



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

Bakalářská práce

Simulace Monte Carlo – informační zdroj rizikového
rozhodování

Zpracovali:	Tetyana Leskiv
Forma studia:	Prezenční
Studijní program:	Technika a technologie v dopravě a spojích
Studijní obor:	Management a ekonomika dopravy a telekomunikace
Vedoucí práce:	Prof. Dr. Ing. Otto Pastor, CSc.



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

d ě k a n

Konviktská 20, 110 00 Praha 1

K617 Ústav logistiky a managementu dopravy

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Tetyana Leskiv

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – MED – Management a ekonomika dopravy a telekomunikací

Název tématu (česky): **Simulace Monte Carlo - informační zdroj rizikového rozhodování**

Název tématu (anglicky): Simulation of Monte Carlo - Information sources of risk decision

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Vymezení problematiky a souvisejících analytických nástrojů
- Princip simulace Monte Carlo
- Etapy tvorby simulačního modelu
- Aplikace vybraného postupu



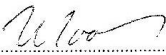
- Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího bakalářské práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Hnilica, J., Fotr, J.: Aplikovaná analýza rizika ve finančním managementu a investičním rozhodování, Grada Publishing, 2009
Korecký, M., Trkovský, V.: Management rizik projektů (se zaměřením na projekty v průmyslových podnicích), Grada Publishing, 2011
Kislingerová, E. a kol.: Manžerské finance, C.H. Beck

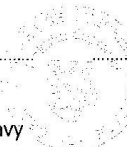
Vedoucí bakalářské práce: **prof. Dr. Ing. Otto Pastor, CSc.**

Datum zadání bakalářské práce: **30. června 2014**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **24. srpna 2015**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

L. S.


prof. Ing. Petr Moos, CSc.
vedoucí
Ústavu logistiky a managementu dopravy


prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.


Tetyana Leskiv
jméno a podpis studenta

V Praze dne.....30. června 2014



PROHLÁŠENÍ

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na univerzitě ČVUT fakultě dopravní.

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

Nemám závazný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 21/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorských zákonů).

V Praze dne 5. července 2015

Tetyana Leskiv

.....

(vlastnoruční podpis)



PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala všem, kteří mi poskytli podklady pro vypracování této práce. Zvláště pak děkuji panu prof. Dr. Ing. Ottovi Pastorovi, CSc. za odborné vedení a konzultování diplomové práce a za rady, které mi poskytoval po celou dobu mého studia. V neposlední řadě je mou milou povinností poděkovat svým rodičům a blízkým za podporu, které se mi dostávalo po celou dobu studia.



Název práce:	Monte Carlo – informační zdroj rizikového rozhodování
Autor:	Tetyana Leskiv
Druh práce	Bakalářská práce
Vedoucí práce:	Prof. Dr. Ing. Otto Pastor, CSc.
Studijní obor:	3707 R 002 - Management a ekonomika dopravy a telekomunikací

Abstrakt

Předmětem bakalářské práce jsou nejdůležitější definice z problematiky manažerského rozhodování. Práce se orientuje především na vysvětlení důležitých definicí a pojmů. Zaměřuje se na popis manažerského rizika a simulační metodu Monte Carlo. Součástí práce je praktická část zaměřená na simulaci v počítačovém programu Crystal Ball. Rovněž je obsaženo srovnání ekonomických výsledků dvou projektů.

Klíčová slova

Riziko, nejistota, manažerské riziko, informační zdroj, simulace Monte Carlo, aplikace Crystal Ball



Title: Simulation of Monte Carlo – information sources of risk decision

Author: Tetyana Leskiv

Document type: Bachelor's thesis

Thesis advisor: Prof. Dr. Ing. Otto Pastor, CSc.

Branch: 3707 R 002 - Management and economic of transportation and telecommunications

Abstract

The subject of this thesis are definitions of the most important information on issues of managerial decision making. Thesis is mainly focused on the definition and explanation of important concepts. The main goal is the description of the risk management and simulation Monte Carlo method. Part of the thesis is focused on the practical component in a computer simulation program Crystal Ball. Also included a comparison of the economic results of the two projects.

Keys Words

Risk, uncertainty, risk management, information sources, simulation Monte Carlo, application Crystal Ball



Obsah

Seznam zkratk	10
I. Teoretická část	11
Úvod	12
1. Podnik a investiční projekt	13
2. Riziko	15
2.1. Investorský přístup k riziku	16
2.2. Klasifikace rizika	18
2.3. Význam informací a informačního zdroje	20
3. Management rizika	22
3.1. Měření rizika	22
3.2. Analýza rizika	24
3.3. Řízení rizika	25
3.4. Postup analýzy a modelace rizika	26
3.5. Stanovení významnosti faktorů rizik	27
5.3.1. Analýza citlivosti	27
5.3.2. Expertní hodnocení	28
5.4. Nástroje pro stanovení dopadu rizikových variant	29
5.4.1. Rozhodovací strom	29
5.4.2. Scénáře	31
4. Metoda Monte Carlo	33
4.1. Historie metody Monte Carlo	34
4.2. Postup při simulaci	36
4.3. Nejistota Monte Carlo	38
II. Praktická část Modelování ekonomického rizika	39
5. Popis systému Crystal Ball	40
5.1. Podstatné funkce Crystal Ball	41
5.2. Postup simulačního procesu	43
5.3. Pravděpodobnostní rozdělení rizikových faktorů	44
5.4. Použité vzorce	45
6. Slovní zadání praktické částí	46
6.1. Projekt 1	47
6.1.1. Ekonomické hodnoty investora projektu 1	48



6.1.2. Ekonomické hodnoty projektu 1	52
6.2. Projekt 2.....	55
6.2.1. Ekonomické hodnoty investora projektu 2.....	57
6.2.2. Ekonomické hodnoty projektu 2	60
Závěr	62
Seznam použité literatury.....	64
Knižní zdroje	64
Internetové zdroje	65
Seznam obrázků.....	66
Seznam tabulek	68
Seznam příloh	69
Příloha 1: Projekt 1 - Zadání faktorů rizika NPV investor	70
Příloha 2: Projekt 1 - NPV investor.....	74
Příloha 3: Projekt 1 - Zadání faktorů rizika NPV projekt.....	76
Příloha 4: Projekt 1 - NPV projekt	80
Příloha 5: Projekt 2 - Zadání faktorů rizika NPV investor	82
Příloha 6: Projekt 2 - NPV investor.....	86
Příloha 7: Projekt 2 - Zadání faktorů rizika NPV projekt.....	88
Příloha 8: Projekt 2 - NPV projekt	92



Seznam zkratk

I	Velikost investice
q	Roční poptávka
n	Životnost výrobní kapacity
P	Cena
U	Úvěr
r	Roční úroková sazba
n_M	Materiálové náklady
n_{MZ}	Mzdové náklady
n_R	Režijní náklady
t	Daň z příjmu
j	Zdravotní a sociální pojištění
g	Roční růst poptávky
d	Diskontní sazba (alternativní náklad kapitálu)
CF	Cash Flow
NPV	Čistá současná hodnota



I. Teoretická část



Úvod

V současné době dochází k rychle dynamice změně podnikatelského prostředí a zvyšování rizikových faktorů. Globální svět přináší více příležitostí, které jsou spojené s vyšším rizikem. Úspěšný podnik se snaží eliminovat rizika a přizpůsobit se nepříznivým podmínkám. Velké množství podniků došlo k zjištění, že je zapotřebí mít přesně definované procesy a odhalit své slabé stránky. K tomu slouží management rizika, který obsahuje nejpodstatnější kroky k odhalení rizika a zjištění jeho budoucího dopadu na podnik. Cílem manažerů je snížit náklady spojené s rizikem a zlepšit ekonomické postavení podniku na trhu. Role manažera je velice důležitá a kvalita jeho rozhodnutí se bude promítat do budoucího vývoje firmy.

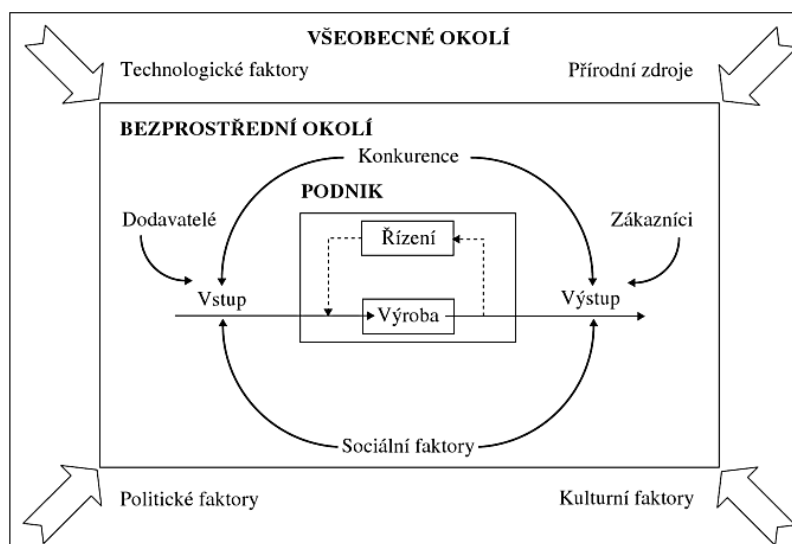
Bakalářská práce je členěná do šesti nastávajících částí. Praktická část obsahuje první až čtvrtou kapitolu. První kapitola představuje úvod do problematiky podniku a etapy investičního projektu. Druhá kapitola je zaměřena na definování pojmu rizika, jeho klasifikaci a významnost informací a rizikového rozhodování. Také obsahuje popis vztahu kvantifikaci investorského přístupu k riziku. Třetí část popisuje management rizika. Jedná se o širokou tematiku obsahující měření rizika, analýzu rizika, řízení rizika, postup analýza a stanovení významných faktorů rizika. Závěrečná kapitola praktické části je simulace metodou Monte Carlo tvořící se z historie Monte Carlo, popisu simulace a definování nejistoty Monte Carlo. Praktická část obsahuje dvě kapitoly. Pátá kapitola definuje blíže program Crystal Ball a způsob práce v něm. Šestá kapitola obsahuje dvě praktické podkapitoly simulace projektů, na nichž se bude provádět simulace pomocí počítačové metoda Crystal Ball.

Cílem bakalářské práce je vymezení problematiky a souvisejících analytických nástrojů. Práce se zaměřuje na simulační principy a etapy tvorby simulačního modelu Monte Carlo. Stěžejní částí bakalářské práce je aplikace simulačního postupu na reálném investičním projektu. Aplikace by měla probíhat za pomoci programu Crystal Ball a hlavním úkolem je analyzovat riziko investičního projektu. Analýza obsahuje rozdělení čisté současné hodnoty NPV, výpočet statistických charakteristik a citlivostní analýzu. Výsledkem simulace je porovnání variability NPV projektu dle jejich ekonomické efektivnosti. Závěrem práce bude zhodnocení výsledků z hlediska rizikovosti projektů.



1. Podnik a investiční projekt

Podnik je systém tvořený entitami a vazbami, které se navzájem ovlivňují a udržují podnik v rovnováze. Udržení podniku v rovnováze není jednoduché, protože na něj působí bezprostřední a všeobecné okolí. Bezprostřední okolí obsahuje faktory přímo ovlivňující systém. Např.: zákazníci, konkurence, atd. Všeobecné okolí nepůsobí na podnik přímo. Např.: technologické faktory, přírodní faktory, atd. Názorná ukázka jednotlivých vlivů je na obrázku 1. Zákazníci představují výstupy a podnik by měl rychle reagovat na jejich potřeby, protože konkurenční podniky nabízejí podobné výrobky a služby. Na podnik působí nejenom vnější faktory, ale i vnitřní prostředí podniku. Např.: marketing, finance, výroba, lidské zdroje, technologie, atd. Rovnováha je udržovaná pomocí investičního rozhodování, které by mělo být v souladu se strategií podniku. Nejdůležitější dodržovanou podmínkou rozhodování je řídit se hodnotou čisté současné hodnoty. [3]



Obr. 1: Podnikové okolí. Zdroj [3]

Jak již bylo výše zmíněno, investiční rozhodování by mělo být v souladu se strategií podniku představující její základní cíle a směr. Zvolená strategie má svoje plody, jak v krátkodobém vývoji, tak i v dlouhodobém. Strategie nepředstavuje pouze výhody pro podnik, ale zaměřuje se na destrukci výhody konkurentů. Tvoří součást manažerských procesů, kde je prvotně formulováno postavení podniku. Vedoucí projektu jsou zodpovědní za manažerská rozhodnutí podstatná pro současnou prosperitu podniku, ale také i jeho budoucí vývoj. Platí, že čím je projekt rozsáhlejší, tím jsou větší dopady na podnik v případě jeho neúspěchu. Velikost projektu se pozná pomocí hodnoty investičních nákladů, ale je to pouze relativní číslo a závisí pouze na velikosti podniku. [7]



Investiční proces tvoří fáze:

- předinvestiční;
- investiční;
- provozní;
- ukončení provozu a likvidace.

Všechny fáze projektu jsou důležité, ale nejpodstatnější část je v předinvestiční fázi, protože úspěch celého projektu závisí na zjištěných informacích, technických, finančních a ekonomických dovednostech. Investiční projekt se člení na etapy:

1. Identifikace podnikatelských příležitostí (*Opportunity Study*)

Dochází ke sledování podnikatelského okolí a zjišťování poptávky. Využívají se studie marketingu, analýzy, technické studie, atd. Hlavním cílem je nashromáždit značný počet informací. Výsledkem studie je selekce informací získaných během identifikace.

2. Předběžné technicko-ekonomické studie (*Pre-feasibility Study*)

Na základě studii se rozhoduje, jestli se projekt bude realizovat nebo ne. Nejsou levnou záležitostmi, proto se vytvářejí u rozsáhlejších projektů. Cílem je zjistit, jestli je projekt konkurenci schopný, zjistit budoucí rizika, stanovit cíle, technologické procesy, pracovníci, atd.

3. Technicko-ekonomická studie projektu (*Feasibility Study*)

Technicko-ekonomická studie jsou určena k tomu, aby došlo k prošetření ekonomického a technického postavení podniku. Vypočítává se nákladovost podniku z finanční stránky. Dochází k identifikaci základních rizikových faktorů a hodnocení jejich dopadu na projekt. Na konci se studie rozhoduje, jestli projekt má smysl realizovat.

4. Hodnoticí zpráva (*Appraisal Report*)

Hodnocení projektu není pouze určené pro podnikové využití, ale také pro případné investory, které bude zajímat ekonomické postavení podniku. Z daného důvodu se vytváří písemná hodnoticí zpráva. [5]

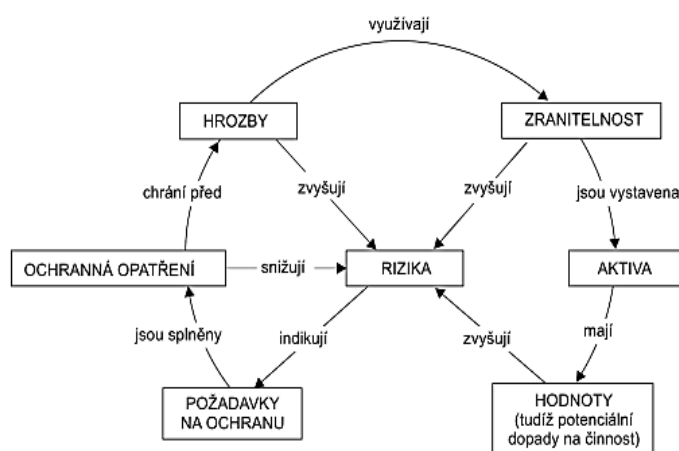
Nejjednodušší možností, jak zjistit reakci na změny a při tom neohrozit podnik, je vytváření modelů umožňujících tvorbu alternativních představ. Analýza situace je prvním krokem před začátkem samotné simulace. Nedostatkem analýzy je fakt, že se ne vždycky rozhoduje při zahrnutí vnitřních i vnějších vlivů. Proces simulace zahrnuje jak analýzu, tak i tvorbu modelu. Simulační proces obsahuje deterministické a stochastické metody. [3]



2. Riziko

Většina lidských aktivit je spojena s rizikem a nejistotou. Nejvíce se s danými termíny stýkají podnikatelé v investičních projektech, kteří se při každém svém rozhodnutí musí zamyslet nad rizikem svého rozhodnutí a jeho budoucím dopadem. Z ekonomického hlediska se jedná o nesplnění stanovených cílů, což představuje horší ekonomický hospodářský výsledek. Nesmí se zanedbat příprava jednotlivých částí projektu, jelikož celkový výsledek se skládá z jednotlivých vstupů na začátku procesu. Nejistota a riziko jsou ve vzájemném vztahu. Nejistota je neschopnost přesně odhadnout budoucí vývoj a je příčinou vzniku rizikovitosti. Definice rizika je velice stará a pochází od italských mořeplavců, kteří označovali rizikem místo, jemuž se měli vyhnout. Výraz riziko označuje též statečnost nebo odvážnost. V dnešní době riziko považujeme za nebezpečí způsobující jistou ztrátu. Nelze říct přesnou definici, jelikož každý může riziko sledovat z jiného pohledu a záleží, v jaké sféře se zrovna pohybuje. Hlavním záměrem modelování situací je zjistit významnost jednotlivých dominantních faktorů a při simulačních experimentech najít pravděpodobnostní rozdělení kritéria efektivity projektu NPV. [13]

Riziko je ovlivněno ze všech stran entitami zvyšujícími nebo snižujícími velikost rizika. Na obrázku 2. se riziko z větší části spíše zvyšuje a jeho snížení mohou napomoci pouze ochranná opatření snižující riziko a mající ochrannou funkci před vznikem nebo zvýšením hrozby. Zranitelnost sama o sobě není nebezpečná, ale při působení hrozby je zapotřebí zavést opatření a sledovat, aby se jejich stav nezměnil. Ochranná opatření slouží k zabránění vzniku rizika. Je pravděpodobné, že nastane situace, kde opatření byla nastavena se správným načasováním, ale bohužel se zjistilo, že nebyla účinná, což způsobuje hrozbu působící na zranitelnost projektu. [13]



Obr. 2: Vztahy mezi jednotlivými entitami. Zdroj [12]



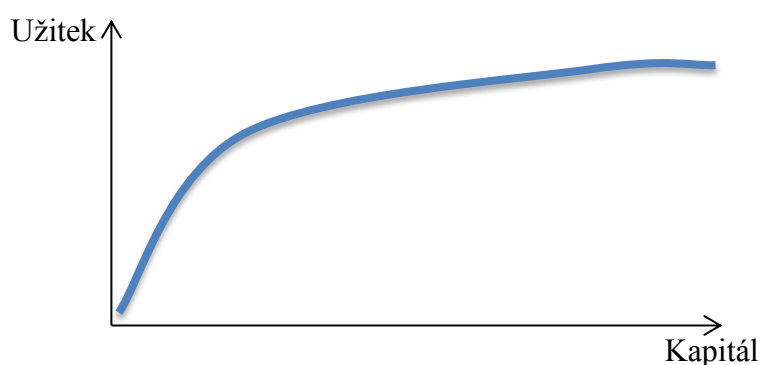
Identifikace rizika není jednoduchá a nejlepší cestou je kontrola seznamu úkolů, dodržování časového harmonogramu a konzultace svého investičního projektu s odborníky. Nejdříve je zapotřebí zjistit podstatné informace rozdělující rizika do klasifikačních kategorií. Základní soubor potenciálních rizik obsahuje již vytříděná rizika: potenciální rizika sloužící pro vznik mapy rizik. Mapa rizik je pouze v dvourozměrném prostoru, kde na ose v X je pravděpodobnost a Y je dopad rizika. [12]

2.1. Investorský přístup k riziku

Při posuzování investic je zapotřebí zahrnout individuální přístup investora k riziku a zvážit jeho osobní přístup. Investor se pohybuje většinou mezi výnosem, likviditou a rizikem. Nelze dospět k ideální investici představující maximální zisk, úplnou bezpečnost a automatickou proměnu v peníze. Vztah investora k riziku můžeme jednoduše popsat na funkci užitku. Užítková funkce ukazuje na reálné ose vnímání peněz. Každý investor má míru nechtí podstupování rizika a ve většině z případů se setkáváme s averzí investora k riziku, což se může vysvětlit jednoduše tím, že investice s menší nejistotou má pro něj větší užitnou hodnotu. Vztahy můžeme rozdělit:

a. Averzní k riziku (*Risk Aversion*)

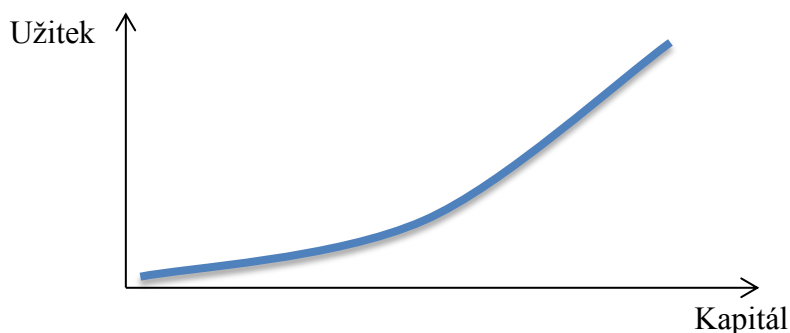
Averzní přístup je nechuť investora přistupovat k riziku, ale časem může dojít ke změně přístupu k averzi. Na obrázku 3. užítkové funkci averzního přístupu je vidět, že je preferovaná jistota před rizikem. Vyjadřuje klesající mezní užitek příjmu. Užitek roste pomaleji než příjem. Funkce je konkávní.



Obr. 3: Averzní přístup investora k riziku. Zdroj [vlastní]

**b. Preference rizika (*Risk Seeking*)**

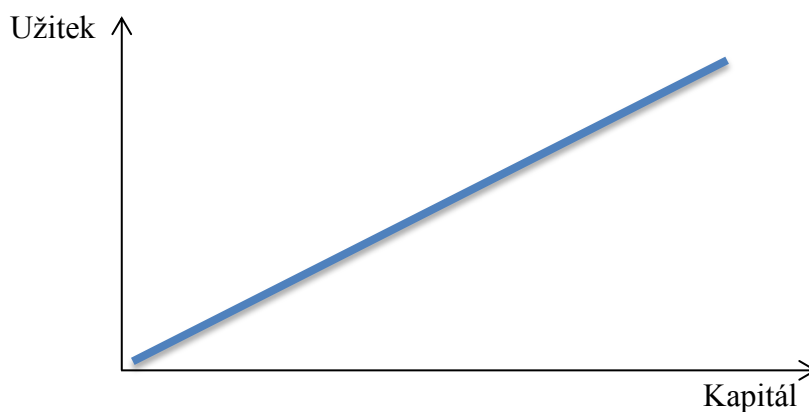
Investor vyhledává riziko přinášející vyšší zisk. Mezní užitek je rostoucí. Roste rychleji než příjem. Jedná se o investice do neznámých toků. Např.: hledání ropy. Tyto investice jsou spojeny s vyšším výnosem a rizikem. Investor s progresivním přístupem při rozhodování dá přednost riziku. Funkce je konvexní.



Obr. 4: Progresivní přístup investora k riziku. Zdroj [vlastní]

c. Neutrální postoj k riziku (*Risk Neutral*)

Investor má neutrální přístup k riziku. Funkce je lineární a mezní užitek je konstantní. Investor s neutrálním přístupem bude nerozhodný při volbě rozhodnutí mezi jistotou a rizikem.



Obr. 5: Neutrální přístup investora k riziku. Zdroj [vlastní]



2.2. Klasifikace rizika

Riziko můžeme rozdělit do několika kategorií:

1. Finanční a nefinanční riziko

Riziko může přinášet finanční ztrátu, kterou je možné jednoduše vyčíslit v peněžních jednotkách. Finanční riziko je vztah mezi subjektem a příjmem získaným rizikovým rozhodnutím. Riziko může ovlivnit subjekt, příjem nebo hrozba.

2. Statistické a dynamické riziko

V dynamickém riziku příčiny vzniku rizik vznikají v samotné firmě nebo v jeho blízkém okolí. Mezi hlavní ovlivňující faktory patří ekonomika, politika, ale i entity přímo související s podnikem: spotřebitel, konkurence, dodavatel. Z tohoto můžeme vyvodit, že dynamické riziko postihuje v jeden okamžik celý podnik a nejde jej předem předvídat. Statická rizika nejsou jenom ekonomického charakteru. Jedná se spíše o selhání lidského faktoru. Objevují se pravidelně a je možné se na ně předem připravit.

3. Čistá a spekulativní rizika

Ve spekulativním riziku, jak již z názvu vyplývá, se jedná o spekulaci a je možnost vzniku pouze dvou situací, buď zisku nebo ztráty. Mezi spekulativní riziko je také zahrnuto rozhodnutí manažera, protože přijímá rozhodnutí o tom, jak se bude vyrábět, počet kusů a také druh výrobků. Čisté riziko obsahuje pouze dvě varianty: možnost ztráty nebo ztráty žádné.

4. Systematická a nesystematická rizika

Systematické riziko je spojeno s vývojem ekonomiky a postihuje celou oblast podnikatelské činnosti, takže představuje spíše makroekonomické riziko. Jedná se o tzv. tržní riziko, které nelze eliminovat. Původem rizika mohou být změny daňových zákonů, cen surovin, atd. Systematické riziko můžeme označit též jako nediverzifikovatelné. Nesystematické riziko je specifické pouze pro jednu firmu a tím je jedinečné. Představuje mikroekonomické riziko a může se předem eliminovat riziko. Zdrojem rizika může být odchod pracovníků, technologické poruchy, atd. [6]

Rizika většinou vyplývají z investičního rozhodování a mohou být:

- ovlivnitelná (mohou se alespoň částečně odstranit);
- neovlivnitelná (ekonomické situace, politické situace, atd.).



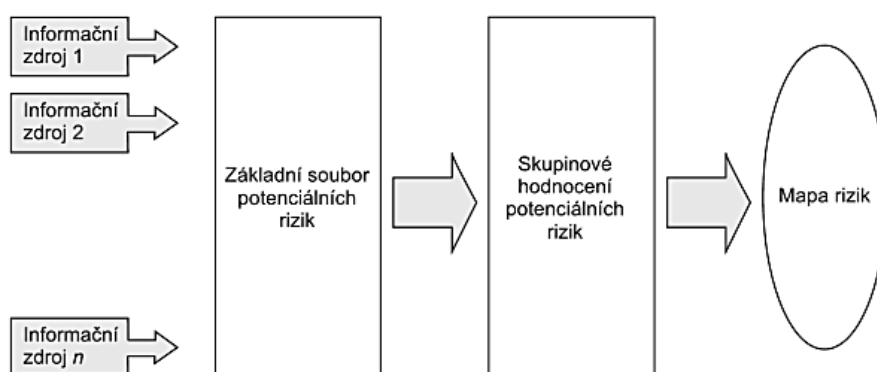
Typy rizik investičních nástrojů:

- a. Výrobní rizika** Výrobní rizika jsou poměrně častá, protože obsahují hodně nedostatků ve zdrojích. Skládají se z dodavatelských rizik, provozních rizik nebo operačních rizik. Mezi výrobní rizika zahrnujeme nedostatek surovin a materiálu, chybu v procesu, nečasné dodání zboží ze strany dodavatele, aj.
- b. Ekonomická rizika**
Ekonomická rizika jsou spojená s náklady vznikajícími při růstu ceny surovin, materiálů, služeb, což slouží k navýšení hodnoty rizika a nedodržování hospodářského plánu podniku. Systematického rizika se nelze zbavit diverzifikací.
- c. Tržní rizika**
U tržního rizika nelze pokaždé předpokládat úspěšnost produktu na trhu. Mezi tržní riziko zahrnujeme prodejní a cenové riziko ovlivňující hospodářský výsledek podniku. Za zdroj tržních rizik se počítá zavádění nových konkurenčních výrobků na trh.
- d. Technicko-technologická rizika**
Technicko-technologická rizika vedou k neúspěchu vývoje nových technologií, což vede k vývoji neúspěšných výrobků a způsobuje pokles jejich konkurenci schopnosti na trhu. Rizika mohou být také způsobená zastaralými technologiemi.
- e. Lidský činitel**
Rizika vyvolaná lidským činitelem nelze vždy přesně odhadnout, protože jsou způsobená nezodpovědným chováním, nepozorností nebo odchodem zkušených pracovníků. Lidský činitel patří mezi rozhodující faktory realizace projektu.
- f. Politická a legislativní rizika**
Politická rizika nelze dobře předpovídat. Spadají sem spíše rizika spojená s podnikáním v nedemokratických zemích nebo nepředvídatelná vojenská situace. Legislativní rizika jsou vyvolaná hospodářskou a legislativní politikou. U legislativních rizik může dojít ke změně daňových zákonů, omezení exportu, atd. Největší hrozba je nedostatečná ochrana vlastnictví: patenty, autorská práva. [6]



2.3. Význam informací a informačního zdroje

Informace vždy tvoří jednu z nejpodstatnějších částí během rozhodování a umožňují pokaždé být o krok napřed. Měly by splňovat tyto podmínky: včasnost, aktuálnost a srozumitelnost. Práce s informacemi tvoří podstatnou část rozhodování, ale podmínkou je umět pracovat a vyhodnocovat data, dle kterých se bude v budoucnosti rozhodovat. Existují dva extrémy: hodně informací a málo informací. Pokud máme k dispozici málo informací, naše rozhodnutí vytváří riziko. A pokud máme velké množství informací, tak je těžké se během krátké doby rozhodnout. Znalost určitých dat musí být spojená s praktickou možností je využít v praxi. Běžnou praxí v podnikání je získávání informací o konkurenci, obchodních partnerech, dodavatelích, atd. V globálním světě je jednoduché získávat data s pomocí internetu, který představuje veřejné zdroje informací. Je zřejmé, že díky informacím nedojde k úplnému zamezení rizikových situací, ale může se předem riziko identifikovat. [12]



Obr. 6: Schéma mapy rizika. Zdroj [13]

Schéma mapy rizika na obrázku 6. názorně prezentuje spojitost informačního zdroje se vznikem mapy rizik. Před tím dochází k hodnocení základních souborů potenciálních rizik a následně dojde ke skupinovému hodnocení potenciálních rizik. Na konci vznikne mapa rizik obsahující pouze pravděpodobná rizika.

V moderní době, spojené s velkým rozvojem počítačové podpory, je nutné, aby data byla zpracována hned a nejlépe propojena s výpočty.

Možnosti zpracování:

- **Neautomatická část informačního systému NIS**

Informace se zpracovávají pouze ručním přepočtem a hodnocením pověřenými pracovníky firmy starajícími se o daný projekt. Neautomatické počítání může zabrat delší dobu a je vysoká možnost pochybení lidského činitele.

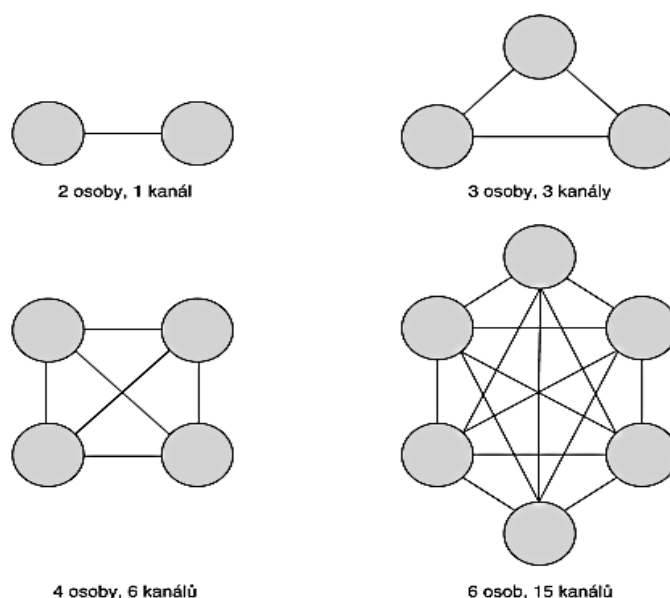


- Automatická část informačního systému AIS

Většina informací pochází z automatického hodnocení a zdroje, ale i některé části se zpracovávají za pomoci pracovníků projektů. Z daného důvodu je zapotřebí rozdělit jednotlivé kompetence: přesně určit, co se bude dělat ručně, a co automaticky. AIS projektu by měla být propojená s AIS podniku, protože jinak by nebyla data posílána automaticky. V automatickém systému je zapotřebí: definovat potřebné informace a funkce, přesně určit počítačový systém, se kterým se bude pracovat, způsoby zápisu dat a způsob sdílení informací mezi zaměstnanci, atd. [1]

Získané informace by měly být uchované pečlivě na uložení. Nikdy se neví, kdy budou opět zapotřebí. Úložiště může ze starých dat čerpat informace, které jsou zapotřebí pro nové rozhodování a doplňování informačního zdroje. Data hlavně musí být k dispozici pracovníkům, k čemuž slouží komunikační systém, pro který existují pravidla obsahující základní znaky komunikace:

- určení přesných informací, které budou mezi členy sdílené, a časové rozmezí taktu, ve kterém budou rozesílané;
- způsob zpracování informace;
- způsob předání informace;
- technická stránka komunikační sítě. [14]



Obr. 7: Komunikační síť. Zdroj [14]

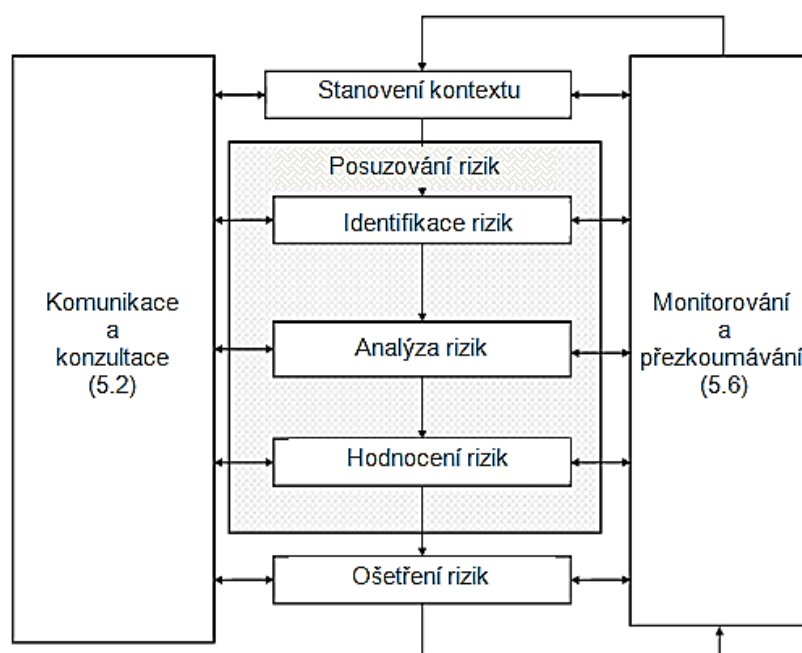
Komunikační síť znázorněná na obrázku 7. se vytváří jednoduchým způsobem dle vzorečku:

$$\text{Počet komunikačních kanálů} = \frac{n \cdot (n - 1)}{2}$$



3. Management rizika

Management rizika neboli *Risk management* pomáhá podnik lépe se vyrovnávat s riziky, aby podnik dosáhla svých cílů. Lze říci, že se jedná o novou oblast v managementu, jelikož se začala blíže zkoumat v 90. letech. Cílem je omezit nebo zmírnit přítomnost rizika. Hlavním úkolem managementu je objevit a analyzovat případné riziko v podniku a snažit se navrhnout účinné řešení. Na obrázku 8. je proces managementu rizika předvádějící názorně propojení mnoha činností, které se navzájem ovlivňují. Na začátku jsou dva druhy rizika: identifikované a neidentifikované. U identifikovaného rizika se najde opatření a zamezení se jeho dopadu na podnik, což představuje nejdůležitější fázi projektu. Po odhalení rizika dojde k jeho analýze a hodnocení dopadu rizika posuzujícího případné náklady. Po úspěšném dokončení předchozí fáze se může přejít do poslední fáze ošetření rizika. Během procesu je potřebné komunikovat, konzultovat svoje kroky, monitorovat a přezkoumat riziko, což tvoří také nezanedbatelnou část procesu. [1]



Obr. 8: Proces managementu rizika. Zdroj [17]

3.1. Měření rizika

Aktiva jsou hmotný nebo nehmotný majetek podniku, jehož hodnota může být snižována hrozbami. Hrozba je událost obsahující nežádoucí vliv na aktivita. Dopad hrozby je způsobení škody na aktivech a může buď zapříčinit škodu na jednu část, nebo na



více částí. Riziko je kombinace aktiv a hrozeb. Při formulování prognózy napomáhá pravděpodobnost a statistika. [13]

Mezi nejdůležitější statistické vzorečky patří stanovení pravděpodobnosti vzniku rizika.

$$P = \frac{m}{v}$$

P	pravděpodobnost vzniku rizika
m	počet příznivých výsledků daného jevu
v	počet všech možných výsledků

Rozptyl slouží k názornému stanovení proměnlivosti a slouží k měření absolutní výše rizika.

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^n [r_i - E(r)]^2 \cdot P_i$$

σ^2	hledaný rozptyl znázorňující jednotlivé změny
r_i	hodnoty zkoumané veličiny pro i-té pozorování
$E(r)$	průměrná hodnota zkoumané veličiny stanoveného na sledované období
n	počet sledovaných veličin
P_i	pravděpodobnost vzniku jednotlivých stavů pro i-té pozorování

Směrodatná odchylka je úzce spojená s rozptylem. Pokud rozptyl a směrodatná odchylka nabývá vyšších hodnot, je to spojeno s vyšším rizikem.

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2}$$

Koeficient variace slouží k popisu rizika. Čím vyšší je koeficient variace, tím je jistě vyšší riziko. [13]

$$KV = \frac{\sigma}{E(r)} \cdot 100 [\%]$$



Mezi další důležité výpočty se zahrnuje očekávaná hodnota peněžních toků, kterou se vyjadřuje jako průměrná očekávaná hodnota peněžních toků. Mezi peněžní toky se počítají buď příjmy nebo výdaje. Průměrná hodnota je udaná váženým aritmetickým průměrem všech možných variant. [11]

$$\overline{PP}_H = \sum_{j=1}^n PP_j \cdot p_j$$

\overline{PP}_H	průměrná očekávaná hodnota peněžních toků
PP_j	jednotlivé peněžní příjmy
p_j	pravděpodobnost, že jednotlivá varianta nastane
n	počet variant
j	jednotlivé varianty

Je zapotřebí, aby stanovené strategické cíle podniku byly v souladu s řízením, což je ve spojení s výpočtem hodnoty rizika. Vzorec na výpočet HR se skládá s pravděpodobností vzniku rizika a hodnotou dopadu při vzniku rizika. [1]

$$HR = P \times D$$

HR	hodnota rizika
P	pravděpodobnost vzniku rizika
D	hodnota dopadu při vzniku rizika

3.2. Analýza rizika

Analýza rizika je složená z několika kroků:

1. Identifikace rizik projektu

V prvním kroku je během analýzy zapotřebí identifikace rizik podnikání. Je zřejmé, že se najde velké množství rizik, ale není zapotřebí se všemi zabývat. Zvolí se pouze ta rizika představující značné nebezpečí. Tým identifikující rizika projektu využívá tabulky nebezpečí a rizik z minulých projektů a dle svých potřeb je předělává. [1]



2. Posouzení rizika projektu

Prvním krokem se již vyřídila nejpodstatnější rizika a je nutné je posoudit a odhadnout jejich dopad na projekt. V daném kroku se využívají různé statistické metody. Výsledkem je vypočítaná hodnota rizika celého investičního projektu. [1]

Posouzení provádí se pomocí:

a. Kvalitativní metoda

Popisují důležitost dopadu rizika. Hlavním znakem kvalitativních metod je, že pravděpodobnost udávají v rozsahu. Používají k tomu numerické vyjádření nebo slovní vyjádření.

b. Kvantitativní metoda

Jde o matematický výpočet rizika. Výpočet je nejčastěji na dobu dvanáct měsíců a vyjadřuje se ve finanční částce. Metoda je více přesná, což způsobuje delší dobu výpočtu.

c. Kombinace

Spojení kvalitativní a kvantitativní metody do jednoho tvoří z kvantitativní stránky alespoň menší obraz reálné situace, ale je zapotřebí si dát pozor na kvalitativní stránku, která nemusí vždy přesně odpovídat situaci. [12]

3. Odezvy na zjištěná rizika projektu

V předešlých dvou krocích došlo k zjištění rizika a jeho hodnoty. Poslední fáze je celkový dopad na projekt, a to jak se bude riziko chovat při reálné situaci. Již předem je zapotřebí dohodnout se na akceptovatelné výši rizika a dohodnout se na případných korelačních opatřeních zaváděných po nedodržení hranice. [2]

3.3. Řízení rizika

Rizikové inženýrství (*Risk Engineering*) je v úzkém spojení s řízením rizika projektu (*Risk Project Management*). Rizikové inženýrství spojuje ekonomickou a technickou stránku při zkoumání rizika a mělo by představovat spíš kompletní ucelený celek reagující na různé situace s velkým předstihem a pokusil se zamezit nebezpečným situacím. Řízení vychází z předchozí analýzy rizika. Zohledňují se i jiné faktory než pouze technické a ekonomické, protože podstatnou součástí ekonomického trhu tvoří politická a sociální situace. V průběhu analýzy rizik se zjišťují nebezpečí, kterým se v budoucnosti snaží zamezit pomocí opatření. Nejpodstatnější fáze řízení je výběr optimální cesty, během níž se riziko minimalizuje. [12]



Řízení může využívat dva principy:

1. zpětná vazba (částo využívaný způsob řízení);
2. predikační vazba (metoda je považována za vědeckou a k jejímu využití potřebujeme mít veškeré informace o hrozbách, stavu, atd.).

Řízení rizika obsahuje jednotlivé stránky:

1. stanovení kontextu;
2. identifikace rizika;
3. analýza rizika;
4. hodnocení rizika;
5. ošetření rizika;
6. monitorování a přezkoumání;
7. komunikace a konzultace. [1]

3.4. Postup analýzy a modelace rizika

Modelování a analýzu rizika je možno rozdělit do níže uvedených kroků:

a. Stanovení faktorů rizika investičního projektu

Faktory rizika jsou náhodné stochastické veličiny, které mají vliv na zisk, cash flow nebo čistou současnou hodnotu projektu.

b. Stanovení významnosti faktoru rizika

Stanovení významnosti faktoru rizika probíhá pomocí metody citlivostní analýzy. Postup je jednoduchý: snažíme se zjistit, jak se mění v procentech zisk, cash flow nebo NPV tím, že měníme jednotlivé faktory rizika po procentech. Můžeme seřadit jednotlivé rizikové faktory investičního projektu od nejvýznamnějšího až po méně významné.

c. Expertní šetření

Po zjištění jednotlivých rizikových faktorů investičního projektu čekáme na vyjádření expertů, kteří identifikují působení rizika a pravděpodobnost nastání rizikového faktoru.

d. Vyhodnocení

U vyhodnocení dojde po předchozích krocích k volně rizikových faktorů, které jsou významné a zároveň mají velkou pravděpodobnost, že dojde k jejich nastání. Po vyhodnocení je nutné vytvořit preventivní opatření zamezující výskyt rizika.



3.5. Stanovení významnosti faktorů rizik

Během identifikace rizika narážíme na velký počet ovlivňujících faktorů. Vytrídí se pouze faktory, které jsou nejdůležitější, a zaměří se jejich směrem, protože není možné se věnovat všem faktorům rizika najednou.

Významnost rizik můžeme stanovit dvěma způsoby:

- analýza citlivosti;
- expertní hodnocení.

5.3.1. Analýza citlivosti

Je zřejmé, že většinou nedochází k tomu, že máme výsledek totožný s původním záměrem, a k tomu je zapotřebí snížení nejistoty. Proto realizace projektu by měla být vždy spojená s analýzou citlivosti (*Sensitivity Analysis*) sloužící k určení významných faktorů rizika. Analýza představuje kvantitativní nástroj. Hodnocení rizik nepatří pouze mezi technické záležitosti, ale tvoří symbiózu s ekonomii, politikou a někdy i s psychologií. Prvotním krokem je identifikace rizika a položení jednoduché otázky „co kdyby“. Z toho vyplývá, že se jedná o stanovení důsledků. Bez prvního kroku nejspíš provádění hodnocení bude absolutně zbytečné. Jedná se o vstupní veličiny ovlivňující celý proces. Určí se kritériální veličina a sledují se parametry, které ovlivňují celý proces. Velkou nevýhodou analýzy je fakt, že jednotlivé faktory sledují se izolovaně a nepočítá se s tím, že v reálném životě dochází k jejich propojení. Z toho důvodu se doporučuje analýzu ještě uskutečnit přes počítačový software. V počítačovém softwaru dochází ke kombinacím několika faktorů, a proto vyžaduje obvykle počítačovou podporu. [9]

Vstupní veličiny představují potencionální faktory rizika:

- cena;
- konkurence;
- množství;
- ekonomická situace;
- náklady.

Mezi výhody analytického přístupu se započítává přesnost. Nevýhod je mnohem více. Výpočet je obtížnější a zvládnou je pouze odborníci. Jednotlivé budoucí změna se počítají na kus. [9]

Jednofaktorová analýza citlivosti patří mezi velice jednoduché analýzy, u kterých dochází ke změně pouze jednoho z faktorů rizika. Zjišťuje dopad jednotlivých změn



vstupních hodnot na výstupy. Na základě analýzy citlivosti je možné stanovit rizikové faktory a jejich významnost. Jinými slovy pouze u izolovaných faktorů dochází ke změnám, zbytek se nemění. Jednotlivé změny se následně rozdělit na:

- pesimistické nebo optimistické;
- přesně stanovená hodnota odchylky od plánované. [6]

5.3.2. Expertní hodnocení

Expertní hodnocení je založeno hlavně na zkušenostech expertů v zkoumané oblasti. Jinými slovy expertní hodnocení se nazývá matice hodnocení rizik. Jednotlivé faktory se posuzují dle dvou hledisek: první hledisko je pravděpodobnost výskytu faktoru rizika a druhé je intenzita působení vlivu faktoru rizika. K hodnocení se používá stupnice s pěti stupni zobrazenými na obrázku 9.

Pravděpodobnost	Intenzita negativních dopadů				
	VM	M	S	V	ZV
VM					R4
V				R1	R2
S			R9	R8	
M	R5			R3	
VM		R6		R10	R7

Obr. 9: Matice hodnocení rizik. Zdroj [6]

U jednotlivých výsledků dochází k vytvoření dokumentací, která obsahuje veškerá důležitá rozhodnutí. Hodnocení je podstatné hlavně pro budoucí rozvoj podniku, jelikož obsahuje informace ohledně jednotlivých rizik. Dílčí výsledky hodnocení se rozdělí dle skupin na dvě části a ty seřadit dle nejrizikovějšího k méně důležitému, nebo udělat zvláštní tabulku. Matice hodnocení rizika se využívá hlavně u hodnocení rizika.

Vyjadřuje se v intervalu od 0% do 100% a představuje pravděpodobnost výskytu. Pokud se jedná o 0%, tak k danému jevu nemůže dojít a postupně se pravděpodobnost výskytu spolu s procenty zvyšuje. Statistická data nejsou pokaždé k dispozici, proto se obrací na odborníky v oboru. Po analýze expertů dochází k vytvoření tabulky rozdělené do intervalů. Tabulka obsahuje i slovní popis jednotlivých intervalů. Intervalů v jednotlivých projektech jsou časově omezené, proto se doporučuje vždy určit délku jednotlivých období. [5]



5.4. Nástroje pro stanovení dopadu rizikových variant

5.4.1. Rozhodovací strom

Rozhodovací strom (*Decision Trees*) patří mezi nejvýznamnější nástroj rozhodovací analýzy. Na začátku každé simulace se vytvoří potřebné cíle a má se porozumět všem prvkům v systému. Nebude-li stanoven cíl, neví se, co přesně se dá očekávat od simulace. Nejlépe se celý proces popíše influenčními diagramy, což je orientovaný graf neobsahující cykly. Pravděpodobnostní stromy znázorňují důsledky v grafické formě. Nejvíce se využívají při časovém uspořádání činností, kde je přesně vidět jednotlivé části. Nedostatkem metody je, že při velkém množství údajů přestávají být přehledné. Uzly představují jednotlivá rizika, z nichž pozorujeme hrany, které představují peněžní hodnoty. Využívají se pouze v disktrétních systémech a při malém počtu uzlů. Jedná se také o tzv. časově uspořádaný systém. V praxi má uplatnění při hledání rozvoje firmy, optimalizaci procesu, řešení dopravních problémů, atd.

Podmínky rozhodovacího stromu:

- každý uzel je ohodnocen atributem;
- každá hrana je ohodnocená predikátem;
- každý list je ohodnocen třídou.

Diagram je složený z uzlů a hran. Hrany představují následek jednotlivých rozhodnutí přijatých v určitém období a obsahují čísla udávající informační tok nebo poznámku pro lepší přehlednost pro přijetí rozhodnutí. Všechny uzly mají různé tvary, které popisují jednotlivé funkce:

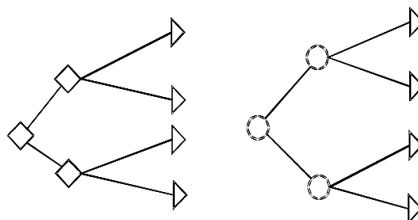
- a. Čtverečný uzel je nazýván rozhodovacím uzlem, protože jednotlivé podklady musíme vypočítat a jedná spíše o rozhodnutí managementu podniku, jaké hodnoty si předem stanoví.
- b. Elipsový/kruhový uzel je nazýván náhodným uzlem s podmíněnou pravděpodobnost. Podnik přímo nemůže ovlivnit dané prvky.
- c. Kosočtvercový uzel je nazýván užitkovým uzlem, kterému se přiřazuje reálné číslo. Daný prvkem chceme analyzovat.

Existují dva způsoby rozhodování: první je rozhodování za jistoty a druhý zrealizuje rozhodování za nejistoty či rizika. Většinou se rozhoduje druhým způsobem. Dle toho se rozdělují jednotlivé rozhodovací stromy na:

- deterministické stromy (rozhodnutí za jistoty);
- stochastické stromy (rozhodnutí za nejistoty).



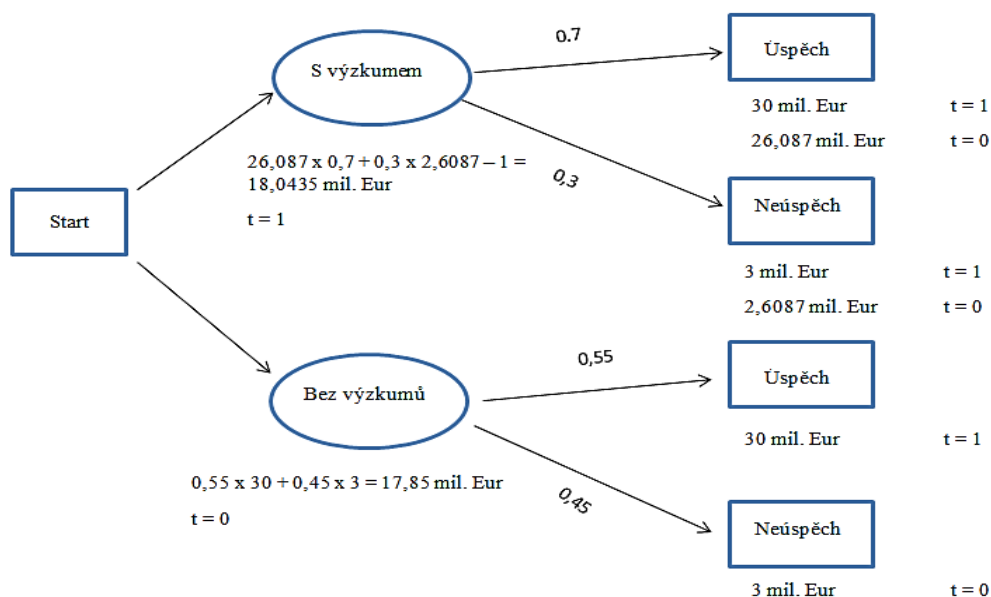
Rozdíl mezi jednotlivými typy rozhodování můžeme pozorovat na obrázku 10, kde jsou vidět rozdíly u uzlů a hran. V první části obrázku 10. jednotlivé uzly jsou kosočtverci a představují rozhodovací uzly. Naopak na druhém je zřejmé, že se jedná o situace vznikající z mnoha alternativ a nejsou závislé na vůli rozhodovatele. Často jsou doplněny rizikovou hodnotou představující podstatný faktor při vlastním rozhodování.



Obr. 10: Deterministické a stochastické stromy. Zdroj [18]

Příklad:

Firma XY vyvinula nový výrobek, který se chystá uvést na trh. Firma očekává, že produkt se s úspěchem stabilizuje na trhu s 55 % pravděpodobností, pokud bude ihned produkt uveden na trh. Firma má však možnost provést marketingový výzkum, který bude trvat rok a stát 1 milion Eur. Marketingový výzkum by lépe identifikoval cílové zákazníky a zvýšil by pravděpodobnost úspěchu produktu na 70 %. Pokud by byl projekt úspěšný, byla by jeho hodnota 30 milionů Eur při zahájení prodeje produktů. Pokud by byl projekt neúspěšný, očekává se, že by jeho hodnota klesla na 3 milióny Eur. Měla by firma realizovat marketingový výzkum při 15 % míře výnosnosti projektu?



Obr. 11: Rozhodovací strom. Zdroj [vlastní]

Hodnota projektu je vyšší při realizaci marketingového výzkumu. Firma XY by marketingový výzkum měla realizovat.



5.4.2. Scénáře

Scénáře se využívají k nastínění budoucího vývoje. Lze konstatovat, že se jedná o možné příběhy, jejichž hlavním úkolem je ukázat spojení jednotlivých možných událostí a jejich vzájemné propojení. Nemodelují jednotlivé situace, ale kombinaci možných variant. Scénář je nástroj pro analýzu možností, které slouží hlavně pro dlouhodobý rozvoj podniku. Vyberou se nejpodstatnější proměnné a ohodnotí se, s jakou pravděpodobností dojde k popsané situaci. Nesmí se zapomínat, že trh je živý organismus neustále se měnící a je nutné předem odhadnout konkurenty, technologický rozvoj, inflaci, atd. Pohybujeme se v reálném prostředí a každý vytvořený scénář by měl být do budoucna aplikován. Dojde-li k rozdělení firmy na jednotlivé projekty, tak nutnou podmínkou je vytvoření společného scénáře pro celý podnik a stanovení budoucího cíle. Společné scénáře by měly být různého charakteru: jak optimistické, tak i pesimistické. Dílčí projekty se ovlivní různými faktory a udá se možnost srovnávat budoucího posunu podniku. Celý proces je ucelený celek a nelze jednoduše zastavit. Druhy scénářů můžeme rozdělit na optimistické, nejpravděpodobnější, pesimistické a varovné, které lze vidět na obrázku 12. [6] [5]

Faktor rizika	Jednotka	Scénář		
		Pesimistický	Nejpravděpodobnější	Optimistický
1. Prodeje	tis. ks	75	100	120
2. Prodejní cena	Euro/ks	135	150	160
3. Měnový kurz	Kč/Euro	23	24	25
4. Norma spotřeby materiálu	kg/ks	62	60	58
5. Nákupní cena materiálu	Kč/kg	46	40	36
6. Fixní náklady	mil. Kč	85	75	70

Obr. 12: Scénář hodnot faktorů rizika. Zdroj [8]

Nejdříve je nutné mít přesně stanovenou vizi s navázujícími dlouhodobými cíly, které je zapotřebí splnit. Potom se vytvoří scénáře ovlivňované po více stránkách. Rozdělují se na interní a externí. Interní stránky jak slabé, tak i silné, ovlivní se rozhodnutím v podniku. Na rozdíl od externí stránek, které jsou hůře předpokládatelné. Po vytvoření několika scénářů se vybere jeden nejvíce vyhovující vedení podniku a vytvoří se strategický záměr.

Jedná-li se o nový projekt/produkt, je zapotřebí vytvořit tři různé scénáře vytvářející mix technické a komerční úspěšnosti. První scénář by obsahoval pouze technickou neúspěšnost projektu, což představuje překážku uvedení produktu na trh nebo zvolení špatné technologie výroby, s níž by se mělo předem počítat. Druhý scénář je důležitý tím, že se jedná o kombinaci úspěšně zvolené technologie, ale neúspěchem



z komerční stránky. Pro podnik druhý scénář představuje dobrý výrobek, ale velké výdaje a malé prodeje. Důvodem je zvolená marketingová strategie, což tvoří velký problém u zákazníků. Třetí scénář představuje úspěch jak technického, tak komerčního charakteru a logický je jediný scénář, který vždy chce podnik využít. Nevýhodou daného přístupu je, že nelze jednoznačně určit pesimistické a optimistické scénáře. [6] [5]



4. Metoda Monte Carlo

Metoda Monte Carlo patří mezi simulační metody, které využívají statistickou simulaci posloupnosti náhodných čísel. Pomocí metody můžeme vyřešit velké množství scholastických i deterministických problémů. Využívá se zejména v oblastech, kde je zapotřebí vygenerovat velké množství náhodných pokusů.

Používá se:

- stanovení hodnoty Ludolfova čísla;
- výpočet jednoduchých určitých integrálů;
- řešení dvojných integrálů;
- řešení systémů lineárních rovnic.

Simulace se postupem času oddělila od Monte Carlo a stala se z ní vědní disciplína. Během simulace Monte Carlo dochází k vytváření úlohy, která má podobnou strukturu jako reálný problém. Řešení má pravděpodobnostní charakter a jde o odhad. Pokud se bude zvětšovat počet pokusů, dojde k zvětšování přesnosti řešení, ale musíme počítat s tím, že budeme mít vyšší výpočetní čas. Náhodná veličina je číslo, které nese v sobě schované informace. Můžeme informace rozdělit dle hierarchického postavení od nejvýznamnější k méně významné. Každá část nese podstatné informace pro simulaci a nesmíme vždy pracovat pouze s výše postavenými informacemi. Čísla jsou vybírána z tolerančního intervalu. Metoda má několik typů: klasické Monte Carlo, vážené Monte Carlo, vzorkování podle důležitosti, vzorkování po částech a kombinované odhady, adaptivní vzorkování. [4] [8]

Monte Carlo pracuje jako aplikace, která může nabývat různou podobu, ale základní část je stejná. Náhodné vstupní hodnoty se získávají dvěma hlavními způsoby, a to buď teoretická, nebo historická data. Také může dojít k tomu, že historické a teoretické znalosti nejsou k dispozici, a proto se může využívat jiná metoda. Např.: rovnoměrná, normální, atd. Náhodná veličina je určena výsledkem náhodných pokusů. Hlavním úkolem je přiřazení reálného čísla. Náhodná čísla jsou vstupem do systému a vygenerují se dvěma kroky. První krok jsou čísla s rovnoměrným rozložením. [8]



4.1. Historie metody Monte Carlo

Z historického hlediska je metoda známa několik století a byla aplikována již v 18. století. Jmenovala se statistické vzorkování. Za historický první simulaci se počítá Buffonova jehla, která byla pojmenovaná po francouzském matematiku Georges-Louis Leclerc comte de Buffon a proběhla v roce 1777. Jelikož Buffon byl matematik, tak i pokus byl matematický zaměřený. Jednalo se o opakované házení jehly na linkovaný papír, protože přesně se vědělo, že linky jsou od sebe ve stejné vzdálenosti. Pokoušel se tím odhadnout Ludolfovo číslo π . Princip daného experimentu byl jednoduchý. Na zemi byl položený papír, házela se na něj jehla a snažila se najít pravděpodobnost toho, že linka protne jednu z linek. Jehla měla délku l , která byla stejná jako vzdálenost mezi jednotlivými linkami. Podstatnou podmínkou pro délku jehly je $l < 1$.

Pravděpodobnost P výpočtu se spočítá jednoduše dle vzorce:

$$P = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} \frac{l}{2} \sin\vartheta \, d\vartheta = \frac{2l}{\pi} \qquad P = \frac{2l}{\pi}$$

Z toho můžeme přiblížit hodnotu π :

$$\pi = \frac{2l}{P} \qquad \pi = \frac{2ln}{m}$$

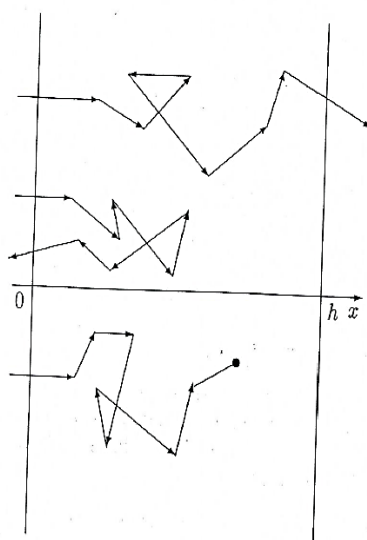
Výše popsaná metoda je převedená z numerického problému na scholastický, kde jde pouze o náhodně opakovaný pokus. V dějinách se najde velké množství zajímavých pokusů, jak dopočítat číslo π . Např.: výpočet Ludolfova čísla pomocí hrachu. [4]

Metoda známá dnes, byla formulována a využita během druhé světové války Johnem von Neumannem, Nicolasem Metropolisem a Stanislav Ulamem. Před vědci stál neřešitelný problém, který i přes nejrůznější údaje o neutronech nemohli vyřešit, proto se museli obrátit na pravděpodobnost. Název je samozřejmě dle města plného kasin Monte Carla. Nebylo obtížné daný název vymyslet, jelikož příbuzný Ulamana byl častým hráčem ruské rulety. Ulaman se o něm nejednou zmiňoval a jelikož pravděpodobnost představovala jednu ke stu, tak připomínala ruskou ruletu. Metoda je úzce spojená s hazardními hrami. Rozhodování během hry můžeme rozdělovat na dvě části. První část je, že se hráč rozhoduje sám, jaký tah udělá a dané rozhodnutí je osobní tah. Druhá část je, že hráč může jednoduše ovlivnit následující rozhodnutí a to jsou náhodné tahy.



S náhodnými tahy se lze setkat během házení kostek, kdy se neví předem, které číslo padne. Osobní rozhodnutí je například během karetní her, kdy každý následující krok je nutné si pořádně rozmyslet. Monte Carlo využívá, jak již bylo zmíněno, tahy náhodné. Rozděluje se na několik typů: klasické Monte Carlo, vážené Monte Carlo, vzorkování podle důležitosti, vzorkování po částech a kombinované odhady, adaptivní vzorkování. [4]

Vědci pozorovali chování neutronů během tajného projektu, který se jmenoval Manhattan, probíhal v padesátých letech a zaměřoval se na řešení difuze neutronů v prostředí. Bylo zapotřebí vypočítat pravděpodobnost toho, že neutron se dostane za překážku. Neumann navrhnul přístup k vyřešení problému neutronového rozptylu v štěpném materiálu. Trajektorie byla ovlivněna srážkami neutronů a složením s přímočarým pohybem. Pohyb znázorněný dole na obrázku 13. zanikne, když se neutron dostane přes překážku. V daném případě byla důležitá pouze poloha v X ose. [4]



Obr. 13: Trajektorie elektronů. Zdroj [4]

Popularitu metoda získala spolu s technickým rozvojem, protože výše popsaná simulace byla časově náročná. Počítače pomocí algoritmu mohou počítat automatizovaně. Vznikly programy, které vznikly pro výpočet a tj. Neutron 1*, Neutron 2* a pracovaly na výpočtu pravděpodobnosti průletu neutronu deskou. Následně došlo k vynalezení analogového počítače pod názvem „Fermiac“ a navržení prvního počítačového algoritmu, který dokázal převést deterministickou úlohu na úlohu náhodnou. Pomocí metody se dalo určit, jakým způsobem se pohybuje svazek elektronů. Ruleta obsahovala sto dílků a pouze jeden z nich byl jiný. Představoval neutron, který zanikne, v momentě zastavení na zvláštním dílku. V momentě kdy dojde k srážce neutronů a atomu vodíku, tak neutronu se pohltí. Nedojde-li k jeho zániknutí, tak můžeme zjistit trajektorii neutronů nebo také jeho



rychlost. Celý proces probíhá do té doby, dokud nedojde k zániku neutronů. Je zřejmé, že proces není jednoduchý a lze s jistotou říci, že se dostane větší množství informací, pokud se udělá větší počet simulací. Na druhou stranu je vidět, že je všechno založeno pouze na náhodě a přesnost nehraje velkou roli. Přesnost odhadu však roste s přesností simulací. [4]

Metoda se začala používat také v investičním rozhodování. Začátek je spojený se jménem D. Hertze, který svůj článek publikoval v roce 1964 v časopise Harvard Business. V dnešní době došlo k rozvoji využití metody. Původní využití metody se týkalo oceňování aktiv a postupně se dostalo k určení rizik. V metodě je použitý stochastický proces tzv. Markovský proces pojmenovaný po ruském matematikovi Andreji Markovovi a v rozhodovacích procesech je již znám od 50. let 20. století. [8]

Budeme-li chtít daný systém popsat na podniku, vezmeme historická data a podnikatelská rozhodnutí z minulých let. Všechna se zamíchají a náhodným způsobem vylosují. Rozhodnutí samozřejmě bývají správná a špatná, takže předem není známo, co se vylosuje. Může se samozřejmě stát, že se vylosují pouze špatná rozhodnutí, ale také mohou být pouze správná. Většinou je výsledek složený z poloviny původních dat. Není to tím pádem obyčejný backtesting, protože obsahuje náhodu. Nevýhodou dané simulace může být to, že nezahrnuje přesně veškeré požadavky. [19]

4.2. Postup při simulaci

Na začátku každé simulace je zapotřebí vytvořit potřebné cíle a porozumět všem prvkům v systému. Pokud nebude stanovený cíl, tak se neví, co přesně se očekává od simulace.

Postup simulace lze rozdělit do těchto kroků:

1. Výběr kritéria hodnocení, které bude předmětem simulace

Prvním krokem je výběr kritéria hodnocení, což se stane předmětem simulace. Např. čistá současná hodnota, vnitřní výnosové procento aj.

2. Stanovení závislosti zvoleného kritéria na ovlivňujících veličinách

Určení vztahu pro výpočet čisté současné hodnoty na základě veličin vytvářejících peněžní tok projektu.



3. Určení klíčových faktorů rizika

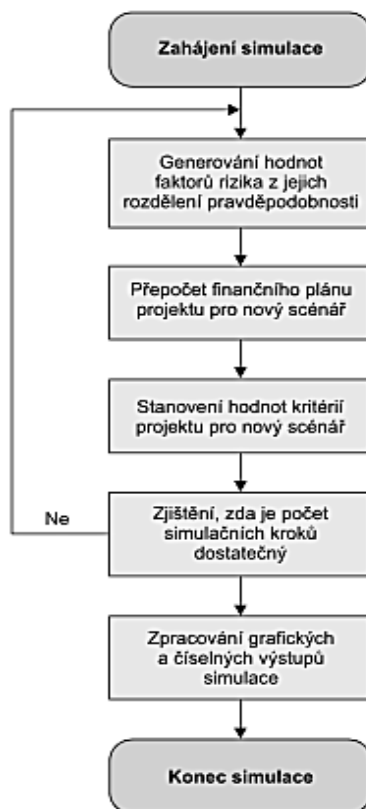
Během simulace dojde k respektování nejistoty těchto faktorů, přičemž u ostatních faktorů ovlivňujících zvolené kritérium se bude vycházet z jejich nejpravděpodobnějších odhadů.

4. Stanovení rozdělení pravděpodobnosti klíčových faktorů rizika

U diskrétních faktorů rizika tabulkový tvar a u spojitých rizikových faktorů se obvykle volí určitý typ rozdělení a zadávají se jeho parametry.

5. Vlastní proces simulace s využitím počítačového programu

Tento proces tvoří značí počet simulačních kroků, které se opakují až do získání výsledků. V každém simulačním kroku program vygeneruje hodnoty rizikových faktorů z jejich rozdělení pravděpodobnosti a propočte hodnotu zvoleného kritéria. [8]



Obr. 14: Postup simulace. Zdroj [8]

Jednotlivé kroky shora uvedené tvoří podstatné mezi-etapy při simulaci. Grafické znázornění na obrázku 14. je zjednodušenou ukázkou toho, jak by simulace měla probíhat a na co se nesmí zapomenout.



4.3. Nejistota Monte Carlo

Výsledky získané z opakovaných běhů simulace jsou různé. Přesnost metody roste s opakováním n a závisí na aplikaci, ve které se používá. Chyba se odhaduje jako střední kvadratická chyba aritmetického průměru. Z toho vyplývá, že chyba, jež byla získána pomocí n opakování

$$\frac{1}{\sqrt{n}}$$

Z toho vychází, že pokud chceme zlepšit chybu o jeden řád, tak je zapotřebí, aby se zvýšilo počet n o dva řády. Pro úplnou přesnost se chyba uvádí na šest desetinných míst a zaokrouhluje se směrem nahoru.



II. Praktická část

Modelování ekonomického rizika



5. Popis systému Crystal Ball

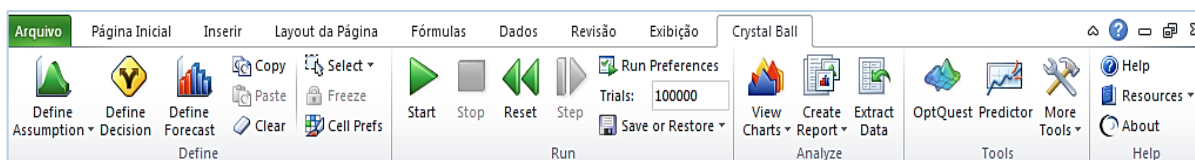
Simulaci princip Monte Carlo na bázi generace náhodných čísel využívá Excel pro řešení úloh. Simulace slouží k výpočtu ekonomických kritérií efektivnosti a užívá se při simulačních procedurách. Crystal Ball je nadstavba spolupracující s programem Microsoft Excel. Excel pracuje na deterministickém modelu, kde se zadávají přesné hodnoty. Každá hodnota má svoji vlastní buňku představující jeden vstup – svůj vstup. Kombinace dvou programů vytvoří rychlou analýzu zadaných vstupů a výstupů, kteří jsou vytvořené najednou.

Lze zvolit funkcionality:

- simulace veličin;
- statistické rozdělení veličin;
- analýza výsledků;
- rizikové faktory, jejich přehled a významnost.

Před využitím systému je nutné mít zvolené výstupní systémy a rozhodnout o počtu vytvořených scénářů. Zvolit též počet kroků simulace. Výchozím vstupem je matematický model realizovaný v Excelu. V Excelu se mohou ze vstupních dat vytvořit matematické vztahy pro zisk, CF a NPV, který vstupuje do Crystal Ball. [16]

Program Crystal Ball se nainstaluje do počítače z internetových stránek Oracle. Program se musí rovnat nainstalovanému Microsoftu officu. Např.: 32-bit/32-bit nebo 64-bit/64-bit. Pokud se dané pravidlo nedodrží, tak se bude neustále hlásit chyba. Jsou dvě možnosti instalace: jedná časově omezená na několik dnů pro vyzkoušení simulace nebo druhou možností je možnost program zakoupit. Až se instalace dokončí, programu vyzve k propojení s Excelem. Po ukončení instalace nahoře v Excelu přibude ještě jedna ikonka s nadpisem Crystal Ball, jak je vidět na obrázku 15. K simulaci jsou zapotřebí připravená data, se kterými se bude nadále pracovat a bude se z nich vytvářet samotná simulace. [vlastní]



Obr. 15: Hlavní funkce aplikace Crystal Ball. Zdroj [vlastní]

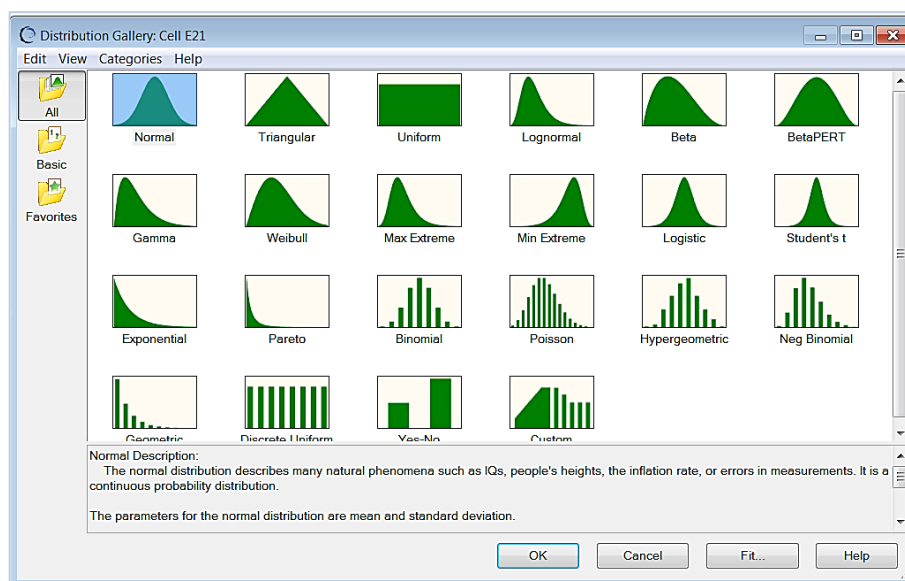


5.1. Podstatné funkce Crystal Ball

Define

a. Zadání faktorů rizika (Define Assumptions)

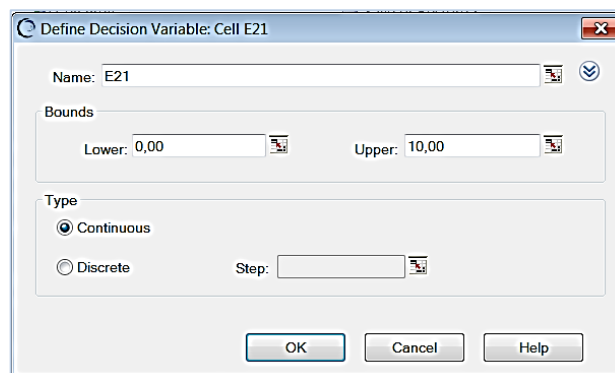
Faktor rizika může být kterákoliv buňka v excelovém programu, která není vzorcem. Pokud se jedná o vzorec, dojde k upozornění, že jej není možné používat. Vybere se buňka a blíže se identifikuje pomocí statistického rozdělení. Nabídka je složená ze spojitých a diskrétních grafů. Na obrázku 16. je přehled možných rozdělení nabízejících se v nabídce programu. Rozdělují se na diskrétní a spojitě. Pro každou hodnotu je zapotřebí zjistit přesně odpovídající rozdělení. [16]



Obr. 16: Pravděpodobnostní rozdělení. Zdroj [vlastní]

b. Zadání rozhodovacích proměnných (Define Decision Variables)

Zvolí se rozhodovací proměnné, s kterými se bude i nadále pracovat. V *Define Decision* se vyplní údaje, jméno, stanoví se dolní mez a horní mez, stanoví se typ proměnné spojitá nebo diskrétní, počet kroků a rozdělení veličin respektive rizikového faktoru. [16]



Obr. 17: Zadání rozhodovacích proměnných. Zdroj [vlastní]



c. Zadání výstupních veličin (Define Forecast)

V excelové tabulce mohou být zvoleny libovolné buňky. *Forecast Window* umožňuje rozšířené nastavení umožňující zvolit typ grafu, současné zobrazení grafu, automatické zobrazení grafu, automatické zobrazení okna a další možnosti simulačního programu Crystal Ball. [16]

d. Clear

Tlačítko clear slouží k odstranění definice z buňky, respektive k nastavení buňky.

Run

a. Run Preferences nastavení

Dochází k nastavování vlastností simulace. Je možné zvlášť nastavit rychlost simulace rozdělenou na extrémní, normální a demonstrační účely. *Sampling* dovoluje vybrat typ simulace. V *Trials* lze zvolit počet kroků simulace a případně simulační čas kroku. [16]

b. Run

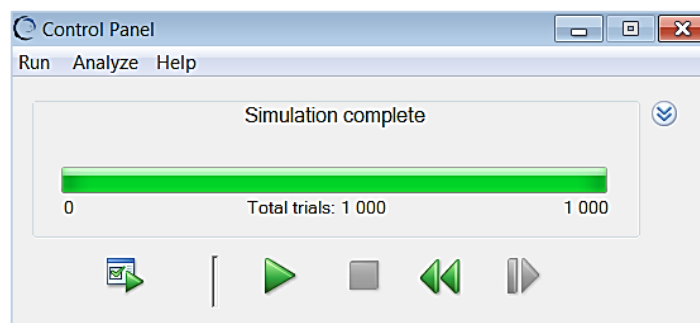
Slouží ke spuštění simulačního procesu.

c. Stop

Zastavení simulačního procesu.

d. Reset

Restartování simulačního procesu.



Obr. 18: Run Preferences. Zdroj [vlastní]

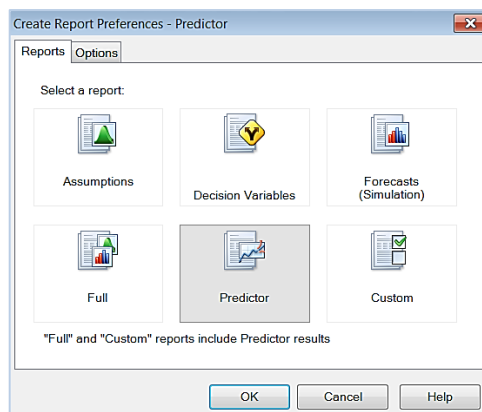
Analyze

a. Report (Create Report)

Dává možnost vytvořit report pěti různými způsoby výstupů a zpráv. Zpráva obsahuje rizikové faktory, rozhodovací proměnné, výstupní proměnné, úplnou zprávu, indexovou zprávu. Reporty jsou vytvořené dost obsáhle a na různé proměny. Zpráva



těž musí zahrnovat rozdělení matematického modelu respektive kritéria efektivnosti – vývoj CF, vývoj zisku, vývoj NPV. [16]



Obr. 19: Report. Zdroj [vlastní]

b. Extract Data

Slouží k vytvoření tabulek, do který jsou zapsané hodnoty náhodně vygenerovaných dat.

5.2. Postup simulačního procesu

Postup simulačního procesu je složený z několika kroků:

1. Vytvoření matematického modelu

K vytvoření matematického modelu je zapotřebí zjistit podstatné vstupy ovlivňující proces simulace. Respektive lze říci, že jsou to vztahy pro NPV projektu a NPV investice.

2. Stanovení rizikových faktorů a směru jejich působení

3. Určení pravděpodobnostního značení rizikových faktorů

U rizikových faktorů jsou odhadnuté tři hodnoty:

- a. minimální hodnota;
- b. nejpravděpodobnější hodnota;
- c. maximální hodnota.

4. Simulace

5. Report



5.3. Pravděpodobnostní rozdělení rizikových faktorů

a. Normální rozdělení (Gaussovo rozdělení)

Využívá se tehdy, když se přesně ví minimální a maximální hodnota rizikového faktoru nebo se zná nejpravděpodobnější hodnotu. Je závislé na velkém množství proměnných. Např.: inflace.

b. Trojúhelníkové rozdělení

Je známa minimální a maximální hodnota a zároveň s tím i nejpravděpodobnější hodnota rizikového faktoru. Jedná se o geometrické zobrazení klasického trojúhelníku. Např. odhad prodejů, cen, atd.

c. BetaPert rozdělení

Na první pohled jde o trojúhelníkové rozdělení a výsledek je u nejpravděpodobnější hodnoty, ale následně od nejpravděpodobnějšího bodu klesá strměji. BetaPert rozdělení představuje spojení normálního rozdělení s trojúhelníkovým. Využívá se nejvíce ze všech pravděpodobnějších faktorů rizikového rozhodování.

d. Rovnoměrné rozdělení

Jak již z názvu vyplývá, rovnoměrné rozdělení má stejné hodnoty pro minimální a maximální hodnoty. Je logické, že se v praxi příliš nepoužívá, jelikož obsahuje velkou hodnotu rizikovosti.

e. Lognormální rozdělení

Lognormální rozdělení představuje kombinaci logaritmického a normálního rozdělení. Rozdíl je v tom, že hodnoty vpravo od nejpravděpodobnějšího rozdělení jsou strmější a klesá logaritmicky. Logaritmické rozdělení se používá pouze v kladných číslech. Např.: rozdělení mezd.

f. Exponenciální rozdělení

Exponenciální rozdělení využívá s hodnotami závislými na čase. Např.: počet událostí za stanovenou dobu.



5.4. Použité vzorce

Tabulka 1: Použité vzorce. Zdroj [vlastní]

Název vzorce	Výpočet
Výpočet tržby	$\text{Tržba} = \text{Cena} \times \text{Kusy}$
Výpočet mzdy	$\text{Mzda} = \text{Mzda za kus} \times \text{Počet kusů}$
Výpočet nákladů na materiál	$\text{Materiál} = \text{Cena materiálu za kus} \times \text{Počet kusů}$
Výpočet režijních nákladů	$\text{Režie} = \text{Režijní náklady} \times \text{Počet kusů}$
Výpočet zisku	$\text{Zisk} = \text{tržby} - \text{mzda} - \text{materiál} - \text{režie} - \text{pojištění}$
Výpočet zisku po zdanění	$\text{Zisk po zdanění} = \text{zisk} - \text{daň}$
Výpočet jistiny	$\text{Jistina} = \text{režijní náklady za kus} \times \text{počet kusů}$
Výpočet CF investora	$\text{CF investora} = \text{odpisy} + \text{zisk po zdanění} + \text{jistina}$
Výpočet CF projektu	$\text{CF projektu} = \text{odpisy} + \text{zisk 2 po zdanění}$



6. Slovní zadání praktické části

Investor, který má k dispozici 100 milionů Eur se má rozhodnout mezi dvěma různými investicemi, přičemž dominantní prioritou při rozhodování je jeho silná averze k riziku, která je měřena variačním koeficientem v procentech. Tj. daný investor si k praktické realizaci vybere tedy investici s nejnižší hodnotou variačního koeficientu čisté současné hodnoty investora tj. bez hodnoty projektu včetně financování a danění. Variační koeficient v % je relativní mírou variability pro stanovení variability souborů vyjádřených v různých měřených jednotkách.

Cílem analýzy je eliminovat či potlačit významné rizikové faktory projektu. Analýza rizika bude obsahovat: stanovení rozdělení čisté současné hodnoty NPV, výpočet statistických charakteristik a citlivostní analýzu.

Výpočet Cash Flow CF

$$CF = V - N$$

V příjmy

N výdaje

Současná hodnota PV, je-li CF_t v roce t

$$PV = \sum_{t=1}^{T_z} \frac{CF_t}{(1+i)^t}$$

T_z doba životnosti projektu

i diskontní sazba

t počet let

Čistá současná hodnota NPV

$$NPV = PV - IN$$

IN počáteční investiční výdaje



6.1. Projekt 1

Investor má k dispozici 100 milionů Euro. Rozhodnul se investovat do vybudování výrobní kapacity, která má vyrábět počet 25 milionů kusů vznětových svíček s cenou 13 Euro/kus. Výrobní kapacita má životnost 10 let, přičemž její cena je 130 milionů Euro, na zbylých 30 milionů Euro si bude investor brát 5 letý úvěr s úvěrovými splátkami ročními s úrokovou sazbou 10 % p. a. Materiálové náklady činí 4 Euro/kus, mzdové náklady činí 3 Euro/kus motorové vznětové svíčky a náklady výrobní, odbytové a správní režie činí 2 Euro/kus. Daň z příjmu fyzických osob činí 19 %, zdravotní a sociální pojištění činí 30 % hrubých mezd. Předpokládá se, že bude 0,5 % růst roční poptávky po vznětových svíčkách. Diskontní sazba je 20 % a charakterizuje systematické riziko projektu. Úkolem je analyzovat riziko projektu.

Tabulka 2: Zadání projektu 1. Zdroj [vlastní]

Zkratka	Hodnota	Jednotka	Směr působení faktoru rizika
I	130 mil	Euro	↑
q	25 mil	Euro	↓
n	10	Rok	↓
U	30 mil	Euro	↑
P	13	Euro/kus	↓
t	5	Rok	↓
r	10	Procenta	↑
n_M	4	Euro/kus	↑
n_{MZ}	3	Euro/kus	↑
n_R	2	Euro/kus	↑
t	0,19	Procenta	↑
j	0,30	Procenta	↑
g	0,005	Procenta	↓



ROK	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Investice	-130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	mil E
Kusy	0	25	25,125	25,25063	25,37688	25,50376	25,63128	25,75944	25,88823	26,01768	26,14776	mil ks
Tržby	0	325	326,625	328,2581	329,8994	331,5489	333,2067	334,8727	336,5471	338,2298	339,9209	mil E
Odpisy	0	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	mil E
Mzdy	0	75	75,375	75,75188	76,13063	76,51129	76,89384	77,27831	77,6647	78,05303	78,44329	mil E
Pojištění	0	22,5	22,6125	22,72556	22,83919	22,95339	23,06815	23,18349	23,29941	23,41591	23,53299	mil E
Materiál	0	100	100,5	101,0025	101,5075	102,0151	102,5251	103,0378	103,5529	104,0707	104,5911	mil E
Režie	0	50	50,25	50,50125	50,75376	51,00753	51,26256	51,51888	51,77647	52,03535	52,29553	mil E
Úroky	0	3	2,508608	1,968076	1,373491	0,719448	0	0	0	0	0	mil E
Zisk		64,5	64,8875	65,27694	65,66832	66,06166	66,45697	66,85426	67,25353	67,6548	68,05807	mil E
Zisk 2		61,5	62,37889	63,30886	64,29483	65,34222	66,45697	66,85426	67,25353	67,6548	68,05807	mil E
Daň		11,685	11,85199	12,02868	12,21602	12,41502	12,62682	12,70231	12,77817	12,85441	12,93103	mil E
Zisk po zd.		49,815	50,5269	51,28018	52,07881	52,9272	53,83015	54,15195	54,47536	54,80038	55,12704	mil E
Jistina úvěru		4,913924	5,405317	5,945849	6,540433	7,194477	0	0	0	0	0	mil E
CF investor	-130	57,90108	58,12159	58,33433	58,53838	58,73272	66,83015	67,15195	67,47536	67,80038	68,12704	mil E
Daň 2	0	12,255	12,32863	12,40262	12,47698	12,55172	12,62682	12,70231	12,77817	12,85441	12,93103	mil E
Zisk 2 po zdanění	0	52,245	52,55888	52,87432	53,19134	53,50995	53,83015	54,15195	54,47536	54,80038	55,12704	mil E
CF projekt	-130	65,245	65,55888	65,87432	66,19134	66,50995	66,83015	67,15195	67,47536	67,80038	68,12704	mil E
104,3024271	NPV investora											
123,0226766	NPV projekt											

Obr. 20: Výpočet jednotlivých údajů projekt 1. Zdroj [vlastní]

Výpočty projektu 1 jsou zobrazené na obrázku 20. Údaje byly vypočteny na 10 let dopředu dle vzorečků znázorněných v tabulce 1. Daný projekt obsahuje úvěr na 30 milionů a investor financuje 100 milionů ze svého vlastního kapitálu. Úrok se bude splácet 5 let a na obrázku 21. jsou spočítané hodnoty splátek.

rok	stav	jistina	úrok	splátka
1	30	4,91392	3	7,91392
2	25,0861	5,40532	2,50861	7,91392
3	19,6808	5,94585	1,96808	7,91392
4	13,7349	6,54043	1,37349	7,91392
5	7,19448	7,19448	0,71945	7,91392

Obr. 21: Výpočet úvěru projekt 1. Zdroj [vlastní]

6.1.1. Ekonomické hodnoty investora projektu 1

Nejdřív je zapotřebí stanovit v jednotlivých letech Cash Flow, určit současnou hodnotu a čistou současnou hodnotu. Samotná simulace bude probíhat v programu Crystal Ball k měnícím se proměnným, resp. rizikovými faktory. Postup simulace je jednoduchý.

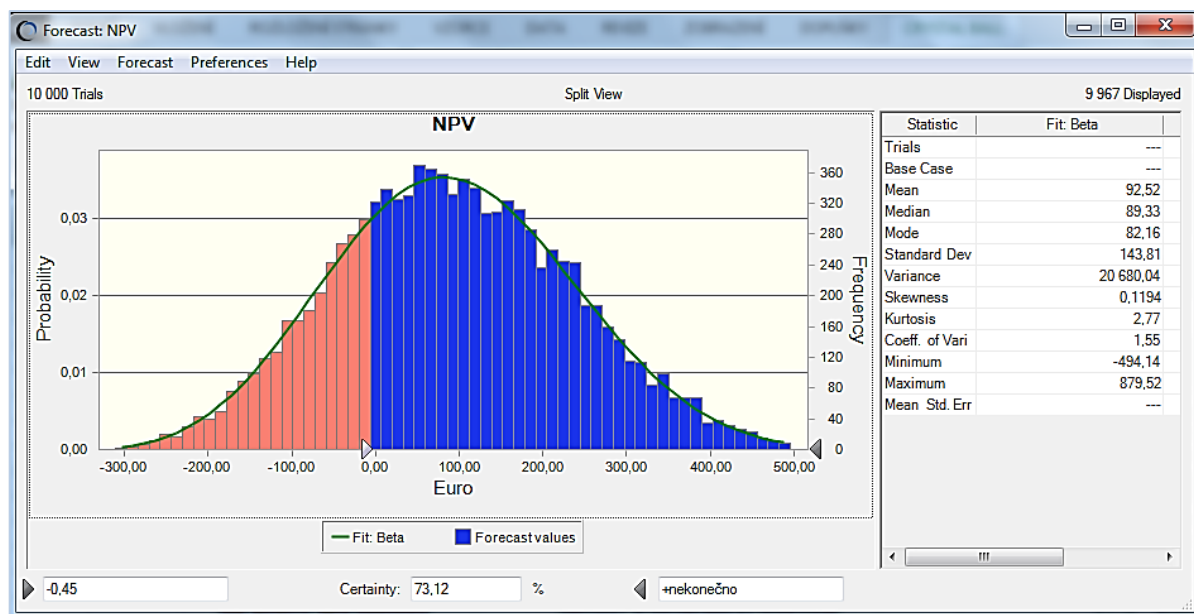
Prvním krokem je vytvoření matematického modelu. Podstatným ekonomickým kritériem hodnocení projektu je čistá současná hodnota projektu. Následujícím krokem je určení rizikových faktorů a rozdělení pravděpodobnosti. Faktory rizika mají spojitě trojúhelníkové rozdělení. Dle expertního šetření jsou odhadnuté minimální, nejpravděpodobnější a maximální hodnoty rizikových faktorů uvedené v tabulce 3.



Tabulka 3: Faktory rizika projektu 1. Zdroj [vlastní]

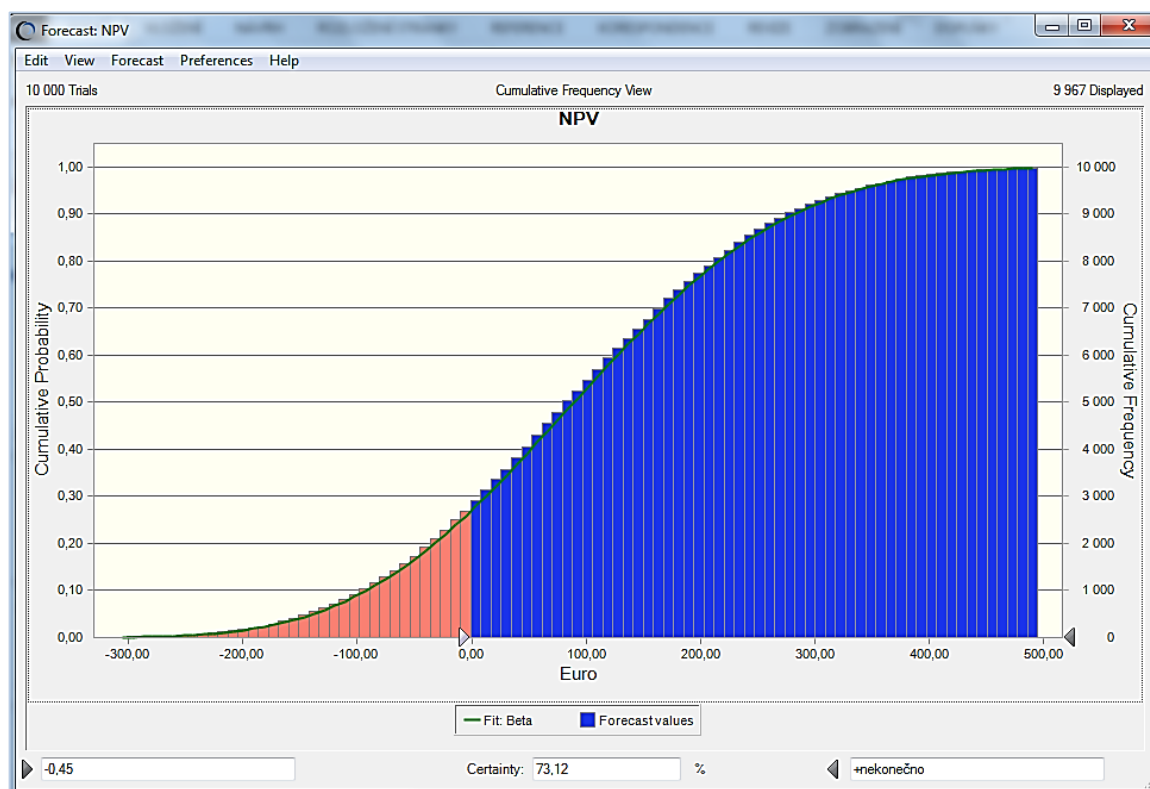
Faktor rizika	Minimální	Nejpravděpodobnější	Maximální
I	115	130	150 mil
q	22	25	30
n	8	10	13
U	18	20	25
P	10	13	18
t	3	5	7
r	0,08	0,1	0,13
n_M	2	4	6
n_{MZ}	2	3	5
n_R	1	2	4
t	0,18	0,19	0,25
j	0,25	0,3	0,5
g	0,003	0,005	0,01
d	0,18	0,2	0,25

Následně se nadefinují simulovaná kritéria a nastaví se počet simulace. Počet simulací byl zvolen na 10 000. Simulace je spuštěná pomocí *Start Simulation*. Výsledkem simulace je histogram četnosti NPV zobrazený na obrázku 22. Na grafu jsou znázorněné jednotlivé pravděpodobnosti výskytu. NPV má být větší než nula z levé strany a z pravé strany je nekonečno. V kolonce *Certainly* je zobrazená pravděpodobnost, že výsledek bude větší než nula. Modrá barva znázorňuje hodnoty vyšší než nula a červená znázorňuje hodnoty nižší než nula. Pravděpodobnost, že NVP bude větší než nula na 73,12 %. V pravé straně obrázku 22. lze vidět jednotlivé statistické hodnoty. Mezi nejdůležitější hodnoty se řadí střední hodnota, medián, maximální a minimální hodnota.



Obr. 22: Hodnota HPV investoru. Zdroj [vlastní]

Graf komulativní pravděpodobnosti hodnoty NPV udává, s jak velkou pravděpodobností bude nebo nebude překročena určitá hodnota NPV. Jak je vidět na obrázku 23., tak hodnota nebude překročena s pravděpodobností 73,12 %.

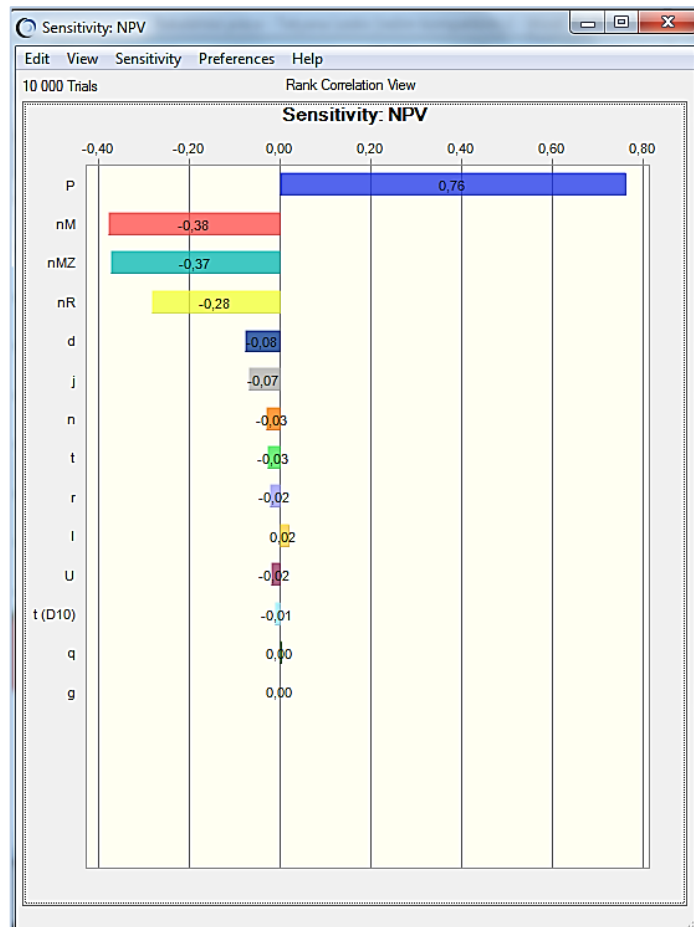


Obr. 23: Graf komulativních pravděpodobností NPV investoru. Zdroj [vlastní]

Citlivostní analýza nebo-li What-if analysis umožňuje stanovit hlavní rizikové faktory projektu. Vychází z myšlenky: o kolik % se změní NPV projektu, pokud se daný rizikový faktor změní o % a ostatní rizikové faktory budou konstantní. Analýza citlivosti rizikových



faktorů je zobrazená na obrázku 24. Nutné je věnovat pozornost ceně (0,76) nákladům na mzdy (- 0,38) a nákladům na materiál (- 0,37). Čistá současná hodnota je kladná, takže se projekt doporučuje k realizaci.



Obr. 24: Citlivostní analýza NPV investoru. Zdroj [vlastní]



6.1.2. Ekonomické hodnoty projektu 1

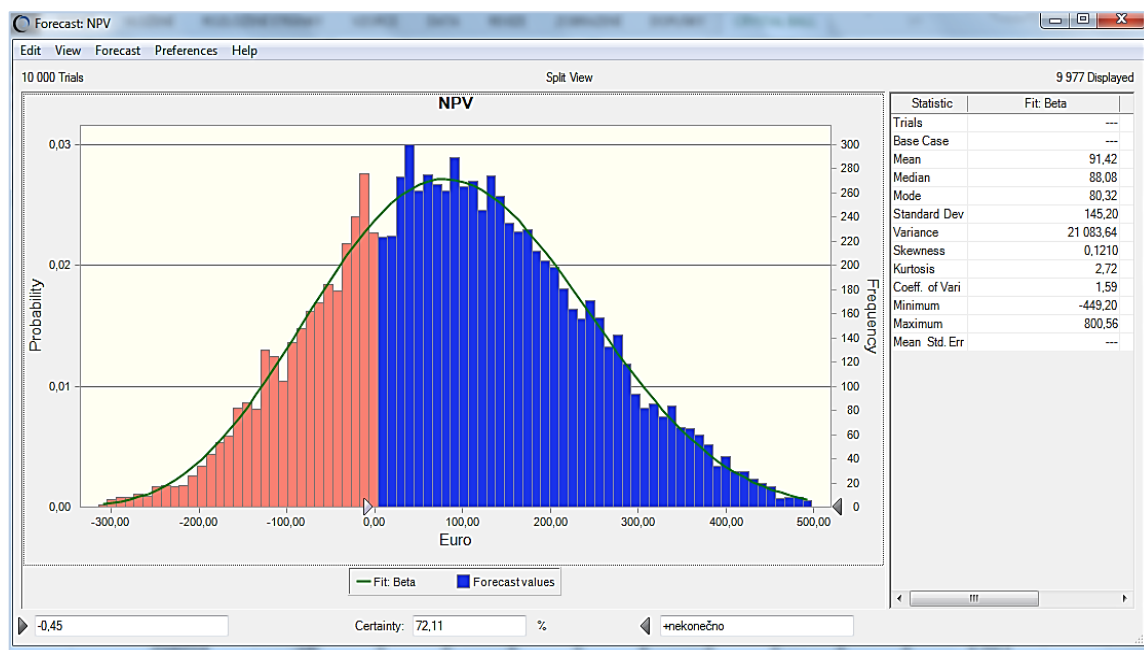
Modelování rizika projektu má stejný postup jako modelování rizika investora. Největší rozdíl je při sestavování matematického modelu pro výpočet NPV. Rozdíl je v tom, že do něj nevstupují všechny proměnné. Rizikové faktory uvedené v tabulce 4. budou stejné jako v tabulce 3., ale nebude obsahovat rizika související s úvěrem: dlouhodobý úvěr, roční úroková sazba a doba splácení úvěru.

Tabulka 4: Faktory rizika projektu 1. Zdroj [vlastní]

Faktor rizika	Minimální	Nejpravděpodobnější	Maximální
I	115	130	150 mil
q	22	25	30
n	8	10	13
P	15	30	50
n_M	2	4	6
n_{MZ}	2	3	5
n_R	1	2	4
t	0,18	0,19	0,25
j	0,25	0,3	0,5
g	0,003	0,005	0,01
d	0,18	0,2	0,25

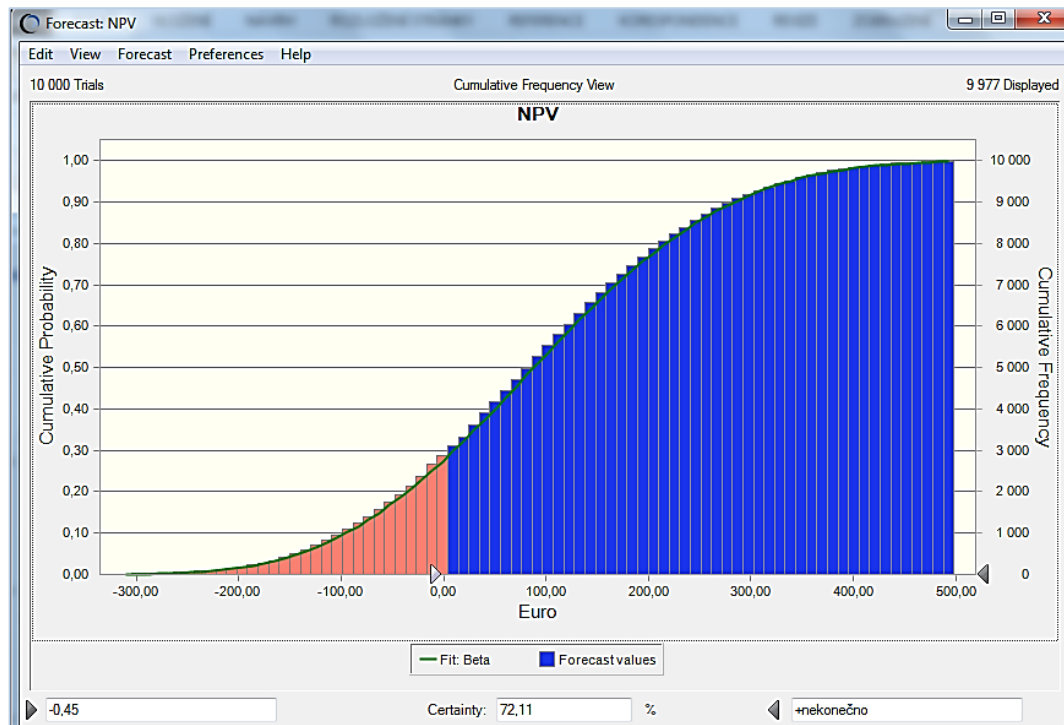


Pravděpodobnost, že NPV bude větší než nula je 73,12 %, což je vidět na obrázku 25.



Obr. 25: Hodnota HPV projektu 1. Zdroj [vlastní]

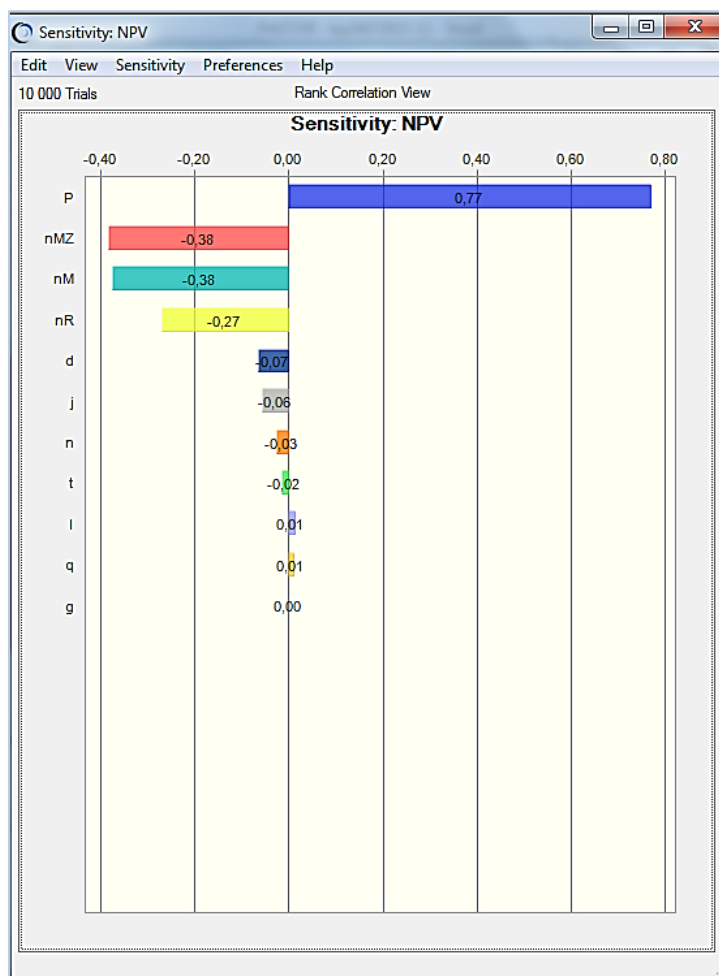
Graf komulativní pravděpodobnosti hodnoty NPV udává, s jak velkou pravděpodobností bude nebo nebude překročena určitá hodnota NPV. Jak je vidět na obrázku 26., tak hodnota nebude překročena se 72,11 % pravděpodobností.



Obr. 26: Graf komulativních pravděpodobností NPV projektu 1. Zdroj [vlastní]



Analýza citlivosti rizikových faktorů je zobrazena na obrázku 27. Nutné je věnovat pozornost ceně (0,77) nákladům na mzdy (- 0,38) a nákladům na materiál (- 0,38). Čistá současná hodnota je kladná, takže se projekt doporučuje k realizaci.



Obr. 27: Citlivostní analýza NPV projektu 1. Zdroj [vlastní]



6.2. Projekt 2

Investor má k dispozici 100 milionů Euro. Rozhodl se investovat do vybudování výrobní kapacity, která má ročně vyrábět 30 milionů svíček do vznětových motorů s cenou 15 Euro/kus. Výrobní kapacita má životnost 10 let, přičemž je plně financována vlastním kapitálem bez použití úvěru. Materiálové náklady 3 Euro/kus, činí 2 Euro/kus motorové vznětové svíčky a režijní náklady na režie výrobní, odbytové a správní činí 2 Euro/kus. Výrobní kapacita bude po dobu životnosti konstantní. Kolektivní smlouva vyžaduje 0,002 % roční růst mezd. Zdravotní a sociální pojištění činí 30 % hrubých mezd, daň z příjmu právnických osob činí 19 %. Úkolem je modelovat riziko projektu softwarovým produktem Crystal Ball.

Tabulka 5: Zadání projektu 2. Zdroj [vlastní]

Zkratka	Hodnota	Jednotka	Faktory rizika
I	100	Euro	↑
q	30	Euro	↓
n	10	Rok	↓
P	13	Euro/kus	↓
t	5	Euro/kus	↓
r	0,002	Rok	↑
n_M	3	Euro/kus	↑
n_{MZ}	2	Euro/kus	↑
n_R	2	Euro/kus	↑
t	0,19	Procenta	↑
j	0,30	Procenta	↑
g	0,005	Procenta	↑
d	0,2	Procenta	↑



Výpočty projektu 2 jsou zobrazené na obrázku 28. Údaje byly vypočteny na 10 let dopředu dle vzorečků znázorněných v tabulce 1. Daný projekt neobsahuje úvěr a investor financuje projekt ze svého vlastního kapitálu.

ROK	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Investice	-130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	mil E
Kusy	0	25	25,125	25,25063	25,37688	25,50376	25,63128	25,75944	25,88823	26,01768	26,14776	mil ks
Tržby	0	325	326,625	328,2581	329,8994	331,5489	333,2067	334,8727	336,5471	338,2298	339,9209	mil E
Odpisy	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	mil E
Mzdy	0	50	50,25	50,50125	50,75376	51,00753	51,26256	51,51888	51,77647	52,03535	52,29553	mil E
Pojištění	0	15	15,075	15,15038	15,22613	15,30226	15,37877	15,45566	15,53294	15,61061	15,68866	mil E
Materiál	0	75	75,375	75,75188	76,13063	76,51129	76,89384	77,27831	77,6647	78,05303	78,44329	mil E
Režie	0	50	50,25	50,50125	50,75376	51,00753	51,26256	51,51888	51,77647	52,03535	52,29553	mil E
Úroky	0	3	2,508608	1,968076	1,373491	0,719448	0	0	0	0	0	mil E
Zisk		125	125,675	126,3534	127,0351	127,7203	128,4089	129,101	129,7965	130,4955	131,1979	mil E
Zisk 2		122	123,1664	124,3853	125,6617	127,0009	128,4089	129,101	129,7965	130,4955	131,1979	mil E
Daň		23,18	23,40161	23,63321	23,87571	24,13017	24,39769	24,52918	24,66133	24,79414	24,92761	mil E
Zisk po zd.		98,82	99,76478	100,7521	101,7859	102,8707	104,0112	104,5718	105,1351	105,7013	106,2703	mil E
Jistina úvěru		4,913924	5,405317	5,945849	6,540433	7,194477	0	0	0	0	0	mil E
CF investor	-130	103,9061	104,3595	104,8062	105,2455	105,6762	114,0112	114,5718	115,1351	115,7013	116,2703	mil E
Daň 2	0	23,75	23,87825	24,00714	24,13668	24,26686	24,39769	24,52918	24,66133	24,79414	24,92761	mil E
Zisk 2 po zdanění	0	101,25	101,7968	102,3462	102,8985	103,4535	104,0112	104,5718	105,1351	105,7013	106,2703	mil E
CF projekt	-130	111,25	111,7968	112,3462	112,8985	113,4535	114,0112	114,5718	115,1351	115,7013	116,2703	mil E
267,5597001	NPV investora											
286,2799495	NPV projekt											

Obr. 28: Výpočet jednotlivých údajů projekt 2. Zdroj [vlastní]



6.2.1. Ekonomické hodnoty investora projektu 2

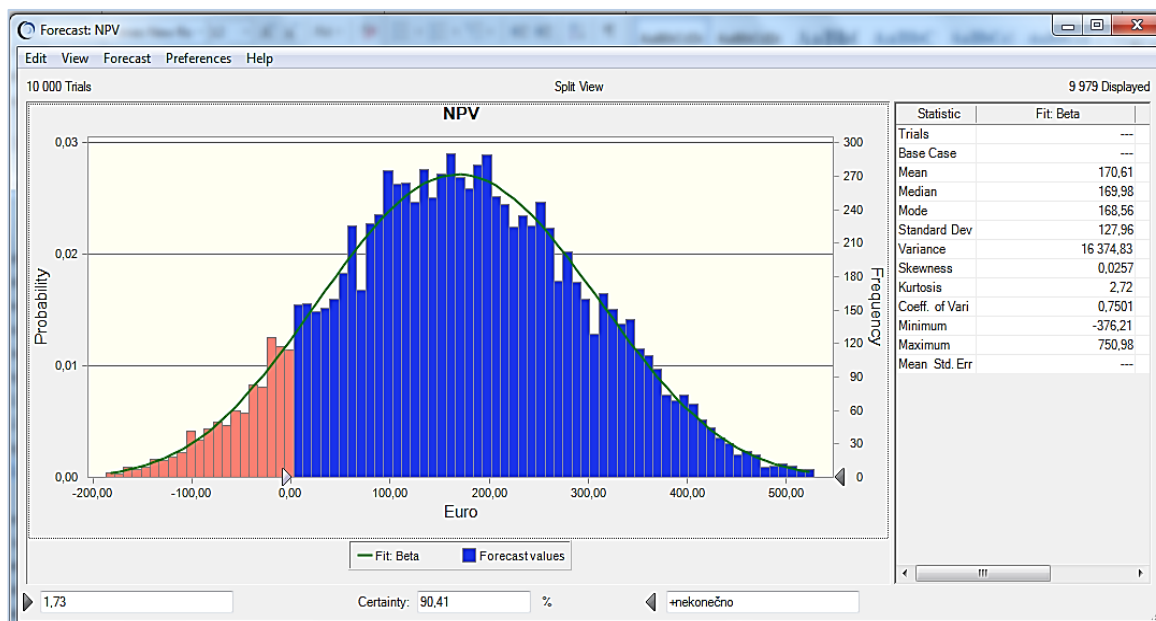
Postup je úplně identický jako u prvního projektu. Nejdřív je zapotřebí stanovit v jednotlivých letech Cash Flow a určit současnou hodnotu a čistou současnou hodnotu. Prvním krokem je vytvoření matematického modelu. Podstatným ekonomickým kritériem hodnocení projektu je čistá současná hodnota projektu. Následujícím krokem je určení rizikových faktorů a rozdělení pravděpodobností, které jsou stanovené. Faktory rizika mají spojitě trojúhelníkové rozdělení. Dle expertního šetření jsou odhadnuté minimální, nejpravděpodobnější a maximální hodnoty rizikových faktorů uvedené v tabulce 6.

Tabulka 6: Faktory rizika projektu 2. Zdroj [vlastní]

Faktor rizika	Minimální	Nejpravděpodobnější	Maximální
I	90	100	115
q	27	30	35
n	8	10	13
P	15	13	25
n_M	2	3	50
n_{MZ}	1,5	2	7
n_R	1	2	0,13
t	0,18	0,19	6
j	0,25	0,3	5
g	0,003	0,005	0,01
d	0,18	0,2	0,25

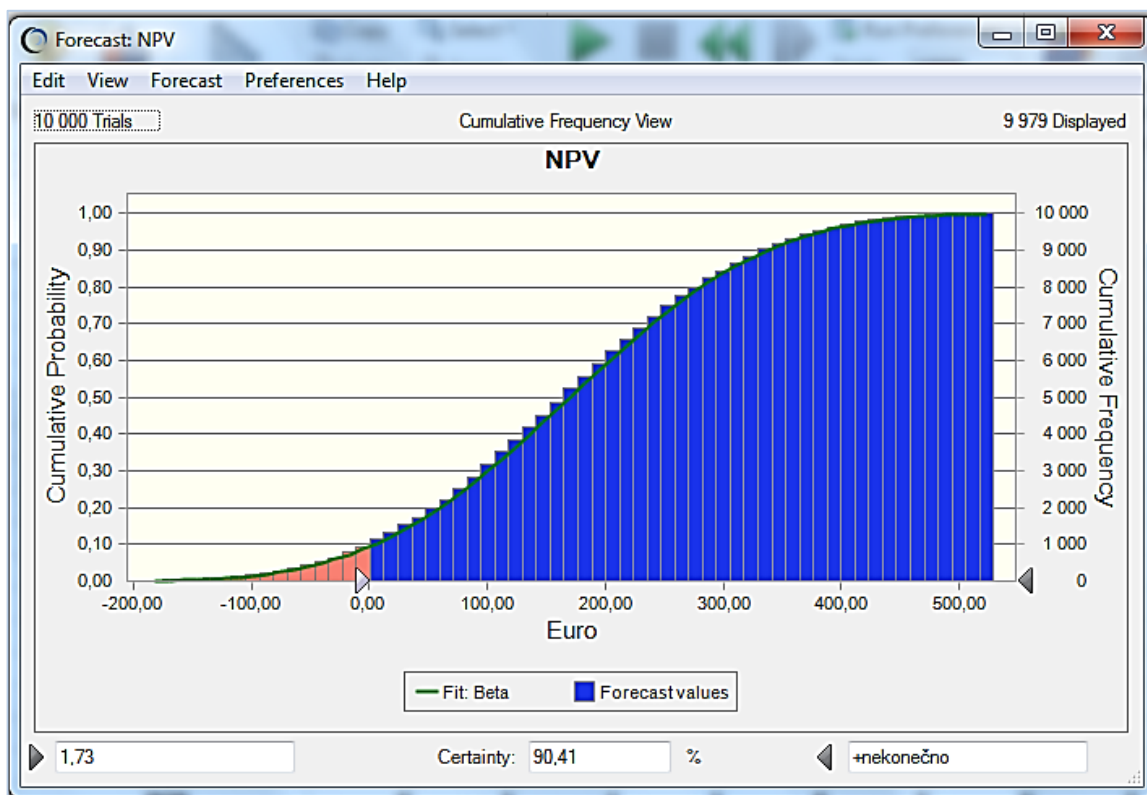


Pravděpodobnost, že NPV bude větší než nula je 90,41 %. V pravé stráně obrázku 29. lze vidět jednotlivé statistické hodnoty.



Obr. 29: Hodnota HPV investoru projektu 2. Zdroj [vlastní]

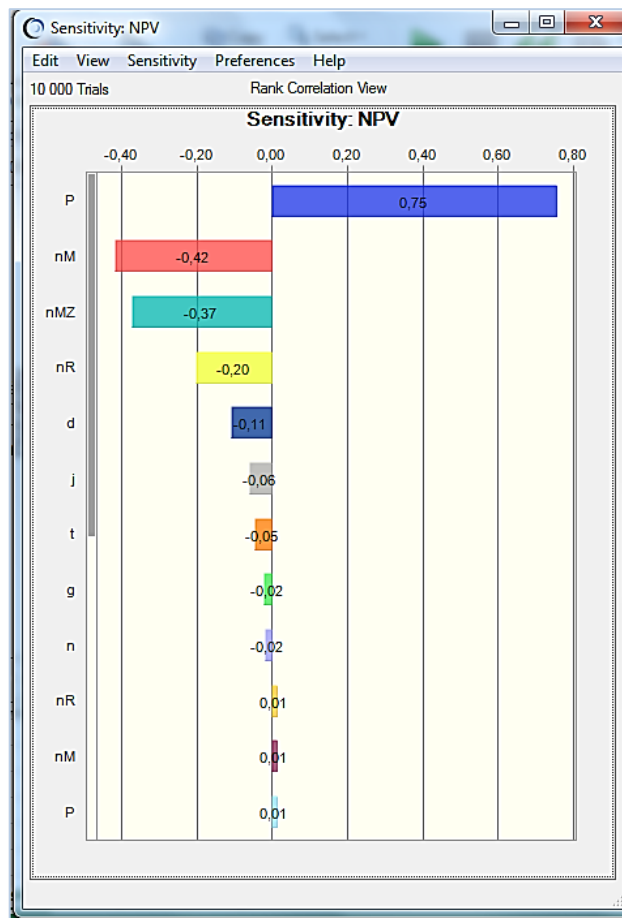
Graf komulativní udává, s jak velkou pravděpodobností dojde k překročení hranice úspěšnosti: na obrázku 30., tak hodnota nebude překročena z 90,41 % pravděpodobností.



Obr. 30: Graf komulativních pravděpodobností NPV investoru projektu 2. Zdroj [vlastní]



Analýza citlivosti rizikových faktorů je zobrazena na obrázku 31. Nutné je věnovat pozornost ceně (0,75) nákladům na mzdy (- 0,42) a nákladům na materiál (- 0,37). Čistá současná hodnota je kladná, takže se projekt doporučuje k realizaci.



Obr. 31: Citlivostní analýza NPV investoru projektu 2. Zdroj [vlastní]



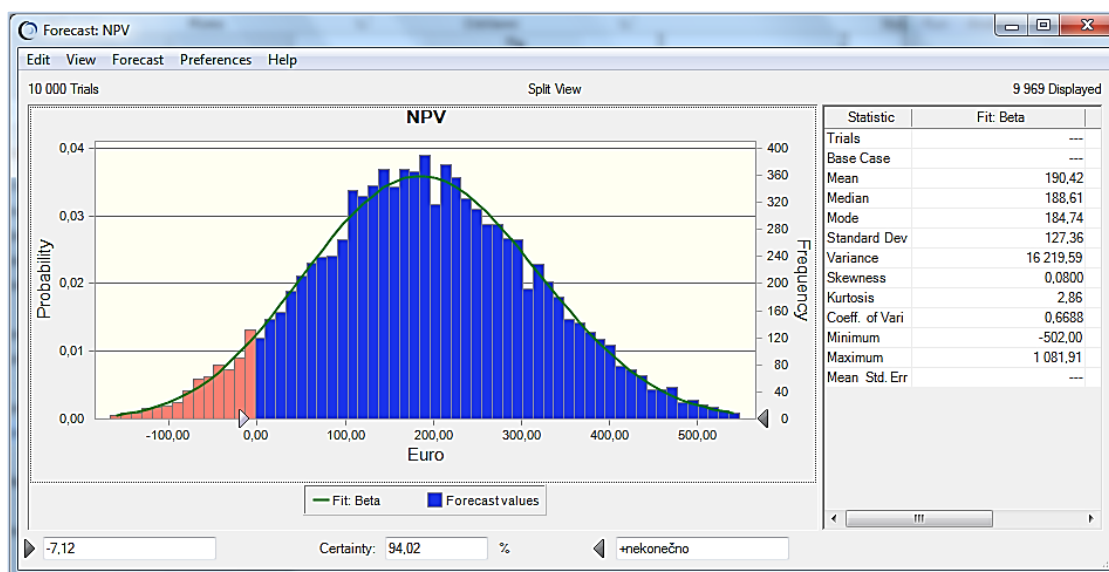
6.2.2. Ekonomické hodnoty projektu 2

Modelování rizika projektu má stejný postup jako modelování rizika investora. Největší rozdíl je při sestavování matematického modelu pro výpočet NPV. Rozdíl je v tom, že do něj nevstupují všechny proměnné. Nevstupují rizikové faktory spojené s úvěrem, ale ty by v projektu 2 stejně nefigurovaly.

Tabulka 7: Faktory rizika projekt 2. Zdroj [vlastní]

Faktor rizika	Minimální	Nejpravděpodobnější	Maximální
I	90	100	115
q	27	30	35
n	8	10	13
P	15	13	25
n_M	2	3	50
n_{MZ}	1,5	2	7
n_R	1	2	0,13
t	0,18	0,19	6
j	0,25	0,3	5
g	0,003	0,005	0,01
d	0,18	0,2	0,25

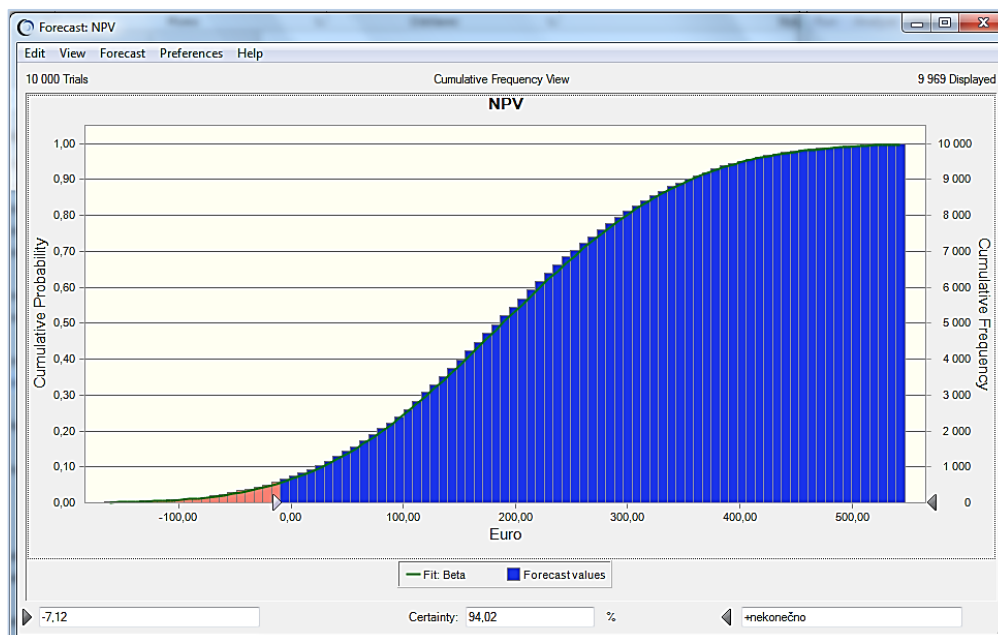
Pravděpodobnost, že NVP bude větší než nula je 94,02 % je zobrazená na obrázku 32.



Obr. 32: Hodnota HPV projektu 2. Zdroj [vlastní]

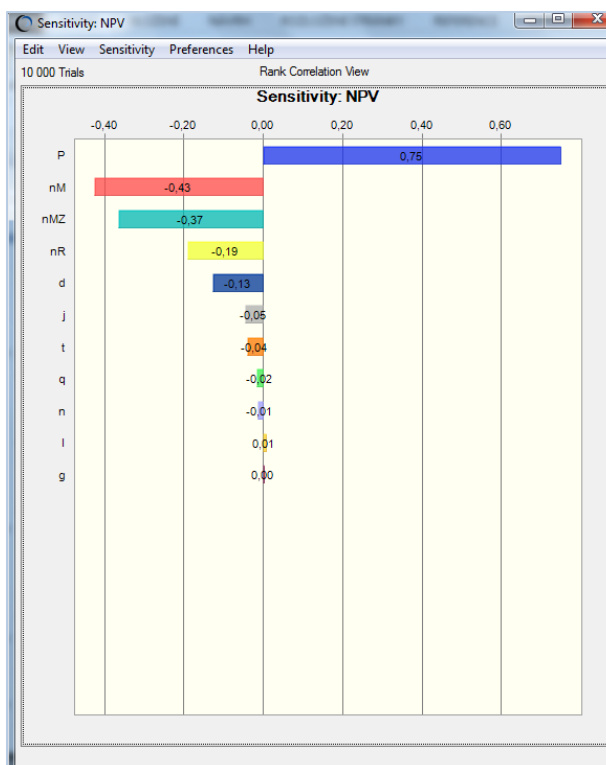


Graf komulativní udává, s jak velkou pravděpodobností dojde k překročení hranice úspěšnosti: na obrázku 33., tak hodnota nebude překročena z 94,02 % pravděpodobností.



Obr. 33: Graf kumulativních pravděpodobností NPV projektu 2. Zdroj [vlastní]

Analýza citlivosti rizikových faktorů je zobrazená na obrázku 34. Nutné je věnovat pozornost ceně (0,75) nákladům na mzdy (- 0,43) a nákladům na materiál (- 0,37). Čistá současná hodnota je kladná, takže se projekt doporučuje k realizaci.



Obr. 34: Citlivostní analýza NPV projektu 1. Zdroj [vlastní]



Závěr

Stěžejní částí NPV čisté současné hodnoty je rozdělení pravděpodobnosti ekonomického kritéria efektivity. S určitým počtem simulací dochází ke spojitému rozdělení pravděpodobnosti umožňující specifikovat hustotu pravděpodobnosti nebo distribuční funkci. Záměrem práce bylo splnit cíle vytýčené v jejím úvodu. V teoretické části byla popsána problematika rizikového rozhodnutí klasifikace rizika charakteristik. Následná kapitola byla zaměřená na popis managementu rizik a jeho jednotlivých částí skládajících se z měření, analýzy a řízení rizika. Závěrečnou částí práce je popis simulační metody Monte Carlo představující hlavní část, která je nezbytná pro praktickou část, tj. ekonomickou aplikaci.

Praktická část je složená ze dvou kapitol. První kapitola je popisem simulace Crystal Ball a jeho podstatných funkcí. Popis simulace je rozdělen do několika fází a může sloužit jako manuál pro postup simulací. Za jednoznačné výhody programu Crystal Ball lze považovat: jednoduché ovládání, vytvoření vlastního matematického modelu, kompatibilita a export dat z Excelu do Crystal Ball, možnost volby počtu kroků a volba typu pravděpodobnostního rozdělení rizikového faktoru. Během simulace lze určit rozdělení pravděpodobnosti ekonomické efektivnosti investičního projektů. Dojde-li ke srovnání dvou projektů, je možné pomocí variačního koeficientu v procentech jednotlivé projekty porovnat, z hlediska variability rozdělení kritéria čisté současné hodnoty.

Nejpodstatnější část celé bakalářské práce představuje vyřešení zadaných projektů v programu Crystal Ball. Byly provedeny zvláště dvě oddělené simulace. Došlo k posouzení ekonomických hodnot investora a projektu. Ve všech případech vyšly kladné čisté současné hodnoty, které představovaly ekonomicky efektivní projekty. Analýzou citlivosti rizikových faktorů projektu došlo k odhalení významných rizikových faktorů a jejich procentuálním podílem na vytváření rizika kritéria efektivnosti. Zjistilo se, že podstatnými rizikovými faktory je cena, náklady na mzdy a náklady na materiál. Z toho vyplývá, že je třeba sledovat cenu produktu. Spolu s cenou souvisí poptávka, která se musí zvyšovat nebo alespoň zůstat na stejné úrovni. Náklady na materiál a mzdy nesmí mít rostoucí tendenci.

Při srovnání výsledků jednotlivých projektů se ukázalo, že oba projekty jsou ekonomicky efektivní. Ekonomické hodnoty NPV investora v projektu 1 jsou úspěšné na 73,12 %, a u projektu 2 jsou 90,41 %. Ekonomické hodnoty projektu 1 a 2 jsou na tom podobně: projekt 1 je úspěšný na 72,11 % a projekt 2 je úspěšný na 90,41 %. V obou



ekonomických hodnoceních je ekonomicky efektivnější projekt 2. Předpokládá se, že jeho ekonomická efektivita je postavená na tom, že investor v první řadě využívá vlastní kapitál, prodává své výrobky za vyšší cenu a má nižší náklady na mzdy, materiál a režie. Projekt 2 lze tedy doporučit k realizaci.



Seznam použité literatury

Knižní zdroje

- [1] Doležal J., Máchal P., Lacko B. a kolektiv: Projektový management podle IPMA 2., aktualizované a doplněné vydání, Grada Publishing, a. s., 2012, ISBN 978-80-247-4275-5
- [2] Doležal J., Máchal P., Lacko B. a kolektiv: Projektový management podle IPMA 2., aktualizované a doplněné vydání, Grada Publishing, a. s., 2012, ISBN 978-80-247-4275-5
- [3] Duchoň B.: Inženýrská ekonomika, 1. vydání, C. H. Bech, 2007, ISBN 978-80-7179-763-0
- [4] Fabian F., Klumber Z.: Metoda Monte Carlo a možnost jejího uplatnění, Prospektrum, 1998, ISBN 80-7175-058-1
- [5] Fotr J., Součet I.: Podnikatelský záměr a investiční rozhodování, Grada Publishing a.s., 2005, ISBN 80-247-0939-2
- [6] Fotr J., Hnilica J.: Aplikovaná analýza rizika ve finančním managementu a investiční rozhodování 2. - aktualizované a rozšířené vydání, Grada Publishing a.s., 2014, ISBN 978-80-247-5104-7
- [7] Fotr J., Vacík E., Souček I., Špaček M., Hájek S.: Tvorba strategie a strategické plánování – Teorie a praxe, Grada Publishing a.s., ISBN 978-247-3985-4
- [8] Fotr J., Švecová L., Souček I., Pešák L.: Simulace Monte Carlo v analýzy rizika investičních projektů, Acta Oeconomica Pragensia, roč. 15, č. 2, 2007
- [9] Fotr J.: Průvodce systémem Crystal Ball
- [10] Kinslengerová E. a kol.: Manažerské finance, 3. vydání, C. H. Beck, 2010, ISBN 978-80-7400-194-9



- [11] Polách J., Drábek J., Merková M., Polách J.: Reálné a finanční investice, C. H. Beck, 2012, ISBN 978-80-7400-436-0
- [12] Smejkal V., Rais K.: Řízení rizik ve firmách a jiných organizacích – 3. rozšířené a aktualizované vydání, Grada Publishing a.s., 2010, ISBN 978-80-247-3051-6
- [13] Smejkal V., Rais K.: Řízení rizik ve firmách a jiných organizacích – 4. rozšířené a aktualizované vydání, Grada Publishing a.s., 2013, ISBN 978-80-247-4644-9
- [14] Svozilova A.: Projektový management, Grada, 2006, ISBN 80-247-1501-5

Internetové zdroje

- [15] Analýza a management rizika. [online]. Dostupné z: iom.vse.cz/wp-content/uploads/2009/.../Analýza-a-management-rizika.ppt
- [16] Fotr J.: Průvodce systémem Crystal Ball [online]. Dostupné z: iom.vse.cz/wp-content/uploads/2011/10/Průvodce_CB7.doc
- [17] Management rizik funguje jako nástroj pro zvyšování bezpečnosti ve všech oblastech. CQS sdružení pro certifikaci systému jakosti. [online]. Dostupné z: <http://www.cqs.cz/Novinky/Management-rizik-funguje-jako-nastroj-pro-zvysovani-bezpecnosti-ve-vsech-oblastech.html>
- [18] Šenovský P.: Modelování rozhodovacích procesů. [online]. Dostupné z: https://www.fbi.vsb.cz/export/sites/fbi/050/.content/sys-cs/resource/PDF/studijni-materialy/modelovani_2vydani.pdf
- [19] Václav Dupač: Metody Monte Carlo. Dostupné z: <http://dml.cz/dmlcz/102783>



Seznam obrázků

Obr. 1: Podnikové okolí. Zdroj [3]	13
Obr. 2: Vztahy mezi jednotlivými entitami. Zdroj [12].....	15
Obr. 3: Averzní přístup investora k riziku. Zdroj [vlastní]	16
Obr. 4: Progresivní přístup investora k riziku. Zdroj [vlastní].....	17
Obr. 5: Neutrální přístup investora k riziku. Zdroj [vlastní].....	17
Obr. 6: Schéma mapy rizika. Zdroj [13]	20
Obr. 7: Komunikační síť. Zdroj [14]	21
Obr. 8: Proces managementu rizika. Zdroj [17].....	22
Obr. 9: Matice hodnocení rizik. Zdroj [6].....	28
Obr. 10: Deterministické a stochastické stromy. Zdroj [18].....	30
Obr. 11: Rozhodovací strom. Zdroj [vlastní].....	30
Obr. 12: Scénář hodnot faktoru rizika. Zdroj [8]	31
Obr. 13: Trajektorie elektronů. Zdroj [4].....	35
Obr. 14: Postup simulace. Zdroj [8].....	37
Obr. 15: Hlavní funkce aplikace Crystal Ball. Zdroj [vlastní].....	40
Obr. 16: Pravděpodobnostní rozdělení. Zdroj [vlastní]	41
Obr. 17: Zadání rozhodovacích proměnných. Zdroj [vlastní]	41
Obr. 18: Run Preferences. Zdroj [vlastní].....	42
Obr. 19: Report. Zdroj [vlastní]	43
Obr. 20: Výpočet jednotlivých údajů projekt 1. Zdroj [vlastní]	48
Obr. 21: Výpočet úvěru projekt 1. Zdroj [vlastní]	48
Obr. 22: Hodnota HPV investoru. Zdroj [vlastní]	50
Obr. 23: Graf kumulativních pravděpodobností NPV investoru. Zdroj [vlastní]	50
Obr. 24: Citlivostní analýza NPV investoru. Zdroj [vlastní]	51
Obr. 25: Hodnota HPV projektu 1. Zdroj [vlastní].....	53
Obr. 26: Graf kumulativních pravděpodobností NPV projektu 1. Zdroj [vlastní].....	53
Obr. 27: Citlivostní analýza NPV projektu 1. Zdroj [vlastní].....	54
Obr. 28: Výpočet jednotlivých údajů projekt 2. Zdroj [vlastní]	56
Obr. 29: Hodnota HPV investoru projektu 2. Zdroj [vlastní]	58
Obr. 30: Graf kumulativních pravděpodobností NPV investoru projektu 2. Zdroj [vlastní]	58
Obr. 31: Citlivostní analýza NPV investoru projektu 2. Zdroj [vlastní].....	59
Obr. 32: Hodnota HPV projektu 2. Zdroj [vlastní].....	60



Obr. 33: Graf kumulativních pravděpodobností NPV projektu 2. Zdroj [vlastní].....	61
Obr. 34: Citlivostní analýza NPV projektu 1. Zdroj [vlastní].....	61



Seznam tabulek

Tabulka 1: Použité vzorce. Zdroj [vlastní].....	45
Tabulka 2: Zadaní projektu 1. Zdroj [vlastní].....	47
Tabulka 3: Faktory rizika projektu 1. Zdroj [vlastní]	49
Tabulka 4: Faktory rizika projektu 1. Zdroj [vlastní]	52
Tabulka 5: Zadaní projektu 2. Zdroj [vlastní].....	55
Tabulka 6: Faktory rizika projektu 2. Zdroj [vlastní]	57
Tabulka 7:Faktory rizika projekt 2. Zdroj [vlastní]	60



Seznam příloh

Příloha 1: Projekt 1 - Zadání faktorů rizika NPV investor	70
Příloha 2: Projekt 1 - NPV investor	74
Příloha 3: Projekt 1 - Zadání faktorů rizika NPV projekt	76
Příloha 4: Projekt 1 - NPV projekt.....	80
Příloha 5: Projekt 2 - Zadání faktorů rizika NPV investor	82
Příloha 6: Projekt 2 - NPV investor	86
Příloha 7: Projekt 2 - Zadání faktorů rizika NPV projekt.....	88
Příloha 8: Projekt 2 - NPV projekt.....	92



Příloha 1: Projekt 1 - Zadání faktorů rizika NPV investor

Crystal Ball Report - Assumptions

Simulation started on
10.8.2015 at 9:22
Simulation stopped on
10.8.2015 at 9:22

Run preferences:

Number of trials run	10 000
Extreme speed	
Monte Carlo	
Random seed	
Precision control on	
Confidence level	95,00%

Run statistics:

Total running time (sec)	2,21
Trials/second (average)	4 532
Random numbers per sec	63 448

Crystal Ball data:

Assumptions	14
Correlations	0
Correlation matrices	0
Decision variables	0
Forecasts	1

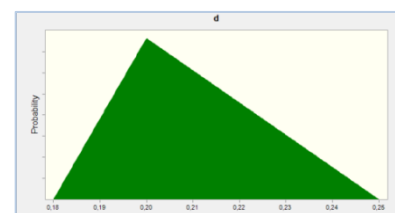
Assumptions

Assumption: d

Cell:
D18

Triangular distribution with parameters:

Minimum	0,18
Likeliest	0,20
Maximum	0,25

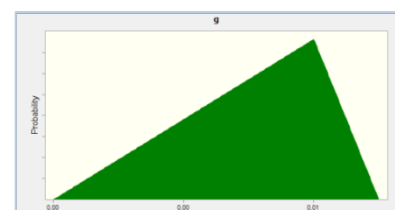


Assumption: g

Cell:
D17

Triangular distribution with parameters:

Minimum	0,00
Likeliest	0,01
Maximum	0,01



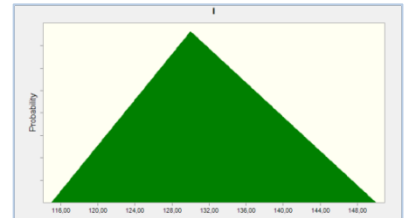


Cell:
D5

Assumption: I

Triangular distribution with parameters:

Minimum	115,00
Likeliest	130,00
Maximum	150,00

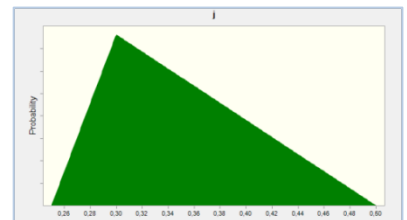


Cell:
D16

Assumption: j

Triangular distribution with parameters:

Minimum	0,25
Likeliest	0,30
Maximum	0,50

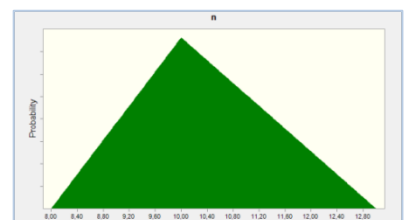


Cell:
D7

Assumption: n

Triangular distribution with parameters:

Minimum	8,00
Likeliest	10,00
Maximum	13,00

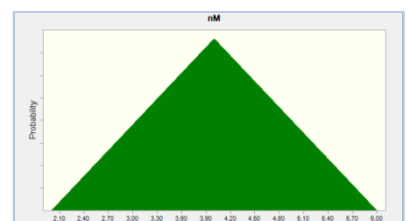


Cell:
D12

Assumption: nM

Triangular distribution with parameters:

Minimum	2,00
Likeliest	4,00
Maximum	6,00



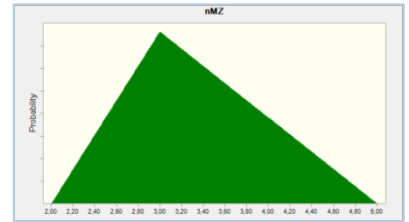


Cell:
D13

Assumption: nMZ

Triangular distribution with parameters:

Minimum	2,00
Likeliest	3,00
Maximum	5,00

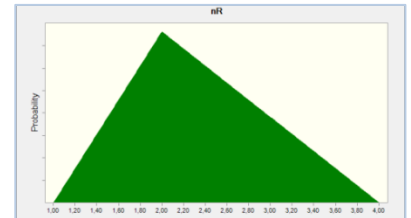


Cell:
D14

Assumption: nR

Triangular distribution with parameters:

Minimum	1,00
Likeliest	2,00
Maximum	4,00

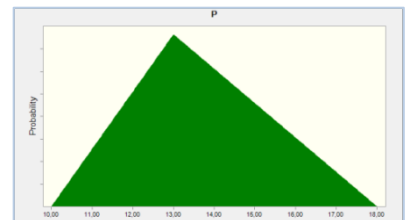


Cell:
D8

Assumption: P

Triangular distribution with parameters:

Minimum	10,00
Likeliest	13,00
Maximum	18,00

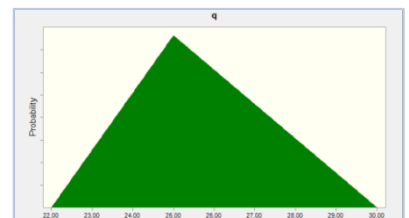


Cell:
D6

Assumption: q

Triangular distribution with parameters:

Minimum	22,00
Likeliest	25,00
Maximum	30,00



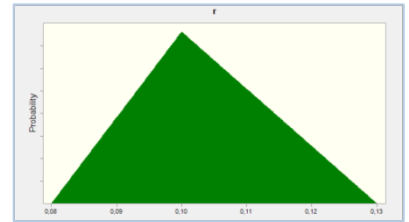


Cell:
D11

Assumption: r

Triangular distribution with parameters:

Minimum	0,08
Likeliest	0,10
Maximum	0,13

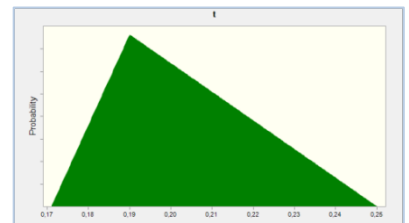


Cell:
D15

Assumption: t

Triangular distribution with parameters:

Minimum	0,17
Likeliest	0,19
Maximum	0,25

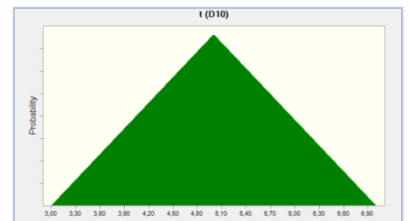


Cell:
D10

Assumption: t (D10)

Triangular distribution with parameters:

Minimum	3,00
Likeliest	5,00
Maximum	7,00

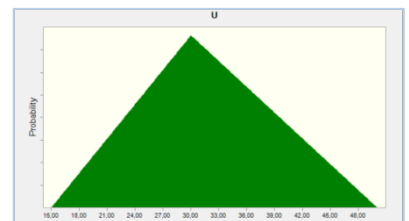


Cell:
D9

Assumption: U

Triangular distribution with parameters:

Minimum	15,00
Likeliest	30,00
Maximum	50,00



End of Assumptions



Příloha 2: Projekt 1 - NPV investor

Crystal Ball Report - Forecasts

Simulation started on
10.8.2015 at 9:22
Simulation stopped on
10.8.2015 at 9:22

Run preferences:

Number of trials run	10 000
Extreme speed	
Monte Carlo	
Random seed	
Precision control on	
Confidence level	95,00%

Run statistics:

Total running time (sec)	2,21
Trials/second (average)	4 532
Random numbers per sec	63 448

Crystal Ball data:

Assumptions	14
Correlations	0
Correlation matrices	0
Decision variables	0
Forecasts	1

Forecasts

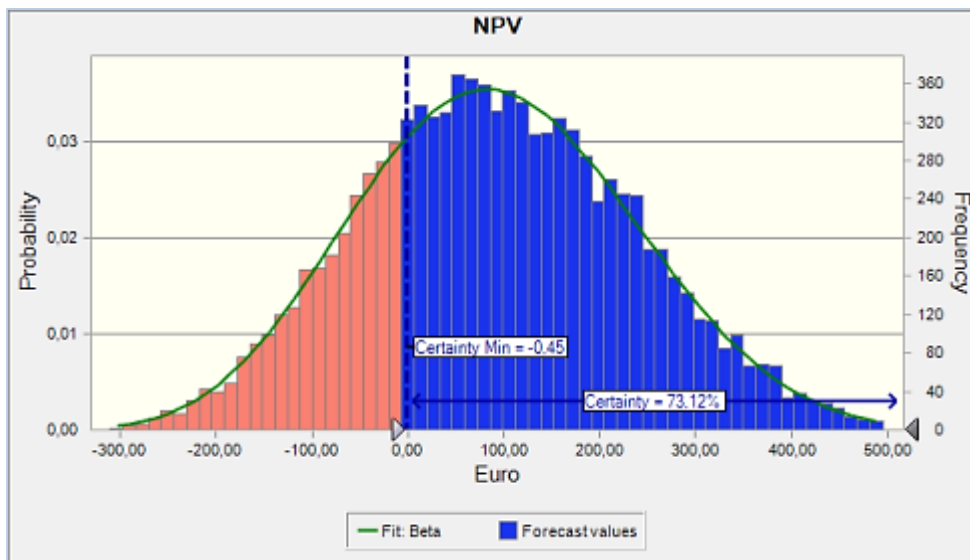
Worksheet: [projekt.xlsx]List1

Forecast: NPV

Cell:
C40

Summary:

Certainty level is 73,12%
Certainty range is from -0,45 to +nekonečno
Entire range is from -400,18 to 588,28
Base case is 123,02
After 10 000 trials, the std. error of the mean is 1,44





Forecast: NPV (cont'd)

Statistics:	Forecast values
Trials	10 000
Base Case	123,02
Mean	92,52
Median	87,22
Mode	---
Standard Deviation	143,81
Variance	20 682,11
Skewness	0,1194
Kurtosis	2,77
Coeff. of Variation	1,55
Minimum	-400,18
Maximum	588,28
Range Width	988,46
Mean Std. Error	1,44

Percentiles:	Forecast values
0%	-400,18
10%	-91,34
20%	-31,49
30%	11,89
40%	50,59
50%	87,20
60%	126,33
70%	168,37
80%	217,38
90%	280,74
100%	588,28

End of Forecasts



Příloha 3: Projekt 1 - Zadání faktorů rizika NPV projekt

Crystal Ball Report - Assumptions

Simulation started on
10.8.2015 at 9:34
Simulation stopped on
10.8.2015 at 9:34

Run preferences:

Number of trials run	10 000
Extreme speed	
Monte Carlo	
Random seed	
Precision control on	
Confidence level	95,00%

Run statistics:

Total running time (sec)	2,21
Trials/second (average)	4 533
Random numbers per sec	49 861

Crystal Ball data:

Assumptions	11
Correlations	0
Correlation matrices	0
Decision variables	0
Forecasts	1

Assumptions

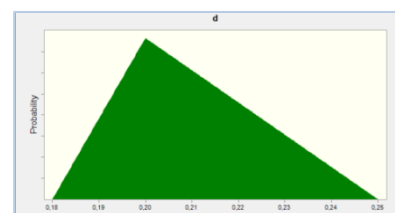
Worksheet: [projekt.xlsx>List1

Assumption: d

Cell:
D18

Triangular distribution with parameters:

Minimum	0,18
Likeliest	0,20
Maximum	0,25

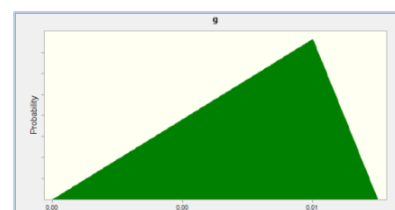


Assumption: g

Cell:
D17

Triangular distribution with parameters:

Minimum	0,00
Likeliest	0,01
Maximum	0,01



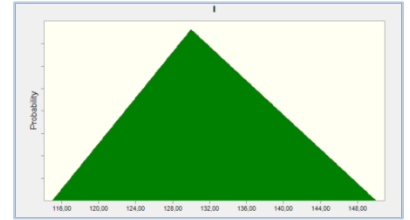


Cell:
D5

Assumption: I

Triangular distribution with parameters:

Minimum	115,00
Likeliest	130,00
Maximum	150,00

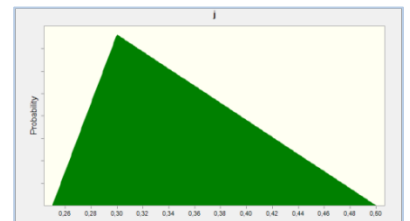


Cell:
D16

Assumption: j

Triangular distribution with parameters:

Minimum	0,25
Likeliest	0,30
Maximum	0,50

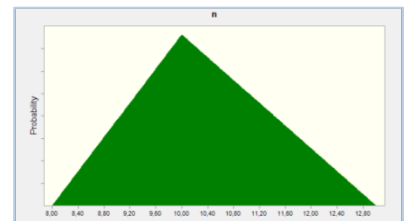


Cell:
D7

Assumption: n

Triangular distribution with parameters:

Minimum	8,00
Likeliest	10,00
Maximum	13,00

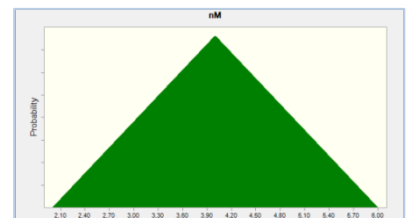


Cell:
D12

Assumption: nM

Triangular distribution with parameters:

Minimum	2,00
Likeliest	4,00
Maximum	6,00



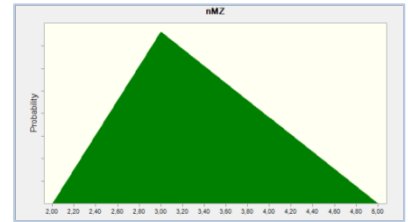


Cell:
D13

Assumption: nMZ

Triangular distribution with parameters:

Minimum	2,00
Likeliest	3,00
Maximum	5,00

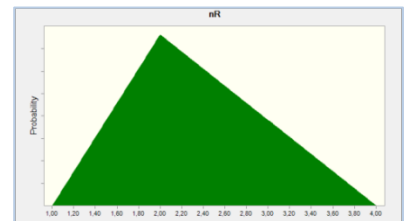


Cell:
D14

Assumption: nR

Triangular distribution with parameters:

Minimum	1,00
Likeliest	2,00
Maximum	4,00

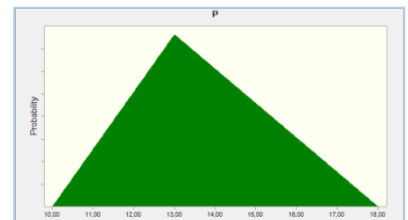


Cell:
D8

Assumption: P

Triangular distribution with parameters:

Minimum	10,00
Likeliest	13,00
Maximum	18,00

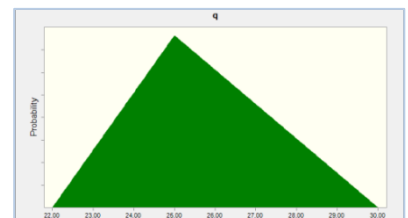


Cell:
D6

Assumption: q

Triangular distribution with parameters:

Minimum	22,00
Likeliest	25,00
Maximum	30,00

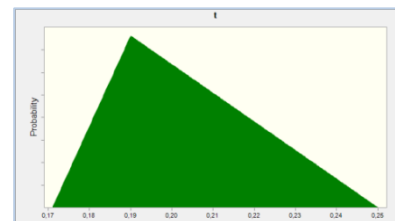




Assumption: t

Triangular distribution with parameters:

Minimum	0,17
Likeliest	0,19
Maximum	0,25



End of Assumptions



Příloha 4: Projekt 1 - NPV projekt

Crystal Ball Report - Forecasts

Simulation started on
10.8.2015 at 9:34
Simulation stopped on
10.8.2015 at 9:34

Run preferences:

Number of trials run	10 000
Extreme speed	
Monte Carlo	
Random seed	
Precision control on	
Confidence level	95,00%

Run statistics:

Total running time (sec)	2,21
Trials/second (average)	4 533
Random numbers per sec	49 861

Crystal Ball data:

Assumptions	11
Correlations	0
Correlation matrices	0
Decision variables	0
Forecasts	1

Forecasts

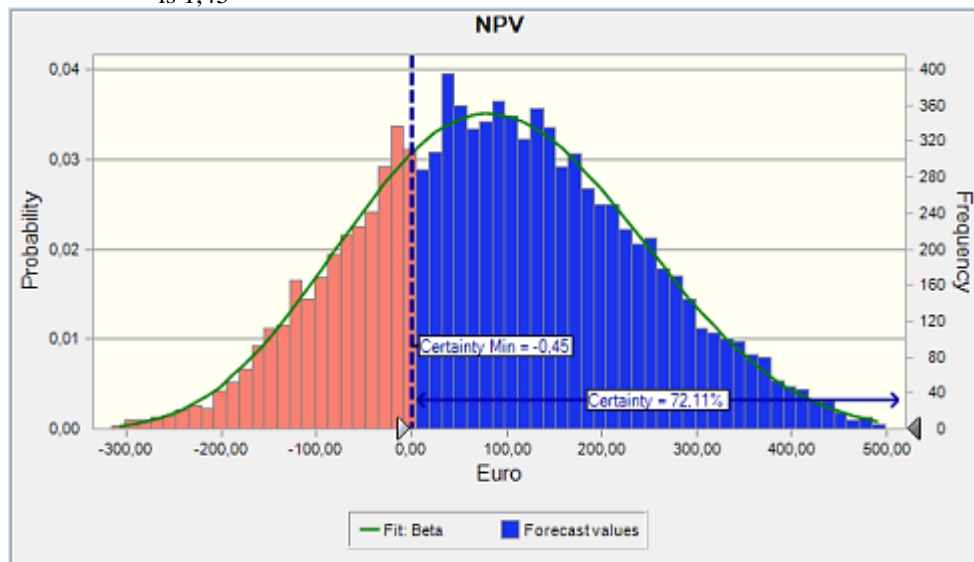
Worksheet: [projekt.xlsx]List1

Forecast: NPV

Cell:
C40

Summary:

Certainty level is 72,11%
Certainty range is from -0,45 to +nekonečno
Entire range is from -382,36 to 585,45
Base case is 123,02
After 10 000 trials, the std. error of the mean is 1,45



Cell:
C40



Median	87,60
Mode	---
Standard Deviation	145,21
Variance	21 085,74
Skewness	0,1210
Kurtosis	2,72
Coeff. of Variation	1,59
Minimum	-382,36
Maximum	585,45
Range Width	967,81
Mean Std. Error	1,45

Percentiles:	Forecast values
0%	-382,36
10%	-94,70
20%	-33,89
30%	9,93
40%	48,70
50%	87,55
60%	126,16
70%	167,27
80%	217,06
90%	283,83
100%	585,45

End of Forecasts



Příloha 5: Projekt 2 - Zadání faktorů rizika NPV investor

Crystal Ball Report - Assumptions

Simulation started on
12.8.2015 at 9:02
Simulation stopped on
12.8.2015 at 9:02

Run preferences:

Number of trials run	10 000
Extreme speed	
Monte Carlo	
Random seed	
Precision control on	
Confidence level	95,00%

Run statistics:

Total running time (sec)	0,72
Trials/second (average)	13 972
Random numbers per sec	153 687

Crystal Ball data:

Assumptions	11
Correlations	0
Correlation matrices	0
Decision variables	0
Forecasts	1

Assumptions

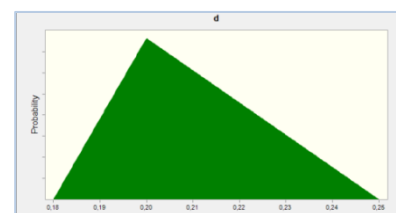
Worksheet: [project 2.xlsx]List1

Assumption: d

Cell:
D18

Triangular distribution with parameters:

Minimum	0,18
Likeliest	0,20
Maximum	0,25

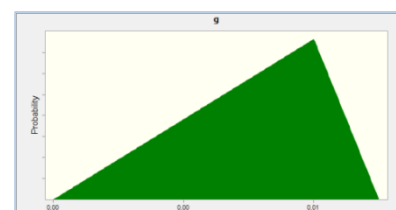


Assumption: g

Cell:
D17

Triangular distribution with parameters:

Minimum	0,00
Likeliest	0,01
Maximum	0,01



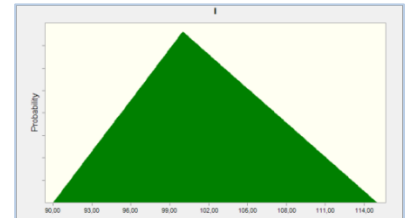


Assumption: I

Cell:
D5

Triangular distribution with parameters:

Minimum	90,00
Likeliest	100,00
Maximum	115,00

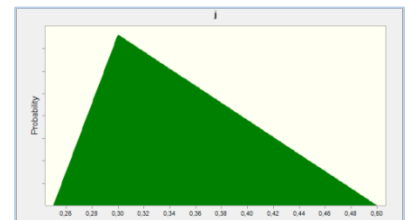


Assumption: j

Cell:
D16

Triangular distribution with parameters:

Minimum	0,25
Likeliest	0,30
Maximum	0,50

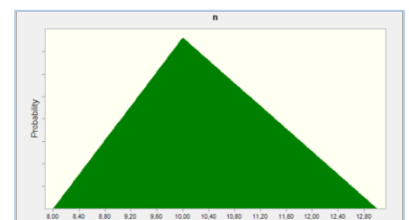


Assumption: n

Cell:
D7

Triangular distribution with parameters:

Minimum	8,00
Likeliest	10,00
Maximum	13,00

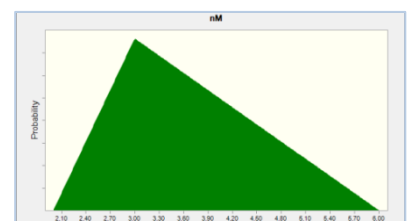


Assumption: nM

Cell:
D12

Triangular distribution with parameters:

Minimum	2,00
Likeliest	3,00
Maximum	6,00



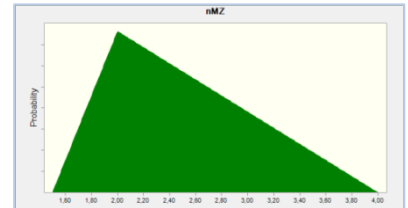


Cell:
D13

Assumption: nMZ

Triangular distribution with parameters:

Minimum	1,50
Likeliest	2,00
Maximum	4,00

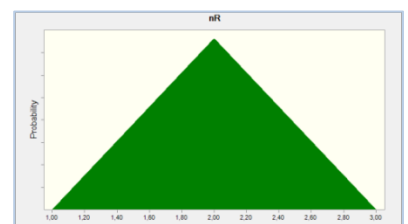


Cell:
D14

Assumption: nR

Triangular distribution with parameters:

Minimum	1,00
Likeliest	2,00
Maximum	3,00

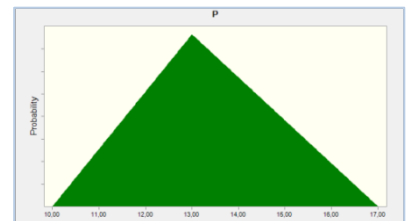


Cell:
D8

Assumption: P

Triangular distribution with parameters:

Minimum	10,00
Likeliest	13,00
Maximum	17,00

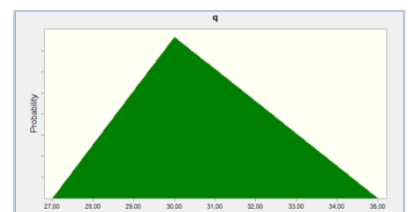


Cell:
D6

Assumption: q

Triangular distribution with parameters:

Minimum	27,00
Likeliest	30,00
Maximum	35,00

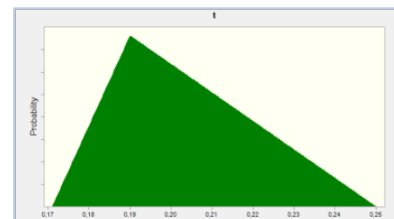




Assumption: t

Triangular distribution with parameters:

Minimum	0,17
Likeliest	0,19
Maximum	0,25



End of Assumptions



Příloha 6: Projekt 2 - NPV investor

Crystal Ball Report - Forecasts

Simulation started on
12.8.2015 at 9:32
Simulation stopped on
12.8.2015 at 9:32

Run preferences:

Number of trials run	10 000
Extreme speed	
Monte Carlo	
Random seed	
Precision control on	
Confidence level	95,00%

Run statistics:

Total running time (sec)	0,54
Trials/second (average)	18 583
Random numbers per sec	204 415

Crystal Ball data:

Assumptions	11
Correlations	0
Correlation matrices	0
Decision variables	0
Forecasts	1

Forecasts

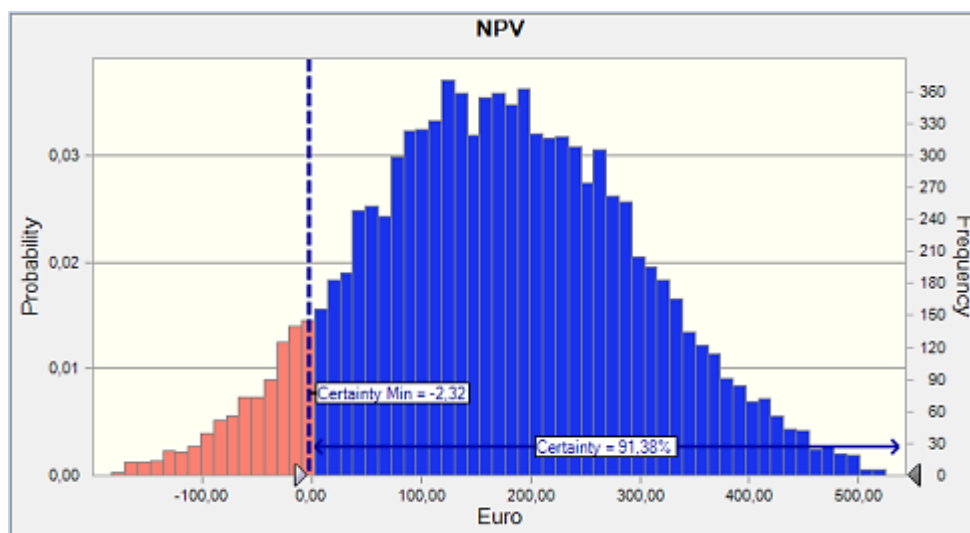
Worksheet: [projekt – kopie.xlsx]List1

Forecast: NPV

Cell:
C39

Summary:

Certainty level is 91,38%
Certainty range is from -2,32 to +nekonečno
Entire range is from -246,55 to 580,36
Base case is 267,56
After 10 000 trials, the std. error of the mean is 1,26





Statistics:	Forecast values
Trials	10 000
Base Case	267,56
Mean	170,87
Median	169,08
Mode	---
Standard Deviation	126,11
Variance	15 902,63
Skewness	0,0417
Kurtosis	2,81
Coeff. of Variation	0,7380
Minimum	-246,55
Maximum	580,36
Range Width	826,91
Mean Std. Error	1,26

Forecast: NPV (cont'd)

**Cell:
C39**

Percentiles:	Forecast values
0%	-246,55
10%	9,12
20%	63,19
30%	102,41
40%	135,27
50%	169,08
60%	202,57
70%	237,90
80%	278,88
90%	335,37
100%	580,36

End of Forecasts



Příloha 7: Projekt 2 - Zadání faktorů rizika NPV projekt

Crystal Ball Report - Assumptions

Simulation started on
12.8.2015 at 9:19
Simulation stopped on
12.8.2015 at 9:19

Run preferences:

Number of trials run	10 000
Extreme speed	
Monte Carlo	
Random seed	
Precision control on	
Confidence level	95,00%

Run statistics:

Total running time (sec)	0,60
Trials/second (average)	16 658
Random numbers per sec	183 240

Crystal Ball data:

Assumptions	11
Correlations	0
Correlation matrices	0
Decision variables	0
Forecasts	1

Assumptions

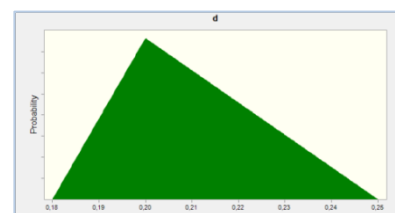
Worksheet: [projekt – kopie.xlsx]List1

Assumption: d

Cell:
D18

Triangular distribution with parameters:

Minimum	0,18
Likeliest	0,20
Maximum	0,25

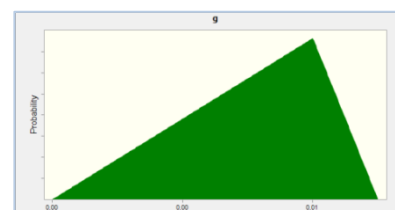


Assumption: g

Cell:
D17

Triangular distribution with parameters:

Minimum	0,00
Likeliest	0,01
Maximum	0,01



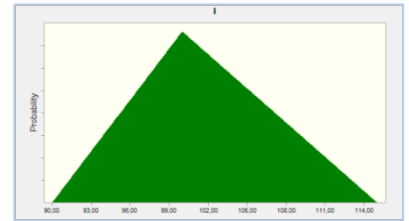


Cell:
D5

Assumption: I

Triangular distribution with parameters:

Minimum	90,00
Likeliest	100,00
Maximum	115,00

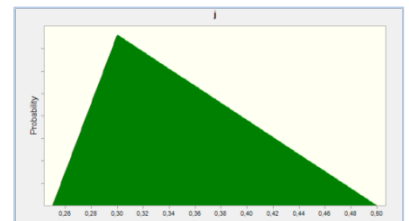


Cell:
D16

Assumption: j

Triangular distribution with parameters:

Minimum	0,25
Likeliest	0,30
Maximum	0,50

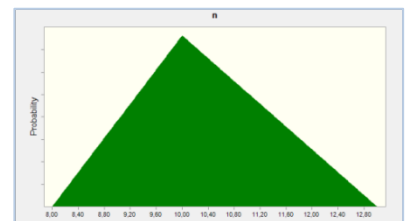


Cell:
D7

Assumption: n

Triangular distribution with parameters:

Minimum	8,00
Likeliest	10,00
Maximum	13,00

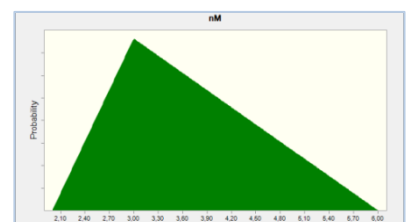


Cell:
D12

Assumption: nM

Triangular distribution with parameters:

Minimum	2,00
Likeliest	3,00
Maximum	6,00



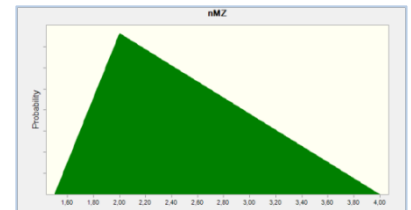


Cell:
D13

Assumption: nMZ

Triangular distribution with parameters:

Minimum	1,50
Likeliest	2,00
Maximum	4,00

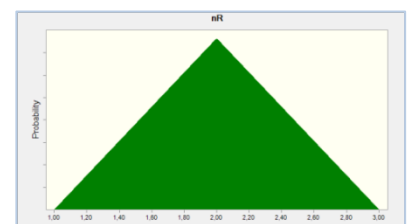


Cell:
D14

Assumption: nR

Triangular distribution with parameters:

Minimum	1,00
Likeliest	2,00
Maximum	3,00

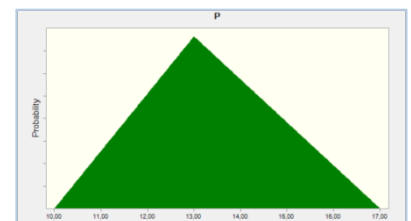


Cell:
D8

Assumption: P

Triangular distribution with parameters:

Minimum	10,00
Likeliest	13,00
Maximum	17,00

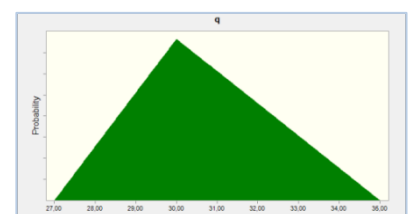


Cell:
D6

Assumption: q

Triangular distribution with parameters:

Minimum	27,00
Likeliest	30,00
Maximum	35,00

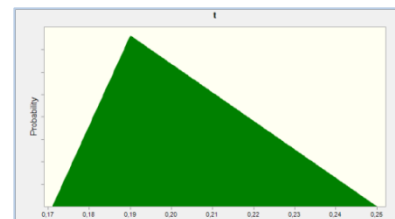




Assumption: t

Triangular distribution with parameters:

Minimum	0,17
Likeliest	0,19
Maximum	0,25





Příloha 8: Projekt 2 - NPV projekt

Crystal Ball Report - Forecasts

Simulation started on
12.8.2015 at 9:19
Simulation stopped on
12.8.2015 at 9:19

Run preferences:

Number of trials run	10 000
Extreme speed	
Monte Carlo	
Random seed	
Precision control on	
Confidence level	95,00%

Run statistics:

Total running time (sec)	0,60
Trials/second (average)	16 658
Random numbers per sec	183 240

Crystal Ball data:

Assumptions	11
Correlations	0
Correlation matrices	0
Decision variables	0
Forecasts	1

Forecasts

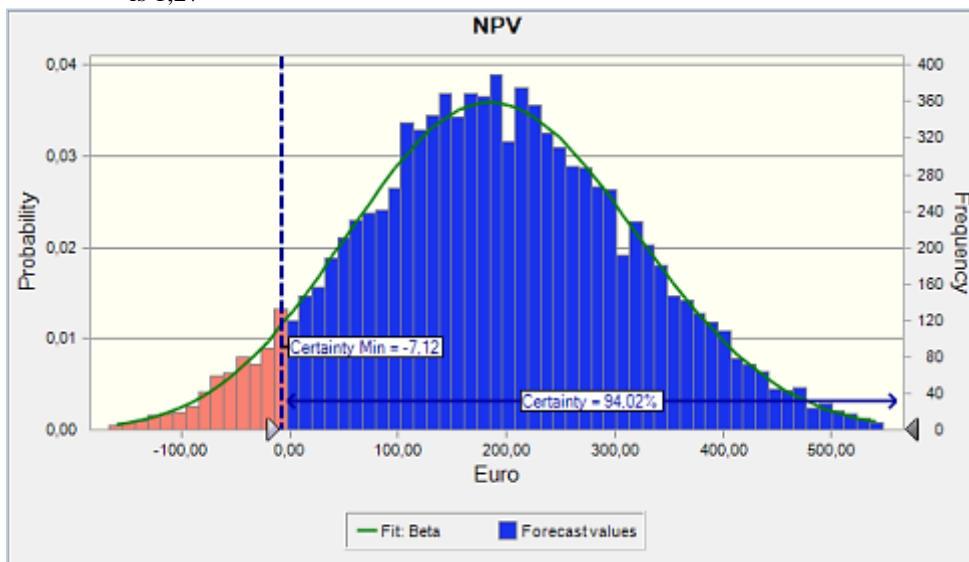
Worksheet: [projekt – kopie.xlsx]List1

Forecast: NPV

Cell:
C40

Summary:

Certainty level is 94,02%
Certainty range is from -7,12 to +nekonečno
Entire range is from -242,27 to 631,81
Base case is 286,28
After 10 000 trials, the std. error of the mean is 1,27





Forecast: NPV (cont'd)

Statistics:	Forecast values
Trials	10 000
Base Case	286,28
Mean	190,42
Median	187,59
Mode	---
Standard Deviation	127,36
Variance	16 221,21
Skewness	0,0800
Kurtosis	2,86
Coeff. of Variation	0,6689
Minimum	-242,27
Maximum	631,81
Range Width	874,08
Mean Std. Error	1,27

Percentiles:	Forecast values
0%	-242,27
10%	27,20
20%	81,90
30%	121,47
40%	155,82
50%	187,56
60%	220,41
70%	255,69
80%	298,64
90%	358,14
100%	631,81

End of Forecasts