

Vývoj cen elektřiny na českém organizovaném trhu

Bakalářská práce

Vedoucí práce:

Mgr. Kateřina Myšková, Ph.D.

Leona Bajerová

Brno 2015

V první řadě bych chtěla poděkovat vedoucí svojí práce Mgr. Kateřině Myškové, Ph.D. za ochotu a cenné rady, které mi vždy pohotově poskytla. Dále bych chtěla poděkovat své rodině a svým nejbližším osobám za podporu, kterou mi poskytovali v průběhu studia a hlavně při psaní mojí práce a přípravě na úspěšné ukončení bakalářského studia.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci: **Vývoj cen elektřiny na českém organizovaném trhu**

vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 Autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity o tom, že předmetná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne 21. května 2015

Abstract

Bajerová, L., Electricity prices progress on the organization market in the Czech Republic. Bachelor thesis. Brno: Mendels univerzity in Brno, 2015

This bachelor thesis deals with electricity prices progress on the organization market in the Czech Republic, specifically daily spot prices. The theoretical part describes Czech electricity market and the theory of time series. There is monitored the progress of daily spot prices of electricity in the practical part. Finally, I construct the prediction on the next month in my thesis. Suppliers of electricity can use the prediction when they make a decision about buing the electric power.

Keywords

Time series, electricity prices, prediction, Box – Jenkins methodology, SARIMA

Abstrakt

Bajerová, L. Vývoj cen elektřiny na českém organizovaném trhu. Bakalářská práce. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015.

Bakalářská práce se zabývá problematikou vývoje cen elektřiny na českém organizovaném trhu, konkrétně denními spotovými cenami. V teoretické části je popsán český trh s elektřinou a teorie časových řad. Podstatou vlastní práce je za pomoci vhodného modelu časové řady popsat vývoj denních spotových cen elektřiny. Nakonec predikují ceny na následující měsíc. Predikce je vhodná zejména pro rozhodování jednotlivých dodavatelů o nákupu elektřiny.

Klíčová slova

Časová řada, ceny elektřiny, predikce, Boxova – Jenkinsonova metodologie, SARI-MA

Obsah

1	Úvod a cíl práce	11
1.1	Úvod.....	11
1.2	Cíl práce.....	11
2	Literární přehled	12
2.1	Objasnění pojmů.....	12
2.2	Zákonná úprava	13
2.3	Trh s elektřinou.....	15
2.3.1	Základní dělení obchodu s elektřinou.....	16
2.3.2	Základní dělení organizovaného trhu s elektřinou.....	17
2.3.3	Organizovaný krátkodobý trh s elektřinou.....	17
2.3.4	Organizovaný dlouhodobý trh s elektřinou.....	19
2.4	Subjekty působící na trhu s elektřinou.....	20
2.4.1	Operátor trhu s elektřinou	22
2.4.2	Energetická burza Praha (PXE)	22
2.4.3	Vztah burzy a OTE.....	24
2.5	Liberalizace trhu s elektřinou	24
2.6	Vývoj českého trhu s elektřinou - z historie po současný stav.....	26
2.7	Cena elektřiny.....	26
2.7.1	Záporná cena elektřiny	28
3	Materiál a metodika	30
3.1	Úvod do teorie časových řad.....	30
3.2	Elementární charakteristiky dynamiky časových řad	30
3.3	Metody analýzy časových řad.....	31
3.3.1	Kvalitativní metody analýzy časových řad.....	31
3.3.2	Kvantitativní metody analýzy časových řad.....	31
3.4	Dekompozice časových řad	32
3.5	Boxova – Jenkinsonova metodologie.....	33
3.5.1	Testy stacionarity.....	34

3.5.2	Proces klouzavých součtů MA.....	35
3.5.3	Autoregresní proces AR(p).....	36
3.5.4	Smíšený model ARMA.....	37
3.5.5	Proces ARIMA	37
3.5.6	Proces SARIMA.....	38
3.5.7	Výhody a nevýhody autokorelačních metod pro jednozměrné časové řady	39
3.5.8	Konstrukce modelů Boxovy – Jenkinsonovy metodologie	39
3.6	Konstrukce předpovědí.....	41
3.7	Data.....	42
4	Vlastní práce	43
4.1	Testování stacionarity	44
4.1.1	Testy	44
4.1.2	Výsledek testů.....	44
4.2	Modelování za pomoci Boxovy - Jenkinsonovy metodologie	45
4.2.1	Výběr vhodného modelu	45
4.2.2	Testování autokorelace a normality v modelu	51
4.2.3	Statistická významnost parametrů.....	54
4.2.4	Intervaly spolehlivosti.....	55
4.3	Konstrukce předpovědí.....	55
5	Závěr	59
6	Literatura	62
A	Zdrojová data	66
B	Tabulka předpovědí	79
C	Seznam účastníků krátkodobého trhu OTE	80

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Vývoj cen elektřina na PXE.....	28
Obrázek 2 - Časová řada BASELOAD	43
Obrázek 3 - ACF a PACF reziduí	45
Obrázek 4 - ACF a PACF sezónních diferencí.....	46
Obrázek 5 - ACF a PACF SARIMA (1,0,0) x (0,1,1).....	47
Obrázek 6 - ACF a PACF SARIMA(1,0,1) x (0,1,1).....	48
Obrázek 7 - ACF a PACF SARIMA (1,0,1) x (1,1,1).....	49
Obrázek 8 - ACF a PACF po přidání zpoždění do modelu	50
Obrázek 9 - Vyrovnané vs.skutečné hodnoty	51
Obrázek 10 - Histogram normálního rozdělení	52
Obrázek 11 - Q - Q graf.....	53
Obrázek 12 - Graf předpovědí	56

Seznam tabulek

Tab. 1 - Výsledky autokorelace.....	46
Tab. 2 - Informační kritéria	50
Tab. 3 - Statistická významnost parametrů	54
Tab. 4 - 95% interval spolehlivosti	55
Tab. 5 - Předpovězené vs. skutečné hodnoty.....	57

1 Úvod a cíl práce

1.1 Úvod

V historii lidstva představuje vynález elektřiny významný milník. Elektřina nám nahradila oheň, můžeme si díky ní topit a svítit, máme teplou vodu a každá nová vynalezená technologie je na elektřinu. Elektřina představuje v dnešní době nezbytnou součást našich životů a každý jedinec jí za svůj život spotřebuje obrovské množství.

Pro zákazníka je nejdůležitější cena elektrické energie. V současnosti je na našem trhu nepřehledné množství dodavatelů elektřiny. Všichni se předhánějí s nabídkami na nejnižší cenu a garantují nejlepší kvalitu s cílem nalákat nové zákazníky. Kde ale dodavatelé získávají tuto významnou komoditu? Odpověď je velmi jednoduchá – na trhu. Po vstupu do EU se trhy stávají stále otevřenější a ekonomiky jednotlivých států propojenější. A jinak tomu není ani v případě trhu s elektřinou.

Moje práce se bude zabývat právě trhem s elektrickou energií. V rešerši literatury bude popsáno fungování českého trhu s elektrickou energií a jeho zákonná úprava. Dále se budu věnovat subjektům, jež na tomto trhu vystupují a zvláštní pozornost pak věnuji Pražské energetické burze a Operátorovi trhu s elektřinou a vztahům mezi nimi. Nakonec bude popsáno z čeho se cena elektřiny skládá a co ji ovlivňuje. Při popisu se zaměřím pouze na organizovanou část trhu.

V kapitole Materiál a metodika budou popsány metody modelování a analýzy časových řad. Teoretické poznatky budou následně v rámci Vlastní práce aplikovány na konkrétní časovou řadu. Po nalezení vhodného modelu a následném popisu časové řady pak budou provedeny predikce na měsíc duben 2015. Následně budu porovnávat predikovanou cenu se skutečnou, aby byla ověřena předpovědní schopnost modelu.

1.2 Cíl práce

Cílem mojí práce je pomocí vhodného modelu pro časové řady popsat vývoj cen na českém organizovaném trhu s elektrickou energií. Zaměřila jsem se na denní spotové ceny. Dále zhodnotím vliv ceny a zejména její predikce na nákup elektrické energie pro jednotlivé dodavatele.

2 Literární přehled

V této části práce bude popsána zákonná úprava trhu s elektřinou, dále definuji co to je a jak funguje organizovaný trh s elektřinou a subjekty na něm působící. Specifikuji obchodování na tomto trhu. Bude zde popsáno obchodování na burze a prostřednictvím Operátora trhu s elektřinou a vztah mezi těmito dvěma subjekty. Charakterizují proměnné, které působí na cenu elektřiny.

2.1 Objasnění pojmů

V této podkapitole jsou definovány základní pojmy, se kterými se v oblasti elektroenergetiky můžeme setkat:

- Elektroenergetika – odvětví zabývající se přeměnou energie, jejím transportem, distribucí a užitím elektrické energie.
- Distribuce elektřiny – doprava elektřiny distribuční soustavou
- Konečný zákazník – fyzická či právnická osoba odebírající elektřinu pro vlastní užití
- Obchodník s elektřinou – fyzická či právnická osoba, která je držitelem licence na obchod s elektřinou a nakupuje elektřinu za účelem jejího prodeje
- Odběratel – fyzická či právnická osoba odebírající elektřinu
- Provozování distribuční soustavy – veškerá činnost provozovatele distribuční soustavy související se zabezpečením spolehlivé distribuce elektřiny
- Provozování přenosové soustavy – veškerá činnost provozovatele přenosové soustavy související se zabezpečením spolehlivého přenosu elektřiny
- Provozovatel distribuční soustavy – fyzická či právnická osoba, která je držitelem licence na distribuci elektřiny
- Provozovatel přenosové soustavy – právnická osoba, která je držitelem licence na přenos elektřiny
- Přenos – doprava elektřiny přenosovou soustavou včetně dopravy elektřiny po mezistátních vedeních
- Regulovaný přístup – možnost použití přenosové soustavy nebo distribuční soustavy pro dopravu elektřiny na základě podmínek stanovených zákonem a za regulované ceny stanovené Energetickým regulačním úřadem
- Systémové služby – činnosti provozovatele přenosové soustavy a provozovatelů distribučních soustav pro zajištění spolehlivého provozu elektrizační soustavy České republiky s ohledem na provoz v rámci propojených elektrizačních soustav
- Výrobce – fyzická či právnická osoba, která vyrábí elektřinu a je držitelem licence na výrobu elektřiny
- Elektroenergetický systém – technologický proces zahrnující výrobní zdroje elektrické energie, přenosovou a distribuční soustavu a zařízení pro její ko-

nečnou spotřebu. Je součástí nadřazeného systému energetického hospodářství.

- Odběrné místo – odběrné elektrické zařízení jednoho odběratele, včetně měřících transformérů, jehož odběr je měřen jedním měřícím zařízením nebo jiným způsobem na základě dohody
- Předávací místo – místo předání a převzetí elektřiny mezi dvěma účastníky trhu s elektřinou

(Marvan, 2001)

2.2 Zákonná úprava

Pravidla obchodování s elektřinou, stejně tak jako podmínky pro podnikání v tomto oboru nalezneme v Zákoně č.458/2000 Sb. ze dne 28. listopadu 2000 o podmínkách podnikání a výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon). Je nutno dodat, že tento zákon byl novelizován po liberalizaci trhu s elektrickou energií (viz níže). Po vstupu České republiky do Evropské unie je energetický zákon (stejně jako ostatní) v souladu s evropským právem, což je zřejmé i z § 1, ve kterém je popsán předmět úpravy: „Tento zákon zapracovává příslušné předpisy Evropské unie a upravuje v návaznosti na přímo použitelné předpisy Evropské unie podmínky podnikání a výkon státní správy v energetických odvětvích, kterými jsou elektroenergetika, plynárenství a teplárenství, jakož i práva a povinnosti fyzických a právnických osob s tím spojené.“ [1] O vztahu EU a ČR v souvislosti s elektroenergetickým odvětvím bude blíže pojednáváno v následující kapitole, kde popisují liberalizaci trhu s elektřinou.

Pod pojmem podnikání se v energetickém sektoru rozumí výroba elektřiny, přenos elektřiny, distribuce elektřiny, **obchod s elektřinou a činnost operátora trhu**. Veškeré tyto činnosti jsou uskutečňovány ve veřejném zájmu. (Zákon č.458/2000 Sb., §3) Podnikat v energetických odvětvích na území České republiky mohou za podmínek stanovených tímto zákonem fyzické či právnické osoby pouze na základě **licence**. (Boušová, 2009)

License se uděluje na dobu určitou, nejméně na 25 let, a to na výrobu, přenos a distribuci elektřiny. Licence na obchod s elektřinou se uděluje na dobu určitou, a to nejméně na 5 let. Operátor trhu s elektřinou získává povolení ke své činnosti na dobu 25 let. Licence na přenos elektřiny jsou vydávány jako výlučné pro celé území České republiky, stejně tak i na činnosti operátora trhu. (Zákon č.458/2000 Sb., §4)

Podmínky pro udělení licence fyzické osobě jsou následující:

- a) Dosažení věku 21 let
- b) Úplná způsobilost k právním úkonům
- c) Bezúhonnost

d) Odborná způsobilost nebo ustanovení odpovědného zástupce

Žádá – li o udělení licence právnická osoba, musí podmínky podle odstavce 1 písm. a) až c) splňovat členové statutárního orgánu. Dále je podmínkou pro udělení licence právnické osobě ustanovení odpovědného zástupce. (Zákon č.458/2000 Sb., §5)

Odbornou způsobilostí se rozumí ukončené vysokoškolské vzdělání technického směru a 3 roky praxe v oboru nebo úplné střední odborné vzdělání technického směru s maturitou a 6 let praxe v oboru. Fyzická nebo právnická osoba, která žádá o udělení licence, musí dále prokázat, že má finanční a technické předpoklady k zajištění výkonu licencované činnosti. Dle zákona musí být žadatel dokázat, že je schopen zabezpečit provozování činnosti a také své závazky na dobu nejméně 5 let. Technickými předpoklady se rozumí dodržování bezpečnosti podle právních a ostatních předpisů, v čemž je zahrnuta i ochrana zdraví při práci a soulad s technickou dokumentací. Licence se uděluje na základě písemné žádosti a o jejím udělení rozhoduje Energetický regulační úřad. (Boušová, 2009) Mimo jiné je požadován i výpis z Rejstříku trestů a příslušné doklady od finančního orgánu, správy sociálního zabezpečení a orgánu celní správy, pro ověření nedoplatků na daních, cle či pojistném. (Zákon č.458/2000 Sb., §5)

Licence zaniká:

- a) U fyzické osoby smrtí nebo prohlášením za mrtvého, pokud se dědic nebo správce dědictví nerozhodne pokračovat dále v činnosti
- b) Zánikem právnické osoby
- c) Uplynutím doby, po kterou licence platila
- d) Z rozhodnutí Energetického regulačního úřadu

Energetický regulační úřad licenci zruší, pokud držitel už nesplňuje podmínky stanovené zákonem nebo při výkonu své činnosti závažně porušuje právnické předpisy s ní související či porušováním zákonných povinností dochází k ohrožování majetku osob, zdraví či dokonce života. Dále ji ruší na písemné vyžádání držitele. Může ji zrušit ale nemusí, pokud držitel nezačal činnost v daném termínu nebo činnost přestal vykonávat a neobnovil její výkon po dobu 24 měsíců nebo pokud je majetek držitele v úpadku, insolvenčním řízení nebo likvidaci nebo držitel nezaplatil povinný příspěvek do Energetického regulačního fondu. (Zákon č.458/2000 Sb., 10)

Držitel licence, který elektřinu vyrábí nebo s ní obchoduje, musí zajistit zveřejnění podmínek dodávek elektřiny a ceny za dodávku elektřiny a pokud dojde ke změnám v podmínkách či cenách, musí být tyto změny uveřejněny s dostatečným předstihem, nejpozději však 30 dnů před jejich účinností.

Nestane – li se tak, má zákazník možnost odstoupit od smlouvy bez uvedení důvodu do 3 měsíců od data zvýšení ceny nebo změny podmínek. Pokud však jsou změny zveřejněny ve výše stanoveném termínu, má zákazník na odstoupení od smlouvy bez udání důvodu 10 dní. Odstoupení je účinné k poslednímu dni kalendářního měsíce a nesmí být spojeno s žádnými finančními nároky vůči zákazníkovi. (Zákon č.458/2000 Sb., §11a)

Právem obchodníka s elektřinou je poskytnutí přenosu nebo distribuce elektřiny. Dále může obchodník kupovat elektřinu od držitelů licence na výrobu či na obchod i z jiných států a prodávat ji ostatním účastníkům trhu, a to opět i do jiných států. Operátor trhu mu musí poskytnout informace potřebné pro vyúčtování dodávek elektřiny spotřebitelů, kteří mají odběrné místo registrované u operátora trhu. Při neoprávněném odběru elektřiny nebo opakovaném neuhrazení poplatků za energie může ukončit nebo přerušit dodávku elektřiny. (Zákon č.458/2000 Sb., §30)

V následujícím odstavci budou popsány povinnosti obchodníka s elektřinou. Záměrně jsem ve své práci vytyčila jen ty nejdůležitější, zejména týkající se jeho vztahu k operátorovi na trhu s elektřinou. Jeho první povinností je řídit se mimo zákon i Pravidly provozování přenosové soustavy nebo Pravidly provozování distribuční soustavy. Poskytuje povinně operátorovi trhu technické údaje ze smluv o dodávce elektřiny, dodržuje kvalitu dodávek a služeb. Nejpozději 30 dnů po udělení licence musí být registrován u operátora trhu, a tím pádem se stává registrovaným účastníkem trhu. Naopak pokud ztratí oprávnění uskutečňovat dodávku elektřiny, musí operátora trhu informovat ihned. Svému distributorovi a provozovateli přenosové soustavy poskytuje informace nezbytné k zajištění dodávek a k bezpečnému a spolehlivému provozu. (Zákon č.458/2000 Sb., §30)

2.3 Trh s elektřinou

„Předmětem trhu s elektřinou je fyzická dodávka elektřiny mezi účastníky tohoto trhu, a to na základě smluvního vztahu, uplatnění regulovaného přístupu k sítím pro uskutečnění fyzické dodávky elektřiny a nákup podpůrných služeb.“ [2]

Organizátorem trhu s elektřinou je Operátor trhu s elektřinou, a.s a organizátorem trhu s podpůrnými službami je provozovatel přenosové soustavy ČEPS, a.s. Konkrétně je předmětem obchodování činná elektrická energie. (Marvan, 2001)

Trh se elektřinou se uskutečňuje na základě:

- a) Účasti na organizovaném krátkodobém trhu s elektřinou
- b) Dvoustranných obchodů mezi účastníky trhu s elektřinou
- c) Účasti na vyrovnávacím trhu s regulační energií
- d) Účasti na trhu s podpůrnými službami

Všichni účastníci trhu s elektřinou musí být registrovaní. Jejich registraci, přidělování a správu registračních čísel a kontrolu těchto účastníků, má na starosti operátor trhu. Každé odběrné a předávací místo musí být přiřazeno konkrétnímu subjektu vyúčtování, není – li tomu tak, je daný subjekt operátorem trhu vyzván k nápravě.

(Chemišinec, 2010)

2.3.1 Základní dělení obchodu s elektřinou

Obchod s elektřinou dělíme na následující dvě části:

1. Regulace
 - a) Úplná regulace
 - b) Regulace vybraných částí
2. Trh
 - a) Neorganizovaný
 - b) Organizovaný

V případě úplné regulace se jedná o obchod, kdy cena, popř. i další parametry jsou určované výhradně oprávněným subjektem (regulačním úřadem) a jsou závazné pro všechny zúčastněné. Obchodování v plně regulovaném systému a trh s elektřinou jsou velmi odlišné a regulovaný systém je dnes již považován za historickou etapu. (Chemišec, 2010) Proto je v mé práci zmíněn jen velmi okrajově, aby bylo jasné rozlišení, jak může fungovat obchod s elektřinou a dále se regulovaným systémem zabývat nebudu.

Pokud tedy mluvíme o trhu s elektřinou, znamená to, že zejména cena je určována subjekty na tomto trhu vystupujícími. Dělí se na organizovaný a neorganizovaný (Chemišec, 2010) Právě český organizovaný trh tvoří stěžejní část mé práce.

Na organizovaném trhu „*zejména cena i zobchodované množství jsou stanovovány na základě předem známých pravidel a postupů obecně dostupnou organizací (burzou).*“ [3] Na neorganizovaném trhu se jedná o dvoustranné dohody, které jsou uzavírané přímo mezi dvěma nebo více účastníky trhu. (Chemišec, 2010)

2.3.2 Základní dělení organizovaného trhu s elektřinou

Cheminišec (2010) dělí organizované trhy s elektřinou podle:

a) Termínu obchodu:

- Dlouhodobé trhy – obvykle se jedná o obchody s dodávkou elektřiny za několik dnů, většinou se jedná o dobu jeden měsíc a déle a nejdelší obchody probíhají po dobu okolo tří let.
- Krátkodobé trhy – jedná se o obchody v čase několik desítek minut až několik dnů před hodinou h dne D, kdy se realizuje dodávka elektřiny
- Bilanční mechanismus – specifický druh trhu, kdy jediným nákupčím je provozovatel přenosové soustavy

b) Druhu obchodování:

- Aukční – nabídka a poptávka daného zboží je soustředěna na jednom místě a v daném čase.
- Průběžné – produkt obchodován podle daných pravidel nepřetržitě (ve stanovené pracovní době) od jeho vypsání až po předem stanovené ukončení obchodování.

Obchod probíhá vždy v reálném čase. Objem poptávky v MWh musí být roven objemu nabídky v MWh, jinak musí zasáhnout tzv. regulační záloha pro krytí výkyvů v elektrizační soustavě. Obchodování s elektřinou v ČR je pod záštitou Pražské energetické burzy. Denní trh s elektřinou je od 1.4.2009 výhradně v rámci OTE, (Operátor trhu s elektřinou), který od roku 2009 spolupracuje též se Slovenskem a obchodují spolu na společném denním trhu v rámci tzv. Market coupling ČR – SR.

Obchodování s elektřinou dělíme na velkoobchod a maloobchod. Na velkoobchodním trhu nakupují a prodávají elektřinu subjekty zúčtování mezi sebou, zatímco u malobchodního trhu se jedná o obchody typu subjekt zúčtování vs. účastník trhu, popř. účastník trhu vs. účastník trhu. Na velkoobchodním trhu s elektřinou jsou většinou hodinové ceny v případě denního trhu s elektřinou. Pokud mluvíme o forwardovém trhu (burzovním i bilaterálním) pak jsou zde stanoveny ceny pro daný den a pásmo.
(Cheminišec, 2010)

2.3.3 Organizovaný krátkodobý trh s elektřinou

Probíhají zde obchody v čase několik desítek minut až několik dnů. Jako nejkratší obchodovatelná jednotka se používá jedna hodina, odtud pak plyne název obchodní hodina. V průběhu jednoho dne se tedy obchoduje 24 trhů v jednotlivých hodinách. Poptávka na tomto trhu je závazkem, že v daném čase odebere účastník

poptávané množství elektřiny pro danou obchodní hodinu. Nabídka představuje závazek, že účastník dodá nabízené množství elektřiny pro danou obchodní hodinu do elektrizační soustavy v daném čase. Důsledkem těchto obchodů je sjednání dodávek, odběrů a cen. Místem dodání a místem odběru je elektrizační soustava České republiky či zahraniční elektrizační soustava. (Chemišinec, 2010)

Veškeré obchody na tomto trhu probíhají anonymně a obchodování probíhá na principu aukce. Elektřina je specifická svou neskladovatelností, díky které musí dodávka probíhat nepřetržitě. Tím pádem zde neprobíhají aukce stejně jako u jiných komodit. (Chemišinec, 2010).

Aukce se musí opakovat v přesně stanovených časových periodách. Dle Chemiše (2010) můžeme aukce dále dělit z hlediska:

a) Poptávajících

- Jednostranná aukce – dodavatelé podávají nabídky a dispečink stanoví poptávku po elektřině na další období (hodina h ve dni D) o velikosti Q . Dle tohoto odhadu spotřeby se pak určují zdroje, které uspěly se svou nabídkou a stejně tak i cena P . Ta je nazývána jako marginální, rovnovážná či spotová cena.
- Dvoustranná aukce – dodavatelé nabízejí a odběratelé poptávají. Pro hodinu h dne D jsou ve dni $D-1$ shromážděny nabídky a poptávky osahující nabízené resp. poptávané množství a cenu nabídky resp. poptávky.

b) Stanovení ceny:

- Cena pro odběratele je stanovena jako marginální a výsledkem je jediná cena, která pak platí jak pro dodavatele, tak i pro odběratele. Tento princip se v současnosti využívá na denním trhu v ČR i ve většině evropských trhů.
- Cena pro odběratele je stanovena jako průměrná cena nabídek (diskriminační aukce) – někdy také nazýváno jako princip pay – as – bid.

Na organizovaném krátkodobém trhu dále nalezeneme následující trhy:

Blokový trh

Zde se jedná o nabídky a poptávky, kdy nejmenší jednotkou bloku je konstatní hodnota hodinového výkonu 1MW v hodinách časového období bloku. Poptávky a nabídky se podávají nejdříve 30 dní před obchodním dnem. Obchodování bloku se ukončuje ve 13.30 hodin předcházejícího dne, než má být

dodávka z tohoto bloku vykonána. Do 13.30 hodin obchodního dne je operátorem trhu oznámeno každému účastníku obchodování velikost sjednané dodávky a velikost sjednaného odběru elektřiny a dosažená cena. Narozdíl od denního trhu a vnitrodenního trhu, které fungují od roku 2002, blokový trh začal fungovat až v roce 2008. (Marvan, 2001)

Denní trh

Jedná se o obchodování na principu market couplingu. (Boušová, 2009) Market coupling je metoda propojení trhů s elektřinou v různých zemích. (Belpex, 2014). Nabídky a poptávky jsou předkládány každý den do dne předcházejícího obchodnímu dni. Na jejich základě jsou pak stanoveny a zveřejněny výsledky, a to: výsledný přenos elektřiny ze zahraničí nebo do zahraničí v případě market couplingu; dále pak dosažená cen elektřiny na denním trhu; a zobchodovaná množství elektřiny. Po vyhodnocení výsledků je stejně jako v případě blokového trhu zveřejněno: velikosti sjednané dodávky a velikost sjednaného odběru elektřiny a dále pak dosažená cena z denního trhu. Dále pak jsou uveřejňovány i nabídkové a poptávkové křivky a množství elektřiny z uskutečněných nebo neuskutečněných nabídek a poptávek. (Chemišinec, 2010)

Vnitrodenní trh

Je uskutečňován pro hodiny uvnitř obchodního dne. Pro konkrétní obchodní den je v 15.00 hodin dne předchozího otevírán vnitrodenní trh, kde je možné nabízet a poptávat dodávku či odběr elektřiny. Uzavírá se postupně po jednotlivých hodinách a do 30 minut po uzavření každé hodiny jsou hodnoty předány subjektu zúčtování za pomoci informačního systému. Dále je do 13.30 hodin následujícího dne zveřejněno množství elektřiny z uskutečněných obchodů a vážený průměr ceny v daných obchodních hodinách na tomto trhu. (Boušová, 2009)

Vyrovňovací trh s regulační energií

Oproti třem předchozím trhů je specifický tím, že na jedné z obchodujících stran bude vždy stát provozovatel přenosové soustavy, kterou je v České republice společnost ČEPS, a.s. Provozovatel přenosové soustavy obstarává kladnou nebo zápornou energii pro regulaci přenosové soustavy. Výsledná cena na tomto trhu je vždy minimálně ve výši ceny nabídkové. (Rodryč, Máca, Chemišinec, 2012)

2.3.4 Organizovaný dlouhodobý trh s elektřinou

Nazývaný také jako finanční trh s elektřinou. Vychází se zde z předpokladu, že kontrakty zde sjednané musí být při jejich realizaci finančně vypořádány. Organi-

zátozem těchto trhů je burza, nebo organizace, mající charakter burzy. Kontrakty, které se uzavírají na finančním trhu, nejsou ovlivňovány ani technologickými omezeními v elektrizační soustavě ani jinými technickými požadavky. Není zde neobvyklý přesun kontraktu z finančního trhu na krátkodobý trh s elektřinou, na žádost účastníka.

Referenční cena elektřiny, ke které jsou vyhodnocovány finanční kontrakty, je známá jako spotová cena elektřiny. Tržní cena elektřiny je tedy stanovena na denním trhu s elektřinou, a to právě pro danou obchodní hodinu. Stanovuje se výpočtem z hodinových cen denního trhu – ty se nazývají indexy, a to buď pro daný den D – v tom případě se jedná o **base load**, anebo pro hodiny špičkového zatížení – **peak load**.

(Cheminišec. 2010)

Základní parametry finančních trhů jsou:

- a) Časová perioda kontraktu – lze je vypisovat na jeden den až jeden rok. Pouze ve výjimečných situacích se objevují kontrakty na dobu delší než jeden rok. Obvykle se kontrakty dělí na týdenní, měsíční, kvartální a roční.
- b) Předmět obchodování – v současnosti se jím nejčastěji stává:
 - Baseload – dodávka základního zatížení po dobu 24 hodin v dané periodě
 - Peakload - dodávka špičkového zatížení (8. – 20.hodina v pracovní den) v dané periodě

(Chemišinec, 2010)

2.4 Subjekty působící na trhu s elektřinou

1) Základní

- Výrobci – provozují zařízení na výrobu elektřiny, buď jejich vlastní nebo jim svěřené. V obou případech musí získat oprávnění k provozování, a to na základě licence.
- Obchodníci s elektřinou – obchodují s elektřinou, nakupují ji a mohou působit i jako koneční zákazníci. Vše probíhá opět na základě licence.
- Koneční zákazníci – jedná se o fyzickou nebo právnickou osobu, jež pouze spotřebovává odebranou elektřinu.

2) Zvláštní kategorie

- Subjekt zúčtování – funguje pro zabezpečení vnitřních potřeb trhu s elektřinou. Jejich počet na trzích se pohybuje v desítkách až stovkách. Je to subjekt zúčtování odchylek. Pro něj operátor trhu připravuje vyhodnocení, zúčtování a vypořádání odchylek.

3) Zvláštní účastníci

- Provozovatelé přenosové soustavy – zabezpečují chod přenosové soustavy, a to na základě licence udělené regulátorem. Pro dané území je vždy jediná licence, a toto pravidlo platí nejen pro ČR, ale i pro velké množství dalších států.
- Provozovatelé distribučních soustav – stejně jako přenosová soustava, tak i ta distribuční se provozuje ve veřejném zájmu. Máme regionální a lokální distribuční soustavy:
 - Regionální distribuční soustavy jsou přímo připojeny k přenosové soustavě. Opět je k provozování nutné získat licenci. V současnosti v ČR existují tři společnosti, a to ČEZ Distribuce, EON Distribuce a PREDistribuce.
 - Lokální distribuční soustavy jsou připojeny k některé z regionálních distribučních soustav, musí vlastnit licenci.
- Nezávislý operátor soustavy – řídí elektrizační soustavu a v některých literaturách se setkáváme s jeho ztotožněním s dispečinkem.
- Operátor trhu – specifický účastník na trhu. Jelikož tomuto subjektu se budu ve své práci věnovat podrobněji, jeho definice a činnost budou popsány níže.
- Burza – obchodování na burze je součástí organizovaného trhu. Tento trh tvoří stěžejní část mé práce a stejně jako v předchozím případě, i burze se budu věnovat níže.

4) Obzvláště specifické postavení má regulátor trhu – regulační úřad, v ČR konkrétně ERÚ – Energetický regulační úřad, sídlící v Jihlavě. Pokud přirovnáme trh s elektřinou k jakémukoliv trhu, úkolem regulačního úřadu je, stejně jako úkolem regulátora v každém tržním prostředí, nahrazovat tržní mechanismy tam, kde nepracují správně či ideálně. Největší angažovanost ERÚ se objevuje u přenosu a distribuce, kde regulátor zavádí pravidla podnikání. Jeho nejdůležitější funkcí je stanovování cen.

(Cheminišec, 2010)

2.4.1 Operátor trhu s elektřinou

„Organizuje styk mezi výrobci, obchodníky a zákazníky na základě technických možností a požadavků na provoz přenosové soustavy.“ [6] Jedná se o akciovou společnost, kterou zakládá stát a jejíž akcie zní na jméno. Zpracovává na základě smluv dodávku elektřiny mezi výrobcí, provozovatelem přenosové soustavy, provozovateli distribučních soustav, oprávněnými zákazníky a obchodníky bilance nabídek a poptávek na dodávku a odběr elektřiny a předávat je provozovateli přenosové soustavy a provozovatelům distribučních soustav. Dále operátor organizuje trh s elektřinou, a to jak krátkodobý, tak dlouhodobý. Pokud se jedná o krátkodobý trh, tak je jeho úkolem shromažďovat nabídky a poptávky na dodávku a odběr elektřiny a na základě jejich vyhodnocení zveřejňovat cenu krátkodobých obchodů a potvrzovat účastníkům krátkodobých obchodů cenu a množství elektřiny, čímž vznikají smluvní vztahy. (Marvan, 2001)

Operátor trhu s elektřinou má zakázáno s elektřinou obchodovat, není tedy ani možné, aby byl držitelem nějaké licence kromě licence na činnost operátora trhu. Ovlivňuje však podstatně fungování na trhu s elektřinou. Jednak zajišťuje finanční vyrovnávání odchylek mezi sjednanými a skutečnými hodnotami dodávek elektřiny a jednak organizuje krátkodobý trh elektřiny. (Marvan, 2001)

Operátor trhu je poměrně novým subjektem na trhu s elektřinou a vznikl v souvislosti s postuným liberalizováním tohoto trhu. Jak je již zmíněno výše, jedná se o akciovou společnost a stát je vlastníkem větší části akcií této společnosti, konkrétně se jedná o akcie, jejichž jmenovitá hodnota je nejméně 67% základního kapitálu této společnosti. (Boušová, 2009)

Činnost operátora trhu s elektřinou je upravena energetickým zákonem, vyhláškou o pravidlech trhu s elektřinou, zásadách tvorby cen za činnosti operátora trhu s elektřinou a provedením některých dalších ustanovení energetického zákona, obchodními podmínkami operátora trhu. Základním prvkem obchodování s elektřinou tvoří odběrná/předávací místa – OPM, z nichž každé je označeno speciálním 18místným kódem. Každé zaregistrované OPM je připojeno k síti neboli distribuční soustavě. (Cheminišec, 2010)

V současnosti je na seznamu registrovaných účastníků trhů zapsáno 29 916 osob, přičemž se jedná o fyzické i právnické osoby. Registrovaných účastníků krátkodobého trhu je pak 145. Většinu těchto subjektů tvoří jednotliví dodavatelé elektřiny. (OTE, 2015). Tabulka s registrovanými účastníky krátkodobého trhu je umístěna v příloze.

2.4.2 Energetická burza Praha (PXE)

Vznikla 5. března 2007 jako nový subjekt vstupující na český trh s elektrickou energií v rámci liberalizace trhů. Jejím hlavním cílem bylo vytvořit nová pravidla

pro obchodování s elektřinou v ČR. Díky ní je na trh s elektřinou zavedeno konkurenční prostředí. O ceně začíná rozhodovat aktuální stav nabídky a poptávky. Pražská energetická burza je první svého druhu ve střední a východní Evropě, inspiraci získala od ostatních evropských energetických burz.

Bez ohledu na velikost transakcí mají všichni obchodující na burze stejné podmínky. Obchodování s elektrickou energií může probíhat až na tři roky dopředu, což znamená, že může usnadnit predikování cen a tím z velké části připívat eliminování cenových šoků. PXE je akciovou společností a tvoří součást Burzy cenových papírů Praha, navíc je i součástí skupiny CEE Stock Exchange Group.

Každý, kdo chce na PXE obchodovat, musí:

- Splnit podmínky účasti na obchodování na trhu Burzy podle právních předpisů, Burzovních pravidel, Burzovních řádů a Pravidel zúčtování
- Vlastnit licenci k obchodu s elektrickou energií
- Být subjektem zúčtování u svého operátora přenosové soustavy
- Mít uzavřenou smlouvu s clearingovou bankou
- Nakupovat elektřinu jen pro účely jejího dalšího prodeje a nesmí být jejím konečným spotřebitelem

Obchodování na burze probíhá anonymně, měnou je euro. Pokud je obchod již uzavřen, nelze ho zrušit. Kontrakty jsou rozděleny na futures (roční, čtvrtletní a měsíční) a SPOT (denní a na hodinu). V souvislosti s burzou musíme rozlišovat mezi těmito dvěma pojmy:

- Fyzické vypořádání = závazek obou stran obchodu k budoucímu dodání/zaplacení určitého počtu MWh po celou dobu daného dodávkového období a za sjednanou cenu.
- Finanční vypořádání = závazek obou stran obchodu k budoucímu finančnímu vyrovnání cenových rozdílů předmětu obchodu po dobu daného dodávkového období.

(Cheminišec, 2010)

Jak probíhá samotný obchod?

Aktér, splňující podmínky, vstoupí na burzu s konkrétními požadavky. V procesu, který je nazýván kaskádování, jsou propočítány produkty, následně je poptávka uzavřena a nabídnuta na burze. Vše probíhá v naprosté anonymitě. Poptávající následně dodá další parametry, jako je cena a povolené cenové rozpětí a očekává vhodnou protistranu. Tvůrci trhu kotují nabídku s poptávkou při daném cenovém rozpětí a dalších podmínkách. (pozn. kotace = udržování nabídky s poptávkou). V okamžiku, kdy je naší poptávce nalezena co nejvhodnější nabídka,

obchod je uzavřen. Poté je možné odebírané množství upravit zpravidla kratšími kontrakty, lze i záporným kontraktem. Vypořádání obchodu zajistí následně Centrální depozitář cenných papírů, a.s. Finanční stránku má pak na starosti clearingová banka účastníka, ta také zajišťuje finanční vypořádání. Co se týče fyzického přenosu, tak zde vstupuje do hry OTE, který získává informace o obchodech na PXE v předstihu jednoho dne, a pokud dojde k selhání, je jeho povinností zajistit náhradní dodávky. (Cheminišec, 2010)

2.4.3 Vztah burzy a OTE

Burza a OTE mají na základě uzavření smlouvy společný denní trh. Denní trh organizuje OTE a burza na něj má díky smlouvě přístup. Obchod s elektřinou a jeho vypořádání zde probíhá na základě Obchodního systému Burzy podle pravidel stanovených v Pravidlech obchodování, Pravidlech vypořádání a Obchodních podmínkách OTE. Burza má oprávnění stanovit každému účastníkovi obchodování spotový limit v EUR. V tom případě ručí za to, že celková výše plateb vyplývající ze spotových obchodů daného účastníka obchodování nepřekročí tento spotový limit.

Právem burzy je nahlížet do nabídek jednotlivých účastníků Společného denního trhu. Povinností účastníka je tedy udělení písemného souhlasu se zpřístupněním údajů ve formě předepsané OTE. Nabídky účastníků obchodování jsou pomocí automatické komunikace zasílané do informačního systému OTE, kde jsou validovány a registrovány a práce s nimi se řídí Obchodními podmínkami OTE. (PXE, 2015)

2.5 Liberalizace trhu s elektřinou

Již po 2. světové válce dochází na evropském kontinentě ke snahám upravit trh s energiemi a nastolit novou politiku v oblasti elektrické energie. (Černochoch, Zapletalová, 2012) „Vzniká Evropské sdružení uhlí a oceli a později EUROATOM, objevují se první zprávy a dokumenty volající po komunitarizované energetické politice.“ [4]

Od vydání Jednotného evropského aktu v roce 1986 se tyto snahy začínají ještě více prohlubovat. Již ve smlouvě o EHS je zmíněna možnost zásahů do energetické politiky členských států, alespoň co se společných trhů týče, avšak až do 80. let není tato pravomoc prakticky využívána. V souvislosti s ropným šokem v 70. letech a jomkipurskou válkou je energetická politika odsunuta na vedlejší kolej a státy se více zaměřují na jiné komodity. Situace se tedy začíná měnit právě až po roce 1986 a to velmi pozvolna, protože v debatách o Jednotném evropském aktu není původně energetický sektor brán v potaz. Důvod je prostý, liberalizace trhu s elektřinou je všeobecně považována za nejobtížnější. Příčinou je i to, že členské státy nejsou ochotny otevřít se větším zásahům ze strany Evropského společenství

v této oblasti. Přesto jsou v 90. letech zaznamenány vyhlášky prvních liberalizačních směrnic. (Černocho, Zapletalová, 2012)

K oficiálnímu zahájení liberalizace trhu s elektřinou v Evropě došlo přijetím směrnice Evropského parlamentu a Rady 96/92/Es o společných pravidlech vnitřního trhu s elektřinou. Směrnice je začleněna do energetického zákona České republiky, č.458/2000 Sb. Zákon o podmínkách podnikání a výkonu státní správy v energetických odvětvích a změně některých zákonů. Tato směrnice nabyla účinnosti již 19. února 1997. (Chemišinec, 2010)

Po projednávání a diskutování několika předložených návrhů v průběhu několika let nastane výrazný zlom až v roce 2006, když Evropská komise vydá Zelenou knihu Evropská strategie pro udržitelnou, konkurenceschopnou a bezpečnou energii. (Černocho, Zapletalová, 2012) K postupnému otevírání trhů s energiemi začíná docházet od 1. ledna 2002. Trh se otevírá v několika fázích, a to podle spotřeby. K 1. 1. 2002 se trh liberalizuje pro zákazníky se spotřebou vyšší než 40GWh, o rok později pro ty, u nichž spotřeba překročila 9 GWh. V roce 2005 se otevření dočkali zákazníci se spotřebou, která překročila hodnotu 100 MWh. A konečně k 1. 1. 2006 je trh uvolněn pro všechny koncové zákazníky. K 1. 7. 2007 se podařilo otevření trhu s energiemi všem členským státům Evropské unie. (Marvan, 2009)

Stejně jako v případě ostatních trhů s sebou liberalizace přináší mimo výhod i jisté nevýhody. Jednou z největších nevýhod je přenos jakéhokoliv selhání v jedné zemi do zemí ostatních. Liberalizace přinesla výhody zejména koncovým zákazníkům. Díky ní jsou otevřeny možnosti pro vstup nových subjektů na trh – nových obchodníků a dodavatelů a koncovému zákazníkovi se tak rozšiřuje výběr. V souvislosti s liberalizací se ale nerozšiřuje pouze segment dodavatelů, ale na trh vstupují i nové subjekty, které hrají velmi významnou roli z hlediska regulace a organizace trhu (viz níže). (Brabcová, 2009)

V souvislosti s liberalizací trhů se nám také objevuje nový pojem, tzv. vlastnický unbundling, což je „*rozdělení monopolu národních operátorů přenosových/přepravních soustav s cílem zvýšení soutěže na trhu a snížení ceny pro konečného spotřebitele.*“ [5] Důvodů pro unbundling je mnoho. Mezi nejzákladnější z nich patří oddělení regulovaných (přenos a distribuce) a neregulovaných (výroba a obchod) licencovaných činností. Dále se díky němu zajistil přístup k sítím za rovných podmínek pro všechny, došlo k odstranění asymetrických informací a křížových dotací, stejně tak i diskriminačního chování. V oblasti nastavení cen mělo dojít k zefektivnění a zprůhlednění procesu regulace. (Brabcová, 2009)

Po vydání Lisabonské smlouvy v roce 2009 se elektroenergetika stala součástí Sdílených pravomocí EU. Cílem Evropské unie je tedy jednak zabezpečit fungování trhu s energiemi, jednak dodržet bezpečnost dodávek v unii. (Černocho, Zapletalová, 2012)

V současné době je zde několik významných dokumentů, které by měly udávat směr dalšímu vývoji. Nejvýznamnější a asi i nejznámější je *Energie 2020: Strategie pro konkurenceschopnou, udržitelnou a bezpečnou energii* z listopadu 2010, který definuje hlavní priority, ke kterým by se měl stočit vývoj v oblasti elektroenergetiky. Jde o dosažení energeticky efektivní Evropy, vybudování plně integrovaného energetického trhu, posílení pozice spotřebitelů a dosažení maximální úrovně bezpečnosti těchto spotřebitelů, posílení evropské pozice v energetických technologiích a inovacích a posílení vnější dimenze unijní energetiky. Za zmínku stojí i dokument *Cestovní mapa pro energetiku do roku 2050*, která charakterizuje možné scénáře dalšího vývoje energetiky. (Černocho, Zapletalová, 2012)

2.6 Vývoj českého trhu s elektřinou - z historie po současný stav

Po zlomovém roce 1989 dochází i v této oblasti ke snahám odtrhnout se od vázanosti na východní blok a zbavit se plně kontrolované a autoritativně řízené energetiky. V roce 1990 dochází k první změně a to k oddělení distribuce a výroby. Stále však zůstává z větší části vše pod kontrolou státu. Postupem času stát přestává dotovat energetické společnosti a ty si tak musejí vystačit s vlastními zdroji a bankovními úvěry. Společnosti tedy začínají zvyšovat cenu elektřiny, která je do té doby uměle udržována na nízké úrovni, a to zejména díky státním zásahům. (Vlček, Černocho, 2012)

Nevýznamnější obdobím pro energetiku je privatizace, které trvá do roku 2001, přičemž roli začínají hrát i liberalizační požadavky EU, ač v této době se Česká republika na vstup do EU teprve připravuje. Stát drží poměrně dlouho své podíly v energetických společnostech a nevzdává se jich zrovna pomalu a snadno. Dle kritiků je privatizace v energetice ne moc dobře zvládnutá, zato ale v oblasti liberalizace jde všechno rychle a poměrně snadno. Se vstupem do EU pak dochází k dalším změnám, kdy jednou z nejzásadnější je otevření trhu s elektřinou k

1. 1. 2006, kdy si každý odběratel může volit svého dodavatele samostatně. Od roku 2007 začíná působit PXE neboli Pražská energetická burza, která má působnost i na Slovensku a v Maďarsku. Vznik burzy poměrně dobře přispívá k transparentnosti cen a procesu obchodování s elektřinou. V současné době je energetický sektor udržován na stabilní úrovni, jak v oblasti legislativy, tak i z hlediska faktického vztahu a institucionální úpravy. (Vlček, Černocho, 2012)

2.7 Cena elektřiny

Problémem vytváření ceny elektřiny je její neskladovatelnost. Rovnováha mezi nabídkou a poptávkou musí být tedy zajištěna v každém čase a ve všech místech elektrizační soustavy. V souvislosti s burzou si musíme nejprve definovat **spotovou cenu elektřiny**, neboť s jejími hodnotami budu následně pracovat i v

rámci vlastní práce. Pojem spotová cena je definován jako cena v daném odběrném místě pro každý časový okamžik. Je to tedy okamžitá cena. Díky stanovení okamžité ceny elektřiny je ovlivňováno chování zákazníka takovým způsobem, že se chová z hlediska maximalizace celkového bohatství optimálním způsobem. (Cheminišec, 2010)

Výsledná cena elektřiny pro konečného zákazníka se pak skládá z následujících pěti složek (tato skladba platí od 1. 1. 2006):

- Neregulovaná cena komodity – cena je tvořena na základě tržních principů a v souladu s obchodními strategiemi jednotlivých dodavatelů elektřiny
- Další tři složky zahrnují regulované činnosti monopolního charakteru, ke kterým patří doprava elektřiny od zdroje výroby pomocí přenosové a distribuční soustavy ke konečnému spotřebiteli, a dále činnosti spojené se zajištěním stabilního energetického systému technického hlediska (tzv. zajišťování systémových služeb) i obchodního hlediska (především činnost operátora trhu s elektřinou v oblasti zúčtování odchylek).
- Poslední složka – příspěvek na podporu elektřiny z obnovitelných zdrojů, kombinované výroby elektřiny a tepla a druhotných zdrojů.

(Vlček, Černoch, 2012)

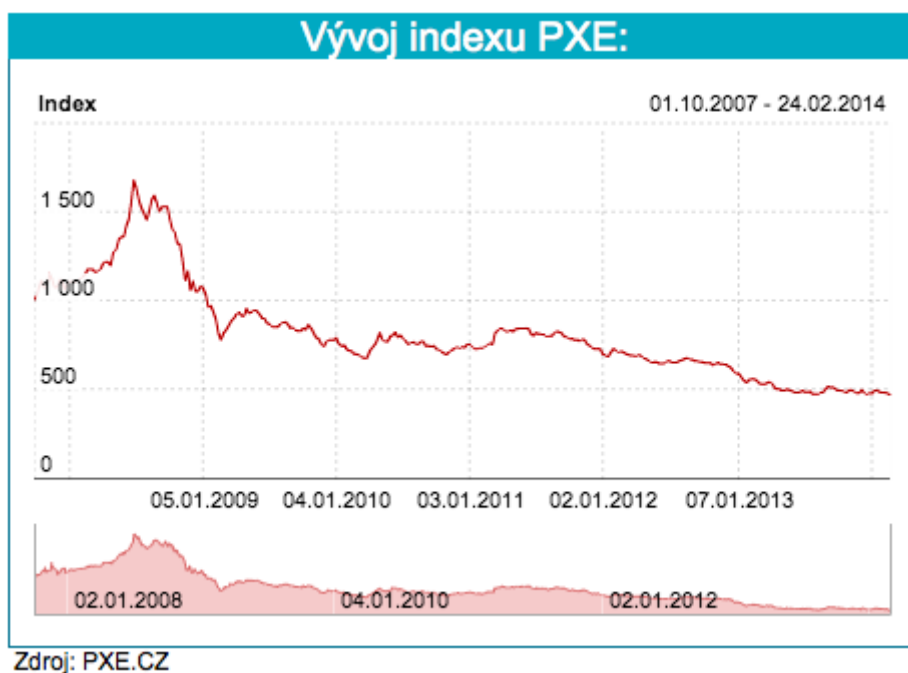
Do ceny elektřiny pro konečného zákazníka se pak promítá cena silové elektřiny nakupovaná na PXE. Ceny elektřiny v průběhu roku mohou kolísat a je téměř nepředvídatelné, jestli budou klesat či růst. Např. společnost ČEZ uvádí na svých webových stránkách, že právě kvůli kolísavosti nakupuje elektřinu pro svoje zákazníky průběžně a po částech, aby ochránil svoje zákazníky před prudkým nárůstem cen. Pokud dojde ke zvýšení ceny na burze o deset procent oproti průměru, pak se nakoupí elektřina v daném slotu až v dalších třech dnech po tomto snížení. Eliminuje se tak prudký výkyv cen, ten se totiž do konečné ceny promítá až pokud trvá pět dní a více. Naopak pokud dojde ke snížení ceny, tak se elektřina v rámci slotu nakupuje dokud toto snížení cen trvá a zbývající část měsíčního slotu se pak zrychleně nakoupí v následujících třech dnech po obrácení trendu. Informace o výsledcích nákupu i dosažených cenách jsou pak nejpozději do 10 obchodního dne následujícího měsíce uveřejněny na internetových stránkách ČEZU. (ČEZ, 2015)

Vývoj cen elektrické energie je ovlivňován cenou ropy, která představuje klíčovou komoditu pro celý energetický sektor. Po celém světě je možné nalézt více než sto druhů ropy, každý s jinou kvalitou. Pro cenu elektřiny jsou stěžejní dva druhy, a to lehká americká ropa WTI a ropa typu Brent, která je předmětem obchodování na londýnské burze. (Energetická bezpečnost – geopolitické souvislosti, 2008)

Komoditou mající vliv na cenu elektrické energie je i cena uhlí. Krom toho je to také hodnota emisních povolenek. Významnými faktory jsou i aktuální přebytek

nebo nedostatek elektřiny či různé aféry, vlivy počasí jako je tuhá zima nebo výpadky elektráren. (Adámková, 2013)

Dalším významným faktorem, který ovlivňuje cenu elektřiny je cena na Evropské energetické burze v Lipsku (EEX). I když je tato burza co do objemu obchodů i počtu účastníků mnohem větší, ceny na PXE kopírují ceny na EEX. Některé firmy, např. ČEZ jsou přítomny na obou burzách. Dle statistik za rok 2014 cena elektřiny na burzách dlouhodobě klesá (Elektřina.cz, 2015), jak můžeme vidět i v následujícím grafu:



Obrázek 1 - Vývoj cen elektřina na PXE

Zdroj: www.pxe.cz

Kromě vývoje na EEX je důležitý i vývoj na ostatních evropských a světových trzích. Na cenu elektřiny mají vliv i dotace na výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů. Výrobce zelené elektřiny mají totiž od státu garantované výkupní ceny a díky tomu velmi nízké náklady, což má za následek nabídku na trhu za takřka nulové ceny. (Elektřina.cz, 2015)

2.7.1 Záporná cena elektřiny

Záporné hodnoty vznikají při převisu poptávky nad nabídkou na trhu. Jedná se ale pouze o krátkodobý jev a odstavení jaderných elektráren by vyšlo podstatně draž, než výkup za záporné ceny, tedy když prodávající platí kupujícímu za odběr elektřiny. V roce 2013 byly např. zaznamenány záporné ceny na počátku roku

v důsledku vyšších teplot. (iDnes, 2013) Dále k poklesu může dojít v dny pracovního klidu, kdy není odběr elektřiny tak velký z důvodu uzavření některých firem. S nárůstem využívání obnovitelných zdrojů energie pak roste i dosahování záporných cen elektrické energie. Dopad pro koncového zákazníka je však nulový. (CZEPHO, 2015)

Dle článku zveřejněného na webu CZEPHO z 29. ledna 2015 dokonce záporných cen přibývá. V loňském roce klesla spotová cena elektřiny na trhu pod nulu celkem 42krát a ve třech případech byla přesně nula.

3 Materiál a metodika

3.1 Úvod do teorie časových řad

Data ve formě časových řad jsou velmi významná a nalezneme je v mnoha oborech, jako např. ve fyzikálních vědách, technice, biologických vědách či společenských vědách apod. V ekonomii je teorie časových řad řazena k nejdůležitějším kvantitativním metodám využívaných při analýze ekonomických dat. (Cipra, 1986)

„Pojmem časová řada se obecně míní jakákoliv posloupnost dat y_1, \dots, y_n chronologicky uspořádaných v čase.“ [7]

Druhy časových řad rozlišujeme:

- Podle hlediska náhodnosti na **deterministické** (neobsahují prvek náhody) a **stochastické** (naopak prvek náhody obsahují).
- Podle rozhodného časového hlediska je členíme na **okamžikové** (k určitému okamžiku nulové délky) a **intervalové** (k intervalu nenulové délky).
- Z hlediska ekvidistantnosti je dělíme na **ekvidistantní** (vzdálenost mezi prvky je konstantní) a **neekvidistantní** (vzdálenost mezi prvky je různá)
- Dle periodicity jsou časové řady **krátkodobé** a **dlouhodobé**.
- U členění podle druhu sledovaného ukazatele rozlišujeme časové **řady primárních ukazatelů**, kde byla data získána původním měřením nebo pozorováním a **řady sekundárních ukazatelů**, kdy je řada vypočítána z jiných časových řad.
- Z hlediska způsobu vyjádření je dělíme na **naturální** a **peněžní**. (Hampel, 2011)

3.2 Elementární charakteristiky dynamiky časových řad

Ukazují nám absolutní nebo relativní změnu časové řady. Většinu těchto ukazatelů můžeme zprůměrovat. Základními ukazateli jsou:

Absolutní přírůstek

Je nejjednodušší charakteristikou a ukazuje nám změnu hodnoty v čase t oproti času $t - 1$. Pro časovou řadu délky n můžeme určit $n - 1$ rozměrných absolutních přírůstků, které mohou nabývat nulových, kladných či záporných hodnot. (Minařík, 2000)

$$d_t = y_t - y_{t-1}, \text{ pro } t = 2, 3, \dots, n.$$

Koeficient růstu

Stejně jako u absolutního přírůstku určíme $n - 1$ koeficientů růstu. Ty jsou však oproti předchozímu bezrozměrné. (Minařík, 2000) Koeficient růstu je velmi důležitým ukazatelem v časových řadách. Pokud ho vynásobíme stem, zjistíme o kolik procent hodnoty v čase t vzrostla hodnota v oproti času $t - 1$. Tento koeficient pak nazýváme **tempo růstu**. Koeficienty růstu využijeme nejen pro charakteristiku dynamiky časové řady, ale i jedno z kritérií pro nalezení vhodné trendové funkce. (Arlt, 2013)

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

Koeficient přírůstku

Je kombinací absolutního přírůstku a koeficientu růstu. Po vynásobení stem získáme **tempo přírůstku**. (Minařík, 2000)

$$b_t = \frac{d_t}{y_{t-1}} = \frac{y_t - y_{t-1}}{y_{t-1}} \quad \text{pro } t = 2, 3, \dots, n.$$

3.3 Metody analýzy časových řad

3.3.1 Kvalitativní metody analýzy časových řad

Kvalitativní metody používáme v okamžiku, kdy není možné kvantifikovat sledované veličiny nebo vlivy na tyto veličiny působící. Někdy je využíváme i pro hodnocení výstupu kvantitativních metod a jsou poměrně subjektivního charakteru. Kvalitativní metody se vyznačují jak časovou, tak finanční náročností. Patří sem zejména subjektivní vyrovnání křivkou, Delphi metoda, metoda historické analogie, dotazování zákazníků, dotazování prodejců poslední instance, technologické srovnávání apod. (Hampel, 2012)

3.3.2 Kvantitativní metody analýzy časových řad

Používají při předpovědích objektivní matematicko - statistické postupy. Existuje zde předpoklad, že v budoucím vývoji se charakter řady nemění a platí model zkonstruovaný na základě minulých a současných hodnot časové řady. Dále je dělíme na adaptivní a neadaptivní metody. (Hampel, 2012)

Neadaptivní metody

Vysvětlují časovou řadu jako celek za pomoci několika parametrů konstantních v čase. Model se jen těžko, někdy vůbec bude přizpůsobovat změnám v charakteru časové řady. Jde např. o proložení řady matematickou křivkou vycházející z dekompozice časové řady.

Adaptivní metody

Zde se objevuje relativně rychlé přizpůsobení se změnám v charakteru analyzované veličiny. Většinou se řada nezpracovává jako celek, jak tomu je u neadaptivních metod, ale pracuje se s dílčími částmi časové řady. Využívají se, pokud se mění trend v pozorované časové řadě a nelze jej tak vyrovnávat za pomoci jediné matematické křivky. Postupuje se tedy tak, že rozdělíme časovou řadu do jednotlivých úseků a každý z těchto úseků zvlášť proložíme vhodnou matematickou křivkou. Řadíme sem zejména klouzavé průměry a metody exponenciálního vyrovnávání.

(Hampel, 2012)

Mezi základní kvantitativní metody lze zařadit především:

- Dekompozici časové řady,
- Boxovu – Jenkinsonovu metodologii,
- Regresní (příčinné modely),
- Lineární dynamické modely,
- Spektrální analýzy časových řad,
- A další (modely na principu filtrů, naivní modely apod.)

(Hampel, 2012)

V následující části mé práce pouze stručně přiblížím podstatu dekompozice časových řad. Podstatou méj práce je však modelování na základě Boxovy – Jenkinsonovy metodologie, a proto bude tato metoda popsána podrobněji.

3.4 Dekompozice časových řad

Je nejjednodušší z klasických metod popisu časových řad. Vychází z předpokladu, že některé časové řady lze rozdělit na čtyři specifické složky, a to:

1. Trendová složka T_t
2. Sezónní složka Sz_t
3. Cyklická složka C_t
4. Reziduální složka E_t

Teoretici zabývající se dekompozicí časových řad se domnívají, že je snazší vypořádat pravidelné chování řady právě v jednotlivých složkách než v původní nerozložené řadě. Trendová, sezónní a cyklická složka jsou považovány za deterministické funkce času a reziduální složka za náhodnou funkci času. (Cipra, 2013)

Trendová složka – Ukazuje nám změny odehrávající se dlouhodobě v průměrné úrovni časové řady (jedná se např. o dlouhodobý růst nebo pokles). Vzniká za pomoci působení sil. Tyto síly působí ve stejném směru. Trendová složka má dosti relativní charakter. (Cipra, 2013) Pokud má řada konstantní trend, nazýváme ji stacionární řadou. Jinak může být trend rostoucí, klesající, střídavý, přímočarý, křivočarý nebo stálý či měnlivý. Růst nebo pokles může být neomezený či shora nebo zdola omezený. (Minařík, 2000)

Sezónní složka – Jedná se o změny v časové řadě, které se stanou v průběhu jednoho kalendářního roku a opakují se každý rok. Vznikají kvůli střídání ročních období a s tím souvisejícími lidskými zvyky, které jsou institucionálně ukotveny v ekonomické aktivitě. Tato složka může rok od roku měnit svůj charakter. Data se obvykle od sezónní složky očišťují a povinností statistických úřadů je zveřejňovat časové řady v sezónně očištěné podobě. Sezónní složka se nachází pouze v krátkodobých časových řadách (čtvrtletních, měsíčních, týdenních či denních. (Cipra, 2013)

Cyklická složka – Délka jednotlivých cyklů i intenzita jednotlivých fází mohou být proměnlivé a obvykle tomu i tak je. Někdy je nalezení příčin této složky velmi těžké. Nejtypičtějším příkladem cyklické složky je tzv. obchodní cyklus, jehož trvání je obvykle 5 – 7 let a dochází zde ke střídání fáze recese a fáze konjunktury. Eliminace složky je poměrně náročná, neboť jak je již výše zmíněno, není snadné najít příčiny vzniku a také je zde výpočetní důvod, neboť stejně jako sezónní složka, tak i ta cyklická se může v čase měnit. Někdy se tyto dvě složky prezentují pod souhrnným názvem periodické složky časové řady. (Cipra, 2013)

Reziduální složka – Sezónní ani cyklická složka není v časových řadách nutná, zatímco reziduální či nepravidelná (někdy též označována i jako nesystematická) složka je u časových řad obsažena vždy. (Minařík, 2000) Vzniká jako náhodné pohyby v časové řadě, které nemají systematický charakter. Pokrývá i chyby v měření dat a některé chyby, jež udělá analytik při vlastní analýze řady. Obvykle se předpokládá, že reziduální složka je tzv. bílý šum. (Cipra, 2013)

3.5 Boxova – Jenkinsonova metodologie

Boxova – Jenkinsonova metodologie bere za základní prvek konstrukce modelu časových řad reziduální složku, která může být tvořena korelovanými (závislými) náhodnými veličinami. Její stěžejní část je založena na tzv. korelační

analýze. Oproti klasickým dekompozičním modelům jsou Boxovy – Jenkinsonovy modely daleko schopnější přizpůsobit se rychlým změnám v charakteru časové řady. Jedná se o stochastické modely, které jsou často schopny modelovat časové řady, na které klasická analýza časových řad nestačí. (Cipra, 1986)

Základním požadavkem na časové řady v rámci této metody je stacionarita. Rozlišujeme mezi striktní stacionaritou a slabou stacionaritou. Pro účely analýzy časových řad postačí slabá stacionarita, dále nazývaná jen jako stacionarita. Střední hodnoty a rozptyl v časové řadě musí být konstantní v čase, stejně tak i kovarianční struktura. (Cipra, 2013) Pokud máme nestacionární časovou řadu, můžeme ji na stacionární převést, většinou pomocí první nebo druhé diference. Výsledný model poté označujeme jako ARIMA(p, d, q), pokud se zde nacházejí sezónní vlivy, tak SARIMA. (Hampel, 2011)

3.5.1 Testy stacionarity

Nestacionární časovou řadu nám značí přítomnost jednotkového kořene v modelu, tedy případ kdy je kořen autoregresního operátoru roven jedné. Přítomnost jednotkového kořene by nám mnohy mohl odhalit už tvar korelogramu. Pokud má korelogram velmi pomalý pokles od jednotkové hodnoty k nule, pak se zde jednotkový kořen vyskytuje. Někdy je však posouzení korelogramu matoucí a neumožní nám rozlišit mezi nestacionárními modely od stacionárních s téměř jednotkovým kořenem. Proto je nutné stacionaritu modelu časové řady testovat na základě statistických testů.

Nestacionární modely mají např. tvar:

$$y_t = y_{t-1} + \varepsilon_t$$

Stacionární modely s téměř jednotkovým kořenem jsou pak ve tvaru:

$$y_t = 0,95 \cdot y_{t-1} + \varepsilon_t$$

a) Dickeyův – Fullerův test

Tento test se řadí mezi průkopníky mezi testy na jednotkový kořen. Problémem je, že je použitelný pouze pokud reziduální složka ε_t představuje nezávislý bílý šum. Pokud se v závisle proměnné Δy_t vyskytuje autokorelovanost, která v modelu není řádně zohledněna, pak DF test má chybu prvního druhu, což znamená pravděpodobnost zamítnutí platné H_0 . Proto byl navržen **rozšířený Dickey – Fullerův test (ADF test)**, který nalezneme i v nabídce programu Gretl a v současnosti je hojně využíván. Hypotézy testu jsou formulovány:

H_0 : časová řada je nestacionární (obsahuje jednotkový kořen)

H_1 : časová řada je stacionární (obsahuje jednotkový kořen)

b) KPSS test

Neboli Kwiatkovsky-Phillips-Schmidt-Shin test. Tento test byl navržen jako reakce na slabou rozlišovací schopnost ADF testu. Právě u výše zmíněných stacionárních modelů s téměř jednotkovým kořenem může v případě ADF testu již dojít k nezamítnutí hypotézy H_0 o výskytu jednotkového kořene a časová řada je mylně považována za nestacionární. KPSS test má stanovené hypotézy opačně než ADF test. Je doporučeno provádět oba testy současně a v úvahu přichází pouze dva výsledky: buď zamítáme nulovou hypotézu ADF testu a současně nezamítáme nulovou hypotézu KPSS testu nebo naopak nulovou hypotézu ADF testu nezamítáme a současně zamítáme nulovou hypotézu KPSS testu. Hypotézy KPSS testu zní:

H_0 : časová řada je stacionární

H_1 : časová řada není stacionární

(Cipra, 2013)

3.5.2 Proces klouzavých součtů MA

Je nejjednodušším modelem, který je v rámci Boxovy – Jenkinsonovy metody používán. V prvním řádu ho značíme $MA(1)$, ve vyšších řádech pak $MA(q)$, kdy nám q vyjadřuje zpožděné hodnoty. Proces klouzavých součtů MA je procesem, kde hodnota vysvětlované veličiny v čase t je tvořena lineární kombinací současných a minulých hodnot náhodné veličiny a_t . Tento proces lze pak v řádu jedna vyjádřit vztahem:

$$y_t = a_t + \theta_1 a_{t-1}$$

nebo s použitím operátoru zpětného posunu:

$$(1 - \theta_1 B)^{-1} y_t = a_t$$

kde a_t je proces bílého šumu.

Proces klouzavých součtů MA q -tého řádu pak vyjádříme následovně:

$$y_t = a_t + \theta_1 a_{t-1} + a_t + \theta_2 a_{t-2} + \dots + \theta_q a_{t-q}$$

nebo s použitím operátoru zpětného posunu:

$$y_t = \theta_q(B)a_t$$

kde

$$\theta_q(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q$$

(Hampel, 2011)

Proces $MA(q)$ je vždy stacionární s nulovou střední hodnotou a rozptylem:

$$\sigma_y^2 = (1 + \theta_1^2 + \dots + \theta_q^2) \sigma^2$$

(Cipra, 2013)

3.5.3 Autoregresní proces $AR(p)$

U autoregresního procesu $AR(1)$ je současná hodnota časové řady v čase t modelována jako lineární funkce zpožděné časové řady v čase $t - 1$. Autoregresním procesem $AR(p)$ rozumíme takový proces, kdy hodnotu časové řady v čase t tvoří lineární kombinace p zpožděných hodnot této řady.

$AR(1)$ můžeme vyjádřit ve tvaru:

$$y_t = \varnothing_1 y_{t-1} + a_t$$

kde \varnothing_1 značí autoregresní koeficient prvního řádu a platí $|\varnothing_1| < 1$.

S pomocí operátoru zpětného posunu pak vyjádříme autoregresní proces prvního řádu následovně:

$$(1 - \varnothing_1 B) y_t = a_t$$

$AR(p)$ vyjádříme jako:

$$y_t = \varnothing_1 y_{t-1} + \varnothing_2 y_{t-2} + \dots + \varnothing_p y_{t-p} + a_t$$

nebo opět za pomoci operátoru zpětného posunu:

$$\varnothing_p(B) y_t = a_t$$

kde

$$\theta_p(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_p B^p$$

Opět je zde předpoklad, že náhodná veličina má charakter bílého šumu tj. nacházejí se zde hodnoty s nulovou střední hodnotou, konstantním rozptylem v čase a jsou vzájemně korelované. (Hampel, 2011)

3.5.4 Smíšený model ARMA

ARMA(1,1) je zvláštním případem procesu ARMA(p, q), kdy je současná hodnota časové řady v čase t popsána jako lineární funkce předcházející hodnoty časové řady v čase $t - 1$ a lineární kombinací současné a předcházející hodnoty náhodné veličiny a_t . Model ARMA(1,1) je vyjádřen vztahem:

$$y_t = \theta_1 y_{t-1} + a_t - \theta_1 a_{t-1}$$

a za použití operátoru zpětného posunu:

$$(1 - \theta_1 B) y_t = (1 - \theta_1 B) a_t$$

ARMA(p, q) je autoregresní proces klouzavých průměrů. Jedná se o smíšený autoregresní proces p -tého řádu a proces klouzavých průměrů q -tého řádu. Proces ARMA(p, q) zapisujeme ve tvaru:

$$y_t = \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} \dots - \theta_q a_{t-q}$$

s operátorem zpětného posunu pak:

$$\phi_p(B) y_t = \theta_q(B) a_t$$

(Hampel, 2011)

3.5.5 Proces ARIMA

Integrovaný smíšený proces označený jako ARIMA(p, d, q) zapisujeme ve tvaru:

$$\phi_p(B) (1 - B)^d y_t = \theta_q(B) a_t$$

kde d je diference modelované časové řady. (Hampel, 2011)

V modelu ARIMA se tedy nejprve provede stacionarizace s využitím vhodné diference a vzniklá stacionární časová řada se modeluje pomocí smíšeného modelu ARMA. V praxi nevzniká mnoho případů, kdy by řád diferencování d byl vyšší než 2.

Při odhadování řádu diferencování můžeme využít:

- Testy na jednotkový kořen.
- Subjektivní prohlídku průběhu odhadnutých korelogramů a parciálních korelogramů, přičemž pomalý (lineární) pokles nám signalizuje další diferencování řady.
- Srovnávání směrodatných odchylek neboli volatilit časových řad, kdy se vybírá řád diferencování, který odpovídá případu s nejnižší volatilitou. Musíme dávat pozor, že při vyšších rádech d mohou volatility začít s navyšováním d růst a jedná se o tzv. přediferencování.
- Aplikace informačních kritérií modifikovaných pro modely ARIMA.

(Cipra, 2013)

3.5.6 Proces SARIMA

Jedná se o sezónní modely Boxovy – Jenkinsonovy metodologie, kdy je sezónnost modelována stochasticky. (Cipra, 2013) SARIMA model se zapisuje ve jako $(p,d,q) \times (P,D,Q)_s$, kde s značí délku sezóny, p je řád procesu AR, q řád procesu MA a d je řád prosté difference. P je řád sezónního procesu AR, Q je řád sezónního procesu MA a D je řád sezónních diferencí. (Arlt, 2002)

Model pak můžeme zapsat ve tvaru:

$$\Phi_p(B) \Phi_p(B^s) (1 - B)^d (1 - B^s)^D y_t = \Theta_q(B) \Theta_q(B^s) a_t$$

kde

$$\Phi_p(z) = 1 - \Phi_1 z - \Phi_2 z^2 - \dots - \Phi_p z^p$$

a

$$\Theta_q(z) = 1 - \theta_1 z - \theta_2 z^2 - \dots - \theta_q z^q$$

Jen málokdy však dostaneme takový tvar modelu SARIMA, kde byly všechny řády nenulové. Většinou pracujeme s různými podmodely, jako např. proces SAR(P), který se zapisuje jako $(0,0,0) \times (P,0,0)_s$ nebo SMA(Q) ve tvaru $(0,0,0) \times (0,0,Q)_s$. (Hampel, 2011)

Výstavba modelu probíhá stejně jako u modelu ARIMA. Identifikace je však díky sezónnosti složitější, neboť průběhy korelogramu a parciálního korelogramu mohou být komplikované. Obvykle při identifikaci modelu i jeho konstrukce vybíráme z řady alternativ při použití vhodného softwaru. Pro sezónní řady ve finanční praxi je často používán proces SARIMA($0,1,1$) \times ($0,1,1$) $_s$, který je nazýván letecký model. (Cipra, 2013)

3.5.7 Výhody a nevýhody autokorelačních metod pro jednozměrné časové řady

Dle Cipry (2013) jsou výhody těchto metod následující:

- Stochastické modely typu ARMA jsou značně flexibilní, takže je lze využít i pro časové řady velmi obecných průběhů
- Najdeme velké množství úspěšných aplikací
- Ve většině ekonometrických a statistických programů ji lze nalézt
- Zatím se nenašel lepší nástroj pro analýzu časově závislých pozorování

Jako nevýhody pak Cipra (2013) popisuje:

- Vyžaduje větší množství dat (doporučeno padesát a více)
- Bez počítače vybaveného příslušným softwarem a určité instruktáže ji prakticky nelze realizovat
- Je složité modely prakticky interpretovat

3.5.8 Konstrukce modelů Boxovy – Jenkinsonovy metodologie

1. Identifikace modelu

a) Identifikace pomocí autokorelační a parciální autokorelační funkce

Spočívá ve vizuální kontrole korelogramu a parciálního korelogramu. Získané grafy výběrové autokorelační funkce a parciální autokorelační funkce porovnáme s idealizovanými typickými tvary průběhů ACF a PACF procesů $AR(p)$, $MA(q)$, $ARMA(p, q)$ a $ARIMA(p, d, q)$. Pokud jsme již dříve našli v grafu sezónní složku, musíme identifikovat model SARIMA. (Hampel, 2011)

b) Identifikace pomocí informačních kritérií

Dle Cipry (2013) je identifikace pomocí informačních kritérií modernějším přístupem. Používá se Akaikeho informační kritérium (AIC), Bayesovo informační kritérium (BIC) a Hannaha – Quinova informační kritérium (HQC). Při posuzování vhodnosti modelu by pak měla být hodnota těchto kritérií co nejnižší.

2. Odhad modelu

Dle Hampela (2011) je nejvhodnějším způsobem odhadu parametrů metoda maximální věrohodnosti.

3. Diagnostika modelu

Za pomoci různých diagnostických nástrojů ověřujeme adekvátnost zkonstruovaného modelu, tj. kontrolujeme, zda je skutečně kompatibilní s analyzovanými daty. V první řadě musíme zjistit, zda odhadnutý model skutečně splňuje podmínku stationarity, tedy jestli se kořeny jeho odhadnutého autoregresního polynomu nacházejí vně jednotkového kruhu. V modelu můžeme dále zkoumat, zda splňuje vlastnosti tzv. **bílého šumu**.

Ve standartní situaci očekáváme pro bílý šum následující vlastnosti:

- nulovou střední hodnotu a konstantní rozptyl,
- nekorelovanost
- normalitu

Normalitu testujeme buď za pomoci testu dobré shody nebo Jarqueova – Berova testu a dále na základě histogramu pro normální rozdělení. Hypotézy testování normality jsou stanoveny jako:

H_0 : chybový člen má normální rozdělení

H_1 : chybový člen nemá normální rozdělení

Korelovanost lze pak vyčíst z korelogramu anebo jsou pro ni opět stanoveny různé testy, jako Q – testy (někdy nazývané též pormanteau testy) a testově silnějším Ljung – Boxovým testem, kdy hypotézy LB testu jsou stanoveny:

H_0 : není sériová korelace až do k – tého řádu

H_1 : sériová korelace až do k – tého řádu existuje

(Cipra, 2013)

Model lze považovat za přijatelný, pokud jsou jeho odhadnuté koeficienty statisticky významné na základě t – testu. Hypotézy t – testu definujeme jako:

H_0 : parametr je statisticky nevýznamný (parametr je nulový)

H_1 : parametr je statisticky významný

Dále můžeme testovat výskyt heteroskedasticity, např. pomocí testu ARCH efektu. (Hampel, 2011)

3.6 Konstrukce předpovědí

V ekonometrické analýze jsou konstrukce předpovědí jednou z nejdůležitějších částí, někteří teoretici ji dokonce uvádějí jako nejdůležitější. (Guajarati, 2004) Jelikož je celá moje práce postavená na Boxově – Jenkinsonově metodologii, budu se v této kapitole zabývat pouze předpověďmi v rámci této metody.

Guajarati (2004) uvádí, že předpovědi dosažené Box - Jenkinsonovou metodou jsou spolehlivější, než předpovědi dosažené v rámci klasických ekonometrických metod, zvláště když se jedná o krátkodobé předpovědi. Cipra (2013) uvádí, že velkou výhodou předpovědí modelovaných na základě Boxovy – Jenkinsonovy metodologie je jejich snadná konstrukce. Podle něj jsou zásady pro praktický výpočet následující:

1. Postupujeme rekurentně od vhodného t , tj. nejprve konstruujeme předpovědi

$$\hat{y}_{t+1}(t), \hat{y}_{t+2}(t+1), \dots$$

o jeden krok dopředu, pomocí nich předpovědi

$$\hat{y}_{t+2}(t), \hat{y}_{t+3}(t+1), \dots$$

o dva kroky dopředu atd., až dojdeme na předpovědní horizont a do časového bodu, což je většinou konec pozorované řady n , které nás skutečně zajímají.

2. V praxi musíme při výpočtech předpovědí využívat vzorec s odhadnutými parametry:

$$\begin{aligned} \hat{y}_{t+k}(t) = & \varphi_1 \hat{y}_{t+k-1}(t) + \dots + \varphi_p \hat{y}_{t+k-p}(t) + \hat{\varepsilon}_{t+k}(t) + \theta_1 \hat{\varepsilon}_{t+k-1}(t) + \dots \\ & + \hat{\theta}_q \varepsilon_{t+k-1}(t) + \dots + \hat{\theta}_q \varepsilon_{t+k-p}(t) \end{aligned}$$

což je základní vztah pro výpočet předpovědí. Do tohoto vzorce pak dosazujeme vztahy:

$$\hat{y}_{t+j}(t) = y_{t+j}, \text{ pro } j \leq 0$$

a

$$\varepsilon_{t+j}(t) = 0, \text{ pro } j > 0$$

$$\varepsilon_{t+j}(t) = \varepsilon_{t+j} = y_{t+j} - \hat{y}_{t+j}(t+j-1), \text{ pro } j \leq 0$$

Pro zahájení rekurentního výpočtu se klade např. v modelu MA(q) na počátku $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \dots = \varepsilon_q = 0$.

3. V dalším kroku vypočítáme také intervalové předpovědi podle spolehlivosti, se kterou pracujeme, např. 95 % interval spolehlivosti.

Cipra (2013) dále uvádí, že při přepovědích se vyskytují chyby. Chyba je definována jako:

$$e_t = y_t - \hat{y}_t$$

Velikost chyby se samozřejmě zjistí, až když poznáme skutečnou hodnotu. Zdrojem chyb v předpovědích může být výskyt reziduální složky v řadě, jelikož taková složka je nepředpověditelná. Je-li podíl reziduální složky v řadě velký, pak je omezena přesnost předpovědí. Další možnost, proč se v předpovědích objevují chyby a nepřesnosti je nevhodně zvolená předpovědní technika.

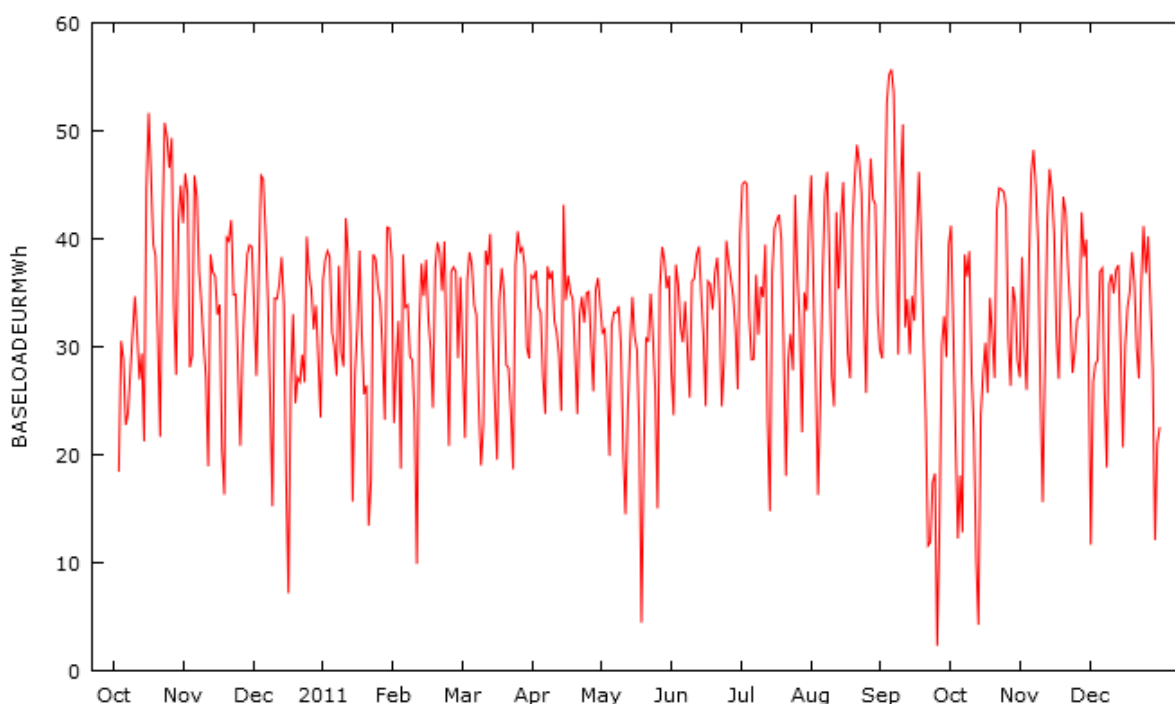
3.7 Data

Data použita v mé práci jsou volně dostupná na portálu OTE. Konkrétně budu pracovat s denními cenami elektřiny, nazývané také jako spotové ceny. Moje časová řada začíná 1. ledna 2014 a končí 31. března 2015. Obchodování probíhá 365 dní v roce a ceny jsou zveřejňovány na konci každého dne. Data jsem zpracovala do vlastní tabulky v programu Microsoft Excel a jsou k dispozici v příloze mé práce. Sledované období začíná 1. ledna 2014 a končí ke 31. březnu 2015. Veškerá práce s daty bude prováděna ve statistickém softwaru Gretl, který se dá volně stáhnout na internetu.

4 Vlastní práce

V této kapitole budou výše popsané metody teorie časových řad aplikovány na konkrétních hodnotách. Pro účely mé práce jsou použita denní data. Proměnná, která je použita pro popis vývoje časové řady, je nazvaná BASELOAD. Původní záměr bylo pracovat i s proměnnou PEAKLOAD. Bylo ale zjištěno, že PEAKLOAD víceméně kopíruje BASELOAD a po zpracování v programu Gretl vykazovaly stejné vlastnosti, proto jsem tuto proměnnou nakonec své práce nezahrnula.

Nejprve jsem si v Gretlu vykreslila graf samotné časové řady:



Obrázek 2 - Časová řada BASELOAD

Zdroj: výstup programu Gretl

Po důkladném prozkoumání časové řady jsem došla k závěru, že aplikovat na mnou zvolenou časovou řadu klasickou dekompoziční metody by bylo velmi náročné ba dokonce nemožné. Po provedení Ramseyova RESET testu se nepodařilo potvrdit ani u jedné z funkčních forem její správnost. Na základě teoretických poznatků budeme tedy na tuto časovou řadu aplikovat některý z modelů Boxovy – Jenkinsonovy metodologie. Boxova – Jenkinsonova metoda si totiž dokáže poradit i s časovými řadami, které v rámci dekompozice časových řad namodelovat nelze.

4.1 Testování stacionarity

4.1.1 Testy

V následujícím kroku si provedeme testy na stacionaritu časových řad. Testování budeme provádět za pomoci rozšířeného Dickey – Fullerova testu, který v programu Gretl nalezneme pod názvem ADF test a za pomoci KPSS testu (Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin test). U těchto dvou testů jsou opačné nulové hypotézy. Kombinace těchto dvou testů by měla být dostatečně silná, aby nám potvrdila stacionaritu či nestacionaritu časové řady.

1. ADF test:

Po provedení testu dostáváme p – hodnotu 0,003921. Tato hodnota je nižší, než zvolená hladina významnosti $\alpha = 0,05$ a můžeme tak zamítnout hypotézu H_0 o výskytu jednotkového kořene.

2. KPSS test:

Testovací statistika KPSS testu vyšla 0,106306. Kritické hodnoty pak vyšly následovně: pro 1% hladinu významnosti 0,217, pro 5% hladinu 0,148 a pro 10% hladinu pak 0,120.

Námi zvolená hladina významnosti je 5%, vidíme však, že na všech třech hladinách nespadá testovací kritérium do kritického oboru a hypotézu H_0 o stacionaritě modelu nezamítáme.

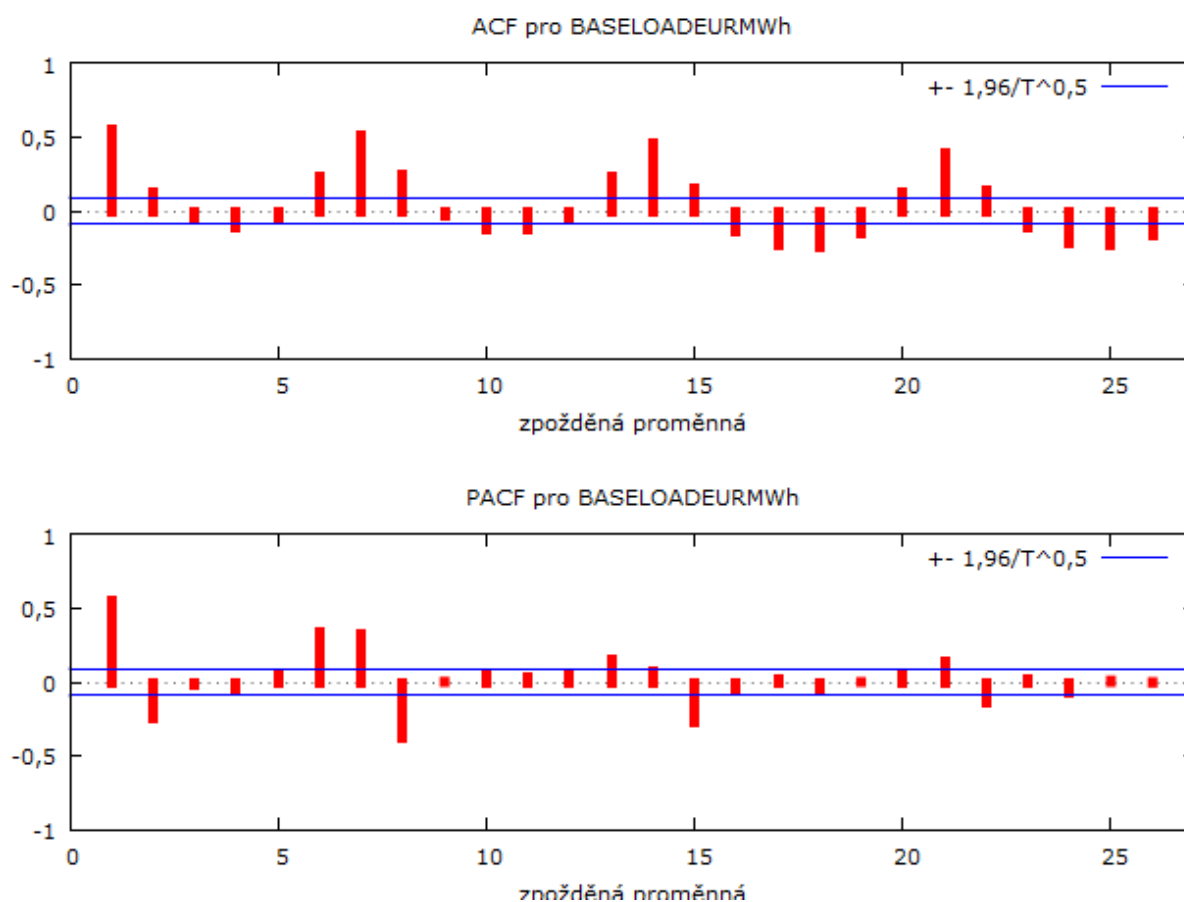
4.1.2 Výsledek testů

Oba testy byly provedeny se zahrnutím konstanty a sezónních proměnných. Po vyhodnocení testu vyšla konstanta i sezónní proměnné jako statisticky významné. Po zamítnutí nulové hypotézy ADF testu o výskytu jednotkového kořene a nezamítnutí nulové hypotézy KPSS testu o stacionaritě časové řady můžeme tedy tvrdit, že časová řada denních cen elektřiny se zahrnutými sezónními proměnnými je stacionární. Na základě testů bylo rozhodnuto o stacionaritě časové řady a byla odhalena přítomnost sezónnosti v modelu. Tohle zjištění následně ovlivnilo rozhodování o vhodném modelu a k sezónnímu očišťování v modelu.

4.2 Modelování za pomoci Boxovy - Jenkinsonovy metodologie

4.2.1 Výběr vhodného modelu

Nejprve uděláme vizuální kontrolu grafu ACF a PACF:



Obrázek 3 - ACF a PACF reziduí

Zdroj: výstup programu Gretl

Z tohoto grafu dále vidíme, že časová řada cen elektrické energie vykazuje relativně silnou autokorelaci, což znamená, že zde existuje závislost mezi jednotlivými pozorováními. Existenci autokorelace si pak ještě ověříme testy pro autokorelaci, a to Durbin – Watsonovým testem, který nám testuje autokorelaci 1. řádu a Ljung – Boxovým testem (dále jen jako LB test), testujícím autokorelaci vyšších řádů. Výsledky testů jsou v následující tabulce:

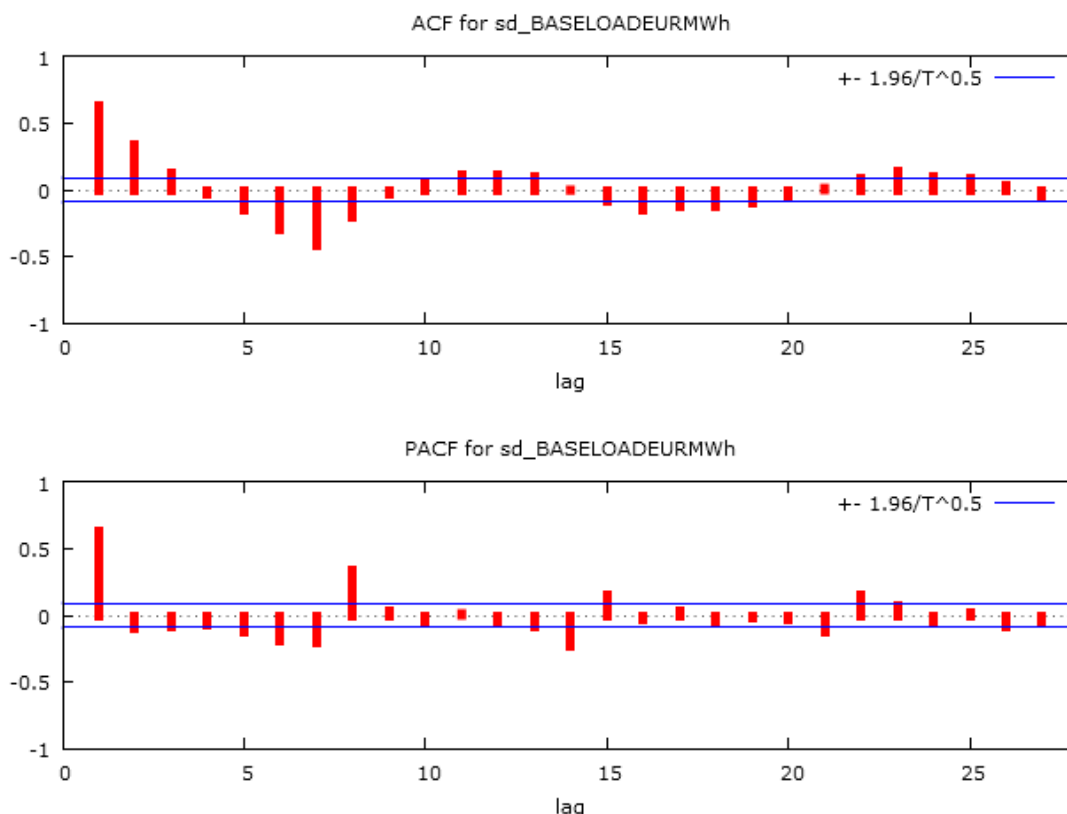
Autokorelace		
Test	Testovací statistika	p - hodnota
DW test	0.895115	< 0,001
LB test	305.176	< 0,001

Tab. 1 - Výsledky autokorelace

Zdroj: Vlastní zpracování v programu Excel

U DW testu i LB testu vyšla p - hodnota velmi malé číslo. V obou případech pak zamítáme nulovou hypotézu ve prospěch alternativní hypotézy o výskytu autokorelace 1. řádu v časové řadě. Objevuje se zde autokorelace vyšších řádů. Je třeba dodat, že autokorelace u časových řad není nic neobvyklého.

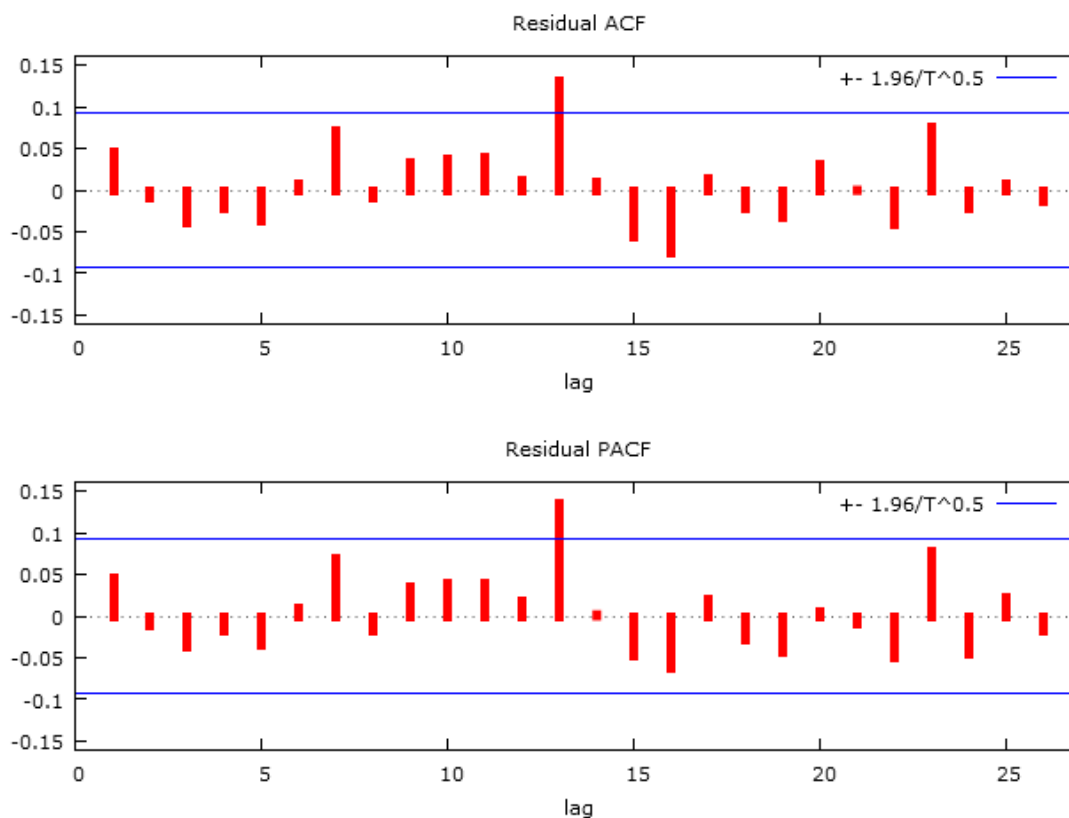
Pro lepší odhadování jednotlivých parametrů v modelu provedeme i vizuální kontrolu ACF a PACF sezónních diferencí:



Obrázek 4 - ACF a PACF sezónních diferencí

Zdroj: výstup programu Gretl

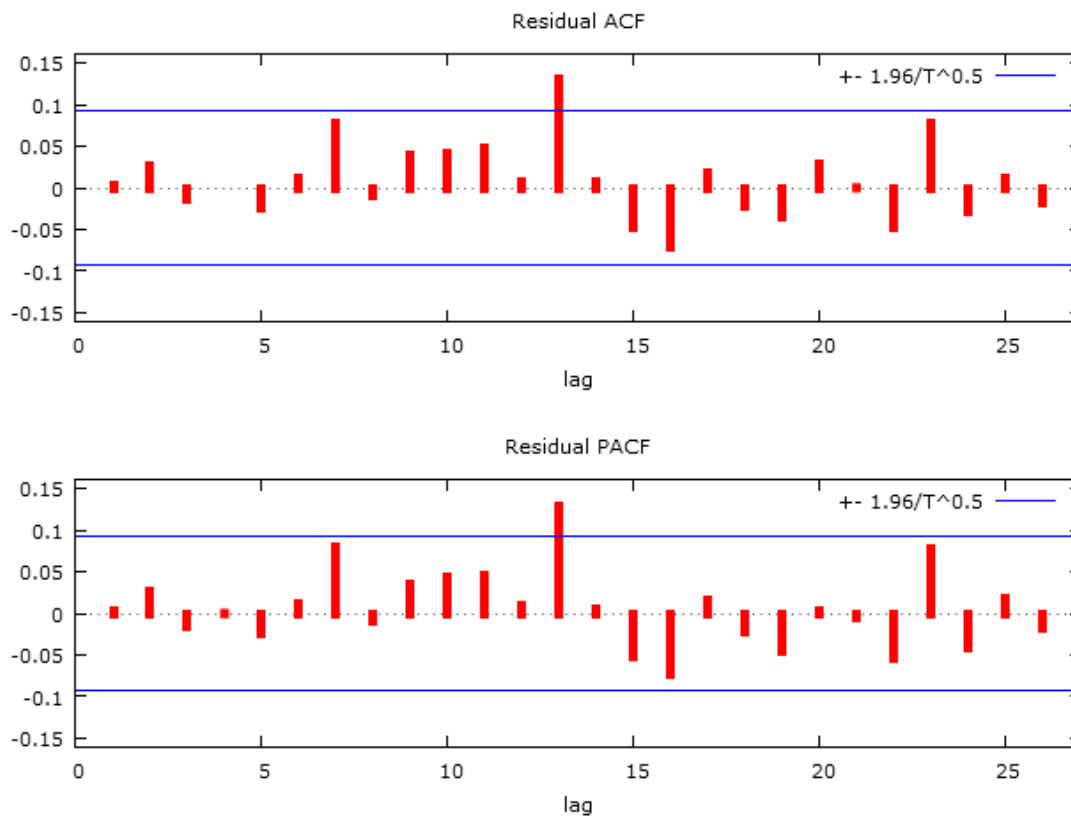
Z tvaru ACF je v grafu znát sezónnost časové řady. V nesezónní složce pak volíme u AR řád 1. Jelikož v PACF sezónních diferencí je první sloupec výrazně nad ostatními, volíme i v sezónní složce u AR řád 1. MA v sezónní složce pak přiřazujeme řád 1. Vznikl tedy model SARIMA(1,0,0) x (0,1,1).



Obrázek 5 - ACF a PACF SARIMA (1,0,0) x (0,1,1)

Zdroj: výstup programu Gretl

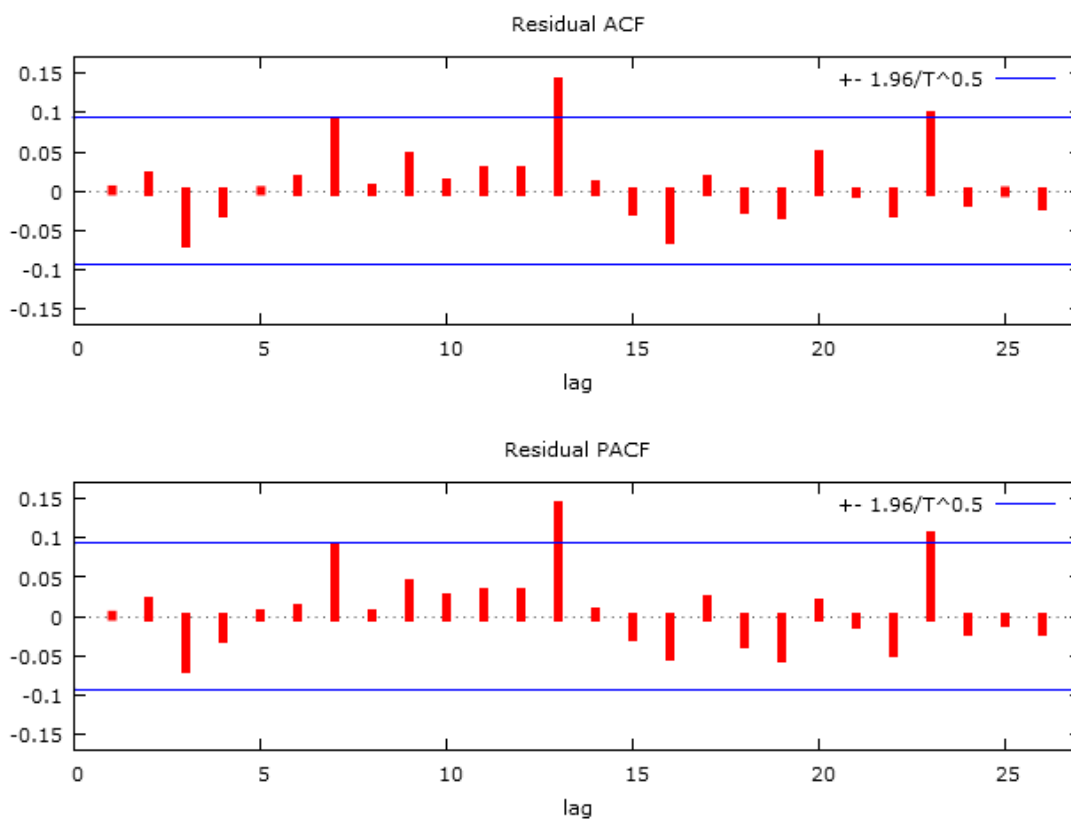
Po zhlédnutí korelogramu a parciálního korelogramu vidíme, že jeden z červených sloupců přesahuje stanovenou hranici. Konkrétně se jedná o autokorelaci 13. řádu. Zkusíme tedy v modelu zvýšit $MA(p)$ z 0 na 1 a vzniká nám tak model SARIMA(1,0,1) x (0,1,1), jehož korelogram parciální korelogram můžeme vidět zde:



Obrázek 6 - ACF a PACF SARIMA(1,0,1) x (0,1,1)

Zdroj: výstup programu Gretl

Vidíme, že ani zvýšení řádu $MA(p)$ nepomohlo k odstranění autokorelace. V dalším kroku tedy zkusíme zvýšit sezónní řád $AR(P)$ na 1 a zkusíme pracovat s modelem SARIMA (1,0,1) x (1,1,1). Zde vidíme ACF a PACF reziduí:



Obrázek 7 - ACF a PACF SARIMA (1,0,1) x (1,1,1)

Zdroj: výstup programu Gretl

Vidíme, že ani přidání řádu do sezónní složky modelu nepomohlo. Z modelu se stále nedaří odstranit autokorelaci 13. řádu a další zvyšování p a q nemá smysl, jelikož koeficienty modelu vycházejí jako statisticky nevýznamné a autokorelace neustále zůstává. K odstranění autokorelace napomohlo až přidání speciálního zpoždění ve výši 13 do modelu.

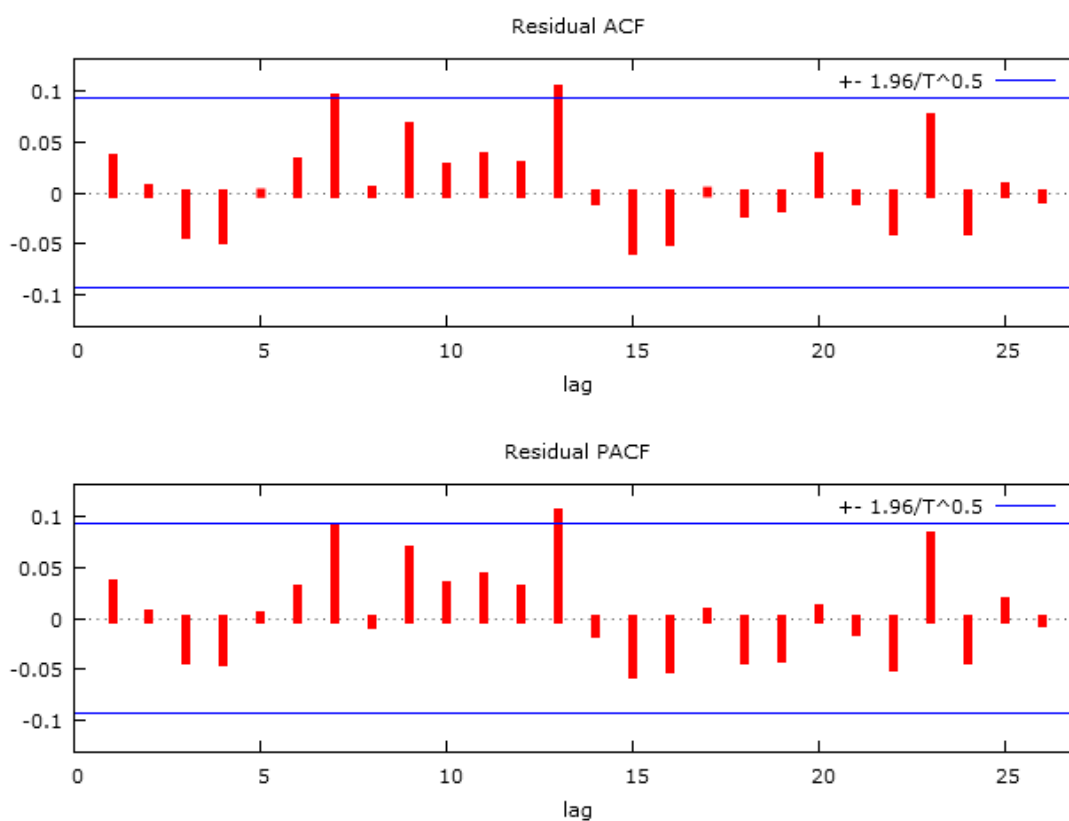
V tabulce jsou hodnoty informačních kritérií, kdy nejlepší kritéria vyšla pro model SARIMA (1,0,0) x (0,1,1). O něco málo hůře pak vycházejí kritéria pro model s přidaným zpožděním 13. Jelikož je však v modelu po přidání zpoždění odstraněna autokorelace a rozdíl mezi informačními kritérii je nepatrný, volíme model s přidaným zpožděním 13.

Model	AIC	BIC	Hannah-Quinovo
SARIMA (1,0,0) x (0,1,1)	2702.388	2718.808	2708.861
SARIMA (1,0,1) x (0,1,1)	2703.506	2724.030	2711.597
SARIMA (1,0,1) x (1,1,1)	2702.808	2727.437	2712.517
SARIMA (2,0,1) x (1,1,1)	2704.549	2733.282	2715.876
SARIMA se zpožděním 13	2702.557	2723.081	2710.648

Tab. 2 - Informační kritéria

Zdroj: vlastní zpracování v programu Excel

Na grafu ACF a PACF je pak vidět odstranění autokorelace po přidání zpoždění řádu 13:

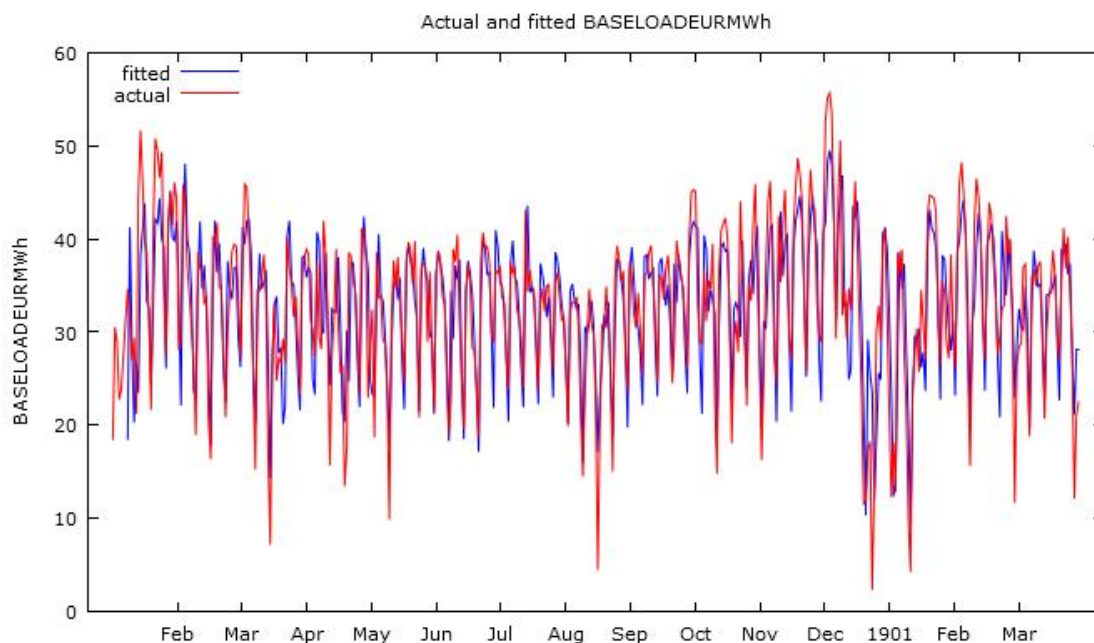


Obrázek 8 - ACF a PACF po přidání zpoždění do modelu

Zdroj: výstup programu Gretl

Na grafu je vidět, že po přidání zpoždění do modelu už červené čáry překračují modrou hranici jen zanedbatelně a tento model můžeme považovat za vhodný a v následující části s ním budeme dále pracovat.

Na následujícím obrázku je pak zachycen graf skutečných a vyrovnaných hodnot:



Obrázek 9 - Vyrovnané vs.skutečné hodnoty

Zdroj: výstup programu Gretl

4.2.2 Testování autokorelace a normality v modelu

a) Autokorelace

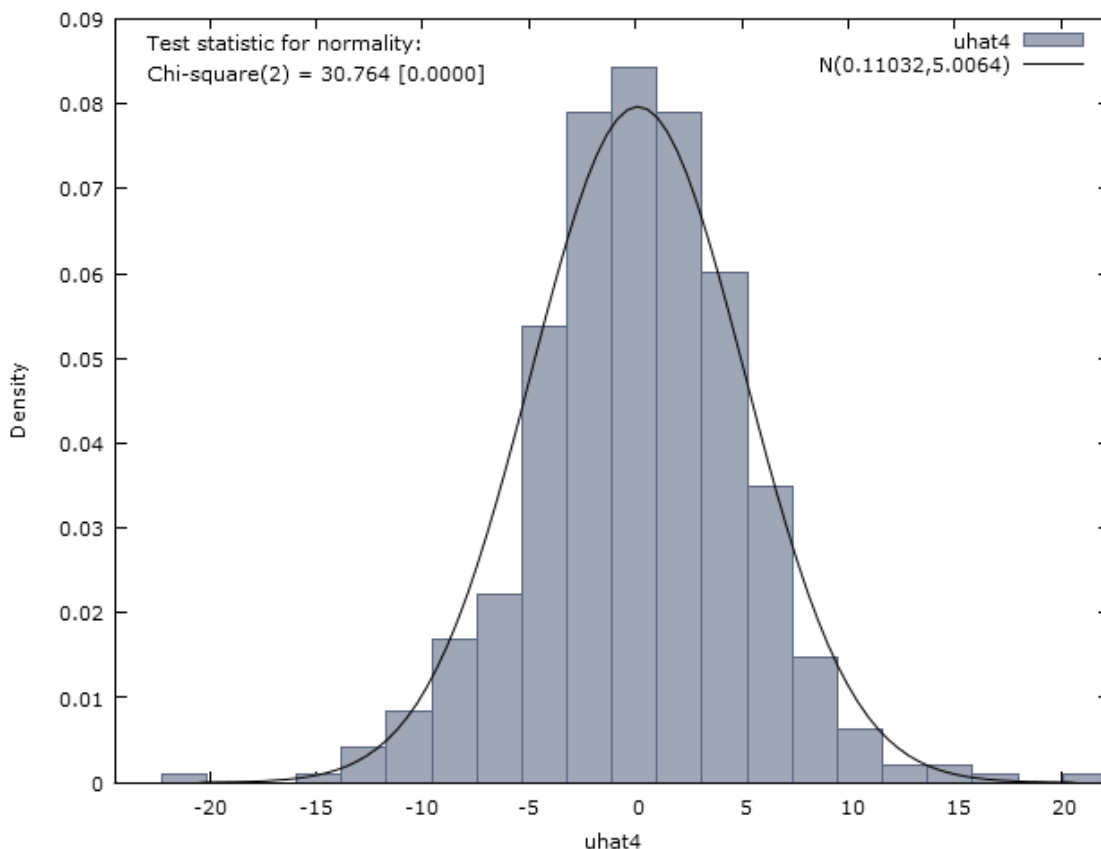
Autokorelace patří mezi jeden z klasických předpokladů modelu. Jelikož je ACF. Autokorelaci v modelu ověříme za pomoci LB testu a za pomoci korelogramu a parciálního korelogramu. Jelikož ACF a PACF je již uvedeno výše a na jeho základě jsme autokorelaci v modelu zavrhlí, uvádím v této podkapitole pouze výsledek LB testu.

Testovací statistika LB testu je číslo 14.3435 a p – hodnota je pak 0.1579. Jelikož je tedy p – hodnota vyšší než 0,05, nezamítáme hypotézu H_0 o nepřítomnosti sériové korelace v modelu. Můžeme tedy i na základě výsledku testu tvrdit, že se v modelu autokorelace nevyskytuje.

b) Normalita reziduí

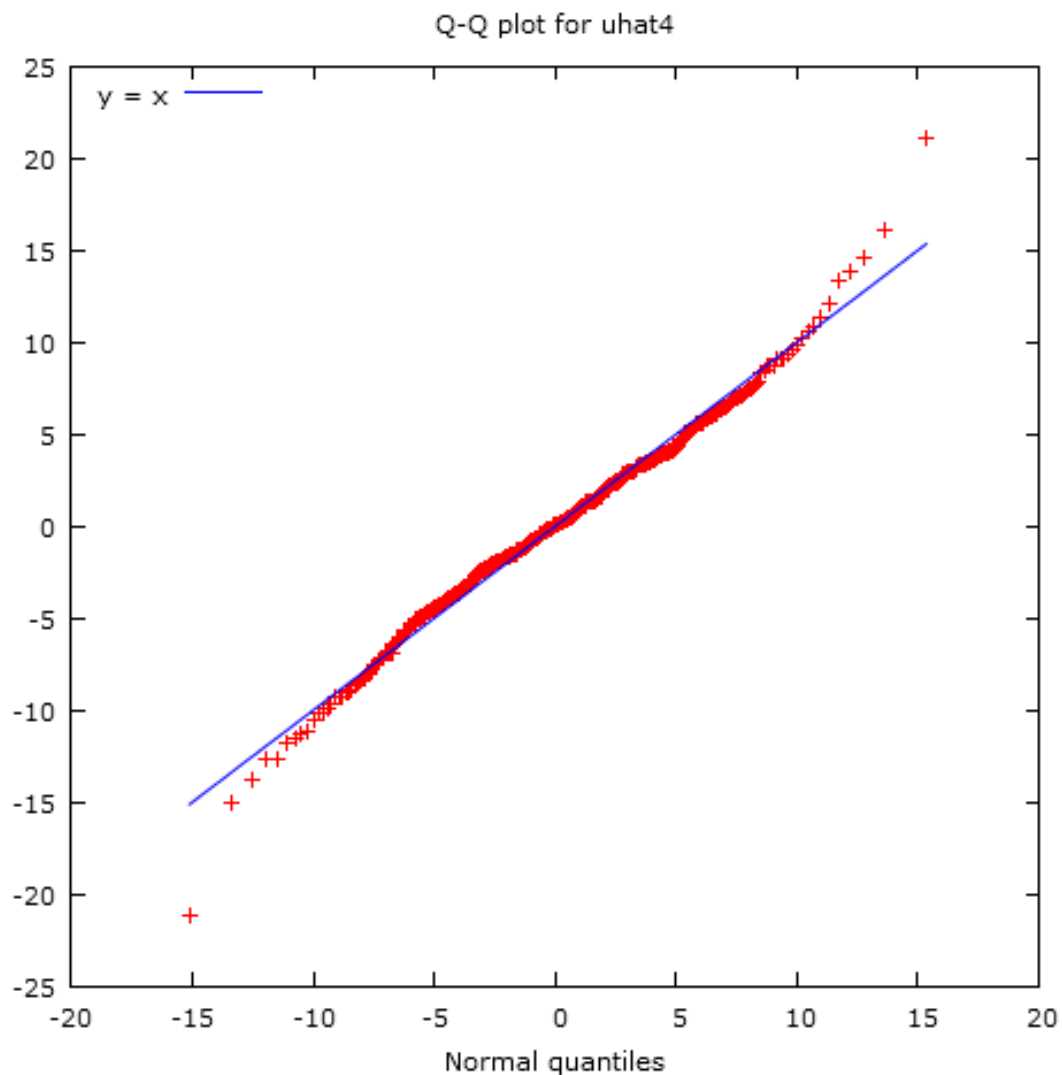
Normalita reziduí se opět řadí mezi klasické předpoklady modelu. V časových řadách je však, stejně jako v případě autokorelace, někdy obtížné tento předpoklad splnit. Pokud je pro odhad parametrů použita OLS metoda (pozn. metoda nejmenších čtverců, která je jednou z nejčastěji využívaných metod pro odhad parametrů), pak je podmínka normality splněna automaticky. Jelikož ale v mé práci je časová řada namodelována za pomoci Boxovy – Jenkinsonovy metodologie a tedy i parametry jsou odhadnuty v rámci této metody, pak tato podmínka není splněna automaticky. Musíme tedy otestovat, zda je v našem modelu klasický předpoklad normálního rozdělení splněn.

P – hodnota testu vyšla < 0.001 , nulovou hypotézu H_0 o normálním rozdělení chybového členu tedy zamítáme. Pro představu přikládám i dva grafy, a to histogram normálního rozdělení (Obr. 8) a Q – Q graf (Obr. 9).



Obrázek 10 - Histogram normálního rozdělení

Zdroj: výstup programu Gretl



Obrázek 11 - Q - Q graf

Zdroj: výstup programu Gretl

Q – Q graf je zkratka pro kvantil – kvantil graf. Modrá přímka nám značí teoretická pozorování, zatímco červené body jsou skutečně naměřené hodnoty. K dosažení shody mezi teoretickými a skutečnými pozorování je třeba, aby červené body ležely na přímce a kopírovaly její tvar. (Statsoft, 2015).

Na histogramu i na Q – Q grafu jsou vidět odlehlé hodnoty, které ovlivnily i výsledek testování, jelikož testy jsou poměrně citlivé na výskyt odlehlých pozorování.

Po bližším zkoumání svých dat jsem zjistila, že hodnoty ceny elektřiny se pohybují v rozpětí od 20 do 50 EUR/MWh. Nalezla jsem zde však i pár hodnot pod

20 EUR/MWh a extrémní hodnoty, kdy 24.12.2014 klesla cena na 2,32 EUR/MWh, dále 11.1.2015 to bylo pouhých 4,26 EUR/MWh a naopak 2., 3., 4., a 5. 12. 2014 překročila cena 50 EUR/MWh a dosáhla hodnot: 52,60; 55,18; 55,68 a 53,57 EUR/MWh. Pokud by pozorování obsahovalo delší časový interval, dalo by se pak nalézt i více extrémních hodnot. I když tedy normalita reziduí nebyla potvrzena na základě testu, z grafu se naopak předpoklad normálního rozdělení usuzovat dá. Výsledek testu je možné v tomhle případě vysvětlit. Jednak je to způsobeno přítomností extrémních hodnot a jednak i velkým počtem pozorování. Navíc v případě modelování časové řady nelze abnormální hodnoty z modelu vyřadit.

4.2.3 Statistická významnost parametrů

Dalším významným bodem ve zkoumaném modelu je statistická významnost parametrů. Ta se testuje pomocí t - testu.

V tabulce jsou napsány koeficienty jednotlivých parametrů, standartní chyby, p - hodnoty a jejich významnost je vyjádřena také za pomoci *. Hodnocení významnosti pomocí hvězdiček využívá právě program Gretl, přičemž největší významnost mají ***.

Parametr	Koeficient	Stand.chyba	P - hodnota	Významnost
<i>const</i>	0.00327433	0.0445651	0.9414	
<i>phi_1</i>	0.695644	0.0350520	< 0.001	***
<i>phi_13</i>	0.0479119	0.0353873	0.1758	
<i>Theta_1</i>	-1.00000	0.0258265	0.0000	***

Tab. 3 - Statistická významnost parametrů

Zdroj: vlastní zpracování v programu Excel

Pokud pomineme konstantu, tak pouze jeden parametry vychází jako statisticky nevýznamný, a to *phi_13*. Zbylé dva, *phi_1* a *Theta_1* jsou statisticky významné, jak je vidět na p - hodnotách, které dosahují velmi malých čísel, tak na ***.

Zpoždění 13. řádu tedy může znamenat náhodný výkyv, ale kvůli autokorelaci, kterou se podařilo z modelu odstranit až po zavedení zpoždění, byl parametr *phi_13* v modelu ponechán. Dalším důvodem ponechání *phi_13* v modelu byly i lepší výsledky predikcí.

4.2.4 Intervaly spolehlivosti

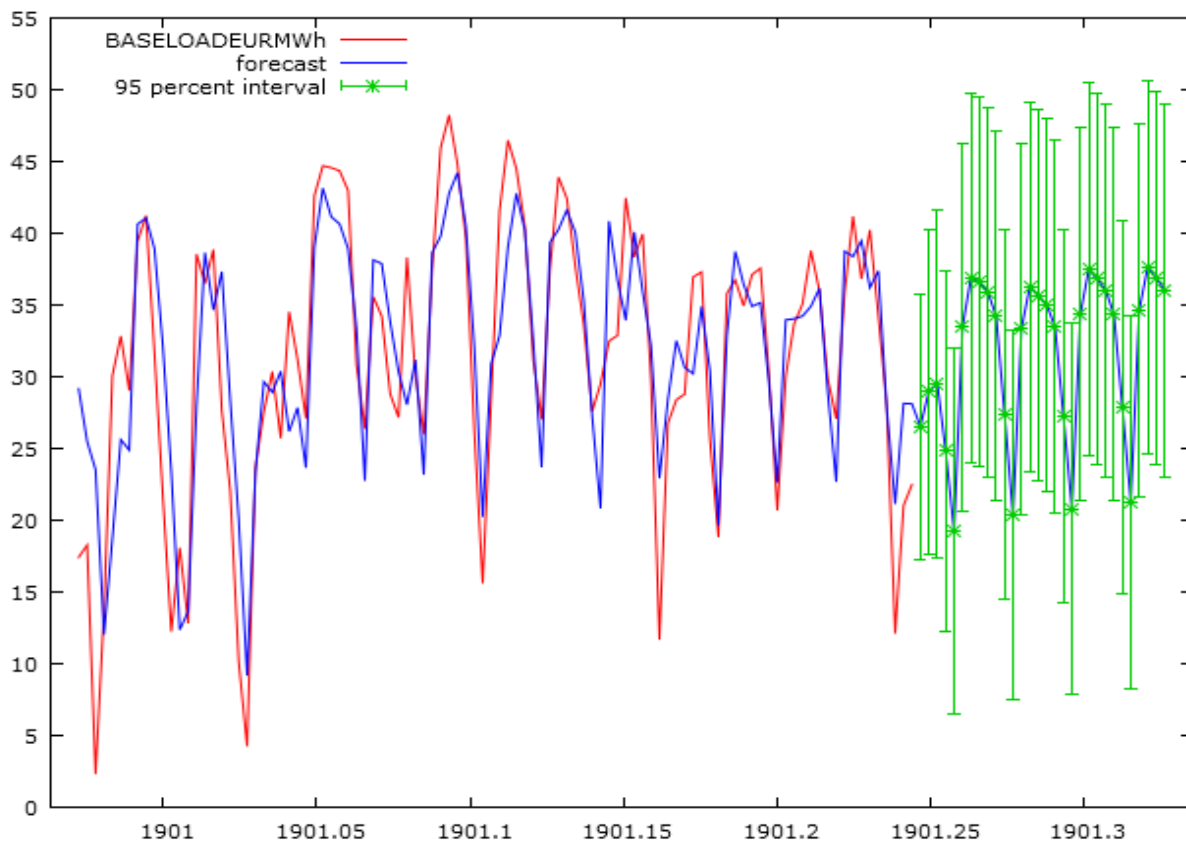
95 % Interval spolehlivosti			
Proměnná	Koeficient	Dolní mez	Horní mez
<i>const</i>	0.00327433	-0.0840717	0.0906203
<i>phi_1</i>	0.695644	0.626943	0.764345
<i>phi_13</i>	0.0479119	-0.0214458	0.117270
<i>Theta_1</i>	-1.00000	-1.05062	-0.949381

Tab. 4 - 95% interval spolehlivosti
Zdroj: vlastní zpracování v programu Excel

V tabulce jsou uvedeny jednotlivé koeficienty a jejich 95 % intervaly spolehlivosti. Každý z koeficientů náleží danému intervalu.

4.3 Konstrukce předpovědí

Následující graf nám ukazuje předpovědi na všechny měsíce, a to jak se odchyluje skutečná hodnota od předpovědních a dále předpovědi na měsíc duben 2015. Červené čáry nám značí skutečně naměřené hodnoty, modré čáry ukazují předpovědi a zelené vymezují dolní a horní hranici intervalů spolehlivosti pro předpovědi na daný měsíc. V tabulce pod grafem jsou zapsány hodnoty předpovědí pro jednotlivé dny, včetně mezí pro 95% interval spolehlivosti.



Obrázek 12 - Graf předpovědí

Zdroj: výstup programu Gretl

95% intervaly spolehlivosti mají poměrně široké rozpětí. Tabulka s předpovězenými hodnotami včetně intervalů je uvedena v příloze mojí práce.

Jelikož OTE zveřejňuje na konci každého dne spotovou cenu elektřiny, posledním krokem mojí práce bude zhodnocení predikčních schopností zvoleného modelu. V tabulce jsou uvedeny bodové hodnoty předpovědí a skutečné hodnoty spotových cen elektrické energie, které jsou opět získala na webu OTE.

Den	Předpověď	Skutečná hodnota
1.4.2015	26.55	15.97
2.4.2015	28.98	32,61
3.4.2015	29.53	28,15
4.4.2015	24.84	31,54
5.4.2015	19.27	21,49
6.4.2015	33.49	23,51
7.4.2015	36.87	36,85
8.4.2015	36.62	39,49
9.4.2015	35.90	40,51
10.4.2015	34.26	35,98
11.4.2015	27.42	23,87
12.4.2015	20.35	15,99
13.4.2015	33.34	20,92
14.4.2015	36.28	31,33
15.4.2015	35.67	26,00
16.4.2015	35.02	34,11
17.4.2015	33.50	37,32
18.4.2015	27.23	24,69
19.4.2015	20.81	16,67
20.4.2015	34.36	31,9
21.4.2015	37.47	29,33
22.4.2015	36.83	34,72
23.4.2015	36.05	35,43
24.4.2015	34.34	33,33
25.4.2015	27.87	29,2
26.4.2015	21.25	23,26
27.4.2015	34.63	34,05
28.4.2015	37.62	37,93
29.4.2015	36.89	33,21
30.4.2015	36.06	33,58

Tab. 5 - Předpovězené vs. skutečné hodnoty

Zdroj: vlastní zpracování v programu Excel

V tabulce jsou tučně zvýrazněny hodnoty, kde se predikovaná cena příliš neliší od skutečné. Jak je vidět, navržený teoretický model má poměrně dobrou schop-

nost předpovědět cenu na základě předchozích hodnot. Co se týče intervalové předpovědi, tak všechny hodnoty kromě jedné spadají do 95% intervalu spolehlivosti. Pvní barevně odlišená hodnota sice do intervalu nespadá, ale přibližuje se k dolní mezi, která je 17,28.

5 Závěr

Cílem mojí práce bylo pomocí modelů pro časové řady popsat vývoj cen elektřiny na českém organizovaném trhu. Jako zdrojová data jsem použila ceny pocházející z denního trhu s elektrickou energií, která jsou volně dostupná na internetových stránkách Operátora trhu s elektřinou. Cíl práce byl naplněn a podařilo se nalézt vhodný model, který popisuje časovou řadu. Vzhledem k charakteru dat byla vyloučena klasická dekompoziční metoda k vymodelování časové řady a data byla namodelována a následně charakterizována za použití Box – Jenkinsonovy metodologie, která si dokáže poradit i s časovými řadami, na které běžná dekompozice nestačí.

Co se týče struktury mojí práce, tak na základě vhodné literatury, energetického zákona a dostupných internetových zdrojů byl popsán český trh s elektřinou, včetně jeho zákonné úpravy. Dále jsem se věnovala subjektům působícím na současném trhu s elektrickou energií, kdy jsme zvláštní pozornost věnovala Pražské energetické burze a Operátorovi trhu s elektřinou, jakožto hlavním aktérům v oblasti obchodování s elektřinou. Součástí rešerše literatury byl pak popis průběhu liberalizace trhu, která probíhala pod záštitou Evropské unie. Liberalizace trhu s elektřinou v dnešní době představuje významnou oblast zájmu EU. V rámci toho byl popsán i vývoj českého trhu, a to od pádu komunismu až po současnost. Nyní je energetický trh České republiky charakterizován jako stabilní, i když se samozřejmě neustále vyvíjí, a to zejména právě díky liberalizaci. V souvislosti s otevřením trhu totiž nastalo mnoho změn a celý charakter trhu i obchodování se naprosto změnil. Objevily se zde nové subjekty, a to především Pražská energetická burza a Operátor trhu s elektřinou, a tím pádem se s elektřinou stala komodita, se kterou je možné obchodovat.

V poslední části pak byly popsány vnější faktory, které na cenu elektřiny působí. Právě tyto faktory pak měly za následek i specifické chování časové řady, neboť každý výkyv cenu výrazně ovlivňuje, a to podle toho může buď stoupat nebo klesat. Bylo zjištěno, že cena elektřiny na trhu se může dostat až do záporné hodnoty v důsledku převisu nabídky nad poptávkou.

V kapitole Materiál a metodika je pak popsána teorie časových řad. Tyto teoretické poznatky jsou nakonec využity v mé vlastní práci. Jak již bylo zmíněno výše, byla k modelování vybrána Boxova – Jenkinsonova metodologie. Data byla zpracována ve statistickém softwaru Gretl. Tato metoda požaduje stacionaritu časových řad, byly tedy provedeny vhodné testy, na základě nich jsme časovou řadu mohli považovat za stacionární.

Velmi těžké bylo následně vybrat vhodný model, kdy byly na základě prohlídky odhadnutého korelogramu a parciálního korelogramu přiřazeny modelu jeho jednotlivé řady. I po správném odhadnutí parametrů se však v modelu vyskytovala

autokorelace 13. řádu, která mohla být způsobena právě náhodnými vlivy. Odstranění autokorelace pomohlo až přidání zpoždění ve výši 13 do modelu. Výskyt autokorelace v modelu jsem si ověřila na základě korelogramu a parciálního korelogramu a následně i pomocí LB testu, dle jehož výsledku nebyla zamítnuta nulová hypotéza o nepřítomnosti autokorelace. Dále jsem testovala, zda se v modelu vyskytuje normalita. Bylo zjištěno, že ne, ale dá se to vysvětlit velkým počtem pozorování a hlavně odlehlými hodnotami, které se v časové řadě vyskytují a nelze je odstranit. Jako poslední jsem testovala statistickou významnost koeficientů, kdy nám všechny až na jeden vyšly statisticky významné.

Jako poslední, velmi důležitá součást mé práce byla provedena predikce na duben 2015. OTE zveřejňuje ceny elektřiny na konci každého obchodního dne. Předpovězené hodnoty byly tedy porovnány se skutečností. Došla jsem k závěru, že zvolený model má poměrně slušnou předpovědní schopnost. Samozřejmě, že se jedná pouze o teoretický model a je spousta možností, jak předpovídat cenu elektřiny, pro moji práci byl však tento model shledán jako uspokojivý. Navíc musíme brát v úvahu, že na cenu působí mnoho vnějších faktorů, které mohou způsobovat náhlý odklon od skutečnosti. Jedná se např. o podmínky počasí nebo nějaké havárie v elektrárnách, ale také o vývoj cen ostatních komodit.

Dalo by se samozřejmě polemizovat nad tím, jaké by byly předpovědní schopnosti modelu v delším časovém horizontu. Nemá ale smysl předpovídat cenu tak moc dopředu, jelikož se obchoduje v krátkých časových úsecích, jako je hodina a den, navíc čím kratší bude předpovědní horizont, tím více můžeme počítat s jeho přesností.

Po otevření trhu s elektřinou nastala změna pro koncové spotřebitele, kteří si mohou sami vybírat svého dodavatele elektrické energie dle uvážení. A právě pro dodavatele je velmi důležité znát budoucí cenu elektřiny na trzích. Cena jakéhokoliv zboží, služby či komodity je totiž jeden z nejdůležitějších aspektů pro rozhodování o nákupu, a to nejen ze strany koncového spotřebitele, ale i ze strany dodavatele. V případě elektřiny tomu nebude jinak. Ač je elektřina jako komodita velmi specifická, zejména svou neskladovatelností, principy trhu s elektrickou energií jsou srovnatelné s ostatními trhy. Dodavatelé se snaží získat danou komoditu za co nejlepší cenu. Jednak chtějí dosáhnout co nejnižších nákladů, jednak chtějí, ba dokonce musejí koncovým spotřebitelům dát co nejlepší nabídku. V dnešním světě liberalizovaného trhu s elektřinou existuje nepřeborné množství dodavatelů, kteří se vzájemně předhánějí v tom, kolik na svoji stranu dokážou získat zákazníků. Konkurence je opravdu obrovská a čím lépe nakoupíme, tím lepší pak můžeme hodit nabídku a tím větší máme šanci na získání zákazníka.

Každý dodavatel si může vybrat, zda bude nakupovat na trhu organizovaném či neorganizovaném, krátkodobém či dlouhodobém, nebo zda se bude účastnit obchodování na více trzích. Abychmo mohli s danou komoditou obchodovat

a zbytečně neprodělávali, musíme o ní vědět co nejvíce. A právě znalosti chování cen elektřiny a jejich predikování mu může významně pomoci jednak ve výběru, na jakém trhu obchodovat, jednak v tom, v jakém čase je nejlepší na daném trhu obchodovat. Navržený model by tedy měl sloužit právě k odhadům, jak se ceny vyvíjejí v čase a hlavně, jak se budou vyvíjet do budoucna a napomoci tak především jednotlivým dodavatelům k rozhodování o nákupu cen elektrické energie, jejíž správný nákup by mohl napomoci k získání konkureční výhody oproti ostatním. Samozřejmě model nemusí sloužit jenom dodavatelům, ale i ostatním subjektům zaregistrovaným u OTE, a tím pádem se účastnícím obchodování na organizovaném trhu. Na závěr je třeba ještě podotknout, že modelování cen elektřiny a zejména její predikce se dnes dostávají do popředí zájmů mnoha odborníků.

6 Literatura

- [1] Zákon č. 458 ze dne 28. listopadu 2000 o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon)[online]. *Zákony pro lidi*, 28.11.2000. [cit. 2015-03-22] Dostupné z: < <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-458>>
- [2] MARVAN, M. *Obchodování s elektřinou: průvodce liberalizovaným trhem v České republice*. 1. vyd. Praha: Plejáda, 2001, 141 s. ISBN 80-86431-21-5.
(doplnit stranu odkud je??)
- [3] CHEMIŠINEC, I. *Obchod s elektřinou*. 1.vyd. Praha: Conte, 2010, 201 s. ISBN 978-80-254-6695-7
- [4] ČERNOCH, F., ZAPLETALOVÁ, V. *Energetická politika Evropské unie*. 1.vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2012, 155 s., ISBN 978-80-210-6073-9
- [5] BRABCOVÁ, L. *Vlastnický unbundling jako nástroj liberalizace evropských energetických trhů*. 1.vyd. Ostrava: Key Publishing, 2009, 83 s., ISBN 978-80-7418-008-8
- [6] BRABCOVÁ, L. *Vlastnický unbundling jako nástroj liberalizace evropských energetických trhů*. 1.vyd. Ostrava: Key Publishing, 2009, 83 s., ISBN 978-80-7418-008-8
- [7] CIPRA, T. *Finanční ekonometrie*. 2.upravené vyd. Praha: Ekopress, 2013, 538 s., ISBN 978-80-86929-93-4
- ADÁMKOVÁ, A. *Cena české elektřiny se bude určovat v Lipsku*, Parlament a vláda EU. [online]. 2013 [cit.2015-04-15]. Dostupné z: < <http://www.parlament-vlada.eu/index.php/komentar-energetika/342--cena-eske-elektiny-se-bude-urovat-v-lipsku>>
- ARLT, J., ARLTOVÁ, M., RUBLÍKOVÁ, E. *Analýza ekonomických časových řad s příklady*. 1.vyd. Praha: Vysoká škola ekonomická, 2002, 147 s. ISBN 80-245-0307-7
- BELPEX, *About market coupling*, [online], 2014, [cit. 2015-03-23]. Dostupné z: <<http://www.belpex.be/services/market-coupling/about-market-coupling/>>

- BOUŠOVÁ, I. a kol. *Energetická legislativa v kostce 3: komentář k energetickému zákonu, zákonu o hospodaření energií a zákonu o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie včetně prováděcích předpisů k těmto zákonům*. Aktualiz. vyd. Praha: Done, 2009, 879 s. ISBN 978-80-903114-4-2
- BRABCOVÁ, L. *Vlastnický unbundling jako nástroj liberalizace evropských energetických trhů*. 1.vyd. Ostrava: Key Publishing, 2009, 83 s., ISBN 978-80-7418-008-8
- CIPRA, T. *Finanční ekonometrie*. 2.upravené vyd. Praha: Ekopress, 2013, 538 s., ISBN 978-80-86929-93-4
- CZEPHO, *Záporných cen elektřiny přibývá, jejich dopad je však malý*. [online]. 2015. [cit.2015-05-14]. Dostupné z: < <http://www.czepho.cz/cs/aktualne/1481-zapornych-cen-elekriny-pribyva--jejich-dopad-je-vsak-maly> >
- ČERNOCH, F., ZAPLETALOVÁ, V. *Energetická politika Evropské unie*. 1.vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2012, 155 s., ISBN 978-80-210-6073-9
- ČEZ, *Jak nakupujeme elektřinu na rok 2016* [online] 2015. [cit.2015-04-15]. Dostupné z: <<https://www.cez.cz/cs/co-delat-kdyz/ceny/elektrina/2.html>>
- Elektřina.cz *Co ovlivňuje ceny elektřiny na pražské energetické burze PXE?* [online]. 2015 [cit.2015-04-15]. Dostupné z: < <http://www.elekrina.cz/co-ovlivnuje-ceny-elekriny-na-prazske-energeticke-burze-pxe> >
- Energetická bezpečnost – geopolitické souvislosti: (projekt Nadace ČEZ)*. 1.vyd. Praha: Vysoká škola mezinárodních a veřejných vztahů Praha, 2008, 249 s. ISBN 978-80-86946-91-7
- GUJARATI, D N. *Basic econometrics*. 4. vyd. Boston: McGraw Hill, 2003. 1002 s. ISBN 0-07-112342-3.
- HAMPEL, D., BLAŠKOVÁ, V., STŘELEČEK L., *Ekonometrie 2*. 2.přepřac.vyd. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2012, 144 s. ISBN 978-80-7375-664-2
- HINDLS, R., HRONOVÁ, S., SEGER, J., *Statistika pro ekonomy*. 5.vyd. Praha: Professional Publishing, 2004, 415 s. ISBN 80-86419-59-2

CHEMIŠINEC, I. *Obchod s elektřinou*. 1.vyd. Praha: Conte, 2010, 201 s. ISBN 978-80-254-6695-7

IDNES, *Unikátní jev: ceny proudu byly záporné, elektrárny platily odběratelům* [online]. 2013 [cit.2015-05-14], Dostupné z: <http://ekonomika.idnes.cz/ceny-proudu-byly-zaporne-elektrarny-platily-odberatelum-pmj-/ekonomika.aspx?c=A130110_152258_ekonomika_neh>

MARVAN, M. *Obchodování s elektřinou: průvodce liberalizovaným trhem v České republice*. 1. vyd. Praha: Plejáda, 2001, 141 s. ISBN 80-86431-21-5.

MINAŘÍK, B. *Statistika 1: Popisná statistika 2.část*, 1.vyd., Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2000, 107 s. ISBN 80-7157-427-9

OTE, *Seznam účastníků trhu* [online]. 2015 [cit.2015-05-20]. Dostupné z: <<http://www.ote-cr.cz/registrace-a-smlouvy/seznam-ucastniku-trhu>>

PXE, *Pravidla obchodování* [online]. 2015 [cit.2015-05-18]. Dostupné z: <https://www.pxe.cz/pxe_downloads/Rules_Regulation/Cz/PXE_pravidla_obchodovani.pdf>

RODRYČ, P., MÁCA, O., CHEMIŠINEC, I. *Vývoj, stav a výhled organizovaných krátkodobých trhů s elektřinou a plynem*, Pro – energy magazín, [online]. 2012 [cit.2015-03-23]. Dostupné z: <http://pro-energy.cz/clanky22/1_1_2012.pdf>

STATSOFT, *Jak se pozná normalita pomocí grafů?* [online]. 2015 [cit.2015-05-14]. Dostupné z: <http://www.statsoft.cz/file1/PDF/newsletter/2013_10_09_StatSoft_Jak_se_pozna_normalita_pomoci_grafu.pdf>

VLČEK, T. a ČERNOCH, F. *Energetický sektor České republiky*. 1.vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2012, 501 s. ISBN 978-80-210-5982-5

Zákon č. 458 ze dne 28. listopadu 2000 o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon)[online]. Zákony pro lidi, 28.11.2000. [cit. 2015-02-02] Dostupné z: <<http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-458>>

Přílohy

A Zdrojová data

Denní spotové ceny elektřiny od 1.1.2014 do 31.3.2015		
DEN	BASE LOAD (EUR/MWh)	PEAK LOAD (EUR/MWh)
1.1.2014	18,52	20,83
2.1.2014	30,55	40,56
3.1.2014	28,89	34,54
4.1.2014	22,77	32,54
5.1.2014	23,85	31,18
6.1.2014	27,65	35,01
7.1.2014	31,19	39,43
8.1.2014	34,67	44,06
9.1.2014	31,08	35,85
10.1.2014	26,99	36,35
11.1.2014	29,39	34,87
12.1.2014	21,25	27,42
13.1.2014	44,60	54,53
14.1.2014	51,67	63,42
15.1.2014	46,08	56,49
16.1.2014	39,53	49,06
17.1.2014	38,46	47,21
18.1.2014	30,98	34,30
19.1.2014	21,67	27,78
20.1.2014	41,22	53,67
21.1.2014	50,77	63,56
22.1.2014	49,39	60,89
23.1.2014	46,57	56,47
24.1.2014	49,35	60,67
25.1.2014	34,07	38,71
26.1.2014	27,40	34,32
27.1.2014	41,68	54,17
28.1.2014	44,96	53,89
29.1.2014	41,46	48,51
30.1.2014	46,05	55,68
31.1.2014	44,19	53,65

1.2.2014	28,11	32,58
2.2.2014	29,21	35,70
3.2.2014	45,87	56,43
4.2.2014	43,94	52,19
5.2.2014	37,08	41,89
6.2.2014	34,05	39,18
7.2.2014	30,30	34,92
8.2.2014	27,13	31,86
9.2.2014	18,95	26,51
10.2.2014	38,57	48,53
11.2.2014	36,92	41,79
12.2.2014	36,54	42,48
13.2.2014	32,99	40,39
14.2.2014	33,92	39,47
15.2.2014	20,58	25,82
16.2.2014	16,33	21,22
17.2.2014	40,14	47,43
18.2.2014	39,82	44,68
19.2.2014	41,74	49,72
20.2.2014	34,82	39,57
21.2.2014	34,86	43,41
22.2.2014	28,13	30,90
23.2.2014	20,84	21,01
24.2.2014	30,11	33,70
25.2.2014	34,64	39,68
26.2.2014	38,57	45,08
27.2.2014	39,43	44,12
28.2.2014	39,25	44,56
1.3.2014	33,69	36,64
2.3.2014	27,31	28,98
3.3.2014	36,66	42,44
4.3.2014	45,87	54,10
5.3.2014	45,54	52,29
6.3.2014	40,53	45,10
7.3.2014	34,38	36,97
8.3.2014	25,41	25,10

9.3.2014	15,24	13,81
10.3.2014	34,52	37,82
11.3.2014	34,45	36,52
12.3.2014	35,79	37,70
13.3.2014	38,32	40,43
14.3.2014	34,00	36,05
15.3.2014	17,27	20,98
16.3.2014	7,18	10,54
17.3.2014	26,70	32,65
18.3.2014	33,02	37,01
19.3.2014	24,79	29,23
20.3.2014	27,16	30,95
21.3.2014	26,75	31,62
22.3.2014	29,29	29,75
23.3.2014	26,71	29,97
24.3.2014	40,21	46,96
25.3.2014	36,72	40,60
26.3.2014	35,34	37,75
27.3.2014	31,62	33,49
28.3.2014	33,84	35,72
29.3.2014	28,79	27,66
30.3.2014	23,46	20,42
31.3.2014	36,16	37,56
1.4.2014	38,01	39,99
2.4.2014	38,89	40,97
3.4.2014	38,34	40,60
4.4.2014	31,35	32,21
5.4.2014	30,09	30,45
6.4.2014	27,35	26,96
7.4.2014	37,51	40,65
8.4.2014	29,51	31,92
9.4.2014	28,18	29,69
10.4.2014	41,94	47,45
11.4.2014	38,61	41,55
12.4.2014	31,38	31,28
13.4.2014	15,67	11,84

14.4.2014	27,55	30,23
15.4.2014	31,70	35,11
16.4.2014	38,92	40,15
17.4.2014	31,12	29,82
18.4.2014	25,61	25,17
19.4.2014	26,45	25,17
20.4.2014	13,44	10,20
21.4.2014	17,56	16,79
22.4.2014	38,57	42,71
23.4.2014	38,12	40,09
24.4.2014	35,71	37,96
25.4.2014	34,23	35,00
26.4.2014	30,01	31,17
27.4.2014	23,24	24,01
28.4.2014	41,07	46,61
29.4.2014	41,01	45,01
30.4.2014	38,12	41,25
1.5.2014	22,95	21,55
2.5.2014	28,68	31,16
3.5.2014	32,40	33,43
4.5.2014	18,71	14,64
5.5.2014	38,55	41,61
6.5.2014	33,67	35,40
7.5.2014	33,88	36,68
8.5.2014	29,12	30,00
9.5.2014	28,78	30,18
10.5.2014	23,51	24,71
11.5.2014	9,90	7,96
12.5.2014	31,36	34,96
13.5.2014	37,71	41,35
14.5.2014	34,70	35,70
15.5.2014	38,06	42,43
16.5.2014	32,67	34,06
17.5.2014	29,76	30,82
18.5.2014	24,35	24,84
19.5.2014	37,35	40,83

20.5.2014	39,67	41,21
21.5.2014	38,67	41,52
22.5.2014	35,18	37,82
23.5.2014	39,77	44,95
24.5.2014	29,73	28,69
25.5.2014	20,82	17,35
26.5.2014	36,95	42,02
27.5.2014	37,39	43,36
28.5.2014	36,98	42,99
29.5.2014	28,96	29,70
30.5.2014	36,48	38,01
31.5.2014	28,97	27,35
1.6.2014	21,55	20,57
2.6.2014	36,18	38,61
3.6.2014	38,77	41,54
4.6.2014	37,60	40,93
5.6.2014	33,86	36,59
6.6.2014	32,95	33,42
7.6.2014	24,79	22,90
8.6.2014	19,02	15,91
9.6.2014	22,86	22,08
10.6.2014	38,92	43,25
11.6.2014	37,58	41,97
12.6.2014	40,47	45,70
13.6.2014	30,86	31,78
14.6.2014	25,11	24,87
15.6.2014	19,55	17,67
16.6.2014	34,25	37,32
17.6.2014	37,30	41,84
18.6.2014	35,07	38,03
19.6.2014	28,33	27,96
20.6.2014	28,05	31,21
21.6.2014	24,02	22,56
22.6.2014	18,66	13,89
23.6.2014	37,55	41,24
24.6.2014	40,70	45,82

25.6.2014	38,83	43,76
26.6.2014	39,18	43,18
27.6.2014	37,55	41,07
28.6.2014	29,92	30,84
29.6.2014	28,92	29,92
30.6.2014	36,61	41,65
1.7.2014	36,35	38,70
2.7.2014	37,06	40,61
3.7.2014	33,71	34,67
4.7.2014	33,18	35,22
5.7.2014	27,20	27,72
6.7.2014	23,80	21,87
7.7.2014	37,47	42,60
8.7.2014	36,27	42,69
9.7.2014	37,04	47,20
10.7.2014	32,40	36,20
11.7.2014	31,35	33,98
12.7.2014	29,27	29,66
13.7.2014	24,06	22,23
14.7.2014	43,15	53,46
15.7.2014	34,33	37,13
16.7.2014	36,60	39,91
17.7.2014	35,04	37,96
18.7.2014	34,41	36,47
19.7.2014	29,59	29,05
20.7.2014	23,78	23,11
21.7.2014	32,97	37,58
22.7.2014	34,66	38,46
23.7.2014	32,23	34,57
24.7.2014	34,97	38,07
25.7.2014	35,10	38,45
26.7.2014	30,14	30,57
27.7.2014	25,87	24,81
28.7.2014	35,29	39,78
29.7.2014	36,39	40,54
30.7.2014	33,80	37,88

31.7.2014	31,30	33,02
1.8.2014	31,63	33,34
2.8.2014	26,65	26,42
3.8.2014	19,89	20,05
4.8.2014	31,99	35,62
5.8.2014	33,22	35,53
6.8.2014	33,14	34,69
7.8.2014	33,79	36,39
8.8.2014	30,29	31,50
9.8.2014	20,53	20,40
10.8.2014	14,49	13,18
11.8.2014	24,23	28,33
12.8.2014	30,06	32,37
13.8.2014	34,63	39,52
14.8.2014	30,94	33,57
15.8.2014	29,75	32,73
16.8.2014	22,39	22,60
17.8.2014	4,47	-1,57
18.8.2014	20,06	23,41
19.8.2014	30,79	34,74
20.8.2014	30,56	33,52
21.8.2014	34,93	37,50
22.8.2014	30,83	32,32
23.8.2014	26,01	26,57
24.8.2014	15,04	11,37
25.8.2014	35,51	40,64
26.8.2014	39,26	46,69
27.8.2014	38,03	42,37
28.8.2014	35,42	37,74
29.8.2014	36,59	41,12
30.8.2014	27,72	27,96
31.8.2014	23,67	25,27
1.9.2014	37,62	43,50
2.9.2014	35,78	41,34
3.9.2014	31,86	35,80
4.9.2014	30,44	33,40

5.9.2014	34,21	37,75
6.9.2014	29,98	30,97
7.9.2014	25,30	25,42
8.9.2014	36,07	40,72
9.9.2014	36,34	40,13
10.9.2014	38,48	43,37
11.9.2014	39,30	44,64
12.9.2014	35,15	41,38
13.9.2014	31,07	34,15
14.9.2014	24,51	27,27
15.9.2014	36,07	43,49
16.9.2014	35,77	41,21
17.9.2014	33,48	37,26
18.9.2014	36,82	42,80
19.9.2014	38,27	43,99
20.9.2014	34,21	36,65
21.9.2014	24,50	26,43
22.9.2014	28,79	35,32
23.9.2014	39,84	44,52
24.9.2014	37,89	41,24
25.9.2014	36,21	39,97
26.9.2014	34,69	38,07
27.9.2014	31,64	33,51
28.9.2014	26,07	26,09
29.9.2014	40,27	46,45
30.9.2014	45,06	52,54
1.10.2014	45,29	52,82
2.10.2014	45,08	52,42
3.10.2014	32,85	32,97
4.10.2014	28,83	29,95
5.10.2014	28,89	32,37
6.10.2014	36,68	41,07
7.10.2014	31,13	36,68
8.10.2014	35,59	44,80
9.10.2014	34,63	41,12
10.10.2014	39,48	46,52

11.10.2014	23,17	25,80
12.10.2014	14,80	17,72
13.10.2014	36,78	44,84
14.10.2014	40,95	46,60
15.10.2014	41,68	49,26
16.10.2014	42,24	51,01
17.10.2014	39,95	47,59
18.10.2014	30,14	32,16
19.10.2014	18,05	19,30
20.10.2014	28,81	35,64
21.10.2014	31,19	35,72
22.10.2014	27,83	37,08
23.10.2014	44,06	54,88
24.10.2014	36,59	43,20
25.10.2014	32,28	37,54
26.10.2014	22,09	28,17
27.10.2014	35,04	43,23
28.10.2014	33,35	39,77
29.10.2014	41,40	50,81
30.10.2014	45,88	55,36
31.10.2014	35,69	41,32
1.11.2014	27,11	29,39
2.11.2014	16,29	21,61
3.11.2014	25,49	35,31
4.11.2014	36,69	46,98
5.11.2014	44,08	53,81
6.11.2014	46,21	56,01
7.11.2014	38,15	43,96
8.11.2014	27,34	32,19
9.11.2014	24,49	28,23
10.11.2014	42,48	53,02
11.11.2014	35,37	40,92
12.11.2014	41,87	52,20
13.11.2014	45,28	55,77
14.11.2014	36,74	42,88
15.11.2014	29,44	35,18

16.11.2014	27,09	33,08
17.11.2014	41,02	51,63
18.11.2014	45,48	56,54
19.11.2014	48,70	59,73
20.11.2014	46,98	56,01
21.11.2014	44,20	51,79
22.11.2014	33,48	37,48
23.11.2014	25,73	29,86
24.11.2014	41,32	52,99
25.11.2014	47,45	58,07
26.11.2014	43,66	52,38
27.11.2014	43,23	53,40
28.11.2014	33,20	39,21
29.11.2014	29,76	34,24
30.11.2014	28,93	34,35
1.12.2014	40,17	51,95
2.12.2014	52,60	65,34
3.12.2014	55,18	68,91
4.12.2014	55,68	69,49
5.12.2014	53,57	65,74
6.12.2014	41,96	50,08
7.12.2014	29,29	32,53
8.12.2014	44,64	57,55
9.12.2014	50,61	63,43
10.12.2014	31,81	40,68
11.12.2014	34,42	42,34
12.12.2014	29,33	35,81
13.12.2014	34,71	42,01
14.12.2014	32,40	36,42
15.12.2014	39,91	49,16
16.12.2014	46,20	56,35
17.12.2014	39,79	47,44
18.12.2014	31,08	38,46
19.12.2014	23,33	32,97
20.12.2014	11,61	18,08
21.12.2014	11,94	19,29

22.12.2014	17,43	29,59
23.12.2014	18,28	26,94
24.12.2014	2,32	8,29
25.12.2014	13,68	17,61
26.12.2014	30,08	34,82
27.12.2014	32,84	38,09
28.12.2014	29,05	35,72
29.12.2014	39,45	47,86
30.12.2014	41,24	49,69
31.12.2014	31,66	35,93
1.1.2015	21,70	24,04
2.1.2015	12,25	20,58
3.1.2015	18,10	27,62
4.1.2015	12,83	18,18
5.1.2015	38,55	28,90
6.1.2015	36,50	41,79
7.1.2015	38,87	48,33
8.1.2015	27,71	35,32
9.1.2015	22,08	27,63
10.1.2015	10,18	13,24
11.1.2015	4,26	10,86
12.1.2015	23,65	33,05
13.1.2015	27,59	33,77
14.1.2015	30,37	36,35
15.1.2015	25,73	29,98
16.1.2015	34,54	45,16
17.1.2015	31,19	35,99
18.1.2015	27,12	31,18
19.1.2015	42,61	52,30
20.1.2015	44,70	53,02
21.1.2015	44,57	52,30
22.1.2015	44,36	53,34
23.1.2015	42,98	52,23
24.1.2015	30,82	35,10
25.1.2015	26,39	30,52
26.1.2015	35,59	42,39

27.1.2015	34,23	40,98
28.1.2015	28,80	32,11
29.1.2015	27,18	32,95
30.1.2015	38,32	46,33
31.1.2015	30,03	33,54
1.2.2015	26,01	28,91
2.2.2015	37,46	45,41
3.2.2015	45,96	55,07
4.2.2015	48,24	57,83
5.2.2015	44,83	53,28
6.2.2015	39,63	45,71
7.2.2015	26,22	28,13
8.2.2015	15,62	20,69
9.2.2015	28,44	39,04
10.2.2015	41,61	50,33
11.2.2015	46,48	54,68
12.2.2015	44,50	51,45
13.2.2015	40,48	45,42
14.2.2015	31,17	34,48
15.2.2015	27,04	28,12
16.2.2015	37,51	41,92
17.2.2015	43,91	51,15
18.2.2015	42,44	48,31
19.2.2015	37,73	42,06
20.2.2015	33,68	37,74
21.2.2015	27,59	29,91
22.2.2015	29,51	32,43
23.2.2015	32,49	42,30
24.2.2015	32,88	36,22
25.2.2015	42,47	49,25
26.2.2015	38,34	42,16
27.2.2015	39,95	46,43
28.2.2015	29,77	31,85
1.3.2015	11,68	13,77
2.3.2015	26,76	32,93
3.3.2015	28,40	33,37

4.3.2015	28,79	32,50
5.3.2015	36,96	42,48
6.3.2015	37,30	41,47
7.3.2015	25,65	26,07
8.3.2015	18,83	18,60
9.3.2015	35,80	40,45
10.3.2015	36,74	41,02
11.3.2015	34,95	37,78
12.3.2015	37,13	39,77
13.3.2015	37,57	42,02
14.3.2015	30,36	32,26
15.3.2015	20,70	20,61
16.3.2015	30,04	33,78
17.3.2015	33,69	35,95
18.3.2015	35,08	37,25
19.3.2015	38,79	41,78
20.3.2015	35,99	37,70
21.3.2015	29,85	32,87
22.3.2015	27,08	30,18
23.3.2015	35,86	38,08
24.3.2015	41,19	44,80
25.3.2015	36,83	39,30
26.3.2015	40,23	48,89
27.3.2015	34,27	37,12
28.3.2015	27,94	29,79
29.3.2015	12,11	16,91
30.3.2015	21,03	27,83
31.3.2015	22,49	25,37

Zdroj: vlastní zpracování v programu Excel

B Tabulka předpovědí

Den	Předpověď	Stand.chyba	95% interval
1.4.2015	26.55	4.728	17.28 - 35.81
2.4.2015	28.98	5.759	17.69 - 40.27
3.4.2015	29.53	6.197	17.39 - 41.68
4.4.2015	24.84	6.398	12.30 - 37.39
5.4.2015	19.27	6.493	6.54 - 32.00
6.4.2015	33.49	6.539	20.67 - 46.30
7.4.2015	36.87	6.561	24.01 - 49.73
8.4.2015	36.62	6.571	23.74 - 49.50
9.4.2015	35.90	6.577	23.01 - 48.79
10.4.2015	34.26	6.579	21.37 - 47.16
11.4.2015	27.42	6.580	14.52 - 40.31
12.4.2015	20.35	6.581	7.45 - 33.25
13.4.2015	33.34	6.581	20.44 - 46.24
14.4.2015	36.28	6.587	23.37 - 49.19
15.4.2015	35.67	6.596	22.74 - 48.60
16.4.2015	35.02	6.605	22.07 - 47.96
17.4.2015	33.50	6.613	20.54 - 46.46
18.4.2015	27.23	6.618	14.26 - 40.20
19.4.2015	20.81	6.622	7.84 - 33.79
20.4.2015	34.36	6.625	21.37 - 47.34
21.4.2015	37.47	6.626	24.48 - 50.46
22.4.2015	36.83	6.627	23.84 - 49.82
23.4.2015	36.05	6.628	23.06 - 49.04
24.4.2015	34.34	6.628	21.35 - 47.33
25.4.2015	27.87	6.628	14.88 - 40.86
26.4.2015	21.25	6.629	8.26 - 34.25
27.4.2015	34.63	6.629	21.64 - 47.63
28.4.2015	37.62	6.629	24.62 - 50.61
29.4.2015	36.89	6.629	23.90 - 49.88
30.4.2015	36.06	6.629	23.07 - 49.05

Zdroj: vlastní zpracování v programu Excel

C Seznam účastníků krátkodobého trhu OTE

Účastník	Elektřina		
	Subjekt zúčtování	Krátkodobé trhy	Vyrovňovací trh
A.En. CZ, s.r.o.	•	•	
AKCENTA ENERGIE a.s.	•	•	
ALPIQ ENERGY SE	•	•	•
Alpiq Generation (CZ) s.r.o.	•	•	•
Amper Market, a.s.	•	•	•
ARMEX ENERGY, a.s.	•	•	
Axpo Trading AG	•	•	•
Blue-Gas s.r.o.			
BOHEMIA ENERGY entity s.r.o.	•	•	
CARBOUNION BOHEMIA, spol. s r.o.	•	•	
CARBOUNION KOMODITY, s.r.o.	•	•	•
CENTROPOL CZ, a.s.	•	•	•
CENTROPOL ENERGY, a.s.	•	•	
CENTROPOL TRADING, s.r.o.			
CITIGROUP GLOBAL MARKETS LIMITED	•	•	
COMFORT ENERGY s.r.o.	•	•	
CONTE spol. s r.o.			
COOP ENERGY, a.s.			
CZENERGIE4U s.r.o.	•		
ČEPS, a.s.	•	•	•
Česká energie, a.s.			
Česká plynárenská a.s.			
Českomoravský cement, a. s.	•	•	
ČEZ, a. s.	•	•	•
ČEZ Prodej, s.r.o.	•	•	•
Danske Commodities A/S	•	•	•
DARD, spol. s r.o.	•	•	
Dopravní podnik Ostrava a.s.	•	•	
DufEnergy Trading SA			
DUON Marketing and Trading S.A.	•	•	•
Eco Power Energy s.r.o.			
EDF Trading Limited	•	•	•
Edison Trading S.p.A.	•	•	
Ekologické Zdroje Energie s.r.o.	•	•	•
Elektrárna Chvaletice a.s.	•	•	•
Elektrárny Opatovice, a.s.	•	•	•
ELGAS Energy, s.r.o.	•	•	
ELIMON a.s.	•	•	
EnBW Energie Baden-Württemberg AG	•	•	
Eneka s.r.o.	•		

Enel Trade S.P.A.	.	.	
Enepa Trade s.r.o.	.	.	.
Energana s.r.o.	.	.	
Energi Danmark A/S	.	.	.
Energie2, a.s.	.	.	
Energobridge, s.r.o.	.	.	.
Energotrans, a.s.	.	.	.
Energy Financing Team (Switzerland) AG	.	.	
Energy Trading Services s.r.o.	.	.	.
Eniq Sp. z o.o.	.	.	
ENOI S.P.A.			
ENRA SERVICES s.r.o.			
E.ON Energie, a.s.	.	.	.
E.ON Global Commodities SE	.	.	
EP Commodities, a.s.			
EP Energy Trading, a.s.	.	.	.
Erste Energy Services, a.s.	.	.	.
e&t Energie Handelsgesellschaft m.b.H.	.	.	
ETC - ENERGY TRADING, s.r.o.	.	.	
EURO GAS HOLDING a.s.			
Europe Easy Energy a.s.	.	.	
European Commodity Clearing Luxembourg S.à.r.l.	.		
EXEN s.r.o.	.	.	
Ezpada s.r.o.	.	.	.
FERTGAS Handels GmbH			
FITEN SPÓLKA AKCYJNA	.	.	
FONERGY s.r.o.	.	.	
Fosfa a.s.	.	.	
Freepoint Commodities Europe LLP	.	.	
Gama Investment a.s.			.
Gas International s.r.o.			
Gazprom Marketing & Trading Limited	.	.	
GDF SUEZ Prodej plynu s.r.o.			
GDF SUEZ Trading	.	.	
GEN-I, d.o.o.	.	.	
GOLDMAN SACHS INTERNATIONAL	.	.	
Greenex s.r.o.			
Gunvor International B. V.			
HALIMEDES, a.s.			
HOLDING GAS EUROPE s.r.o.			
HOLDING SLOVENSKE ELEKTRARNE d.o.o.	.	.	
JAS Energy Trading s.r.o.	.	.	
JWM Energia Sp. z o.o.	.	.	
KAVALIERGLASS, a.s.	.	.	
K-Gas s.r.o.			
Koch Supply & Trading Sarl			
KOMTERM energy, s.r.o.			
LAMA energy a.s.	.	.	.
Lumius, spol. s r.o.	.	.	.

MAGNA ENERGIA a.s.	.	.	
MCT Slovakia s.r.o.	.		
MERCURIA ENERGY TRADING SA	.	.	
Merrill Lynch Commodities (Europe) Limited	.	.	
MIROMI energy, a.s.			
MND a.s.	.	.	.
MND Gas Storage a.s.			
Morgan Stanley Capital Group Czech Republic, s.r.o.	.	.	
MVM Partner Energiakereskedelmi ZRt.	.	.	
Nano Energies Trade s.r.o.	.	.	.
Neas Energy A/S	.	.	.
NET4GAS, s.r.o.			
One Energy Česká republika a.s.	.	.	
PGE Trading GmbH, org. složka	.	.	
PGNiG Sales & Trading GmbH			
Plzeňská energetika a.s.			.
Plzeňská teplárenská, a.s.	.	.	.
POWER EXCHANGE CENTRAL EUROPE, a.s.		.	
Pražská energetika, a.s.	.	.	.
Pražská plynárenská, a.s.	.	.	
Příbramská teplárenská a.s.	.	.	
Repower Trading Česká republika s.r.o.	.	.	
RIGHT POWER ENERGY, s.r.o.	.	.	
RIGHT POWER TRADING, s.r.o.	.	.	
RWE Energie, s.r.o.	.	.	.
RWE Gas Storage, s.r.o.			
RWE Supply & Trading CZ, a.s.			
RWE Supply & Trading GmbH	.	.	
Slovenské elektrárne, a.s.	.	.	.
Slovenský plynárenský priemysel, a.s.			
Sokolovská uhelná, právní nástupce, a.s.	.	.	.
SPP CZ, a.s.			
SSE CZ, s.r.o.	.	.	
Stabil Energy s.r.o.			
Statkraft Markets GmbH	.	.	.
Statoil ASA			
Synergy Solution s.r.o.	.	.	
TAURON Czech Energy s.r.o.	.	.	.
TEI Deutschland GmbH	.	.	
Teplárny Brno, a.s.	.	.	.
TINMAR-IND S.A.	.	.	
TrailStone GmbH	.	.	
T-WATT s.r.o.	.	.	.
Vattenfall Energy Trading GmbH	.	.	
V-Elektra, s.r.o.	.	.	
VEMEX Energie a.s.	.	.	.
Veolia Energie ČR, a.s.	.	.	.
Veolia Komodity ČR, s.r.o.	.	.	.
VERBUND Trading Czech Republic s.r.o.	.	.	

Virtuse Energy s.r.o.	•	•	
VNG Energie Czech s.r.o.			
Vršanská uhelná a.s.	•	•	•
WINGAS GmbH			
Worldenergy SA			
Západomoravská energetická s.r.o.			

Zdroj: vlastní zpracování v programu Excel