ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA EKONOMICKÁ

Diplomová práce

Finanční deriváty - jejich oceňování a využití v podnikových financích

Financial derivatives - their pricing and application in the corporate finance

Bc. Jana FOUSOVÁ

Plzeň 2013

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta ekonomická
Akademický rok: **2012/2013**

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení:	**Bc. Jana FOUSOVÁ**
Osobní číslo:	**K11N0048P**
Studijní program:	**N6208 Ekonomika a management**
Studijní obor:	**Podniková ekonomika a management**
Název tématu:	**Finanční deriváty - jejich oceňování a využití v podnikových financích**
Zadávající katedra:	**Katedra financí a účetnictví**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Charakterizujte finanční deriváty, jejich dělení a možnosti využití.
2. Popište základní teoretické modely užívané pro oceňování finančních derivátů.
3. Zpracujte modely oceňování vybraných finančních derivátů.
4. Proveďte výpočty a zhodnoťte získané výsledky.

Rozsah grafických prací: **neuveden**

Rozsah pracovní zprávy: **60 - 80 stran**

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

- **BENNINGA, Simon.** *Financial Modeling. 3rd ed.* **Cambridge, MA: MIT Press, 2008. ISBN 978-0-262-02628-4**
- **BLAKE, David.** *Analýza finančních trhů. 1.vyd.* **Praha: Grada Publishing, 1995. ISBN 80-7169-201-8**
- **CIPRA, Tomáš.** *Finanční a pojistné vzorce. 1. vyd.* **Praha: Grada Publishing, 2006. ISBN 80-247-1633-X**
- **KOLB, Robert W.; OVERDAHL, James A.** *Financial Derivatives. 3rd ed.* **New Jersey: John Whiley & Sons, 2003. ISBN 0-471-23232-7**
- **ZÁŠKODNÝ, Přemysl; PAVLÁT, Vladislav; BUDÍK, Josef.** *Finanční deriváty a jejich oceňování. 1. vyd.* **Praha: Vysoká škola finanční a správní, 2007. ISBN 978-80-86754-73-4**

Vedoucí diplomové práce: **Doc. RNDr. Ing. Ladislav Lukáš, CSc.**
Katedra ekonomie a kvantitativních metod

Datum zadání diplomové práce: **30. října 2012**

Termín odevzdání diplomové práce: **26. dubna 2013**

Doc. Dr. Ing. Miroslav Plevný
děkan

L.S.

Prof. Ing. Lilia Dvořáková, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 30. října 2012

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma

„Finanční deriváty - jejich oceňování a využití v podnikových financích“

vypracovala samostatně pod odborným dohledem vedoucího diplomové práce za použití pramenů uvedených v přiložené bibliografii.

V Plzni, dne 26. dubna 2013 ....

podpis autora

Poděkování

Ráda bych na tomto místě poděkovala doc. RNDr. Ing. Ladislavu Lukášovi, CSc., mému vedoucímu diplomové práce, za podporu, cenné rady, připomínky a inspiraci při tvorbě diplomové práce.

Obsah

Úvod

Finanční trhy jsou jednou z nejrychleji se rozvíjejících oblastí finančního světa. V důsledku globalizace dochází také k rozvoji finančních derivátů, s kterými se na těchto trzích obchoduje. Deriváty ale nejsou věcí novou, mají poměrně dlouhou historii, i když v České republice se s nimi začalo obchodovat až od počátku 90. let minulého století. S deriváty se obchoduje nejčastěji z důvodu snahy o zajištění se proti tržnímu riziku, ale využívají je i spekulanti v touze po získání co největšího zisku.

Během svého studia jsem měla možnost nahlédnout do základních principů fungování finančního světa, především díky předmětům Základy analýzy kapitálového trhu (KEM/ZAKT), Kvantitativní financí (KEM/KF) a Finanční deriváty (KEM/FDE). Tato problematika mě velmi oslovila, proto jsem si finanční deriváty zvolila i jako téma mé diplomové práce.

V první části své práce se zaměřím na obecnou charakteristiku derivátů a jejich dělení. V druhé kapitole stručně nastíním možnosti využití finančních derivátů. Problematika finančních derivátů je velmi rozsáhlá. Kvůli komplexnosti práce se bude třetí kapitola stručně zabývat pevnými termínovými operacemi, tj. forwardy, futures a swapy. Stěžejní část práce ale bude zaměřena na opční termínové operace. V oblasti oceňování bude rozebrán především binomický model oceňování opcí a Black-Scholesův model. Pro složitost dané problematiky bude zaměřen pouze na evropské opce na akcie, které nevyplácejí dividendy.

V praktické části oceňování opcí bude využit DP_KFU_FousovaJ_130415.nb, který byl sestaven s využitím SW Mathematica, Wolfram Research, Inc., na základě konzultací o mé diplomové práci a absolvování kurzu „Úvod do SW Mathematica“, který pořádala katedra KEM a proběhl na začátku LS akad. roku 2012/2013. S principy programování jsem se blíže seznámila v rámci výuky předmětů Kvantitativní finance a Finanční deriváty. Veškeré praktické aplikace budou vyvinuty během konzultací s mým vedoucím práce, doc. RNDr. Ing. Ladislavem Lukášem, CSc.

Moje diplomová práce bude primárně zaměřena na finanční deriváty, jejich charakteristiku a základní modely jejich ocenění. Ale dobrý finanční manažer by také měl být schopen finanční deriváty použít. Např. finanční manažer relativně velkého, expandujícího výrobního podniku by měl sledovat průběh aktiv a zajímat se o to, kam alokovat volné finanční prostředky. Proto by měl sledovat případné investiční možnosti, především kurzy akcií, ale i dalších investičních instrumentů, např. finančních derivátů a pohyby jejich podkladových aktiv.

Cíle práce je možné rozčlenit na tři oblasti. Prvním cílem bude analýza finančních derivátů, jejich bližší charakteristika a definování základních pojmů, které jsou s deriváty pevně spojené. Druhým cílem této práce bude blíže přiblížit problematiku opcí a jejich oceňování. Oceňování bude zaměřeno na evropské opce a bude provedeno pomocí binomického modelu a Black-Scholesova modelu. Třetím cílem bude algoritmické zvládnutí naprogramování Black-Scholesova modelu a binomického modelu v SW Mathematica. Přitom se pokusím i o zvládnutí výpočtu citlivostních parametrů, tzv. Greeks.

1 Charakteristika finančních derivátů

Definic pojmu „derivát“ lze nalézt v odborné literatuře několik, nejpřesnější a nejpodrobnější definice jsou obvykle obsaženy v mezinárodních účetních standardech a zahraniční odborné literatuře.

Derivát je kontrakt, který odvozuje většinu své hodnoty z nějakého podkladového aktiva, referenční sazby nebo indexu. [21, str. 1]

Derivátem jsou nazývány „specifické typy investic, jejichž výnos je odvozen (tj. „derivován“) od výkonnosti aktiv (zboží, akcií nebo dluhopisů), úrokových sazeb, směnných kurzů měn nebo indexů (akciových indexů, indexu spotřebitelských cen nebo indexů počasí). Deriváty mají termínový charakter a nevyžadují žádnou nebo jen nízkou počáteční investici.“ [31, str. 9]

„Finanční instrumenty jsou označovány jako derivátové cenné papíry, pokud je jejich hodnota závislá na hodnotě nějakého jiného podkladového aktiva; to znamená, že hodnota derivátu je derivována od hodnoty nějakého jiného podkladového aktiva.“ [12, str. 16]

Pokud bychom chtěli termín „derivát“ definovat z pohledu českých zákonů, nalezneme tři rozdílné definice, a to:

a) podle zákona č. 219/1995 Sb., devizový zákon: Jako finanční deriváty lze vymezit devizové prostředky, tj. „peněžní prostředky v cizí měně, zahraniční cenné papíry a dále penězi ocenitelná práva a závazky od nich odvozené.“ [29]
b) podle zákona č. 256/2004 Sb., o podnikání na kapitálovém trhu: Jako deriváty lze označit
    - „opce na investiční nástroje uvedené v odstavci 1 písm. a) až c),
    - finanční termínové smlouvy (zejména futures, forwardy a swapy) na investiční nástroje uvedené v odstavci 1 písm. a) až c),
    - rozdílové smlouvy a obdobné nástroje pro přenos úrokového nebo kurzového rizika,
    - nástroje umožňující přenos úvěrového rizika,

- jiné nástroje, ze kterých vyplývá právo na vypořádání v penězích a jejichž hodnota se odvozuje zejména z kurzu investičního cenného papíru, indexu, úrokové míry, kurzu měny nebo ceny komodity.“ [30]

c) podle českých účetních standardů: Český účetní standard pro podnikatele č. 009 Deriváty pracuje s vymezením derivátů stanovených ve Vyhlášce č. 500/2002 Sb.

Z daných definic lze charakterizovat derivát jako finanční instrument se základními rysy, tj.

- základem finančního derivátu je jiný instrument, který ovlivňuje hodnotu derivátu, jedná se tedy o odvozený instrument,
- finanční derivát je termínovým obchodem, jehož vypořádání proběhne v budoucnu,
- derivát lze sjednat s nulovou počáteční hodnotou.

[12, str. 282]

1.1 Vývoj finančních derivátů

Asi první zmínka o opcích se nalézá v Kodexu Chammurabiho, kde je stanoveno, že farmáři mající neúrodu nemusí po jeden rok platit úroky ve formě zrna. Takže opce není nic nového, existuje již přes 3800 let. Původ forwardu se zas dá datovat antickým obdobím, kdy si římští panovníci tímto způsobem jistili dodávky egyptského obilí. [18, str. 99 -100]

Za první burzu, kde se s deriváty dalo obchodovat, je označována Royal Exchange v Londýně. Ale termínové obchody bylo v té době možno realizovat i v Japonsku, kde se již kolem roku 1650 daly uzavírat termínové obchody (obdoba dnešních futures).

Největší derivátové burzy byly založeny v Chicagu – v roce 1848 Chicago Board of Trade (CBOT) a v roce 1874 Chicago Mercantile Exchange (CME). Jednalo se původně o komoditní burzy zaměřené na obilní kontrakty. Tyto kontrakty posloužily jako základ pro dnešní futures. Burza CBOT je také významná tím, že se zde „narodili“ spekulanti, kteří profitovali ze správného odhadu budoucích cen obilí.

K útlumu v obchodování s deriváty došlo na počátku 20. století. Kvůli četným podvodům se vláda USA pokusila v r. 1922 o regulaci obchodování s obilními futures, v r. 1936 opce na futures úplně zakázala. Také v Evropě a v Japonsku byly na přelomu 19. a 20. století opce i futures několikrát zakázány.

V dnešní době deriváty na zemědělské komodity představují velmi malou část derivátů. Další vývoj derivátů už nesměřuje do zemědělských komodit. Zaměřuje se především na drahé kovy a finanční nástroje. Hlavním druhem dnešních derivátů jsou úrokové, akciové a komoditní deriváty.

Za první finanční deriváty lze považovat měnové futures, se kterými se začalo obchodovat po založení Mezinárodního měnového trhu burzou CME v roce 1972, kdy došlo k zavedení volného měnového floatingu u řady měn. V roce 1973 vznikla opční burza Chicago Board Options Exchange (CBOE), kde se začalo obchodovat s opcemi na akcie. V tomto roce také vznikl asi nejvýznamnější model oceňování opcí – tzv. Black-Scholesův model oceňování opcí, jehož autorem jsou američtí ekonomové Fischer Black a Myron Scholes.

80. léta lze charakterizovat jako období rozvoje swapů a jiných mimoburzovních obchodů. V tomto období došlo také ke vzniku mnoha nových, mnohem složitějších, finančních nástrojů, které slouží k jištění rizik. Tyto nástroje bývají nazývány jako „exotické“.

Mezi nejmladší deriváty patří úvěrové deriváty a povětrnostní deriváty, které vznikly v 90. letech.

Finanční deriváty si během svého vývoje vybudovaly mezi nástroji finančního trhu silnou pozici. Rostoucí objemy derivátových obchodů ale vzbuzují i obavy. Někteří finanční odborníci je považují za nástroj ohrožující finanční stabilitu. Americký obchodník a investor Warren Buffett je dokonce nazval „časovanou bombou“ či „finanční zbraní masové destrukce“. [19, str. 11]

1.2 Klasifikace derivátů

Deriváty lze členit podle různých hledisek. Mezi základní se řadí členění podle typu obchodu, podle místa obchodu a podle druhů rizik a podkladového aktiva.

1.2.1 Podle typu obchodu

Z časového hlediska je možné finanční operace rozdělit na spotové a termínové kontrakty. Zatímco u *spotových (promptních) kontraktů* je dané zboží okamžitě zaplaceno a dodáno (s určitou časovou tolerancí dle obchodních zvyklostí), u *termínových kontraktů* se objevuje časový odstup mezi uzavřením kontraktu a jeho plněním.

Derivátové obchody, patřící mezi termínové obchody, se sjednávají mezi dvěma stranami, tj. mezi kupujícím a prodávajícím. Podle jejich vzájemného postavení můžeme obchody dělit na *pevné* a *opční*.

<u>Pevné termínové operace (nepodmíněné)</u>

U pevných termínovaných operací je postavení obou subjektů shodné. Oba mají právo i povinnost dodržet sjednaný obchod.

Mezi základní formy pevných termínových operací řadíme:

- forwardy,
- futures,
- swapy.

<u>Opční termínové operace (podmíněné)</u>

Jako opční termínové operace nazýváme obchody s rozdílným postavením kupujícího a prodávajícího. Prodávající má povinnost bezpodmínečně sjednaný obchod provést, a to na výzvu kupujícího. Naproti tomu kupující se může rozhodnout, zda chce daný obchod uskutečnit, či nikoliv. Má tedy právo, nikoliv povinnost, sjednaný obchod provést.

1.2.2 Podle místa obchodu

<u>Burzovní obchody</u>

Jako obchody burzovní se označují standardizované obchody na derivátových burzách. Pravidla kótování, obchodování a vypořádání jsou přesně stanovena. Výhodami burzovních obchodů jsou velká likvidita, standardizace a nulové kreditní riziko. Nevýhodou může být přesně stanovený objem nebo stanovená doba splatnosti.

Mimoburzovní obchody (OTC)

Mimoburzovní obchody, jak již název napovídá, se odehrávají mimo burzu. Podmínky uskutečnění obchodu záleží na dohodě mezi dvěma stranami. Tento typ obchodů v posledních letech převažuje.

1.2.3 Podle druhů rizik a podkladového aktiva

Mezi nejvýznamnější finanční rizika spojená s použitím finančních derivátů lze zařadit tržní, úvěrová a ostatní rizika.

Tržní rizika

Tržní riziko je způsobeno kolísáním tržních cen a jejich dopadem na hodnotu majetku společnosti (investora). Podle toho k jakému podkladovému aktivu se tržní cena vztahuje, členíme deriváty na:

- *úrokové deriváty,*
- *měnové deriváty,*
- *akciové deriváty,*
- *komoditní deriváty.*

Úvěrová rizika

Podkladem finančních derivátů na úvěrové riziko je dluh. Jejich plnění je odvozeno od určité právní či jinak definované skutečnosti. Tyto deriváty se nazývají *úvěrové deriváty*.

Ostatní rizika

Deriváty lze sjednat i na jiné skutečnosti, např. na rizika spojená s vývojem počasí.
[19, str. 17 – 19], [12, str. 34 - 36]

2 Pevné termínové operace

„Pevné (nepodmíněné) deriváty představují termínový obchod, který jsou jeho oba účastníci povinni k datu splatnosti uskutečnit bez ohledu na to, jaká je k tomuto datu skutečná cena podkladového aktiva; vstup do takového termínového kontraktu (tzv. otevření pozice) je obvykle pro obě strany bezplatný.“ [9, str. 76]

Mezi hlavní typy pevných termínových kontraktů patří:

- *forwardy,*
- *futures,*
- *swapy.*

2.1 Forwardy

2.1.1 Charakteristika forwardů

Forwardy se zařazují mezi OTC obchody s vypořádáním dvou podkladových nástrojů k jednomu budoucímu okamžiku. Při uzavírání transakce je předem stanoveno množství určitého aktiva, časový termín a cena. Z toho vyplývá, že „kontrakt typu forward uzamkne dnešní cenu směny, ke které dojde k nějakému budoucímu datu.“ [8, str. 239]

Uzavřením forwardového kontraktu se účastník v dlouhé pozici (tj. kupující) zaváže, že k datu splatnosti kontraktu koupí podkladové aktivum za termínovou cenu sjednanou při uzavření forwardu, obdobně účastník v krátké pozici (tj. prodávající) se zavazuje, že k datu splatnosti kontraktu prodá podkladové aktivum za termínovou cenu sjednanou při uzavření forwardu. [9, str. 76]

Výhodou forwardových obchodů je jejich možné individuální nastavení, jejich „střih na míru“ oběma zúčastněným stranám. Lze tedy vyhovět požadavkům např. na objem transakce nebo na datum plnění. Jejich podstatnou nevýhodou ale je, že jednou sjednaný forward již nemůže být zrušen (pokud se tedy na tom neshodnou obě strany). Omezena je také možnost převodu na třetí stranu, z toho lze odvodit, že forward není moc obchodovatelný ani příliš likvidní. U tohoto typu obchodu také neexistuje záruka, že druhá strana dostojí svým závazkům stanoveným ve smlouvě.

2.1.2 Členění forwardů

Mezi nejvíce užívané forwardové kontrakty patří úrokové forwardy (nejběžnější jsou FRA) a měnové forwardy. Dále se lze setkat s komoditními, akciovými a úvěrovými forwardy, ty se ale používají spíše výjimečně.

2.1.2.1 Úrokové forwardy

Jedná se o „forward na výměnu pevné částky hotovosti v jedné měně za dosud neznámou částku hotovosti či případně za úvěr, vklad, půjčku hotovosti, dluhový cenný papír či pohledávku, a to v téže měně.“ [19, str. 87] Při uzavírání úrokového forwardu subjekt odhaduje budoucí spotovou bezrizikovou úrokovou míru.

Podle způsobu vypořádání lze úrokové forwardy rozčlenit na tři druhy[1]:

- při čistém vypořádání – dohoda o forwardové úrokové míře (FRA),
- při hrubém vypořádání ve formě vkladu, úvěru nebo půjčky hotovosti – forwardový termínový vklad, úvěr nebo půjčka hotovosti,
- při hrubém vypořádání ve formě dluhového cenného papíru nebo pohledávky s určitou splatností – forwardová koupě či prodej dluhového cenného papíru či pohledávky.

Dohoda o forwardové úrokové míře (FRA)

Tento instrument vznikl ve Švýcarsku v polovině 80. let. Je možné ho definovat jako instrument, který slouží pro zajištění úvěru nebo pohledávky fixní úrokovou mírou. Využívá ho především subjekt, který bude v budoucím čase potřebovat úvěr (nebo bude investovat depozitum) za tržní úrokovou míru, která je pohyblivá, a chce se proti tomuto pohybu zajistit. Principem FRA je, že ani jeden z partnerů neposkytuje nominální částku, ale dochází pouze k vyrovnání rozdílu mezi sjednanou úrokovou mírou ve FRA a skutečnou tržní úrokovou mírou platnou v rozhodný den na počátku FRA-období. Při vypořádání mohou nastat 3 situace:

- referenční sazba je vyšší než sjednaná FRA-sazba – plnění v tomto případě poskytuje prodávající kupujícímu,
- referenční sazba se rovná sjednané FRA-sazbě – nedochází k žádnému vypořádání mezi kupujícím a prodávajícím, žádná platba se neuskuteční,

[1] Zdroj: [19, str. 87]

- referenční sazba je nižší než sjednaná FRA-sazba – plnění v tomto případě poskytuje kupující prodávajícímu.

Ve smlouvě FRA se definují následující proměnné[2]:

- subjekty, které kontrakt sjednávají,
- fixní úroková sazba, tzv. FRA-sazba,
- FRA-období (jedná se o úrokové období, na které se vztahuje sjednaná FRA-sazba),
- počátek FRA-období,
- nominální částka, od které se odvíjí výše plnění,
- tržní úroková sazba (tzv. referenční sazba),
- měna, ve které kontrakt probíhá (nejčastěji euro, americký dolar, švýcarský frank, japonský jen, britská libra).

2.1.2.2 Měnové forwardy

Měnové forwardy jsou jednou z nejstarších forem termínových devizových operací. Sjednávají se na „výměnu pevné částky hotovosti v jedné měně za pevnou částku hotovosti v jiné měně k určitému datu v budoucnosti“ [19, str. 184]. Jsou realizovány při tzv. forwardovém kurzu, jehož výše je odvozena z vývoje nabídky a poptávky na termínovém trhu. Nejvíce likvidní jsou měnové forwardy se splatností 1 – 12 měsíců. Čím vyšší splatnost, tím nižší likvidita.

2.1.2.3 Komoditní forwardy

Komoditní forwardy slouží k výměně pevné částky hotovosti za určitou komoditu k určitému budoucímu datu. Dohodnutá cena forwardu se nazývá forwardová cena.

2.1.3 Způsob oceňování forwardů

Ocenění forwardů lze nalézt v mnoha publikacích, každý autor ale zavádí své vlastní značení jednotlivých proměnných, proto je pro přehlednost v následujících výpočtech použito značení pouze podle Cipry[3]. Nejdříve bude provedeno ocenění úrokového

[2] Zdroj: [20, str. 18], [13, str. 17]
[3] Podle [9] a [10]

forwardu FRA, poté ocenění měnového forwardu, kapitola se tedy zaměří pouze na nejběžnější typy forwardů.

Úrokový forward FRA

Jak je popsáno v kapitole 2.1, úrokový forward spočívá v kompenzaci úrokového rozdílu, který vznikne mezi FRA-sazbou a referenční sazbou k datu splatnosti FRA.

Tato kompenzační platba pro kupujícího/prodávajícího FRA se vypočítá dle následujícího vzorce:

$$K_{FRA}^{N} = -K_{FRA}^{P} = P \times \frac{\left(i_{ref} - i_{FRA}\right) \times (T^{*} - T)/360}{1 + i_{ref} \times (T^{*} - T)/360} \qquad (1)$$

kde

K_{FRA}^{N} ….. kompenzační platba pro kupujícího FRA

$-K_{FRA}^{P}$ ….. kompenzační platba pro prodávajícího FRA

P ….. nominální částka úvěru nebo depozita

i_{ref} ….. roční referenční sazba

i_{FRA} ….. roční FRA-sazba

T^{*} ….. datum splatnosti daného úvěru či depozita, přitom musí platit $t < T < T^{*}$

T ….. datum splatnosti FRA, současně i počátek podléhajícího úvěru nebo depozita

t ….. současné datum

Pro daný výpočet je třeba ještě stanovit velikost roční FRA-sazby, a to podle vzorce:

$$i_{FRA} = \frac{i_{T^{*}} \times (T^{*} - t) - i_{T} \times (T - t)}{[1 + i_{T} \times (T - t)/360] \times (T^{*} - T)} \qquad (2)$$

kde

i_{T} ….. roční bezriziková úroková míra v čase t se splatností v čase T

$i_{T^{*}}$ ….. roční bezriziková úroková míra v čase t se splatností v čase T^{*}

Příklad[4]

Podnik bude potřebovat za 6 měsíce 12měsíční překlenovací úvěr ve výši 2 000 000 EUR úročený 12měsíčním LIBOREM + 2,5 %. Protože se obává budoucího zvýšení

[4] Příklad zpracován podle [10, str. 132]

úrokových měr, rozhodne se zajistit prostřednictvím FRA. Koupí FRA kótovaný bankou jako 6,5 – 6,75 % na 2 000 000 EUR pro 6 na 18. Sjednaná FRA-sazba tedy bude činit 6,75 %. Jako referenční sazba je sjednána 12měsíční LIBOR. Výpočet bude proveden za předpokladu, že v rozhodný den činí referenční sazba 8,25 %.

<u>Výpočet</u>

$$K_{FRA}^{N} = 2\,000\,000 \times \frac{(0{,}0825 - 0{,}0675) \times 360/360}{1 + 0{,}0825 \times 360/360} = 27\,713{,}62587\ EUR$$

K datu splatnosti FRA (tj. za 6 měsíců) bude podniku vyplacen kompenzační podíl ve výši 27 713,63 EUR.

$$2\,000\,000 \times (1 + 0{,}1075) \times \frac{360}{360} = 2\,215\,000\ EUR$$

$$2\,000\,000 \times (0{,}0825 - 0{,}0675) \times \frac{360}{360} = 30\,000\ EUR$$

$$2\,000\,000 \times (1 + 0{,}0925) \times \frac{360}{360} = 2\,185\,000\ EUR$$

K datu splatnosti překlenovacího úvěru (tj. od současného data za 18 měsíců) musí podnik uhradit částku 2 215 000 EUR. Po odečtu zúročené kompenzační platby 30 000 EUR lze vyčíslit náklady úvěru na 2 185 000 EUR, které odpovídají úvěrové úrokové míře na úrovni 9,25 %. Výši této sazba uzamkl podnik uzavřením dlouhé pozice ve FRA (LIBOR + 2,5 %, tj. 6,75 % + 2,5 %). Bez FRA by se jednalo o úvěrovou úrokovou míru ve výši 10,75 %.

Měnový forward

Měnový forward se nejčastěji sjednává v případě, že si subjekt chce zajistit pro budoucí nákup (či prodej) určité cizí měny přijatelný měnový kurz. Dále se také využívá pro spekulace na devizovém trhu.

Cenou měnového forwardu je termínový měnový kurz, který se sjednává k budoucímu datu splatnosti forwardu. „Termínový kurz se stanoví eliminací případného arbitrážního zisku, který by vznikl vzhledem k rozdílným úrokovým mírám příslušných měn.“ [10, str. 128] Přitom se ale musí v dané měně rozlišit úroková míra pro vklad a úroková míra pro úvěr. K odvození termínového měnového kurzu budou použity vzorce podle Cipry.

Nákupní termínový kurz měny B za měnu A

$$TK_{A/B}^{N} = SK_{A/B}^{N} \times \frac{1 + \ i_{A}^{V} \ \times (T - t)/360}{1 + \ i_{B}^{Ú} \ \times (T - t)/360} \tag{3}$$

kde

$TK_{A/B}^{N}$ ….. nákupní termínový kurz měny B za měnu A z hlediska banky

$SK_{A/B}^{N}$ ….. nákupní spotový (aktuální) kurz měny B za měnu A z hlediska banky

i_{A}^{V} ….. úroková míra pro vklad v měně A

$i_{B}^{Ú}$ ….. úroková míra pro úvěr v měně B

t ….. současné datum

T ….. datum splatnosti forwardu

Z výše uvedeného vzorce je vidět, že možnost vzniku arbitrážního zisku je eliminována přibližnou rovností nákupního termínového kurzu měny B za měnu A a podílu mezi úrokovou mírou vkladu v měně A a úrokovou mírou na poskytnutý úvěr v měně B k datu splatnosti forwardu vynásobeného spotovým měnovým kurzem.

Analogicky lze stanovit prodejní termínový kurz měny B za měnu A

$$TK_{A/B}^{P} = SK_{A/B}^{P} \times \frac{1 + \ i_{A}^{Ú} \ \times (T - t)/360}{1 + \ i_{B}^{V} \ \times (T - t)/360} \tag{4}$$

kde

$TK_{A/B}^{P}$ ….. prodejní termínový kurz měny B za měnu A z hlediska banky

$SK_{A/B}^{P}$ ….. prodejní spotový (aktuální) kurz měny B za měnu A z hlediska banky

i_{B}^{V} ….. úroková míra pro vklad v měně B

$i_{A}^{Ú}$ ….. úroková míra pro úvěr v měně A

<u>Příklad</u>

Podnik uzavřel smlouvu na nákup výrobní linky v hodnotě 200 000 EUR u francouzského dodavatele. Kupní cena bude uhrazena v den dodání, tj. měsíc po uzavření smlouvy. Protože se firma obává budoucího vývoje kurzu české koruny, rozhodla se uzavřít jednoměsíční forwardový kontrakt na nákup 200 000 EUR. K dnešnímu dni činí spotový měnový kurz Kč/EUR 25,90. Sjednaný kurz jednoměsíčního forwardu Kč/EUR je stanoven na 26,30. K datu dodání, tj. za jeden měsíc, je spotový kurz ve výši 27,10.

Výpočet

Podnik sjednáním forwardu uzavřel dlouhou pozici, čímž si zajistil kurz Kč/EUR 26,30. V době dodání tedy podnik uhradí za výrobní linku 200 000 EUR, které nakoupí za 5 260 000 Kč. Pokud by si forward nesjednal, stál by ho nákup potřebných EUR na spotovém trhu 5 420 000 Kč. Podnik tedy ušetřil 160 000 Kč.

Určení forwardové ceny je možné provést podle modelu čistých refinančních nákladů (také označován jako model přenosových nákladů, cost of carry), který se používá i pro oceňování futures. Tento model vychází z předpokladu rovnosti vstupu do určité pozice forwardu a refinančních nákladů, které by se musely vynaložit na docílení stejného výsledku na spotovém trhu.

Forwardy na investiční aktiva

Forwardová cena na akcii nevyplácející v daném časovém období dividendu se stanoví jako

$$F_t = K = S_t \times e^{i(T-t)} \qquad (5)$$

kde

F_t ….. cena forwardu v čase t (termínový kurz)

K ….. cena dodávky

S_t ….. spotový kurz podkladového aktiva v čase t

t ….. současné datum

T ….. datum splatnosti forwardu

i ….. bezriziková úroková míra v období od t do T

Analogicky lze určit **forwardovou cenu na akcii vyplácející nespojitou hotovostní dividendu** (jejíž výše je známa):

$$F_t = K = (S_t - V_t) \times e^{i(T-t)} \qquad (6)$$

kde

V_t ….. současná hodnota dividend v čase t, které jsou vypláceny do splatnosti forwardu

Forwardovou cena na akcii vyplácející spojitou hotovostní dividendu (jejíž výše je známa):

$$F_t = K = S_t \times e^{(i-d)(T-t)} \tag{7}$$

kde

d ….. konstantní roční intenzita výplaty dividend

Cena forwardu na cizí měnu:

$$F_t = K = S_t \times e^{(i-i_c)(T-t)} \tag{8}$$

kde

i_c ….. bezriziková úroková míra na cizí měnu v období od t do T

Forwardy na spotřební aktiva

Vzorce lze dále upravit také na forwardy na komoditní aktiva, kde je nutné uvažovat s možnými skladovacími náklady.

Cena forwardu na drahý kov:

$$F_t = K = S_t \times e^{(i+s)(T-t)} \tag{9}$$

kde

s ….. roční skladovací náklady

U forwardů na neskladovatelná aktiva, tzn., že podkladem je aktivum, které nelze skladovat buď vůbec, nebo pouze krátkou dobu, je vztah mezi forwardovou a spotovou cenou nejednoznačný. Zjednodušeně lze říci, že se navzájem neovlivňují. [25, str. 22]

<u>Příklad na určení cenu forwardu k okamžiku jeho sjednání</u>

Podnik si pořizuje 6měsíční forward na akcii, která v daném období nevyplácí dividendy. Současná hodnota podkladové akcie činí 10 000 Kč, bezriziková úroková míra je 6 %.

Výpočet

$$F_t = 10\,000 \times e^{0,06(0,5)} = 10\,304{,}54534$$

Cena forwardu k okamžiku jeho sjednání je 10 304,55 Kč.

2.2. Futures

2.2.1 Charakteristika futures

Jedná se vlastně o standardizované forwardy, které lze uzavírat a obchodovat s nimi na termínových burzách. Fufures obchod mezi sebou sjednávají kupující a prodávající, jedná se o pevnou dohodu, která jim přináší práva i povinnosti. Kupující uzavírá dlouhou pozici, získává tím právo a zároveň povinnost koupit podkladové aktivum ve stanoveném termínu v budoucnu. Prodávající se naopak nachází v krátké pozici, má právo a zároveň i povinnost v budoucnu ve stanoveném termínu prodat sjednané podkladové aktivum. Výhodnost krátké a dlouhé pozice závisí na vztahu mezi sjednanou futures cenou a spotovou cenou podkladového aktiva v době splatnosti futures kontraktu.

Standardizace futures zahrnuje[5]:

- standardizovaný typ podkladového aktiva,
- standardizované množství pokladového aktiva (určena jednotka kontraktu),
- standardizované datum splatnosti – jedná se o přesně určené dny v roce,
- standardizované kótování ceny – stanovena jako budoucí cena dodávky podkladového aktiva.

2.2.2 Členění futures

Komoditní futures

Komoditní futures jsou velmi specifické, používají se především na sezónní produkty, špatně skladovatelné komodity a komodity se sklizňovým cyklem.

V posledních letech se komoditní futures soustředí především na oblast:

- zemědělskou, lesnickou a potravinářskou,
- metalurgickou – drahé kovy, měď, hliník, nikl, zinek, cín a olovo,
- petrochemickou – surová ropa, benzín, topný olej, zemní plyn a propan.

[5] Zdroj: [9, str. 79 – 80]

Měnové futures

Cizoměnové obchody je možné uskutečnit také pomocí futures, nejsou doménou pouze forwardů. Na trhu futures se obchoduje pouze s měnami se zásadním významem, např. s japonským jenem, kanadským dolarem, švýcarským frankem, eurem a australským dolarem. Měnové futures jsou standardizovány, dnem splatnosti je určen druhý pracovní den před třetí středou v měsících březen, červen, září a v prosinci.

Úrokové futures

Jedná se o relativně nový druh termínového kontraktu, k jehož rozvinutí došlo teprve v 70. letech minulého století. Úrokové instrumenty, které jsou podkladem těchto futures obchodů, se mohou členit z hlediska splatnosti (instrumenty s krátkodobou splatností – nejčastěji 3 měsíční, instrumenty s dlouhodobou splatností – např. dlouhodobé a střednědobé státní dluhopisy) a z hlediska druhu úrokového instrumentu (úvěrové cenné papíry, „fiktivní“ úrokové instrumenty – podkladem může být např. teoretické přijetí úvěru).

Futures na akciové indexy

Futures na akciové indexy umožňují spekulace na vývoj kurzu portfolia podkladových akcií.

2.2.3 Způsob oceňování futures

Kontrakty finančních futures mají úplně stejnou funkci a specifika jako forwardové kontrakty, proto budou mít i stejnou cenu. [8, str. 261] Toto ale platí pouze za předpokladu, že známe budoucí vývoj bezrizikové úrokové míry.

Oceňování futures je založeno na obdobném principu jako oceňování forwardů. Nejčastěji se k jejich oceňování využívá model cost of carry, který stanoví teoretickou hodnotu termínového kurzu. Tato hodnota se může odlišovat od skutečného termínového kurzu futures z důvodu vstupu dalších faktorů do modelu, jako např. volatilita spotového kurzu, očekávání daných tržních subjektů. Rozdíl mezi spotovou cenou, skutečným termínovým kurzem a teoretickým termínovým kurzem se nazývá báze. Nejčastěji se pracuje s kurzovou bází, carry-bází a value-bází.

Kurzová báze se vypočítá jako rozdíl mezi spotovým a skutečným termínovým kurzem.

kurzová báze = spotový kurz – skutečný termínový kurz (10)

Carry-báze zohledňuje čisté refinanční náklady mezi spotovým kurzem a teoretickým termínovým kurzem vyplývajícím z modelu cost of carry. [9, str. 80]

carry-báze = spotový kurz – teoretický termínový kurz (11)

Value-báze bere v úvahu tržní faktory, které ovlivňují skutečný termínový kurz, ale jsou zároveň odlišné od teoretických „cost of carry“ faktorů. Pokud je value-báze rovna nule (označuje se jako fair value), pak je teoretický termínový kurz přímo použitelný v praxi.

value-báze = teoretický termínový kurz – skutečný termínový kurz (12)

2.3 Srovnání hlavních znaků forwardů a futures

Tabulka 1 - Srovnání hlavních znaků forwardů a futures

	FORWARDY	FUTURES
Velikost kontraktu	podle dohody obou stran	standardizováno
Kolaterál	obvykle žádný	ve formě dodatečných marží
Podmínky kontraktu	„šité na míru“	standardizovány
Datum dodávky	podle dohody obou stran	standardizováno
Účastníci	banky, makléři, velké společnosti	banky, makléři, společnosti, široká „znalá“ veřejnost
Vztah obchodníků	obě strany se dobře znají	strany jsou neznámé (neosobní kontrakt)
Přístupnost	omezena na velké zákazníky	otevřena pro všechny, kteří se chtějí zajišťovat nebo spekulovat a riskovat určitý kapitál
Metody transakce	dohodnuto bankou nebo makléřem prostřednictvím telefonu s omezeným okruhem účastníků	stanoveno veřejnou dražbou mezi mnoha kupujícími a prodávajícími na burze
Poplatky	poplatky vystupují ve formě rozpětí mezi cenami, za které banka prodává a kupuje; bez vlivu zákazníka	standardní makléřské poplatky a při velkých obchodech dohodnuté poplatky
Bezpečnostní depozitum	žádné; banky ale provádějí celkové kompenzace	vyžaduje se
Cenové omezení	žádný denní limit	burza může stanovit denní limit
Regulace	samoregulující	existují regulační orgány
Likvidace kontraktu před splatností	dohoda s partnerem forwardu či postoupení na třetí osobu	kompenzující kontrakt před splatností

Zdroj: vlastní zpracování podle [20, str. 24] a [18, str. 191]

2.4 Swapy

2.4.1 Charakteristika swapů

Swapy patří mezi relativně mladé deriváty, vznikly teprve v roce 1979. V současné době představují asi nejvýznamnější variantu OTC obchodů a lze je sjednat v mnoha modifikacích. Swapy lze charakterizovat jako OTC derivát s vypořádáním podkladových nástrojů k více datům v budoucnosti. Pomocí swapu může být sjednána výměna částek hotovosti (ve známé či neznámé výši) v jedné měně za dosud neznámé částky ve stejné nebo v jiné měně. Sjednat lze také směnu za akciový nástroj nebo komoditní nástroj. Většina swapů je uskutečňována „na míru“ oběma stranám.

2.4.2 Členění swapů

Mezi základní druhy swapů patří úrokové, měnové, akciové a komoditní swapy.

<u>Úrokové swapy</u>

Úrokové swapy se uskutečňují na OTC trzích především ke spekulacím na vývoj úrokových sazeb nebo k zajištění proti úrokovému riziku při přechodu na jinou úrokovou bázi. „Představují dohodu o budoucí směně úrokových plateb vztahujících se ke stejné kapitálové částce, ale definovaných odlišným způsobem.“ [9, str. 81]

<u>Měnové swapy</u>

Jedná se o „swapy, u kterých dochází nejen ke směně úrokových sazeb, ale také příslušných kapitálových částek denominovaných v různých měnách.“ [9, str. 81] Měnové swapy se uskutečňují na mimoburzovních trzích. Můžeme je definovat jako kombinaci spotového obchodu a forwardu, kdy dochází k oběma operacím najednou, v témže okamžiku. Odlišnost operací je dána směnným kurzem.

<u>Akciové swapy</u>

Akciový swap se uzavírá na výměnu pevných částek v hotovosti za sjednané akciové nástroje, které vyplácejí dividendy, k určitým datům v budoucnosti. Při uplatnění akciového swapu dochází mezi protistranami ke směně dvou plateb:

- první platba se uskutečňuje ve formě úrokové platby, která se vztahuje k dohodnuté nominální hodnotě a úrokovému období,

- druhá platba se stanoví jako celkový výnos z určitého akciového indexu nebo jiného akciového instrumentu. [12, str. 76]

Komoditní swapy

Komoditní swapy slouží k opakované výměně pevných částek v hotovosti za komoditní nástroje k určitým budoucím datům. Tyto swapy jsou založeny na stejném principu jako akciové swapy, liší se pouze podkladovým aktivem.

Kromě běžných typů swapů je možné na trhu vidět např. kupónové swapy, bazické swapy, koktejlové swapy, swapy úvěrového selhání, swapy veškerých výnosů apod. To jen naznačuje, jak dynamickou oblastí v dnešní době swapy jsou.

2.4.3 Způsob oceňování swapů

Problematika oceňování swapů je velmi rozsáhlá, a jelikož je tato práce zaměřena na oceňování evropských opcí, nebude jí věnována pozornost. Princip oceňování swapů ale zůstává stejný jako u ostatních pevných termínových operací, tzn., že i u jejich oceňování se vychází z neexistence arbitrážního zisku.

3 Opční termínové operace

3.1 Charakteristika opcí

Opce je podmíněná termínová operace, která poskytuje kupujícímu právo (ale ne povinnost) uskutečnit v dohodnutém termínu sjednaný obchod (nákup nebo prodej podkladového instrumentu) za dohodnutou cenu (tzv. realizační cenu). Podkladovým instrumentem bývá akcie, akciový index, cizí měna, forwardový kontrakt nebo futures. Nejdříve byly opce uplatňovány pouze na OTC trhu, teprve od 70. let začala burza CBOE obchodovat i s opcemi na akcii. Dnes se tedy opce vyskytuje v burzovních i mimoburzovních obchodech.

U opčních obchodů se sjednávají následující podmínky:

- objem opce – tj. množství podkladového aktiva v opčním kontraktu,
- realizační cena (strike price) – tj. cena, za kterou může držitel opce prodat/koupit podkladové aktivum,
- datum splatnosti opce.

Při rozhodování, jestli je výhodné opci uplatnit či ne, vychází její držitel v daném čase t z porovnání realizační ceny X se spotovou cenou podkladového aktiva S_t. Podle vzájemného vztahu této realizační a spotové ceny se pak o opci říká, že je:

- na penězích (at-the-money): $X = S_t$,
- v penězích (in-the-money): u call opce $X < S_t$, u put opce $X > S_t$,
- mimo peníze (out-of-the-money): u call opce $X > S_t$, u put opce $X < S_t$.

Opční prémie

Držitel opce získává jejím nákupem jednostrannou výhodu, protože na rozdíl od pevných termínových obchodů získává pouze právo a nikoli povinnost na její realizaci. Za tuto výhodu musí prodávajícímu zaplatit tzv. opční prémii, kterou je možné chápat jako „cenu opce, která se sjednává mezi kupujícím a prodávajícím při sjednání opce, a současně představuje hodnotu opce ve smyslu zisku či ztráty ze sjednané opce plynoucí.“ [12, str. 211] Tato prémie má dvě složky – vnitřní hodnotu opce a časovou hodnotu opce.

Vnitřní hodnota opce

Vnitřní hodnota akce poukazuje na výhodnost okamžitého uplatnění dané opce, tzn. na zisk, který lze získat jejím okamžitým uplatněním a současným kompenzujícím obchodem na spotovém trhu. Pokud je možné takovouto ziskovou transakci uskutečnit, říkáme, že opce má vnitřní hodnotu.

Tabulka 2 - Závislost vnitřní hodnoty opce na realizační ceně opce (*X*) a spotové ceně podkladového aktiva (S_t)

	Změna vnitřní hodnoty	
	call opce	put opce
↑ S_t (spotová cena)	↑	↓
↑ X (realizační cena)	↓	↑

Zdroj: vlastní zpracování podle [9, str. 85]

Časová hodnota opce

Časová hodnota opce vyjadřuje určitou odměnu v čase *t*, kterou zaplatí kupující vypisovateli za to, že během doby do splatnosti dojde ke změně podmínek na trhu a opce se pak stane výhodnou v případě uplatnění. Se zkracující se dobu splatnosti opce dochází k poklesu její časové hodnoty, k datu splatnosti je její hodnota rovna nule. Časovou hodnotu opce ovlivňuje několik faktorů: realizační cena opce, spotová cena podkladového aktiva, doba do splatnosti opce, volatilita ceny podkladového aktiva.

Tabulka 3 - Závislost časové hodnoty opce na jednotlivých faktorech

	Změna časové hodnoty	
	call opce	put opce
↑ $\lvert S_t - X \rvert$	↓	↓
↑ $T - t$	↑	↑
↑ σ	↑	↑
↑ i	↑	↓

Zdroj: vlastní zpracování podle [9, str. 85]

Použité značení: S_t … spotová cena podkladového aktiva v čase *t*; *X* … realizační cena opce; *T* … datum splatnosti opce; *t* … současné datum; σ … volatilita ceny podkladového aktiva; *i* … bezriziková úroková míra

3.2 Členění opcí

Nejčastější dělení opcí je na kupní opci (call opce) a prodejní opci (put opce).

Kupní opce (call) poskytuje svému držiteli právo koupit dohodnutý podkladový instrument ve stanoveném období za sjednanou cenu. Tato sjednaná cena se nazývá jako cena realizační. Upisovatel opce má naopak povinnost podkladový instrument za těchto předem sjednaných podmínek prodat.

Prodejní opce (put) dává svému držiteli právo prodat dohodnutý podkladový instrument ve stanoveném období za sjednanou cenu. Upisovatel opce má povinnost podkladový instrument za daných podmínek koupit.

Opce můžeme také rozlišit podle hlediska okamžiku uplatnění opce na opce evropského typu a opce amerického typu. *Evropské opce* může jejich majitel uplatnit pouze ke dni expirace (ke dni splatnosti). Naproti tomu *americké opce* lze uplatnit kdykoliv během období běžícího ode dne nabytí po den expirace.

Opce můžeme také členit podle typu podkladového aktiva na:

- *komoditní opce,*
- *měnové opce,*
- *úrokové opce,*
- *akciové opce,*
- *opce na akciový index,*
- *opce na futures* apod.

3.3 Základní opční pozice

Jelikož opce patří mezi podmíněné termínové obchody, získává kupující (majitel, investor) právo (nikoliv povinnost) uskutečnit koupi (resp. prodej) za předem sjednanou cenu. Pozice tohoto kupujícího pak bývá označována jako *dlouhá pozice (long).*

Jeho protistranou je prodávající (vypisovatel) dané opce, který naopak má povinnost na požádání kupujícího splnit svůj závazek plynoucí z dohodnutého obchodu, tzn., že musí prodat (resp. koupit) podkladový instrument dané opce za předem stanovenou cenu. Pozice prodávajícího se pak označuje jako *krátká pozice (short)*.

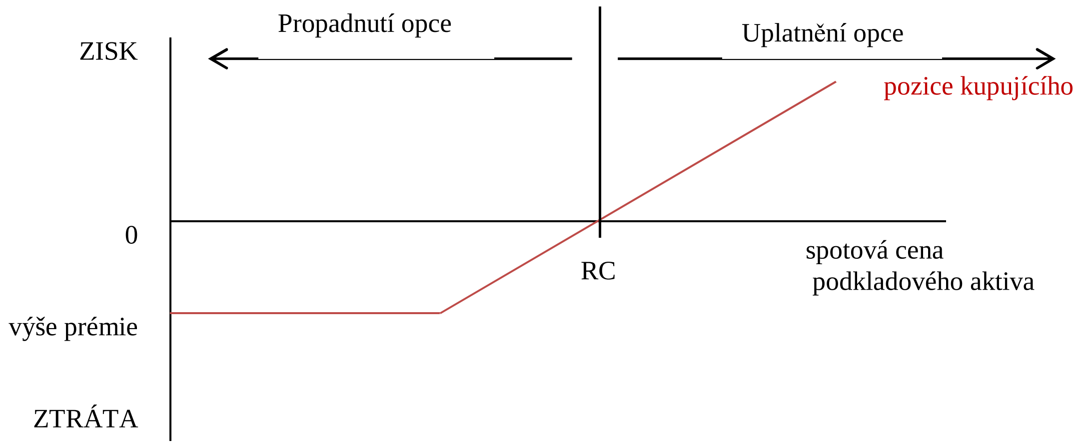
Dále bude rozebrána krátká a dlouhá pozice v call opci a krátká a dlouhá pozice v put opci. Tyto čtyři základní opční pozice lze vzájemně kombinovat a vytvářet tak individuální strategie.

3.3.1 Call opce

Zakoupení call opce – dlouhá pozice (LONG CALL)

V pozici long call má majitel opce právo koupit podkladový instrument. Cenou opce je dohodnutá opční prémie, kterou zaplatí kupující prodávajícímu. Kupující předpokládá budoucí růst podkladového aktiva opce, prodávající naopak stabilitu či dokonce pokles ceny.

Obrázek 1 - Dlouhá pozice (LONG CALL)



Zdroj: vlastní zpracování, 2013

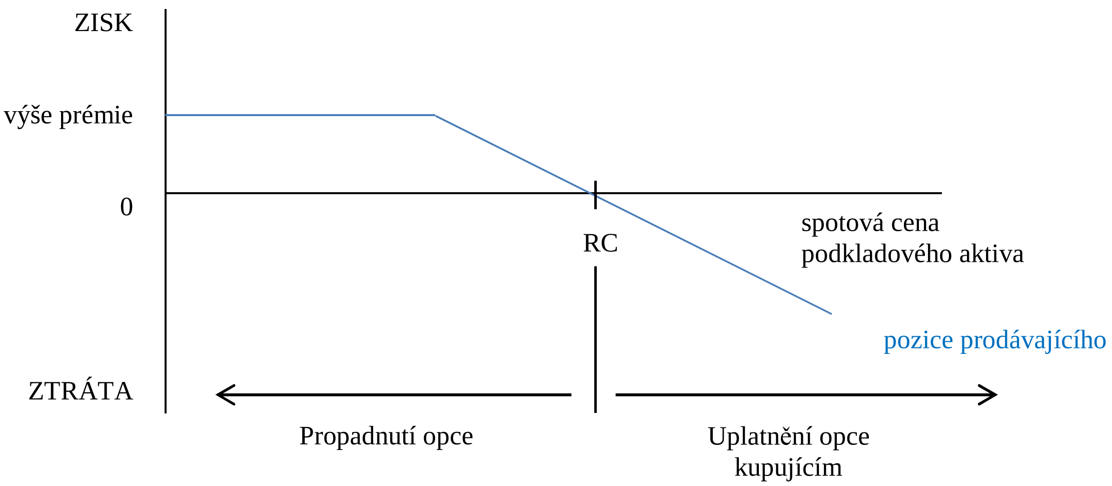
Teoreticky long call pozice umožňuje majiteli opce dosáhnout neomezeného zisku, protože s růstem ceny podkladového aktiva se jeho zisk zvyšuje. Jeho maximální ztráta je omezena výší opční prémie.

Kupující bude realizovat danou opci v případě, že aktuální tržní cena podkladového aktiva bude vyšší než realizační cena (RC), v opačném případě nechá opci propadnout a podkladové aktivum zakoupí přímo na promptním trhu.

Vypsání (prodej) call opce – krátká pozice (SHORT CALL)

Pozice short call opakem pozice long call. V pozici short call má vypisovatel opce povinnost prodat podkladový instrument za dohodnutou realizační cenu. Za to dostane od majitele opce stanovenou opční prémii.

Obrázek 2 - Krátká pozice (SHORT CALL)



Zdroj: vlastní zpracování, 2013

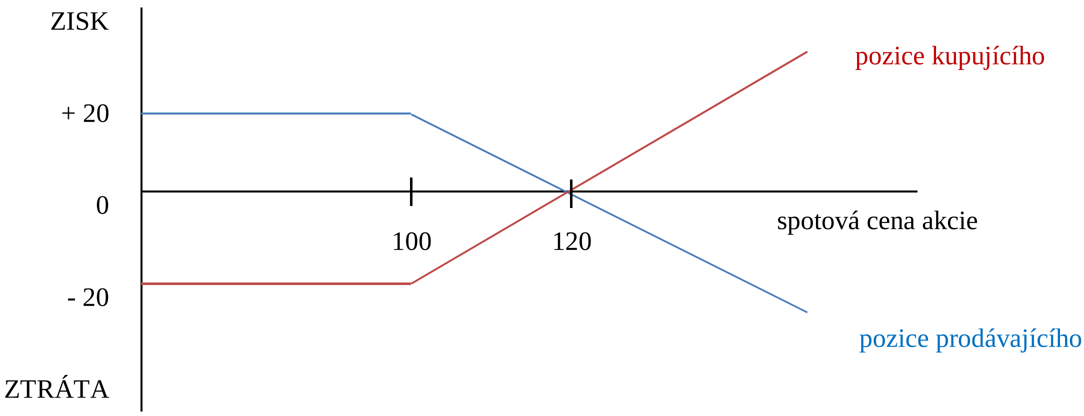
Majitel opce (kupující) danou opci uplatní v případě, že je momentální tržní cena podkladového aktiva vyšší než sjednaná realizační cena (RC). Uplatnění opce znamená, že prodávající musí podkladové aktivum prodat za realizační cenu, která je k datu expirace nižní než kurz na promptním trhu. Prodávající (vypisovatel) tedy realizuje ztrátu.

K uplatnění opce ze strany kupujícího nedojde v případě, kdy je podkladové aktivum výhodnější koupit přímo na promptním trhu, tzn., že danou opci nechá propadnout.

Příklad

Kupující koupil call opci na akcie firmy XY při dohodnutém kurzu 100. Výše opční prémie činí 20. Pozici kupujícího i vypisovatele opce jsou znázorněné na následujícím obrázku.

Obrázek 3 - Call opce - dlouhá a krátká pozice



Zdroj: vlastní zpracování, 2013

Z obrázku je zřejmé, že pokud by k datu expirace kurz akcie XY činil 90, tak kupující opci neuplatní, od daného kontraktu ustoupí. Při realizaci opce by totiž musel akcii koupit za sjednaný kurz ve výši 100, levněji ho vyjde nákup akcií za tržní cenu ve výši 90 za kus. Pokud by tento obchod realizoval, zaplatil by navíc za každou nakoupenou akcii 30 (rozdíl mezi sjednanou a tržní cenou plus opční prémie).

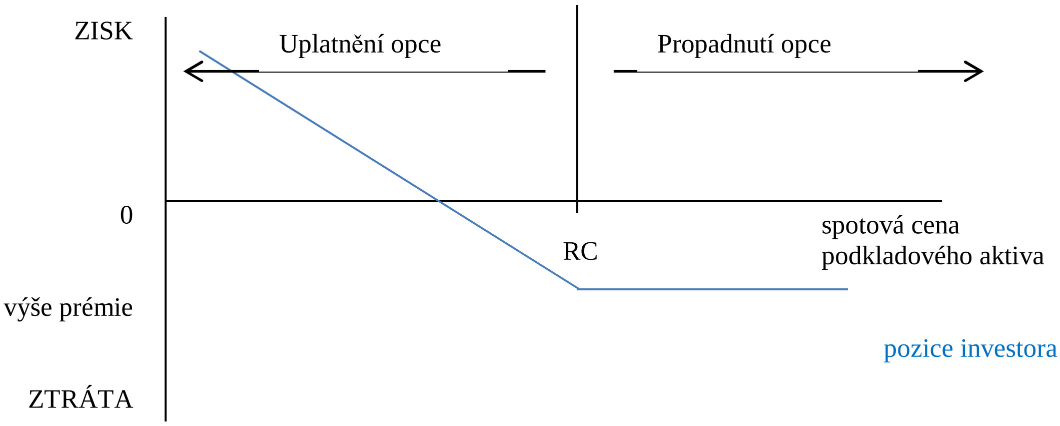
Pokud by naopak kurz akcie XY k datu expirace činil více než 100, ztráta kupujícího by se snižovala. Při překročení ceny 120 by daný investor dosáhl při uskutečnění sjednaného obchodu zisku. Dále lze z obrázku vyvodit, že ztráta kupujícího je omezena výší opční prémie, zatímco možný zisk omezený není. U prodávajícího je tomu přesně naopak. Jeho možný zisk je omezen výší opční prémie, ale může dosáhnout ztráty v neomezené výši.

3.3.2 Put opce

Zakoupení put opce – dlouhá pozice (LONG PUT)

Investor má právo prodat podkladový instrument za realizační cenu. Za zakoupení opce je povinen zaplatit dohodnutou opční prémii.

Obrázek 4 - Dlouhá pozice (LONG PUT)



Zdroj: vlastní zpracování, 2013

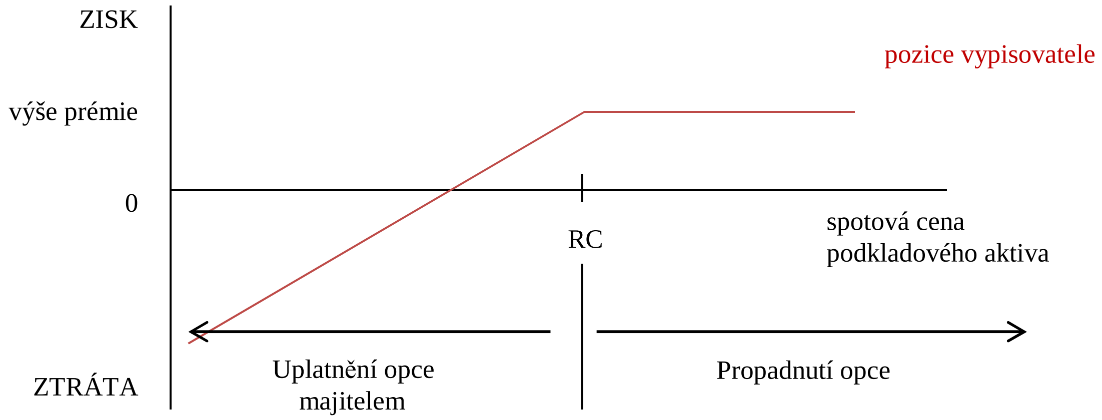
K uplatnění opce dojde v případě, že aktuální tržní cena podkladového instrumentu bude nižší než sjednaná cena realizační (RC). V opačném případě nechá majitel opci propadnout a podkladové aktivum prodá přímo na promptním trhu.

Maximální ztráta investora je omezena výší opční prémie. Možný zisk je omezen možností poklesu ceny podkladového aktiva, tzn., že s poklesem jeho ceny, roste výhodnost tohoto obchodu. Cena ale může klesnout maximálně na nulu.

Vypsání put opce – krátká pozice (SHORT PUT)

Vypisovatel opce se nachází v krátké pozici. Má povinnost koupit podkladové aktivum od investora za stanovenou realizační cenu. Za tento obchod mu náleží opční prémie.

Obrázek 5 - Krátká pozice (SHORT PUT)



Zdroj: vlastní zpracování, 2013

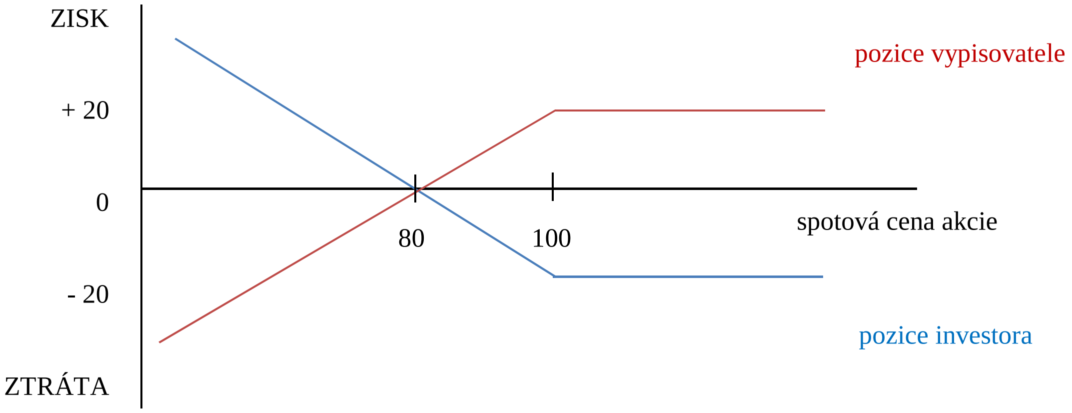
Maximální uskutečnitelný zisk vypisovatele opce je omezen výší sjednané opční prémie. Jeho potenciální ztrátu omezuje pouze maximální pokles podkladového aktiva na jeho nulovou hodnotu, jinak ji lze považovat za téměř neomezenou.

K realizaci opce přistoupí majitel opce v případě, že promptní cena podkladového aktiva bude nižší než realizační cena (RC), tzn., že se mu více vyplatí prodej podkladového aktiva prostřednictvím opce. Naopak propadnout opci nechá, pokud bude tržní cena v okamžiku realizace vyšší než sjednaná realizační, v tom případě prodá podkladový instrument přímo na trhu.

Příklad

Investor koupil půlroční opci na akcie firmy XY za kurz 100. Opční prémie činí 20. Opět si lze pozici investora i vypisovatele prodejní opce znázornit na obrázku:

Obrázek 6 - Put opce - krátká a dlouhá pozice



Zdroj: vlastní zpracování, 2013

Pokud bude výše kurzu akcie XY k datu expirace opce vyšší než 100, investor kontrakt neuplatní, odstoupí od uskutečnění daného obchodu. Naopak pokud bude kurz nižší než než 100, bude danou opci realizovat. Až do kurzu 80 za akcii XY bude investor dosahovat ztráty, protože musel zaplatit opční prémii ve výši 20 za kus. Čím nižší bude na tržní kurz akcie, tím vyšší zisk bude realizovat.

Z daného obrázku tedy vyplývá, že při put opci je ztráta investora omezena výší opční prémie a možný zisk je omezen pouze cenou podkladového aktiva (může klesnout maximálně na nulu). Naopak u vypisovatele opce je výše ztráty omezena cenou podkladového akcie a výše zisku omezena sjednanou opční prémií.

Výše uvedené čtyři základní opční pozice lze samozřejmě dále kombinovat a vytvářet tak řadu strategií podle očekávaného budoucího vývoje trhu.

3.4 Další opční instrumenty

Warranty „jsou opční listy, které firmy (emitenti cenných papírů) emitují za účelem prodeje nově emitovaných cenných papírů." [31, str. 20]

Caps (stropy) patří mezi úrokové opce. Jedná se o opce, které svému majiteli zajišťují právo na průběžné plnění ve formě úroku od vypisovatele dané opce. „Strop vzniká řetězením klasických opcí call." [9, str. 84] Majitel opce se zajišťuje proti možnému vzrůstu úrokových měr. Pokud bude rozdíl mezi budoucí spotovou úrokovou mírou a dohodnutou realizační úrokovou mírou kladný, pak obdrží daný rozdíl od vypisovatele opce.

Floors (dna) jsou opce, které majiteli opce zaručí průběžné plnění ve formě úrokového rozdílu od vypisovatele opce. Na rozdíl od caps vznikají řetězením opcí put. Majitel opce se zajišťuje proti možnému poklesu úrokových měr. Pokud tedy bude rozdíl mezi budoucí úrokovou mírou a realizační úrokovou mírou záporný, musí mu vypisovatel opce poskytnout kompenzaci ve výši rozdílu.

Collars (obojky) zaručují majiteli průběžné plnění od vypisovatele, pokud daná úroková sazba stoupne nad sjednanou mez a zároveň poskytují vypisovateli průběžné plnění, pokud daná úroková sazba klesne pod sjednanou mez. Znamená současnou koupi caps a prodej floors (nebo naopak).

Jako *exotické opce* lze označit nové druhy opčních obchodů, jejichž podmínky se odlišují od běžných opčních kontraktů. S exotickými opcemi se obchoduje na OTC burzách. Patří sem např. asijské opce a bariérové opce.

4 Základní teoretické modely užívané pro oceňování opcí

4.1 Základní proměnné

Cenu opcí ovlivňuje šest základních proměnný, tj.[6]:

- realizační cena (strike price),
- datum expirace,
- spotová cena podkladového instrumentu,
- bezriziková úroková míra,
- volatilita podkladového instrumentu,
- dividendy či jiné platby podkladového instrumentu.

Realizační cena (strike price)

Realizační cena se někdy také nazývá jako prováděcí cena. Je cenou, za kterou může majitel opce koupit (v případě call opce) nebo prodat (v případě put opce) podkladové aktivum.

Datum expirace (datum splatnosti)

Je datem uplatnění opce. K tomuto datu končí životnost dané opce. V případě evropské opce se jedná o jedinou možnost jejího uplatnění, americkou opci lze uplatnit kdykoliv do tohoto data.

Spotová cena podkladového aktiva

Protože opce jsou odvozenými cennými papíry, je jejich cena závislá také na ceně podkladového aktiva ležícího v základu opce. Cena call opce roste v případě růstu příslušného podkladového aktiva, s poklesem ceny podkladového aktiva klesá i cena call opce. U put opcí je možné pozorovat opačné tendence, tzn., že s růstem ceny podkladového aktiva dochází k poklesu ceny put opce a naopak.

[6] Zdroj: [25, str. 34 – 36]

Bezriziková úroková míra

Bezriziková úroková míra je definována jako úrokový výnos aktiva, které přináší investorovi nulové či velmi malé riziko. Jako bezriziková úroková míra se často bere výnos do doby splatnosti dlouhodobých státních dluhopisů (obvykle desetiletých).

Volatilita podkladového aktiva

Volatilita vyjadřuje rizikovost, resp. stálost, ceny podkladového aktiva. Stanoví se jako poměr standardní odchylky ceny akcie a střední hodnoty ceny akcie. Čím vyšší je volatilita, tím vyšší bude cena opce, protože se podkladové aktivum stává rizikovějším.

4.2 Binomický model oceňování evropských opcí

Binomický model byl vyvinut na konci 70. let J. C. Coxem, S. A. Rossem a M. Rubinsteinem. Proto se můžeme někdy setkat s názvem CRR model, který je odvozen z příjmení autorů. Výchozím předpokladem binomického modelu je pohyb ceny považovaný za stacionární binomický stochastický proces s diskrétním časem. [8, str. 307]

Mezi základní předpoklady patří:

- účastníci trhu nemohou ovlivnit cenu,
- neexistují žádné transakční náklady nebo daně,
- bezriziková úroková míra je konstantní v čase,
- podkladové aktivum nevyplácí dividendy,
- cena podkladového aktiva sleduje binomický proces - předpokladem je pravděpodobností rozdělení očekávaných cen předmětného aktiva.

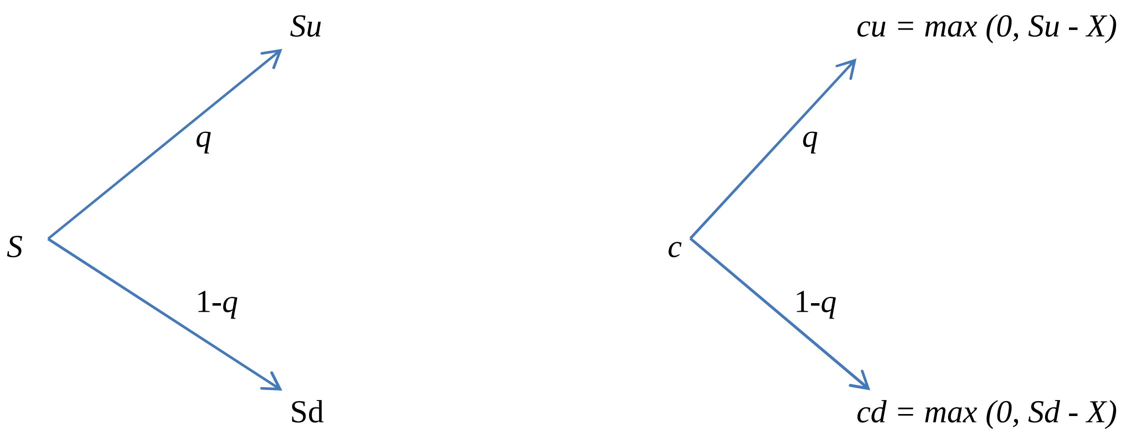
Na základě těchto předpokladů je možné provést ocenění evropské opce nevyplácející dividendy.

Mnohem obtížnější je stanovit reálnou hodnotu americké opce. Při jejím ocenění se používá např. Cox-Rubinsteinův binomický model, který je založen na binomickém stromu představujícím možný vývoj ceny podkladového aktiva. Splatnost dělí do intervalů, ve kterých předpokládá zvýšení a snížení hodnoty podkladového nástroje. Velikost zvýšení a snížení určuje volatilita ceny podkladového nástroje a časový interval. [19, str. 26] „Reálná hodnota americké kupní či prodejní opce je za jinak stejných parametrů vyšší než reálná hodnota kupní či prodejní evropské opce.“ [19, str. 26]

4.2.1 Základní odvození binomického model pro jedno období

Při konstrukci binomického modelu pro jedno období se vychází ze situace, ve které mohou nastat pouze dva stavy. Uvažujeme, že podkladovým aktivem je akcie, jejíž cena *S* v budoucnosti může buď vzrůst na *Su*, nebo klesnout na *Sd* v čase *t* (za jedno období). Ty se obvykle definují pomocí intenzity růstu *u* ve tvaru $Su = S * (1 + u)$ a poklesu *d* ve tvaru $Sd = S * (1 - d)$.

Binomický strom pro jedno období:



Při odvozování binomického modelu je použito následující značení:

S	.....	současná cena cenného papíru (akcie)
X	.....	realizační cena
c	.....	současná cena opce
q	…..	pravděpodobnost růstu ceny akcie
$1 - q$	…..	pravděpodobnost poklesu ceny akcie
u	…..	multiplikativní pohyb ceny akcie nahoru
d	…..	multiplikativní pohyb ceny akcie dolů
i_f	…..	bezriziková úroková míra

Vnitřní hodnota call se určí pro oba možné scénáře tím, že se vezme vyšší z následujících částek:

- *Su - X* nebo
- vnitřní hodnota opce může být nulová.

Při druhé možnosti lze získat následující vnitřní hodnoty:

- *Sd – X*,
- vnitřní hodnota opce může být nulová.

Tyto vztahy pak lze znázornit pomocí následujících vzorců:

$$cu = max\ (0, S(1 + u) – X, \tag{13}$$

$$cd = max\ (0, S\ (1 – d) – X. \tag{14}$$

Z výše uvedeného binomického stromu pak lze odvodit následující vztahy. Aby měl někdo zájem o danou akci a zároveň neexistoval arbitrážní zisk, musí platit

$$d < 1 + i_f < u. \tag{15}$$

Pro odvození hodnoty opce *c* v současnosti musí být známa současná cena akcie, míra vzestupu *u*, míra poklesu *d*, bezriziková míra i_f, pravděpodobnost *q* a musí být zadána i realizační cena *X*. Akcii lze poté zapsat jako vektor (*Su*, *Sd*), bond jako vektor ($1 + i_f$, $1 + i_f$) a nakonec opci jako vektor (*cu*, *cd*). Z těchto vektorů vytvoříme soustavu dvou lineárních rovnic, kde *B* a delta představují neznámé.

$$Su\Delta + B\ \left(1 + i_f\right) = cu \tag{16}$$

$$Sd\Delta + B\ \left(1 + i_f\right) = cd \tag{17}$$

kde

delta ….. počet koupených akcií

B …. množství hotovosti bezrizikově investované.

Řešením daných rovnic při neexistenci arbitrážního zisku budou hodnoty proměnných.

$$\Delta = \frac{cu - cd}{Su - Sd} \tag{18}$$

$$B = \frac{cd\ Su - cu\ Sd}{(Su - Sd)(1 + i_f)} \tag{19}$$

Hodnotu opce v čase nule pak lze stanovit jako

$$c = \Delta S + B = \frac{\frac{\left(1+i_f\right)-d}{u-d}cu + \frac{u-(1+i_f)}{u-d}cd}{1+i_f} = \frac{[pcu+(1-p)cd]}{i} \tag{20}$$

kde

$i = 1 + i_f$

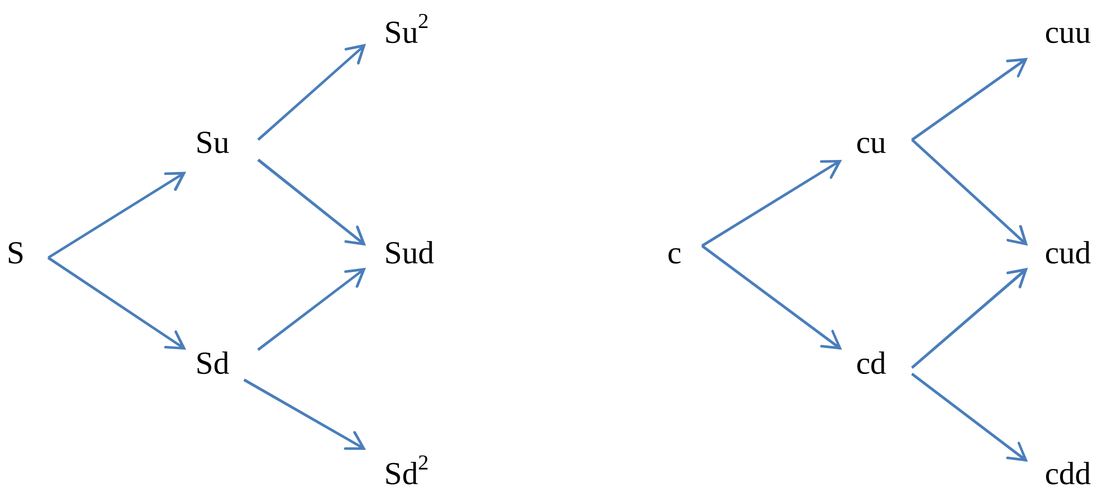
p, $1\text{-}p$ ….. pravděpodobnost

Binomický model lze rozšířit na více časových období. Při jeho konstrukci se vychází z jednoduchého binomického modelu.

4.2.2 Binomický model pro více období

Při rozšíření binomického modelu na dvě časová období musíme počítat kromě s přítomným okamžikem $t = 0$, také se dvěma časovými okamžiky v budoucnu ($t = 1$, $t = 2$). Vývoj ceny pokladové akcie a evropské call opce s realizační cenou X a okamžikem expirace v čase $t = 2$ pak lze znázornit pomocí následujícího binomického stromu:

Binomický strom pro dvě období



Výpočet hodnoty opce v současnosti se provede opět na základě jednoperiodického binomického modelu. Předpokladem je, že známe hodnotu dané opce ve všech třech konečných stavech. Pak hodnotu opce v čase jedna odvodíme za předpokladu, že akcie dosáhne stavu *Su* nebo *Sd*:

$$cu = \frac{[p\ cuu + (1 - p)cud]}{i} \qquad (21)$$

$$cd = \frac{[p\ cud + (1-p)cdd]}{i} \tag{22}$$

Z daných vztahů pak určíme hodnotu opce na počátku období:

$$c = \frac{[p\ cu + (1-p)cd]}{i} = \frac{\left[p^2 cuu + 2p\ (1-p)cud + (1+p)^2 cdd\right]}{i^2} \tag{23}$$

4.3 Black-Scholesův model pro evropské opce

K výpočtu reálné hodnoty evropské opce se používá především Black-Scholesův model, který vyvinuli Fisher Black a Myron Scholes. Poprvé byl publikován v roce 1973, vychází z výzkumu Edwarda O. Thorpa, Paula Samuelsona a Roberta C. Mertona. Podle tohoto modelu je nejdůležitější proměnnou, která má vliv na reálnou hodnotu opce, volatilita.

Základní předpoklady Black-Scholesova modelu[7]:

- cena podkladového aktiva se vyvíjí podle geometrického brownova pohybu s konstantním posunem a konstantní volatilitou,
- obchodování s podkladovým aktivem je kontinuální, v přeneseném smyslu likvidní,
- neexistují transakční náklady a daně,
- hotovost lze zapůjčit za konstantní bezrizikovou úrokovou míru,
- všechna aktiva jsou dělitelná - je možné tedy koupit např. 1/10 akcie,
- na trhu není možná arbitráž,
- technicky je možné podkladové aktivum prodat se záměrem pozdější koupě.

Základní verze Black-Scholesova modelu je nastavena na vypsání evropské opce, tedy opce splatné pouze v době expirace. Pokud by se jednalo o americkou opci, která je splatná kdykoliv do doby splatnosti, byl by model mnohem komplikovanější. Stejně tak pokud by se uvažovalo o podkladovém aktivu vyplácejícím dividendy nebo podkladovém aktivu, s jehož držbou jsou spojeny další náklady.

[7] Zdroj: [6]

Black-Scholesův vzorec pro evropské call opce:

$$C_t = S_t \times \Phi(d_1) - X \times e^{-i(T-t)} \times \Phi(d_2) \tag{24}$$

kde

C_t ….. cena call opce v čase t

S_t ….. spotová cena podkladového aktiva v čase t

$\Phi(.)$ ….. distribuční funkce normovaného normálního rozdělení N(0,1)

X ….. realizační cena opce

i ….. bezriziková úroková míra

T ….. datum splatnosti opce

t ….. současné datum

d_1 lze odvodit jako

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_t}{X}\right) + (i + \frac{\sigma^2}{2})(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}} \tag{25}$$

kde

σ ….. volatilita ceny podkladového aktiva

d_2 je možné definovat jako

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{S_t}{X}\right) + (i - \frac{\sigma^2}{2})(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}} = d_1 - \sigma\sqrt{T-t} \tag{26}$$

Black-Scholesův vzorec pro evropské put opce je stanoven analogicky jako:

$$\begin{aligned} P_t &= X \times e^{-i(T-t)} \times \Phi(-d_2) - S_t \times \Phi(-d_1) \\ &= X \times e^{-i(T-t)} \times [1 - \Phi(d_2)] - S_t \times [1 - \Phi(d_1)] \end{aligned} \tag{27}$$

4.4 Greeks

Vliv změny některých faktorů na velikost ceny opce je možné vyjádřit pomocí tzv. Greeks. Jedná se o speciální míry, které měří riziko plynoucí ze změny těchto faktorů. Většinou se stanoví jako derivace ceny opce odhadnuté pomocí Black-Scholesova vzorce vždy podle příslušného faktoru.

Základními citlivostními parametry opcí jsou:

- míra delta,
- míra gama,
- míra theta,
- míra vega (někdy označována jako míra lambda),
- míra rho,

Delta

Delta popisuje citlivost ceny opce (opční prémie) na změnu ceny podkladového instrumentu. Hodnota delty zobrazuje, o kolik procent se změní opční prémie, když se cena podkladového instrumentu změní o jednu jednotku (za jinak nezměněných podmínek). Deltu můžeme vyjádřit parciální derivací opční prémie podle podkladového instrumentu. Delta pro evropské opce se tedy vypočítá podle následujících vztahů.

Pro evropskou call opci činí delta:

$$\Delta_t^C = \frac{\partial C_t}{\partial S_t} = \Phi\,(d_1) \tag{28}$$

kde

Δ_t^C ….. citlivost ceny call opce na změnu ceny podkladového aktiva v čase t

C_t ….. cena call opce v čase t

S_t ….. spotová cena podkladového aktiva v čase t

Analogicky lze deltu stanovit i pro evropskou put opci:

$$\Delta_t^P = \frac{\partial P_t}{\partial S_t} = -\,\Phi\,(-\,d_1) \tag{29}$$

kde

Δ_t^P ….. citlivost ceny put opce na změnu ceny podkladového aktiva v čase t

P_t ….. cena put opce v čase t

Gama

Gama vyjadřuje závislost změny hodnoty míry delta na změnu ceny podkladového aktiva. Ukazuje tedy velikost změny delty opce při změně podkladového aktiva o jednotku.

Gama pro evropskou call opci:

$$\Gamma_t^C = \frac{\partial^2 C_t}{\partial S_t^2} = \frac{\varphi\,(d_1)}{\sigma \times S_t \times \sqrt{T-t}} \tag{30}$$

kde

Γ_t^C ….. citlivost míry delta call opce na změnu ceny podkladového aktiva v čase *t*

$\varphi\,(d_1)$ ….. hustota pravděpodobnosti normovaného normálního rozdělení

σ ….. volatilita ceny podkladového aktiva

Analogicky gama pro evropskou put opci:

$$\Gamma_t^P = \frac{\partial^2 P_t}{\partial S_t^2} = \Gamma_t^C \tag{31}$$

kde

Γ_t^P ….. citlivost míry delta put opce na změnu ceny podkladového aktiva v čase *t*

Theta

Theta popisuje citlivost ceny opce (opční prémie) na změnu doby do splatnosti opce. Zobrazuje tedy, o kolik se změní cena opce při snížení doby do splatnosti opce o jeden den (za jinak nezměněných podmínek). Je definována jako záporná hodnota první derivace ceny opce podle doby do splatnosti. Se zkracováním doby do splatnosti dochází ke snížení opční prémie (snižuje se časová hodnota opce).

Theta pro evropskou call opci se stanoví jako:

$$\theta_t^C = \frac{\partial C_t}{\partial t} = -\frac{\sigma \times S_t}{2\sqrt{T-t}} \times \varphi\,(d_1) - i \times X \times e^{-i(T-t)} \times \Phi(d_2) \tag{32}$$

kde

θ_t^C ….. citlivost ceny evropské call opce na změnu doby do splatnosti v čase *t*

Analogicky pro evropskou put opci:

$$\theta_t^P = \frac{\partial P_t}{\partial t} = \theta_t^C + i \times X \times e^{-i(T-t)} \tag{33}$$

kde

θ_t^P ….. citlivost ceny evropské put opce na změnu doby do splatnosti v čase *t*

Vega

Tento citlivostní parametr bývá označován i jako kappa nebo lambda. Vyjadřuje citlivost opční prémie na změnu volatility ceny podkladového instrumentu. Hodnota vegy se vypočítá jako první parciální derivace opční prémie podle volatility podkladového instrumentu a ukazuje, o kolik se změní opční prémie při změně volatility podkladového instrumentu o jedno procento (za jinak nezměněných podmínek). Vega nabývá pouze kladných hodnot, nejvyšší hodnoty dosáhne, pokud je opce at-the-money, nejnižších hodnot (blíží se limitně k nule), pokud je opce out-of-the-money nebo in-the-money.

Vega pro evropskou call opci:

$$\nu_t^C = \frac{\partial C_t}{\partial \sigma} = S_t \times \sqrt{T-t} \times \varphi(d_1) \tag{34}$$

kde

ν_t^C ….. citlivost ceny call opce na změnu volatility ceny podkladového aktiva v čase *t*

Analogicky lze stanovit vegu pro evropskou put opci:

$$\nu_t^P = \frac{\partial P_t}{\partial \sigma} = \nu_t^C \tag{35}$$

kde

ν_t^P ….. citlivost ceny put opce na změnu volatility ceny podkladového aktiva v čase *t*

Rho

Rho popisuje citlivost opční prémie na změnu bezrizikové úrokové míry. Vyjadřuje, o kolik se změní cena opce, pokud dojde ke změně bezrizikové úrokové míry o jednotku (za jinak nezměněných podmínek). Matematicky je možné rho definovat jako první parciální derivaci ceny opce podle bezrizikové úrokové míry.

Rho pro evropskou call opci:

$$\rho_t^C = \frac{\partial C_t}{\partial i} = (T-t) \times X \times e^{-i(T-t)} \times \Phi(d_2) \tag{36}$$

kde

ρ_t^C ….. citlivost ceny call opce na změnu bezrizikové úrokové míry v čase *t*

Rho pro evropskou put opci:

$$\rho_t^P = \frac{\partial P_t}{\partial i} = -(T-t) \times X \times e^{-i(T-t)} \times \Phi(d_2) \qquad (37)$$

kde
ρ_t^P ….. citlivost ceny put opce na změnu bezrizikové úrokové míry v čase *t*

Výpočet jednotlivých citlivostních parametrů pro evropskou call opci a evropskou put opci a jejich grafické znázornění lze nalézt v Příloze A na str. 10 – 14.

5 Modely oceňování s využitím SW Mathematica

Pomocí počítačových programů lze vytvářet matematické modely a simulace, které se budou snažit co nejlépe ocenit finanční nástroje, modelovat jejich citlivost na změny trhu. Pomocí těchto modelů se může zvolit nejvhodnější zajištění proti těmto změnám, měřit a řídit riziko. Pokud se podaří model stanovit správně, lze dosáhnout vysokých zisků, ale je zde velké riziko nepříznivého vývoje, který naopak s sebou přináší velké ztráty, což se výrazně projevilo během finanční krize v minulých letech.

5.1 Diskontovaná současná hodnota

Sestaveným modelem se budeme snažit vypočítat současnou hodnotu peněžních příjmů uskutečněných v průběhu času. Při výpočtu použijeme standardní vzorec pro výpočet složeného úroku k diskontování budoucích peněžních toků do současnosti:

$$NPV = \sum_{0}^{t} \frac{CF_t}{(1+r)^t} \tag{38}$$

Zjistíme tak, kolik peněžních prostředků nám realizace daného projektu přinese (nebo sebere).

Nejdříve ověříme vzorový příklad z [26, kapitola 14.3]. Poté příklad aplikujeme na zjednodušený příklad z [27, str. 12n].

<u>Vzorový příklad</u>

Dnes provedeme investici 1000 USD. V následujících čtyřech letech očekáváme příjem 100 USD, 300 USD, 600 USD a 600 USD při úrokové míře 5 %.

```
pvCF[cashFlows_List, times_List, rate_Real] := Module[{T = Length[cashFlows]},
  Sum[cashFlows[[t]] / (1 + rate)^times[[t]], {t, 1, T}]];
```

$$\sum_{t=1}^{T} \frac{\texttt{cashFlows[[t]]}}{\texttt{(1 + rate)^times[[t]]}}$$

```
In[2]:= pvCF[{-1000.0, 100.0, 300.0, 600.0, 600.0}, {0, 1, 2, 3, 4}, 0.05]
Out[2]= 379.271
```

Čistá současná hodnota investice tedy činí 379, 271 USD.

Aplikace vzorového příkladu

Daný příklad lze také aplikovat na výpočet vnitřního výnosového procenta.

Investovaný kapitál na počátku období činí 4800. Uvažované výdaje v dalších letech:

Tabulka 4 - Investice v jednotlivých letech

Rok	1	2	3	4	5	6	7
Investice	246,9	254,3	261,9	322,1	432,9	1050,7	4606,1

Zdroj: vlastní zpracování, 2013

Nejdříve si vypočítáme současnou hodnotu anuity a současnou hodnotu perpetuity:

```
In[5]:= (* pvPerpetuity .. soucasna hodnota perpetuity *)
        pvPerpetuity[cash_Real, rate_Real] := cash / rate;
        pvPerpetuity[100.00, 0.03]
Out[6]= 3333.33

In[7]:= Clear[X, r, t];
        Simplify[Sum[X / (1 + r) ^t, {t, 1, T}]]
```

$$\text{Out[8]= } \frac{X - (1+r)^{-T} X}{r}$$

```
In[9]:= (* pvAnuity .. soucasna hodnota anuity *)
        pvAnuity[cash_Real, rate_Real, periods_Integer] :=
          (cash - (1 + rate) ^ (-periods) cash) / rate;
        pvAnuity[100.00, 0.03, 10]
Out[10]= 853.02
```

Na základě jednoduchého výpočtu jsme zjistili, že současná hodnota perpetuity činí 3333, 33, současná hodnota anuity 853,02.

Ze zadaného příkladu je také možné provést výpočet vnitřního výnosového procenta. Výpočet byl proveden iterační metodou, kdy se postupně měnila úroková míra. Iterační metodou se zjistilo, že IRR se pohybuje mezi 6,96 % - 6,97 %. Způsob výpočtu je zobrazen v Příloze A na str. 2

5.2 Výnosová křivka

Nejdříve se pokusíme modelovat výnosovou křivku z pokladových spotových sazeb. Pro zobrazení změn výnosové křivky lze použít publikované výnosy pro různé doby splatnosti a využít interpolace. Při konstrukci výnosové křivky byla použita empirická data Bloomberg z června 2009 {počet dní, úroková míra}.

```
rates = {{7, 0.01}, {14, 0.04}, {30, 0.05}, {60, 0.17},
   {180, 0.29}, {360, 0.40}, {730, 1.11}, {1095, 1.63}, {1825, 2.56},
   {2555, 3.20}, {3650, 3.54}, {5475, 4.12}, {7300, 4.49}, {10 950, 4.86}};
```

Zadaná data je vhodné pro lepší názornost uspořádat do následujících tabulek:

Tabulka 5 - Úroková míra ve dnech

Počet dní	7	14	30	60	180	360
Úroková míra	0,01	0,04	0,05	0,17	0,29	0,40

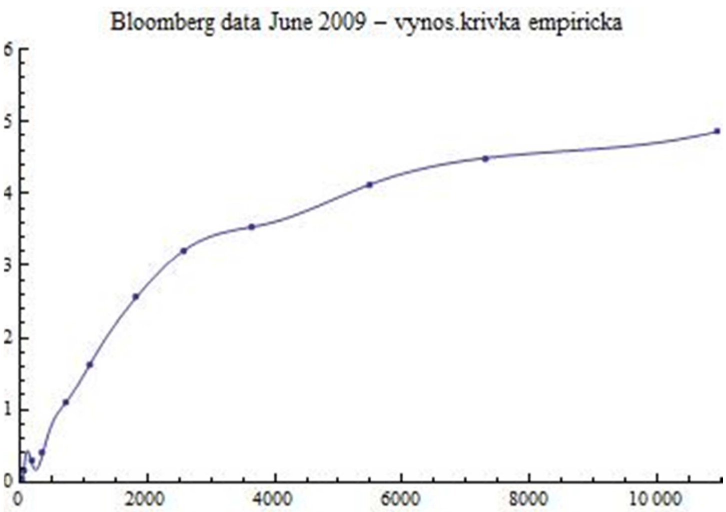
Zdroj: vlastní zpracování, 2013

Tabulka 6 - Úroková míra v letech

Počet let	2	3	5	7	10	15	20	30
Úroková míra	1,11	1,63	2,56	3,20	3,54	4,12	4,49	4,86

Zdroj: vlastní zpracování, 2013

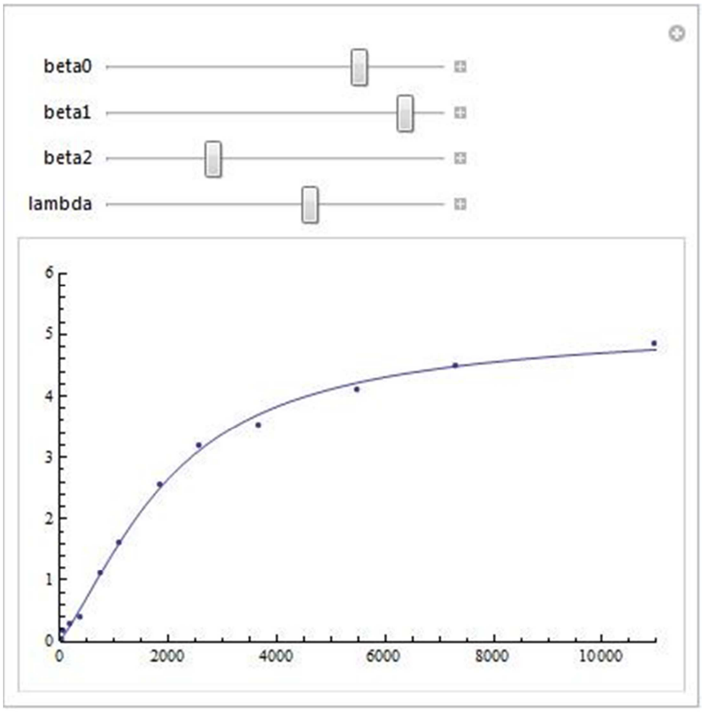
Graf 1 - Výnosová křivka



Zdroj: vlastní zpracování v SW Mathematica

Pokud chceme blíže pochopit dynamiku výnosové křivky, je lepší sestavit parametrický model. Proto byla zkonstruována Nelson-Siegelova aproximace výnosové křivky. Při konstrukci jsme využili příkazu „Manipulate“, který umožňuje libovolně hýbat s danými parametry a zjišťovat tak, jaký účinek má změna daného parametru na výnosovou křivku.

Graf 2 - Nelson-Siegelova aproximace výnosové křivky



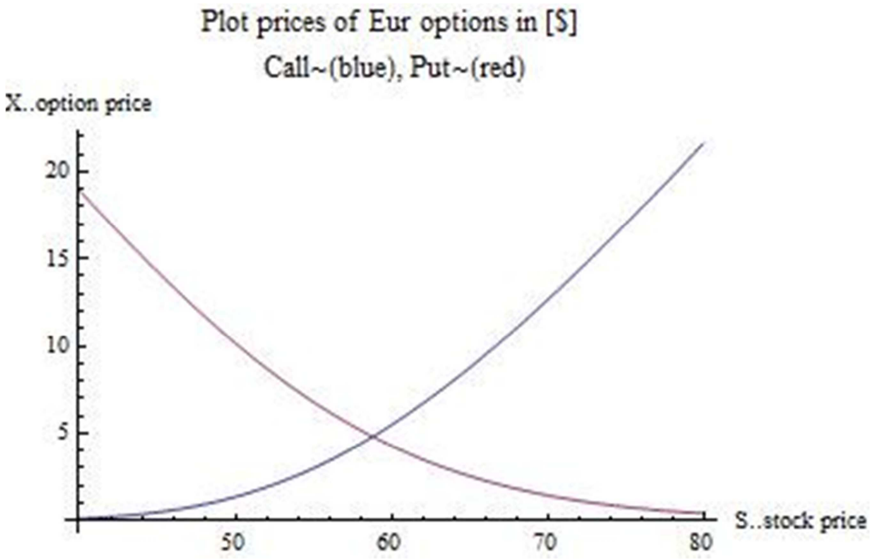
Zdroj: vlastní zpracování v SW Mathematica

5.3 Black-Scholesův model pro ocenění evropských opcí (Call/Put)

<u>Příklad</u>

Uvažujeme opci na akcii nevyplácející dividendy do doby expirace. Její realizační cena je (strike price) je 60 USD, volatilita ceny akcie je 29 %, doba do expirace je ½ roku, roční bezriziková míra činí 4 %. Cena podkladového aktiva činí 70 USD. Naším úkolem bude porovnat spotové ceny akcie a cenu akcie ovlivňující cenu opce u evropské call opce a evropské put opce na akcie nevyplácející dividendy za použití Black-Scholesova modelu.

Graf 3 - Cena evropské call opce a put opce



Zdroj: vlastní zpracování, 2013

Ve výše uvedeném grafu je call opce znázorněna modrou křivkou, put opce křivkou červenou.

Z daného grafu lze vyvodit, že na velikost opční prémie má velký vliv spotová cena. V případě call opce vidíme, že s růstem spotové ceny akcie roste i její cena. Opačně je tomu u put opce, kde s růstem spotové ceny dochází k poklesu ceny akcie. Značná symetričnost grafu naznačuje stejnou rychlost růstu call opce a poklesu put opce. Cena call opce a put opce se rovná přibližně v bodě znázorňujícím realizační cenu.

Dosazením hodnot do vzorců pro call opci zjistíme, že její výsledná cena bude 12,6323.

```
priceEurCall[70., 60., .29, .5, .04]
```

Pokud v zadání změníme volatilitu, změní se i výsledná cena call opce. Volatilitu postupně měníme na 45 %, 35 %, 20 %, cena poté tedy vychází na 14,9116, 13,4331 a 11,6644 USD.

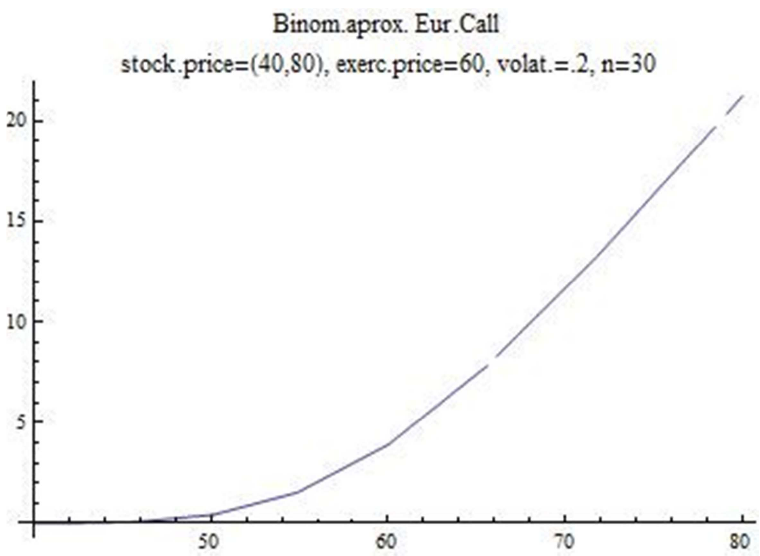
```
In[69]:= (*--- Ex.02,03,04> Compute a value of EurCall option :: strike $60,
         1/2 year to maturity, underlying stock trading at $70,
         volatility (Ex.02: .45, Ex.03: .35 , Ex.04: 0.20 ), risk-free rate 4% .
           && Plot Eur. Call & Put options *)
         priceEurCall[70., 60., .45, .5, .04]
         priceEurCall[70., 60., .35, .5, .04]
         priceEurCall[70., 60., .20, .5, .04]
Out[69]= 14.9116

Out[70]= 13.4331

Out[71]= 11.6644
```

5.4 Binomický model pro ocenění evropských opcí (Call/Put)

Při sestavování binomického modelu pro ocenění evropských opcí vyházíme z [Benninga, Wiener, Binomical Option Pricing Model].

Opět dosadíme stejné hodnoty pro ocenění evropské call opce jako při výpočtu podle Black-Scholesova modelu.

Graf 4 - Binomický model pro evropskou call opci



Zdroj: vlastní zpracování v SW Mathematica, 2013

5.5 Srovnání binomického modelu a Black-Scholesova modelu pro evropskou opci Call

S využitím programu Wolfram Mathematica můžeme také provést srovnání opční prémie stanovené binomickým model a Black-Scholesovým modelem.

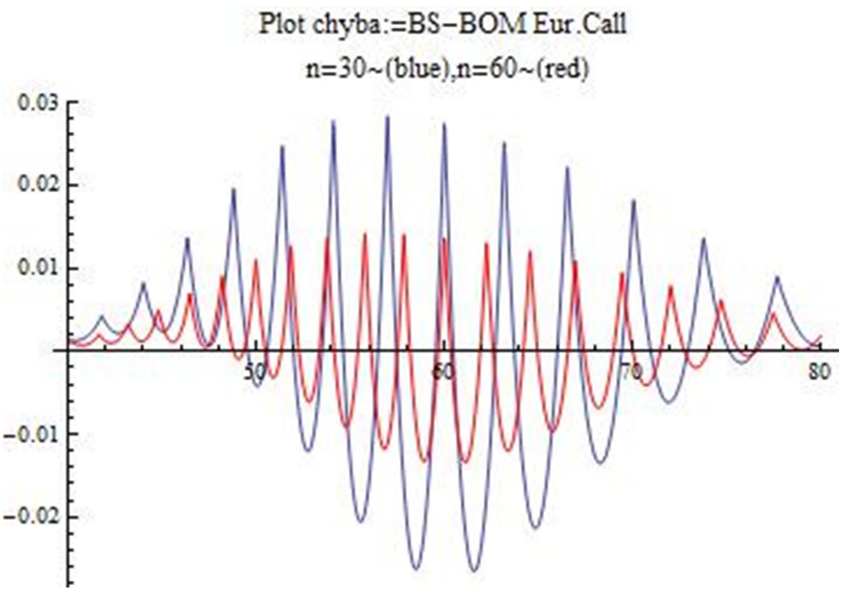
Příklad

Naším úkolem bude graficky porovnat cenu evropské call opce nevyplácející dividendu získanou binomickým modelem s cenou evropské call opce získanou Black-Scholesovým modelem. Znovu použijeme data, s kterými jsme pracovali v předchozích příkladech.

Výpočet

```
dpFJ05bop30BSc = Plot[
  (-EuropeanCall[ s, 60, 0.2, 0.5, 0.04, 30 ] + priceEurCall[s, 60, .2, .5, .04]),
  {s, 40, 80}, PlotRange → All,
  PlotLabel -> "Plot chyba:=BS-BOM Eur.Call\n n=30~(blue),n=60~(red)"]
dpFJ05bop60BSc = Plot[(-EuropeanCall[ s, 60, 0.2, 0.5, 0.04, 60 ] +
    priceEurCall[s, 60, .2, .5, .04]),
  {s, 40, 80}, PlotRange → All, PlotStyle → Red]
dpFJ05 = Show[{dpFJ05bop30BSc, dpFJ05bop60BSc}, PlotRange → All]
Export["dpFJ05.jpeg", dpFJ05]
```

Graf 5 - Srovnání B-S modelu s binomickým modelem pro evropskou call opci



Zdroj: vlastní zpracování v SW Mathematica, 2013

Ze získaného grafu plyne, že s rostoucím počtem období klesají rozdíly v cenách získaných binomickým i Black-Scholesovým modelem.

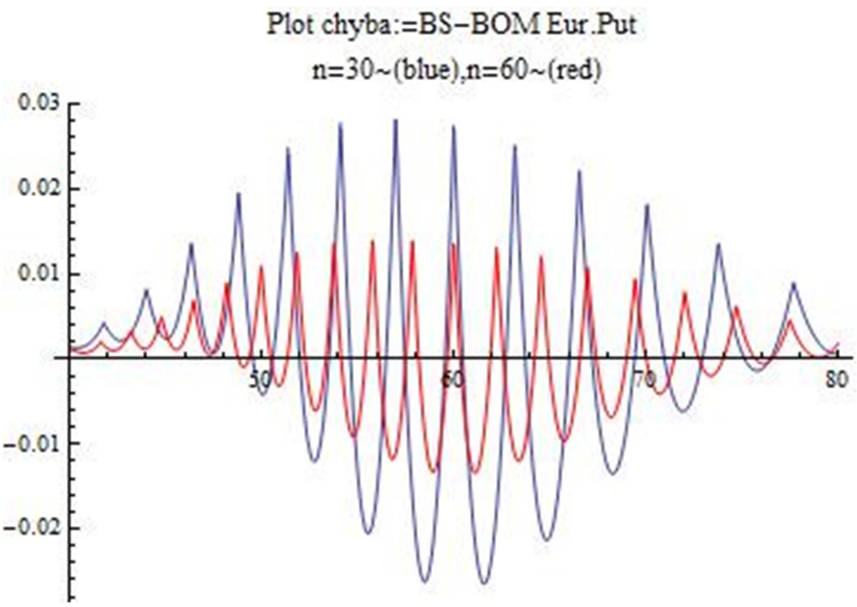
5.6 Srovnání binomického modelu a Black-Scholesova modelu pro evropskou opci Put

Stejný postup jako v kapitole 5.5 můžeme využít i pro srovnání opční prémie stanovené binomickým a Black-Scholesovým modelem pro evropskou put opci.

Řešení

```
dpFJ06bop30BSp = Plot[
  (-EuropeanPut[ s, 60, 0.2, 0.5, 0.04, 30 ] + priceEurPut[s, 60, .2, .5, .04]),
  {s, 40, 80}, PlotRange → All,
  PlotLabel -> "Plot chyba:=BS-BOM Eur.Put\n n=30~(blue),n=60~(red)"]
dpFJ06bop60BSp = Plot[
  (-EuropeanPut[ s, 60, 0.2, 0.5, 0.04, 60 ] + priceEurPut[s, 60, .2, .5, .04]),
  {s, 40, 80}, PlotRange → All, PlotStyle → Red]
dpFJ06 = Show[{dpFJ06bop30BSp, dpFJ06bop60BSp}, PlotRange → All]
Export["dpFJ06.jpeg", dpFJ06]
```

Graf 6 - Srovnání B-S modelu s binomickým modelem pro evropskou put opci



Zdroj: vlastní zpracování v SW Mathematica, 2013

I v případě evropské put opce lze dojít k závěru, že s rostoucím počtem období klesají rozdíly v cenách získaných binomickým i Black-Scholesovým modelem.

6 Možnosti využití finančních derivátů v podnikových financích

Původním důvodem vzniku dnešních finančních derivátů byla možnost snížení rizika spojeného s držbou cenných papírů. Jako další důvod lze stanovit možnosti získání spekulativních zisků při správném odhadu budoucího vývoje ceny podkladového aktiva derivátu.

V posledních letech lze zaznamenat růst derivátového trhu. Bohužel za tímto vývojem není jen snaha o zajištění finančních rizik a spekulace, ale i snaha některých firem o zkreslení výsledků hospodaření, kdy finanční deriváty použijí k zakrytí ztráty či k navyšování zisku společnosti. Tomuto nahrává hned několik faktorů – kontrola nad deriváty je obtížná, celý sektor se vyznačuje značnou složitostí, neexistuje dostatečná regulace a finanční výkazy nemusí být vždy dostatečně srozumitelné.

Jedním z nejznámějších případů z posledních let, kdy společnost zakrývala špatnou finanční situaci především prostřednictvím derivátů na energie a úvěrových derivátů, je americká energetická společnost Enron Corp., která zbankrotovala v roce 2001. Z evropských společností lze jmenovat např. italský mlékárenský a potravinářský koncern Parmalat, který požádal o ochranu před věřiteli v roce 2003. Tento krok lze obecně považovat za vyhlášení bankrotu. K vylepšení svých finančních výkazů firma používala úvěrové deriváty spojené s vlastním úvěrovým rizikem. Prostřednictvím derivátů také přesunula peníze získané z emise dluhopisů a z poskytnutých bankovních úvěrů na účty soukromých osob.

6.1 Způsoby využití finančních derivátů

Základními způsoby využívání finančních derivátů jsou hedging, spekulace a arbitráž. V současné době se zvyšuje význam především hedgingu a spekulace.

6.1.1 Zajištění (hedging)

Hedging se využívá k omezení určitých druhů rizik pomocí přesunu daného rizika na jiný subjekt. K zajištění se využívají především opce a futures. Tímto způsobem se lze zajistit proti úvěrovému a tržnímu riziku, např. při poklesu cen akcií či jistit úrokovou sazbu placenou z půjček.

6.1.2 Spekulace (trading)

Spekulant na sebe vědomě bere riziko, aby měl možnost dosáhnout zisku. Při své činnosti spekulant zároveň podporuje likviditu derivátového trhu.

6.1.3 Arbitráž

Při arbitráži se využívá cenových rozdílů, a to buď mezi cenou derivátu a cenou podkladového aktiva, nebo mezi cenou derivátů na různých trzích. S rostoucí globalizací se postupně snižuje možnost uplatnění arbitráže, v dnešní době se vyplatí pouze při velkém objemu transakcí, ale to je zas spojeno s rostoucím rizikem.

Závěr

Pevné termínované operace a opční termínované operace se staly nedílnou součástí dnešního finančního světa. Každý, kdo má zájem vstoupit na některý z finančních trhů, by měl mít povědomí o finančních derivátech. Měl by mít základní znalosti o druzích finančních derivátů, způsobu jejich oceňování a hlavně znát možnosti jejich využití.

Tato práce je zaměřena na finanční deriváty, jejich charakteristiku a základní modely jejich oceňování. Důraz je kladen především na charakteristiku a oceňování opčních termínových operací. V teoretické části jsou definovány finanční deriváty, jejich vývoj a klasifikace. Je provedeno rozčlenění derivátů na pevné a opční termínové operace, které je důležité pro určení způsobu ocenění. Praktická část je věnována opčním termínovým operacím, především základním modelům jejich oceňování, a možnostem využití finančních derivátů v podnikových financích. Oceňování derivátů je velmi složitou a problematickou záležitostí, proto se při něm nelze obejít bez vhodného softwarového vybavení. V průběhu odvozování oceňovacích modelů a hlavně při jejich aplikaci na praktické příklady byl použit SW Mathematica, Wolfram Research, Inc.

V úvodní kapitole práce jsou definovány základní pojmy spojené s problematikou finančních derivátů, stručný vývoj finančních derivátů a jejich klasifikace. V druhé kapitole jsou představeny pevné termínové operace - forwardy, futures a swapy. Charakterizovány jsou nejpoužívanější typy pevných termínových obchodů, uveden je také způsob jejich oceňování. Oceňování pevných termínových obchodů je velmi rozsáhlou problematikou. Proto bylo podrobněji rozebráno pouze oceňování nejběžnějších forwardových kontraktů. Futures kontrakty jsou standardizovanou formou forwardových obchodů, proto jejich oceňování vychází z podobných principů. Oceňování futures a swapů bylo z důvodu rozsahu práce pouze naznačeno. Zpracováním těchto kapitol byl splněn první definovaný cíl, tj. analýza finančních derivátů, jejich bližší charakteristika a definování základních pojmů, které jsou s deriváty pevně spojené.

Splnění druhého a třetího cíle, který byl definován v úvodu, je směrováno do druhé části práce, která začíná třetí kapitolou a je úvodem do problematiky opčních termínových operací. Obsahuje charakteristiku nejpoužívanějších opčních kontraktů a popis základních opčních pozic. Čtvrtá a pátá kapitola jsou zaměřeny na základní modely užívané pro oceňování opcí – diskrétní binomický model a spojitý Black-Scholesův model. Nejprve jsou definovány základní proměnné, které ovlivňují cenu opcí. Poté jsou vymezeny základní předpoklady jednotlivých modelů a provedeno jejich odvození pro evropské opce na akcie nevyplácející dividendy. Praktické příklady jsou vytvořeny v softwaru Mathematica. Nejdůležitější výpočty a řešení příkladů jsou vloženy do samotné práce, celý vytvořený notebook v SW Mathematica je přiložen k této diplomové práci. V tomto vloženém notebooku je možné vidět detaily a způsob konstrukce jednotlivých příkladů, které SW Mathematica umožnil vypočítat a znázornit i pomocí 3D grafů.

Poslední kapitola vysvětluje základní možnosti praktického využití finančních derivátů v podnikových financích.

Seznam tabulek

Seznam obrázků

Seznam grafů

Seznam použitých zkratek

CBOE	Chicago Board Options Exchange
CBOT	Chicago Board of Trade
CME	Chicago Mercantile Exchange
FD	finanční deriváty
FRA	forward rate agreement, dohoda o forwardové úrokové míře
IRR	vnitřní výnosové procento
OTC	over the counter, tzv. „přes přepážku“, mimoburzovní obchody

Seznam použité literatury

[1] BENNINGA, Simon. *Financial modeling*. 3rd ed. Cambridge, MA: MIT Press, 2008, xxviii, 1132 p. ISBN 978-026-2026-284.

[2] BENNINGA, Simon a Zvi WIENER. Binomial Option Pricing, the Black-Scholes Option Pricing Formula, and Exotic Options.*Wolfram Library Archive* [online]. c2013 [cit. 2013-03-26]. Dostupné z: http://library.wolfram.com/infocenter/Articles/1226/

[3] BENNINGA, Simon a Zvi WIENER. The Binomial Option Pricing Model. *Wolfram Library Archive* [online]. c2013 [cit. 2013-03-26]. Dostupné z: http://library.wolfram.com/infocenter/Articles/2966/

[4] Binomial options pricing model. *Wikipedia* [online]. 2003, 2013-03-27 [cit. 2013-04-05]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Binomial_options_pricing_model

[5] Black–Scholes. *Wikipedia* [online]. 2002, 2013-04-25 [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Black-Scholes

[6] Black-Scholes Model. *Středoevropské centrum pro finance a management* [online]. c2005-2012 [cit. 2013-04-05]. Dostupné z: http://www.finance-management.cz/080vypisPojmu.php?IdPojPass=61

[7] BLAHA, Zdenek Sid a Irena JINDŘICHOVSKÁ. *Opce, swapy a futures: deriváty finančního trhu*. 2. rozš. vyd. Praha: Management Press, 1997, 206 s. ISBN 80-859-4329-8.

[8] BLAKE, David. *Analýza finančních trhů*. 1.vyd. Praha: Grada Publishing, 1995, 623 s. ISBN 80-716-9201-8.

[9] CIPRA, Tomáš. *Finanční a pojistné vzorce*. 1. vyd. Praha: Grada, 2006, 374 s. ISBN 80-247-1633-X.

[10] CIPRA, Tomáš. *Praktický průvodce finanční a pojistnou matematikou*. Vyd. 2. /v Ekopressu 1. Praha: Ekopress, 2005, 308 s. ISBN 80-861-1991-2.

[11] Cost of carry. *Wikipedia* [online]. 2005, 2013-03-15 [cit. 2013-03-30]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Cost_of_carry

[12] DVOŘÁK, Petr. *Deriváty*. Vyd. 2., přeprac. V Praze: Oeconomica, 2008, 297 s. ISBN 978-80-245-1435-2.

[13] DVOŘÁK, Petr. *Přednášky z finančních derivátů*. 2. vyd. Praha: Vysoká škola ekonomická, 2002, 142 s. ISBN 80-245-0285-2.

[14] Forward contract. *Wikipedia* [online]. 2003, 2013-02-22 [cit. 2013-03-30]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Forward_contract

[15] Forwardový kontrakt. *Wikipedie* [online]. 2009, 2013-03-26 [cit. 2013-03-30]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Forwardov%C3%BD_kontrakt

[16] GANGUR, Mikuláš. *Studijní materiály k předmětu Základy analýzy kapitálových trhů (KEM/ZAKT).* Plzeň: Fakulta ekonomická ZČU v Plzni.

[17] JÍLEK, Josef. *Deriváty, hedžové fondy, offshorové společnosti*. 1. vyd. Praha: Grada, 2006, 260 s. ISBN 80-247-1826-X.

[18] JÍLEK, Josef. *Finanční a komoditní deriváty*. 1. vyd. Praha: Grada, 2002, 624 s. ISBN 80-247-0342-4.

[19] JÍLEK, Josef. *Finanční a komoditní deriváty v praxi*. 2. upr. vyd. Praha: Grada, 2010, 630 s. Finance (Grada). ISBN 978-80-247-3696-9.

[20] JÍLKOVÁ, Lenka, Petr JIRÁSEK a Václav LIŠKA. *Deriváty: (Cenné papíry III.)*. Vyd. 1. Praha: ČVUT, 1998, 118 s. ISBN 80-010-1752-4.

[21] KOLB, Robert W a James A OVERDAHL. *Financial derivatives*. 3rd ed. New York: John Wiley, c2003, ix, 323 p. ISBN 04-712-3232-7.

[22] KOVÁŘÍK, Michal. *Využití finančních derivátů při zajišťování peněžních toků*. Vyd. 1. Bučovice: Nakladatelství Martin Stříž, 2011, 143 s. ISBN 978-808-7106-495.

[23] LUKÁŠ, Ladislav. *Studijní materiály k předmětu Finanční deriváty (KEM/FDE).* Plzeň: Fakulta ekonomická ZČU v Plzni.

[24] LUKÁŠ, Ladislav. *Studijní materiály k předmětu Kvantitativní finance (KEM/KF).* Plzeň: Fakulta ekonomická ZČU v Plzni.

[25] MÁLEK, Jiří. *Opce a futures*. Vyd. 2. Praha: Oeconomica, 2003, 133 s. ISBN 80-245-0488-X.

[26] MANGANO, Sal. *Mathematica cookbook*. 1st ed. Sebastopol, CA: O'Reilly, c2010, xxiv, 800 p. ISBN 978-059-6520-991.

[27] MAŘÍK, Miloš. A KOLEKTIV. *Metody oceňování podniku pro pokročilé: hlubší pohled na vybrané problémy*. 1. vyd. Praha: Ekopress, 2011, 548 s. ISBN 978-80-86929-80-4.

[28] REJNUŠ, Oldřich. *Peněžní ekonomie: (finanční trhy)*. 6., aktualiz. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2012, 374 s. ISBN 978-80-214-4415-7.

[29] Zákon č. 219/1995 Sb. *Ministerstvo financí České republiky* [online]. c2005 [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: http://www.mfcr.cz/cps/rde/xchg/mfcr/xsl/zakony_1089.html

[30] Zákon č. 256/2004 Sb. *Ministerstvo financí České republiky* [online]. c2005 [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: http://www.mfcr.cz/cps/rde/xchg/mfcr/xsl/zakony_1576.html

[31] ZÁŠKODNÝ, Přemysl, Vladislav PAVLÁT a Josef BUDÍK. *Finanční deriváty a jejich oceňování*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola finanční a správní, 2007, 161 s. ISBN 978-80-86754-73-4.

[32] ZIKMUND, Martin. Hodnocení investic: Čistá současná hodnota (NPV) stručně a jasně. *BusinessVize* [online]. 2010-08-05 [cit. 2013-04-05]. Dostupné z: http://www.businessvize.cz/rizeni-a-optimalizace/hodnoceni-investic-cista-soucasna-hodnota-npv-strucne-a-jasne

[33] ZMEŠKAL, Zdeněk. A KOL. *Finanční modely*. Vyd. 2. Praha: Ekopress, 2004, 236 s. ISBN 80-861-1987-4.

Seznam příloh

```
(*=== Mma_notebook:= DP_KFU_FousovaJ~130415
  Bc. Fousova Jana, K11N0048P,
DP_tema:
 "Financni derivaty - jejich ocenovani a vyuziti v podnikovych financich"
 ved.DP: doc.RNDr.Ing. L.Lukas, CSc. ===*)
(* ------------------------------------------------------------- *)

(*#### book> Mangamo, S.: Mathematica Cookbook,
Ch.14 ~ Financial Engineering ###################
   ref.> http://
 my.safaribooksonline.com/book/mathematica/9781449382001/14dot11-modeling-
  the-value-at-risk-of-a-portfolio-using-monte-carlo-and-other/id3461376#
   X21udGVybmFsX0h0bWxWaWV3P3htbGlkPTk3ODE0NDkzODIwMDE1MkZpZDM0NTcyNjEmcXVlcn
    k9 *)

(*=== Ch.14.3 Soucasna hodnota CF ===*)
(*---cert3 13-03-19 ---*)
(* Data> You pay $1000 today to receive income of $100,
$300, $600 and $600 in the next four years with a rate of 5%,
the present value is: *)
(* pvCF .. soucasna hodnota CF *)
pvCF[cashFlows_List, times_List, rate_Real] := Module[{T = Length[cashFlows]},
```

$$\sum_{t=1}^{T} \frac{\text{cashFlows[[t]]}}{\text{(1 + rate) ^times[[t]]}}];$$

```
In[2]:= pvCF[{-1000.0, 100.0, 300.0, 600.0, 600.0}, {0, 1, 2, 3, 4}, 0.05]
Out[2]= 379.271

In[3]:= (* Standard present value formula based upon discount rate r: *)
Clear[X, r, t];
Simplify[Sum[X / (1 + r) ^t, {t, 1, Infinity}]]
```

Out[4]= $\frac{X}{r}$

```
In[5]:= (* pvPerpetuity .. soucasna hodnota perpetuity *)
pvPerpetuity[cash_Real, rate_Real] := cash / rate;
pvPerpetuity[100.00, 0.03]
Out[6]= 3333.33

In[7]:= Clear[X, r, t];
Simplify[Sum[X / (1 + r) ^t, {t, 1, T}]]
```

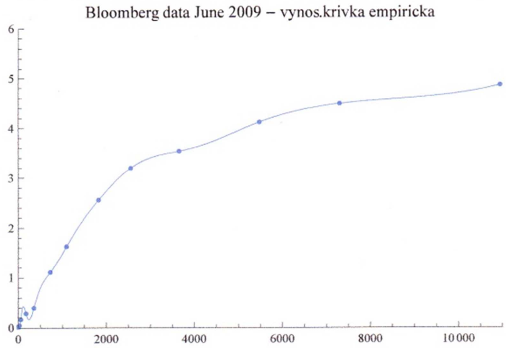
Out[8]= $\frac{X - (1+r)^{-T} X}{r}$

```
In[9]:= (* pvAnuity .. soucasna hodnota anuity *)
pvAnuity[cash_Real, rate_Real, periods_Integer] :=
  (cash - (1 + rate) ^ (-periods) cash) / rate;
pvAnuity[100.00, 0.03, 10]
Out[10]= 853.02
```

```
In[28]:= (* zjednodus.pr. Marik M. akol.:
          Metody ocenovani podniku pro pokrocile, str.32-33
            iteracni zjisteni IRR .. vnitr.vynos.procento *)
         pvCF[{4800.0, -246.9, -254.3, -261.9, -322.1, -432.9, -1050.7, -4606.1},
          {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7}, 0.03]
         pvCF[{4800.0, -246.9, -254.3, -261.9, -322.1, -432.9, -1050.7, -4606.1},
          {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7}, 0.04]
         pvCF[{4800.0, -246.9, -254.3, -261.9, -322.1, -432.9, -1050.7, -4606.1},
          {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7}, 0.05]
         pvCF[{4800.0, -246.9, -254.3, -261.9, -322.1, -432.9, -1050.7, -4606.1},
          {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7}, 0.06]
         pvCF[{4800.0, -246.9, -254.3, -261.9, -322.1, -432.9, -1050.7, -4606.1},
          {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7}, 0.07]
         pvCF[{4800.0, -246.9, -254.3, -261.9, -322.1, -432.9, -1050.7, -4606.1},
          {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7}, 0.08]

Out[28]= -1203.82

Out[29]= -867.132

Out[30]= -553.738

Out[31]= -261.79

Out[32]= 10.3948

Out[33]= 264.351

In[34]:= pvCF[{4800.0, -246.9, -254.3, -261.9, -322.1, -432.9, -1050.7, -4606.1},
          {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7}, 0.068]
         pvCF[{4800.0, -246.9, -254.3, -261.9, -322.1, -432.9, -1050.7, -4606.1},
          {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7}, 0.0685]
         pvCF[{4800.0, -246.9, -254.3, -261.9, -322.1, -432.9, -1050.7, -4606.1},
          {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7}, 0.069]
         pvCF[{4800.0, -246.9, -254.3, -261.9, -322.1, -432.9, -1050.7, -4606.1},
          {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7}, 0.0695]

Out[34]= -42.5367

Out[35]= -29.2349

Out[36]= -15.9791

Out[37]= -2.76928

In[40]:= pvCF[{4800.0, -246.9, -254.3, -261.9, -322.1, -432.9, -1050.7, -4606.1},
          {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7}, 0.0696]
         pvCF[{4800.0, -246.9, -254.3, -261.9, -322.1, -432.9, -1050.7, -4606.1},
          {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7}, 0.0697]

Out[40]= -0.13281

Out[41]= 2.50184
```

In[42]:=
```
(*=== Ch.14.5 Vynosova krivka ~ yield curve ===*)
(*---cert3 13-03-19 ---*)
(* Data> e.g. Bloomberg in late June 2009, pairs {days,rates} *)
rates = {{7, 0.01}, {14, 0.04}, {30, 0.05}, {60, 0.17},
   {180, 0.29}, {360, 0.40}, {730, 1.11}, {1095, 1.63}, {1825, 2.56},
   {2555, 3.20}, {3650, 3.54}, {5475, 4.12}, {7300, 4.49}, {10 950, 4.86}};
```

In[51]:=
```
(*=== Vykresleni vynos.krivky z empirickych dat ===*)
iRates = Interpolation[rates, Method -> "Spline"];
dpFJ01 = Show[
  ListPlot[rates, PlotStyle → {PointSize[0.01]}, PlotRange → {{0, 11 000}, {0, 6}},
   PlotLabel -> "Bloomberg data June 2009 - vynos.krivka empiricka"],
  Plot[iRates[t], {t, 7, 11 000}]]
Export["dpFJ01vynosKrivkaEmpir.jpeg", dpFJ01]
```

Out[52]=


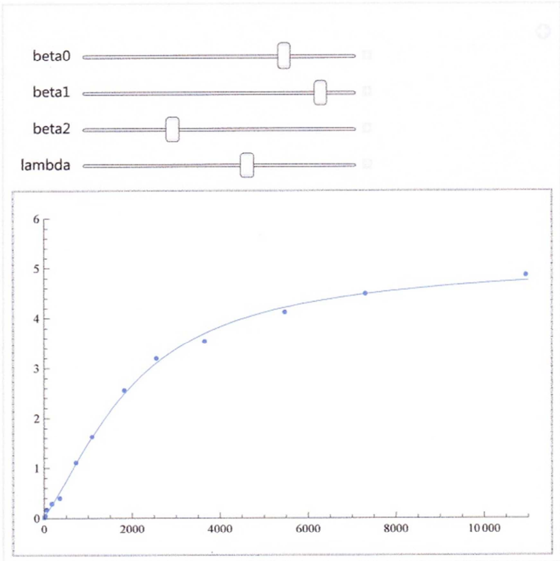
Out[53]= dpFJ01vynosKrivkaEmpir.jpeg

In[54]:=
```
(*=== Konstrukce Nelson-Siegelovy aproximace vynos.krivky ===*)
(* Interpolation is well and good,
but if you want to understand the dynamics of the curve,
you need a model. The Nelson-
 Siegel is a popular parametric model of the yield curve.
   Parameters: β0,β1,β2, m..time to maturity, λ..parameter*)
Clear[nsYieldCurve, fitNS];
nsYieldCurve[m_, β0_, β1_, β2_, λ_] :=
  β0 + β1 (1 - Exp[-m / λ]) / (m / λ) + β2 ( (1 - Exp[-m / λ]) / (m / λ) - Exp[-m / λ]);
fitNS = FindFit[rates, nsYieldCurve[m, β0, β1, β2, λ],
  {β0, β1, β2, λ}, m, Method → NMinimize]
```

Out[55]= {β0 → 5.28846, β1 → -5.26294, β2 → -3.75868, λ → 651.468}

In[58]:=
```
(*=== Vyuziti prikazu Manipulate[] pro interaktivni konstrukci N-
  S aproximace vynos.krivky ===*)
(* Use Manipulate[] to play with parameters to
 get a feel for their effect. *)
dpFJ02 = Manipulate[Show[
    ListPlot[rates,
     PlotStyle → {PointSize[0.01]}, PlotRange → {{0, 11000}, {0, 6}}],
    Plot[nsYieldCurve[m, beta0, beta1, beta2, lambda],
     {m, 1, 11000}, PlotRange → {{0, 11000}, {0, 6}}]],
   {{beta0, β0}, 3, 6, 0.1},
   {{beta1, β1}, 2, -6, -0.1},
   {{beta2, β2}, -5, -1, 0.1},
   {{lambda, λ}, 100, 1000, 10}, SaveDefinitions → True] /. fitNS
Export["dpFJ02vynosKrivka-Nelson-Siegel.aproximace.jpeg", dpFJ02]
```

Out[58]=



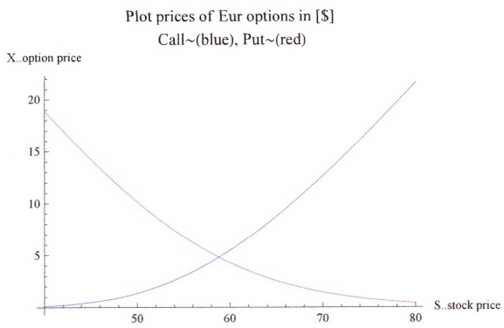
Out[59]= dpFJ02vynosKrivka-Nelson-Siegel.aproximace.jpeg

```
In[60]:= (*=== Ch.14.6 Black-Scholes.model ocenovani Eur.opci (Call/Put) ===*)
(*---cert3 13-03-19 ---*)
(*=== Ch.14.06 B-S for European Option Pricing, pp.565-572 ===*)
(* Use Black-Scholes formula for Eur.option pricing. *)
Clear[d1, d2, priceEurCall, priceEurPut];
(* Define aux.functions d1[], d2[] *)
d1[price_Real, strike_Real, volatility_Real, maturityT_Real, rate_Real] :=
  (Log[price / strike] + (rate + .5 volatility^2) * maturityT) /
   (volatility * Sqrt[maturityT]);
(*eoFunc d1[] *)
d2[price_Real, strike_Real, volatility_Real, maturityT_Real, rate_Real] :=
  d1[price, strike, volatility, maturityT, rate] - volatility * Sqrt[maturityT];
(*eoFunc d2[] *)
cumNormDistr[x_?NumberQ] := CDF[NormalDistribution[], x];
(*eoFunc cumNormDistr[] *)

(* Define pricing functions *)
priceEurCall[price_Real, strike_Real,
   volatility_Real, maturityT_Real, rate_Real] :=
  price * cumNormDistr[d1[price, strike, volatility, maturityT, rate]] -
   strike * Exp[-rate * maturityT] *
    cumNormDistr[d2[price, strike, volatility, maturityT, rate]];
(*eoFunc priceEurCall[] *)
(* Use well-known put-call parity. *)
priceEurPut[price_Real, strike_Real, volatility_Real, maturityT_Real,
   rate_Real] := priceEurCall[price, strike, volatility, maturityT, rate] +
   strike * Exp[-rate * maturityT] - price;
(*eoFunc priceEurCall[] *)
```

In[66]:=
```
(*=== Priklady pouziti B-S formule ===*)
(*--- Ex.01> Compute a value of EurCall option :: strike $60,
1/2 year to maturity, underlying stock trading at $70,
volatility .29, risk-free rate 4% .
   && Plot Eur. Call & Put options *)
priceEurCall[70., 60., .29, .5, .04]
(* Here we show the opposing relationship between a call and put option
 with equal attributes by plotting their values against the price of
 the underlying stock. A call increases in value with the stock price,
whereas a put decreases in value. *)
dpFJ03 =
 Plot[{priceEurCall[S, 60., .29, .5, .04], priceEurPut[S, 60., .29, .5, .04]},
  {S, 40, 80}, PlotRange → All, AxesLabel → {"S..stock price", "X..option price"},
  PlotRange → {{0, 15}, {2, 15}}, ImageSize → Medium,
  PlotLabel → "Plot prices of Eur options in [$]\n Call~(blue), Put~(red)"]
Export["dpFJ03opceEurCall_Put.jpeg", dpFJ03]
```

Out[66]= 12.6323

Out[67]=



Out[68]= dpFJ03opceEurCall_Put.jpeg

In[69]:=
```
(*--- Ex.02,03,04> Compute a value of EurCall option :: strike $60,
1/2 year to maturity, underlying stock trading at $70,
volatility (Ex.02: .45, Ex.03: .35 , Ex.04: 0.20 ), risk-free rate 4% .
   && Plot Eur. Call & Put options *)
priceEurCall[70., 60., .45, .5, .04]
priceEurCall[70., 60., .35, .5, .04]
priceEurCall[70., 60., .20, .5, .04]
```

Out[69]= 14.9116

Out[70]= 13.4331

Out[71]= 11.6644

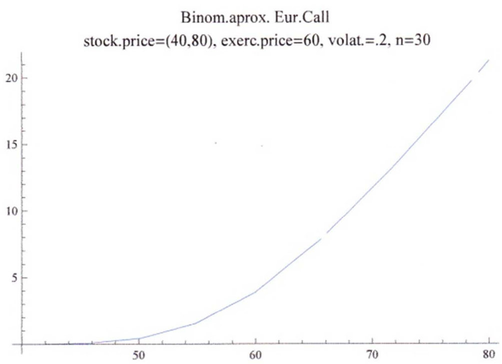
In[84]:=
```
(*=== Binomicky model oceneni
  Eur. Call / Put opce ~ podle vyplatni funkce  ===*)
(*---cert3 13-04-15 ---*)
(* ref.> Benninga, S., Wiener,
Z.: he Binomial Option Pricing Model, viz. Literatura_DP *)
Clear[up, down, R, P, Q, EuropeanOption, EuropeanCall, EuropeanPut, mean];
up[n_, sigma_, T_] := N[ Exp[ Sqrt[T / n] sigma] ];
down[n_, sigma_, T_] := 1 / up[n, sigma, T];
R[n_, Rf_, T_] := N[ Exp[ Rf T / n] ];
P[up_, down_, r_] := N[ (r - down) / (up - down) / r];
Q[up_, down_, r_] := N[ 1 / r - P[up, down, r]];
mean[m_List] := Apply[ Plus, m] / Length[m];
```

In[91]:=
```
EuropeanOption[s_, sigma_, T_, Rf_, exercise_Function, n_] :=
Module[{u = up[n, sigma, T], d = down[n, sigma, T],
r = R[n, Rf, T], p, q},
    p = P[u, d, r];
    q = Q[u, d, r];
    Sum[ exercise[s * u^j * d^(n - j)] *
Binomial[n, j] * p^j * q^(n - j), {j, 0, n}]];
```

In[92]:=
```
EuropeanCall[ s_, X_, sigma_, T_, Rf_, n_ ] :=
    EuropeanOption[ s, sigma, T, Rf, Max[# - X, 0] &, n];
EuropeanPut[ s_, X_, sigma_, T_, Rf_, n_ ] :=
    EuropeanOption[ s, sigma, T, Rf, Max[X - #, 0] &, n];
```

In[107]:=
```
(*--- Vykresleni binom.aproximace oceneni Eur. Call opce ---*)
dpFJ04 = Plot[EuropeanCall[ s, 60, 0.2, 0.5, 0.04, 10 ],
  {s, 40, 80}, PlotRange → All, PlotLabel -> "Binom.aprox. Eur.Call\n
     stock.price=(40,80), exerc.price=60, volat.=.2, n=30"]
Export["dpFJ04binApproxEurCall_n30.jpeg", dpFJ04]
```

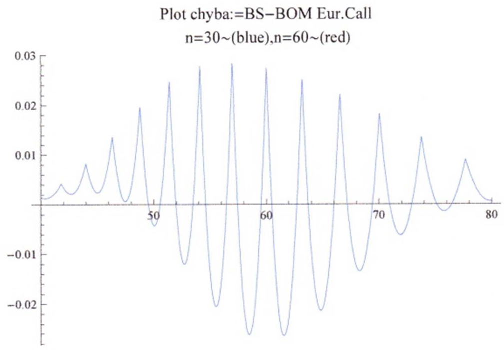
Out[107]=



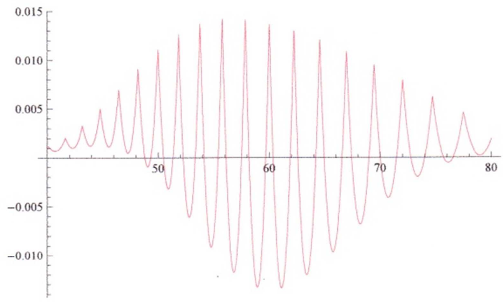
Out[108]= dpFJ04binApproxEurCall_n30.jpeg

```
In[126]:= (*--- Srovnani binom.aproximace(BOM) a B-S formule(BS) pro Eur.Call:
        chyba:=BS-BOM ---*)
dpFJ05bop30BSc = Plot[
   (-EuropeanCall[ s, 60, 0.2, 0.5, 0.04, 30 ] + priceEurCall[s, 60, .2, .5, .04]),
   {s, 40, 80}, PlotRange → All,
   PlotLabel -> "Plot chyba:=BS-BOM Eur.Call\n n=30~(blue),n=60~(red)"]
dpFJ05bop60BSc = Plot[(-EuropeanCall[ s, 60, 0.2, 0.5, 0.04, 60 ] +
     priceEurCall[s, 60, .2, .5, .04]),
   {s, 40, 80}, PlotRange → All, PlotStyle → Red]
dpFJ05 = Show[{dpFJ05bop30BSc, dpFJ05bop60BSc}, PlotRange → All]
Export["dpFJ05.jpeg", dpFJ05]
```

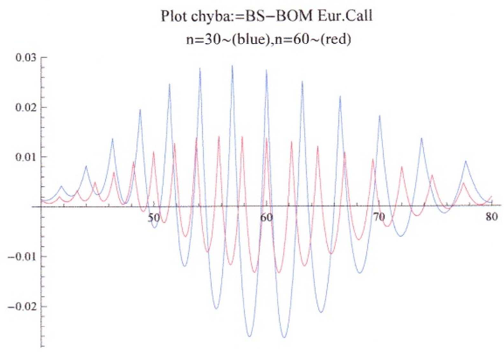
Out[126]=



Out[127]=



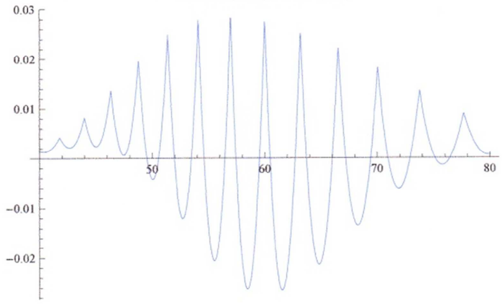
Out[128]=

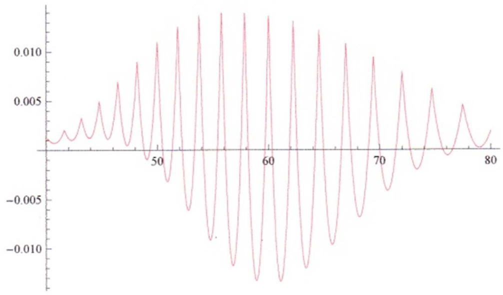


Out[129]= dpFJ05.jpeg

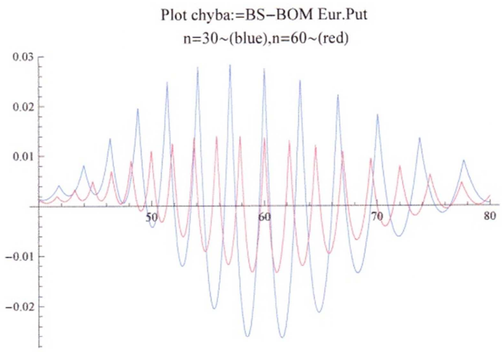
In[130]:=
```
(*--- Srovnani binom.aproximace(BOM) a B-S formule(BS) pro Eur.Put:
      chyba:=BS-BOM ---*)
dpFJ06bop30BSp = Plot[
  (-EuropeanPut[ s, 60, 0.2, 0.5, 0.04, 30 ] + priceEurPut[s, 60, .2, .5, .04]),
  {s, 40, 80}, PlotRange → All,
  PlotLabel -> "Plot chyba:=BS-BOM Eur.Put\n n=30~(blue),n=60~(red)"]
dpFJ06bop60BSp = Plot[
  (-EuropeanPut[ s, 60, 0.2, 0.5, 0.04, 60 ] + priceEurPut[s, 60, .2, .5, .04]),
  {s, 40, 80}, PlotRange → All, PlotStyle → Red]
dpFJ06 = Show[{dpFJ06bop30BSp, dpFJ06bop60BSp}, PlotRange → All]
Export["dpFJ06.jpeg", dpFJ06]
```

Plot chyba:=BS−BOM Eur.Put
n=30~(blue),n=60~(red)

Out[130]=


Out[131]=


Out[132]=



Out[133]= dpFJ06.jpeg

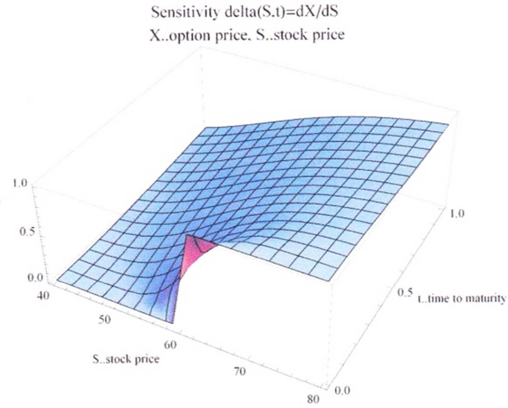
In[134]:=
```
(*=== Ch.14.06~pokrac.:
 Vypocty citlivosti Eur.Call / Put opce ~ Greeks ===*)
(*=== Ch.14.06 B-S for European Option Pricing ~ Greeks , pp.569-572 ===*)
(*--- cert 13-04-15 ---*)
(*~~~Discussion> Although the ability to
   price an option is vital to succesful trading in practice,
it is equally vital to measure the sensitivity of an option
 (or any other derivative security) to changes in the economic environment!
 These measures are based on mathematical derivatives of the
 pricing function, in general, and they are collectively known as
 the Greeks because each is associated with a Greek letter. *)
Clear[deltaEurCall, deltaEurPut, gammaEurCall, gammaEurPut, thetaEurCall,
  thetaEurPut, rhoEurCall, rhoEurPut, vegaEurCall, vegaEurPut];
(*~~~ Define Greeks of pricing functions *)
(*#### Sensitivity of an option price to changes in the stock price.
     Delta ~ dX/dS .. the first derivative of the pricing
 function X with respect to the underlying stock price S. *)
deltaEurCall[price_Real, strike_Real, volatility_Real,
   maturityT_Real, rate_Real] := Module[{s},
   D[priceEurCall[s, strike, volatility, maturityT, rate], s] /. s :> price];
(*eoModule deltaEurCall[] *)
deltaEurPut[price_Real, strike_Real,
   volatility_Real, maturityT_Real, rate_Real] := Module[{s},
   D[priceEurPut[s, strike, volatility, maturityT, rate], s] /. s :> price];
(*eoModule deltaEurPut[] *)

(*#### Sensitivity of the delta
   of an option price to changes in the stock price.
     Gamma ~ d2X/dS^2 .. the second derivative of the pricing
 function X with respect to the underlying stock price S. *)
gammaEurCall[price_Real, strike_Real, volatility_Real,
   maturityT_Real, rate_Real] := Module[{s},
   D[priceEurCall[s, strike, volatility, maturityT, rate], {s, 2}] /. s :> price];
(*eoModule gammaEurCall[] *)
gammaEurPut[price_Real, strike_Real,
   volatility_Real, maturityT_Real, rate_Real] := Module[{s},
   D[priceEurPut[s, strike, volatility, maturityT, rate], {s, 2}] /. s :> price];
```

```
(*eoModule gammaEurPut[] *)

(*#### Sensitivity of an option price to time.
      Theta ~ dX/dt .. the first derivative of the pricing function X with
  respect to the time of expiration~(maturity) <~> with sign(-) at t ! *)
thetaEurCall[price_Real, strike_Real, volatility_Real,
   maturityT_Real, rate_Real] := Module[{t},
   -D[priceEurCall[price, strike, volatility, t, rate], t] /. t :→ maturityT];
(*eoModule thetaEurCall[] *)
thetaEurPut[price_Real, strike_Real,
   volatility_Real, maturityT_Real, rate_Real] := Module[{t},
   -D[priceEurPut[price, strike, volatility, t, rate], s] /. t :→ maturityT];
(*eoModule thetaEurPut[] *)

(*#### Sensitivity of an option price to changes in the risk-free rate.
      Rho ~ dX/dr .. the first derivative of the
 pricing function X with respect to the interest rate r. *)
rhoEurCall[price_Real, strike_Real, volatility_Real,
   maturityT_Real, rate_Real] := Module[{r},
   D[priceEurCall[price, strike, volatility, maturityT, r], r] /. r :→ rate];
(*eoModule rhoEurCall[] *)
rhoEurPut[price_Real, strike_Real,
   volatility_Real, maturityT_Real, rate_Real] := Module[{r},
   D[priceEurPut[price, strike, volatility, maturityT, r], r] /. r :→ rate];
(*eoModule rhoEurPut[] *)

(*#### Sensitivity of an option price to changes in the volatility.
     Vega~(or Kappa) ~ dX/dσ .. the first derivative of
 the pricing function X with respect to the volatility σ. *)
vegaEurCall[price_Real, strike_Real, volatility_Real,
   maturityT_Real, rate_Real] := Module[{σ},
   D[priceEurCall[price, strike, σ, maturityT, rate], σ] /. σ :→ volatility];
(*eoModule vegaEurCall[] *)
vegaEurPut[price_Real, strike_Real,
   volatility_Real, maturityT_Real, rate_Real] := Module[{r},
   D[priceEurPut[price, strike, σ, maturityT, rate], σ] /. σ :→ volatility];
(*eoModule vegaEurPut[] *)

(*~~~ Ck.14.6~priklady: Examples, pp.569-572 *)
(*=== Ex.05> Q: Compute delta of a call with attributes> $60..strike price,
6 months left to maturity, the stock is trading at $40.
  A: The results shows that the option price will change by roughly 3.7 cents
    for a $1 move. We can confirm this using the pricing function. *)
(*--- Vypocet Delta, aproximace Delta pomoci rozdilu ---*)
deltaEurCall[40., 60., .29, .5, .04]
priceEurCall[40.5, 60., .29, .5, .04] - priceEurCall[39.5, 60., .29, .5, .04]
```

```
Out[145]= 0.0377654

Out[146]= 0.0378454
```

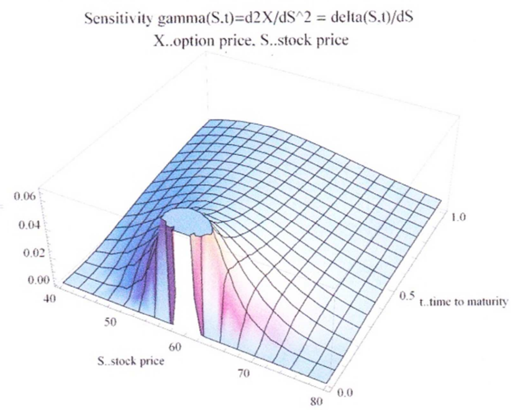
In[147]:=
```
(*=== Ex.06> Get an intuitive feel for the behavior of options by creating a
   3D plot of each Greek with respect to stock price S and time t. *)
(** Ex.06.a> delta(S,t) ~ see how delta increases sharply as
  S approaches the strike price and how this sensitivity
  is stronger near the expiration time~(i.e. t=0)! *)
Plot3D[deltaEurCall[S, 60., .29, t1, .04], {S, 40., 80.},
 {t1, .001, 1}, ImageSize → Medium,
 PlotLabel -> "Sensitivity delta(S,t)=dX/dS\n X..option price, S..stock price",
 AxesLabel → {"S..stock price", "t..time to maturity"}]
```

Out[147]=



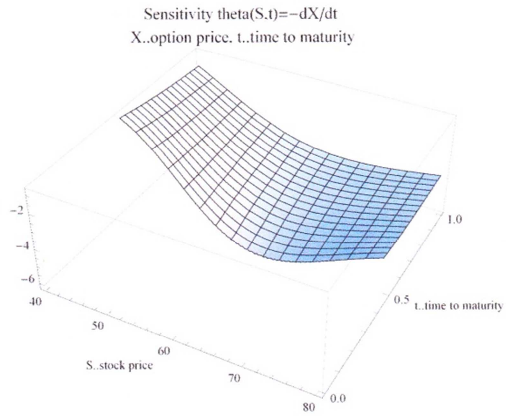
In[148]:=
```
(** Ex.06.b> gamma(S,t) ~ see sensitivity of delta(S,t) on changes of S,
and also a sensitivity of delta(S,t) to shrinking
 time to maturity and near the strike price $60 ! *)
Plot3D[gammaEurCall[S1, 60., .29, t1, .04],
 {S1, 40., 80.}, {t1, .001, 1}, ImageSize → Medium,
 PlotLabel -> "Sensitivity gamma(S,t)=d2X/dS^2 = delta(S,t)/dS\n
   X..option price, S..stock price",
 AxesLabel → {"S..stock price", "t..time to maturity"}]
```

Out[148]=



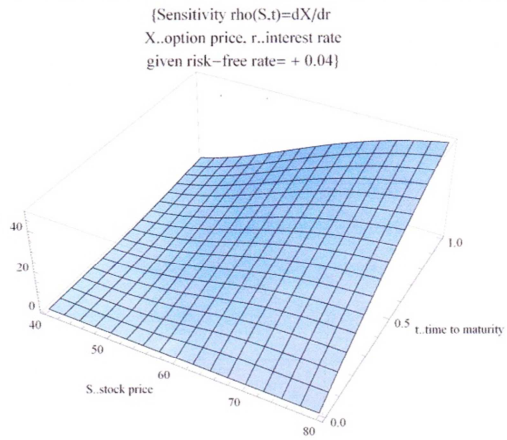
In[149]:=
```
(** Ex.06.c> theta(S,t) ~ shows how the option value will decay more
   rapidly with adverse moves of the underlying stock when there is a
   short time to expiration compared to when there are longer times. *)
Plot3D[thetaEurCall[S1, 60., .29, t1, .04], {S1, 40., 80.},
 {t1, .001, 1}, ImageSize → Medium, PlotLabel ->
  "Sensitivity theta(S,t)=-dX/dt\n X..option price, t..time to maturity",
 AxesLabel → {"S..stock price", "t..time to maturity"}]
```

Out[149]=



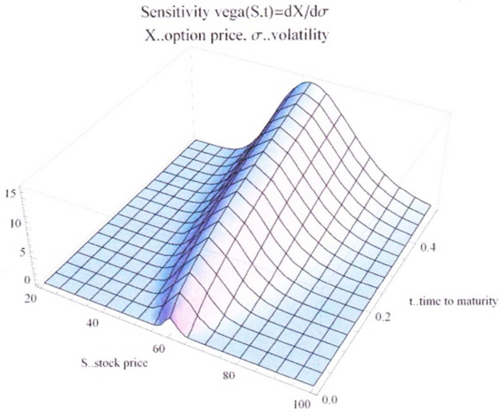
In[150]:=
```
(** Ex.06.d> rho(S,t) ~ shows a surface dX/dr over the definition
    rectangle S.e.[40,80]~x~t.e.[.001,1] for given risk-free rate 4%. *)
rf = 0.04;
Plot3D[rhoEurCall[S1, 60., .29, t1, rf],
 {S1, 40., 80.}, {t1, .001, 1}, ImageSize → Medium,
 PlotLabel → {"Sensitivity rho(S,t)=dX/dr\n X..option price,
      r..interest rate\n given risk-free rate=" + rf},
 AxesLabel → {"S..stock price", "t..time to maturity"}]
```

Out[151]=



In[152]:=
```
(** Ex.06.e> vega(S,t) ~ shows how sensitivity to volatility
    increases near the strike price and with increasing time. This
    follows from the fact that hidh volatility has more impact
    over longer time periods and for options that are in-the-
   money~(because of the larger delta and gamma of in-the-money options)! *)
Plot3D[vegaEurCall[S1, 60., .29, t1, .04], {S1, 20., 100.},
 {t1, .01, .5}, ImageSize → Medium,
 PlotLabel → "Sensitivity vega(S,t)=dX/dσ\n X..option price, σ..volatility",
 AxesLabel → {"S..stock price", "t..time to maturity"}]
```

Out[152]=



Abstrakt

FOUSOVÁ, Jana. *Finanční deriváty - jejich oceňování a využití v podnikových financích*. Diplomová práce. Plzeň: Fakulta ekonomická ZČU v Plzni, 67 s., 2013

Klíčová slova: finanční deriváty, opce, oceňování evropských opcí, binomický model, Black-Scholesův model

Předložená práce je zaměřena na finanční deriváty, jejich charakteristiku a základní modely jejich oceňování. Důraz je kladen především na charakteristiku a oceňování opčních termínových operací. V teoretické části jsou definovány finanční deriváty, jejich vývoj a klasifikace. Je provedeno rozčlenění derivátů na pevné a opční termínové operace, které je důležité pro určení způsobu ocenění. Praktická část je věnována opčním termínovým operacím, především základním modelům jejich oceňování, a možnostem využití finančních derivátů v podnikových financích.

V úvodní kapitole práce jsou definovány základní pojmy spojené s problematikou, stručný vývoj finančních derivátů a jejich klasifikace. V druhé kapitole jsou představeny pevné termínové operace - forwardy, futures a swapy. Charakterizovány jsou nejpoužívanější typy pevných termínových obchodů, uveden je také způsob jejich oceňování. Třetí kapitola je úvodem do problematiky opčních termínových operací. Obsahuje charakteristiku nejpoužívanějších opčních kontraktů a popis základních opčních pozic. Čtvrtá a pátá kapitola jsou zaměřeny na základní modely užívané pro oceňování opcí – diskrétní binomický model a spojitý Black-Scholesův model. Nejprve jsou definovány základní proměnné, které ovlivňují cenu opcí. Poté jsou vymezeny základní předpoklady jednotlivých modelů a provedeno jejich odvození pro evropské opce na akcie nevyplácející dividendy. Praktické příklady jsou vytvořeny v softwaru Mathematica. Poslední kapitola vysvětluje základní možnosti praktického využití finančních derivátů v podnikových financích.

Abstract

FOUSOVÁ, Jana. *Financial derivatives – their pricing and application in the corporate finance.* Diploma thesis. Pilsen: Faculty of Economics, University of West Bohemia, 67 p., 2013

Key words: financial derivatives, option, pricing of european options, Binomial Model, Black-Scholes Model

The submitted work is focused on financial derivatives, their characteristics and basic models of their valuation. The focus is primarily on the characteristics and the valuation of futures options operations. In the theoretical part, financial derivatives are defined including, their evolution and classification. A breakdown of derivatives into solid futures and options is carried out, which is important in determining the method of their valuation. The practical part is devoted to futures options operations, particularly their valuation models, and the use of derivatives in corporate finance.

In the introductory chapter of the work the basic terms associated with the issue are defined, and a brief development of derivative financial instruments and their classification is provided. In the second chapter fixed term operations – forwards, futures and swaps – are introduced. The most commonly used types of solid futures are characterized, and the method of their valuation is also stated. The third chapter is an introduction to the issue of futures options operations. It contains the characteristics of the most common options contracts and the description of the basic options positions. The fourth and the fifth chapters are focused on the basic models used for the valuation of models – the discrete binomial model and the connected Black-Scholes model. First of all the basic variables that affect the price of options are defined. Then the underlying assumptions of the individual models are specified and the derivation of European stock options not paying dividends is carried out. Practical examples are created in the software Mathematica. The last chapter explains the basic possibilities for the practical use of financial derivatives in corporate finance.