vektoru β pomocí odhadové funkce metody nejmenších čtverců

Jestliže máme k dispozici novou množinu daných hodnot vysvětlujících proměnných v období předpovědi (např. $T+1$), lze určit bodovou prognózu průměrné hodnoty vysvětlované proměnné v období $T+1$ pomocí předpovědi ex ante vztahem:

$$\hat{Y}_{T+1} = x'_{T+1}b$$

Rovnice 42: Bodová prognóza v období $T+1$

pro libovolné období prognózy, které označíme jako p , lze přepsat rovnice číslo 42 jako:

$$\hat{Y}_p = x'_p b$$

Rovnice 43: Bodová prognóza pro libovolné období

\hat{Y}_p podmíněná bodová předpověď průměrné hodnoty vysvětlované proměnné v období p . x'_p je vektor $1 \times k$ předpokládaných hodnot vysvětlujících proměnných v období p . Jestliže označíme skutečnou průměrnou či střední hodnotu Y v období předpovědi jako \bar{Y}_p , pak je dána chyba ex ante předpovědi průměrné hodnoty vysvětlované proměnné jako:

$$\hat{e}_p = x'_p(b - \beta)$$

Rovnice 44: Chyba ex ante předpovědi průměrné hodnoty vysvětlované proměnné

z tohoto vztahu vyplývá, že zdrojem chyby předpovědi je pouze variabilita odhadové funkce b , která je měřena pomocí odhadů standardních chyb. Odhad standardní chyby bodové předpovědi průměrné hodnoty vysvětlované proměnné lineárního regresního modelu lze tedy vyjádřit vztahem:

$$\hat{s}_p = s \sqrt{x_p'(X'X)^{-1}x_p}$$

Rovnice 45: Odhad standardní chyby bodové předpovědi průměrné hodnoty

interval spolehlivosti předpovědi průměrné hodnoty pro požadovanou hladinu významnosti α určíme ze vztahu:

$$\hat{Y}_p \pm t_{\alpha/2}^* \hat{s}_p$$

Rovnice 46: Interval spolehlivosti předpovědi průměrné hodnoty pro hladinu významnosti α

bodovou předpověď ex ante dané individuální hodnoty vysvětlované proměnné v období předpovědi p určíme jako:

$$\tilde{Y}_p = x_p' b$$

Rovnice 47: Bodová předpověď ex ante konkrétní individuální hodnoty v období předpovědi p

kde \tilde{Y}_p je podmíněná bodová předpověď individuální hodnoty vysvětlované proměnné v období p . Pokud bychom chtěli vyjádřit chybu předpovědi individuální hodnoty Y_p , dostaneme vztah:

$$\tilde{e}_p = x_p' b - x_p' \beta - u_p$$

Rovnice 48: Chyba předpovědi individuální hodnoty Y_p

kde Y_p je skutečná individuální hodnota Y v období p a u_p je neznámá hodnota náhodné složky lineárního regresního modelu v období p . [24, strana 200-205]

2.4.8.2 Kritéria hodnocení předpovědí

K tomu abychom vyhodnotili předpovědi lze využít buď parametrická, nebo neparametrická kritéria. Příkladem parametrického kritéria je ověřování hypotézy o nestrannosti či konzistenci předpovědí, stanovení spolehlivosti intervalových předpovědí a další. Pro toto hodnocení se nejčastěji používají statistiky normálního, studentova a F-rozdělení. Výhodou těchto kritérií je, že dokážou vyhodnotit (jednoznačně ji přijmout či zamítnout) předem formulovanou hypotézu. V případě, že bychom měli posuzovat dvě či více předpovědí, je vhodnější využít neparametrická kritéria. Mezi tato kritéria patří zvláště kvantitativní ukazatelé statistického i ekonometrického charakteru (míry přesnosti

prognóz, ukazatele přesnosti generování bodů zvratu při predikce a další). Střední kvadratická chyba ekonometrické předpovědi ex post je dána vztahem:

$$M = \frac{1}{h} \sum_{T=1}^h (\hat{Y}_T - Y_T)^2$$

Rovnice 49: Střední kvadratická chyba ekonometrické předpovědi ex post

kde: \hat{Y}_T je předpověď ex post vysvětlované endogenní proměnné

Y_T je skutečně realizovaná hodnota vysvětlované endogenní proměnné

h je délka horizontu předpovědi

Podobnou funkci ekonometrické prognózy ex post plní i Theilův modifikovaný koeficient nesouladu posloupností relativních změn předpovědí a skutečných hodnot vysvětlované proměnné. Ten je dán následujícím vztahem:

$$U^* = \sqrt{\frac{\frac{1}{h} \sum_{T=1}^h (P_T - A_T)^2}{\frac{1}{h} \sum_{T=1}^h A_T^2}}$$

Rovnice 50: Theilův modifikovaný koeficient nesouladu posloupností relativních změn

kde P_T je predikovaná změna endogenní proměnné

A_T je skutečná změna endogenní proměnné

h je délka horizontu předpovědi

Pokud se U^* bude rovnat nule, znamená to, že jsou všechny prognózy ex post perfektní. Čím menší je tedy koeficient nesouladu, tím je lepší predikční schopnost modelu. Pokud se P_T rovná nule, jedná se o takzvanou naivní předpověď (taktéž označovanou jako status quo) a U^* bude rovno 1. Pokud se $U^* > 1$, tak model poskytuje horší výsledky nežli naivní model. [24, strana 223-225]

2.5 Vybrané ukazatele pro zpracování ekonometrického modelu

Pro provedení regresní analýzy a tvorby ekonometrického modelu je zapotřebí si stanovit, jaké nejrůznější faktory mohou ovlivňovat cenu elektrické energie, ať už více či méně. Mezi tyto faktory se řadí například klimatická situace a vývoj počasí, aktuální politická situace v Evropě i ve světě a další. Pro potřeby diplomové práce jsem vybral několik ukazatelů, které mohou ovlivňovat výslednou cenu elektrické energie. Mezi vybranými ukazateli se řadí vývoj cen komodit, mezi kterými jsou i ta, která jsou využívána jako paliva v elektrárnách, s výjimkou paliva pro jaderné elektrárny. Dále jsou mezi ukazateli zohledněny materiály, které se využívají v energetickém průmyslu a makroekonomické ukazatele. Tyto níže vypsání ukazatele budou přiblíženy a detailně popsány v následující části diplomové práce:

- Cena uhlí
- Cena zemního plynu
- Cena ropy
- Cena mědi
- Cena zlata
- Cena emisních povolenek
- Míra inflace
- HDP na obyvatele

Výběr ukazatelů byl inspirován již zpracovaným ekonometrickým modelem pro analýzu vývoje cen elektrické energie v České republice z roku 2018. [28, strana 46]

3 Analýza problému a současné situace

Na začátku této kapitoly bude provedeno komparativní srovnání obou vybraných zemí. Hlavním cílem analytické části diplomové práce je vytvořit ekonometrický model, který bude formovat cenu elektrické energie se zaměřením se na maloobchodní a velkoobchodní ceny. Tento model bude vytvořen pro prostředí České republiky a Rakouska. Modely budou zpracovány ve statistickém softwaru GRETL a SPSS Statistics 25 a po samotném testování modelu bude další část práce obsahovat diskusi a zhodnocení výsledků vypracovaného modelu.

3.1 Komparativní srovnání České republiky a Rakouska

Pro komparativní srovnání České republiky s Rakouskem můžeme obecně říct, že elektrická energie je dražší v Rakousku, jak pro maloobchodní (domácnosti), tak pro velkoobchodní (podnikatele). V této podkapitole dojde ke srovnání v přístupu k energii, energetického mixu, mixu elektřiny a energetické a uhlíkové náročnosti pro obě vybrané země.

3.1.1 Přístup k energii

Co se týče komparativního srovnání České republiky a Rakouska, tak v obou případech má 100 % populace přístup k elektřině (v mezinárodních statistikách je přístup k elektřině definován jako zdroj elektřiny poskytující velmi základní osvětlení a schopnost nabít telefon nebo napájet rádio po dobu 4 hodin denně). [42]

3.1.2 Spotřeba energie a elektřiny

V ohledu na celkovou spotřebu energií za rok je Česká republika nad úrovní Rakouska. V roce 2020 spotřebovala Česká republika 427 TWh, zatímco Rakousko 384 TWh. Co se týká spotřeby přepočtené na obyvatele, je v popředí Rakousko (42 676 kWh) před Českou republikou (39 883 kWh), důvodem je nižší počet obyvatelů Rakouska. V roce 2020 došlo v obou zemích ke snížení spotřeby energie. V případě České republiky to bylo o 9,46 %, u Rakouska to bylo 7,6 % oproti roku 2019. Na propad těchto hodnot má vliv i celosvětová pandemie koronaviru. Česká republika je před Rakouskem ve výrobě elektřiny, kdy v roce 2020 dokázala vyrobit 83,36 TWh elektrické energie. Rakousko ve stejném roce vyrobilo pouze 66,1 TWh. Po přepočtu vyrobené energie na obyvatele

v roce 2020 je v popředí Česká republika, která vyrobila 7773 kWh. V případě Rakouska to byla hodnota 7309 kWh za stejné období. [42]

3.1.3 Energetický mix

Co se týká podílu spotřeby primární energie (tedy energie vyskytující se ve formě, v jaké se vyskytuje v přírodě. Je to například uhlí, ropa, zemní plyn, dřevo, vítr, vodní energie, přírodní uran nebo sluneční záření [43]) podle zdrojů, v případě České republiky to bylo sestupně uhlí (32,71 %), ropa (24,82 %), plyn (20,38 %), jaderná energie (17,85 %) a další. V případě Rakouska to byla sestupně ropa (35,39 %), vodní energie (26,83 %), plyn (22,64 %), uhlí (6,88 %) a další. Za rok 2020 v České republice pocházelo 75,76 % primární energie z fosilních paliv, u Rakouska to bylo 63,61 %. [41] Zatímco Rakousko jaderné zdroje energie vůbec nevyužívá a jaderné elektrárny na svém území nemá (a je striktně proti nim), tak jaderná energie v energetickém mixu České republiky činila 40,75 % za rok 2020. [11]

3.1.4 Mix elektřiny

Podíváme-li se na podíl výroby elektřiny podle zdrojů v roce 2020, tak u České republiky to bylo sestupně uhlí (38,7 %), jaderná energie (37,5 %), plyn (8,58 %), ostatní obnovitelné zdroje (6,5 %) a další. U Rakouska byl podíl následující: vodní energie (60,7 %), plyn (14,38 %), vítr (9,81 %), ostatní obnovitelné zdroje (6,63 %) a další. Podíl výroby elektřiny z fosilních paliv byl v České republice v roce 2020 49,59 %, zatímco u Rakouska pouze 19,9 %. Při porovnání podílu nízkouhlíkových zdrojů (součet elektřiny z jaderných a obnovitelných zdrojů) na podílu elektřiny jasně dominuje Rakousko s hodnotou zastoupení 80,1 %, Česká republika je na hodnotě 50,41 %. [41] Zpráva z Eurostatu z ledna 2022, která se zaměřovala na energii z obnovitelných zdrojů, informovala o tom, že Rakousko ze všech zemí Evropské unie pokrylo svoji spotřebu elektřiny obnovitelnými zdroji v roce 2020 ze 78,2 %, zatímco Česká republika pouze z 15 %. Rakousko na rozdíl od České republiky využívá mnohem efektivněji své větrné elektrárny. [42]

3.1.5 Energetická a uhlíková náročnost

Energetická náročnost se měří jako spotřeba již výše zmíněné primární energie na jednotku hrubého domácího produktu dané země. Nejaktuálnější hodnota je hodnota

z roku 2018, kdy byla České republice naměřena energetická náročnost 1,46 kWh, zatímco Rakousku pouze 1,04 kWh. Uhlíková náročnost výroby energie se měří jako množství emisí oxidu uhličitého na jednotku výroby energie. To se měří v CO₂/kWh. Pro rok 2020 byla České republice vypočtena uhlíková náročnost 0,21kg/kWh, Rakousku 0,16kg/kWh. [41]

3.2 Korelační analýza

Jak již bylo nastíněno v teoretické části, tak korelační analýza zkoumá míru lineární závislosti dvou veličin. Pro analytickou část práce byla zpracována korelační analýza cen elektrické energie domácností a podnikatelů v excelu skrze funkci analýza dat. Pokud by vyšla silná korelace (například 0,8 a více), mohli bychom pracovat pouze s cenou jednoho prostředí, jelikož by byla prokázána její silná lineární závislost.

Tabulka 1: Korelační analýza – Rakousko

(zdroj: vlastní zpracování na základě dat z Eurostatu)

Rakousko	<i>Domácnosti</i>	<i>Podnikatelé</i>
Domácnosti	1	0,27
Podnikatelé	0,27	1

Tabulka 2: Korelační analýza – Česká republika

(zdroj: vlastní zpracování na základě dat z Eurostatu)

Česká republika	<i>Domácnosti</i>	<i>Podnikatelé</i>
Domácnosti	1	0,14
Podnikatelé	0,14	1

Na základě vypracované korelační analýzy bylo zjištěno, že mezi oběma veličinami, v případech obou zemí, sice panuje kladná korelace, pro ekonometrické modelování však

není vztah mezi oběma veličinami dostatečně silný. Dále bude vypracován model pro Českou republiku, kde bude vzata zvlášť cena pro domácnosti a zvlášť pro podnikatele. Stejně tak to bude i v případě Rakouska.

3.3 Popis vybraných ukazatelů

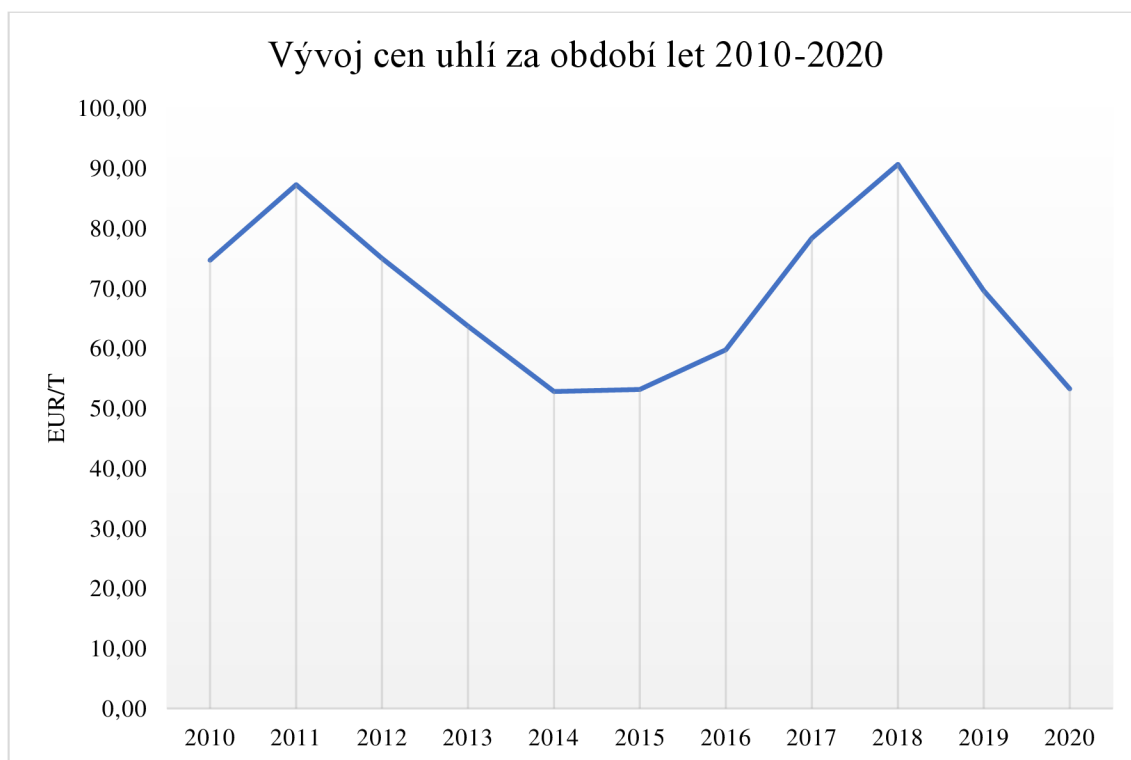
V následujících kapitolách budou přiblíženy vybrané ukazatele potřebné pro samotné modelování. Pro tvorbu ekonometrických modelů budou vybrány pro obě zvolené země shodné ceny zemního plynu, ropy, mědi, zlata a emisních povolenek. Pro konkrétní analýzu prostředí České republiky a Rakouska je vybrána procentuální míra inflace a hrubý domácí produkt přepočtený na obyvatele dané země. Pro vypracování modelů bylo pracováno s daty za období let 2010 až 2020. Jelikož v průběhu zpracovávání diplomové práce ještě nebyla plně dostupná všechna data týkající se roku 2021. Ceny vybraných ukazatelů, s výjimkou emisních povolenek, byly získány z databáze Světové banky (World Bank) a přepočítány z dolarů na eura za využití měnových kurzů z databáze Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj (OECD) za jednotlivé sledované roky. Data byla zpracována v nominálních cenách, tedy v cenách, které nezahrnují inflaci. V příloze této práce je poté zařazena tabulka s vývojem kurzu eura vůči dolaru, která byla na tento převod použita. Ceny emisních povolenek byly získány z Evropské agentury pro životní prostředí (EEA). V případě míry inflace a hrubého domácího produktu byla data zpracována z Eurostatu.

3.3.1 Cena uhlí

Prvním sledovaným ukazatelem je cena uhlí. Časová řada je sestavena pro období let 2010 až 2020. Data byla zpracována z databáze Světové banky a upravena pro správné fungování modelu. Hodnota získaná z databáze v amerických dolarech na 1 tunu uhlí byla převedena podle kurzu OECD na eura pro jednotlivé roky. Jelikož jsou v databázi Světové banky údaje dostupné pouze pro australské a pro jihoafrické uhlí, bylo vybráno to australské, jelikož je Austrálie, dle odborné publikace Jana Hoška, celosvětově na čtvrtém místě největších producentů a na druhém místě největších vývozců uhlí na světě.

Graf 7: Vývoj cen uhlí za období let 2010-2020

(Zdroj: Světová banka, vlastní zpracování)



Z grafu číslo 7 je patrné, že byl vývoj cen uhlí za sledované období poměrně kolísavý. Mezi lety 2010 a 2011 sledujeme poměrně výrazný nárůst ceny v eurech za 1 tunu uhlí. Od roku 2011 však dochází k velkému poklesu, který se zastavuje až v roce 2014, kdy opět dochází k nejprve mírnému růstu mezi lety 2014 a 2015 a od roku 2015-2018 dochází k výraznému zvýšení cen uhlí, kdy byla v roce 2018 naměřena nejvyšší hodnota ve sledovaném období, tedy 90,62. Od roku 2018 poté opět dochází k poklesu, který pokračuje až do konce sledovaného období. Ceny uhlí jsou dány několika hlavními faktory. Existuje zde rostoucí poptávka rozvíjejících se zemí, kde roste spotřeba elektřiny, cementu a oceli. Opačným směrem pak působí snaha nahrazovat uhlí čistějšími zdroji energie. Vývoj ceny uhlí je více podobný cenovému vývoji zemního plynu než cenovému vývoji ropy. Ropa se totiž nevyužívá tolik na výrobu elektřiny jako uhlí a velmi malá část uhlí zase naopak slouží jako vstupní surovina při výrobě pohonných hmot. Se snižováním spotřeby uhlí klesá také obchodní aktivita a zároveň i jeho likvidita. Za posledních 10 let klesla fyzická likvidita uhlí na evropském trhu o třetinu. Obchodníci a spekulanti se

přesouvají na jiné trhy s energetickými komoditami či na likvidnější trhy v asijsko-pacifickém regionu. [29]

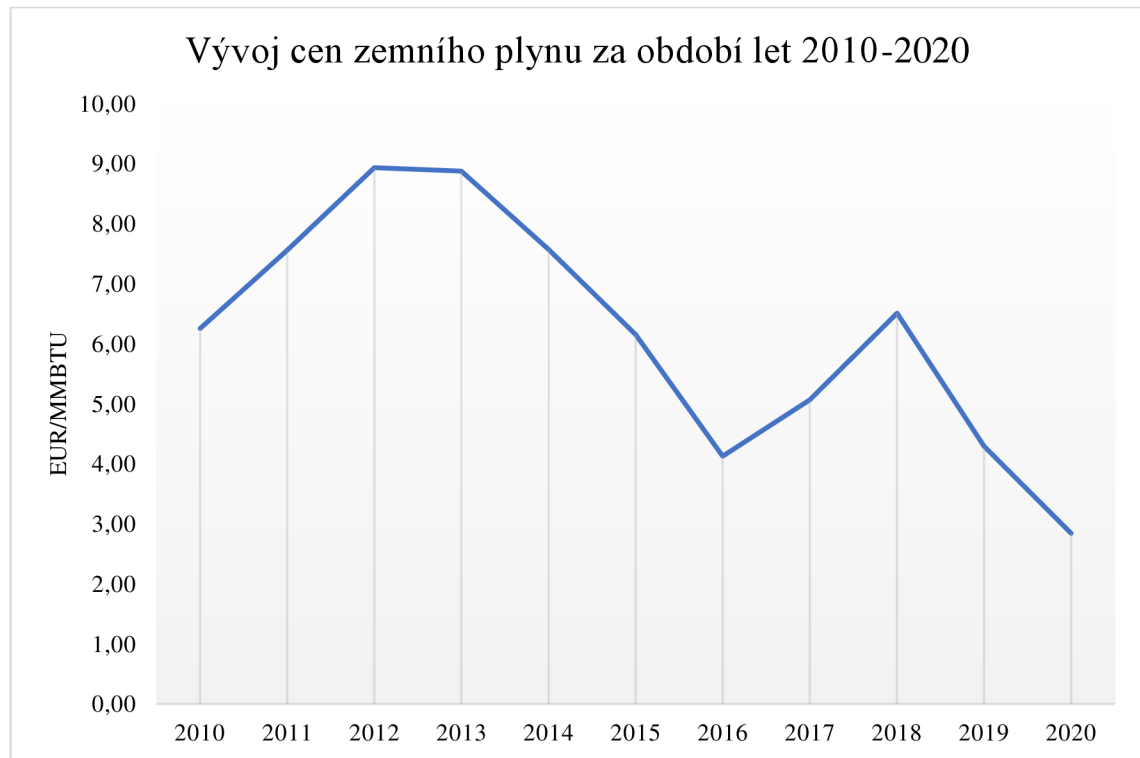
3.3.2 Cena zemního plynu

Druhým sledovaným ukazatelem je cena zemního plynu. Časová řada je sestavena pro období let 2010 až 2020. Data byla zpracována z databáze Světové banky a upravena pro správné fungování modelu. Hodnota získaná z databáze v amerických dolarech na 1 MMBTU (tedy na 293,07 kWh či na 1,0551 GJ) byla převedena podle kurzu OECD na eura pro jednotlivé roky. Z databáze Světové banky byl vybrán vývoj cen zemního plynu pro Evropu, kdy je od roku 2010 do roku 2015 brána cena jako průměrná dovozní cena a složka spotové ceny a od roku 2015 je pak brána podle Netherlands Title Transfer Facility (TTF), tedy dle virtuálního obchodního místa pro zemní plyn v Nizozemsku. Jak můžeme vidět, podobá se vývoj cen zemního plynu vývoji cen uhlí. Nejvyšších cen dosahoval zemní plyn v roce 2012, minimum pak bylo naměřeno v roce 2020, kdy od roku 2018 docházelo k postupnému propadu ceny za 1 MMBU zemního plynu. Zemní plyn je konkurenceschopnější než uhlí a představuje pro něj přímou konkurenci. Ta je ještě vyostřována výstavbou nových plynových elektráren a poklesem cen zemního plynu. Díky růstu jeho těžby a lepším možnostem přepravy se zemní plyn převáží ve zkapalněném stavu (LNG). Několik velkých hráčů na trhu se zemním plynem odebíralo plyn od několika mála dodavatelů na základě dlouhodobých kontraktů (20 a více let), kdy byly ceny za zemní plyn navázány na vývoj cen konkurenčních produktů jako je uhlí, ropa nebo další komodity. Po finanční krizi v roce 2008 se poptávka po zemním plynu snížila zejména ze strany průmyslových společností. Díky nové postupně přijímané legislativě se na evropském trhu začalo objevovat více menších obchodníků, kteří se stali konkurencí velkoobchodním společnostem. Větší společnosti byly svázané dlouhodobými kontrakty, při velkém poklesu poptávky tak nebyli schopni zemní plyn prodat a díky poklesu tržních cen nebyli schopni konkurovat ani cenově. Tradiční dodavatelé zemního plynu však nechtěli přijít o své klienty ani o dlouhodobé kontrakty a tak museli ustoupit ve vyjednáváních s odběrateli. Ti nakonec dospěli k tomu, že se snížilo požadované množství minimálního odběru a došlo také ke snížení tržní ceny. Na trhu tak vznikl přebytek plynu až do roku 2020, který spolu se silící konkurencí udržoval

tržní ceny pod cenami kontraktů, které byly navázány na ropu. Graf číslo 8 pak zobrazuje vývoj cen zemního plynu za sledované období let 2010 až 2020. [30]

Graf 8: Vývoj cen zemního plynu za období let 2010-2020

(Zdroj: Světová banka, vlastní zpracování)



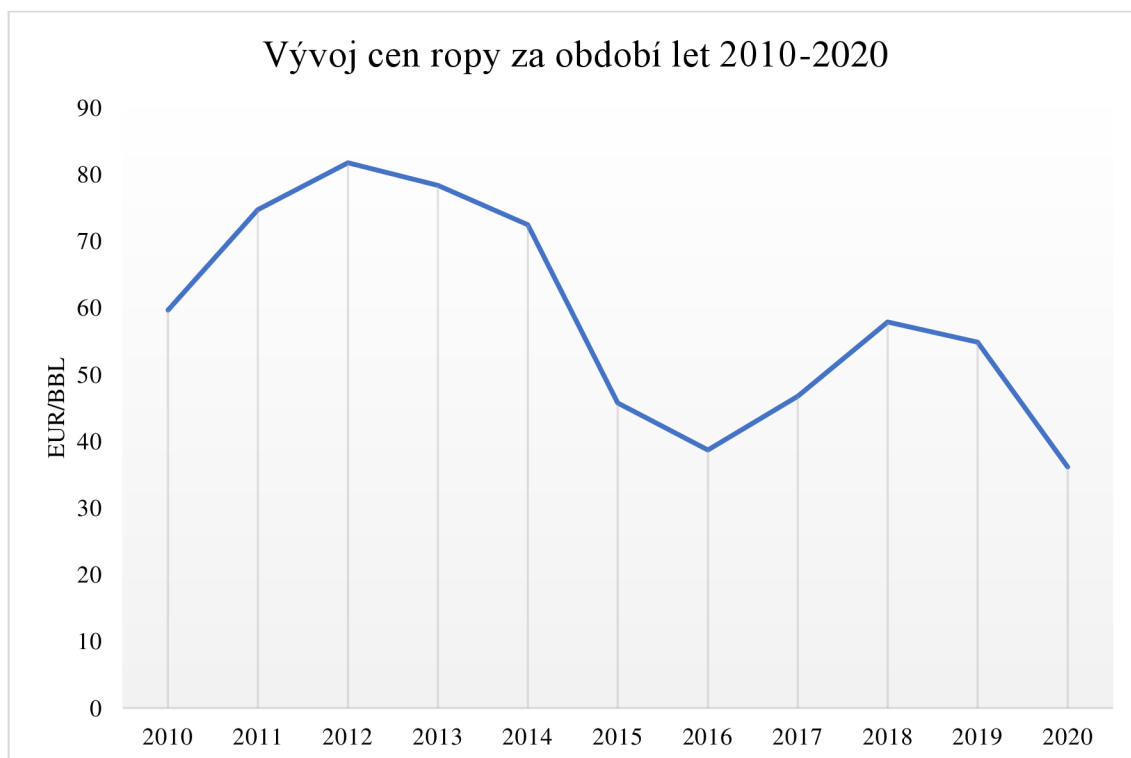
3.3.3 Cena ropy

Třetím sledovaným ukazatelem je cena ropy. Časová řada je sestavena pro období let 2010 až 2020. Data byla zpracována z databáze Světové banky a upravena pro správné fungování modelu. Hodnota získaná z databáze v amerických dolarech na 1 barel ropy (tedy na 158,99 litru) byla převedena podle kurzu OECD na eura pro jednotlivé roky. Z databáze Světové banky byl vybrán vývoj cen surové ropy, respektive vývoj průměrné spotové ceny ropy tří hlavních ukazatelů a sice ropy Brent, ropy Dubai Crude a ropy West Texas Intermediate (WTI). Ropa má podobně jako uhlí či zemní plyn kolísavý vývoj ceny, kdy ve sledovaném období dochází nejprve k růstu ceny ropy za 1 barel a od roku 2012 dochází k propadu, který trvá až do roku 2016. V tomto roce dochází k nárůstu ceny ropy a od roku 2018 opět k poklesu. Ceny ropy jsou velmi ovlivněny politikou Organizace zemí vyvážejících ropu (OPEC) a nestabilní politickou situací v zemích, kde dochází k

její těžbě, to jsou především země Středního východu. Cena ropy také odráží nabídku s poptávkou, stav a vývoj zásob ropy a v kratším horizontu také sentiment a vnímání rizik na trhu. [31]

Graf 9: Vývoj cen ropy za období let 2010-2020

(Zdroj: Světová banka, vlastní zpracování)



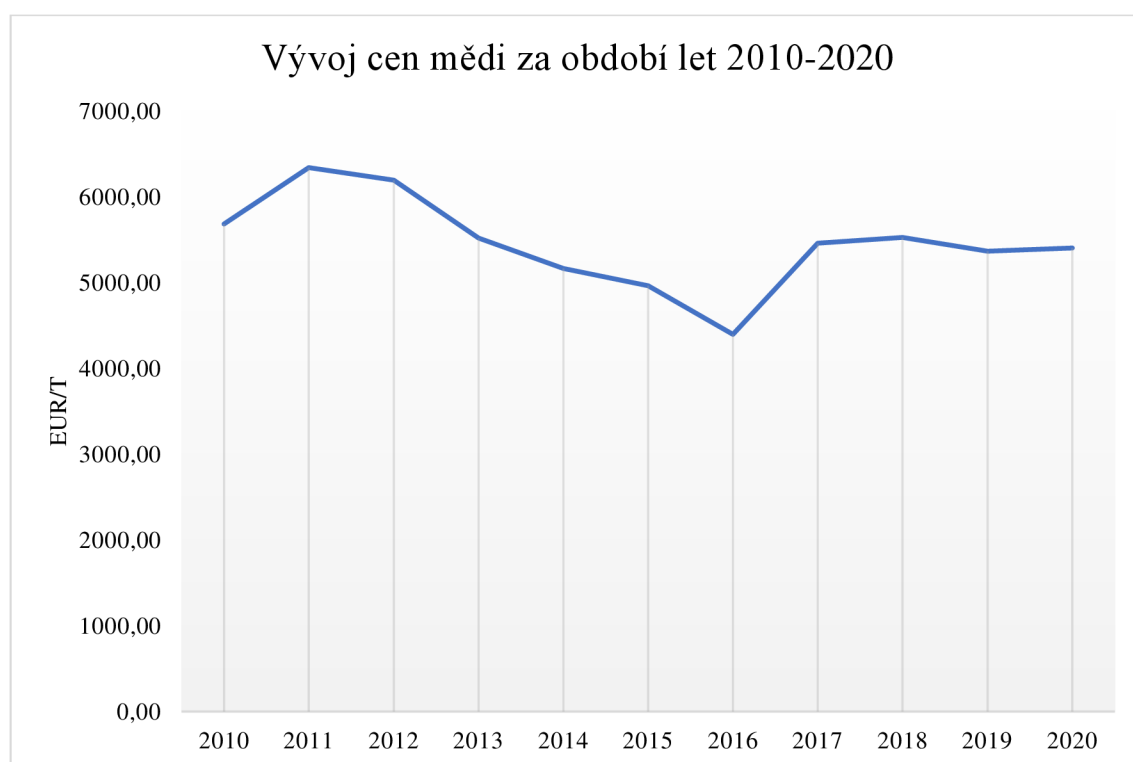
3.3.4 Cena mědi

Čtvrtým sledovaným ukazatelem je cena mědi. Časová řada je sestavena pro období let 2010 až 2020. Data byla zpracována z databáze Světové banky a upravena pro správné fungování modelu. Hodnota získaná z databáze v amerických dolarech na 1 tunu mědi byla převedena podle kurzu OECD na eura pro jednotlivé roky. Z databáze Světové banky byl vybrán vývoj mědi třídy A s minimální čistotou 99,9935 % z Londýnské burzy kovů (LME). Měď byla do vybraných ukazatelů zařazena proto, že je používána v moderním průmyslu, zvláště k výrobě vodičů a elektronických spotřebičů. Cena mědi kolísá podle situace světové ekonomiky. Pokud se ekonomická situace nachází ve stagnaci či krizi, tak rapidně klesá i cena mědi. Rostoucí cena mědi naopak svědčí o zlepšující se ekonomické situaci. Nejvyšší cena byla naměřena v roce 2011 a sice 6342 eur za 1 tunu mědi, poté

došlo k mírnému poklesu, který trval až do roku 2016, kdy se cena mědi nachází na nejnižší úrovni za celé sledované období. Měď v tomto roce dosahovala hodnoty 4398 eur za 1 tunu. V roce 2017 zaznamenala měď další růst a v posledních letech sledovaného období dochází nejprve k růstu ceny mědi, v dalším roce k mírnému poklesu a k v posledním roce opět k velmi mírnému růstu. Graf číslo 10 níže zachycuje vývoj cen mědi za sledované období let 2010 až 2020. [32]

Graf 10: Vývoj cen mědi za období let 2010-2020

(Zdroj: Světová banka, vlastní zpracování)



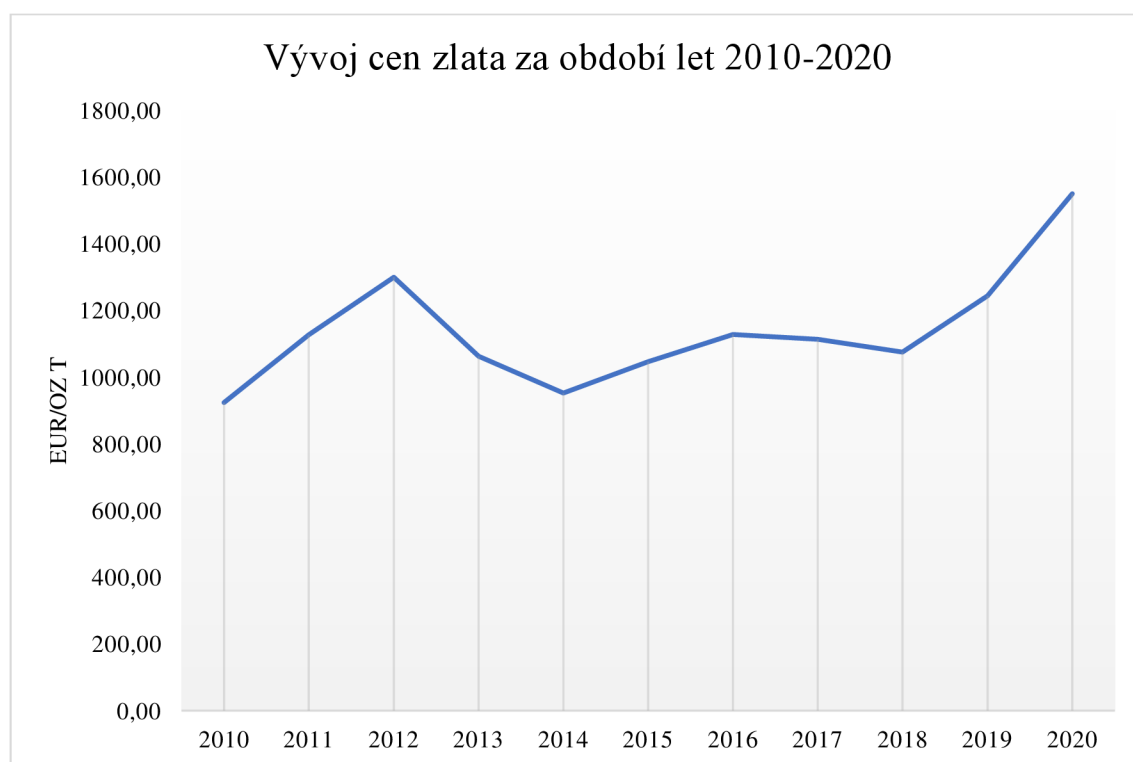
3.3.5 Cena zlata

Pátým sledovaným ukazatelem je cena zlata. Časová řada je sestavena pro období let 2010 až 2020. Data byla zpracována z databáze Světové banky a upravena pro správné fungování modelu. Hodnota získaná z databáze v amerických dolarech na 1 trojskou unci zlata byla převedena podle kurzu OECD na eura pro jednotlivé roky. Z databáze Světové banky byl vybrán vývoj ceny zlata dle londýnských průměrných denních sazeb odpoledních fixních cen (tzv. London fix). Zlato prošlo za posledních 50 let prudkým vývojem, kdy v letech 1979 a 2008 došlo k masivnímu nárůstu ceny zlata díky nejistotě

vyvolané světovými krizemi. Prudký vzestup nastal také v roce 2020 na začátku koronavirové krize, kde můžeme najít také v grafu číslo 11 nejvyšší naměřenou hodnotu za námi sledované období. Poptávka po zlatě převýšila nabídku a spousta obchodníků se zlatem hlásila vyprodáno, což jen umocnilo poptávku po tomto cenném investičním kovu. Na zlato se lidé obracejí, když se obávají znehodnocení svých peněžních prostředků. [33] Hodnota zlata roste spolu s rostoucí poptávkou nebo při poklesu produkce, která může souviset s politickou situací v zemích těžby podobně, jak jsem psal výše u ropy. Většina států, které produkují zlato je však relativně stabilních, což se nedá tvrdit u těch, které vyvážejí právě ropu. Cena zlata je také ovlivněna kurzem amerického dolaru. Když ztratí dolar hodnotu, tak zlato posiluje a naopak. Podobný vztah můžeme najít například u inflace. Oproti tomu u stříbra panuje přímá úměra, trend udává zlato, jelikož je jeho trh mnohem větší a je více stabilní. [34]

Graf 11: Vývoj cen zlata za období let 2010-2020

(Zdroj: Světová banka, vlastní zpracování)

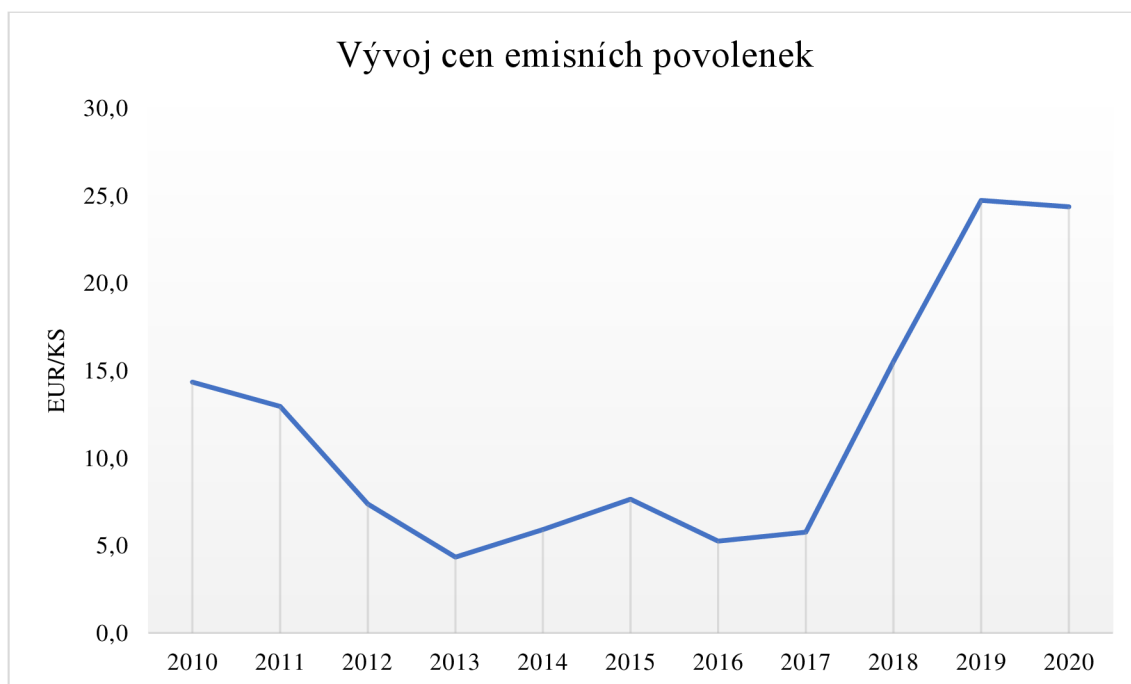


3.3.6 Emisní povolenky

Šestým sledovaným ukazatelem jsou ceny emisních povolenek. Časová řada je sestavena pro období let 2010 až 2020. Data byla zpracována z databáze Světové banky a upravena pro správné fungování modelu. Hodnoty byly získány z Evropské agentury pro životní prostředí a zobrazují ceny emisních povolenek v eurech za 1 kus (tedy za 1 tunu oxidu uhličitého, případně oxidu dusného nebo perfluorovaných uhlovodíků). Emisní povolenky se propisují do koncové ceny elektřiny, vznikly v roce 2005 a jedna emisní povolenka je ekvivalentem jedné tuny CO₂ (či N₂O nebo perfluorovaných uhlovodíků). Držitel jedné emisní povolenky má oprávnění k vypuštění jedné tuny výše zmíněných emisí. Povolenky vznikly kvůli hrozbě v podobě oteplování planety, změny klimatu a jsou jakousi daní za znečišťování životního prostředí. I za pomoci těchto emisních povolenek se mají snížit emise CO₂ do roku 2030 na požadovanou úroveň. Jejich cílem je vytlačit vysoce emisní zdroje energie jako je například uhlí a motivovat firmy a státy k investicím do moderních technologií, které budou k životnímu prostředí šetrnější. Firmám kupujícím emisní povolenky se tak zvedají náklady, které musí promítat do cen svých produktů a služeb, tím se snižuje jejich konkurenceschopnost. Zatímco u bezemisní formy podnikání nejsou povolenky vůbec potřeba. Cena emisních povolenek se v úvodních letech své existence pohybovala hodně nízko, její ceny byly na úrovni jednotek eur a občas nabývaly hodnot i v euro centech. Jak můžeme vidět na grafu číslo 12, ceny emisních povolenek se pohybovaly pod hranicí 15 eur za jeden kus do roku 2016, od té doby však jejich cena postupně narůstala a v roce 2019 se vyšplhala na celkovou cenu 24,7 eura za kus. V posledním roce byl zaznamenán mírný propad. Za růstem emisních povolenek stojí postupné zpřísnění klimatických cílů a vysoká poptávka po energiích v celém světě. [35]

Graf 12: Vývoj cen emisních povolenek

(Zdroj: Evropské agentura pro životní prostředí, vlastní zpracování)



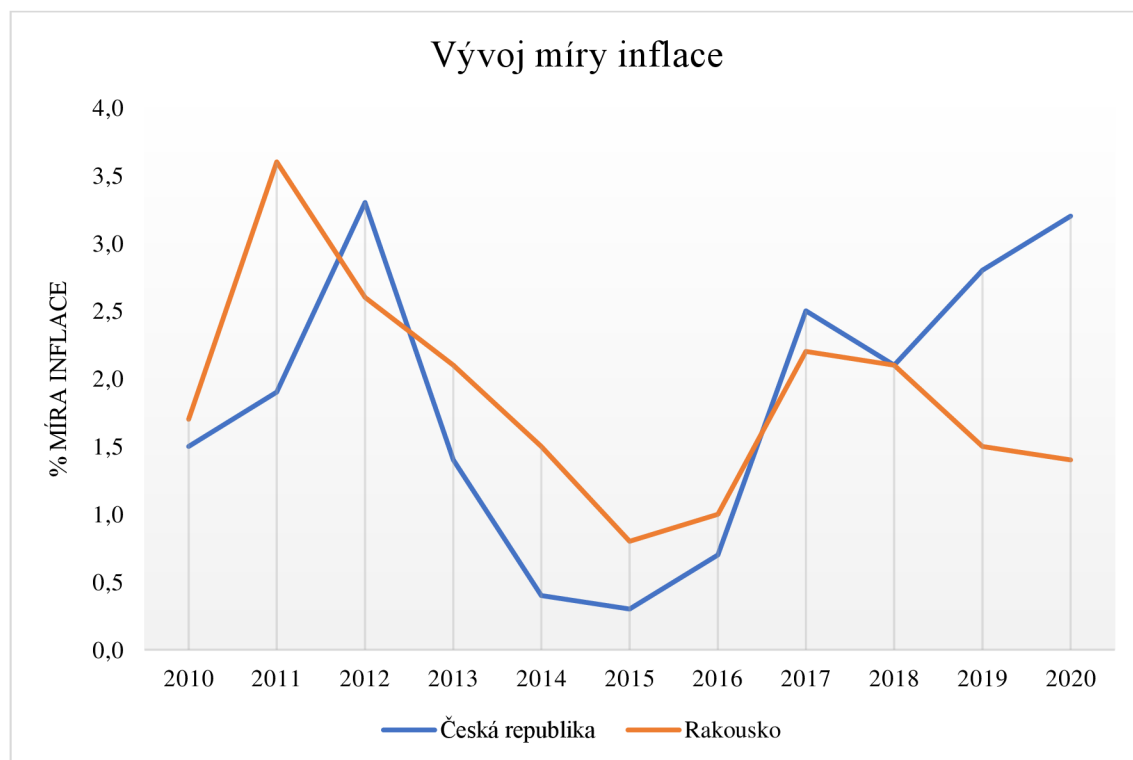
3.3.7 Míra inflace

Sedmým sledovaným ukazatelem je míra inflace. Časová řada je sestavena pro období let 2010 až 2020. Data byla zpracována z databáze Eurostatu, kdy byly vzaty hodnoty míry inflace pro Českou republiku a Rakousko. Inflace je chápána jako všeobecný růst cenové hladiny v čase, kdy dochází k oslabení reálné hodnoty dané měny vůči zboží či službám, které spotřebitelé nakupují. Míra inflace je pak vyjádřena přírůstkem indexu spotřebitelských cen (CPI) ke stejnému měsíci předchozí roku. Ta tedy vyjadřuje o kolik vzrostly (či se snížily) ceny zboží a služeb, které spotřebovává průměrná domácnost v porovnání se stejným měsícem předchozího roku. [36] Z grafu číslo 13 můžeme vidět, že obě křivky, zobrazující míru inflace pro dané státy, opisují téměř stejnou trajektorii. V posledních dvou letech však dochází k rozkolu a zatímco inflace České republiky nadále roste, inflace Rakouska se postupně snižuje. Na zvýšení míry inflace v České republice v roce 2019 měly největší vliv ceny za bydlení, pak ceny v oddíle potravin a nealkoholických nápojů a v oddíle ubytování a stravování. [37] V roce 2020 byla naměřena míra inflace v České republice 3,2 procenta, což je nárůst o 0,4 procenta oproti předchozímu roku. Jednalo se tak o nejvýše naměřenou inflaci od roku 2012, kdy se

inflace vyšplhala na 3,3 procenta. V roce 2020 měly na zvýšení cenové hladiny největší vliv ceny v oddílech potravin a nealkoholických nápojů, alkoholických nápojů, tabáku a ceny bydlení. [38]

Graf 13: Vývoj míry inflace

(Zdroj: Eurostat a ČSÚ, vlastní zpracování)



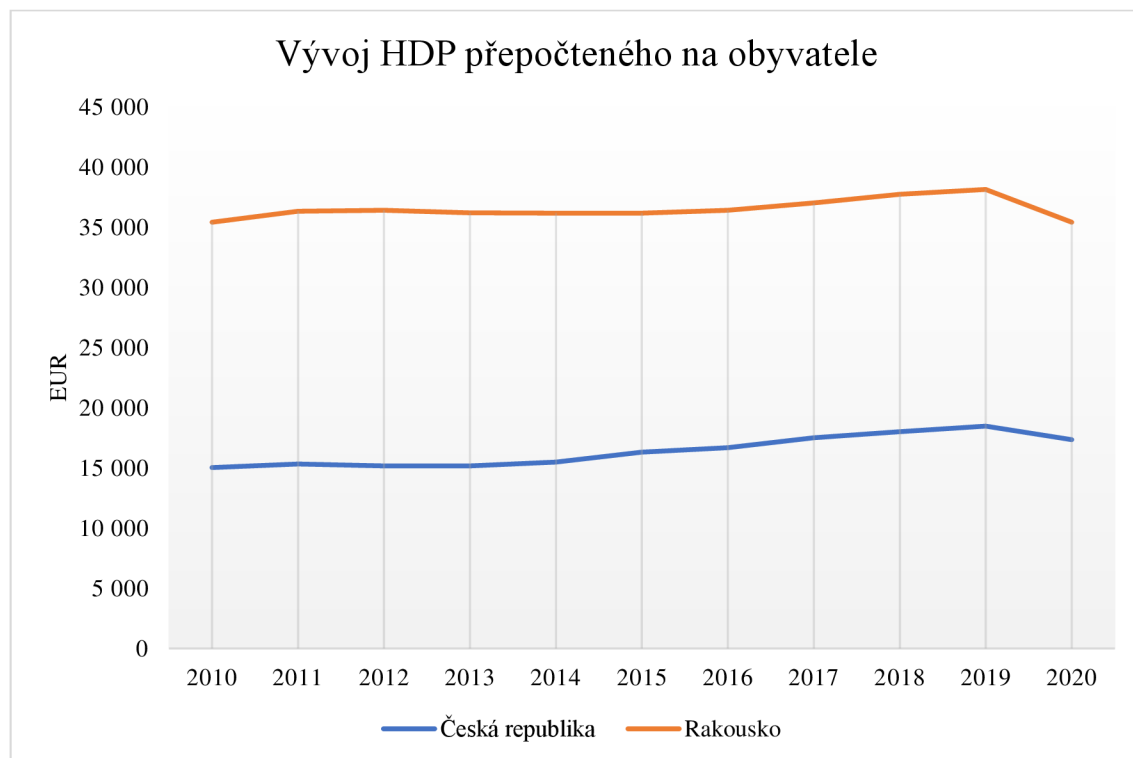
3.3.8 HDP na obyvatele

Posledním osmým sledovaným ukazatelem je míra inflace. Časová řada je sestavena pro období let 2010 až 2020. Data byla zpracována z databáze Eurostatu, kdy byly vzaty hodnoty hrubého domácího produktu přepočtené na obyvatele vybraných zemích v eurech. Hrubý domácí produkt (HDP) je měřítkem ekonomické výkonnosti a je peněžním vyjádřením celkové hodnoty statků a služeb, které byly nově vytvořeny v daném období na daném území či v dané zemi. Pro srovnání vývoje HDP České republiky a Rakouska byl použit hrubý domácí produkt přepočtený na obyvatele. Z grafu číslo 14 je patrné, že Rakousko dosahuje v každém ze sledovaných let minimálně dvakrát takové hodnoty jako Česká republika. Jediný pokles tu vidíme v roce 2020, který je spojený s počátkem

koronavirové krize a snížila se tak celková hodnota vyprodukovaných statků a služeb.
[39]

Graf 14: Vývoj HDP přepočteného na obyvatele

(Zdroj: Eurostat, vlastní zpracování)



3.3.9 Vzájemná provázanost vybraných ukazatelů

Jelikož předchozí kapitoly sledovaly spíše trendy a vývoj ukazatelů, je pro tvorbu ekonometrického modelu zásadní určit vzájemnou provázanost vybraných ukazatelů. Tabulka číslo 3 obsahuje páry vybraných ukazatelů a jejich vzájemnou závislost. Pro lepší přehlednost jsou pod sestavenou korelační maticí vypsány všechny ukazatele včetně jejich popisu.

Tabulka 3: Korelační matice vybraných ukazatelů

(Zdroj: vlastní zpracování)

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}
x_1 Uhlí	1,00	0,27	-0,15	0,64	0,33	0,10	0,40	0,75	0,10	0,46
x_2 Zemní plyn	0,27	1,00	-0,46	0,53	0,93	-0,57	-0,11	0,53	-0,72	-0,08
x_3 Zlato	-0,15	-0,46	1,00	0,14	-0,31	0,56	0,77	0,03	0,39	-0,02
x_4 Měď	0,64	0,53	0,14	1,00	0,67	0,18	0,63	0,88	-0,35	-0,03
x_5 Ropa	0,33	0,93	-0,31	0,67	1,00	-0,32	0,09	0,66	-0,65	0,01
x_6 Emisní povolenky	0,10	-0,57	0,56	0,18	-0,32	1,00	0,52	-0,05	0,55	0,20
x_7 Inflace - ČR	0,40	-0,11	0,77	0,63	0,09	0,52	1,00	0,50	0,28	0,20
x_8 Inflace - Rakousko	0,75	0,53	0,03	0,88	0,66	-0,05	0,50	1,00	-0,31	0,10
x_9 HDP - ČR	0,10	-0,72	0,39	-0,35	-0,65	0,55	0,28	-0,31	1,00	0,69
x_{10} HDP - Rakousko	0,46	-0,08	-0,02	-0,03	0,01	0,20	0,20	0,10	0,69	1,00

kde:

x_1	je cena uhlí	[EUR/t]
x_2	je cen zemního plynu	[EUR/mmBTU]
x_3	je cena zlata	[EUR/oz t]
x_4	je cena mědi	[EUR/t]
x_5	je cena ropy	[EUR/bbl]
x_6	je cena emisních povolenek	[EUR/ks]
x_7	je míra inflace České republiky	[%]
x_8	je míra inflace Rakouska	[%]

x_9 je HDP na obyvatele České republiky [EUR]

x_{10} je HDP na obyvatele Rakouska [EUR]

Jedním z předpokladů je vzájemná nezávislost vysvětlujících proměnných. Na základě vypracované korelační matice se vyloučí proměnné, které jsou vzájemně závislé a mohly by tak porušit jeden ze základních předpokladů. Nyní bude zapotřebí ze vstupních proměnných vyřadit proměnné vykazující absolutní hodnotu korelace vyšší než 0,7. Při pohledu na tabulku číslo 3 vidíme, že těmito proměnnými jsou x_1 , x_2 , x_3 , x_4 , x_5 , x_6 , x_7 , x_8 a x_9 . Z toho důvodu tedy vyřadíme proměnné x_2 , x_7 a x_8 . Do modelu tedy dále nebude zasahovat cena zemního plynu, míra inflace České republiky a míra inflace Rakouska.

3.4 Ekonometrické modelování

V této kapitole dojde k vlastnímu ekonometrickému modelování, kdy jsme si již představili vysvětlovanou proměnou y , tedy cenu elektrické energie. Ta bude rozdělena na malooběratele (domácnosti) a velkooběratele (podnikatele) a ti budou ještě rozdělení na Českou republiku a Rakousko. Vysvětlující proměnné x , které vstupují do modelu, byly popsány v kapitole výše. Závislost ceny elektřiny je zkoumána v časovém období 11 let, tedy za období let 2010 až 2020 s periodou jednoho roku.

3.4.1 Sestavené regresní modely

Za využití softwaru GRETL a SPSS Statistics 25 a metody nejmenších čtverců byly vypracovány modely \hat{y}_1 až \hat{y}_4 , první model je pro malooběratele (domácnosti) České republiky, druhý je pro velkooběratele (podnikatele) České republiky, třetí pro malooběratele (domácnosti) Rakouska a čtvrtý model pro velkooběratele (podnikatele) Rakouska. Závislou vysvětlovanou proměnnou y je zde cena za elektrickou energii, která byla představena v kapitole 2.2.5.1 a vysvětlující proměnné x byly přiblíženy v kapitole 3.2. Modely byly upraveny tak, aby měly dostatečnou vypovídající schopnost. V programech GRETL a SPSS Statistics 25 bylo vypracováno mnoho modelů, avšak vybral jsem pouze 4 nejlepší z nich (každý z jedné skupiny, jak jsem psal výše). U modelů muselo dojít k vynechání několika proměnných a to z toho důvodu, že vykazovaly p -hodnotu nad úrovní stanovené hladiny významnosti. Z výše zvolených proměnných tak

odpadla ještě cena mědi, která dále nebude figurovat v sestavených regresních modelech. Ostatní proměnné jsou v různých kombinacích do modelů zahrnuté viz níže. Vybrané 4 modely mají tedy tento tvar:

$$\hat{y}_1 = 0,118 + 0,00046x_1 + 3,196 \times 10^{-5}x_3 - 3,701 \times 10^{-6}x_9$$

$$\hat{y}_2 = 0,273 + 0,000432x_1 + 0,001x_6 - 1,38 \times 10^{-5}x_9$$

$$\hat{y}_3 = 0,265 + 0,000405x_5 + 0,001x_6 - 4,554 \times 10^{-6}x_{10}$$

$$\hat{y}_4 = 0,279 + 0,000442x_5 + 0,001x_6 - 6,416 \times 10^{-6}x_{10}$$

Rovnice 51: Sestavené regresní modely

(Zdroj: Vlastní zpracování v softwaru SPSS Statistics 25)

Úplný výstup všech modelů je uveden v příloze práce.

3.4.2 Ekonomická verifikace regresních modelů

Ekonomická verifikace výše vytvořených regresních modelů je nezbytným kritériem ekonomické interpretace a využitelnosti výsledků kvantifikace. Nyní je potřeba ověřit správnost znamének a velikost číselných hodnot odhadnutých parametrů.

$$\hat{y}_1 = 0,118 + 0,00046x_1 + 3,196 \times 10^{-5}x_3 - 3,701 \times 10^{-6}x_9$$

Rovnice 52: Regresní model 1

(Zdroj: Vlastní zpracování v softwaru SPSS Statistics 25)

model \hat{y}_1 lze popsat následovně:

- zvýší-li se cena uhlí o 1 euro za tunu, tak dojde k zvýšení ceny elektrické energie pro maloodběratele České republiky (domácnosti) o 0,00046 euro
- zvýší-li se cena zlata o 1 euro za trojskou unci, tak dojde k zvýšení ceny elektrické energie pro maloodběratele České republiky (domácnosti) o 0,00003196 euro
- zvýší-li se hodnota hrubého domácího produktu ČR o 1 euro na obyvatele, tak dojde ke snížení ceny elektrické energie pro maloodběratele České republiky (domácnosti) o 0,000003701 eura

Koeficient determinace pro tento model vysvětluje 84,7 % změn vysvětlované proměnné y .

$$\hat{y}_2 = 0,273 + 0,000432x_1 + 0,001x_6 - 1,38 \times 10^{-5}x_9$$

Rovnice 53: Regresní model 2

(Zdroj: Vlastní zpracování v softwaru SPSS Statistics 25)

model \hat{y}_2 lze popsat následovně:

- zvýší-li se cena uhlí o 1 euro za tunu, tak dojde k zvýšení ceny elektrické energie pro velkooběratele České republiky (podnikatele) o 0,000432 euro
- zvýší-li se cena emisních povolenek o 1 euro za kus, tak dojde ke zvýšení ceny elektrické energie pro velkooběratele České republiky (podnikatele) o 0,001 euro
- zvýší-li se hodnota hrubého domácího produktu ČR o 1 euro na obyvatele, tak dojde ke snížení ceny elektrické energie pro velkooběratele České republiky (podnikatele) o 0,0000138 eura

Koeficient determinace pro tento model vysvětluje 97,9 % změn vysvětlované proměnné y .

$$\hat{y}_3 = 0,265 + 0,000405x_5 + 0,001x_6 - 4,554 \times 10^{-6}x_{10}$$

Rovnice 54: Regresní model 3

(Zdroj: Vlastní zpracování v softwaru SPSS Statistics 25)

model \hat{y}_3 lze popsat následovně:

- zvýší-li se cena ropy o 1 euro za bbl, tak dojde ke zvýšení ceny elektrické energie pro malooběratele Rakouska (domácnosti) o 0,000405 euro
- zvýší-li se cena emisních povolenek o 1 euro za kus, tak dojde ke zvýšení ceny elektrické energie pro malooběratele Rakouska (domácnosti) o 0,001 euro
- zvýší-li se hodnota hrubého domácího produktu Rakouska o 1 euro na obyvatele, tak dojde ke snížení ceny elektrické energie pro malooběratele Rakouska (domácnosti) o 0,000004554 eura

Koeficient determinace pro tento model vysvětluje 89,2 % změn vysvětlované proměnné y .

$$\hat{y}_4 = 0,279 + 0,000442x_5 + 0,001x_6 - 6,416 \times 10^{-6}x_{10}$$

Rovnice 55: Regresní model 4

(Zdroj: Vlastní zpracování v softwaru SPSS Statistics 25)

model \hat{y}_4 lze popsat následovně:

- zvýší-li se cena ropy o 1 euro za bbl, tak dojde ke zvýšení ceny elektrické energie pro maloodběratele Rakouska (domácnosti) o 0,000442 euro
- zvýší-li se cena emisních povolenek o 1 euro za kus, tak dojde ke zvýšení ceny elektrické energie pro maloodběratele Rakouska (domácnosti) o 0,001 euro
- zvýší-li se hodnota hrubého domácího produktu Rakouska o 1 euro na obyvatele, tak dojde ke snížení ceny elektrické energie pro maloodběratele Rakouska (domácnosti) o 0,000006416 eura

Koeficient determinace pro tento model vysvětluje 92,2 % změn vysvětlované proměnné y .

Všechny čtyři modely splňují ekonomický předpoklad, který říká, že s růstem cen komodit roste i cena elektrické energie. Co se týče hrubého domácího produktu přepočteného na obyvatele dané země, platí ve všech případech vztah, kdy se zvýšením HDP dojde k poklesu ceny elektrické energie. Ostatní vstupní proměnné mají velmi podobné regresní koeficienty.

3.4.3 Statistická verifikace regresních modelů

Testování probíhá na hladině významnosti 5 % ($\alpha = 0,05$), neboli s 95procentní pravděpodobností nedojde k chybnému vyložení hypotézy. Na stejné hladině významnosti je sestaven také interval spolehlivosti.

3.4.3.1 Interval spolehlivosti

Interval spolehlivosti je sestaven na hladině významnosti 5 % za využití funkce konfidenčních intervalů koeficientů v softwaru GRET. Výsledky jsou prezentovány formou výstupů ze softwaru GRET s 95procentním konfidenčním intervalem.

Obrázek 1: Konfidenční intervaly koeficientů modelu 1

(Zdroj: Vlastní zpracování v softwaru GRET)

PROMĚNNÁ	KOEFICIENT	95% KONFIDENČNÍ INTERVAL	
const	0,118480	0,0700534	0,166906
Uhli	0,000460365	0,000194491	0,000726239
Zlato	3,19597E-05	9,72646e-006	5,41929e-005
HDPCR	-3,70127E-06	-6,76469e-006	-6,37852e-007

Obrázek 2: Konfidenční intervaly koeficientů modelu 2

(Zdroj: Vlastní zpracování v softwaru GRET)

PROMĚNNÁ	KOEFICIENT	95% KONFIDENČNÍ INTERVAL	
const	0,273186	0,240858	0,305513
Uhli	0,000432158	0,000274821	0,000589494
Emisnipovolenky	0,000620243	0,000278191	0,000962296
HDPCR	-1,38029E-05	-1,58180e-005	-1,17878e-005

Obrázek 3: Konfidenční intervaly koeficientů modelu 3

(Zdroj: Vlastní zpracování v softwaru GRET)

PROMĚNNÁ	KOEFICIENT	95% KONFIDENČNÍ INTERVAL	
const	0,265346	0,161177	0,369515
Ropa	0,000405240	0,000248237	0,000562244
Emisnipovolenky	0,000814393	0,000466894	0,00116189
HDPRakousko	-4,55445E-06	-7,43733e-006	-1,67156e-006

Obrázek 4: Konfidenční intervaly koeficientů modelu 4

(Zdroj: Vlastní zpracování v softwaru GRETL)

PROMĚNNÁ	KOEFICIENT	95% KONFIDENČNÍ INTERVAL	
const	0,278934	0,179944	0,377925
Ropa	0,000441992	0,000292794	0,000591191
Emisnipovolenky	0,000844567	0,000514342	0,00117479
HDPPrakousko	-6,41576E-06	-9,15532e-006	-3,67619e-006

Při porovnání konfidenčních intervalů a koeficientů jednotlivých modelů, můžeme konstatovat, že vypočtené regresní koeficienty se s 95procentní pravděpodobností nacházejí uvnitř konfidenčních intervalů uvedených na obrázcích 1 až 4.

3.4.3.2 Test významnosti modelů

Zvolená hladina významnosti 5 % ($\alpha = 0,05$), neboli že s 95procentní pravděpodobností nedojde k chybnému vyložení hypotézy, zůstává shodná pro všechny testované hypotézy. Rozhodnutí o statistické významnosti modelů bude rozhodnuto na základě vypočítané p-hodnoty, která značí dosaženou hladinu významnosti. Stanovíme tak H_0 a H_1 :

- $H_0: \beta_i = 0$, β_i model je statisticky bezvýznamný
- $H_1: \beta_i \neq 0$, β_i model je statisticky významný

Výsledná p-hodnota nám stanovuje výsledek testu. Je-li p-hodnota nižší než 5% hladina významnosti ($\alpha = 0,05$), znamená to, že dochází k zamítnutí nulové hypotézy (H_0) na uvedené hladině významnosti a všechny parametry modelu jsou tak statisticky významné.

Tabulka 4: Test významnosti modelů

(Zdroj: Vlastní zpracování v softwaru GRETL)

F-test	Statistika	p-hodnota
významnost modelu 1	8,420321	0,010098
významnost modelu 2	106,3626	0,00000335
významnost modelu 3	19,27076	0,000923
významnost modelu 4	27,74211	0,000294

Pomocí provedeného F-testu byla u všech vypracovaných modelů zamítnuta nulová hypotéza, jelikož p-hodnota je ve všech čtyřech případech pod hodnotou hladiny významnosti. Přijmeme tedy H_1 a můžeme konstatovat, že model je statisticky významný.

3.4.3.3 Test významnosti regresních parametrů

V tomto případě opět dochází k využití zvolené hladiny významnosti 5 % ($\alpha = 0,05$). Rozhodnutí o statistické významnosti regresních parametrů bude rozhodnuto na základě vypočítané p-hodnoty pro dané parametry modelu, ta značí dosaženou hladinu významnosti. Stanovíme tedy hypotézy H_0 a H_1 , kde:

- $H_0: \beta_i = 0$, β_i jsou statisticky bezvýznamné parametry
- $H_1: \beta_i \neq 0$, β_i jsou statisticky významné parametry

Výsledná p-hodnota nám stanovuje výsledek testu. Je-li p-hodnota nižší než 5% hladina významnosti ($\alpha = 0,05$), znamená to, že dochází k zamítnutí nulové hypotézy (H_0) na uvedené hladině významnosti a všechny parametry modelu jsou tak statisticky významné.

Tabulka 5: Test významnosti regresních parametrů

(Zdroj: Vlastní zpracování v softwaru GRETL)

	X1	X3	X5	X6	X9	X10
model 1	0,00046	3,20E-05	-	-	-3,70127e-06	-
model 2	0,000432	-	-	0,00062	-1,38029e-05	-
model 3	-	-	0,000405	0,000814	-	-4,55445e-06
model 4	-	-	0,000442	0,000845	-	-6,41576e-06

Pomocí provedených testů v softwaru GRETL bylo zjištěno, že p-hodnoty všech parametrů v každém z modelů dosahují nižších hodnot než je hladina významnosti. Zamítáme tak nulovou hypotézu H_0 a přijímáme hypotézu H_1 , regresní parametry jsou tak s 95procentní pravděpodobností statisticky významné.

3.4.3.4 Test specifikace modelu

Pro testy specifikace modelů by využit Ramseyův RESET test druhých a třetích mocnin s využitím F statistiky v softwaru GRETL. Výsledky testu pak potvrzují správnou

specifikaci modelu, je-li p-hodnota testu vyšší než je stanovená hladina významnosti ($\alpha = 0,05$), nedochází k zamítnutí nulové hypotézy a model je správně specifikovaný.

- H_0 : model je správně specifikovaný
- H_1 : model není správně specifikovaný

Obrázek 5: Test specifikace modelu 1

(Zdroj: Vlastní zpracování v softwaru GRETL)

```
Test RESET pro specifikaci (druhé a třetí mocniny)
Testovací statistika: F = 0,994392,
s p-hodnotou = P(F(2,5) > 0,994392) = 0,433
```

Obrázek 6: Test specifikace modelu 2

(Zdroj: Vlastní zpracování v softwaru GRETL)

```
Test RESET pro specifikaci (druhé a třetí mocniny)
Testovací statistika: F = 1,389977,
s p-hodnotou = P(F(2,5) > 1,38998) = 0,331
```

Obrázek 7: Test specifikace modelu 3

(Zdroj: Vlastní zpracování v softwaru GRETL)

```
Test RESET pro specifikaci (druhé a třetí mocniny)
Testovací statistika: F = 5,222580,
s p-hodnotou = P(F(2,5) > 5,22258) = 0,0596
```

Obrázek 8: Test specifikace modelu 4

(Zdroj: Vlastní zpracování v softwaru GRETL)

```
Test RESET pro specifikaci (druhé a třetí mocniny)
Testovací statistika: F = 1,599414,
s p-hodnotou = P(F(2,5) > 1,59941) = 0,29
```

Výsledky výstupů ze softwaru GRETL potvrzují správnou specifikaci modelu ve všech čtyřech případech. Vypočítané p-hodnoty vykazují vyšší hodnoty než je zvolená hladina významnosti a nedochází tak k zamítnutí nulových hypotéz. Modely jsou správně specifikované.

3.4.4 Ekonometrická verifikace vybraných modelů

Ekonometrická verifikace spočívá v ověřování podmínek, které jsou potřeba k úspěšné aplikaci konkrétních ekonometrických metod, testů a technik. V této části budeme tedy testovat 4 vybrané regresní modely, zda mají předpoklady pro využití v prognózování. Testování bude opět provedeno se stejnou hladinou významnosti, tedy s 5 % ($\alpha = 0,05$).

3.4.4.1 Test heteroskedasticity

Pro tvorbu klasického lineárního regresního modelu, který je odhadován metodou nejmenších čtverců, je jedním ze základních předpokladů homoskedasticita. Je potřeba, aby byly rozptyly reziduálních složek konstantní a konečné v čase. Při testování heteroskedasticity je využit Whiteův test, který je jedním z nejvíce používaných testů v ekonometrické analýze, dále potom také Breusch-Paganův a Koenkerův test. Testování heteroskedasticity bylo provedeno v softwaru GRETL, který všechny tyto typy testů umožňuje. Hypotézy jsou formulovány následovně:

- H_0 : heteroskedasticita není v modelu přítomna
- H_1 : heteroskedasticita je v modelu přítomna

Tabulka 6: Testy heteroskedasticity

(Zdroj: Vlastní zpracování v softwaru GRETL)

Model	Testy heteroskedasticity	Statistika	p-hodnota
1	Whiteův test	10,80059	0,289625
	Breusch-Paganův test	1,203202	0,752237
	Koenkerův test	0,906492	0,823861
2	Whiteův test	10,72513	0,295021
	Breusch-Paganův test	2,051655	0,561755
	Koenkerův test	1,754962	0,624784
3	Whiteův test	10,61558	0,302981
	Breusch-Paganův test	1,786067	0,617972
	Koenkerův test	1,964681	0,57977
4	Whiteův test	10,56062	0,307032
	Breusch-Paganův test	1,043554	0,790715
	Koenkerův test	1,004962	0,800051

U všech provedených Whiteových testů je výsledek větší než zvolená hladina významnosti 5 % ($\alpha = 0,05$). Nulovou hypotézu tedy nezamítáme. Obdobně je tomu

v případech Breusch-Paganových a Koenkerových testů. Vypočtené hodnoty pro statistiky a p-hodnoty jednotlivých testů heteroskedasticity potvrdily hypotézu H_0 , heteroskedasticita tedy není v modelu přítomna.

3.4.4.2 Test autokorelace

Testování autokorelace bylo provedeno v softwaru GRETL za využití Durbin-Watsonovy statistiky a Breusch-Godfreyova testu pro autokorelaci prvního řádu. Hypotézy budou mít tuto formulaci:

- H_0 : Autokorelace není v modelu přítomna
- H_1 : Autokorelace je v modelu přítomna

Tabulka 7: Durbin-Watsonův test

(Zdroj: Vlastní zpracování v softwaru GRETL)

Model	Testy autokorelace	Statistika
1	Durbin-Watsonova statistika	2,190646
2	Durbin-Watsonova statistika	3,141529
3	Durbin-Watsonova statistika	1,771074
4	Durbin-Watsonova statistika	2,210385

Tabulka 8: Vyhodnocení Durbin-Watsonova testu

(Zdroj: Vlastní zpracování dle publikace Základy ekonometrie, 2009, strana 148)

Výsledná hodnota testu	Vyhodnocení
$3,0727 < DW < 4$	Zamítneme H_0
$2,6759 < DW < 3,0727$	Výsledek je neurčitý
$2 < DW < 2,6759$	Přijmeme H_0
$1,3241 < DW < 2$	Přijmeme H_0
$0,9273 < DW < 1,3241$	Výsledek je neurčitý
$0 < DW < 0,9273$	Zamítneme H_0

Jak již bylo zmíněno v kapitole 2.4.7.6, Durbin-Watsonova statistika nabývá intervalu od 0 do 4, přičemž 2 je střední hodnota. 5% kritické hodnoty pro Durbin-Watsonovu statistiku (kde $n = 11$, $k = 1$) jsou $dL = 0,9273$ a $dU = 1,3241$. Pro modely číslo 1, 3 a 4

vychází výsledná hodnota testu v intervalech, kdy přijmeme nulovou hypotézu a autokorelace tak v modelu není přítomna. U modelu číslo 2 vychází hodnota mimo tento interval. Pro ověření dojde ještě k provedení Breusch-Godfreyova testu pro autokorelaci prvního řádu.

Před využitím Breusch-Godfreyova testu pro autokorelaci prvního řádu je nutné opět stanovit hypotézy, ty jsou formulovány následovně:

- H_0 : Autokorelace není v modelu přítomna
- H_1 : Autokorelace je v modelu přítomna

Obrázek 9: Breusch-Godfreyův test pro autokorelaci prvního řádu modelu 1

(Zdroj: Vlastní zpracování v softwaru GRETL)

	koeficient	směr. chyba	t-podíl	p-hodnota
const	0,00198769	0,0230651	0,08618	0,9341
Uhlí	-1,87974e-05	0,000137660	-0,1365	0,8959
Zlato	-8,65299e-08	1,00931e-05	-0,008573	0,9934
HDPCR	-3,61922e-08	1,39589e-06	-0,02593	0,9802
uhat_1	-0,132971	0,469013	-0,2835	0,7863

Neadjustovaný koeficient determinace = 0,013220

Testovací statistika: LMF = 0,080380,
s p-hodnotou = $P(F(1,6) > 0,0803796) = 0,786$

Alternativní statistika: $TR^2 = 0,145415$,
s p-hodnotou = $P(\text{Chí-kvadrát}(1) > 0,145415) = 0,703$

Obrázek 10: Breusch-Godfreyův test pro autokorelaci prvního řádu modelu 2

(Zdroj: Vlastní zpracování v softwaru GRETL)

	koeficient	směr. chyba	t-podíl	p-hodnota
const	0,00374125	0,0121349	0,3083	0,7683
Uhli	-6,09632e-06	5,82660e-05	-0,1046	0,9201
Emisnipovolenky	2,56807e-06	0,000126460	0,02031	0,9845
HDPCR	-2,02187e-07	7,53583e-07	-0,2683	0,7975
uhat_1	-0,600473	0,337774	-1,778	0,1258

Neadjustovaný koeficient determinace = 0,345003

Testovací statistika: LMF = 3,160343,
s p-hodnotou = $P(F(1,6) > 3,16034) = 0,126$

Alternativní statistika: $TR^2 = 3,795029$,
s p-hodnotou = $P(\text{Chí-kvadrát}(1) > 3,79503) = 0,0514$

Obrázek 11: Breusch-Godfreyův test pro autokorelaci prvního řádu modelu 3

(Zdroj: Vlastní zpracování v softwaru GRETL)

	koeficient	směr. chyba	t-podíl	p-hodnota
const	-0,000789561	0,0472607	-0,01671	0,9872
Ropa	-1,02034e-05	7,81585e-05	-0,1305	0,9004
Emisnipovolenky	3,64280e-06	0,000157860	0,02308	0,9823
HDPRakousko	3,68572e-08	1,31133e-06	0,02811	0,9785
uhat_1	0,144085	0,457390	0,3150	0,7634

Neadjustovaný koeficient determinace = 0,016270

Testovací statistika: LMF = 0,099234,
s p-hodnotou = $P(F(1,6) > 0,0992343) = 0,763$

Alternativní statistika: $TR^2 = 0,178970$,
s p-hodnotou = $P(\text{Chí-kvadrát}(1) > 0,17897) = 0,672$

Obrázek 12: Breusch-Godfreyův test pro autokorelaci prvního řádu modelu 4

(Zdroj: Vlastní zpracování v softwaru GRETL)

	koeficient	směr. chyba	t-podíl	p-hodnota
const	0,00392541	0,0456123	0,08606	0,9342
Ropa	1,18480e-05	7,31619e-05	0,1619	0,8767
Emisnipovolenky	3,72070e-06	0,000149047	0,02496	0,9809
HDPRakousko	-1,27326e-07	1,27267e-06	-0,1000	0,9236
uhat_1	-0,187433	0,457047	-0,4101	0,6960

Neadjustovaný koeficient determinace = 0,027265

Testovací statistika: LMF = 0,168178,
s p-hodnotou = $P(F(1,6) > 0,168178) = 0,696$

Alternativní statistika: $TR^2 = 0,299919$,
s p-hodnotou = $P(\text{Chí-kvadrát}(1) > 0,299919) = 0,584$

U testování autokorelace pomocí Breusch-Godfreyova testu byly naměřené p-hodnoty nad zvolenou 5procentní hladinou významnosti a hypotézu H_0 tedy nezamítáme a můžeme konstatovat, že u žádného modelu nedochází k autokorelaci.

3.4.4.3 Test multikolinearity

Kolinearita již byla řešena v kapitole 3.2.9, která se věnuje vzájemné provázanosti vybraných ukazatelů. Na základě zkonstruované korelační matice vysvětlujících proměnných byly odhaleny vzájemné korelace mezi proměnnými a došlo k vyřazení několika z nich. Ty již nezasahují do ekonometrického modelování. Následně byly všechny modely ještě několikrát upravovány tak, aby vykazovaly vypovídající schopnost. Proměnné, které vstupují do modelu, lze považovat za lineárně nezávislé.

3.3.5 Prognózování pomocí sestavených modelů

Jedním z úkolů vypracovaných modelů je provedení předpovědi budoucího vývoje. Pro tyto prognózy byla sesbírána data pro rok 2021, která byla upravena stejně tak, jako byly upravené proměnné, které do modelu již vstupovaly a které byly popsány v kapitolách výše. Předpověď byla provedena v softwaru GRETL, kde bylo k modelu přidáno jedno pozorování navíc pro rok 2021. Proměnným, které do modelu nakonec vstupovaly, byly upraveny hodnoty pro tento rok na základě dat ze Světové banky a Eurostatu (kde došlo i k přepočítání za využití kurzů z OECD stejně jako tomu bylo u proměnných za

sledované období let 2010 až 2020). Pomocí předpovědi v softwaru GRETL bylo pozorování rozšířeno právě o jedno přidané pozorování (o rok 2021) a byla provedena statistická předpověď pro roky 2010 až 2021 s 95procentním konfidenčním intervalem. Theilův koeficient se používá pro zhodnocení předpovědí. Je-li Theilův koeficient roven 0, je předpověď shodná se skutečností. Pokud jsou hodnoty koeficientu vyšší než 1, tak jsou výsledky předpovědi oproti naivní prognóze horší. [40]

Výsledné předpovědi pak obsahují reálné naměřené hodnoty a jejich předpovědi za využití vypracovaných modelů včetně jejich směrodatných chyb a dalších informací.

Obrázek 13: Výstup předpovědi modelu číslo 1

(Zdroj: Vlastní zpracování v softwaru GRETL)

	DomacnostiCR	předpověď	směr. chyba	95% konfidenční interval	
2010	0,1279	0,1269	0,0051	0,1151 -	0,1387
2011	0,1345	0,1370	0,0051	0,1253 -	0,1488
2012	0,1377	0,1375	0,0052	0,1255 -	0,1496
2013	0,1348	0,1259	0,0049	0,1146 -	0,1372
2014	0,1129	0,1169	0,0050	0,1054 -	0,1285
2015	0,1153	0,1169	0,0049	0,1055 -	0,1282
2016	0,1162	0,1206	0,0048	0,1096 -	0,1317
2017	0,1218	0,1249	0,0049	0,1136 -	0,1362
2018	0,1299	0,1271	0,0053	0,1148 -	0,1393
2019	0,1255	0,1216	0,0052	0,1096 -	0,1336
2020	0,1283	0,1279	0,0058	0,1145 -	0,1413
2021	0,1498	0,1513	0,0058	0,1379 -	0,1647

Statistiky vyhodnocující předpověď using 12 observations

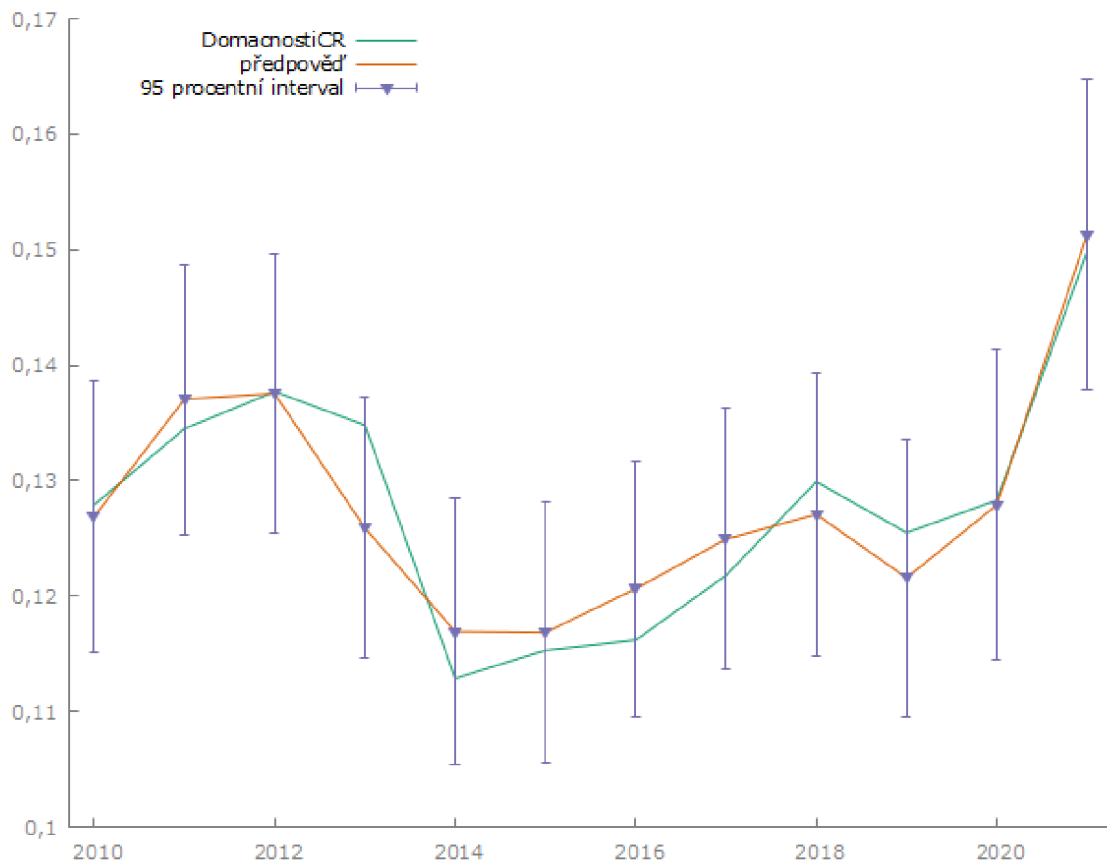
Střední chyba	1,6191e-017
Odmocnina střední kvadratické chyby	0,0036651
Střední absolutní chyba	0,0028742
Střední procentuální chyba	-0,091551
Střední absolutní procentuální chyba	2,2817
Theil's U2	0,37625
Zastoupení vychýlení, UM	0
Zastoupení regrese, UR	0
Zastoupení disturbancí, UD	1

Na základě literatury je predikce dobrá, když je střední absolutní procentuální chyba odhadu menší než 5 % skutečné hodnoty. Z výstupu předpovědi pro model číslo 1 lze vyčíst, že je v tomto případě střední absolutní procentuální chyba 2,2817 %, což vypovídá o dobré predikci. Theilův koeficient je pod úrovní 1. Můžeme si všimnout poměrně vysokého nárůstu cen za elektrickou energii pro domácnosti. K tomu došlo z důvodu

velkého navýšení cen uhlí (o více než dvojnásobek oproti předchozímu roku), které má na model číslo 1 největší vliv.

Obrázek 14: Grafické znázornění předpovědi modelu číslo 1

(Zdroj: Vlastní zpracování v softwaru GRETL)



Graf zobrazuje předpověď cen elektrické energie pro domácnosti (maloodběratele) České republiky pro rok 2021, kdy bylo ke grafu přidáno i sledované období let 2010 až 2020. Z grafu na obrázku číslo 14 lze tedy vyčíst, jak moc se předpovídané hodnoty cen elektrické energie odchylovaly od reálných cen. V každém ze sledovaných let je hodnota predikce v 95procentním intervalu a hodnoty predikce tak kolísají v tomto intervalu kolem reálných hodnot.

Obrázek 15: Výstup předpovědi modelu číslo 2

(Zdroj: Vlastní zpracování v softwaru GRETL)

	PodnikateleCR	předpověď	směr. chyba	95% konfidenční interval	
2010	0,1070	0,1023	0,0063	0,0878 -	0,1169
2011	0,1071	0,1024	0,0064	0,0877 -	0,1172
2012	0,1017	0,1001	0,0062	0,0858 -	0,1144
2013	0,0979	0,0966	0,0062	0,0824 -	0,1108
2014	0,0809	0,0895	0,0062	0,0751 -	0,1039
2015	0,0773	0,0797	0,0061	0,0655 -	0,0938
2016	0,0721	0,0768	0,0061	0,0627 -	0,0908
2017	0,0699	0,0722	0,0067	0,0568 -	0,0876
2018	0,0710	0,0703	0,0067	0,0548 -	0,0858
2019	0,0661	0,0588	0,0065	0,0437 -	0,0738
2020	0,0713	0,0678	0,0069	0,0520 -	0,0836
2021	0,0758	0,0816	0,0076	0,0640 -	0,0992

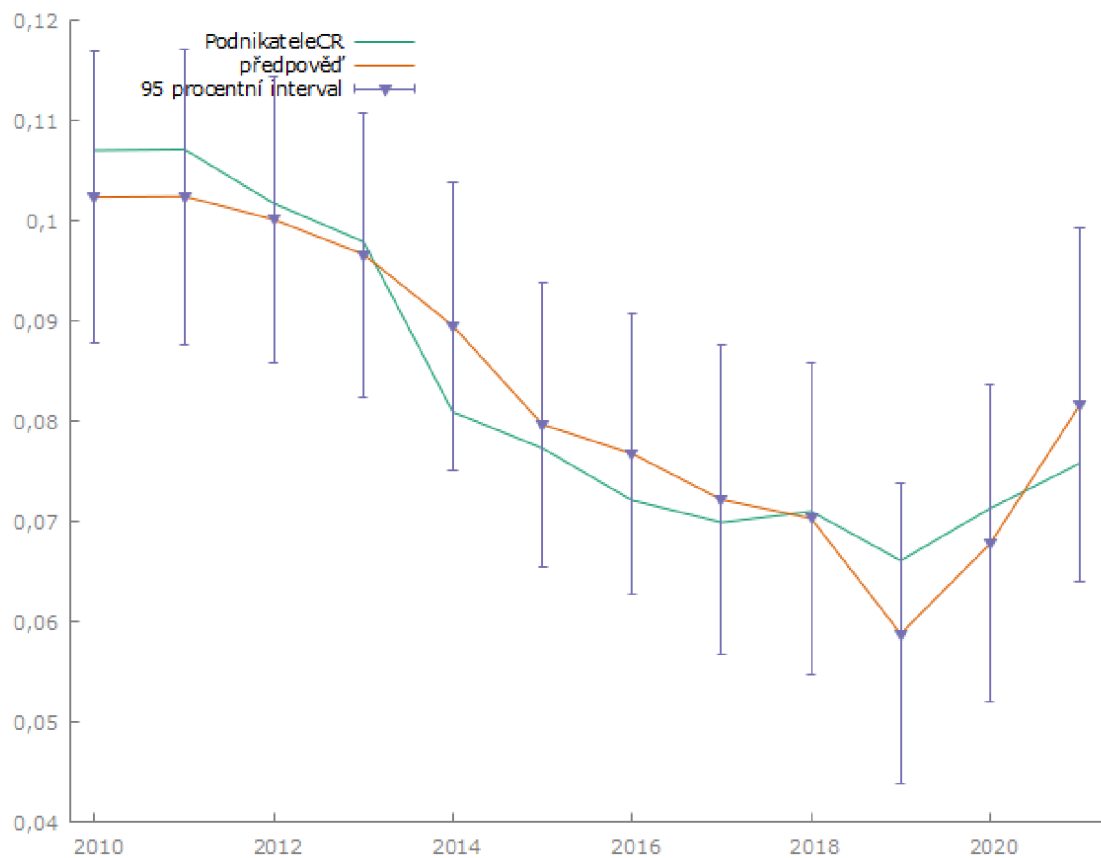
Statistiky vyhodnocující předpověď using 12 observations

Střední chyba	-1,0524e-016
Odmocnina střední kvadratické chyby	0,0046026
Střední absolutní chyba	0,0039516
Střední procentuální chyba	-0,21093
Střední absolutní procentuální chyba	4,9675
Theil's U2	0,79287
Zastoupení vychýlení, UM	0
Zastoupení regrese, UR	0
Zastoupení disturbancí, UD	1

Jak již bylo psáno u popisu předpovědi prvního modelu, predikce je dobrá, když je střední absolutní procentuální chyba odhadu menší než 5 % skutečné hodnoty. Z výstupu předpovědi pro model číslo 2 je patrné, že je v tomto případě střední absolutní procentuální chyba 4,9675 %, což opět vypovídá o dobré predikci. I když došlo k velkému nárůstu cen uhlí a emisních povolenek, na cenu elektrické energie pro velkooběratele (podnikatele) to nemělo takový vliv jako na domácnosti. Theilův koeficient je vyšší než u předpovědi cen pro domácnosti ČR, avšak je pořád pod úrovní 1.

Obrázek 16: Grafické znázornění předpovědi modelu číslo 2

(Zdroj: Vlastní zpracování v softwaru GRETL)



Grafické znázornění z obrázku číslo 16 vysvětluje trend velikosti cen elektrické energie pro velkoodběratele (podnikatele) České republiky za sledované období let 2010 až 2020, kdy k němu byla přidána predikce pro rok 2021. Z grafu je patrné, že předpovědi se vychylují od skutečnosti pouze minimálně, kdy k největším rozdílům dochází v roce 2014, 2019 a 2021, ale i přesto zůstávají ve vyznačených 95procentních konfidenčních intervalech.

Obrázek 17: Výstup předpovědi modelu číslo 3

(Zdroj: Vlastní zpracování v softwaru GRETL)

	DomacnostiRakous~	předpověď	směr. chyba	95% konfidenční interval	
2010	0,1396	0,1380	0,0050	0,1265 -	0,1496
2011	0,1444	0,1390	0,0049	0,1278 -	0,1502
2012	0,1412	0,1386	0,0051	0,1269 -	0,1504
2013	0,1361	0,1370	0,0050	0,1254 -	0,1486
2014	0,1294	0,1358	0,0049	0,1246 -	0,1471
2015	0,1239	0,1272	0,0049	0,1159 -	0,1385
2016	0,1222	0,1227	0,0051	0,1109 -	0,1345
2017	0,1218	0,1233	0,0050	0,1118 -	0,1348
2018	0,1265	0,1284	0,0051	0,1167 -	0,1401
2019	0,1349	0,1298	0,0054	0,1174 -	0,1422
2020	0,1384	0,1342	0,0055	0,1216 -	0,1468
2021	0,1448	0,1491	0,0060	0,1353 -	0,1629

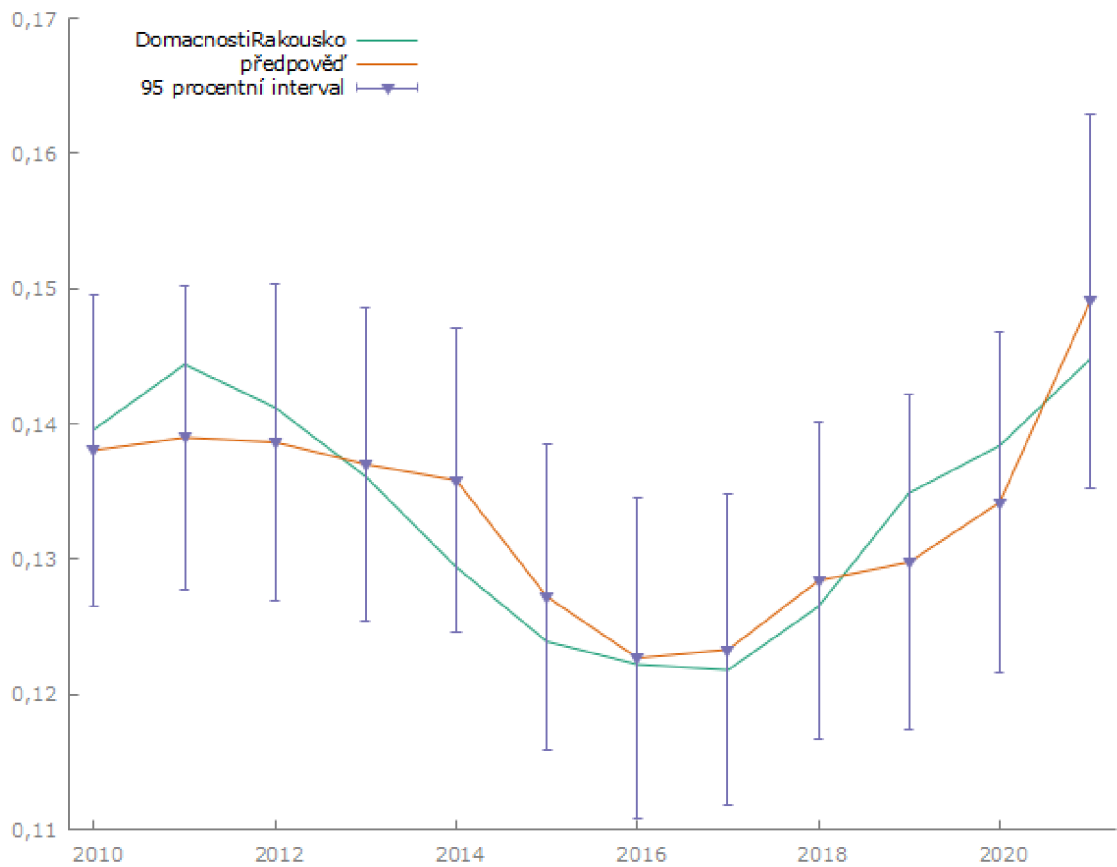
Statistiky vyhodnocující předpověď using 12 observations

Střední chyba	-8,3267e-017
Odmocnina střední kvadratické chyby	0,0036472
Střední absolutní chyba	0,0031382
Střední procentuální chyba	-0,076191
Střední absolutní procentuální chyba	2,3249
Theil's U2	0,73551
Zastoupení vychýlení, UM	0
Zastoupení regrese, UR	0
Zastoupení disturbancí, UD	1

Stejně jako u modelu číslo 1 a 2, tak i zde vyšla absolutní procentuální chyba odhadu menší než 5 % skutečné hodnoty. Z výsledné predikce tak vyplývá, že hodnota 2,3249 % značí o dobré predikci. U rakouských domácností (maloodběratelů) došlo k poměrně vysokému nárůstu cen elektrické energie v roce 2021. Největší vliv na to, dle sestaveného modelu, měl růst cen ropy a emisních povolenek. Theilův koeficient dosahuje hodnoty 0,73551 a je pod úrovní 1.

Obrázek 18: Grafické znázornění předpovědi modelu číslo 3

(Zdroj: Vlastní zpracování v softwaru GRETL)



Obrázek číslo 18 zobrazuje předpověď pro rok 2021 spolu s celým sledovaným obdobím let 2010 až 2021 graficky. Vysvětluje formování ceny elektřiny maloobděratelů Rakouska (domácností). Předpovídané hodnoty pro dané roky opět kolísají kolem skutečných hodnot a nevychylují se z 95procentního intervalu.

Obrázek 19: Výstup předpovědi modelu číslo 4

(Zdroj: Vlastní zpracování v softwaru GRETL)

	PodnikateleRakou-	předpověď	směr. chyba	95% konfidenční interval
2010	0,0922	0,0886	0,0046	0,0781 - 0,0992
2011	0,0916	0,0884	0,0044	0,0781 - 0,0986
2012	0,0893	0,0877	0,0046	0,0770 - 0,0984
2013	0,0865	0,0861	0,0046	0,0755 - 0,0967
2014	0,0786	0,0849	0,0044	0,0747 - 0,0952
2015	0,0729	0,0752	0,0045	0,0649 - 0,0855
2016	0,0685	0,0697	0,0047	0,0590 - 0,0805
2017	0,0688	0,0696	0,0046	0,0591 - 0,0802
2018	0,0720	0,0745	0,0046	0,0638 - 0,0852
2019	0,0814	0,0757	0,0049	0,0644 - 0,0870
2020	0,0871	0,0845	0,0050	0,0730 - 0,0960
2021	0,0961	0,0999	0,0055	0,0873 - 0,1124

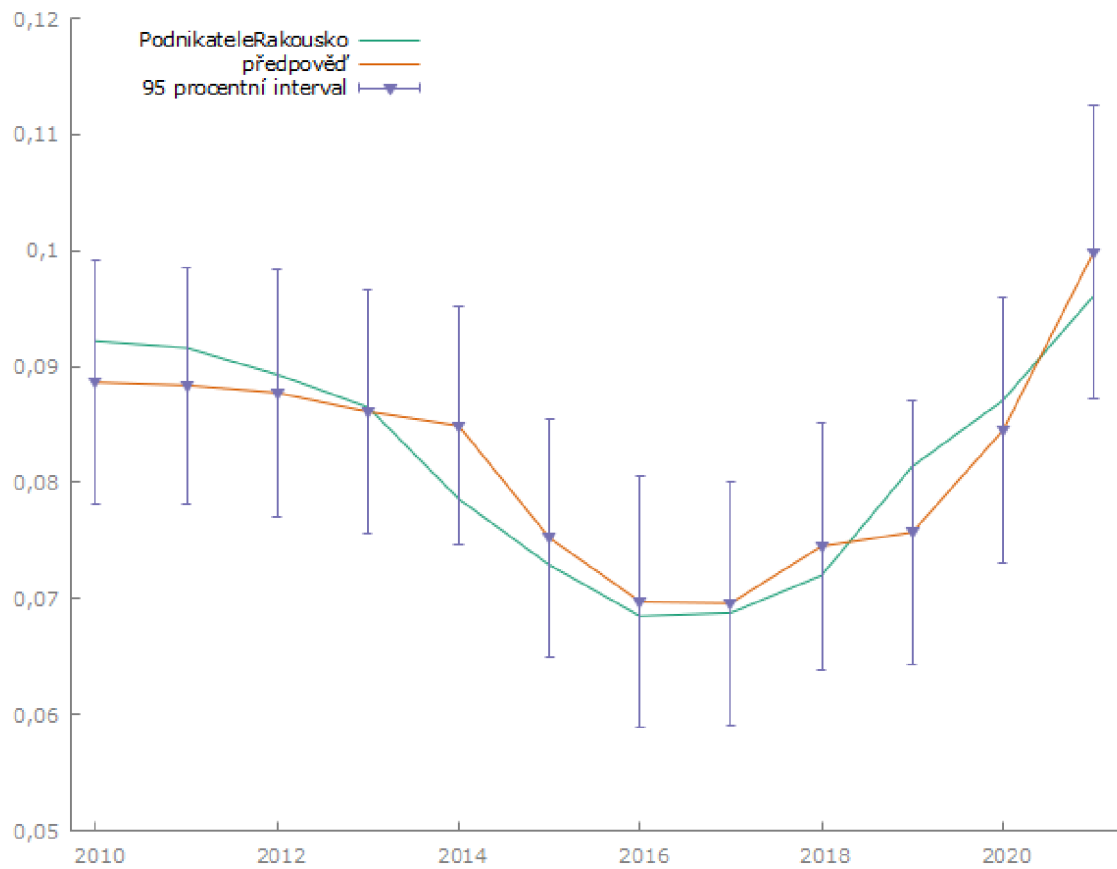
Statistiky vyhodnocující předpověď using 12 observations

Střední chyba	-7,6328e-017
Odmocnina střední kvadratické chyby	0,0033269
Střední absolutní chyba	0,0028351
Střední procentuální chyba	-0,17849
Střední absolutní procentuální chyba	3,4347
Theil's U2	0,58903
Zastoupení vychýlení, UM	0
Zastoupení regrese, UR	0
Zastoupení disturbancí, UD	1

Poslední předpověď se zaměřuje na čtvrtý model, tedy na model popisující formování poptávky (ceny) elektrické energie pro velkoodběratele (podnikatele) Rakouska. I zde je skutečná hodnota v roce 2021 vyšší než hodnota neměřená o rok dříve. Střední absolutní procentuální chyba ke 3,4347 % a opět je tak pod hranicí 5 %. Předpověď je tedy dobrá. Theilův koeficient ukazuje hodnotu 0,58903 a i v této předpovědi je pod hranicí 1. Na cenu elektrické energie měly v modelu opět největší vliv nárůsty cen ropy a emisních povolenek.

Obrázek 20: Grafické znázornění předpovědi modelu číslo 4

(Zdroj: Vlastní zpracování v softwaru GRETL)



Na obrázek číslo 20 je graficky vyobrazena předpověď pro rok 2021 spolu s celým sledovaným obdobím let 2010 až 2021. Z grafu je patrné, že předpovědi se vychylují od skutečnosti pouze minimálně přičemž jsou stále v 95procentním intervalu.

4 Vyhodnocení analytické části práce a diskuse

V analytické části diplomové práce došlo ke konstrukci samotných ekonometrických modelů, které měly za úkol vysvětlit formování poptávky po elektrické energii v České republice a Rakousku. Poptávka byla zkoumána skrze ceny elektrické energie pro prostředí maloodběratelů (domácností) a velkoodběratelů (podnikatelů/firem). Aby mohly být modely zpracovány, bylo zapotřebí nejdříve určit vhodné ukazatele (vysvětlující proměnné), které byly zvoleny na základě již vypracovaného modelu sledující vývoj cen elektřiny. Na základě takto zpracovaného modelu byly převzaty ukazatele ceny uhlí, zemního plynu, mědi, ropy, zlata, emisních povolenek a také míra inflace. Tyto vysvětlující proměnné byly ještě doplněny o hrubý domácí produkt přepočítaný na jednoho obyvatele dané země. Cílem bylo vypracovat modely pro prostředí maloodběratelů a velkoodběratelů, a to zvlášť pro Českou republiku a Rakousko. Aby došlo ke snížení počtu modelů a výpočtů, byla provedena korelační analýza, která měla za cíl zjistit, zda-li spolu ceny maloodběratelů a velkoodběratelů vzájemně korelují či nikoliv. Při vysoké kladné korelaci (0,7 a výše), by pak mohlo dojít k vyřazení buď cen maloodběratelů nebo velkoodběratelů a výsledný model by byl tak zpracován pouze pro jedno prostředí dané země. Kladnou korelaci se sice podařilo prokázat, avšak naměřená korelace nedosahovala tak vysokých hodnot. Pro tvorbu modelů tak musely být použity všechny 4 prostředí (domácnosti ČR, podnikatelé ČR, domácnosti Rakouska a podnikatelé Rakouska). Ceny, tedy vysvětlované proměnné, které do modelu vstupují mají roční interval a byly převzaty z Eurostatu pro oba výše uvedené státy. Po představení všech ukazatelů byla zkonstruována korelační matice, která sledovala vzájemnou provázanost mezi jednotlivými ukazateli. Na základě jejího vypracování byly vyřazeny 3 proměnné, a to míra inflace České republiky, míra inflace Rakouska a cena zemního plynu. Celkový počet 10 ukazatelů byl tak snížen na 7. Při ekonometrickém modelování, konkrétně při stavbě regresních modelů metodou nejmenších čtverců (ordinary least squares) v softwaru GRETL došlo k dalším komplikacím, kdy vycházely velmi vysoké výsledné p-hodnoty. Ani logaritmování hodnot nepřispělo k odstranění těchto problémů. Sestavené modely tak neměly dostačující vypovídající schopnost. Přes software SPSS Statistics 25 došlo k sestavení modelů přes funkce enter, stepwise, remove, backward a forward. Ve všech sestavených modelech byla hlavním problémem cena mědi, která dosahovala nejvyšších p-hodnot a

proto muselo dojít k jejímu odebrání ze sestavených modelů. Bohužel ani odebrání proměnné ceny mědi nestačilo k tomu, aby byly výsledné p-hodnoty nad hranicí hladiny významnosti, který v práci činí 5 % (tedy $\alpha = 0,05$). Nakonec muselo dojít k odebrání více proměnných tak, aby sestavené regresní modely získaly vypovídající schopnost. Pro první model (domácnosti ČR) zůstaly proměnné cena uhlí, cena zlata a hrubý domácí produkt na obyvatele České republiky. Pro druhý model to byla cena uhlí, cena emisních povolenek a opět hrubý domácí produkt na obyvatele České republiky. Třetí a čtvrtý model pak obsahují shodně proměnné ceny ropy, ceny emisních povolenek a hrubý domácí produkt na obyvatele Rakouska. Na základě takto vypracovaných modelů byly stanoveny koeficienty determinace ze softwaru SPSS Statistics 25, které popisují procentuální změny vysvětlovaných proměnných. Po ekonomické verifikaci byla provedena statistická verifikace regresních modelů, kde byly nejprve zkoumány intervaly spolehlivosti pro všechny čtyři sestavené modely. Při porovnání jednotlivých konfidenčních intervalů a koeficientů jednotlivých modelů se dospělo k závěru, že vypočítané regresní koeficienty se s 95procentní pravděpodobností nacházejí uvnitř těchto konfidenčních intervalů. Při testování významnosti modelů byly stanoveny dvě hypotézy a sice je-li model statisticky bezvýznamný nebo naopak významný. Provedený F-test vyhodnotil všechny modely jako statisticky významné a došlo tedy k zamítnutí nulové hypotézy. Dalším testem byl test významnosti regresních parametrů, kde bylo zkoumáno jsou-li parametry statisticky významné či nikoliv. Pomocí softwaru GRETL byl proveden test významnosti pro každý parametr jednotlivého modelu na dané hladině významnosti. I zde došlo k zamítnutí nulové hypotézy s tím, že zvolené regresní parametry jsou statisticky významné. Posledním testem byl test specifikace modelu, který sledoval, zda-li je model správně či nesprávně specifikován. Zde byl použit Ramseyův RESET test druhých a třetích mocnin v softwaru GRETL. Pro každý model byl tento test proveden zvlášť a výsledky potvrdily správnou specifikaci ve všech čtyřech případech. Další verifikací byla ekonometrická verifikace. Zde byla nejprve zkoumána heteroskedasticita, která měří jestli je rozptyl závislý na parametru. Pro tvorbu modelu je jedním z předpokladů homoskedasticita. Pro test heteroskedasticity byly formulovány dvě hypotézy a sice jestli je heteroskedasticita v modelu přítomna či nikoliv. Pro tento test byly využity v softwaru GRETL Whiteův test, Breusch-Paganův test a Koenkerův test. U všech těchto testů byl výsledek nad zvolenou hladinou významnosti a došlo tedy

k potvrzení, že se heteroskedasticita v modelu nevyskytuje. Dalším testem byl test autokorelace, kdy došlo k ověření, zda-li nebyl porušen Gauss-Markovův požadavek pro odhad regresních parametrů metodou nejmenších čtverců, neboli jestli jsou hodnoty jedné veličiny závislé na sobě samé. Opět byly stanoveny dvě hypotézy, jestli je autokorelace v modelu přítomna či nikoliv. Při tomto testování byla nejprve využita metoda Durbin-Watsonovy statistiky za využití softwaru GRETL, kde u modelů 1,3 a 4 vyšla výsledná hodnota v intervalu přijetí nulové hypotézy, tedy že autokorelace není v modelu přítomna. U modelu číslo 2 však vyšla poněkud vyšší hodnota a výsledek se tak ocitl v intervalu pro zamítnutí nulové hypotézy. Na základě tohoto problému byl vypracován Breusch-Godfreyův test pro autokorelaci prvního řádu v softwaru GRETL. U tohoto testu vyšly výsledné p-hodnoty nad zvolenou hladinou významnosti a bylo konstatováno, že se autokorelace nenachází ani v jednom ze sestavených modelů. Poslední částí byl test multikolinearity, který byl však absolvován při zkoumání vzájemné provázanosti vybraných ukazatelů, na základě kterých byly některé proměnné vyřazeny a dále se s nimi v ekonometrickém modelování nepočítalo. Poslední částí analytické práce je poté prognózování pomocí sestavených regresních modelů. Jelikož by sestavené ekonometrické modely měly sloužit k předpovědi či predikci. Byla sestavena předpověď pomocí softwaru GRETL, který tuto metodu umožňuje. Na základě již vypracovaných modelů (jejichž výstupy z obou softwarů jsou v příloze práce) bylo v softwaru přidáno navíc jedno pozorování a to konkrétně pro rok 2021. Proměnným, které do modelu vstupovaly jako vysvětlující proměnné, byly přidány skutečné hodnoty na základě dat ze Světové banky a Eurostatu. Poté byl vytvořen model obsahující 12 pozorování, tedy období let 2010-2021. Pomocí funkce předpovědi pak bylo pozorování rozšířeno právě o jedno přidané pozorování, tedy rok 2021 a byla tak provedena statistická předpověď s 95procentním konfidenčním intervalem za celé sledované období let 2010 až 2021. Během těchto 4 pozorování (pro každý model jedno) byly sledovány hodnoty Theilova koeficientu a střední absolutní procentuální chyba odhadu. Všechny tyto předpovědi měly střední absolutní chybu pod intervalem spolehlivosti a byly tak hodnoceny jako dobré.

Ekonometrické modely formulující ceny elektrické energie pro různá prostředí dvou odlišných států ukázaly, jak je složité modelovat takovou situaci. Bohužel hned na začátku při tvorbě modelů muselo dojít k odebrání několika proměnných a modely se tak značně zkrátily. V ekonometrickém modelování jsou tak brány v potaz pouze proměnné,

kteře do něj zasahují a tak je potřeba je brát s rezervou. Možností pro zdokonalení modelů by bylo například rozšíření časové řady o další roky pozorování, kde bychom získali lepší ucelený obrázek vývoje cen na daných trzích. Ke zdokonalení modelu by určitě přispěly i obsáhlejší data, zvolená frekvence pozorování by tak nebyla roční, ale například měsíční. Dalším bodem by bylo rozšíření počtu proměnných, které do modelů vstupují.

Co se týká samotného srovnání obou zemí, tak již z datové základny je jasné, že se u obou států ceny elektrické energie odlišují, a to jak u maloodběratelů, tak i u velkoodběratelů. Obecně lze říct, že je elektrická energie dražší v Rakousku. Cena elektřiny kolísá uvnitř států samotných i když do každé domácnosti dochází elektřina ve stejné kvalitě, tedy každý dodavatel dodává identickou elektrickou energii domácnostem, které ji odebírají. Díky liberalizaci trhu a ukončení monopolů se navýšil počet dodavatelů a s rostoucí konkurencí došlo k postupnému snižování cen. Právě ta se odlišuje s každým dodavatelem.

V České republice se na energetickém mixu podílí jaderné elektrárny více než jednou třetinou celkové produkce, zatímco Rakousko je striktně proti jaderným elektrárnám a bojuje proti prosazení jaderné energie (a zemního plynu) jako čistého zdroje v Evropské unii. I když je Rakousko proti jaderným elektrárnám, dováží přesto energii z Německa i České republiky bez ohledu na její původ. V porovnání importu a exportu je na tom lépe Česká republika. Ta je schopná vyvézt téměř dvakrát tolik elektřiny než kolik doveze. Naopak Rakousko má větší podíl importu. I to má vliv na výslednou cenu energie. Tu určuje hlavně nabídka a poptávka, ale také čas, roční období, počasí, dostupnost výrobních zdrojů a elektráren, ceny ropy a mnoho dalších faktorů, ať už přímých či nepřímých.

Z výsledků analytické části práce lze konstatovat, že tvorba ekonometrických modelů na toto téma je vcelku problematická záležitost. Do konečné ceny elektrické energie se promítne spousta dalších faktorů než jen v této diplomové práci vybrané a popsané proměnné. I z toho důvodu není jednoduché sestavit model tak, aby co nejvíce odpovídal skutečnosti. Při předpovědi nelze úplně správně odhadnout, jakým směrem se bude cena elektrické energie vyvíjet v budoucnu, jelikož to závisí na ukazatelích, které nelze nijak vypočítat či předvídat. Mezi tyto ukazatele můžeme řadit například živelné pohromy,

válečné konflikty, aktuální pandemii koronaviru a další. Toto všechno ve své podstatě ovlivňuje cenu elektrické energie.

Závěr

Hlavním cílem diplomové práce bylo vytvořit ekonometrický model, který bude zachycovat poptávku po elektrické energii a následná komparativní studie vztahu mezi maloobchodními a velkoobchodními cenami včetně porovnání s jinou vybranou zemí Evropské unie. Bylo vybráno Rakousko a to hlavně kvůli své geografické poloze a velikosti. Sledovaným obdobím jsou roky 2010 až 2020. Závěrečná práce je rozdělena do čtyř částí.

První část diplomové práce obsahovala metodiku a cíle práce. Druhá část byla již věnována literární rešerši, kde byla zpočátku představena historie a vývoj elektrické energie na území České republiky. Na základě úvodu do problematiky a představení toho, jak to na našem území kdysi fungovalo, byl také představen trh s elektrickou energií v České republice, kde byla popsána liberalizace energetického trhu, současná situace na trhu a také energetický mix ČR. Dále byli podrobně popsáni všichni účastníci na trhu s elektřinou, konkrétně se jednalo o Ministerstvo průmyslu a obchodu, Energetický regulační úřad, Státní energetickou inspekci, subjekty zúčtování, registrované účastníky, operátora na trhu s elektřinou, provozovatele přenosové soustavy, provozovatele distribučních sítí, obchodníky, výrobce a také burzu. Po představení těchto účastníků byla také popsána tvorba ceny elektrické energie. Byl popsán taktéž vývoj ceny silové elektřiny na denním trhu České republiky, ceny maloobdobřatelů (domácností) a velkoobdobřatelů (podnikatelů) pro oba státy ve zvoleném sledovaném období včetně porovnání s vývojem HDP. Následně byla nastíněno prostředí velkoobchodu a maloobchodu a také situace na trhu elektrické energie v Rakousku. Dále byla v literární rešerši probhána ekonometrie, kde byly detailně popsány specifikace, verifikace, kvantifikace a využití ekonometrických modelů. Tato kapitola také obsahovala seznámení s korelační a regresní analýzou včetně vícenásobné regrese, testování modelů a prognóz pomocí regresních modelů. V poslední části literární rešerše byly představeny vybrané ukazatele, na základě kterých byly modely vypracovány.

Ve třetí části došlo již k samotné analýze problému, tedy ke konstrukci ekonometrických modelů. Nejprve bylo provedeno komparativní srovnání obou vybraných zemí a korelační analýza, kde bylo zjišťováno, zda mezi maloobdobřateli a velkoobdobřateli panuje silná kladná korelace či nikoliv. Při silné kladné korelaci bychom tak mohli zkoumat

pouze prostředí maloobdobitelů či velkoobdobitelů. Kladná korelace sice byla prokázána, avšak ne natolik silná, abychom mohli obě prostředí považovat za natolik provázané a mohli jsme tak modelovat pouze jedno z nich. Dále došlo k detailnímu popisu a analýze vybraných ukazatelů, které byly nastíněné v předchozí části diplomové práce. Mezi tyto ukazatele byly zařazeny ceny uhlí, zemního plynu, ropy, mědi, zlata, emisních povolenek a dále také míra inflace a HDP přepočtené na obyvatele pro oba státy. Dle vypracované korelační matice byly z modelu vyřazeny ukazatele míry inflace pro oba státy a cena zemního plynu, jelikož u nich byla prokázána vyšší míra korelačního koeficientu než byla zvolená přípustná míra. Poté došlo k samotnému ekonometrickému modelování, kdy byly využity softwary GRETL a SPSS Statistics 25. Při původním sestavování regresních modelů modely vykazovaly vysoké p-hodnoty. Aby došlo ke snížení p-hodnot a sestavené regresní modely tak měly vypovídající schopnost, muselo dojít k odebrání několika proměnných tak, aby se s modely mohlo dále pracovat. Tímto způsobem tak byla vyřazena cena mědi. Všechny čtyři modely, každý pro jiné prostředí, tak disponují konstantou a třemi proměnnými. Na základě takto sestavených modelů proběhla ekonomická verifikace a statistická verifikace, kdy došlo k testování intervalů spolehlivosti, významnosti modelů, významnosti regresních parametrů a také k testům specifikace modelů. Při ekonometrické verifikaci došlo k testům heteroskedasticity, autokorelace a multikolinearity. Na závěr této části pak byla vypracována prognóza za pomoci sestavených modelů. Poslední část práce poté obsahuje diskusi, kde bylo detailně probráno ekonometrické modelování včetně toho, k čemu vypracované modely dospěly a komparativní srovnání České republiky a Rakouska.

Z výsledků diplomové práce tak lze usuzovat, že tvorba ekonometrických modelů a analýza poptávky, respektive ceny elektrické energie, je vcelku problematická záležitost, jelikož do výsledné ceny vstupuje mnoho dalších faktorů mimo elektrotechnické materiály, paliva či ekonomické ukazatele. Proto není jednoduché sestavit model, který by obsahoval všechny správné proměnné tak, aby výsledek odpovídal co nejvíce skutečnosti. Při prognóze zase nelze dost dobře odhadnout, jakým směrem se bude vývoj ekonomiky ubírat, či jak moc na ni budou působit nějaké živelné pohromy nebo další faktory (jako je nyní v době psaní diplomové práce aktuální například pandemie koronaviru či rusko-ukrajinská válka).

Seznam pramenů a použité literatury

- [1] Historie a současnost distribuční soustavy elektrické energie v České republice. Elektrina.cz [online]. 2020 [cit. 2021-12-27]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/historie-a-soucasnost-distribucni-soustavy-v-cr>
- [2] MILNÍKY ČESKÉ ENERGETIKY: JAK ŠEL ČAS S ELEKTRINOU. ČEZ [online]. [cit. 2021-12-27]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vzdelavani-a-vyzkum/pro-verejnost/energeti-ahistorie-a-soucasnost/vyznamna-data-ceske-energetiky>
- [3] Česká energetika ve 21.století. ČEZ: Výrobní zdroje [online]. [cit. 2021-12-27]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobní-zdroje/jaderna-energetika/jaderna-energetika-v-ceske-republice/nove-jaderne-zdroje/proc-nova-jaderna-elektrarna/ceska-energetika-ve-21.-století>
- [4] Kolektiv autorů. Trh s elektřinou: Úvod do liberalizované energetiky. Asociace energetických manažerů, 2016. ISBN 978-80-260-9212-4
- [5] BÁRTA, Jaroslav. Liberalizace trhu s elektrickou energií a technická normalizace [online]. [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/liberalizace-trhu-s-elektrickou-energií-a-technicka-normalizace--13528>
- [6] Czech republic. International Energy Agency [online]. [cit. 2021-12-29]. Dostupné z: <https://www.iea.org/countries/czech-republic>
- [7] Fosilní paliva: Výkladový slovník energetiky. ČEZ [online]. 1999 [cit. 2021-12-29]. Dostupné z: https://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/vykladovy-slovník-energetiky/hesla/fosil_pal.html
- [8] Czech republic. International Energy Agency [online]. [cit. 2021-12-29]. Dostupné z: <https://www.iea.org/countries/czech-republic>
- [9] Czech Republic 2021: Energy Policy Review - Country report - September 2021. International Energy Agency [online]. [cit. 2021-12-29]. Dostupné z: <https://www.iea.org/reports/czech-republic-2021>

- [10] Energetický mix [online]. [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: <https://www.informacni-portal.cz/clanek/energeticky-mix#article-top>
- [11] Národní energetický mix [online]. [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/cs/statistika/narodni-energeticky-mix>
- [12] Energetika [online]. [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/energetika/>
- [13] O ERÚ [online]. [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/cs/o-uradu>
- [14] O SEI [online]. [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: https://www.cr-sei.cz/?page_id=77
- [15] Vyhláška č. 408/2015 Sb.: Vyhláška o Pravidlech trhu s elektřinou [online]. [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-408>
- [16] Kdo je Operátor trhu s elektřinou a co dělá? [online]. [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/zelena-energie/zelena-elektrina/kdo-je-operator-trhu-s-elektrinou/>
- [17] Provozovatel distribuční soustavy [online]. [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: <https://www.energie.cz/provozovatel-distribucni-soustavy/>
- [18] POWER EXCHANGE CENTRAL EUROPE, a.s. (PXE) [online]. [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: <https://www.pxeaukce.cz>
- [19] Z čeho se skládá cena elektřiny? [online]. [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/elektrina/z-ceho-se-sklada-cena-elektriny.html>
- [20] Jak dodavatelé nakupují energii a jak fungují fixované ceny? [online]. [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/zelena-energie/ceny-energie/jak-dodavatele-nakupuji-energii/>
- [21] CHEMIŠINEC, Igor, a další. Obchod s elektřinou. Praha: Conte, 2010. ISBN 978-80-254-6695-7

- [22] Austria. International Energy Agency [online]. [cit. 2021-12-29]. Dostupné z: <https://www.iea.org/countries/austria>
- [23] Dekarbonizace energetiky. Informační portál energetické gramotnosti [online]. [cit. 2021-12-29]. Dostupné z: <https://www.informacni-portal.cz/clanek/dekarbonizace-energetiky#article-top>
- [24] HUŠEK, Roman. Ekonometrická analýza. Praha: EKOPRESS, 1999. ISBN 80-86119-19-X.
- [25] FÍRTOVÁ, Lenka. Korelace – co to je korelace a co znamená korelační koeficient [online]. [cit. 2021-12-30]. Dostupné z: <https://exceltown.com/navody/pokrocila-analyza-regrese-korelace/korelace-co-to-vlastne-je/>
- [26] NEUBAUER, Jiří, Marek SEDLAČÍK a Oldřich KŘÍŽ. Základy statistiky: Aplikace v technických a ekonomických oborech. 3., rozšířené vydání. Praha: Grada Publishing, 2021. ISBN 978-80-271-3421-2
- [27] CIPRA, Tomáš. Finanční ekonometrie. Praha: EKOPRESS, 2008. ISBN 978-80-86929-93-4.
- [28] KOŠTÁL, Michal. Analýza vývoje cen elektrické energie v České republice. Praha, 2018. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce Ing. Josef Černohous
- [29] HOŠEK, Jan. Trh s uhlím a jeho budoucnost [online]. 8. 9. 2020 [cit. 2022-05-06]. Dostupné z: https://www.cnb.cz/cs/o_cnb/cnblog/Trh-s-uhlim-a-jeho-budoucnost/
- [30] HOŠEK, Jan. Vývoj na evropském trhu se zemním plynem [online]. 19. 4. 2022 [cit. 2022-05-06]. Dostupné z: https://www.cnb.cz/cs/o_cnb/cnblog/Vyvoj-na-evropskem-trhu-se-zemnim-plynem/
- [31] HOŠEK, Jan. Jak úspěšné jsou předpovědi cen ropy? [online]. 7. 4. 2021 [cit. 2022-05-06]. Dostupné z: https://www.cnb.cz/cs/o_cnb/cnblog/Jak-uspesne-jsou-predpovedi-cen-ropy/

- [32] Cena mědi a její vývoj [online]. [cit. 2022-05-06]. Dostupné z: <https://www.moneta.cz/komodity/cena-medi>
- [33] Vývoj ceny zlata: Cena zlata se mění každý den. Jaká byla v minulosti? A jaká bude v budoucnosti? [online]. [cit. 2022-05-06]. Dostupné z: <https://ceskamincovna.cz/vyvoj-ceny-zlata-2299/>
- [34] ZLATO: Cena, online graf, aktuální a historický vývoj kurzu zlata, predikce [online]. [cit. 2022-05-06]. Dostupné z: <https://investplus.cz/kurzy/aktualni-cena-zlata-online-graf-vyvoj/>
- [35] Emisní povolenky pro začátečníky. Jak fungují a proč jejich cena roste? [online]. [cit. 2022-05-06]. Dostupné z: <https://forbes.cz/emisni-povolenky-pro-zacatecniky-jak-funguji-a-proc-jejich-cena-roste/>
- [36] Současná inflace – Vše, co o ní potřebujete vědět [online]. [cit. 2022-05-06]. Dostupné z: <https://www.cnb.cz/cs/menova-politika/inflacni-cil/tema-inflace/index.html>
- [37] Inflace v roce 2019 byla nejvyšší za posledních osm let [online]. 14. 1. 2020 [cit. 2022-05-06]. Dostupné z: <https://www.fintag.cz/2020/01/14/inflace-v-roce-2019-byla-nejvyssi-za-poslednich-osm-let/>
- [38] Průměrná míra inflace za rok 2020 byla 3,2 procenta. To je nejvíc za posledních osm let [online]. [cit. 2022-05-06]. Dostupné z: <https://forbes.cz/inflace-prumerna-mira-za-rok-2020-byla-32-procenta-to-je-nejvic-za-poslednich-osm-let/>
- [39] Hrubý domácí produkt (HDP) - Metodika [online]. [cit. 2022-05-06]. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/czso/hruby_domaci_produk_t_-hdp-
- [40] Zhodnocení historie predikcí MF ČR [online]. [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: https://www.mfcr.cz/assets/cs/media/Makro-ekonomicka-predikce_2013-Q3_E-Zhodnoceni-historie-predikci-MF-CR.pdf
- [41] RITCHIE, Hannah a Max ROSER. Energy Country Profile [online]. [cit. 2022-05-09]. Dostupné z: <https://ourworldindata.org/energy/country/austria?country=AUT~CZE>

[42] Renewable energy on the rise: 37 % of EU's electricity. Eurostat [online]. 26/01/2022 [cit. 2022-05-09]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/ddn-20220126-1>

[43] PRIMÁRNÍ ENERGIE. ČEZ [online]. [cit. 2022-05-09]. Dostupné z: https://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/vykladovy-slovník-energetiky/hesla/prim_en.html

Seznam grafů

Graf 1: Spotřeba elektrické energie na území České republiky 1919-2020	17
Graf 2: Cena silové elektřiny na denním trhu 2010-2020 v EUR/MWh	30
Graf 3: Vývoj cen elektřiny domácností v EUR za kWh	31
Graf 4: Vývoj cen elektřiny podnikatelů v EUR za kWh	32
Graf 5: Vývoj cen elektřiny v porovnání s vývojem HDP v ČR	33
Graf 6: Vývoj cen elektřiny v porovnání s vývojem HDP v Rakousku	34
Graf 7: Vývoj cen uhlí za období let 2010-2020	65
Graf 8: Vývoj cen zemního plynu za období let 2010-2020.....	67
Graf 9: Vývoj cen ropy za období let 2010-2020	68
Graf 10: Vývoj cen mědi za období let 2010-2020	69
Graf 11: Vývoj cen zlata za období let 2010-2020.....	70
Graf 12: Vývoj cen emisních povolenek	72
Graf 13: Vývoj míry inflace.....	73
Graf 14: Vývoj HDP přepočteného na obyvatele	74

Seznam tabulek

Tabulka 1: Korelační analýza – Rakousko	63
Tabulka 2: Korelační analýza – Česká republika	63
Tabulka 3: Korelační matice vybraných ukazatelů.....	75
Tabulka 4: Test významnosti modelů.....	81
Tabulka 5: Test významnosti regresních parametrů	82
Tabulka 6: Testy heteroskedasticity	84
Tabulka 7: Durbin-Watsonovův test.....	85
Tabulka 8: Vyhodnocení Durbin-Watsonova testu	85

Seznam rovnic

Rovnice 1: Jednoduchý model regresní analýzy	42
Rovnice 2: Regresní funkce	42
Rovnice 3: Klasický lineární regresní model	43
Rovnice 4: Regresní model s absolutním členem (úrovňovou konstantou)	43
Rovnice 5: Regresní funkce základního souboru	44
Rovnice 6: Regresní model pro i-té pozorování	44
Rovnice 7: Výběrová regresní funkce	44
Rovnice 8: Vyrovnané hodnoty pro jednotlivé pozorování	44
Rovnice 9: Reziduum 1	45
Rovnice 10: Reziduum 2	45
Rovnice 11: Soustava n rovnic vyjádřená pomocí maticového zápisu	45
Rovnice 12: Bodová lineární odhadová funkce	46
Rovnice 13: Metoda nejmenších čtverců při odhadu klasického lineárního modelu 1 ..	47
Rovnice 14: Metoda nejmenších čtverců při odhadu klasického lineárního modelu 2 ..	47
Rovnice 15: Kvadratická forma odhadované funkce β za využití metody nejmenších možných čtverců	47
Rovnice 16: Parciální derivace rovnice 15 podle b' s výsledkem rovným nule	47
Rovnice 17: Normální rovnice nejmenších čtverců 1	47
Rovnice 18: Bodová odhadová funkce b_1	47
Rovnice 19: Jednoduchá lineární regrese Y_i a X_i	48
Rovnice 20: Normální rovnice nejmenších čtverců 2	48
Rovnice 21: Bodová odhadová funkce b_2	48
Rovnice 22: Vyjádření úrovňové konstanty b_1 a regresního koeficientu b_2	48
Rovnice 23: Úsporný zápis úrovňové konstanty b_1 a regresního koeficientu b_2	49

Rovnice 24: Nestranná odhadová funkce rozptylu δ^2	49
Rovnice 25: Vektor reziduí	50
Rovnice 26: Odhadová statistika $S(b)$	50
Rovnice 27: Odhady standardních chyb bodových odhadů	50
Rovnice 28: Odhadnuté kovariance dvojic bodových odhadů	50
Rovnice 29: Testovací kritérium	50
Rovnice 30: Testovací veličina	51
Rovnice 31: Testovací kritérium t poměr	51
Rovnice 32: Hladina spolehlivosti pro regresní parametr při rozdělení t	52
Rovnice 33: Hladina spolehlivosti pro regresní parametr při rozdělení t po dosazení ...	52
Rovnice 34: Vyjádření 95procentního intervalu spolehlivosti	52
Rovnice 35: Funkce celkových nákladů zapsaná v lineárním tvaru	53
Rovnice 36: Zahrnutí vysvětlujících proměnných do rovnice číslo 35	53
Rovnice 37: Ověření významnosti pomocí testovací statistiky F	53
Rovnice 38: Ověření významnosti dílčích koeficientů pomocí statistiky F	54
Rovnice 39: Durbinova-Watsonova statistika d	55
Rovnice 40: Klasický regresní model	56
Rovnice 41: Nestranný odhad vektoru β pomocí odhadové funkce metody nejmenších čtverců	57
Rovnice 42: Bodová prognóza v období T+1	57
Rovnice 43: Bodová prognóza pro libovolné období	57
Rovnice 44: Chyba ex ante předpovědi průměrné hodnoty vysvětlované proměnné	57
Rovnice 45: Odhad standardní chyby bodové předpovědi průměrné hodnoty	58
Rovnice 46: Interval spolehlivosti předpovědi průměrné hodnoty pro hladinu významnosti α	58

Rovnice 47: Bodová předpověď ex ante konkrétní individuální hodnoty v období předpovědi p	58
Rovnice 48: Chyba předpovědi individuální hodnoty Y_p	58
Rovnice 49: Střední kvadratická chyba ekonometrické předpovědi ex post	59
Rovnice 50: Theilův modifikovaný koeficient nesouladu posloupností relativních změn	59
Rovnice 51: Sestavené regresní modely	77
Rovnice 52: Regresní model 1	77
Rovnice 53: Regresní model 2	78
Rovnice 54: Regresní model 3	78
Rovnice 55: Regresní model 4.....	79

Seznam obrázků

Obrázek 1: Konfidenční intervaly koeficientů modelu 1.....	80
Obrázek 2: Konfidenční intervaly koeficientů modelu 2.....	80
Obrázek 3: Konfidenční intervaly koeficientů modelu 3.....	80
Obrázek 4: Konfidenční intervaly koeficientů modelu 4.....	81
Obrázek 5: Test specifikace modelu 1	83
Obrázek 6: Test specifikace modelu 2	83
Obrázek 7: Test specifikace modelu 3	83
Obrázek 8: Test specifikace modelu 4	83
Obrázek 9: Breusch-Godfreyův test pro autokorelaci prvního řádu modelu 1	86
Obrázek 10: Breusch-Godfreyův test pro autokorelaci prvního řádu modelu 2.....	87
Obrázek 11: Breusch-Godfreyův test pro autokorelaci prvního řádu modelu 3	87
Obrázek 12: Breusch-Godfreyův test pro autokorelaci prvního řádu modelu 4.....	88
Obrázek 13: Výstup předpovědi modelu číslo 1.....	89
Obrázek 14: Grafické znázornění předpovědi modelu číslo 1.....	90
Obrázek 15: Výstup předpovědi modelu číslo 2.....	91
Obrázek 16: Grafické znázornění předpovědi modelu číslo 2.....	92
Obrázek 17: Výstup předpovědi modelu číslo 3.....	93
Obrázek 18: Grafické znázornění předpovědi modelu číslo 3.....	94
Obrázek 19: Výstup předpovědi modelu číslo 4.....	95
Obrázek 20: Grafické znázornění předpovědi modelu číslo 4.....	96

Seznam příloh

Příloha 1: Výstup modelu číslo 1 - SPSS Statistics 25	116
Příloha 2: Výstup modelu číslo 1 - GRETl	116
Příloha 3: Výstup modelu číslo 2 - SPSS Statistics 25	117
Příloha 4: Výstup modelu číslo 2 - GRETl	117
Příloha 5: Výstup modelu číslo 3 - SPSS Statistics 25	118
Příloha 6: Výstup modelu číslo 3 - GRETl	118
Příloha 7: Výstup modelu číslo 4 - SPSS Statistics 25	119
Příloha 8: Výstup modelu číslo 4 - GRETl	119
Příloha 9: Data (1.část)	120
Příloha 10: Data (2.část)	120

Přílohy

Příloha 1: Výstup modelu číslo 1 - SPSS Statistics 25

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,885 ^a	,783	,690	,0046932

a. Predictors: (Constant), HDP CR, Uhlí, Zlato

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,001	3	,000	8,420	,010 ^b
	Residual	,000	7	,000		
	Total	,001	10			

a. Dependent Variable: Domacnosti CR

b. Predictors: (Constant), HDP CR, Uhlí, Zlato

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,118	,020		5,785	<,001
	Uhlí	,000	,000	,740	4,094	,005
	Zlato	3,196E-5	,000	,663	3,399	,011
	HDP CR	-3,701E-6	,000	-,554	-2,857	,024

a. Dependent Variable: Domacnosti CR

Příloha 2: Výstup modelu číslo 1 - GRETL

	koeficient	směr. chyba	t-podíl	p-hodnota
const	0,118480	0,0204795	5,785	0,0007
Uhlí	0,000460365	0,000112438	4,094	0,0046
Zlato	3,19597e-05	9,40244e-06	3,399	0,0115
HDPCR	-3,70127e-06	1,29552e-06	-2,857	0,0244

Střední hodnota závisle proměnné	0,125891
Sm. odchylka závisle proměnné	0,008430
Součet čtverců reziduí	0,000154
Sm. chyba regrese	0,004693
Koeficient determinace	0,783020
Adjustovaný koeficient determinace	0,690028
F(3, 7)	8,420321
P-hodnota (F)	0,010098
Logaritmus věrohodnosti	45,85560
Akaikovo kritérium	-83,71120
Schwarzovo kritérium	-82,11962
Hannan-Quinnovo kritérium	-84,71447
rho (koeficient autokorelace)	-0,099417
Durbin-Watsonova statistika	2,190646

Příloha 3: Výstup modelu číslo 2 - SPSS Statistics 25

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,989 ^a	,979	,969	,0028316

a. Predictors: (Constant), HDP CR, Uhli, Emisni povolenky

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,003	3	,001	106,363	<,001 ^b
	Residual	,000	7	,000		
	Total	,003	10			

a. Dependent Variable: Podnikatele CR

b. Predictors: (Constant), HDP CR, Uhli, Emisni povolenky

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,273	,014		19,982	<,001
	Uhli	,000	,000	,362	6,495	<,001
	Emisni povolenky	,001	,000	,285	4,288	,004
	HDP CR	-1,380E-5	,000	-1,077	-16,197	<,001

a. Dependent Variable: Podnikatele CR

Příloha 4: Výstup modelu číslo 2 - GRETL

	koeficient	směr. chyba	t-podíl	p-hodnota
const	0,273186	0,0136714	19,98	1,97e-07
Uhli	0,000432158	6,65378e-05	6,495	0,0003
Emisnipovolenky	0,000620243	0,000144654	4,288	0,0036
HDPCR	-1,38029e-05	8,52186e-07	-16,20	8,32e-07
Střední hodnota závisle proměnné		0,083845		
Sm. odchylka závisle proměnné		0,016169		
Součet čtverců reziduí		0,000056		
Sm. chyba regrese		0,002832		
Koeficient determinace		0,978533		
Adjustovaný koeficient determinace		0,969333		
F(3, 7)		106,3626		
P-hodnota (F)		3,35e-06		
Logaritmus věrohodnosti		51,41383		
Akaikovo kritérium		-94,82767		
Schwarzovo kritérium		-93,23609		
Hannan-Quinnovo kritérium		-95,83094		
rho (koeficient autokorelace)		-0,578933		
Durbin-Watsonova statistika		3,141529		

Příloha 5: Výstup modelu číslo 3 - SPSS Statistics 25

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,944 ^a	,892	,846	,0031943

a. Predictors: (Constant), HDP Rakousko, Ropa, Emisni povolenky

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,001	3	,000	19,271	<,001 ^b
	Residual	,000	7	,000		
	Total	,001	10			

a. Dependent Variable: Domacnosti Rakousko

b. Predictors: (Constant), HDP Rakousko, Ropa, Emisni povolenky

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,265	,044		6,023	<,001
	Ropa	,000	,000	,804	6,103	<,001
	Emisni povolenky	,001	,000	,745	5,542	<,001
	HDP Rakousko	-4,554E-6	,000	-,475	-3,736	,007

a. Dependent Variable: Domacnosti Rakousko

Příloha 6: Výstup modelu číslo 3 - GRETL

	koeficient	směr. chyba	t-podíl	p-hodnota
const	0,265346	0,0440531	6,023	0,0005
Ropa	0,000405240	6,63968e-05	6,103	0,0005
Emisnipovolenky	0,000814393	0,000146958	5,542	0,0009
HDP Rakousko	-4,55445e-06	1,21917e-06	-3,736	0,0073
Střední hodnota závisle proměnné		0,132582		
Sm. odchylka závisle proměnné		0,008132		
Součet čtverců reziduí		0,000071		
Sm. chyba regrese		0,003194		
Koeficient determinace		0,891996		
Adjustovaný koeficient determinace		0,845708		
F(3, 7)		19,27076		
P-hodnota (F)		0,000923		
Logaritmus věrohodnosti		50,08785		
Akaikovo kritérium		-92,17569		
Schwarzovo kritérium		-90,58411		
Hannan-Quinnovo kritérium		-93,17896		
rho (koeficient autokorelace)		0,113012		
Durbin-Watsonova statistika		1,771074		

Příloha 7: Výstup modelu číslo 4 - SPSS Statistics 25

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,960 ^a	,922	,889	,0030355

a. Predictors: (Constant), HDP Rakousko, Ropa, Emisni povolenky

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,001	3	,000	27,742	<,001 ^b
	Residual	,000	7	,000		
	Total	,001	10			

a. Dependent Variable: Podnikatele Rakousko

b. Predictors: (Constant), HDP Rakousko, Ropa, Emisni povolenky

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,279	,042		6,663	<,001
	Ropa	,000	,000	,782	7,005	<,001
	Emisni povolenky	,001	,000	,689	6,048	<,001
	HDP Rakousko	-6,416E-6	,000	-,597	-5,538	<,001

a. Dependent Variable: Podnikatele Rakousko

Příloha 8: Výstup modelu číslo 4 - GRETL

	koeficient	směr. chyba	t-podíl	p-hodnota
const	0,278934	0,0418631	6,663	0,0003
Ropa	0,000441992	6,30960e-05	7,005	0,0002
Emisnipovolenky	0,000844567	0,000139652	6,048	0,0005
HDP Rakousko	-6,41576e-06	1,15856e-06	-5,538	0,0009
Střední hodnota závisle proměnné			0,080809	
Sm. odchylka závisle proměnné			0,009118	
Součet čtverců reziduí			0,000064	
Sm. chyba regrese			0,003036	
Koeficient determinace			0,922417	
Adjustovaný koeficient determinace			0,889168	
F(3, 7)			27,74211	
P-hodnota (F)			0,000294	
Logaritmus věrohodnosti			50,64876	
Akaikovo kritérium			-93,29753	
Schwarzovo kritérium			-91,70595	
Hannan-Quinnovo kritérium			-94,30080	
rho (koeficient autokorelace)			-0,149513	
Durbin-Watsonova statistika			2,210385	

Příloha 9: Data (1.část)

	2010	2011	2012	2013	2014
Velkoodběratelé ČR [EUR/kwh]	0,1070	0,1071	0,1017	0,0979	0,0809
Velkoodběratelé Rakousko [EUR/kwh]	0,0922	0,0916	0,0893	0,0865	0,0786
Maloodběratelé ČR [EUR/kwh]	0,1279	0,1345	0,1377	0,1348	0,1129
Maloodběratelé Rakousko [EUR/kwh]	0,1396	0,1444	0,1412	0,1361	0,1294
Cena uhlí [EUR/t]	74,65	87,25	75,00	63,67	52,79
Cena zemní plynu [EUR/mmBTU]	6,25	7,55	8,93	8,87	7,57
Cena zlata [EUR/oz t]	923,78	1 127,34	1 299,45	1 062,75	952,64
Cena mědi [EUR/t]	5 683,55	6 342,29	6 197,40	5 520,67	5 166,27
Cena ropy [EUR/bbl]	59,62	74,72	81,73	78,36	72,44
Cena emisních povolenek [EUR/ks]	14,34	12,94	7,37	4,33	5,91
HDP ČR na obyvatele [EUR]	15 020	15 310	15 170	15 160	15 480
HDP Rakouska na obyvatele [EUR]	35 390	36 300	36 390	36 180	36 130
Míra inflace ČR [%]	1,5	1,9	3,3	1,4	0,4
Míra inflace Rakouska [%]	1,7	3,6	2,6	2,1	1,5

Příloha 10: Data (2.část)

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Velkoodběratelé ČR [EUR/kwh]	0,0773	0,0721	0,0699	0,0710	0,0661	0,0713
Velkoodběratelé Rakousko [EUR/kwh]	0,0729	0,0685	0,0688	0,0720	0,0814	0,0871
Maloodběratelé ČR [EUR/kwh]	0,1153	0,1162	0,1218	0,1299	0,1255	0,1283
Maloodběratelé Rakousko [EUR/kwh]	0,1239	0,1222	0,1218	0,1265	0,1349	0,1384
Cena uhlí [EUR/t]	53,12	59,74	78,36	90,62	69,57	53,22
Cena zemní plynu [EUR/mmBTU]	6,15	4,12	5,06	6,50	4,29	2,84
Cena zlata [EUR/oz t]	1 046,10	1 128,36	1 113,20	1 074,75	1 243,89	1 549,87
Cena mědi [EUR/t]	4 966,55	4 397,76	5 461,67	5 529,26	5 368,72	5 405,17
Cena ropy [EUR/bbl]	45,74	38,68	46,74	57,87	54,85	36,12
Cena emisních povolenek [EUR/ks]	7,63	5,24	5,76	15,50	24,72	24,36
HDP ČR na obyvatele [EUR]	16 290	16 670	17 490	17 990	18 460	17 340
HDP Rakouska na obyvatele [EUR]	36 140	36 390	36 980	37 720	38 110	35 390
Míra inflace ČR [%]	0,3	0,7	2,5	2,1	2,8	3,2
Míra inflace Rakouska [%]	0,8	1,0	2,2	2,1	1,5	1,4