

Bakalářská práce



České
vysoké
učení technické
v Praze

F3

Fakulta elektrotechnická
Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

Opce v energetice

Jiří Kanda

Vedoucí: Prof. Ing. Oldřich Starý, Csc
Obor: Elektrotechnika, energetika a management
Květen 2022

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Kanda** Jméno: **Jiří** Osobní číslo: **491922**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**
Specializace: **Elektrotechnika a management**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Opcce v energetice

Název bakalářské práce anglicky:

Options in Power Engineering

Pokyny pro vypracování:

Popište druhy opcí používaných v energetice.
Popište techniky jištění za pomoci těchto opcí.
Kvantifikujte obchody s těmito opcemi.
Srovnejte obchodování v ČR s ostatními trhy.

Seznam doporučené literatury:

World Bank. 2011. Revisiting Policy Options on the Market Structure in the Power Sector. Washington, DC. © World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/17146>
Forwards & derivatives in the power sector: A new beginning, <https://energy.economicstimes.indiatimes.com/news/power/forwards-derivatives-in-the-power-sector-a-new-beginning/87986548>
Chun-Sung Huang, John G. O'Hara, Sure Mataramvura, Highly efficient Shannon wavelet-based pricing of power options under the double exponential jump framework with stochastic jump intensity and volatility, Applied Mathematics and Computation, Volume 414, 2022, ISSN 0096-3003
Wind Put Barrier Options Pricing Based on the Nordix Index, Rodríguez, Yeny E; Pérez-Urbe, Miguel A; Contreras, Javier, Energies (Basel), 02/2021, Ročník 14, Číslo 4

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

prof. Ing. Oldřich Starý, CSc. katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd FEL

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **04.02.2022** Termín odevzdání bakalářské práce: **20.05.2022**

Platnost zadání bakalářské práce: **30.09.2023**

prof. Ing. Oldřich Starý, CSc.
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Mgr. Petr Páta, Ph.D.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Poděkování

Rád bych poděkoval celé své rodině, mému vedoucímu práce a kamarádům, kteří mi všichni byli oporou při vypracování této bakalářské práce.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne

Podpis

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá popisem opcí, používaných na trzích s elektrickou energií. V práci je za pomoci binomického oceňovacího modelu stanovena cena elektrické energie a v závislosti na ní i ceny opcí. Výsledky jsou poté srovnány s cenou opcí na burze. Následně jsou probrány metody jištění a obchodní strategie, ve kterých se používají standardní opce. Součástí práce je také dotazníkový výzkum, kde jsou dotazováni obchodníci a výrobci elektrické energie v České republice, zda a v jakém rozsahu obchodují s opcemi. V závěru práce dochází ke srovnání pražské energetické burzy a dalších světových burz.

Klíčová slova: opce v energetice, oceňování elektrické energie , obchodní strategie, burza

Abstract

This bachelor thesis deals with the description of options used in the electricity markets. The work uses a binomial valuation model to determine the price of electricity and, depending on it, the price of options. The results are then compared with the price of options on the stock exchange. Subsequently, hedging methods and trading strategies in which standard options are used are discussed. Part of the work is also a questionnaire survey, where traders and producers of electricity in the Czech Republic are asked whether and what amount they trade in options. At the end of the work there is a comparison of the Prague Energy Exchange and other world exchanges.

Keywords: options in power engineering, pricing of electricity, trading strategy, stock exchange

Obsah

Úvod do problematiky	1
1 Základní definice a typy opcí	3
1.1 Opce	3
1.1.1 Klasické opce (Vanilla options)	3
1.1.2 Exotické opce	7
2 Stanovení ceny opcí	9
2.1 Oceňování opcí	9
2.1.1 Zabezpečená pozice	9
2.1.2 Binomický oceňovací model	10
2.1.3 Replikační portfolio	11
2.1.4 Black-Scholesův oceňovací model	12
2.2 Stanovení ceny evropských opcí pomocí binomického oceňovacího modelu	13
3 Obchodování s elektrickou energií	19
3.1 Cena elektrické energie	19
3.2 Trh s elektrickou energií	20
3.2.1 Účastníci trhu s elektrickou energií	21
3.2.2 Rozdělení trhu s elektřinou	22
3.3 Opce používané při obchodování s elektřinou	24
4 Jištění za pomocí opcí a obchodní strategie	25
4.1 Jištění	25

4.1.1 Protective (zajišťovací) put opce	25
4.1.2 Covered (krytá) call opce	26
4.2 Obchodní strategie	27
4.2.1 Straddle	27
4.2.2 Strangle	28
4.2.3 Bull spread	28
4.2.4 Bear spread	29
4.2.5 Iron condor	30
5 Kvantifikace obchodů s opcemi	31
5.1 Dotazníkové šetření	31
5.2 Struktura dotazníku	31
5.3 Vyhodnocení dotazníku	32
6 Srovnání obchodování s elektrickou energií	39
6.1 Obchod v České republice	39
6.1.1 PXE	39
6.2 Obchodování ve světě	39
6.2.1 EEX	39
6.2.2 NYSE	40
6.2.3 NASDAQ	41
6.2.4 SSE	41
6.2.5 JPX	41
6.2.6 CME Group	42

7 Závěr	43
A Literatura	45
B Obrázky	49
C Tabulky	51
D Obsah příloženého CD	53



Úvod do problematiky

V dnešní době je prakticky nemožné předpovědět cenu komodity nebo cenných papírů. V energetickém průmyslu se kvůli dění ve světě mění ceny ropy, plynu a elektřiny nevyzpytatelně každým dnem. Obchodníci i výrobci energií musí tedy být velmi opatrní, a to jak při nákupu, tak při prodeji elektrické energie. Mají dvě možnosti, buď nakupovat elektřinu na denním trhu, nebo si nějakým způsobem zajistit dodávky na delší období. Jednou z možností zajištění ceny elektrické energie jsou opční kontrakty, kterými se v této práci budu více zabývat.

V první kapitole se budu zabývat popisem standardních a exotických opcí. Vysvětlím, jak při jejich obchodování dosáhnout zisku a upozorním, kolik vlastně při obchodu můžu ztratit. Všechny standardní opce vykreslím do grafů, abych se na ně v případě potřeby mohl odkazovat. Kromě opcí standardních jsem v této kapitole popsal i exotické opce a vysvětlil, jaké mají výhody a nevýhody.

Druhou kapitolu jsem věnoval oceňování opcí. Popsal jsem čtyři metody opčního oceňování a následně jsem si vybral binomickou oceňovací metodu a nasimuloval jsem cenu standardních evropských call a put opcí. Opce jsem následně porovnával s reálnými cenami opcí na lipské burze.

Třetí kapitolu jsem začal popisem tvoření ceny elektrické energie, poté jsem probral trh s elektrickou energií a rozebral jednotlivé účastníky, kteří na tomto trhu obchodují. Závěrem kapitoly jsem popsal opce, které se používají při obchodování s energiemi.

Čtvrtou kapitolu jsem věnoval zajišťování a budování obchodních strategií. Objasnili jsem výhody a rizika jednotlivých obchodních strategií, které jsou všechny složeny ze standardních opcí, a graficky znázornil, jak takovéto strategie vypadají.

V páté kapitole jsem udělal krátký průzkum mezi obchodníky a výrobci elektrické energie. Použil jsem formu dotazníkového šetření, kdy jsem si našel obchodníky a výrobce elektřiny, a snažil jsem se nasbírat co nejvíce odpovědí. Dotazník jsem následně vyhodnotil, výsledky vlastními slovy okomentoval a zkusil

rozepsat některá řešení, jak by se určitým problémům dalo předcházet.

Šestou kapitolu jsem začal popisem pražské energetické burzy (PXE), kterou jsem blíže srovnal s lipskou burzou (EEX), a poté nastínil historii obchodování na největších světových burzách.

Kapitola 1

Základní definice a typy opcí

1.1 Opce

Opce jako taková je speciální druh finančních derivátů. Finanční derivát je typ finančních smluv, kde hodnota smlouvy se odvíjí od ceny podkladového aktiva. Příkladem dalších obchodovaných aktiv jsou cenné papíry, komodity, akcie, měny nebo úrokové míry, ale i další. Cena opce je pak přímo závislá na předem dohodnutém časovém období. Každý opční kontrakt je pak speciální v tom, že kupující opce má právo, ne však povinnost v daném časovém období využít opčního kontraktu a nakoupit podkladové aktivum za realizační (strike) cenu, což je předem sjednaná cena v kontraktu. Vypisovatel opce pak získá odměnu ve formě opční prémie, ta je zahrnuta v ceně kupované opce a je to právě cena za právo opci uplatnit [1]. Následně ten, kdo opci vypisuje se staví do takzvané krátké (short) pozice a naopak, kdo opci nakupuje, tedy je vlastníkem této opce se staví do dlouhé (long) pozice.

1.1.1 Klasické opce (Vanilla options)

Základní rozdělení kupních a prodejních opcí:

1. Long call opce (koupě kupní opce)

Je zajištěna realizační cena za kterou si, do určitého časového období (expirace opce), je možno koupit danou akcii od vypisovatele. Za předpokladu nárůstu ceny podkladového aktiva může nastat několik možných scénářů:

Maximální ztráta

Cena podkladového aktiva zůstala stejná, potom maximální ztráta peněz se vypočítá jako vzdálenost mezi realizační cenou, a aktuální cenou koupené opce, což je plocha v grafu od počátku do

bodu realizační ceny. Tato ztráta je rovna opční prémii, kterou jsme museli zaplatit při nákupu samotné opce.

Ztráta

Cena pomalu začala narůstat, ale nepřerostla realizační cenu a velikost ztráty se spočítá jako plochu mezi bodem realizační ceny a průsečíkem aktuální ceny podkladového aktiva, neboli bodem zvratu.

Bod zvratu

Je takový bod ve kterém opce nepřináší ztrátu ani zisk. Tento bod má stejný význam i u následujících třech průběhů.

Zisk

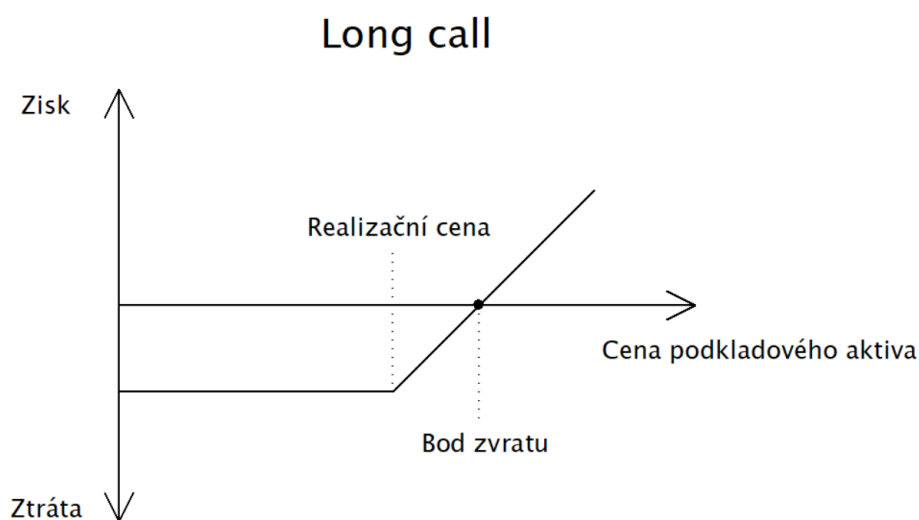
Ve chvíli kdy cena aktiva je větší než realizační cena, dochází k zisku, velikost se vypočítá jako velikost plochy mezi průsečíkem aktuální ceny podkladového aktiva a realizační cenou. Je zřejmé, že long call opce má potenciální zisk rovný nekonečnu, jediné omezení je doba uplatnění této opce. Z toho také vyplývá přímá závislost mezi cenou opce a dobou expirace opce [2].

Hodnotu call opce můžeme vypočítat pomocí vztahu:

$$V_c = \max(S_T - E, 0) \quad (1.1)$$

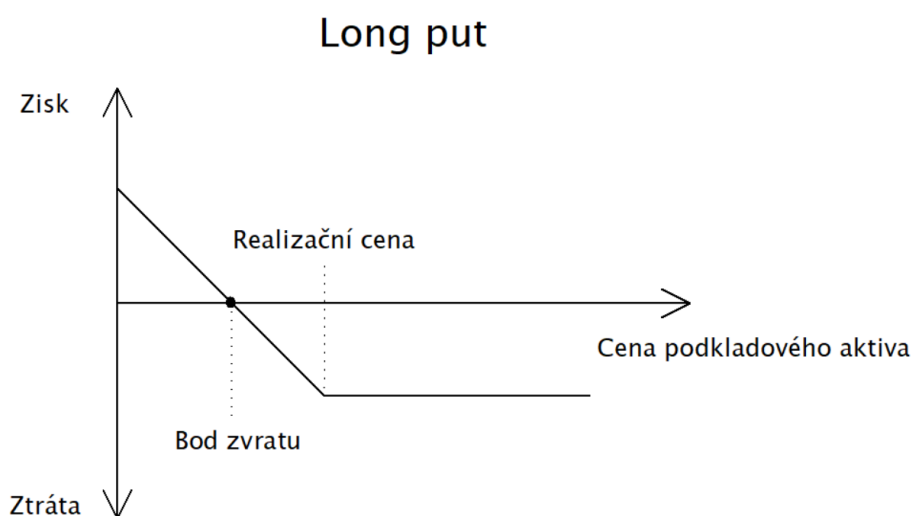
Kde S_T je aktuální hodnota podkladového aktiva a E se realizační cena.

Graf obrázku (1.1) znázorňuje průběh long call opce.



Obr 1.1: Graf závislosti zisku opce na hodnotě podkladového aktiva long call opce

2. Long put opce (koupě prodejní opce)



Obr 1.2: Graf závislosti ceny opce na hodnotě podkladového aktiva long put opce

Nákupem long put opce si lze koupit právo nakoupit danou akcii, ale pouze tehdy bude-li její cena nižší než realizační cena při nákupu, kde platí:

Předpoklad: pokles ceny podkladového aktiva.

Maximální ztráta

Naše ztráta může být maximálně ve výši opční prémie. To znamená, že akcie stoupala na ceně a došlo k expiraci opce.

Ztráta

Ve chvíli kdy cena podkladového aktiva však začne klesat, tak z realizační ceny do bodu zvratu srovnáváme náš vklad.

Zisk

Kdykoliv cena klesne pod bod zvratu, začne být výhodné opci uplatnit [3].

Hodnotu put opce můžeme vypočítat pomocí vztahu:

$$V_p = \max(E - S_T, 0) \quad (1.2)$$

Kde S_T je aktuální hodnota podkladového aktiva a E je realizační cena.

3. Short put opce (prodej prodejní opce)

Předpoklad: nárůst ceny podkladového aktiva.

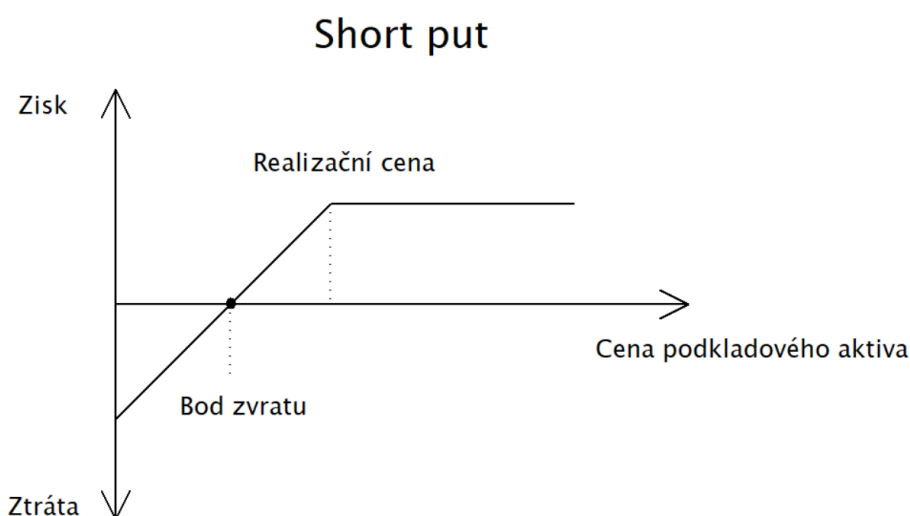
Při vypisování short put opce, musí vypisovatel v případě, že kupující uplatní tuto opci, nakoupit podkladové aktivum za dohodnutou realizační cenu.

Ztráta

Vypočteme ji jako rozdíl realizační ceny a opční prémie.

Zisk

Celý zisk je závislý pouze na opční prémii [3].



Obr 1.3: Graf závislosti ceny opce na hodnotě podkladového aktiva short put

4. Short call opce (prodej kupní opce)

Při vypisování této opce, musí vypisovatel kupujícímu prodat podkladové aktivum za realizační cenu, když bude opci uplatňovat.

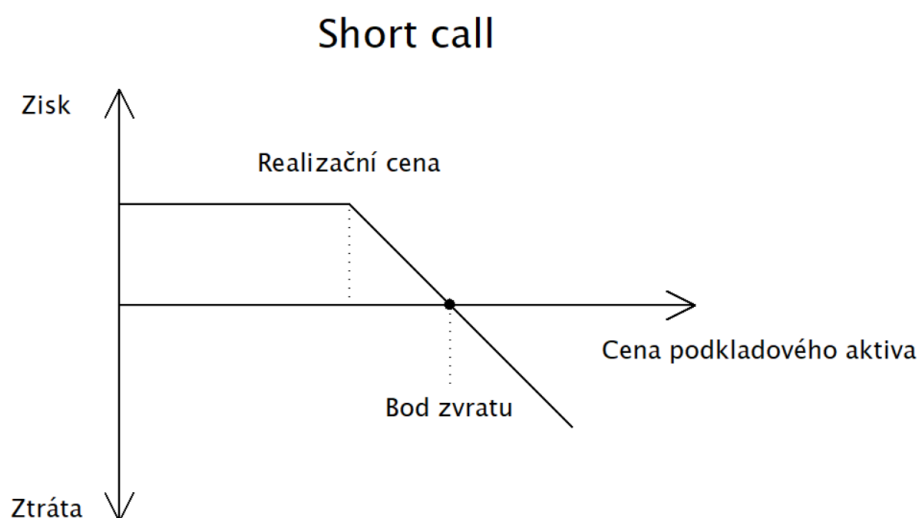
Předpoklad: pokles ceny podkladového aktiva.

Ztráta

V tomto případě je maximální ztráta v podstatě neomezená. Začne-li cena podkladového aktiva stoupat, tak ve chvíli, kdy kupující uplatní opci, je vypisovatel povinen ji prodat za dohodnutou realizační cenu.

Zisk

Celý zisk je závislý pouze na opční prémii [2].



Obr 1.4: Graf závislosti ceny opce na hodnotě podkladového aktiva short call opce

■ 1.1.2 Exotické opce

Obchodování exotických opcí je kombinací obchodu evropských, amerických opcí s dalšími vlastnostmi různých opcí. Evropské opce jsou limitovány tím, že k jejich uplatnění může dojít pouze v den expirace koupené opce, zatímco opce americká může být uplatněna kdykoliv do data expirace. Je tedy zřejmé, že cena amerických opcí bude ve výsledku stejná nebo větší, protože obchodování s nimi bude flexibilnější.

Jednotlivé druhy exotických opcí a jejich vlastnosti:

1. Asijská opce

Je typ opčních kontraktů, u kterých je výnos počítán z průměrné hodnoty podkladového aktiva za časové období. Výhoda asijské opce je, že se můžeme relativně bezpečně a oproti klasickým opcím i levněji pojistit proti ztrátě.

$$V_c = \max(A_T - E, 0) \quad (1.3)$$

$$V_p = \max(E - A_T, 0) \quad (1.4)$$

Kde V_c je hodnota call opce, V_p je hodnota put opce, A_T je průměrná cena podkladového aktiva a E je realizační cena.

2. Bermudská opce

Bermudské ostrovy se nachází mezi Amerikou a Evropou. Bermudské opce kombinují vlastnosti amerických a evropských opcí. Jejím specifickým údajem, který je jedinečný pouze pro bermudské opce je datum předčasného uplatnění. Do dne předčasného uplatnění se opce chová jako evropská a po tomto dni jako opce americká.

3. Opce s více podkladovými aktivy

Je to druh opcí, kde cena opce je závislá na ceně více podkladových aktiv najednou. Jako příklad můžeme uvést opce pro více cizích měn, kdy po válce byly všechny měny přepočítávány na americké dolary a zpět. Dnes už tedy máme různé křížové kurzy měn, které vyjadřují přímou závislost jedné na druhé, třeba eura a britské libry nebo japonského jenu a britské libry. Díky tomu jsou obchody levnější a jednodušší než kdyby se musely všechny měny převádět na americké dolary a zpět.

4. Bariérové opce

Tyto opce jsou buď Knock In nebo Knock Out:

■ Up-and-Out

Samotný název přesně popisuje, jak se opce chová. Up znamená, že kupuji opci s předem určenou (vrchní) cenovou hranicí podkladového aktiva, když opce do expirace tuto hranici nepřesáhne, zůstává aktivní. Jestliže ale kdykoliv během doby své existence tuto bariéru překoná, tak opce zanikne.

■ Up-and-In

Opce se chová obdobně jako Up-and-Out. Jediný rozdíl je, že neaktivní je opce do té doby, dokud neprojde skrze bariéru a aktivní, když přes bariéru projde a cena zůstane nad touto bariérou.

■ Down-and-Out

Opce v tomto případě zaniká, když překoná svůj spodní limit.

■ Down-and-In

Opce se stává aktivní až po překonání a následném setrvání pod spodním limitem.

Speciální druhem bariérové opce je tzv. Rebate bariérová opce, která vyplácí určitou část ceny opce při jejím zániku. Další výjimkou je dvojitá bariérová opce, kde aby byla opce aktivní, tak musí překonat dvě bariéry [4].

5. Binární opce

Výstižné pojmenování je také opce všechno nebo nic. Tato forma opce se blíží určité formě hazardu, při koupi je předem jasná hodnota zisku nebo ztráty. Toto závisí na výši podkladového aktiva v daném čase. V mnohých státech na světě je obchod s binárními opcemi dokonce zakázán, protože při něm dochází k častým podvodům.

Kapitola 2

Stanovení ceny opcí

2.1 Oceňování opcí

Abychom s opcemi jako takovými mohli obchodovat, musíme nejprve vědět, jak vůbec určit hodnotu takové opce. Pro oceňování existuje řada oceňovacích modelů.

V této práci budeme opce oceňovat pomocí binomického modelu. Jedná se o krokový model, který popisuje různé průběhy chování cen podkladového aktiva. Pro výpočet hodnoty a následně cen opčních kontraktů, budeme nejdříve počítat cenu podkladového aktiva za námi určený časový úsek.

2.1.1 Zabezpečená pozice

Je to taková pozice, kterou složíme za pomoci opcí a akcií, kdy jedno aktivum klesá a zároveň s ním druhé roste. Jak nám jednotlivé ceny rostou nebo klesají nám říká volatilita. Lze spočítat virtuální pravděpodobnost (p), kdy cena aktiva bude růst (up - u) nebo klesat (down - d). Abychom však tuto pravděpodobnost mohli vypočítat, budeme si muset zjistit bezrizikový výnos.

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} \quad (2.1)$$

$$d = \frac{1}{u} \quad (2.2)$$

$$p \cdot u + (1 - p) \cdot d = r_f \quad (2.3)$$

Kde u je hodnota kolikrát vzroste cena aktiva, d je hodnota kolikrát poklesne cena aktiva, σ je volatilita, t je doba po jaké předpokládáme růst nebo pokles, r_f je bezrizikový výnos a p je virtuální pravděpodobnost s jakou bude aktivum růst nebo pokles.

Z vztahu (2.3) můžeme vypočítat virtuální pravděpodobnosti pro nárůst a pokles ceny jako [5]:

$$p_u = \frac{r_f - d}{u - d} \quad (2.4)$$

$$p_d = 1 - p_u \quad (2.5)$$

Nyní víme s jakou virtuální pravděpodobností a jak moc nám budou jednotlivá aktiva měnit cenu. Předpis pro zabezpečenou pozici:

$$XuS_0 - YuV_0 = XdS_0 - YdV_0 \quad (2.6)$$

$$h = \frac{X}{Y} = \frac{uV_0 - dV_0}{uS_0 - dS_0} \quad (2.7)$$

Kde V_0 je hodnota opce, S_0 je cena akcie, X je počet akcií, Y je počet opcí a h je zajišťovací poměr.

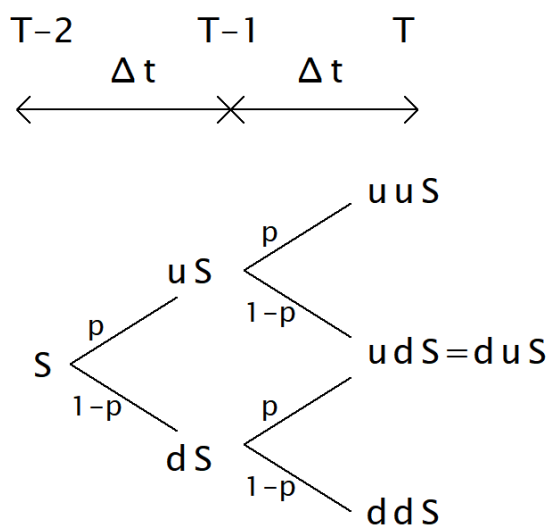
■ 2.1.2 Binomický oceňovací model

Binomický oceňovací model funguje, jako iterační metoda. Předpoklady pro použití binomického oceňovacího modelu jsou:

- Neuvažujeme transakční náklady, daně a poplatky za nákup, či prodej.
- Nákup i prodej cenných papírů není omezen.
- Akcie nevyplácí dividendy.
- Neexistuje možnost pro arbitráž.
- Akcie je neomezeně dělitelná.
- Neprobíhají platby za právo k odběru akcií.

- Je povolen prodej nakrátko.
- Cena akcie se vyvíjí diskrétně.

Vstupem do modelu je jedno číslo a my za pomoci vypočítaných virtuálních pravděpodobností (2.4, 2.5) a růstu s poklesem (2.1, 2.2), vypočítáme hodnoty v dalších krocích. Z obrázku (2.1) je jasné, že po více iteracích se nám určité hodnoty rekombinují, protože jestliže číslo vynásobím hodnotami pro růst (2.1) a pokles (2.2), tak nám musí vyjít stejné číslo, jaké jsem měl na začátku, díky tomu, že násobení je komutativní [6].



Obr 2.1: Binomický oceňovací model pro cenu akcií strom pro dvě období

■ 2.1.3 Replikační portfolio

Replikační portfolio neboli syntetická opce je metoda, při které pomocí akcie a peněz složíme stejnou pozici, jako kdybychom nakoupili akcii a opci. V případě syntetické opce vztahujeme investici k jedné akcii nebo opci a to podle vzorečku pro zabezpečenou pozici (2.6). Tedy buď si určíme Y nebo X rovno jedné, s tímto předpokladem pak můžeme spočítat kolik si musíme půjčit peněz pro vytvoření takovéto pozice [7].

$$P = \frac{h \cdot S - V}{1 + r_f} \quad (2.8)$$

Kde P je půjčka, kterou si musíme půjčit, r_f je bezrizikové výnosové procento, h je zajišťovací poměr, S je hodnota akcie a V je hodnota opce, kterou jsem si vypočítal pomocí binomického modelu.

Následně tedy můžeme vypočítat hodnotu syntetické opce jako:

$$V_s = h \cdot S - \frac{P}{1 + r_f} \quad (2.9)$$

Kde V_s je hodnota syntetické opce.

Výhodou takto vytvořených opcí je, že syntetické opce jsou méně ovlivněny bezcenným vypršení opce a to díky tomu, že nejsou tak moc závislé na volatilitě, poklesu a realizační ceně. Naopak nevýhodou je, že při nepříznivém pohybu trhu, to jest proti naší hotovosti, trpí opce na ztrátu peněz v čase.

■ 2.1.4 Black-Scholesův oceňovací model

Předpoklady Black-Scholesova oceňovacího modelu:

- Jsou známé krátkodobé úrokové míry, které jsou konstantní.
- Ceny akcií se vyvíjí spojitě v čase s rozptylem výnosů, který je úměrný druhé mocnině ceny. Poté má distribuční funkce očekávaných cen pro konečný časový interval lognormální rozdělení s konstantní hustotou pravděpodobnosti.
- Akcie nevyplácí dividendy.
- Opce jsou evropského typu.
- Neuvažujeme transakční náklady, daně a poplatky za nákup, či prodej.
- Akcie je neomezeně dělitelná
- Je možné vypůjčit si jakoukoliv částku pro koupi cenného papíru za krátkodobou úrokovou míru.
- Je povolen prodej nakrátko.

Za těchto předpokladů závisí cena opce pouze na čase a ceně akcie, či krátkodobé úrokové míře a můžeme hodnotu call a put opce počítat podle vztahů:

$$V_c = S_t \cdot N(d_1) - X \cdot e^{-r_f \cdot (T-t)} \cdot N(d_2) \quad (2.10)$$

$$V_p = X \cdot e^{-r_f \cdot (T-t)} \cdot N(-d_2) - S_t \cdot N(-d_1) \quad (2.11)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_t}{X}\right) + \left(r_f + \frac{g(\sigma_t)^2}{2}\right) \cdot (T-t)}{g(\sigma_t) \cdot \sqrt{T-t}} \quad (2.12)$$

$$d_2 = d_1 - g(\sigma_t) \cdot \sqrt{T-t} \quad (2.13)$$

Kde $N(d_1)$ a $N(d_2)$ jsou kumulativní funkce standardního normálního rozdělení a $g(\sigma_t)$ je funkcí volatility v čase. Tímto oceňovacím modelem se nebudeme dále zabývat, protože by to překročilo rozsah této práce [8].

2.2 Stanovení ceny evropských opcí pomocí binomického oceňovacího modelu

Pomocí simulování vývoje cen elektřiny a od ní vypočítané ceny evropské put a call opce budu chtít zjistit, jak se bude lišit volatilita (σ) trhu, kterou jsem vypočítal pomocí funkce „SMODCH.VÝBĚR.S“ v programu Excel s volatilitou, kterou zjistím pomocí simulovaného modelu, tak že si vezmu ceny opcí z burzy EEX a následně budu měnit volatilitu modelu tak, aby byly ceny opcí modelu srovnatelné s cenou opcí na burze. Pro výpočet směrodatné odchylky použiji čtvrtroční hodnoty cen elektřiny za posledních 12 let, které jsou dostupné na burze EEX [9]. Pro kontrolu si navíc spočítám druhou volatilitou z hodnot vyčtených z grafu vývoje cen elektrické energie na webu kurzy.cz: <https://www.kurzy.cz/komodity/cena-elektřiny-graf-vyvoje-ceny/>.

Hodnoty pro simulaci jsem si zvolil z burzy EEX, ke dni 6.5.2022, pro call a put opce (German power options) se strike cenou 190, 210 a 230. Dále jsem si k tomu samému dni našel aktuální kurz elektrické energie. Zbylé proměnné v mém modelu jsou bezrizikový výnos r_f , čas T , který říká, jaká je životnost opce a vzorkovací periodu t . Bezrizikový výnos si určím podle aktuálního bezrizikového výnosu dluhopisů, který je pro duben roven 4,01% [10]. Tu následně musím přepočítat na denní úrokovou míru podle vzorce:

$$r_{if} = e^{r_f \cdot \frac{1}{T}} - 1 [11] \quad (2.14)$$

Následně si určím čas T a vzorkovací periodu podle toho na kolik dnů dopředu a s jakou přesností budu chtít modelovat cenu elektrické energie, tedy i cenu call a put opce. Všechny ostatní hodnoty si dopočítám podle vzorců (2.1), (2.2), (2.4) a (2.5). Jsem tedy schopný vypočítat na určitý počet dní hodnotu ceny podkladového aktiva. Následně ze vztahů (1.1) a (1.2) vypočítáme hodnotu put a call opce v čase T a pomocí vztahu (2.3) vypočteme hodnotu opcí v předchozích časech, jelikož počítám hodnotu evropské opce, tak jediná hodnota, která mě zajímá, je hodnota v čase 0 viz tabulky hodnot: (2.3) a (2.4).

S_0 [€]	226,52
p_u [%]	0,4921
p_d [%]	0,5079
r_f [%]	0,0401
r_{if} (denní hodnota) [%]	0,00011
u	1,0383
d	0,9631
t [dny]	3
T [dny]	30
E [€]	190
σ	11,89%

Tabulka 2.1: Zvolené hodnoty pro simulaci.

Vzorkování	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Čas [Dny]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
El. [€]	226,52	235,20	244,20	253,56	263,27	273,35	283,82	294,69	305,98	317,70	329,87
		218,16	226,52	235,20	244,20	253,56	263,27	273,35	283,82	294,69	305,98
			210,12	218,16	226,52	235,20	244,20	253,56	263,27	273,35	283,82
				202,36	210,12	218,16	226,52	235,20	244,20	253,56	263,27
					194,90	202,36	210,12	218,16	226,52	235,20	244,20
						187,71	194,90	202,36	210,12	218,16	226,52
							180,79	187,71	194,90	202,36	210,12
								174,12	180,79	187,71	194,90
									167,69	174,12	180,79
										161,51	167,69
											155,55

Tabulka 2.2: Příklad výpočtu ceny elektřiny pro čtyři období.

Z obrázku (2.1) je zřetelné, že k výpočtu ceny elektrické energie v binomickém stromu mi stačí vědět, původní cenu z burzy, velikost vzrůstu a poklesu. Následně si stačí vybrat libovolný člen binomického stromu a spočítat jeho hodnotu, dle rovnice:

$$S_{i,j} = S \cdot u^i \cdot d^j \quad (2.15)$$

$$S_{3,1} = S \cdot u^3 \cdot d^1 = 226,52 \cdot 1,0383^3 \cdot 0,9631^1 = 244,20\text{€} \quad (2.16)$$

Následně z posledního sloupce hodnot vypočítám všechny možné ceny call. Jako příklad vypočítám hodnotu první call opce v posledním vzorci (V_{10}) pomocí vzorečku (1.1):

$$V_c = \max(S_{10} - E, 0) = \max(329,87 - 190, 0) = 139,87\text{€} \quad (2.17)$$

Stejným způsobem vypočítám následně i všechny ostatní hodnoty opcí.

Vzorkování	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Čas [Dny]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V_c [€]	36,603	45,26	54,25	63,58	73,27	83,35	93,91	104,76	116,02	127,72	139,87
		28,23	36,56	45,22	54,20	253,44	73,35	83,42	93,87	104,72	115,98
			20,16	28,18	36,52	235,20	54,29	63,62	73,31	83,37	93,82
				12,39	20,12	218,16	36,60	45,26	54,25	63,58	73,27
					4,90	202,36	20,81	28,23	36,56	45,22	54,20
						0,00	8,84	13,63	20,16	28,18	36,52
							2,36	4,20	7,32	12,39	20,12
								0,58	1,19	2,41	4,90
									0,00	0,00	0,00
										0,00	0,00
											0,00

Tabulka 2.3: Tabulka hodnot vypočítaných call opcí

V posledním řádku a sloupečku by po odečtení realizační ceny od aktuální ceny elektřiny vyšla hodnota call opce záporně. Tento případ je běžný, říká se, že opce je mimo peníze a její hodnota je tak nulová.

Zpětnou indukcí se za pomoci vztahu (2.3) následně dopočítám ke zbylým hodnotám všech opcí.

$$V = \frac{p \cdot uV + (1 - p) \cdot V}{1 + r_i f} \quad (2.18)$$

$$V_{9,0} = \frac{p \cdot V_{10,0} + (1 - p) \cdot V_{10,1}}{1 + r_i f} = \frac{0,4921 \cdot 139,78 + 0,5079 \cdot 115,97}{1 + 0,000137} = 127,72\text{€} \quad (2.19)$$

Stejným způsobem vypočítám i všechny předpokládané ceny put opcí.

$$V_p = \max(E - S_{10}, 0) = \max(190 - 329,87) = 0\text{€} \quad (2.20)$$

Vzorkování	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Čas [Dny]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V_p [€]	0,730	0,23	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		1,21	0,41	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
			1,99	0,74	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
				3,20	1,30	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
					5,04	2,26	0,61	0,00	0,00	0,00	0,00
						7,74	3,86	1,21	0,00	0,00	0,00
							11,50	6,43	2,38	0,00	0,00
								16,40	10,36	4,68	0,00
									22,26	15,86	9,21
										28,47	22,31
											34,45

Tabulka 2.4: Tabulka hodnot vypočítaných put opcí.

$$V_{0,0} = \frac{p \cdot V_{1,0} + (1-p) \cdot V_{1,1}}{1+r_i f} = \frac{0,4921 \cdot 0,23 + 0,5079 \cdot 1,21}{1+0,00011} = 0,730\text{€} \quad (2.21)$$

Nyní když mám napočítány všechny ceny call a put opcí pro realizační cenu 190 € podívám se na hodnoty těchto opcí na burze EEX a následně pomocí funkce „Řešitel“ v programu Excel zjistit, jak se bude lišit vypočítaná a nasimulovaná volatilita.

Nejprve si musím určit účelovou funkci, kterou budu v měnit. V mém případě jí bude součet rozdílů dvou absolutních hodnot ve kterých od sebe budu odečítat cenu call a put opce v čase (0,0) s jejich cenou na burze. Poté použitím funkce řešitel budu chtít minimalizovat hodnotu této účelové funkce. Minimalizovat z důvodu, že binomický oceňovací model není spojitý, takže při hledání nulového řešení by se mi mohlo stát, že bych vůbec nemusel takovéto řešení najít, tudíž budu hledat řešení, co nejbližší nule. V simulaci si nasimuluji tři hodnoty při realizačních cenách 190, 210 a 230 viz tabulka.

	Hodnoty Call a put opcí	Strike 190	Strike 210	Strike 230
Napočítaná	V_c [€]	36,603	17,617	5,387
	V_p [€]	0,730	3,820	12,574
Burza	V_c [€]	34,314	23,945	17,337
	V_p [€]	14,814	24,454	37,877

Tabulka 2.5: Tabulka hodnot pro simulaci volatility

Zkusím-li řešit úlohu pouze s volatilitou, jako proměnou hodnotou vyjde mi při simulaci volatilita trhu 35,64 %. Minimum mé účelové funkce je však na hodnotě 8,38 €. Hodnota call opce mi vyšla 42,694 € a hodnota put opce 14,814 €. Vidím, že jsem nasimuloval hodnotu tak, že řešení nacházím pouze pro jednu ze dvou opcí. Musím se tedy zamyslet nad tím, co dalšího mi ovlivňuje cenu opcí. Z výpočtu (2.19) a (2.21) vidím, že hodnotu opce mi ovlivňují, jednotlivé pravděpodobnosti pro růst a pokles, ty jsou obě závislé na volatilitě. Dále mi hodnotu ovlivňuje bezriziková výnosová míra, jelikož však počítám pouze na měsíc dopředu, musím tuto míru přepočítat na z roční na denní a zkusím-li příklad znovu nasimulovat pomocí řešitele, nedostanu žádné zlepšení. Poslední co mi ovlivňuje cenu sledovaných opcí jsou předchozí hodnoty počítaných opcí, takto se dostanu až k poslední hodnotě binomického stromu, kde vidím cenu opce počítanou pomocí (2.17) a (2.20). Cena takto počítaných opcí je závislá na hodnotě ceně elektrické energie a realizační ceně, která je v mém případě pevně určená na hodnotu 190. Docházím k závěru, že abych se dále přiblížil k cenám opcí na burze musím při simulaci měnit jak volatilitu, tak cenu elektřiny. V mém případě pro simulaci cen na měsíc dopředu se při kroku tří dnů nezmění cena elektřiny tak moc, jako kdybych cenu počítal na rok dopředu. Obě opce jsou tak přímo závislé i na měněné ceně elektrické energie.

Když tedy do proměnné modelu přidám navíc cenu elektrické energie, vyjde mi volatilita rovna hodnotě 35,63 % a cena elektřiny $S_T = 215,031\text{€}$. Ceny obou napočítaných opcí se s těmito hodnotami rovnají cenám opcí na burze. Výsledky pro další realizační ceny a přesnější vzorkování jsou viditelné v tabulkách (2.6) a (2.7):

	Původní	Strike 190	Strike 210	Strike 230
Volatilita (třídenní)	11,89 %	35,63%	36,37%	37,44%
S_T	226,52 €	215,031 €	217,984 €	221,398 €
Zbytková hodnota účelové funkce	-	3,544 €	2,516 €	0,001 €
Volatilita (denní)	6,86 %	20,57 %	21,00 %	21,62 %

Tabulka 2.6: Výsledky nasimulovaných měření pro $t = 3$

€

	Původní	Strike 190	Strike 210	Strike 230
Volatilita (denní)	6,86 %	6,87 %	36,27 %	31,01 %
S_T	226,52 €	223,655 €	197,447 €	207,520 €
Zbytková hodnota účelové funkce	-	14,780 €	11,353 €	1,183 €

Tabulka 2.7: Výsledky nasimulovaných měření pro $t = 1$

Nyní můžu porovnat nasimulované volatility s vypočtenou volatilitou. Nejlepší bude se zaměřit na čísla, která mají nejmenší zbytkovou hodnotu účelové funkce, tedy v tabulce 2.6 vidím, že při realizační ceně 230 se po simulaci lišily součty cen opcí pouze o 0,001 € a denní volatilita na trhu vyšla o

14,76 % větší, než volatilita vypočítaná z odečtených hodnot. Z hodnot pro strike 210 a 190 vidím, že obě zbytkové hodnoty účelové funkce jsou na velmi malých hodnotách (2,516 € a 3,544 €) a denní volatilita je v řádu procent shodná s volatilitou při striku 230. Mohu tedy usoudit, že burza EEX počítá hodnotu opcí s cenou elektrické energie, která je o trochu menší než reálná cena energie na burze. Důvodem může být, že opce jak je vidět ze simulace, má větší volatilitu než samotná cena elektrické energie. V druhé simulaci pak vidím, že nejpřesnější hodnoty k burze jsou hodnoty při striku 230 a vidím, že volatilita je o 24,15 % větší než původní hodnota, zatímco při striku 190 mám sice volatilitu stejně velkou, ale vidím, že zbytková hodnota účelové funkce se liší od nuly a proto se musí lišit i nasimulovaná cena opcí od cen opcí na burze.

Kapitola 3

Obchodování s elektrickou energií

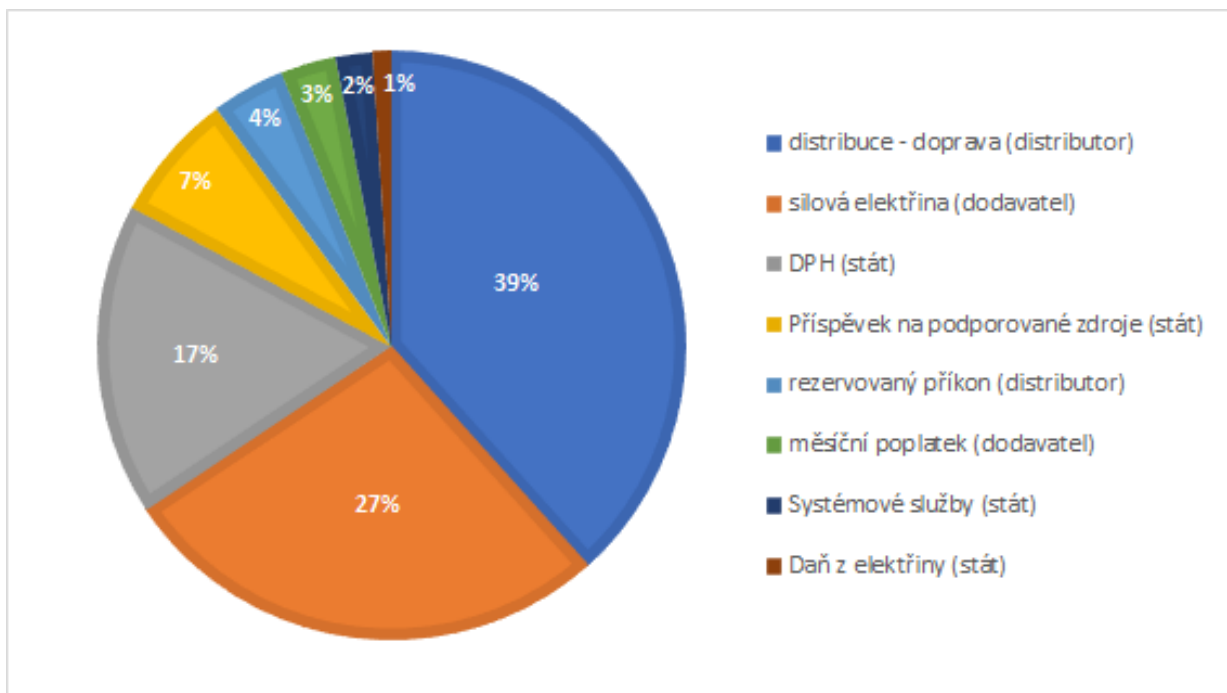
3.1 Cena elektrické energie

Pro obchodování s elektrickou energií je dobré vědět, z čeho se vlastně cena elektrické energie skládá a co si tedy jako obchodník na burze koupíme. Cena elektrické energie se skládá ze dvou částí, první je neregulovaná a druhá regulovaná složka. Pod neregulovanou složkou se bavíme o samotné silové energii se kterou se obchoduje na trhu s elektrickou energií, zatímco regulovanou složkou je část ceny kterou určuje Energetický regulační úřad, dále pouze ERÚ. Ten má za úkol regulovat poplatky spojené s výrobou a distribucí.

Cena regulované složky elektřiny se skládá z několika částí:

1. Příspěvek na výrobu z obnovitelných zdrojů energie - z těchto příspěvků je dotována elektřina, kterou vykupujeme z obnovitelných zdrojů. Příspěvek na obnovitelné zdroje se dnes počítá podle kapacity hlavního jističe a výpočet je jednoduchý. Představuje ho částka, kterou fixně určí ERÚ násobená celkovým počtem ampér hlavního jističe. Maximální částka je omezena na 495 Kč a počtu spotřebovaných MWh.
2. Distribuční poplatky - tyto poplatky se mohou lišit podle toho u jakého jsme distributora nebo podle oblasti ve které se nacházíme, proto se cena s regionem mírně mění.
3. Poplatek za rezervovaný příkon - v rozvodné síti je pro každého spotřebitele rezervováno určité množství energie, za tuto rezervu se musíme zaplatit a to i v případě, že ji nespotřebujeme. Měsíční poplatek za rezervovaný příkon závisí na velikosti hlavního jističe.
4. Poplatek za systémové služby - poplatky sloužící pro provoz České přenosové soustavy (ČEPS).
5. Poplatek operátorovi - poplatek pro Operátora trhu s elektřinou (OTE) [12].

Příklad rozdělení ceny pro 4-člennou rodinu bez vytápění je patrný z grafu (3.1).



Obr 3.1: Graf rozdělení ceny elektřiny [13]

Samotná cena elektrické energie pak závisí na elektrárnách. Ty mají dva typy nákladů, fixní a variabilní náklady. Mezi fixní náklady počítají elektrárny všechny náklady, které musí v elektrárně zaplatit bez ohledu na to jestli je elektrárna v chodu nebo ne. Jsou to například náklady na zaměstnanecké mzdy, údržbu, či v ceně už jsou rozpočítány náklady na stavbu samotné elektrárny i její zbourání v budoucnu. Variabilní náklady jsou výdaje, které platí elektrárna za vyrobenou MWh elektřiny, počítají se mezi ně cena paliva nebo jako v případě uhelných elektráren cena emisní povolenky. Každý výrobce pak chce prodávat elektřinu tak, aby se mu samotný prodej vyplatil, tedy nabízí elektřinu za částku která je rovna minimálně variabilním nákladům, jinak by se jim nevyplatilo elektřinu vyrábět. Elektřina samotná se poté obchoduje na trzích s elektrickou energií a zpravidla dostanou za vyrobenou MWh více, jsou tak schopni pokrýt všechny své náklady a ještě si vydělat něco navíc [14].

3.2 Trh s elektrickou energií

Hlavním problémem při obchodování s elektrickou energií je její neskladovatelnost, tudíž v každém momentu se odběr ze sítě musí rovnat energii do sítě dodávané. Když by tato rovnost neplatila docházelo by ke zvyšování nebo snižování frekvence sítě. Oba tyto stavy jsou nežádoucí a mohou postupně vést k přerušení dodávky elektřiny, takzvané k blackoutu. O to, jaký je aktuální stav sítě se u

nás stará společnost ČEPS, a.s. Tento problém se ve světě snaží vyřešit stavbou velkých akumulčních systémů. V České republice slouží k uchování většího množství energie přečerpávací elektrárna, která funguje tak, že když je v síti energie přebytek, tak se spustí čerpadla a voda se načerpá do uměle vytvořené nádrže, která je umístěna na kopci. Následně, když je chceme takto uchovanou energii vrátit zpět do sítě, tak je voda potrubím prohnána přes turbíny, které vytváří elektřinu, celý tento proces je však ztrátový a záleží na účinnostech jak čerpadla, tak turbín.

Všechny subjekty obchodující s elektrickou energií jsou zodpovědné za odchylku, kterou v síti způsobí. Za způsobené odchylky jsou pak subjekty pokutovány, proto je v jejich zájmu si svojí odchylku hlídat. Vezmeme-li si běžnou domácnost, tak veškerou odpovědnost za způsobenou odchylku od nás přebírá obchodník se kterým máme uzavřenou smlouvu. To jestli máme vyšší nebo nižší odběr si pak od nás vybere v rámci doplatku nebo nedoplatku při placení faktury za energii [15].

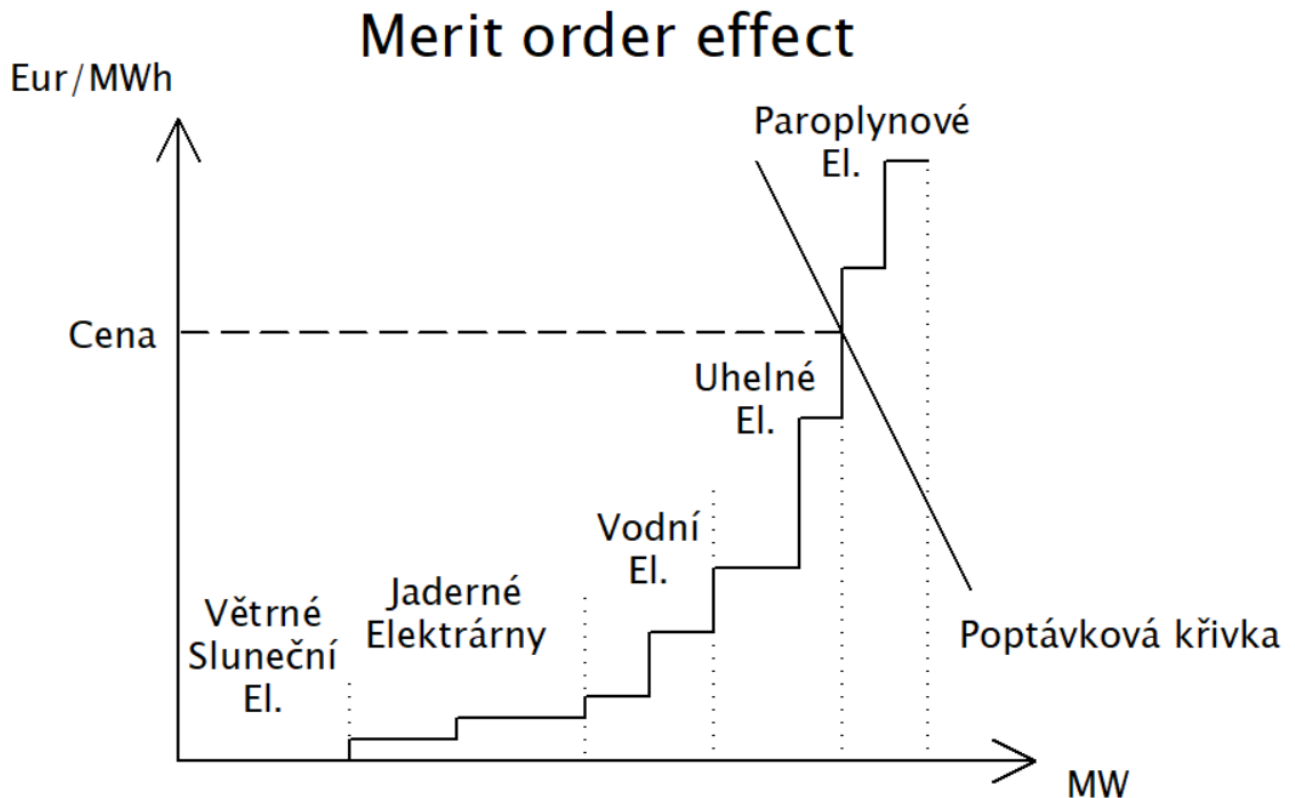
■ 3.2.1 Účastníci trhu s elektrickou energií

1. ERÚ (energetický regulační úřad) - jeho úkolem energetického regulačního úřadu je vydávat licence jednotlivým účastníkům trhu s elektřinou a to po splnění závazných podmínek, dále stanovovat tarify regulované části elektřiny tam, kde není zajištěna konkurenceschopnost. Například u provozovatelů přenosových a distribučních soustavy, jelikož tyto subjekty jsou přirozené monopoly. Stanovuje výši podpory pro obnovitelné zdroje energie a chrání spotřebitele na energetickém trhu. Spotřebitelé se na ERÚ mohou obrátit s jakýmkoliv řešeným sporem mezi jimi a dodavatelem energií, případně distributorem [16].
2. Výrobci - aby mohli vyrábět elektrickou energii, musí si nejprve požádat ERÚ o udělení licence na tuto činnost. Pokud splňuje další podmínky, které udává ERÚ může se výrobce připojit do sítě, kde má právo na přepravu vyrobené elektřiny a její prodej. Výrobce také může poskytovat podpůrné služby pro provozovatele přenosové soustavy, kdy musí elektrárna na pokyn dispečinku buď zvýšit nebo snížit dodávaný výkon elektřiny.
3. Obchodníci - ti ke své činnosti také potřebují nejprve zažádat ERÚ o udělení licence. Následně jsou schopni obchodovat na velkoobchodním i maloobchodním trhu, kde jejich cílem je maximalizace zisku. Všechny prováděné transakce musí ohlásit operátorovi trhu.
4. Odběratelé - je to každý subjekt, který je díky smlouvě s obchodníkem oprávněn odebírat energii v odpovídající kvalitě.
5. Burza - slouží k organizovanému trhu s elektřinou a urychluje tak celý proces obchodu s elektřinou. V České republice se obchoduje na Pražské energetické burze (PXE a.s.)
6. Provozovatel distribuční soustavy - ke své činnosti také potřebuje licenci od ERÚ. Jeho úkolem je zajišťovat distribuci elektrické energie ke konečným spotřebitelům a řízení kvality, aby odpovídala zákonu. V České republice máme distribuční sítě tři a jsou jimi ČEZ distribuce, PRE distribuce a EG.D distribuce.

7. Provozovatel přenosové soustavy - též ke své činnosti musí mít licenci od ERÚ, jeho úkolem je spravování přenosové soustavy, to jsou všechny vedení 400kV, 220kV a některá vedení 110kV. Stará se také o dispečerské řízení elektroenergetické soustavy. V České republice máme jediný subjekt, starající se o přenosovou soustavu a je jí společnost ČEPS a.s.
8. OTE (operátor trhu s elektřinou) - ke svému chodu také potřebuje licenci. Povinností OTE je zajišťovat fungování trhu s elektřinou, tedy registrace účastníků a zpracování všech provedených obchodních transakcích. Poté ze zpracovaných dat vyhodnocuje a zúčtovává odchylky jednotlivých subjektů. Tato data jsou následně přístupná všem účastníkům trhu [17] [18].

3.2.2 Rozdělení trhu s elektřinou

1. Neorganizovaný trh - je to trh, kde se uzavírají bilaterální dohody, to znamená, že dvě strany se mezi sebou dohodnou na průběhu obchodu a nejsou nijak omezeny pravidly trhu. Takovéto dohody musí prvně nahlásit operátorovi trhu a to k určitému termínu před uzavřením obchodu. Často se uzavírají standardizované smlouvy EFET (European Federation of Energy Traders), které mají předem dané podmínky a účastníci si pouze vyberou jednu z jejich variant.
2. Organizovaný trh - je to takový trh na kterém mají účastníci jednu centrální protistranu, například burzu. Ta se následně stará o jednotlivé obchody, kdy spravuje a nastavuje pravidla a stará se o finanční vypořádání obchodů. Burza dále funguje dvěma způsoby, první je ten že elektřina se obchoduje na principu aukce, kde je nastaven čas uzávěrky, do kterého se podávají nabídky a poptávky, následně dochází k vyhodnocení aukce jako průsečík nabídkové a poptávkové křivky. Tento průsečík označuje marginální cenu (merit order). Poté se uspokojí všechny nabídky, které byly zadány s cenou nižší než byla marginální a všechny poptávky s cenou vyšší než je marginální [19].



Obr 3.2: Merit order[19]

- a. Dlouhodobý trh - na tomto trhu se obchodují kontrakty na delší a vzdálenější časové horizonty. Slouží především k zajištění cen do budoucna, kdy nemusí dojít k fyzické dodávce elektrické energie. Na tomto trhu se především obchoduje s kontrakty jako jsou: futures, forwards, opce nebo CfD (rozdílové smlouvy).
- b. Krátkodobý trh - na krátkodobém trhu se obchoduje elektřina s dodáním v řádu dnů až hodin. Tento trh je dále rozdělen na více celků:
 - Blokový trh - je zde obchodována elektřina v takzvaných blocích. Base load (základní zatížení), peak load (špičkové zatížení) a offpeak load (mimošpičkové zatížení), kde base load je obchodován po celý den. Peak load, jak už z názvu vychází se obchoduje pouze ve špičce, tedy ve všedních dnech od osmi hodin ráno do osmi hodin večer. Offpeak load pak vykrývá místa mimo špičku tedy všední dny od osmi hodin večer do osmé ranní. Takto se obchoduje na několik dní dopředu. Avšak podle nové novely zákona č. 125/2021 Sb [20]. byl blokový trh zrušen z důvodu faktu, že se dá elektřina s denním i hodinovým předstihem obchodovat na denním a vnitrodenním trhu. Ponechání blokového trhu by tak představovalo neefektivní způsob obchodování na trhu s elektřinou.
 - Denní trh - na denním trhu jsou uzavírány obchody den před samotnou dodávkou elektrické energie. Aukce je vedena pro každou denní hodinu zvlášť a vypořádání je prováděno stejně jako jsem zmínil u organizovaného trhu a to podle marginální ceny.

- Vnitrodenní trh - obchoduje se zde elektřina v daný den dodávky, kdy obchodníci si hlavně upevňují svojí pozici. Elektřinu nakupují na minimálně hodinu dopředu a snaží se nakoupit mají-li nakoupené energie nedostatek, případně prodat mají-li přebytek. Obchoduje se zde takzvanou průběžnou formou obchodování.
- Vyrovnávací trh - je trh s centrální poptávkou, či nabídkou, kterou řídí provozovatel přenosové soustavy. Uzavírá se 30 minut před uskutečněním dodávky a provozovatel zde může nakoupit elektřinu k regulaci sítě [21].

3.3 Opce používané při obchodování s elektřinou

1. Standardní opce

Standardní opce jsou jedny z nejpoužívanějších opcí na energetických burzách. Používají při jištění a vytváření obchodních strategií. Bude v práci probráno v kapitole (4).

2. Reliability opce

Reliability opce vypisují samotní producenti elektrické energie. Je to takový typ opcí, který jako podkladové aktivum používá kapacitu (maximální výrobní výkon podniku) elektrické energie. Je to vlastně kontrakt na rozdíl cen, kdy jako vypisovatelé těží z velikosti opční prémie. Vypisují kontrakty tak, aby cena opce byla dostatečně větší než aktuální cena prodávané silové elektřiny [22].

3. Swing opce

Tato opce nám umožňuje vícekrát za den přijmout menší, či větší množství elektrické energie. Tento odběr je však omezován a regulován. Tedy koupí opce si zafixujeme maximální možnou cenu za kterou budeme po určité době moci nakoupit podkladové aktivum [23].

4. Kontrakty založené na teplotě počasí (HDD, CDD, CAT)

Tyto opce jsou specifické tím, že jejich cena se odvíjí pouze od změny počasí na určitém území. Budoucí počasí je pak udáváno pomocí indexů, které se mění s lokací. Na základě indexů se pak odvíjí i cena opce. Výhodou obchodování těchto opcí je, že cena není závislá přímo na elektrické energii, nýbrž na specifickém počasí, které jsme si určili při koupení této opce. Další výhodou je, že žádný člověk nemůže ovlivnit jaké bude počasí za den nebo týden [24].

Kapitola 4

Jištění za pomoci opcí a obchodní strategie

4.1 Jištění

4.1.1 Protective (zajišťovací) put opce

Pro popis jištění protective put, si nejdřív musíme vysvětlit, co je to put-call parita. Put-call paritou nazýváme vztah mezi cenou prodejní a kupní opce. Předpokládáme, že obě opce jsou na stejné podkladové aktivum, evropského typu, tím docílíme stejného dne expirace a obě opce mají stejnou realizační cenu.

Poté platí vztah:

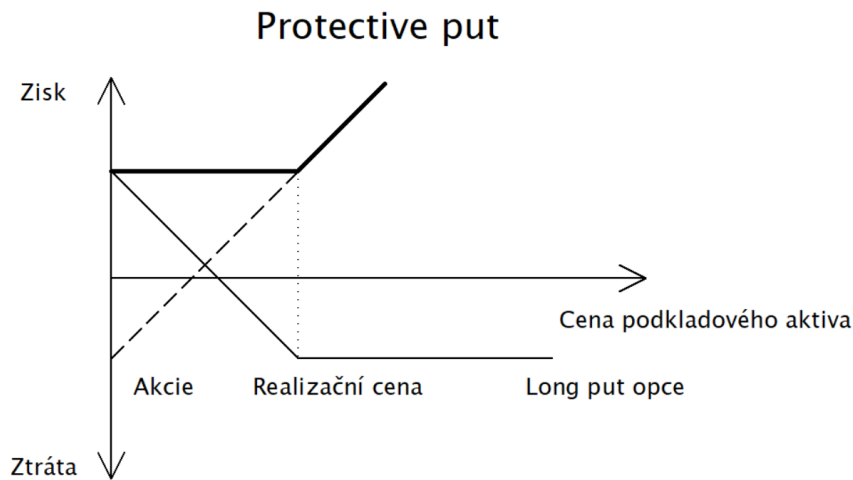
$$V_p + S_0 = V_c + PV(E) \quad (4.1)$$

Kde V_c je hodnota call opce, V_p je hodnota put opce, S_0 je cena akcie a $PV(E)$ označují peníze uložené na bezrizikovém výnosu.

Put-call parita se tomuto vztahu říká, protože jsou na sobě levá a pravá strana rovnice přímo závislé. Stoupne-li cena akcie, automaticky začne narůstat hodnota call opce, když klesne cena akcie začne stoupat hodnota put opce. Zajišťovací put opci, tak dostaneme vyjádřením put opce ze vztahu (4.1) jako:

$$V_p = V_c + PV(E) - S_0 \quad (4.2)$$

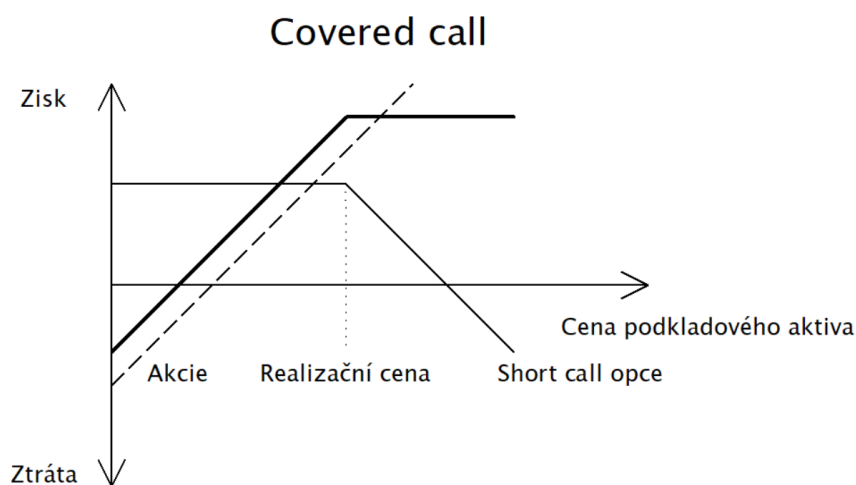
Graf této funkce pak vypadá následovně:



Obr 4.1: Graf zajištění pomocí long put opce a akcie

Na obrázku (4.1) vidíme průběhy long put opce a ceny akcie. Jsme-li například výrobce elektrické energie a naším aktivem je elektrická energie. Jsme schopni pomocí long put opce nastavit minimální cenu za kterou chceme elektřinu prodat. Potom vidíme, že když máme nízkou cenu aktiva, můžeme využít naši long put opce a prodat energii za nasmlouvanou cenu, jestliže cena aktiva poroste nad realizační cenu opce, stane se opce bezcennou.

4.1.2 Covered (krytá) call opce



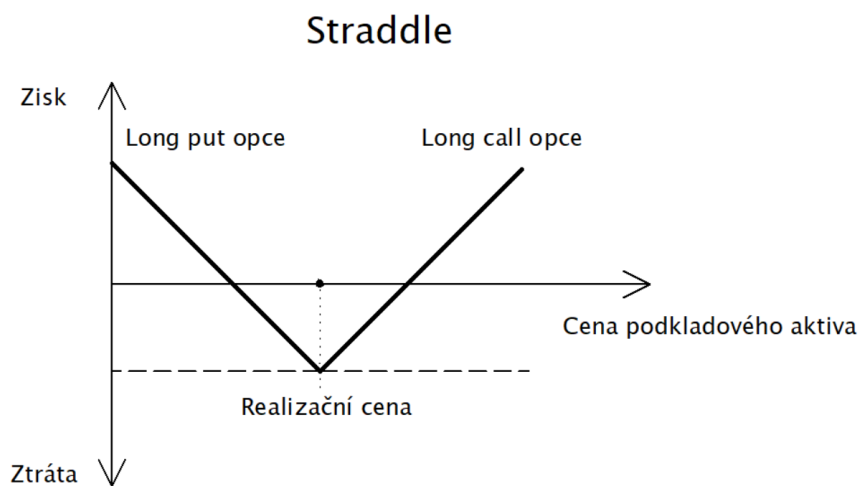
Obr 4.2: Graf zajištění pomocí covered call opce a akcie

Do pozice covered call opce se dostaneme tehdy, máme-li koupenou akcii a nabídneme na prodej call opci. Naši ztrátu při prodávání akcie, máme zajištěnou výnosem z prodané opce [25].

4.2 Obchodní strategie

4.2.1 Straddle

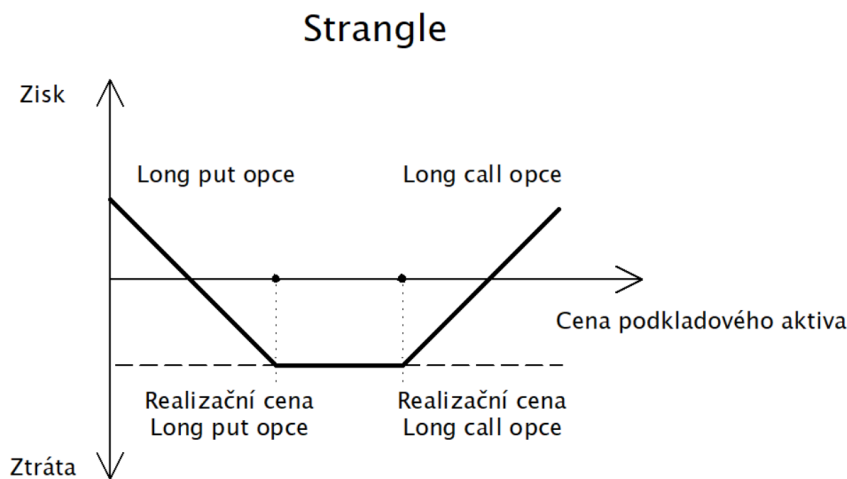
Máme-li trh s vysokou volatilitou existuje způsob zajištění straddle, kdy kupujeme put a call opci na stejné strike ceně a stejným dnem expirace. V tomto případě je výdělek závislý na tom, jak moc se změní cena na trhu. Když součet opčních prémie bude méně než za kolik prodáme dosáhneme zisku. Ztráta může být maximálně v hodnotě opčních prémie a to ve chvíli, kdy se cena podkladového aktiva nezmění od strike ceny [26].



Obr 4.3: Graf při koupi long put a long call opce

4.2.2 Strangle

Stejně jako v pozici straddle musíme nakoupit put a call opci, kde rozdíl bude v tom, že budou obě na jinou strike cenu. V této pozici předpokládáme, že cena podkladového aktiva se bude rapidně měnit, ale nevíme na jakou stranu. Nákupu na jiné strike ceně docílíme snížení ztráty.



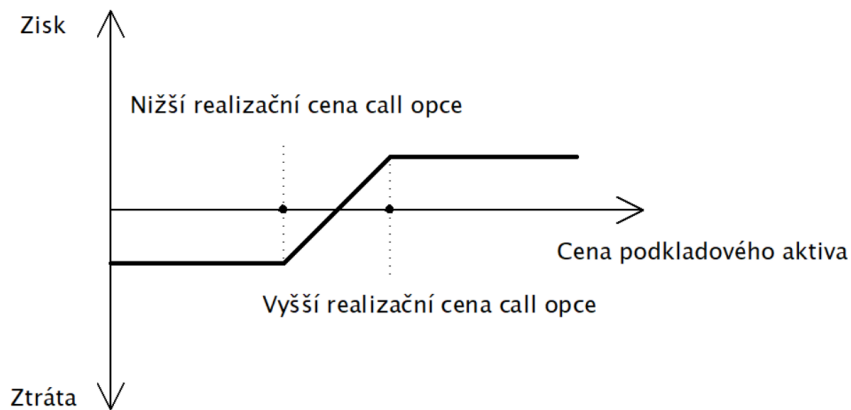
Obr 4.4: Graf při koupi long put a long call opce s jinou strike cenou

Jak u straddlu, tak stranglu si ale musíme dát pozor na krátkou pozici, kdy ztráty mohou být velmi (až neomezeně) vysoké [27].

4.2.3 Bull spread

Bull call spread je pozice, pro jejíž vytvoření potřebujeme koupit jednu long call opci s nižší realizační cenou a vypsát jednu short call opci, která má však vyšší realizační cenu než koupená long call opce. Obě dvě call opce mají stejnou expirační dobu a jsou na stejné aktivum. Cílem této strategie je profitovat z postupného růstu ceny podkladového aktiva [28].

Bull call spread



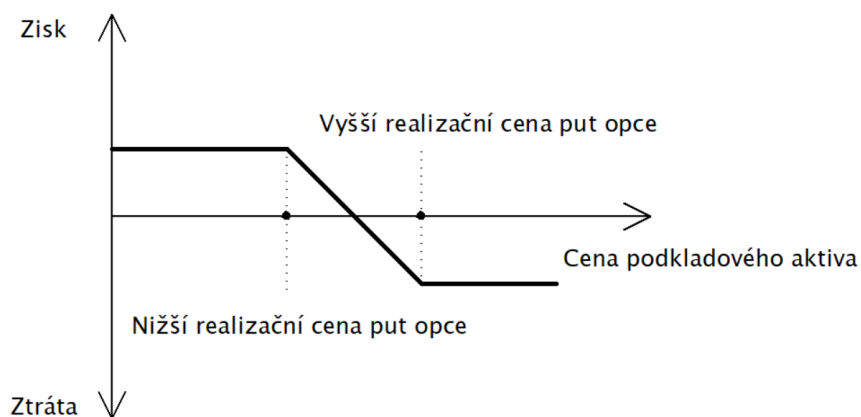
Obr 4.5: Graf vytvořené bull spread strategie

Zisk je omezen, když cena akcie přesáhne realizační cenu short call opce a potenciální ztráta je omezena z druhé strany pokud cena akcie klesne pod realizační cenu long call opce.

■ 4.2.4 Bear spread

Bear put spread je pozice, kterou složíme koupí long put opce s vyšší realizační cenou a vypsáním jedné short put opce s realizační cenou nižší. Obě dvě put opce mají stejnou expirační dobu a jsou na stejné aktivum. Cílem této strategie je profitovat z poklesu ceny podkladového aktiva [29].

Bear put spread

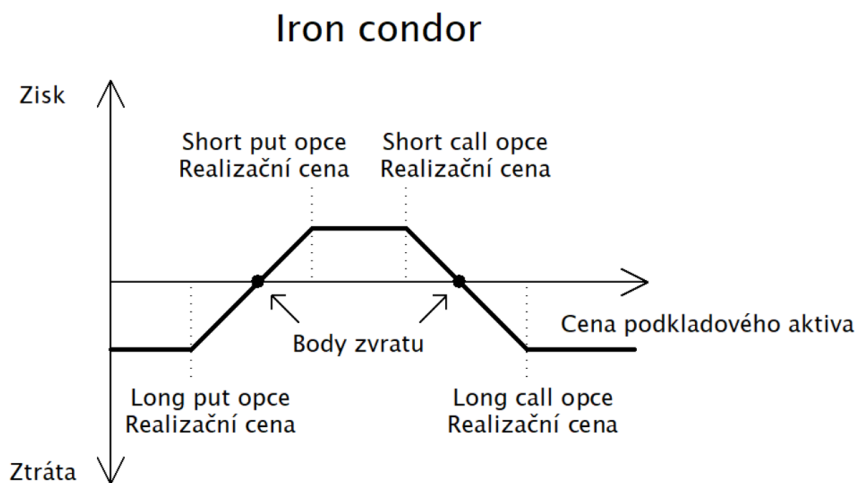


Obr 4.6: Graf vytvořené bear spread strategie

Zisk je omezen, když cena akcie bude menší než realizační cena short put opce a ztráta je omezena pokud cena akcie stoupne nad realizační cenu long put opce.

4.2.5 Iron condor

Pro vytvoření pozice iron condor musí obchodník nakoupit dvě opce a dvě opce prodat. Tedy koupí jednu long call opci a jednu long put opci, zároveň prodá jednu short call opci a jednu short put opci. Všechny čtyři opce mají společné datum expirace.



Obr 4.7: Graf po nákupu čtyř opcí pro zajištění strategie iron condor

Tato metoda spoléhá na nízkou volatilitu obchodovaného aktiva. Z grafu vidíme, že zisku dosahujeme ve chvíli, uprostřed průběhů jednotlivých opčních průběhů.

Kapitola 5

Kvantifikace obchodů s opcemi

5.1 Dotazníkové šetření

Pro kvantifikování opčních kontraktů jsem se rozhodl využít dotazníkové šetření. Dotazník jsem vytvořil pomocí formuláře Google a následně rozeslal na e-mailové adresy mezi obchodníky a výrobce elektrické energie v České republice. Vzhledem k tomu, že dotazovaného odvětví je v České republice pouze omezený počet, tak neočekávám velké množství odpovědí. Na druhou stranu všechno jsou nějakým způsobem fungující celky, takže odpovědi na otázky jsou přímo z praxe a měly by mít větší výpovědní hodnotu. Dohromady jsem tedy rozeslal formulář přibližně 80 adresátům, kdy k hledání obchodníků jsem využil stránku: <https://www.elektrina.cz/dodavatele-elektriny/>, na které je seznam dodavatelů elektrické energie [30]. Poté jsem poslal dotazník na výrobu elektrické energie, tam jsem vybral hlavně velké výrobce jako jsou: Severní energetická a.s., ČEZ a.s., Sokolovská uhelná a.s., Elektrárny Opatovice a.s. a Teplárna Kladno s.r.o. Bohužel již při samotném odesílání dotazníku se nejméně 10 e-mailů vrátilo se zprávou, že adresát již neexistuje.

5.2 Struktura dotazníku

Dotazník začínal předmluvou, kde jsem vysvětlil k čemu dotazník potřebuji a následně ujistil dotazované o samotné anonymitě jejich odpovědí, kdo chtěl mohl na konci dotazníku uvést e-mail, pro zaslání nasbíraných odpovědí. První otázkou se ptám jaký je vztah respondenta k obchodování s elektrickou energií, tedy jestli jsou to buď obchodníci nebo výrobci elektrické energie. Druhou otázkou se táži jestli používají opce při obchodování s elektrickou energií, zde je první místo ve kterém se můj dotazník rozděluje na dvě skupiny. První, ti co používají opce, tak se jich ptám třetí otázkou, jaké typy opcí obchodují, čtvrtou otázkou, kde s opcemi obchodují a pátou otázkou jestli používají opce k zajištění

svých obchodů nebo ke spekulacím. Ti co odpoví na pátou otázku, že používají opce k zajištění dostanou otázku šestou, kde mě zajímá jaké procento svého portfolia mají opcemi zajištěnou. Druhá skupina lidí, co odpoví, že neobchodují s opcemi, tak přeskočí všechny předchozí otázky a dostanou jedinou otázku, proč nepoužívají opce při svém obchodování.

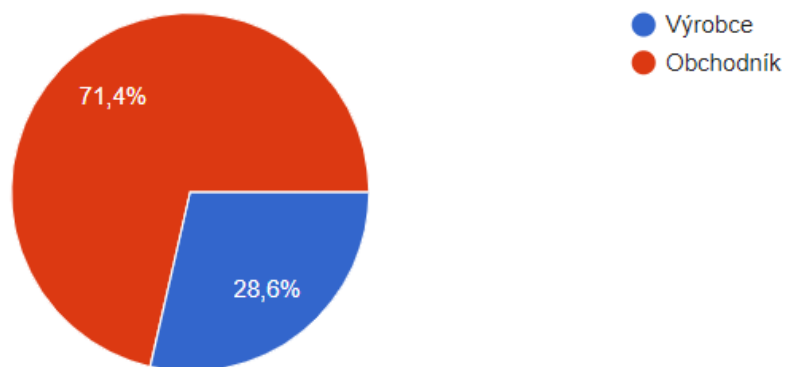
5.3 Vyhodnocení dotazníku

První otázka:

Na dotazník celkově odpovědělo 7 respondentů, což je zhruba deseti procentní účast. První otázkou jsem chtěl zajistit, abych měl odpovědi, jak od výrobců, tak od obchodníků elektrické energie.

Váš vztah k obchodování s elektrickou energií?

7 odpovědí



Obr 5.1: První dotazníková otázka a graf odpovědí

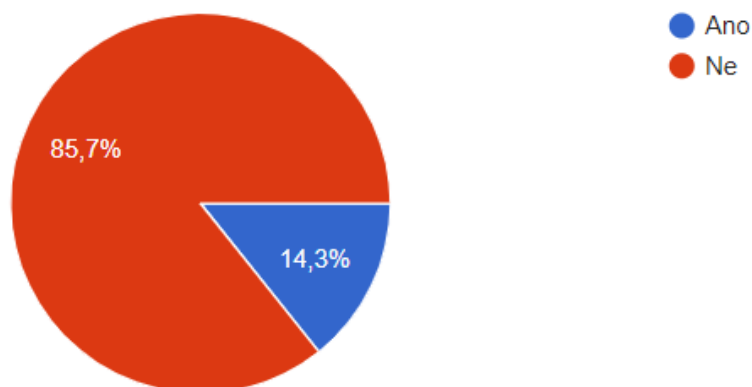
Obchodníků odpovědělo na dotazník pět (71,4 %) a výrobci dva (28,6 %), tím jsem si zajistil, že odpovědi na další otázky budou, jak ze stran obchodníků, tak stran výrobců.

Druhá otázka:

Touto otázkou jsem se přímo zeptal na používání opcí při obchodování s elektrickou energií, tato otázka nám podle odpovědi ano nebo ne rozdělila dotazník na dvě části podle toho jestli s opcemi obchodují nebo ne.

Používáte opce při obchodování s elektrickou energií?

7 odpovědí

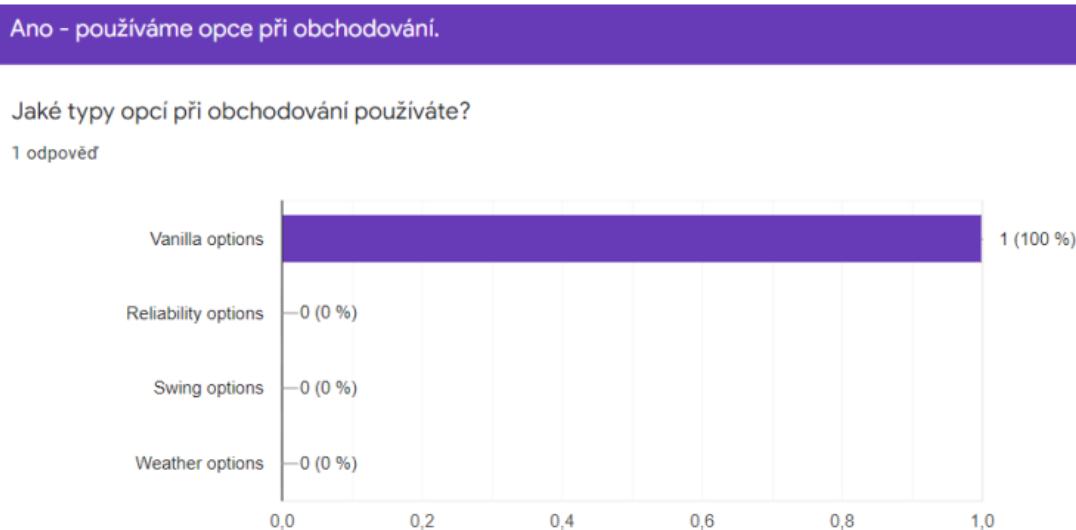


Obr 5.2: Druhá dotazníková otázka a graf odpovědí

Zde pouze jeden (14,3 %) z respondentů zaškrtl, že používá opce při obchodování s elektřinou, zatímco 6 (85,7 %) odpovědělo, že opce nepoužívají. V následujících odpovědích se blíže podíváme, proč s opcemi obchodovat a také důvody, proč většina lidí s opcemi vůbec neobchoduje.

Třetí otázka:

V této otázce jsme se zajímali o to s jakými všemi druhy opcí dotazovaní obchodují.



Obr 5.3: Třetí dotazníková otázka a graf odpovědí

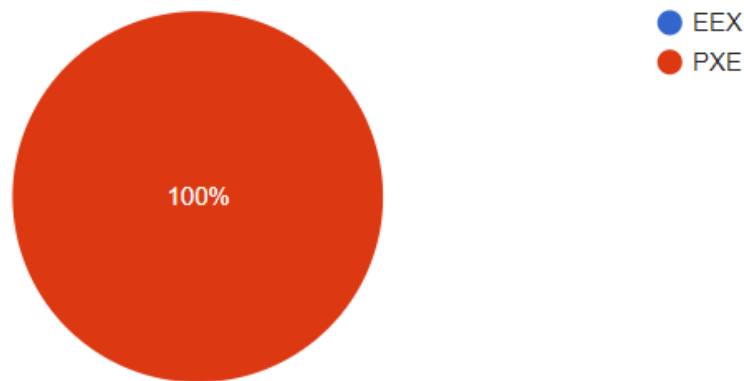
Ačkoliv s opcemi obchoduje pouze jeden respondent, tak jediné opce, které při obchodování používá jsou vanilla options, tedy opce klasické. To pro mě není žádným překvapením, jelikož je to jediný druh opcí, který jsem našel na evropských burzách. Ostatní druhy obchodovatelných opcí jsou spíše využívány na burzách v USA a Asii.

Čtvrtá otázka:

Zde mě zajímalo, kde dotazovaní obchodují s opcemi.

Kde obchodujete s opcemi?

1 odpověď



Obr 5.4: Čtvrtá dotazníková otázka a graf odpovědí

Odpověď na tuto otázku mě však velmi překvapila, protože na Pražské energetické burze se obchoduje elektřina pouze ve formě futures, což je finanční derivát, kterým prodáváme nebo kupujeme elektrickou energii o určitém množství, kvalitě a ceně, která bude dodaná k námi smluvenému datu. Dotazovaný si tedy musel zaměnit buď burzu nebo samotný typ kontraktu se kterým obchoduje. Jediné řešení, které mě napadá je, že za pomoci akcie a obligace složil opci syntetickou, ale to by si protiřečil s předcházející otázkou, kde zaškrtl, že obchoduje s klasickými opcemi.

Pátá otázka:

Když už víme, kde a s jakými opcemi náš dotázaný obchoduje, tak zbývá zjistit jestli se opcemi jistí před rizikem nebo jestli používají opce ke spekulaci cen elektrické energie. Pátá otázka znovu rozděluje dotazník a to ve chvíli, kdy tázaný používá k opce k jištění.

Používáte energetické opce k zajištění svých obchodů nebo ke spekulacím?

1 odpověď



Obr 5.5: Pátá dotazníková otázka a graf odpovědí

Náš respondent se tedy snaží opcemi jistit proti případným ztrátám při obchodování s elektřinou a nepoužívá opce pro spekulaci.

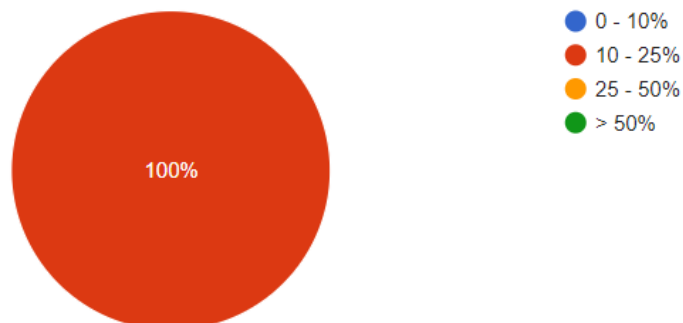
Šestá otázka:

Tuto otázku jsem pokládal pouze těm co v páté otázce odpověděli, že opce používají pro jištění a zajímalo mě, jaké procento svého portfolia mají těmito kontrakty zajištěnou.

Jistíme pomocí opcí.

Jaké procento svého portfolia máte zajištěnou pomocí opčních kontraktů?

1 odpověď



Obr 5.6: Šestá dotazníková otázka a graf odpovědí.

Sedmá otázka:

Ten, kdo odpověděl, že neobchoduje s opcemi byl dotázán na jedinou další otázku, proč? Jelikož většina dotázaných odpověděla, že nepoužívají opce při obchodování s elektrickou energií, tak asi nejvíc hodnotná část dotazníku tvoří důvody, proč obchodníci ani výrobci elektrických energií neobchodují v České republice s opcemi.

Ne - nepoužíváme opce při obchodování.

Jestliže nepoužíváte opce, tak proč?

4 odpovědi

Pro obchodování s E+P jsme nikdy opce nepotřebovali

cena je dána trhem energií, dle ní však nakupujeme a dále prodáváme odběrateli s poplatkem ohledně výkupu energie

Nelikvidní, neexistuje relevantní trh, pro zajištění pro zákazníky nejsou příliš vhodné.

Nelikvidita trhu s centrální protistranou a absence OTC trhu

Obr 5.7: Šestá dotazníková otázka a graf odpovědí

Na obrázku (5.7) vidím odpověď, že pro obchodování elektřiny a plynu nikdy opce nepotřebovali. Tento důvod bych si dokázal představit například u skupiny ČEZ, jelikož mají své zdroje dobře diverzifikované nebo nějakého menšího obchodníka, kterému by se nevyplatilo nakupovat opce na burze, jelikož i za nákup jako samotný se platí poplatky. Pro skupinu ČEZ stačí, že mají výrobu elektrické energie, jak jadernou, uhelnou, tak plynovou a paroplynovou, tudíž nejsou přímo závislí na jedné nakupované komoditě a jsou tak do určité míry zajištěni.

Druhou odpovědí je, že cena je dána trhem energií a dle ní nakupují a prodávají odběrateli s poplatkem ohledně výkupu energie, tedy obchodník s energiemi, využívá buď denní trh elektrické energie nebo je možné, že navíc obchodují s futures a energií, tak nakupují na určité dny dopředu. Zde jde o to mít dobře sepsané smlouvy s odběrateli, kde si musíme stanovit dostatečnou marži na prodávanou kWh, protože nakupuje-li obchodník pouze na denním trhu, tak ve chvíli, kdy nečekaně vzroste cena elektrické energie a obchodník má nasmlouváno za levněji, tak musí rozdíl dopláct ze svého. Ve chvíli, kdy cena dlouho neklesá může se stát, jako v případě firmy Bohemia Energy, že postupně ukončí činnost. Aby se tato situace nestávala měl by v čas zakročit energetický regulační úřad, který má na starosti kontrolu ekonomického chodu samotných obchodníků.

Třetí odpovědí je: Nelikvidní, neexistuje relevantní trh, pro zajištění pro zákazníky nejsou příliš vhodné. Likvidita je schopnost, jak snadno dokážu přeměnit aktivum na finanční prostředky. Neexistence relevantního trhu je způsobena tím, že na pražské energetické burze se opce neobchodují a pro menší

obchodníky může být koupě licence na European Energy Exchange (EEX), což burza v německém Lipsku, cenově nedostupná nebo nevýhodná. Z části věty: „zajištění pro zákazníky“, usuzuji, že tato odpověď přišla od obchodníka elektrické energie. Jelikož si obchodníci samotnou elektrickou energií sami nevyrábějí, tak použití opcí k zajištění cen je obtížnější, protože k zajištění cen elektrické energie musí toto aktivum prvně nakoupit a teprve až poté, co budou mít nakoupeno si aktivum mohou zajišťovat.

Čtvrtá odpověď: Nelikvidita trhu s centrální protistranou a absence OTC trhu. OTC, neboli „over the counter“ trh, funguje na principu, že spolu dvě strany obchodují přímo mezi sebou bez zásahu třetí strany například burzy. Obchodník opět říká, že jsou opce na obchodování nelikvidní, protože veškeré vypořádání se provádí přes centrální protistranu, kterou je burza. Kde následně musí platit poplatky za nákupy a prodej jednotlivých opcí. S tím se pak odkazuje na absenci OTC trhu, který je decentralizovaný a tudíž by se zbavil jednotlivých poplatků a dohodl si ceny jednotlivě pouze s druhou stranou.

Kapitola 6

Srovnání obchodování s elektrickou energií

6.1 Obchod v České republice

6.1.1 PXE

Obchod s elektrickou energií začal v České republice poprvé v roce 2007, kdy zde 8. ledna vznikla Energetická burza Praha (PXE) . Obchodování s elektrickou energií, včetně jejího vypořádání začala nabízet 17. července 2007. S tím, jak se burza rozšiřovala, začala postupně obchodovat nejen s českou, ale i slovenskou, maďarskou, polskou, rumunskou elektřinou a plynem. V roce 2016 se poté stala součástí globální komoditní burzy EEX Group, která sídlí v německém Lipsku, kde se celosvětově zobchoduje nejvíce kontraktů na elektrickou energii. Budeme-li chtít na PXE obchodovat s elektrickou energií, jediný finanční derivát, který obchodník zde může koupit, jsou kontrakty futures. Futures je dohoda, ve které si dvě strany určí za kolik peněz, jak dlouho, v jaké kvalitě a množství si kupující za dohodnutý čas odebere elektrickou elektřinu [31].

6.2 Obchodování ve světě

6.2.1 EEX

Podíváme-li se na německou energetickou burzu v Lipsku (EEX) zjistíme, že možností obchodování s elektrickou energií máme hned několik.

- Power futures Když se blíže podíváme na ceny z PXE a porovnáme je s německou burzou, zjistíme, že se tyto hodnoty budou lišit o malý rozdíl. To je kvůli tomu, že se ceny odvíjí od největší obchodní burzy v Evropě, kterou je pro nás EEX.
- Power options Narozdíl od PXE se na německé burze dá obchodovat s opcemi. Můžeme se navíc podívat do historie (maximálně však posledních 40 dnů), kde najdeme ceny standardních opcí na elektrickou energii, což je dostačující instrument, protože pomocí standardních opcí jsme schopni namodelovat velkou řadu již zmíněných opčních strategií.
- Obchodování povolenek EU ETS (EU Emission Trading System) Obchod s emisními povolenkami slouží k omezování vypouštění CO₂ do ovzduší. Jedna povolenka opravňuje výrobce elektrické energie vypustit do ovzduší jednu tunu CO₂. Ceny energií se tak odvíjejí i od cen emisních povolenek, která se dá ovlivnit, jak politikou ochrany klimatu, tak spekulací [32].

6.2.2 NYSE

NYSE (The New York stock exchange) je zkratka pro pro největší burzu na světě, které sídlí ve Spojených státech amerických ve městě New York City. Tato burza byla oficiálně založena v květnu roku 1792 prostřednictvím Buttonwoodské dohody, kde se mimo jiné stanovila první pravidla pro obchodování s akciami společně s možnými provizemi. NYSE se v roce 1817 poprvé dostala na Wall street, kde měla pronajatou jedinou místnost. Postupem let však formovala obchod s veškerými cennými papíry, komoditami, futerus a opcemi tak, jak ho známe dnes. Modernizace probíhala pokaždé, když se na trhu objevil produkt, který by pomohl k efektivnějšímu obchodování. V roce 1865 se trvale usídlila na Broad street site. Ze starého způsobu obchodování, kdy se vyvolávaly jednotlivé akcie museli kvůli zvyšujícímu se objemu obchodovaných akcií přejít na formu simultánního obchodování, kde akciím byly přiděleny svá obchodní místa a jednotliví brokeri tak mohli obchodovat s jakoukoliv akcií, kterou si vybrali. Začaly se používat tickery, které symboly označovaly jména jednotlivých obchodovaných cenných papírů. Začátek a konec obchodního dne se oznamoval hlasitým zvonem, původně čínský gong, který byl později nahrazen mosazným zvonem. Dnes má každá obchodní část NYSE vlastní zvonek. Instalací strojů na absorpci čpavku s chladicí schopností udělal Alfred Wolff ze sídla NYSE první klimatizovanou budovu v severní americe. Dále se na burze používaly mobilní telefony a pneumatické trubkové systémy. V roce 1960 se začalo investovat do počítačů a komunikačních sítí, kde první počítače firmy IBM byly instalovány právě na burze NYSE. Vysokorychlostní sítě umožňovaly efektivnější šíření data a burza už se stále jen zvětšovala až do dnešní formy, kde je NYSE největší burzou na Wall street [33].

NYSE provozuje dva opční trhy, prvním z nich je NYSE American Options a NYSE Arca Options. Samotné nákupy pak řeší burza pomocí ICE (Intercontinental Exchange), zde se provozují samotné elektronické trhy a mimo jiné i poskytují informace o trhu samotným zákazníkům. Elektrická energie se zde dá obchodovat jak formou standardních opcí, tak i na komoditním trhu [34].

■ 6.2.3 NASDAQ

NASDAQ (National Association of Securities Dealers Automated Quotations) je globální elektronický burzovní trh na kterém se obchodují cenné papíry. Činnost zahájil 8. února 1971. NASDAQ původně začínal jako dceřinná společnost NASD (National Association of Securities Dealers) dnes známe jako FINRA (the Financial Industry Regulatory Authority), ta k dnešnímu dni slouží jako státní organizace, která hlídá obchodování na burze, uděluje licence, kvalifikace pro prodej na burzách a snaží se zajistit ochranu kupujících. NASDAQ byl průkopníkem elektronického obchodování akcií a finančních derivátů a mohlo se tak obchodovat na burze odkudkoliv z celého světa. Budoucnost tohoto obchodu vidělo i mnoho nám dnes známých společností, které na této burze začínaly obchodovat. Společnosti jako Apple, Microsoft, Intel, Cisco, Amgen a MCI [35].

Obchodování opcí pak spadá pod NASDAQ ISE, kde se obchodují akciové a ETF (burzovně obchodované fondy) opce, indexové opce, víkendové a čtvrtroční opce [36].

■ 6.2.4 SSE

SSE (Shanghai Stock Exchange) je burza sídlící v čínském městě Šanghaji [37]. Je to první místo v celé Číně, kde se začalo obchodovat s akciemi a dalšími cennými papíry. Raná forma burzy vznikla v roce 1891. Od roku 1980, kdy rostl čínský trh díky rozvoji socialistického tržního hospodářství. Postupně začali obnovovat státní dluhopisy (1981), byly vydány akcie a podnikové dluhopisy (1984) až roku 1990 vznikla již dnešní forma burzy SSE. V současnosti je SSE, třetí největší burzou světa [38].

■ 6.2.5 JPX

JPX, neboli Japan Exchange Group je největší japonská burza, která vznikla spojením dvou celků, kterými byly Tokyo Stock Exchange Group a Osaka Securities Exchange dne 1. ledna 2013. Stejně jako všechny ostatní burzy se snaží dodávat obchodníkům spolehlivé informace a nástroje pro obchodování s cennými papíry a dalšími deriváty. Společně s ostatními burzami také zastává funkci centrální protistrany a dohlíží na vypořádání jednotlivých obchodů [39].

Energie jsou na této burze obchodovány především ve formě kontraktů futures [40].

■ 6.2.6 CME Group

CME group je americká společnost, která se stará o největší burzu finančních derivátů na světě. Nejzajímavější je, že na této burze se kromě standardních opcí, dále obchodují i HDD, CDD a CAT opce, ty jsou obchodovány na konkrétní města v USA a dále na Tokyu, Amsterdamu a Londýnu [41].

Za zmínku určitě stojí další velké burzy, jako jsou například Shenzen Stock Exchange a Hong Kong Exchange, které sídlí v Číně a evropská burza Euronext [42].

Kapitola 7

Závěr

V bakalářské práci jsem se zabýval opcemi na elektrickou energii. V první části jsem popsal standardní opce a vysvětlil základní pojmy nutné k obchodování těchto opcí. Také jsem objasnil, kdy dochází ke ztrátám a zisku při nákupu a prodeji jednotlivých opcí. Poté jsem popsal čtyři různé metody pro stanovení ceny opcí a v simulaci ukázal (viz příložený excel), že volatilita na trhu s opcemi (EEX) je asi dvakrát až čtyřikrát větší než volatilita ceny elektrické energie.

V třetí kapitole jsem popsal, jak se tvoří cena elektrické energie a vypsals jsem jednotlivé obchodní subjekty, které se účastní obchodů na burze. Rozebral, kde všude se samotnou elektřinou může obchodovat a v poslední části vypsals opce typické pro obchodování s elektrickou energií. Při srovnání jednotlivých světových burz jsem zjistil, že se s těmito opcemi obchoduje hlavně v USA. Následně jsem rozebral, jak funguje zajištění těmito opcemi a jednotlivé obchodní strategie, které se běžně při obchodování s opcemi používají.

Kvantifikaci obchodů jsem provedl formou dotazníkového šetření do kterého jsem nezískal příliš mnoho odpovědí, ale věřím, že zkoumaný vzorek se od zbytku obchodníků v republice nebude příliš lišit. V České republice by se měli zabývat zajištěním potřebné elektřiny především obchodníci a to, ať už nákupem opcí nebo futures. Čím lépe si obchodník zajistí pozici na trhu, aby mohl prodávat elektřinu za nasmlouvané ceny, tím větší je šance, že si obchodník dobře vydělá. Tedy je dobré své portfólio dostatečně diverzifikovat, abychom neměli ve vlastnictví pouze krátkodobé kontrakty, čímž bychom utrpěli při velkém zvýšení cen elektrické energie, ale i dlouhodobé kontrakty jako jsou opce nebo futures kterými si zajistíme cenu elektrické energie v delším časovém horizontu. Faktem ale zůstává, že obchodování s opcemi v České republice není úplně běžné a to hlavně z důvodu nelikvidity samotných opcí a poplatků, které se musí platit při pořízení opce. Nevýhodou je, že se opce nedají obchodovat na pražské energetické burze a pro obchodování s nimi je tedy potřeba přístup na jinou cizí burzu.

Problém s obchodováním na burze osobně vnímám v tom, že člověk s nejvíce penězi, má největší moc. Krásně bych to rozvedl na příkladu burzy EEX. To, že se obchod s elektrickou energií centralizoval na burzy je podle mě strašně zrádné. Protože Německo, jako jedna ze zemí s největšími příjmy v evropské unii, bude mít vždycky dostatečné množství peněz na to, aby si elektrickou energii nakoupili, ať už bude cena sebevětší. Když k tomu připočtu fakt, že odstavují jaderné elektrárny a snaží se z přírodních zdrojů přejít na zdroje obnovitelné.

Příloha A

Literatura

- [1] A. Rojas-Bernal and M. Villamizar-Villegas, “Pricing the exotic: Path-dependent american options with stochastic barriers,” *Latin American Journal of Central Banking*, vol. 2, no. 1, pp. 100025–100025, 2021.
- [2] “Investopedia [online]. New York City: Cory Wagner, Cory Janssen, 1999 [cit. 2022-01-03].” <https://www.investopedia.com/terms/c/calloption.asp>.
- [3] “Investopedia [online]. New York City: Cory Wagner, Cory Janssen, 1999 [cit. 2022-01-03].” <https://www.investopedia.com/terms/p/putoption.asp>.
- [4] W. Schoutens, “Exotic options under lévy models: An overview,” *Journal of Computational and Applied Mathematics*, vol. 189, no. 1, pp. 526–538, 2006.
- [5] “Youtube.cz: Prof. oldřich starý: Finanční management [online]. Praha: Cvutfel, 2018 [cit. 2022-05-14].” <https://www.youtube.com/watch?v=uWi80Jbp70I>, 2018.
- [6] “Investopedia [online]. New York City: James Chen, Gordon Scott, 2020 [cit. 2022-05-14].” <https://www.investopedia.com/terms/b/binomialoptionpricing.asp>, 2020.
- [7] “Investopedia [online]. New York City: Alan Farley, Gordon Scott, 2022 [cit. 2022-05-14].” <https://www.investopedia.com/articles/optioninvestor/08/synthetic-options.asp#toc-disadvantages-of-synthetic-options>, 2022.
- [8] Z. İltüzer, “Option pricing with neural networks vs. black-scholes under different volatility forecasting approaches for bist 30 index options,” *Borsa Istanbul Review*, 2021.
- [9] “EEX [online]. Leipzig: European Energy Exchange, 2022 [cit. 2022-05-14].” https://www.eex.com/fileadmin/EEX/Downloads/Market_Data/EEX_Group_DataSource/KWK/20220404_KWK.xls, 2022.

- [10] “Kurzy.cz [online]. Kurzy.cz, AliaWeb, 2022 [cit. 2022-01-03].” <https://www.kurzy.cz/cnb/ekonomika/vynos-dluhopisu-10r-cr/>, 2022.
- [11] “Efektivní úroková sazba - skripta [online]. Pedagogická fakulta Jihočeské univerzity [cit. 2022-01-03].”
- [12] “E.ON [online]. E.ON Energie [cit. 2022-01-03].” <https://www.eon.cz/radce/zelena-energie/ceny-energie/z-ceho-se-sklada-cena-elektriny/>.
- [13] “Kurzy.cz [online]. Kurzy.cz, AliaWeb, 2022 [cit. 2022-01-03].” <https://www.kurzy.cz/elektrina/#cenaelektriny>, 2022.
- [14] “Czechsight [online]. Praha: Jakub Zamouřil, 2022 [cit. 2022-01-03].” <https://www.czechsight.cz/>, 2022.
- [15] “Oenergetice.cz [online]. Třebíč: Jiří Salavec, 2017 [cit. 2022-01-03].” <https://oenergetice.cz/trh-s-elektrinou/trh-s-elektrinou?fbclid=IwAR362GabMmp-eyNkyctyPWXIqs5VGgYeiMoFdgYyfT2974zBWYseqWwt0h8>, 2017.
- [16] “Eru [online]. Energetický regulační úřad, 2022 [cit. 2022-05-14].” <https://www.eru.cz/o-eru>.
- [17] “PXE [online]. Power Exchange Central Europe [cit. 2022-05-14].” <https://pxe.cz/cs/derivatovy-trh/jak-se-stat-ucastnikem-obchodovani>.
- [18] Z. Šolcová, ed., *Úvod do liberalizované energetiky*. Praha: Asociace energetických manažerů, 2 ed., 2016.
- [19] “Informační portál energetické gramotnosti [online]. Mpo-efekt.cz [cit. 2022-05-14].” <https://www.informacni-portal.cz/clanek/trh-s-elektrinou#article-top>.
- [20] “Envi [online]. Verlag Dashöfer [cit. 2022-05-14].” <https://www.enviprofi.cz/>.
- [21] “Tzbinfo [online]. Jan Schindler [cit. 2022-05-14].” <https://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energi/>.
- [22] L. Andreis, M. Flora, F. Fontini, and T. Vargiolu, “Pricing reliability options under different electricity price regimes,” *Energy Economics*, vol. 87, pp. 104705–104705, 2020.
- [23] C. O’Malley, S. Delikaraoglou, and G. Hug, “Improving electricity and natural gas systems coordination using swing option contracts,” in *2019 IEEE Milan PowerTech*, pp. 1–6, 2019.
- [24] T. Berhane, N. Shibabaw, G. Awgichew, and T. Kebede, “Option pricing of weather derivatives based on a stochastic daily rainfall model with analogue year component,” *Heliyon*, vol. 6, no. 1, pp. e03212–e03212, 2020.
- [25] “Investopedia [online]. New York City: Cory Wagner, Cory Janssen, 1999 [cit. 2022-01-03].” <https://www.investopedia.com/articles/optioninvestor/08/covered-call.asp>.
- [26] S. Choi, D. Gang, and K. K. Lai, “Generating profit using option selling strategies,” in *2012 Fifth International Conference on Business Intelligence and Financial Engineering*, pp. 177–180, 2012.

- [27] T. K. Tan and B. Bing, “Options strategy for technology companies,” in *2014 International Conference on Computer and Information Sciences (ICCOINS)*, pp. 1–6, 2014.
- [28] “Fidelity: Bull spread [online]. Chicago: Chicago Board Options Exchange, 2013 [cit. 2022-05-14].” <https://www.fidelity.com/learning-center/investment-products/options/options-strategy-guide/bull-call-spread>.
- [29] “Fidelity: Bear spread [online]. Chicago: Chicago Board Options Exchange, 2013 [cit. 2022-05-14].” <https://www.fidelity.com/learning-center/investment-products/options/options-strategy-guide/bear-put-spread>.
- [30] “Elektřina.cz: Dodavatelé elektřiny [online]. Ušetřeno.cz [cit. 2022-05-14].” <https://www.elektrina.cz/dodavatele-elektriny/>.
- [31] “PXE [online]. Praha: Power Exchange Central Europe, 2007 [cit. 2022-01-03].” <https://pxe.cz/cs/o-nas/co-je-pxe>.
- [32] “EEX [online]. Leipzig: European Energy Exchange, 2000 [cit. 2022-01-03].” <https://www.eex.com/en/eex-ag/eex20>.
- [33] “Nyse [online]. Intercontinental Exchange [cit. 2022-05-14].” <https://www.nyse.com/history-of-nyse>.
- [34] “ICE [online]. Intercontinental Exchange, 2022 [cit. 2022-05-14].” <https://www.ice.com/products/Futures-Options/Energy/Electricity>.
- [35] “Nasdaq [online]. Phil Mackintosh [cit. 2022-05-14].” <https://www.nasdaq.com/articles/nasdaq%3A-50-years-of-market-innovation-2021-02-11>.
- [36] “Nasdaq [online]. ISE Products [cit. 2022-05-14].” <http://english.sse.com.cn/aboutsse/overview/>.
- [37] “SSE [online]. Shanghai Stock Exchange [cit. 2022-05-14].” <http://english.sse.com.cn/aboutsse/overview/>.
- [38] “Statista [online]. Statista, 2022 [cit. 2022-05-14].” <https://www.statista.com/statistics/270126/>.
- [39] “JPX [online]. Japan: Japan Exchange Group [cit. 2022-05-14].” <https://www.jpx.co.jp/english/corporate/index.html>.
- [40] “JPX [online]. Japan: Japan Exchange Group [cit. 2022-05-14].” <https://www.jpx.co.jp/english/derivatives/products/energy/index.html>.
- [41] “CME Group [online]. [cit. 2022-05-14].” <https://www.cmegroup.com/company/about-us.html>.
- [42] “CME Group [online]. [cit. 2022-05-14].” <https://www.cmegroup.com/trading/weather/#heating>.

Příloha B

Obrázky

1.1 Graf závislosti zisku opce na hodnotě podkladového aktiva long call opce	4
1.2 Graf závislosti ceny opce na hodnotě podkladového aktiva long put opce	5
1.3 Graf závislosti ceny opce na hodnotě podkladového aktiva short put	6
1.4 Graf závislosti ceny opce na hodnotě podkladového aktiva short call opce	7
2.1 Binomický oceňovací model pro cenu akcií strom pro dvě období	11
3.1 Graf rozdělení ceny elektřiny [13]	20
3.2 Merit order[19]	23
4.1 Graf zajištění pomocí long put opce a akcie	26
4.2 Graf zajištění pomocí covered call opce a akcie	26
4.3 Graf při koupi long put a long call opce	27
4.4 Graf při koupi long put a long call opce s jinou strike cenou	28
4.5 Graf vytvořené bull spread strategie	29
4.6 Graf vytvořené bear spread strategie	29

4.7 Graf po nákupu čtyř opcí pro zajištění strategie iron condor	30
5.1 První dotazníková otázka a graf odpovědí	32
5.2 Druhá dotazníková otázka a graf odpovědí	33
5.3 Třetí dotazníková otázka a graf odpovědí	33
5.4 Čtvrtá dotazníková otázka a graf odpovědí	34
5.5 Pátá dotazníková otázka a graf odpovědí	35
5.6 Šestá dotazníková otázka a graf odpovědí	35
5.7 Šestá dotazníková otázka a graf odpovědí	36



Příloha C

Tabulky

2.1 Zvolené hodnoty pro simulaci.	14
2.2 Příklad výpočtu ceny elektřiny pro čtyři období.	14
2.3 Tabulka hodnot vypočítaných call opcí	15
2.4 Tabulka hodnot vypočítaných put opcí.	16
2.5 Tabulka hodnot pro simulaci volatility	16
2.6 Výsledky nasimulovaných měření pro $t = 3$	17
2.7 Výsledky nasimulovaných měření pro $t = 1$	17



Příloha D

Obsah přiloženého CD

- Simulace stanovení ceny evropské call a put opce v programu Excel.