

Flexible technology valuation to switch between operating modes: real option approach

Ocenění flexibilní technologie s možností změny výrobních módů: přístup na bázi reálných opcí

Miroslav Čulík¹

Abstract

Paper is focused on the valuation of the flexible technology to switch between operating modes by applying real option approach. Project is structured as follows. First, real option fundamentals is explained, Second, option to switch is described including basic parameters (underlying assets, exercise price, intrinsic value, decision fiction). In the end, illustrative example is stated.

Key words

Binomial model, decision function, flexibility, free cash flow, intrinsic value option, net present value, real option.

JEL Classification: C52, G11, G31

1. Úvod

Kapitálové rozpočtnictví patří ke klíčovým oblastem finančního řízení a rozhodování podniku. Mezi stěžejní a hlavní činnosti v této oblasti patří zejména rozhodování o tom, zda přijmout a realizovat daný projekt nebo portfolio projektů nebo jej naopak zamítnout. S tím souvisí i další aktivity: odhad a predikce klíčových proměnných ovlivňující ziskovost investic – investičních výdajů, peněžních příjmů generovaných projektem, výpočet nákladu kapitálu a tedy minimálního požadovaného výnosu, zohlednění rizika, analýza faktorů rizika, atd.

Význam kapitálového rozpočtnictví z hlediska nutnosti provádět správná rozhodnutí spočívá v tom, že tato rozhodnutí mají dlouhodobý charakter, jsou spojena s vysokými riziky, ovlivňují budoucí ekonomickou situaci a hodnotu firmy a tedy i bohatství vlastníků. Proto je nutno brát v úvahu všechny faktory, které konečné rozhodnutí ovlivňují a detailně je analyzovat.

Existuje celá řada odborných publikací, které se podrobně věnují problematice kapitálového rozpočtnictví a hodnocení investičních projektů. Z metod pro hodnocení ziskovosti zpravidla uvádějí a doporučují ty, které jsou založeny na bázi peněžních toků: čistá současná hodnota, index ziskovosti, vnitřní výnosové procento a doba návratnosti. Tato skupina metod je doplněna o metody vycházející z účetních hodnot a patří sem zejména rentabilita investovaného kapitálu. Pro všechny tyto metody jsou vždy definovány předpoklady, způsob výpočtu a rozhodovací kritérium, tj. zda projekt přijmout nebo zamítnout. Je – li tedy výsledkem procesu hodnocení investičního projektu doporučení

¹ Ing. Miroslav Čulík, Ph.D. Ekonomická fakulta VŠB-TU Ostrava, katedra financí. Sokolská třída 33, 701 21 Ostrava, email: miroslav.culik@vsb.cz.

přijmout projekt, předpokládá se, že projekt bude zahájen ihned k okamžiku rozhodování; v opačném případě a tedy v situaci, kdy je projekt zamítnut, se vychází z toho, že nebude realizován nikdy.

Aplikace výše uvedených metody je vždy spojena se splněním určitých podmínek a předpokladů. K těm nejdůležitějším zcela jistě patří to, v jakém prostředí a situacích proces hodnocení a rozhodování probíhá. Z tohoto pohledu lze rozlišovat tři základní situace: (a) rozhodování za určitosti, kdy se předpokládá, že lze budoucí situace a stavy popsat deterministicky s jistotou a tedy pouze jedním číslem; (b) rozhodování za rizika, kdy nelze přesně určit budoucí situace a stavy, ale lze je popsat pomocí rozdělení pravděpodobnosti a jejich parametrů; (c) rozhodování za neurčitosti, kdy jsou budoucí situace a stavy popsány pomocí intervalů hodnot, kterých mohou nabývat. Neméně důležitým předpokladem při ocenění je taktéž možnost provádět dodatečná rozhodnutí v čase a tedy flexibilita projektu.

Cílem příspěvku je ocenění projektu rigidní a flexibilní technologie na bázi metodologie reálných opcí včetně komparace výsledků a citlivostní analýzy.

Příspěvek je strukturován následujícím způsobem: v kapitole druhé jsou popsána základní teoretická východiska metodologie reálných opcí. Třetí kapitola je věnována popisu základních typů reálných opcí přitom detailně je popsána opce, jež bude aplikována při ocenění dané technologie. Ve čtvrté kapitole je provedeno ocenění, přitom daná technologie je nejprve oceněna jako rigidní tj. bez možnosti změn výrobních technologií a následně jako flexibilní. Výsledky jsou porovnány, je provedena taktéž citlivostní analýza.

2. Reálné opce – základní východiska

Použití tradičních metod hodnocení investic se na základě posledních výzkumů teoretiků a praktiků ukazuje být jako neadekvátní a nepřesné a to zejména u komplexních projektů v odvětvích s vysokým stupněm rizika. Jedná se zejména o takové projekty, u kterých se v důsledku měnících se interních podnikových a externích makroekonomických podmínek předpokládá určitý stupeň flexibility v rozhodování manažera projektu a to buď v předem stanovených časových intervalech, nebo kdykoliv v průběhu životnosti projektu. Z tohoto hlediska mohou být doporučení a závěry managementu na základě aplikace tradičních hodnotících metod nepřesné nebo dokonce i nesprávné.

Při vyhodnocování ziskovosti projektů při použití tradičních metod založených na bázi diskontovaných peněžních toků se implicitně předpokládá, že naplánovaná strategie postupu řízení projektu bude ve všech fázích jeho životnosti dodržena (např. rozsah projektu, životnost projektu, atd.) a tedy plánované hodnoty v okamžiku rozhodování o samotné realizaci projektu budou totožné se skutečnými. Jedná se však o silný předpoklad, protože v podmínkách rizika vždy existuje možnost, že se v budoucnosti skutečné hodnoty mohou odchylovat od plánovaných, přitom je nutno předpokládat, že na tyto situace bude muset manažer projektu vhodným způsobem reagovat. Tato budoucí rozhodnutí a změny budou záviset na konkrétních situacích a fázích daného projektu s cílem zvyšovat ziskovost projektu (např. rozšířením projektu při pozitivních změnách) nebo naopak minimalizací ztrát (např. zúžením projektu nebo jeho předčasným ukončením při negativním vývoji). Tato budoucí rozhodnutí mají vliv na peněžní toky generované projektem a tedy i jeho celkovou hodnotu vyjádřenou např. pomocí NPV. Hodnotu těchto budoucích možných rozhodnutí (opcí) je tedy nutno určitým způsobem zakalkulovat do celkové hodnoty projektu, jinak nelze získat objektivní výsledek a tedy i učinit správné rozhodnutí.

Čistá současná hodnota bývá ve finanční literatuře obvykle považována za nejpřesnější a nejsprávnější přístup pro hodnocení efektivnosti projektů, spolu s dalšími metodami založenými na bázi diskontovaných peněžních toků je řazena mezi tzv. pasivní přístupy. To

znamená, že se při jejich použití neuvažuje s možnostmi provádět budoucí rozhodnutí a aktivními zásahy u již zahájených projektů. Pokud je výsledkem aplikace těchto metod přijetí projektu, pak se vychází z toho, že projekt bude zahájen ihned; v případě jeho zamítnutí se předpokládá, že nebude nikdy realizován. Přitom v předinvestiční fázi projektu, jejímž finálním výstupem je rozhodnutí o přijetí nebo zamítnutí projektu, se manažer projektu rozhoduje na základě informací, které má v daný okamžik k dispozici (budoucí peněžní toky generované projektem, náklady kapitálu, atd.), které jsou odhadovány z reálné situace podniku, historického vývoje nebo očekávaného vývoje trhu a odvětví. Budoucí peněžní toky generované projektem vyjádřené pomocí jednoho čísla jsou tak silným předpokladem a to zejména v situaci, kdy je projekt ovlivňován měnicími s podmínkami na trhu při současné možnosti změn v jednotlivých fázích životnosti projektu.

Z toho tedy plyne, že při hodnocení efektivnosti projektů a rozhodování o jejich přijetí či zamítnutí je nutné uvažovat nejen s více možnými scénáři vývoje (rizikem), ale taktéž s možnostmi zásahů do již zahájených projektů v průběhu jejich životnosti. Tyto možnosti zásahů nebo jiných typů dodatečných rozhodnutí se ve finanční teorii označují jako tzv. flexibilita projektu.

Flexibilita projektu jako možnost volby a rozhodnutí (opce) by měla být vždy zohledněna při hodnocení projektu a jako aktivní složka by měla vždy zvyšovat celkovou hodnotu projektu. Na základě tohoto předpokladu pak takto stanovené kritérium umožňuje managementu realizovat i ty projekty, jejichž hodnota vypočtená pasivním přístupem (a tedy bez možnosti dodatečných zásahů do projektu) by byla záporná. Možnosti budoucích rozhodnutí a voleb by proto s ohledem na výše uvedené skutečnosti měly být zahrnuté v kritériu hodnocení projektu následujícím způsobem:

$$NPV(s\ opcí) = NPV(\text{bez opce}) + \text{hodnota flexibility (hodnota opce)}.$$

Z uvedeného vztahu plyne, že hodnota flexibility a tedy hodnota opce může být vyjádřena takto,

$$\text{hodnota flexibility} = NPV(s\ opcí) - NPV(\text{bez opce}).$$

Na této základní myšlence je založen přístup hodnocení investičních projektů na bázi reálných opcí, kdy je vypočtena NPV projektu včetně budoucích možných zásahů do projektu (reálných opcí), tzn., že hodnota reálné opce (nebo portfolia opcí) představuje dodatečnou hodnotu k tradičnímu pasivnímu rozhodovacímu kritériu NPV. Budoucí rozhodnutí a volby jsou přitom modelovány jako kupní a prodejní opce, které mohou být za určitých podmínek uplatněny. Pro ocenění těchto opcí jsou aplikovány stejné modely, jako při oceňování finanční opcí, hodnota těchto opcí pak vyjadřuje flexibilitu daného projektu. Lze tedy říci, že reálné opce v podstatě představují přístup, kdy jsou oceňována reálná aktiva pomocí modelů pro oceňování finančních opcí.

3. Typologie reálných opcí

Reálné opce lze primárně klasifikovat dle typu flexibility, které managementu poskytují. Mezi nejčastěji provozní typy reálných opcí patří:

- *Opce na rozšíření projektu* - představuje formálně kupní opci, která umožňuje managementu rozšířit původní kapacitu již zahájeného projektu a to v případě, že se podmínky vyvíjejí příznivěji, než se původně předpokládalo. Přitom se předpokládá, že s rozšířením projektu jsou spojeny investiční výdaje, jejichž hodnotu lze určit. Management firmy tak formálně vlastní kupní opci na peněžní toky generované z rozšířených výrobních kapacit, která bude uplatněna za podmínky, že jejich současná hodnota k okamžiku rozhodnutí o rozšíření je vyšší než investiční výdaje na rozšíření.

- *Opce na zúžení projektu* - představuje formálně prodejní opci, která umožňuje snížit kapacitu projektu a ušetřit tak část investičních výdajů odprodejem těchto kapacit a to zejména v případě, kdy se tržní podmínky pro projekt vyvíjejí méně příznivě, než bylo managementem původně plánováno. Management formálně vlastní prodejní opci na část výrobních kapacit s realizační cenou odpovídající desinvestičním příjmům. Opce je uplatněna za předpokladu, že desinvestiční příjmy jsou vyšší než současná hodnota peněžních příjmů ze zrušených výrobních kapacit diskontovaných k okamžiku rozhodnutí.
- *Opce na ukončení projektu* - může management uplatnit v situaci, kdy s podmínky pro projekt dlouhodobě vyvíjejí nepříznivě. Z ekonomického hlediska se může ukázat, že je výhodnější projekt předčasně ukončit než jej dále provozovat po zbývající dobu provozní fáze. Přitom v případě předčasného ukončení projektu může tento být prodán za zůstatkovou (prodejní) cenu a firma tak může příjmem z jeho prodeje snížit očekávanou ztrátu projektu.
- *Opce na dočasné přerušování výroby* - za předpokladu, že ceny v daném roce klesnou až pod úroveň variabilních nákladů produkce, je pro firmu z ekonomického hlediska výhodnější dočasně přerušit výrobu než pokračovat ve výrobě. Management firmy tak formálně drží americkou kupní opci na výrobu v příslušném roce, která je uplatněna za podmínky, že cena na jednotku produkce v daném období pokrývá alespoň variabilní náklady produkce.
- *Opce na odložení zahájení projektu* - představuje formálně kupní opci, která umožňuje managementu firmy odložit okamžik zahájení projektu za předpokladu, že při odložení zahájení projektu bude jeho NPV vyšší než při jeho okamžitém zahájení. V tomto případě může firma odložením zahájení projektu profitovat z odstranění nejistoty ohledně vývoje vybraných náhodných proměnných (např. ceny vstupů a výstupů); přitom pokud se podmínky nebudou vyvíjet příznivě, lze odložit zahájení i o další roky atd. Obecně tedy platí, že firma uplatní opci na odložení zahájení projektu v případě, že současná hodnota očekávané NPV je vyšší než NPV projektu při jeho okamžitém zahájení.
- *Opce na změnu výrobně - provozní technologie* – umožňuje management přechod (záměnu) mezi několika výrobně- provozními technologiemi dle aktuální situace a stavů.

3.1 Popis opce na změnu výrobně - provozní technologie (option to switch operating modes)

U opce na změnu výrobně - provozní technologie se jedná o americký typ opce a tedy opce, která může být uplatněna kdykoli v průběhu životnosti projektu. Tento typ reálné opce umožňuje managementu přecházet mezi několika alternativními výrobně-provozními technologiemi (módy) m , a to s ohledem na konkrétní situace a stavy, přitom tyto změny technologií mohou být spojeny s určitými přechodovými náklady.

Opce na změnu výrobně-provozní technologie lze nejjednodušeji vysvětlit na příkladu, kdy má firma možnost investovat do jednoho ze dvou alternativních projektů. Každý z těchto projektů umožňuje výrobu daného výrobku za použití dané (rigidní) výrobní technologie m ($m = A, B$), přitom projekt při použití příslušné technologie m generuje v období t peněžní tok $FCF_{m,t}$ (např. $FCF_{A,t}$ je peněžní tok v období t generovaný projektem s technologií A , $FCF_{B,t}$ je peněžní tok projektu s technologií B).

Dále se předpokládá, že existuje projekt s flexibilní výrobně-provozní technologií F , která umožňuje přecházet při dvěma výrobně mezi technologiemi A a B .

Je zřejmé, že tato flexibilní výrobní technologie musí mít vyšší hodnotu než rigidní technologie (které tyto změny neumožňují) a tedy musí platit,

$$V(FCF_F) \geq \max[V(FCF_A); V(FCF_B)], \quad (1)$$

kde $V(\cdot)$ vyjadřuje současnou hodnotu peněžních toků projektu (aktiv) při použití příslušné technologie m .

Pro jednoduchost je nejprve uvažováno s variantou, kdy přechod mezi jednotlivými technologiemi není spojen s žádnými dodatečnými náklady.

Je-li např. jako výchozí technologie použita technologie A s možností přechodu na technologii B kdykoli v průběhu životnosti projektu, pak hodnota této flexibilní technologie $V(F)$ je rovna součtu hodnoty technologie $V(A)$ bez možnosti přechodu a hodnoty opce na změnu technologie z A na B, $C(A \rightarrow B)$. To lze zapsat následujícím způsobem,

$$V(F) = V(A) + C(A \rightarrow B). \quad (2)$$

Obdobně taktéž platí, že je-li výchozí technologií technologie B, s možností přechodu na technologii A, pak analogicky podle (2) platí,

$$V(F) = V(B) + C(B \rightarrow A) \quad (3)$$

Firma tedy formálně vlastní kupní opci na přechod z technologie A na B, přitom její funkci vnitřní hodnoty lze zapsat následujícím způsobem,

$$VH_t^{A \rightarrow B} = \max(FCF_{B,t} - FCF_{A,t}; 0). \quad (4)$$

Z (4) je zřejmé, že firma opci uplatní (přejde na alternativní technologii) v situaci, kdy je vnitřní hodnota kladná a tedy kdy peněžní příjmy při použití technologie B (podkladové aktivum) v daném období t budou vyšší než peněžní příjmy při použití stávající technologie A (realizační cena). V situaci, kdy je vnitřní hodnota rovna nule, je pro firmu optimálním rozhodnutím zachovat stávající výrobní technologii.

Obdobně lze totéž zapsat pro situaci, kdy je výchozí technologií technologie B. V této situaci vlastní firma kupní opci na peněžní toky plynoucí z výroby při použití technologie A, pro její funkci vnitřní hodnoty analogicky podle (4) platí,

$$VH_t^{B \rightarrow A} = \max(FCF_{A,t} - FCF_{B,t}; 0). \quad (5)$$

Je-li tedy jako výchozí technologie A, pak rozhodovací funkce může být zapsána následovně,

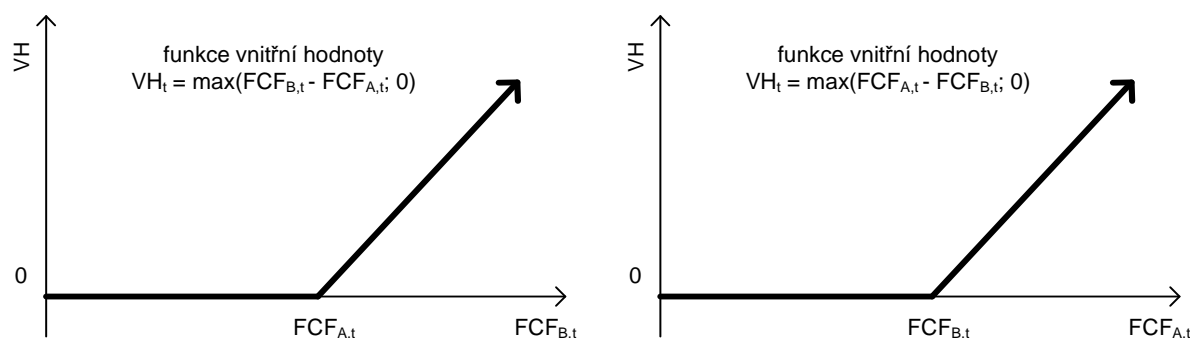
$$\Omega = \begin{cases} \text{změna technologie } A \rightarrow B, \text{ pokud } VH_t^{A \rightarrow B} > 0 \\ \text{pokračovat při technologii A, pokud } VH_t^{A \rightarrow B} = 0. \end{cases} \quad (6)$$

A alternativně, je-li jako výchozí technologie použita nejprve technologie B, pak lze analogicky podle (6) psát,

$$\Omega = \begin{cases} \text{změna technologie } B \rightarrow A, \text{ pokud } VH_t^{B \rightarrow A} > 0 \\ \text{pokračovat při technologii B, pokud } VH_t^{B \rightarrow A} = 0. \end{cases} \quad (7)$$

Na následujícím Obr. 1 jsou znázorněny funkce vnitřní hodnoty opce na změnu technologie (vlevo – výchozí technologie A, vpravo – výchozí technologie B).

Obr. 1: Funkce vnitřní hodnoty opce na změnu technologie (vlevo - výchozí technologie A, vpravo - výchozí technologie B)



Za předpokladu, že se změnou technologie jsou spojeny určité náklady, pak funkce vnitřní hodnoty opce má tvar,

$$VH_t^{A \rightarrow B} = \max(FCF_{B,t} - FCF_{A,t} - N_{A \rightarrow B}; 0), \quad (8)$$

je-li výchozí technologií technologie A, přitom $N_{A \rightarrow B}$ vyjadřují náklady na změnu technologie z A na B. A analogicky pro vnitřní hodnotu opce na změnu technologie z B na A při existenci nákladů na změnu $N_{B \rightarrow A}$ platí,

$$VH_t^{B \rightarrow A} = \max(FCF_{A,t} - FCF_{B,t} - N_{B \rightarrow A}; 0), \quad (9)$$

4. Ilustrační příklad ocenění projektu s opcí na změnu výrobní technologie

4.1 Zadání

Uvažujme situaci, kdy daný výrobek lze vyrábět při použití dvou alternativních technologií A a B. Přitom je-li zvolena pro výrobu příslušná technologie, pak musí být tato technologie použita po celé sledované období. Investiční výdaje obou technologií jsou totožné ve výši 100 p.j.. Opět se předpokládá, že v témže roce, kdy byla technologie pořízena, bude zahájena i výroba.

Je-li vybrána technologie A, pak pro první rok výroby je hodnota FCF 40 p.j.; náhodný budoucí vývoj lze opět popsat jako geometrický Brownův proces s koeficientem u ve výši 1,5.

Je-li vybrána technologie B, pak v prvním roce výroby je FCF ve výši 35 p.j., a stejně jako u technologie A se předpokládá pro budoucí vývoj této proměnné geometrický Brownův proces s odhadnutým koeficientem u ve výši 1,2.

Předpokládá se, výroba bude probíhat po dobu 4 let. Bezriziková sazba je konstantní po celé období ve výši 5 %.

Úkolem je:

1. Určit NPV projektu výroby pro obě použité technologie za předpokladu nemožnosti změny výrobní technologie (tj. rigidních technologií).
2. Určit NPV projektu a cenu opce za předpokladu použití flexibilní technologie (tj. s možností změnit použitou technologii pro výrobu) kdykoli v průběhu výroby a to za podmínky, že se změnou výrobní technologie nejsou spojeny žádné náklady. Předpokládá se, že výchozí technologií je jak technologie A, tak i B.

3. Určit NPV projektu při použití flexibilní technologie za předpokladu, že změna technologie je spojena s dodatečnými náklady. Výše nákladů na tuto změnu je 5 p.j. a to pro obě varianty a tedy z A na B i B na A.
4. Provést citlivostní analýzu hodnoty projektu a flexibility projektu na změnu koeficientu růstu u v intervalu od 1,2 do 1,8, je-li výchozí technologií technologie A a to pro variantu bez nákladů i s náklady na změnu technologie.

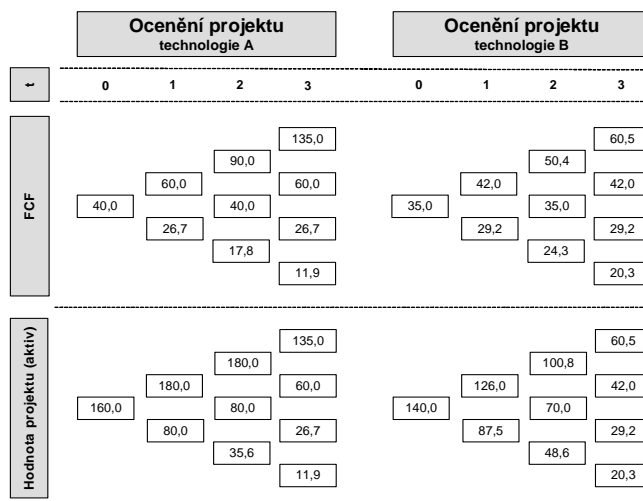
4.2 Řešení

Úkol 1

Řešení úkolu lze shrnout do následujících kroků:

- Odhad vývoje FCF projektu výroby pro dané technologie a to pro jednotlivé roky a scénáře.
- Výpočet současné hodnoty projektu (aktiv) podle $V_t = FCF_t + [p^u \cdot V_{t+dt}^u + p^d \cdot V_{t+dt}^d] \cdot (1+R)^{-dt}$ a NPV příslušné technologie. Postupuje se opět od konce binomického stromu směrem k počátku, přitom platí že $V_3 = FCF_3$, viz Obr. 2.

Obr. 2: Vývoj FCF a hodnoty projektu dle příslušné technologie



Úkol 2

Ocenění flexibilní technologie při dané výchozí technologii probíhá v následujících krocích:

- Výpočet vnitřní hodnoty opce pro jednotlivé roky a scénáře podle (4) a (5).
- Výběr optimální výrobní technologie pro jednotlivé roky a scénáře podle (6) resp. (7).
- Výpočet FCF projektu pro jednotlivé roky a scénáře s opcí na změnu technologie dle vztahu,

$$FCF_{t,i}^{A \rightarrow B} = FCF_{t,i}^A + VH_{t,i}^{A \rightarrow B} \quad (10)$$

resp.

$$FCF_{t,i}^{B \rightarrow A} = FCF_{t,i}^B + VH_{t,i}^{B \rightarrow A}, \quad (11)$$

kde $FCF_{t,i}^{A \rightarrow B}$ ($FCF_{t,i}^{B \rightarrow A}$) vyjadřuje FCF dané technologie v čase t a pro i-tý scénář s opcí na změnu technologie z A na B (B na A), $FCF_{t,i}^A$ ($FCF_{t,i}^B$) je FCF projektu v čase t pro i-tý scénář, je-li použita technologie A (B) bez možnosti její

změny (tj. rigidní technologie), a $VH_{t,i}^{A \rightarrow B}$ ($VH_{t,i}^{B \rightarrow A}$) je vnitřní hodnota opce v čase t a pro i-tý scénář na změnu technologie.

- Výpočet rizikově-neutrálních pravděpodobností pro obě technologie dle vztahu

$$p^u = \frac{(1 + R_f) - d}{u - d} \text{ a } p^d = 1 - p^u.$$

- Výpočet hodnoty projektu dle výchozích technologií podle vztahu $V_t = FCF_t + [p^u \cdot V_{t+dt}^u + p^d \cdot V_{t+dt}^d] \cdot (1 + R)^{-dt}$ a NPV příslušné technologie, viz Obr. 3.

Obr. 3: Ocenění projektu dle příslušné výchozí technologie

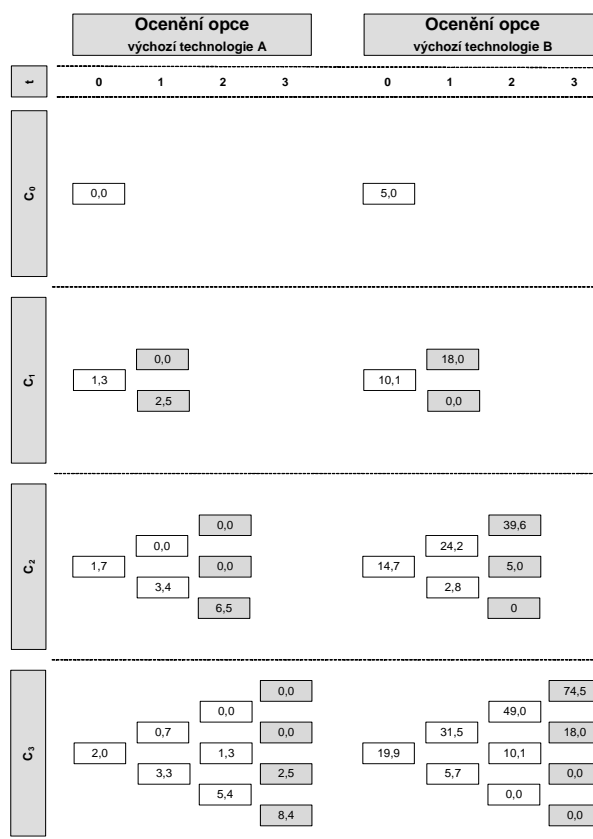
		Ocenění projektu výchozí technologie A				Ocenění projektu výchozí technologie B			
t		0	1	2	3	0	1	2	3
FCF (bez opce)		40,0	60,0	90,0	135,0	35,0	42,0	50,4	60,5
			26,7	40,0	60,0		29,2	35,0	42,0
				17,8	26,7			24,3	29,2
					11,9				20,3
VH opce		0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	18,0	39,6	74,5
			2,5	0,0	0,0		0,0	5,0	18,0
				6,5	2,5			0,0	0,0
					8,4				0,0
Typ technologie		A	A	A	A	A	A	A	A
			B	A	A		B	A	A
				B	B			B	B
					B				B
FCF (s opci)		40,0	60,0	90,0	135,0	40,0	60,0	90,0	135,0
			29,2	40,0	60,0		29,2	40,0	60,0
				24,3	29,2			24,3	29,2
					20,3				20,3
Hodnota projektu		165,0	180,7	180,0	135,0	190,0	199,7	189,4	135,0
			89,2	81,3	60,0		96,0	85,1	60,0
				47,5	29,2			48,6	29,2
					20,3				20,3

Tab. 1: Souhrnné hodnocení ocenění projektu s opcí a ceny opce dle použité technologie (bez nákladů na změnu technologie)

Parametr	Výchozí technologie	
	A	B
Hodnota projektu	165,0	190,0
NPV	65,0	90,0
Cena opce	5,0	49,8

Ocenění projektu s opcí na změnu technologie lze provést i alternativním způsobem. Např. je-li výchozí technologie A, pak lze hodnotu projektu určit jako součet hodnoty projektu při technologii A bez možnosti přechodu, $V(A)$, a hodnoty opce na změnu technologie z A na B, $C(A \rightarrow B)$, viz (2), obdobně podle (3), je-li výchozí technologie B. Hodnota flexibility je v tomto případě rovna součtu hodnot čtyř evropských opcí, přitom každá opce zde vyjadřuje možnost změny technologie v příslušné období t ($t = 0, 1, 2, 3$). Ocenění všech evropských opcí s příslušným obdobím pro uplatnění je ukázáno na Obr. 4.

Obr. 4: Ocenění evropských opcí na změnu technologie pro jednotlivé roky uplatnění



Z výsledků je zřejmé, že je-li např. výchozí technologie A, je celková hodnota opce rovna součtu cen evropských opcí a tedy $C(A \rightarrow B) = C_0 + C_1 + C_2 + C_3 = 0 + 1,3 + 1,7 + 2,0 = 5,0$. Podle (2) je tedy hodnota flexibilní technologie rovna součtu rigidní technologie $V(A)$ a celkové flexibility a tedy, $V(F) = V(A) + C(A \rightarrow B) = 160 + 5 = 165 p.j$.

V případě, že výchozí technologie je B, platí obdobně pro celkovou flexibilitu $C(B \rightarrow A)$
 $= 5,0 + 10,1 + 14,7 + 19,9 = 49,8$; podle (3) pak
 $V(F) = V(B) + C(B \rightarrow A) = 140 + 49,8 = 189,8$ p.j.

Výsledné ocenění celkové flexibility jako součtu čtyř evropských opcí je tedy totožné s výsledkem ocenění flexibility jako americké opce, viz Tab. 1.

Úkol 3

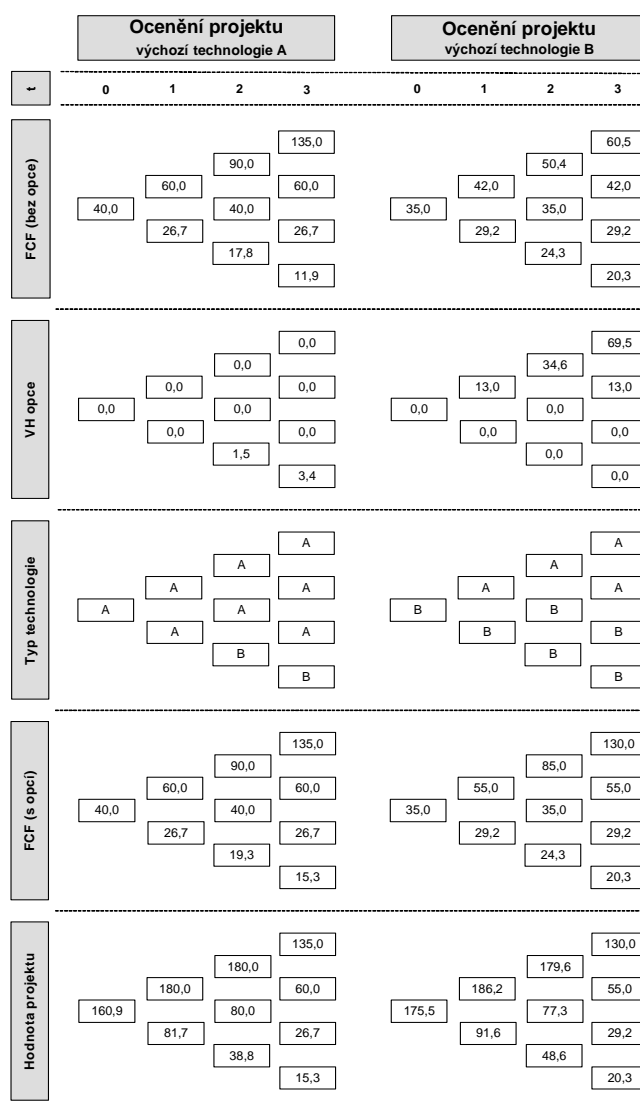
Ocenění flexibilní technologie při existenci nákladů na změnu technologie probíhá analogicky jako v úkolu (2), a tedy takto.

- Výpočet vnitřní hodnoty opce pro jednotlivé roky a scénáře podle (4) resp. (5).
- Výběr optimální výrobní technologie pro jednotlivé roky a scénáře podle (6) resp. (7).
- Výpočet FCF projektu pro jednotlivé roky a scénáře s opcí na změnu technologie dle (10) resp. (11).
- Výpočet rizikově-neutrálních pravděpodobností pro obě technologie dle vztahu

$$p^u = \frac{(1+R_f) - d}{u - d} \text{ a } p^d = 1 - p^u.$$

- Výpočet hodnoty projektu dle výchozích technologií podle vztahu $V_t = FCF_t + [p^u \cdot V_{t+dt}^u + p^d \cdot V_{t+dt}^d] \cdot (1+R)^{-dt}$ a NPV příslušné technologie, viz Obr. 5.

Obr. 5: Ocenění projektu s opcí na změnu technologie při existenci nákladů na změnu technologie (výchozí technologie A)



Tab. 2: Souhrnné hodnocení ocenění projektu s opcí a ceny opce dle použité technologie (s náklady na změnu technologie)

Parametr	Výchozí technologie	
	A	B
Hodnota projektu	160,9	175,5
NPV	60,9	75,5
Cena opce	0,9	35,5

Také v tomto případě lze určit hodnotu flexibility alternativně jako součet čtyř evropských opcí s okamžikem uplatnění v čase t ($t = 0, 1, 2, 3$). Ceny příslušných evropských opcí s uplatněním v čase t jsou uvedeny v Tab. 3.

Tab. 3: Ceny evropských opcí dle výchozí technologie a okamžiku uplatnění

Ocenění	Výchozí technologie	
	A	B
C_0	0,0	0,0
C_1	0,0	7,3
C_2	0,4	11,0
C_3	0,5	17,2
Hodnota flexibility	0,9	35,5

Platí tedy, že celková hodnota flexibility projektu je rovna součtu hodnot oceněných evropských opcí. Tedy např. $C(A \rightarrow B) = C_0 + C_1 + C_2 + C_3 = 0 + 0 + 0,4 + 0,5 = 0,9$ p.j.. Podle (2) tedy platí $V(F) = V(A) + C(A \rightarrow B) = 160,0 + 0,9 = 160,9$ p.j.

Výsledek je opět totožný jako v případě ocenění opce amerického typu, viz Tab. 2. Obdobně se postupuje v případě, kdy je technologie B výchozí technologií.

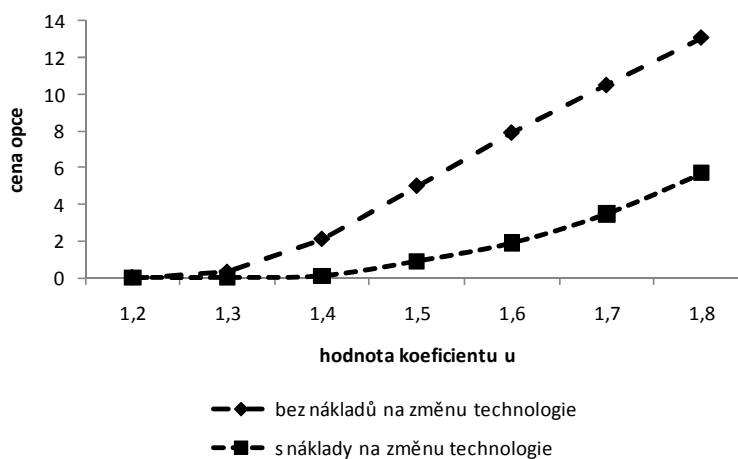
Úkol 4

Tab. 4 zachycuje výsledky citlivostní analýza změny hodnoty projektu a ceny opce na změnu technologie pro zvolené úrovně koeficientu u a to jak pro variantu s náklady na změnu technologie, tak i bez nákladů na změnu. Obr. 6 pak graficky zachycuje výsledky propočtů.

Tab. 4: Výsledky citlivostní analýzy hodnoty projektu a ceny opce na změnu technologie (výchozí technologie A)

Hodnota koeficientu u	Citlivost na změnu (p.j)			
	bez nákladů na změnu technologie		s náklady na změnu technologie	
	Hodnota projektu V	Cena opce	Hodnota projektu V	Cena opce
1,2	160	0	160	0
1,3	160,3	0,3	160	0
1,4	162,1	2,1	160,1	0,1
1,5	165	5	160,9	0,9
1,6	167,9	7,9	161,9	1,9
1,7	170,5	10,5	163,5	3,5
1,8	173,1	13,1	165,7	5,7

Obr. 6: Citlivost ceny opce na změnu koeficientu u (varianty s a bez nákladů na změnu technologie, výchozí technologie A)



4.3 Shrnutí a komentář výsledků

Jsou-li investiční výdaje obou technologií totožné ve výši 100 p.j., pak NPV projektu s rigidní technologií A je 60 p.j., u projektu s technologií B pak 40 p.j.

Je-li brána v úvahu možnost přechodu mezi jednotlivými technologiemi, pak je hodnota této flexibility 5 p.j. (výchozí technologie A) resp. 49,8 p.j. (výchozí technologie B). NPV projektu pro příslušné technologie jsou tedy podle (6.21) a (6.22) 65 p.j. a 90 p.j.

Bylo ověřeno, že je-li změna technologie spojena s dodatečnými náklady, dochází k poklesu ceny opce. V případě výchozí technologie A to bylo o 4,2 p.j., u výchozí technologie B pak o 14,3 p.j.

Citlivostní analýzou bylo ověřeno, že volatilita FCF příslušných technologií zvyšuje hodnotu opce a tedy i NPV flexibilních technologií projektu.

Seznam literatury

- [1.] BRACH, M.A. (2002). *Real Options in Practice*. 1st Ed. Wiley.
- [2.] BRENNAN, M.J., TRIGEORIS, L. (2000). *Project Flexibility, Agency and Competition: New Developments in the Theory and Application of Real Options*. 1st Ed. London: Oxford University Press.
- [3.] BROSCHE, R. (2008). *Portfolios of Real Options (Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems)*. 1st Ed. Springer.
- [4.] BROYLES, J.E. (2003). *Financial Management and Real Options*. Wiley.
- [5.] BUCKLEY, A. (1998). *International Investment - Value Creation and Appraisal: A Real Options Approach*. Copenhagen Business School Press.
- [6.] COPELAND, T.E., ANTIKAROV, V. (2003). *Real Options, Revised Edition: A Practitioner's Guide*. 2nd Ed. New York: Texere.
- [7.] DLUHOŠOVÁ, D. a kol. (2004). *Nové přístupy a finanční nástroje ve finančním rozhodování*. 1 vyd. Ostrava: VŠB-TU.
- [8.] LEVY, H., SARNAT, M. *Capital investment and financial decisions*. 5th ed., Prentice Hall.
- [9.] LUENBERGER, D. (1998). *Investment Science*. Oxford University Press.
- [10.] MAJD, S., PINDYCK, R.S. (1987). Time to build, option value and investment decisions. *Journal of Financial Economics*, 18(1), pp. 7-27.
- [11.] McDONALD, R., SIEGEL, D. (1985). Investment and valuation of the firm, when there is an option to shut down. *International Economic Review*, 26 (2), pp. 331-349.
- [12.] McDONALD, R., SIEGEL, D. (1986). The value of waiting to invest. *Quarterly Journal of Economics*, 101, pp. 707-727.
- [13.] MERTON, R. (1973). The Theory of Rational Option Pricing. *Bell Journal of Economics and Management Science*, 4, pp. 141-183.
- [14.] MILLER, L. (2010). *Development of a Bayesian Real Options Framework: And Its Application to Capital Budgeting Problems*. VDM Verlag Dr. Müller.
- [15.] MOORE, W.T. (2001). *Real Options and Option-Embedded Securities*. 1st Ed. Wiley.
- [16.] MUN, J. (2003). *Applied Risk Analysis: Moving Beyond Uncertainty*. 1st Ed. Wiley.

- [17.] MUN, J., (2003). Real Options Analysis Course: Business Cases and Software Applications. New Jersey: Wiley.
- [18.] ZMEŠKAL, Z., ČULÍK, M., TICHÝ, T. (2011). *Finanční rozhodování za rizika: sbírka řešených příkladů*. 3. doplněné rozšířené vyd. Ostrava: VŠB-TU.
- [19.] ZMEŠKAL, Z. (2006). Real option applications based on the generalised multinomial flexible switch options methodology. *Mathematical Methods in Economics*. pp. 545-553.
- [20.] ZMEŠKAL, Z. (2008). Application of the American real flexible switch options methodology: a generalized approach. *Finance a úvěr*, 58 (5-6), pp. 261-275.
- [21.] ZMEŠKAL, Z., DLUHOŠOVÁ, D., VALECKÝ, J. (2010). Finanční rozhodování a oceňování za rizika a flexibility - reálné opce. *Řízení a modelování finančních rizik*, pp. 463-474.
- [22.] ZMEŠKAL, Z. (2010). Generalised soft binomial American real option pricing model (fuzzy–stochastic approach). *European Journal of Operational Research*, 207(2), pp. 1096-1103.