



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

Jan Sušický
Modelování rizik investičních projektů

Bakalářská práce

2017



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):

Jan Sušícký

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – MED – Management a ekonomika dopravy a telekomunikací

Název tématu (česky): **Modelování rizik investičních projektů**

Název tématu (anglicky): Modeling Risk of Investment Projects

Zásady pro vypracování

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

- Proces přípravy a realizace investičních projektů
- Pojetí rizika investičních projektů a jeho klasifikace
- Fáze řízení rizika projektů
- Praktická aplikace hodnocení rizika projektu s počítačovou podporou
- Návrh opatření ke snížení rizika projektu

Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucího bakalářské práce

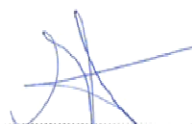
Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)


Seznam odborné literatury: Fotr, J., Souček, I. Podnikatelský záměr a investiční rozhodování. Grada, 2005
Kisslingerová, E. Manažerské finance. C. H. Beck, 2010
Korecký, M., Trkovský, V. Management rizik projektů. Grada, 2010


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

Datum zadání bakalářské práce: **30. června 2016**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

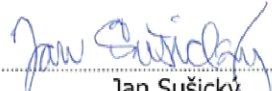
Datum odevzdání bakalářské práce: **28. srpna 2017**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia


.....
doc. Ing. Lukáš Týfa, Ph.D.
vedoucí
Ústavu logistiky a managementu dopravy


.....
prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek, dr. h. c.
děkan fakulty



Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.


.....
Jan Sušický
jméno a podpis studenta

V Praze dne 30. června 2016

Poděkování

V první řadě bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce prof. Dr. Ing. Otto Pastorovi, CSc. za odborné vedení, rady, obětovaný čas a úsilí. Dále bych chtěl poděkovat rodině a blízkým přátelům za podporu v průběhu mého studia.

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

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

Nemám závažný důvod proti užívání tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 23. srpna 2017


.....
podpis

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta dopravní

MODELOVÁNÍ RIZIK INVESTIČNÍCH PROJEKTŮ

Bakalářská práce
Srpen 2017
Jan Sušický

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá modelováním rizik projektů. Ve své teoretické části je nejprve definován pojem riziko, popsána klasifikace druhů rizika a poté je popsáno řízení rizika projektů. Ve své praktické části je v počítačovém programu Crystal Ball vypracována analýza rizika již realizovaného investičního projektu firmy Jitomil s.r.o.

ABSTRACT

This thesis is about project risk modelling. In the theoretical part there is defined risk, risk types classification and project risk management. In its practical part there is (using computer software Crystal Ball) elaborated risk analysis of already realized investment project by Jitomil s.r.o.

KLÍČOVÁ SLOVA

Projekt, riziko, faktor rizika, modelování, Crystal Ball, simulace.

KEY WORDS

Project, risk, risk factor, modeling, Crystal Ball, simulation.

Obsah

1 Seznam použitých zkratk	5
2 Úvod	6
3 Proces přípravy a realizace investičních projektů	7
3.1 Fáze života projektu	7
4 Pojetí rizika investičních projektů a jeho klasifikace	9
4.1 Definice rizika	9
4.2 Klasifikace druhů rizika	10
4.3 Postoj k riziku	11
5 Fáze řízení rizika projektů	13
5.1 Určení faktorů rizika	13
5.2 Stanovení významnosti faktorů rizika	13
5.3 Stanovení rizika investičních projektů	15
5.4 Opatření na snížení rizika	19
6 Praktická aplikace hodnocení rizika projektu	20
6.1. Crystal Ball	20
6.2. Praktická aplikace	28
7 Návrh opatření ke snížení rizika projektu	38
8 Závěr	40
9 Použité zdroje	43
10 Seznam obrázků	45
11 Seznam tabulek	46

1 Seznam použitých zkratk

CB	Crystal Ball
CF	peněžní tok (<i>Cash Flow</i>)
CNC	Computer Numerical Control
EAT	zisk po zdanění (<i>Earnings after Taxes</i>)
EBIT	zisk před zdaněním a odpisy (<i>Earnings before Interests and Taxes</i>)
NPV	čistá současná hodnota (<i>Net Present Value</i>)
s.r.o.	společnost s ručením omezeným

2 Úvod

Primárním cílem většiny podniků je zisk. Rozhodování o investicích, na základě jejich předchozí evaluace, hraje jednu z klíčových rolí v otázce ziskovosti podniku. Jak je známo z kybernetiky, informace snižuje neurčitost systému, a stejně tak tomu je i v případě vyhodnocování investic. Pokud chceme činit kvalitní informovaná rozhodnutí o přijetí či zamítnutí investičního projektu, případě vybrat jeho nelepší variantu, musíme o něm mít dostatek informací. V takzvané předinvestiční fázi projektu se můžeme setkat s různými studii a dokumenty, které se daným projektem zabývají. Nejobsáhlejší a nejdůležitější je studie proveditelnosti (*feasibility study*), které se také často říká technicko-ekonomická studie projektu. Nedílnou součástí této studie, především kterou se budeme zabývat, je analýza rizika projektu. Ta je důležitá, jelikož nám pomáhá stanovit, jak mohou jednotlivá rizika ovlivnit úspěšnost projektu.

Na budoucí hodnoty ekonomických ukazatelů, jako např. cena výrobku, prodané množství či variabilní náklady, lze nahlížet dvěma způsoby. Můžeme pracovat s bodovými odhady (tj. nejpravděpodobnějšími hodnotami), které jsou často vzdálené skutečným hodnotám a neříkají nic o přesnosti našich odhadů. Tyto odhady by reprezentovaly realitu v případě, že by se jednalo o deterministické veličiny. Tyto veličiny jsou však, ze své podstaty, typicky stochastické povahy, proto je musíme popisovat řečí statistiky. Riziko je zjednodušeně možná odchylka od střední hodnoty vyvolaná nejistotou budoucího vývoje daných náhodných veličin.

Investiční projekt, řešený v rámci praktické části, je parciálním projektem realizovaným v rámci rozsáhlého investičního projektu firmy Jitomil s.r.o., přičemž použitá data projektu z důvodu obchodního tajemství byla příslušně upravena a transformována. Tento projekt spočívá v zakoupení nových CNC strojů. Jako kritérium pro hodnocení ekonomické efektivnosti projektu byla vybrána čistá současná hodnota. Cílem této práce je stanovit velikost čisté současné hodnoty pomocí nejpravděpodobnějších odhadů a následně ji porovnat se statistickým modelem, který v sobě bude zohledňovat riziko a který bude odhadovat rozdělení čisté současné hodnoty. Tento model je výpočetně velice náročný, proto bude použita počítačová podpora v podobě programu Crystal Ball od společnosti Oracle. Rozdělení čisté současné hodnoty bude popsáno statistickými charakteristikami, které budou interpretovány. Dalším výstupem z této práce bude analýza citlivosti zkoumaného ekonomického kritéria NPV na jednotlivých rizikových faktorech a doporučení, jak jednotlivá rizika redukovat.

3 Proces přípravy a realizace investičních projektů

3.1 Fáze života projektu

Pod pojmem investiční projekt se skrývá pořízení dlouhodobého hmotného či nehmotného majetku. Z pohledu podniku jde o jednorázově vynaložený rozsáhlý výdaj, od kterého se očekává, že se v budoucnu vrátí pomocí příjmů z něho plynoucích. Obecně lze projekt, od jeho počátku (základní idey) až po konec jeho provozu, vnímat jako určitou posloupnost čtyř po sobě jdoucích fází [1]:

- předinvestiční
- investiční
- provozní (operační)
- ukončení provozu a likvidace.

Předinvestiční fázi můžeme považovat za zřejmě nejdůležitější ze všech fází života projektu. Dělí se do tří základních etap, z nichž výstupem každé z nich je určitá studie.

První etapou je identifikace podnikatelských příležitostí. Základním předpokladem k uvažování o realizaci projektu je existence podnikatelské příležitosti. Studie takových příležitostí (*opportunity study*) si klade za cíl tyto informace zformulovat do přehledné podoby. Na jejich základě je poté možné velmi hrubým odhadem ohodnotit naději na úspěch daného projektu.

Druhou a nejpodstatnější částí předinvestiční fáze projektu je technicko-ekonomická studie projektu (někdy se s ní také setkáme pod pojmem studie proveditelnosti). Jde o rozsáhlý dokument, jenž zahrnuje všechny podklady, které jsou nutné pro investiční rozhodnutí. Skládá se z popisu projektu, popisu projektového týmu, technického a technologického řešení, zajištění investičního majetku, harmonogramu realizace (včetně rozpočtového), finanční a ekonomické analýzy, hodnocení efektivity projektu, analýzy rizik a v poslední řadě zhodnocení projektu na základě této studie. [2] Jelikož tato studie je značně časově a tím pádem i finančně nákladná, můžeme se u velkých projektů setkat s tzv. předběžnou technicko-ekonomickou studií (*pre-feasibility study*), která reprezentuje určitý mezistupeň mezi dvěma výše uvedenými studiemi.

Vypracovaná technicko-ekonomická studie projektu je typicky podkladem pro hodnotící zprávu (*appraisal report*). Tu zpravidla zpracovávají instituce, které mají zájem se na projektu podílet. Často nebývá posuzován projekt samotný, ale například i firma, která hodlá projekt realizovat, posuzováno bývá i financování projektu atd.

Investiční fáze začíná vytvořením finančního, organizačního a právního rámce realizace projektu. Pod tím si můžeme představit obstarání potřebného kapitálu (peněžního či lidských zdrojů), uzavření příslušných smluv, získání pozemků atd. Investiční fázi můžeme rozdělit do těchto etap [1]:

- zpracování zadání stavby
- zpracování projektové dokumentace
- zpracování realizační projektové dokumentace
- realizace výstavby
- příprava uvedení do provozu, zkušební provoz
- aktualizace dokumentace a systémů

Na **provozní fázi** je třeba nahlížet dvěma způsoby – krátkodobě a dlouhodobě. Problémy krátkodobé, jako je např. nedostatečná kvalifikace zaměstnanců, pramení v realizační fázi projektu. Dlouhodobý pohled na celou strategii porovnává reálné náklady a výnosy. Pokud je projekt kvalitně připraven, nemělo by dojít k větším obtížím. Naopak, pokud byly předpoklady v počátečních fázích projektů odtržené od reality, projeví se tato disproporce v provozní fázi a buď musíme přijmout drahá nápravná opatření, nebo je projekt s vysokou pravděpodobností odsouzen k neúspěchu.

Při přípravě projektu je nutné brát zřetel i na poslední fázi života projektu – **ukončení provozu a likvidaci**. V této fázi se vyskytují jak příjmy z likvidovaného majetku, tak i náklady spojené s jeho likvidací. Typickými příklady jsou prodej zásob, demontáž zařízení nebo sanace lokality. Součástí peněžního toku v závěrečném roce života projektu je likvidační hodnota projektu. Tu definujeme jako rozdíl výdajů a příjmů z likvidace projektu.

4 Pojetí rizika investičních projektů a jeho klasifikace

4.1 Definice rizika

Následující kapitola si klade za cíl osvětlit pojem riziko a věci s ním související. Na toto téma lze nalézt velký počet literatury, avšak výchozí knihou pro tuto kapitolu je [3].

Historie tohoto pojmu sahá až do Itálie v 17. století, kde bylo spjato s nebezpečím při plavbách. Ve 20. století, se začalo používat jako termín pro “možnou ztrátu”. Dnes se běžně používá pro “nebezpečí ztráty, poškození či zničení”. Ve finančním světě se riziko chápe jako volatilita určité veličiny okolo její střední hodnoty. Volatilita, v řeči statistiky variance, rozptyl či jejich odmocnina střední kvadratická odchylka, je charakteristika, která popisuje náhodnou veličinu. Základem toho, abychom mohli mluvit o riziku, je platnost dvou základních předpokladů a to: (i) neurčitosti výsledku (tzn. existence minimálně dvou řešení, jistá ztráta se nerovná riziku); (ii) nežádoucnosti alespoň jednoho z možných výsledků. Některé definice pojmu riziko z [3]:

- variabilita možných výsledků,
- odchylka skutečných a očekávaných výsledků,
- pravděpodobnost výsledku odlišného od očekávaného,
- nebezpečí chybného rozhodnutí,
- střední hodnota ztrátové funkce.

Důležité je porozumět rozdílům, které skrývají pojmy riziko a nejistota. Riziko považujeme za měřitelnou veličinu, kterou můžeme na základě tzv. tvrdých dat statisticky popsat. Nejistota měřitelná není. Mluvíme o ni v souvislosti s událostmi, jimž, díky nahodilosti situace, nejsme schopni přiřadit pravděpodobnost. Typicky se jedná o situace, kde zúčastněné osoby nejsou dostatečně kvalifikovány či informovány, a tím pádem ji mohou popisovat pouze subjektivně.

Riziko se měří dvěma základními způsoby – kvalitativně a kvantitativně. U prvního příkladu se jedná zejména o subjektivní expertní hodnocení, u druhého pak jde o číselné charakteristiky, jenž jsou výstupy určitých modelů (více o této problematice v kapitolách 4.2 a 4.3).

4.2 Klasifikace druhů rizika

Podnikatelské riziko zahrnuje pozitivní i negativní stránku rizika. Je to na jedné straně naděje na úspěch a na straně druhé nebezpečí neúspěchu. **Čisté riziko** (*pure risk*) je vnímáno pouze negativně a způsobuje nepříznivé odchylky od cíle. Nejčastěji se vztahuje ke ztrátám či škodám na majetku firem a jednotlivců. Jako ochranu před tímto typem rizika je možné uzavřít pojištění a přenést ho tak na třetí stranu.

Systematické riziko, které někdy bývá též označováno jako tržní, závisí na globálním ekonomickém vývoji. [4] Jeho zdrojem je například fiskální a monetární politika státu. Toto riziko nemůže být sníženo diverzifikací, proto bývá označováno jako nediverzifikovatelné. **Riziko nesystematické** je specifické pro dané firmy a jejich investiční projekty. Vzhledem k jejich charakteristice se nazývají rizika **makroekonomická** (systematická) a **mikroekonomická** (nesystematická).

Ovlivnitelné riziko je takové, u kterého můžeme snížit pravděpodobnost jeho vzniku či rozsah negativního dopadu. U **neovlivnitelných rizik** nemůžeme snížit či eliminovat příčiny jejich vzniku. Lze ale, přijmutím opatření, snížit jejich následky.

Nelze ani opomenout tzv. **sekundární rizika**. Ta mohou být vyvolána různými opatřeními ke snížení **rizika primárního**. Můžeme vytvořit rezervní zásobu surovin, abychom eliminovali riziko toho, že je nám dodavatel nedodá ve smluvený termín a budeme tak muset přerušit výrobní proces. S dlouhodobým skladováním surovin se však váže nebezpečí jejich znehodnocení, a právě to je považováno za sekundární riziko.

Další signifikantní hledisko pro kategorizaci rizika je jejich klasifikace dle věcné náplně. **Technicko-technologická rizika** se mohou projevit při vývoji nových technologií a produktů, které vedou k zastarání projektu. Jsou také spojená s nezvládnutím technologického procesu.

Nedostatky určitých zdrojů mohou zapříčinit diskontinuitu výrobního procesu. Takováto omezení charakterizují **výrobní rizika**. Mimo to mezi ně můžeme zařadit také náklady na opravu a údržbu výrobních zařízení.

Ekonomická rizika jsou spjata především s náklady projektu. Ty se mohou dramaticky zvýšit vinou růstu cen vstupů jako jsou suroviny, materiály, služby, energie atp. Díky těmto jevům může dojít k značnému výslednému snížení rentability projektu.

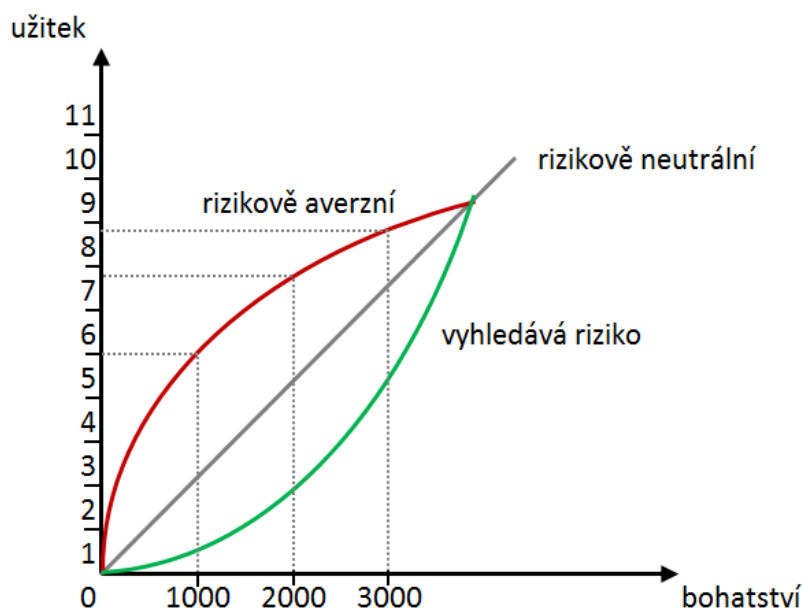
Změnami politik centrálních bank může dojít ke změně úrokových sazeb. Tím se může snížit dostupnost zdrojů financování. Tento druh rizik najdeme pod názvem **finanční rizika**.

Toto jsou základní typy rizik. V [1] se hovoří také o rizicích legislativních, politických, enviromentálních a informačních. V [6] se navíc hovoří o riziku změny kompetentních orgánů a zločinnosti.

4.3 Postoj k riziku

Existují tři základní postoje k riziku, které jsou zobrazené na obrázku 1:

- a) averze (červená)
- b) neutrální postoj (šedá)
- c) sklon (zelená)



Obrázek 1: Užitek jako funkce rizika [5]

Člověk s averzí k riziku se bude chtít vyhýbat riziku i za velkou cenu. Minimální zisk má pro něj již dostatečný užitek. Investor, který má sklon k riziku naopak bude investovat v maximální míře tak, aby maximalizoval svoji užitkovou funkci. U rizikově neutrálních investorů je užitek lineární funkcí bohatství.

Důležitý pojem v této souvislosti je *bankroll-management*. Je možné poměrně přesně odhadnout, jakou část z celkového obnosu dostupných prostředků je vhodné investovat do projektů s takovou střední hodnotou a takovou variací. V podnikatelské praxi však tato teorie naráží na překážky a reálná omezení (zejména u malých firem). Ty jsou jednoduše tak malé, že jsou nucené brát z jejich pohledu relativně velké investiční projekty a jsou tak ponechány, do jisté míry, v rukou štěstěny (nemůže se na ně vztahovat zákon velkých čísel).

Dalším velkým problémem v postoji k riziku je lidská psychika a nastavení fungování větších korporací. Lidé často pod stresem nejsou schopni uvažovat racionálně a pravděpodobnostně, tudíž mají větší averzi k riziku, než je zdrávo. Obecně samozřejmě platí zásada, že čím větší je riziko, tím větší musí být výnosnost daného projektu, aby mělo smysl o něm uvažovat. Častým jevem ve velkých firmách je jakási honba za krátkodobými výsledky. V důsledku pak mohou manažeři být opět více risk-averzní a opomíjet ziskové příležitosti. Protipólem tohoto uvažování jsou lidé, kteří existenci rizika naprosto ignorují a rozhodují se pouze na základě bodových, a velmi často také příliš optimistických, odhadů.

5 Fáze řízení rizika projektů

5.1 Určení faktorů rizika

Primární cíl řízení rizika investičních projektů je zvýšení pravděpodobnosti jejich úspěšné realizace. Pro naplnění tohoto cíle je nutné s rizikem pracovat od začátku projektu až do jeho samotného konce. Měla by to být kontinuální činnost, která si klade za cíl stanovit [1]:

- významné faktory ovlivňující riziko projektu,
- celkovou velikost rizika projektu (a jeho přijatelnost či nepřijatelnost),
- ekonomicky účelná opatření na snížení, či úplnou eliminaci, rizika projektu.

Náhodné veličiny, které mohou ovlivnit pozitivně i negativně hospodářské výsledky, nazýváme faktory rizika. V této fázi si klademe za cíl je konkrétně definovat. Základem pro stanovení těchto faktorů jsou především zkušenosti osob účastnících se na projektu z jejich minulých projektů, z cizích projektů, které jsou podobné či z vlastní intuice nebo fundamentálních znalostí. Vzhledem k tomu, že určení faktorů rizika je základ pro další fáze řízení rizika, je nutné se nad nimi dostatečně hluboce zamyslet a pokusit se žádný nevynechat. Výstup této fáze by mělo být písemné zaznamenání všech faktorů rizika.

5.2 Stanovení významnosti faktorů rizika

Závažnost faktorů rizika můžeme stanovit dvěma základními principy – kvalitativní a kvantitativní analýzou. [7]

Při **expertním hodnocení** se pro analýzy využívají experti v dané oblasti (např. právníci, marketingoví specialisté atd.). Podstata tohoto hodnocení vychází ze dvou hledisek a to:

- pravděpodobnosti výskytu faktoru rizika (p_i)
- intenzitě negativního vlivu (D_i) daného faktoru rizika.

Tato jednoduchá forma vyjadřuje negativní vlivy rizik na firmu, její aktiva či projekty. Typický počet stupňů hodnocení je pět, což je uvedeno v tabulce 1. Tento počet není dogma, to znamená, že agregování nebo zjemňování této stupnice není nijak omezeno. Výstup této metody se často označuje jako matice rizik, kterou reprezentuje tabulka 2. Významnost rizika

roste ve směru její vedlejší diagonály, to znamená, že nejzásadnější rizika nalezneme vlevo nahoře.

Tabulka 1: Stupnice kvalitativního hodnocení [8]

Stupeň	p_i, D_i
ZV	zvláště vysoká
V	vysoká
S	střední
M	malá
VM	velice malá

Tabulka 2: Matice hodnocení rizik

ZV	R4			R5	R6
V					
S			R3		
M	R1				
VM		R2			
<i>Pravděpodobnost</i>					
	ZV	V	S	M	VM
	<i>Intenzita negativního dopadu</i>				

Typické je rozdělení faktorů rizika na tři skupiny: přijatelné riziko (zelená barva – R1, R2), podmíněně přijatelné riziko (žlutá barva – R3, R4) a nepřijatelné riziko (červená barva – R5, R6). Díky této metodě je velmi jednoduché uspořádat rizika dle jejich významnosti. Občas se můžeme setkat i s variantou, kde pravděpodobnost je číslo z intervalu $<0, 1>$ a intenzita negativního dopadu je vyjádřena také číslem (např. v Kč). Hodnota faktoru rizika je poté dána součinem p_i a D_i . Po sečtení všech hodnot faktorů rizika R_i , dostaneme velikost celkového rizika projektu. Velkou nevýhodou kvalitativního hodnocení rizika je jeho značná míra subjektivity.

Analýza citlivosti zkoumá, jak se mění určité ekonomické kritérium v závislosti na změnách parametrů faktorů, které ho ovlivňují. Obecně platí, že faktory můžeme dělit na málo důležité (vyvolávají odchylku do 10%) a významné (vyvolávají odchylku větší než 10%).

Mějme například účelovou funkci:

$$Z = Q \cdot P \cdot C,$$

kde Z je zisk, Q objem prodané produkce, P cena výrobku a C hodnota směnného kurzu.

Nejdříve stanovíme nejpravděpodobnější hodnoty Q , P a C . Poté můžeme modelovat, jak se změní Z , když hodnotu jednoho z parametrů Q , P nebo C snížíme o 1 %. Můžeme tak vidět citlivost posuzovaného ekonomického kritéria na změny faktorů, které ho ovlivňují.

Výsledkem analýzy citlivosti je stanovení klíčových faktorů rizika. Čím větší změnu kritéria daný faktor vyvolá, tím je významnější. Můžeme se také setkat s variantou, kdy pro jednotlivé faktory rizika nestanovujeme jeden, ale více odhadů (např. optimistické a pesimistické) a opět sledujeme změny, které vyvolají. V reálném světě se však rizikové faktory typicky nemění své hodnoty izolovaně. Tuto závislost analýzy citlivosti nezohledňuje, což je její největší nedostatek.

5.3 Stanovení rizika investičních projektů

Projekty mohou být posuzovány dle takzvaných **manažerských charakteristik**. Ideální stav je, pokud nepříznivé změny rizikových projektů mají relativně malý dopad na výsledky projektu. V takovém případě mluvíme o robustním (odolném) projektu.

Bod zvratu je hodnota rizikového faktoru, který ovlivňuje výsledky projektu, při které tento projekt nabývá extrémní hodnoty zkoumaného kritéria [1]. Je nutné si uvědomit, že stanovení bodu zvratu je určitou obdobou analýzy citlivosti projektu (opět posuzuje izolované změny). Je zřejmé, že čím je bod zvratu vyšší, tím je projekt méně robustní. Například pokud zkoumáme zisk, tak bod zvratu je taková hodnota faktoru rizika, při které je zisk roven nule. V následujícím vzorci je bod zvratu produkce P , fixní náklady F variabilní náklady v a prodejní cena C .

$$P = \frac{F}{C - v}.$$

Provozní páka (*operating leverage*) se nejvíce užívá ve spojení s objemem produkce a prodeje (nejvýznamnějšími rizikovými faktory). V tomto případě je definována jako procentní změna zisku při jednotkové změně prodeje. [9] Čím je tato páka vyšší, tím je projekt více citlivý na změnu prodeje. Ve vzorci na následující straně je provozní páka PP , výchozí hodnota prodeje P , přírůstek prodeje ΔP , výchozí hodnota zisku Z , přírůstek zisku za podmínky zvýšení prodeje o ΔP je ΔZ a fixní náklady F .

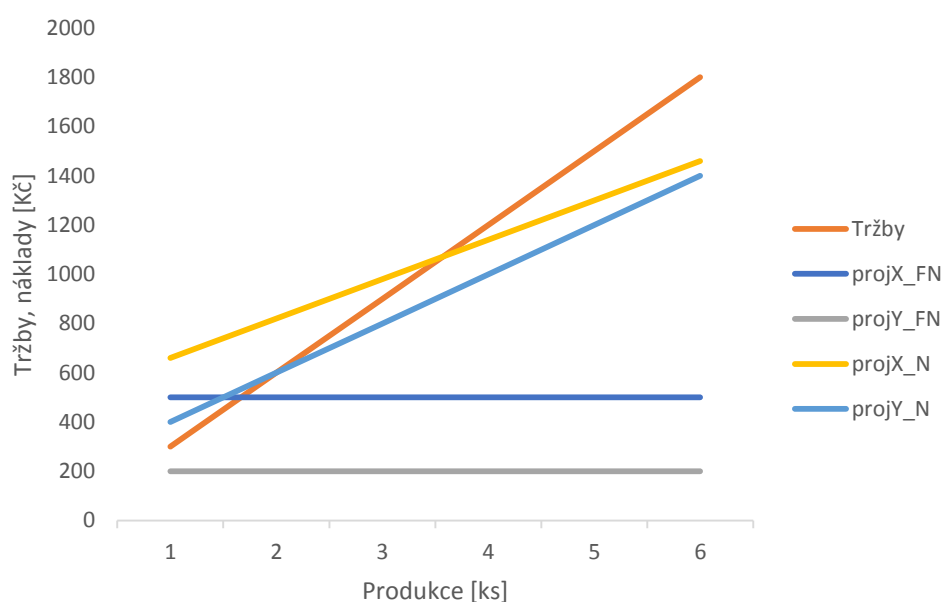
$$PP = \frac{\frac{\Delta Z}{Z} * 100}{\frac{\Delta P}{P} * 100}, \quad \text{nebo} \quad PP = \frac{F}{Z}.$$

Mějme například dva projekty X a Y, jejichž cílem je výroba stejného výrobku, avšak pomocí odlišných technologií. Cílem naší analýzy je zjistit, který projekt je méně náchylný ke snížení prodeje. Tento příklad je shrnut tabulkou 3.

Tabulka 3: Bod zvratu produkce

	Projekt X	Projekt Y
Var. nákl. [Kč/ks]	160	200
Fix. nákl. [Kč/ks]	500 000	200 000
Prodejní cena [Kč]	300	300
Bod zvratu produkce	500 000/(300-160)	200 000/(300-200)
$P_0 = F/(c-v)$	3 571	2 000

Z předchozí tabulky je vidět, že pokud dojde k negativní změně poptávky, je projekt X rizikovější. Dostává se totiž do ztráty při poklesu prodeje již pod 3 571 ks, oproti tomu projekt Y bude ve ztrátě až pod hranicí 2 000 ks. Graficky je bod zvratu zobrazen na obrázku 2.



Obrázek 2: Graf bodu zvratu

V tabulce 4 je vypočítána provozní páka projektu X a projektu Y.

Tabulka 4: Provozní páka

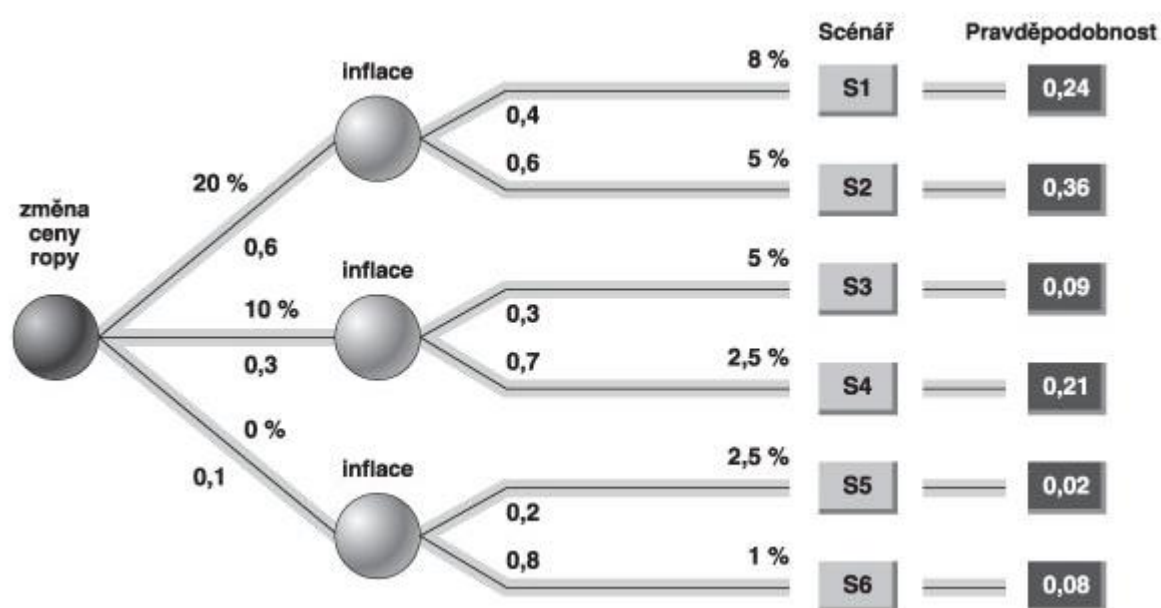
	Projekt X	Projekt Y
P, ΔP	5000, 1000	5000, 1000
Z, ΔZ	200000, 60000	300000, 200000
Provozní páka	1,5 %	3,3 %

Z pohledu provozní páky je výhodnější projekt X. Pokud prodeje klesnou o 1 % z hodnoty 5 000 ks, projektu Y klesne zisk o 1,66 %, zatímco projektu X klesne o 3,3 %. V takovýchto nejasných případech je na investorovi, aby si vybral, které kritérium je z jeho pohledu důležitější, popřípadě projekty srovnával na základě dalších kritérií.

Dalším způsobem posuzování rizik projektů je kvantitativní popis, k němuž se používají **číselné charakteristiky**. Mohou to být například statistické vlastnosti daného kritéria hodnocení jako např. rozptyl či směrodatná odchylka. K tomu, abychom je mohli stanovit, musíme znát pravděpodobnostní rozdělení kritéria hodnocení, jelikož pro různá rozdělení

jsou tyto parametry dány různými vztahy. Odhadnutí tvaru rozdělení daných faktorů rizika však bývá jedním z nejobtížnějších úkolů.

Ke stanovení číselných charakteristik lze dospět metodou **scénářů**. Vhodná aplikace této metody je na projekty, které mají málo rizikových faktorů, které nabývají pár diskretních hodnot. Každý scénář představuje jiný možný budoucí stav podnikatelského okolí. Scénáře mohou být jak kvalitativní, tj. slovní popis, nebo kvantitativní. Ve druhém případě jsou velmi vhodným nástrojem tzv. pravděpodobnostní stromy (blíže viz [4]). Jako příklad pravděpodobnostního stromu můžeme vidět obrázek 3.



Obrázek 3: Ukázka pravděpodobnostního stromu [10]

Další možností, jak stanovit číselné charakteristiky investičních projektů, je **simulace metodou Monte Carlo**. Podstata této simulace tkví v generování velkého počtu (řádově až 10^5) možných scénářů a stanovením hodnoty námi zvoleného kritéria pro každý scénář. Takto je poté možné stanovení pravděpodobnostního rozdělení tohoto kritéria. Simulace metodou Monte Carlo je, vzhledem k aplikaci v praktické části, kritická pro tuto práci.

Postup simulace můžeme rozdělit do následujících dílčích kroků [1]:

- výběr kritéria hodnocení
- stanovení závislosti posuzovaného kritéria na ovlivňujících veličinách
- stanovení klíčových faktorů rizika

- stanovení pravděpodobnostního rozdělení těchto faktorů
- vlastní proces simulace (např. s využitím softwaru *Crystal Ball*).

Výstupy ze simulací Monte Carlo jsou dvojího druhu – grafické (např. vykreslení rozdělení pravděpodobnosti) a číselné (typicky v podobě statistických charakteristik jako střední hodnota, rozptyl, směrodatná odchylka apod.). Ty dávají podklady pro kvalitní rozhodování o investičních projektech. Značná výhoda je možnost stanovení závislostí, a to jak jednotlivých rizikových faktorů mezi sebou, tak různých kritérií právě na rizikových faktorech. Nevýhodou je pracnost a obtížnost (zejména stanovení pravděpodobnostního rozdělení faktorů rizika).

5.4 Opatření na snížení rizika

Tato opatření se typicky dělí dle věcné náplně na dvě skupiny a to [11]:

- oslabení, resp. odstranění příčin vzniku rizika
- snížení negativních důsledků rizika

K obraně proti možným rizikům je možné přistupovat dvěma způsoby. Prvním z nich je proaktivní přístup, to znamená, že se snažíme rizikům předejít *ex ante*. Snažíme se přijmout určitá preventivní opatření, aby nedošlo např. k poklesu prodejů, přesunout rizika na jiné subjekty (např. odběratele), pojistit se či rizika diverzifikovat. Druhý způsob je reaktivní – reagujeme *ex post* na situaci, která vznikla. Zde neovlivňujeme příčiny rizika, ale pouze jeho následky.

Tato opatření se pojí s náklady. Typicky nelze snížit riziko projektu bez vynaložení dodatečných nákladů. Z tohoto důvodu bychom se vždy měli snažit snížit riziko na ekonomicky účelnou míru. V případě, že se určitá rizika realizují, je na kvalitní reakci vhodné mít připravené plány kontingenčních a havarijních (někdy se také označují souhrnně jako korekční) opatření.

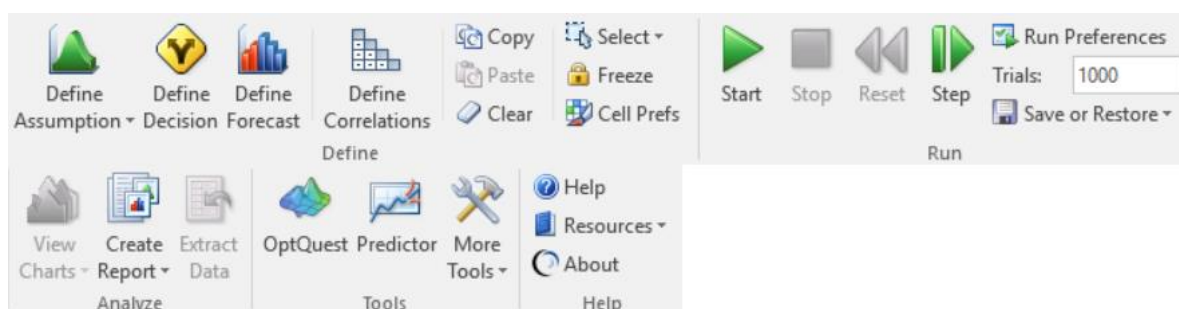
6 Praktická aplikace hodnocení rizika projektu s počítačovou podporou

6.1. Crystal Ball

Existují velmi pokročilé systémy pro vypracování analýz rizika, jako jsou např. Risk Management Toolbox v Matlabu od firmy TheMathWorks nebo Stratex od společnosti Valex. Pro naše potřeby však budeme pracovat s jednodušším nástrojem, který se zakládá na, již zmíněné, metodě Monte Carlo s názvem Crystal Ball od firmy Oracle. Funguje jako nadstavba tabulkového procesoru Microsoft Excel.

Použitá verze Crystal Ballu je 11.1.2.4. Současné MS Excel umožňují spuštění pouze 32bitové verze této aplikace. CB byl spouštěn v prostředí MS Excel 2016.

Rozhraní CB je zobrazeno jako jedna ze záložek aplikace Excel. Jeho ovládací panel je zobrazen na obrázku 4. Ve skutečném MS Excel je tato lišta pouze na jednom řádku, avšak pro větší přehlednost je na obrázku 4 rozdělena na dva.

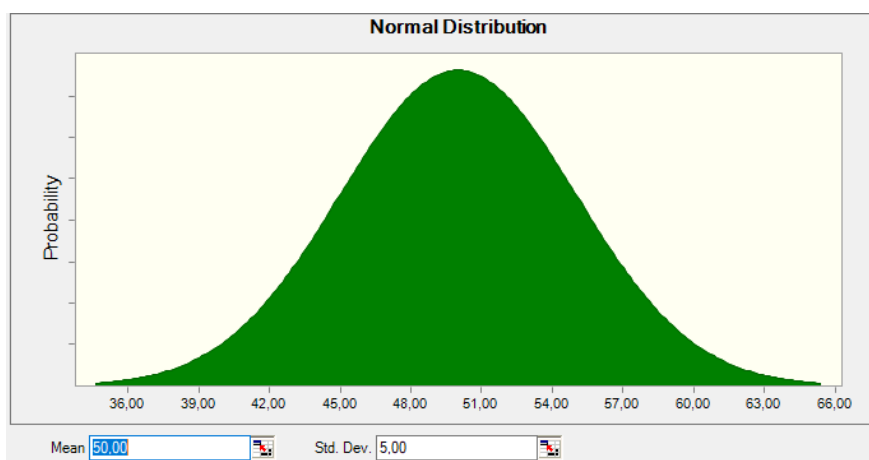


Obrázek 4: Ovládací panel Crystal Ballu

V následujícím seznamu jsou popsány funkcionality tlačítek z ovládacího panelu:

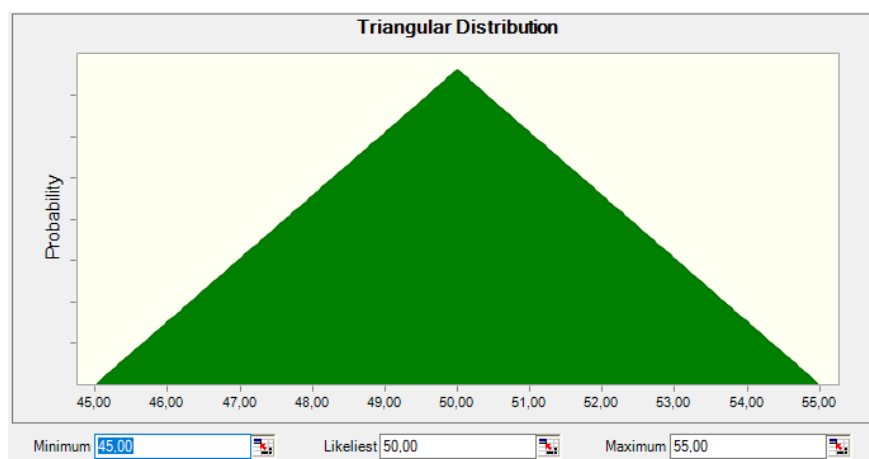
- Define Assumption – určuje rozdělení faktorů rizika
- Define Forecast – modelované kritérium
- Run Preferences – nastavení vlastností simulace (např. počet kroků)
- Create Report – vytvoří zprávu z dokončené simulace
- Extract Data – vypíše hodnoty vygenerovaných dat

Na obrázcích 5-10 jsou zobrazena nejpoužívanější pravděpodobnostní rozdělení v Crystal Ballu.



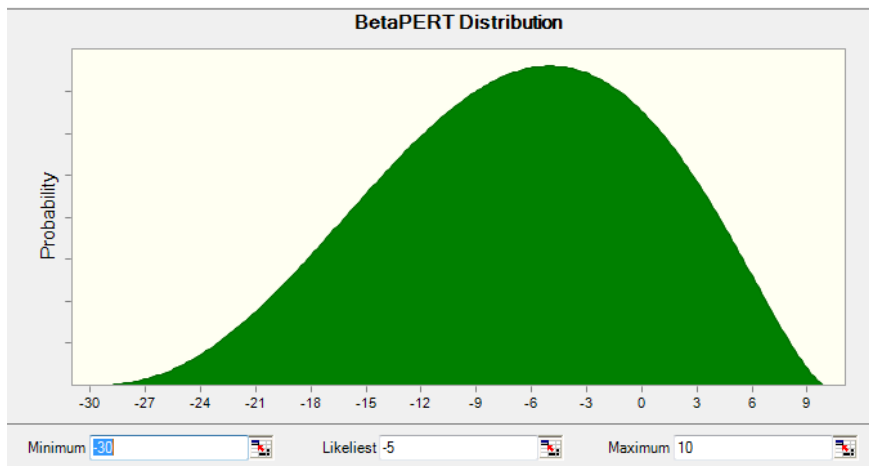
Obrázek 5: Normální rozdělení

Normální rozdělení je zřejmě nejdůležitější v celé statistice. Uplatňuje se zejména na případy, kdy výsledek je dán součtem mnoha málo významných jevů. Základními parametry jsou střední hodnota a rozptyl.



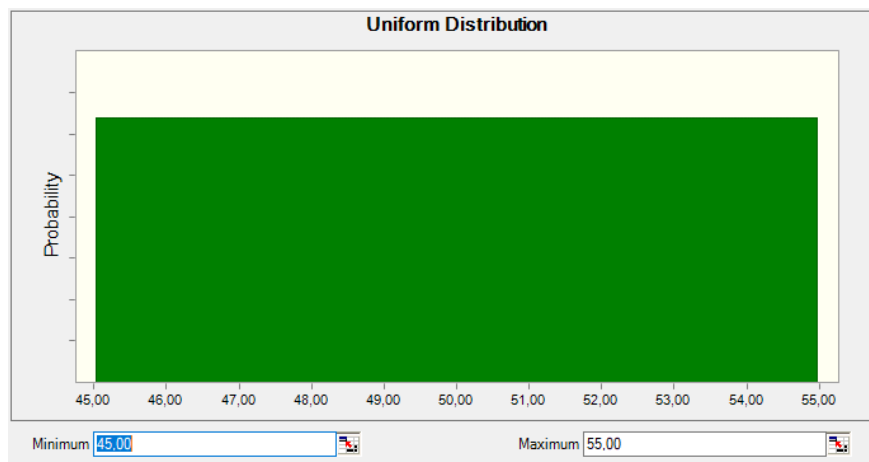
Obrázek 6: Trojúhelníkové rozdělení

Dalším velmi často používaným rozdělením je trojúhelníkové. Stačí nám znalost nejpravděpodobnější hodnoty a dvou krajních extrémů, přičemž střední hodnota je aritmetickým průměrem těchto tří parametrů.

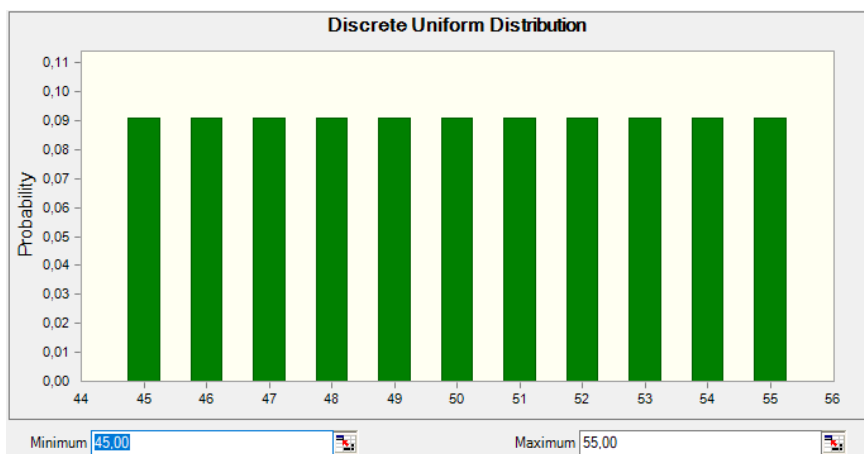


Obrázek 7: BetaPERT rozdělení

Trojúhelníkové rozdělení, které je však spojité v celém svém intervalu je BetaPERT. Největší pravděpodobnost výskytu hodnoty je okolo parametru m (nejpravděpodobnější odhad). Další dva parametry charakterizující toto rozdělení jsou α a β , čili optimistický a pesimistický odhad.

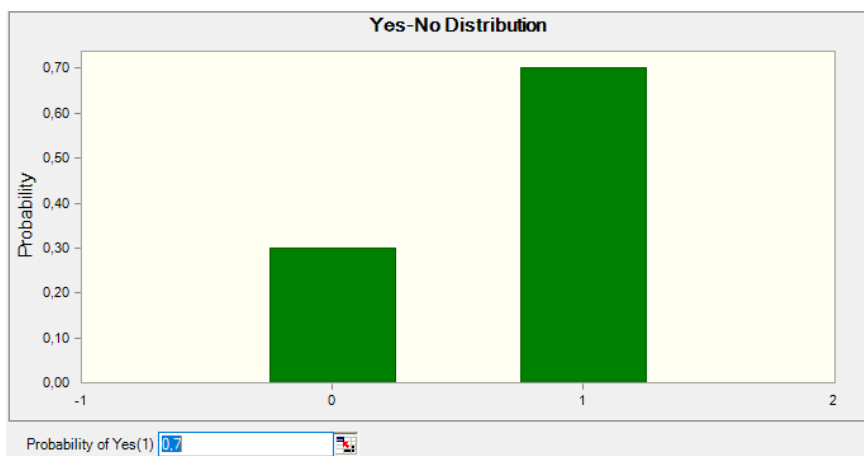


Obrázek 8: Rovnoměrné spojité rozdělení



Obrázek 9: Rovnoměrné diskrétní rozdělení

Rovnoměrné rozdělení se vyznačuje tím, že pravděpodobnost všech možných realizací je stejná. Typický příklad je hod férovou kostkou, kdy pravděpodobnost toho, že padne určité číslo je $1/6$.



Obrázek 10: Alternativní rozdělení

Toto rozdělení popisuje stav, kdy náhodný jev má pouze dva možné výsledky pravděpodobností p , že nastane, respektive $1-p$, že nenastane. Střední hodnota je dána parametrem p .

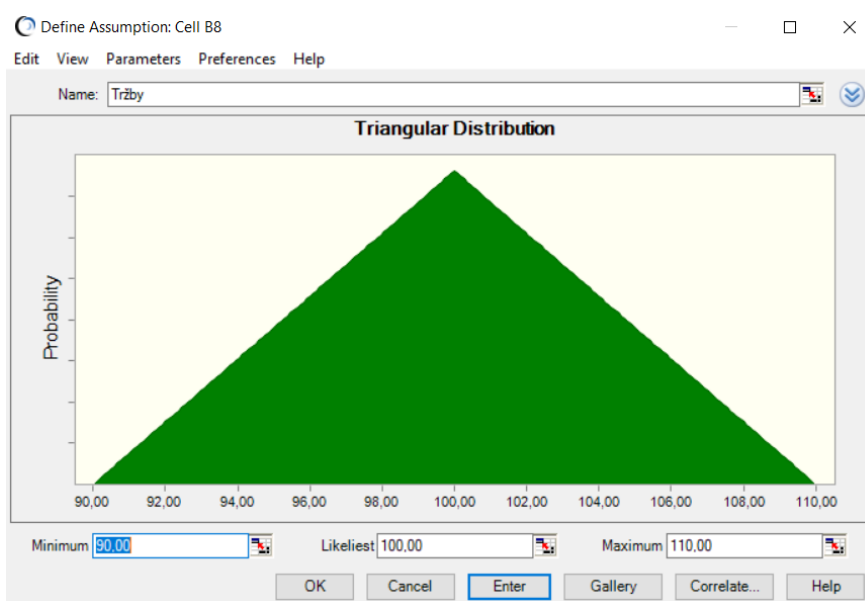
Následující příklad si klade za cíl osvětlit fungování uživatelského rozhraní Crystal Ballu. Mějme jednoduchý projekt, jehož tržby jsou 100 a mají trojúhelníkové rozdělení s mezemi 90 a 110 a nejpravděpodobnější hodnotou 100 a jehož náklady jsou 90 rovnoměrně rozdělené

v intervalu 80 a 100. Na obrázku 11 si všimněme, že Crystal Ball podbarvuje předpoklady (*assumptions*) zeleně a modelované kritérium modře.

	A	B
1	Tržby	100
2	Náklady	90
3	Zisk	10

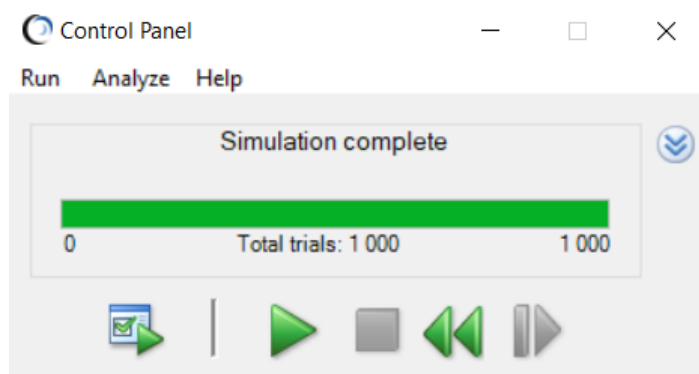
Obrázek 11: Zadání ilustračního příkladu

Rozdělení faktoru rizika definujeme pomocí kliknutí na Define Assumption a následného výběru daného rozdělení s příslušnými parametry. Na obrázku 12 je zobrazeno nastavení rozdělení tržeb.



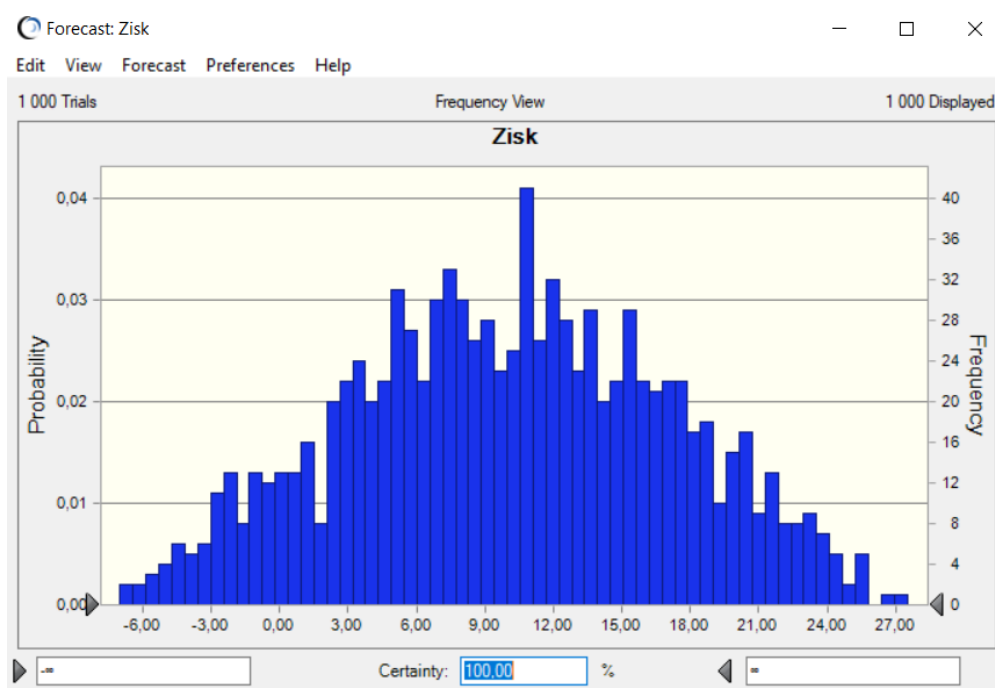
Obrázek 12: Nastavení rozdělení faktoru rizika

Po definování rizikových faktorů a modelovaného kritéria, které je v tomto případě zisk ($=B1-B2$), můžeme spustit simulaci. Ta může běžet buď po jednotlivých krocích (tlačítko step), nebo se vykoná počet nastavených kroků. Při použití tlačítka step vidíme změnu hodnotu kritéria po každém jednotlivém kroku (a různých vygenerovaných náhodných hodnotách). Na obrázku 13 je zobrazen ovládací panel simulace.



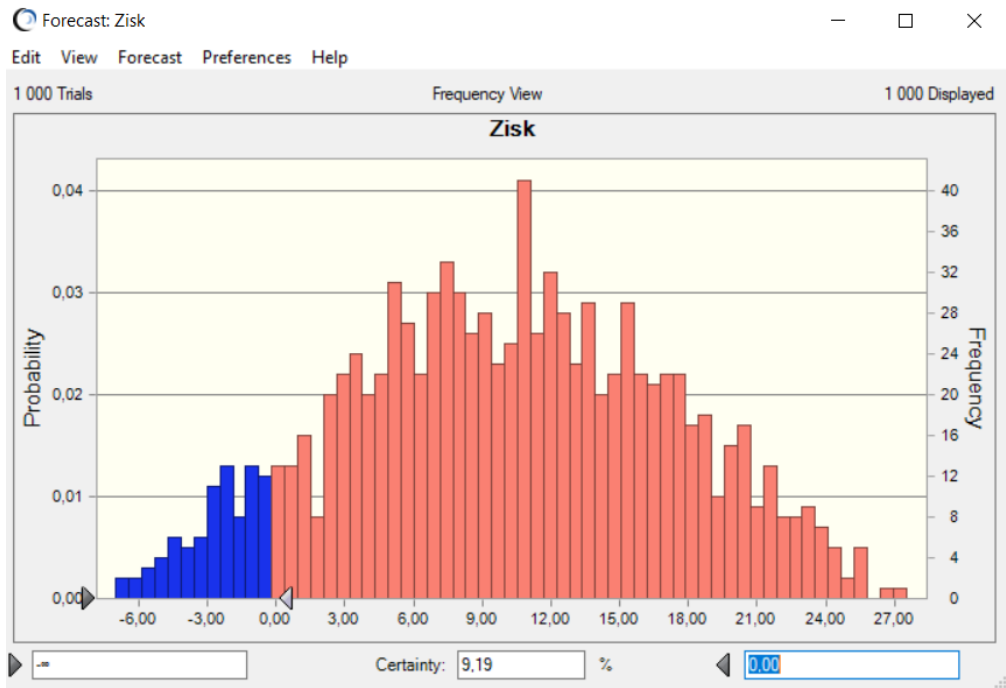
Obrázek 13: Ovládací panel simulace

Výsledek simulace po 1000 krocích je na obrázku 14. Jedná se o histogram četností různých realizací kritéria „zisk“ při příslušných vstupních veličinách s daným rozdělením pravděpodobnosti.



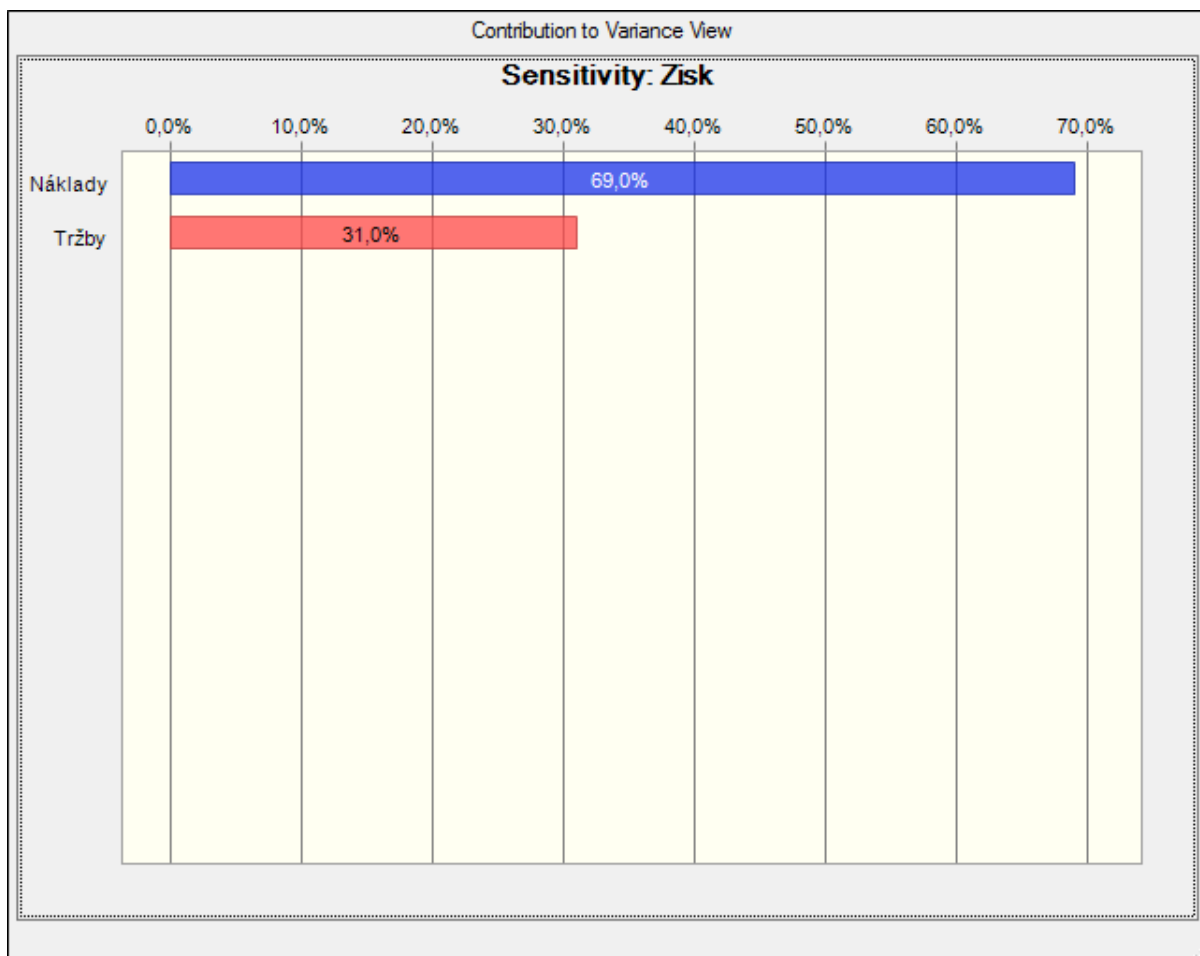
Obrázek 14: Výsledek simulace ilustračního příkladu

Zajímá nás, s jakou pravděpodobností skončí projekt se záporným ziskem. Jednoduše omezíme interval hustoty pravděpodobnosti na $(-\infty, 0)$. Na obrázku 15 vidíme, že pravděpodobnost tohoto jevu je 9,19 %.



Obrázek 15: Omezení intervalu hustoty pravděpodobnosti

Dalším velmi elegantním výstupem z Crystal Ballu je analýza citlivosti. Je nutné podotknout, že se nejedná o stejnou analýzu jako v kapitole 4.2 Stanovení významnosti faktoru rizika – analýza citlivosti. V té se hodnotí závislost sledovaného kritéria na izolované změně jednoho faktoru rizika. V této analýze se zkoumá příspěvek jednotlivých faktorů rizika k varianci (rozptylu) daného kritéria, v tomto případě čisté současné hodnoty (*Contribution to Variance*). Analýzu citlivosti demonstračního příkladu je možné vidět na obrázku 16.



Obrázek 16: Analýza citlivosti demonstračního příkladu

Jak je zřejmé z obrázku 16, 69 % variance zisku je tvořeno rizikovým faktorem náklady a pouze 31 % tržbami. To je pro tento projekt celkem pozitivní zpráva, jelikož náklady jsme zřejmě schopni více ovlivnit než tržby. To znamená, že snížením rozptylu nákladů hodně přispějeme ke snížení rozptylu zisku projektu.

6.2. Praktická aplikace

Pro modelování rizika v tomto případě je opět využit software Crystal Ball. Firma Jitomil s.r.o. se zabývá soustružením ocelových odlitků. Upravené a vysoustružené ocelové odlitky jsou v rámci dalšího zpracování v technologickém řetězci předávány dodavatelům pro strojírenský a automobilový průmysl. V rámci dlouhodobé poptávky je požadováno rozšíření výrobního provozu o 7 CNC strojů v rámci automatizovaného výrobního úseku. Vzhledem k recesi ekonomiky a vysoké investici do CNC strojů je nezbytná analýza rizikových faktorů projektu. Cílem analýzy rizika je potlačit, či zcela eliminovat, rizikové faktory z investičního projektu rozšíření výrobního provozu. Složitost a vysoká variabilita vstupních faktorů vyvolala potřebu ekonomického šetření. Výsledky ekonomického šetření jsou shrnuty níže

Každý ze 7 CNC strojů bude stát 6 milionů Kč a bude mít životnost 15 let. Po skončení ekonomické životnosti bude zůstatková cena CNC stroje 500 tisíc Kč. Počáteční investice 42 mil. Kč bude ze 40 % financována úvěrem s úrokovou sazbou 7 % a s ročními anuitními splátkami po dobu 10 let.

Portfolio vysoustružených a upravených ocelových odlitků má typy odlitků A, B, C, D, E; přičemž ceny jsou po řadě 150, 300, 200, 250, 450 Kč/ks. Za rok se vyrobí a prodá odlitků: A – 20 000 ks, B – 15 000 ks, C – 10 000 ks, D – 35 000 ks, E – 8 000 ks. V rámci ekonomického šetření byly odhadovány jednotlivé složky nákladů, přičemž je možné shrnout situaci takto. Materiálové vstupy jsou pro odlitky A, B, C, D, E po řadě 60 Kč/ks, 50 Kč/ks, 40 Kč/ks, 25 Kč/ks a 30 Kč/ks včetně DPH. Režijní náklady v rámci automatizovaného výrobního úseku činí 3 mil. Kč/rok. Náklady na energie byly odhadnuty částkou 1 mil Kč/rok. Vzhledem k charakteru soustružení dále byly specifikovány náklady na kontrolní procesy pro odlitky A, B, C, D, E po řadě ve velikosti 10 Kč/ks, 8 Kč/ks, 7 Kč/ks, 10 Kč/ks, 15 Kč/ks.

Předpokládá se, že během 15 let bude po odlitcích poptávka rovnoměrně růst 1 % ročně. Diskontní sazba projektu byla odhadnuta na 10 % p. a. Výrobní úsek bude mít celkem 12 zaměstnanců s platem 25 000 Kč ročně. Odvody na zdravotní a sociální pojištění činí 35 % hrubé mzdy. Kolektivní smlouva uvažuje o 2 % ročním růstu platu, aby byla zachována alespoň v minimální míře úroveň kupní síly.

V následující analýze si vybereme jako modelované ekonomické kritérium efektivity čistou současnou hodnotu (NPV). Stanovíme její statistické charakteristiky a provedeme citlivostní analýzu rizikových faktorů, na jejíž základě stanovíme ty nejvíce významné. Pro přehlednost uvedeme výnosy a náklady za jednotlivé roky v několika tabulkách. Tabulka 5 vyjadřuje

variabilní kusové náklady na jednotlivé typy výrobků. V tabulce 6 jsou uvedeny ceny jednotlivých druhů výrobků.

Tabulka 5: Variabilní náklady

	Materiál	Kontrola	Celkem
Typ A	60 Kč	10 Kč	70 Kč
Typ B	50 Kč	8 Kč	58 Kč
Typ C	40 Kč	7 Kč	47 Kč
Typ D	25 Kč	10 Kč	35 Kč
Typ E	30 Kč	15 Kč	45 Kč

Tabulka 6: Ceny výrobků

Typ A	150 Kč
Typ B	300 Kč
Typ C	200 Kč
Typ D	250 Kč
Typ E	450 Kč

Tabulka 7 zobrazuje vývoj poptávky v jednotlivých letech. V nultém roce je výnos úvěr ve výši 40 % ze 42 mil. Kč, tj. 16,8 mil. Kč. V tom samém období také zakoupíme 7 CNC strojů za celkovou cenu 42 mil. Kč. Výnosy v dalších letech budou rovny počtu poptávaných kusů vynásobených jejich cenou (viz tabulky 6 a 7), což je zobrazeno v tabulce 8.

Tabulka 7: Vývoj poptávky [ks]

Rok	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
D_A	-	20 000	20 200	20 402	20 606	20 812	21 020	21 230	21 443	21 657	21 874	22 092	22 313	22 537	22 762	22 989
D_B	-	15 000	15 150	15 302	15 455	15 609	15 765	15 923	16 082	16 243	16 405	16 569	16 735	16 902	17 071	17 242
D_C	-	10 000	10 100	10 201	10 303	10 406	10 510	10 615	10 721	10 829	10 937	11 046	11 157	11 268	11 381	11 495
D_D	-	35 000	35 350	35 704	36 061	36 421	36 785	37 153	37 525	37 900	38 279	38 662	39 048	39 439	39 833	40 232
D_E	-	8 000	8 080	8 161	8 242	8 325	8 408	8 492	8 577	8 663	8 749	8 837	8 925	9 015	9 105	9 196

Tabulka 8: Výnosy [mil. Kč]

Rok	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Úvěr	16,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tržby A	-	3,00	3,03	3,06	3,09	3,12	3,15	3,18	3,22	3,25	3,28	3,31	3,35	3,38	3,41	3,45
Tržby B	-	4,50	4,55	4,59	4,64	4,68	4,73	4,78	4,82	4,87	4,92	4,97	5,02	5,07	5,12	5,17
Tržby C	-	2,00	2,02	2,04	2,06	2,08	2,10	2,12	2,14	2,17	2,19	2,21	2,23	2,25	2,28	2,30
Tržby D	-	8,75	8,84	8,93	9,02	9,11	9,20	9,29	9,38	9,47	9,57	9,67	9,76	9,86	9,96	10,06
Tržby E	-	3,60	3,64	3,67	3,71	3,75	3,78	3,82	3,86	3,90	3,94	3,98	4,02	4,06	4,10	4,14
Celkem	16,80	21,85	22,07	22,29	22,51	22,74	22,96	23,19	23,43	23,66	23,90	24,14	24,38	24,62	24,87	25,12

Režijní náklady a náklady na energie jsou po celou dobu projektu konstantní ve výši 3 mil. Kč, resp. 1 mil. Kč za rok. Výše úvěru je 16,8 mil. Kč, výši roční splátky vypočteme v MS Excel jako **=PLATBA(0,07;10;16800000;0;0)**. Její výše je 2 391 942,05 Kč. Pro kontrolu byla vypočtena v i úrokové kalkulačce iDnes.cz [12] a jejich výše se shodovaly. K výpočtu výše celkového úroku v jednotlivých letech byla použita funkce **=CUMIPMT(0,07;10;16800000;1;ROK;0)**, přičemž úroky za jednotlivé roky jsou přírůstky této řady. Splátkový kalendář je zobrazen v tabulce 10. Dle zadání má každý stroj počáteční hodnotu 6 mil. Kč, dobu životnosti 15 let (stejně dlouhou jako doba životnosti projektu) a jeho zůstatková cena je 500 tis. Kč. Při zvolení rovnoměrného odpisování bude výše ročních odpisů $=7 \cdot (6000000 - 500000) / 15$, tj. 2 566 667 Kč. Variabilní náklady spočteme tak, že vynásobíme poptávané množství po jednotlivých typech výrobků jednotkovými variabilními náklady jim odpovídajícími (viz tabulky 5 a 7). Náklady projektu za všechna období jsou zobrazena v tabulce 9.

Pro výpočet čisté současné hodnoty projektu je třeba stanovit cash flow za jednotlivá období. Od výnosů odečteme náklady, ty poté zdaníme 20 % a z EBIT tak dostaneme EAT. Jelikož odpisy jsou náklady, které nejsou výdaje k EAT přičteme odpisy a máme peněžní toky po zdanění v jednotlivých letech projektu. Pro přehlednější zobrazení výnosů a nákladů je uvedena tabulka 11, kde jednotlivé variabilní výnosy i náklady jsou agregovány do jednoho řádku. Diskontní sazba projektu byla odhadnuta na 10 % p. a. Jelikož pracujeme s NPV po zdanění, diskontní sazba bude $= 0,8 \cdot 10 \%$, tj. 8 %. Cash flow v roce t stanovíme jako **$CF(t) / (1 + 0,08)^t$** . NPV bude suma těchto cash flow od roku 0 do roku 15. Interpretace získaných výsledků proběhne v kapitole 7 Závěr.

Tabulka 9: Náklady [mil. Kč] projektu za jednotlivé roky

Rok	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Nákup stroje	42,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Režie	-	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Energie	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Mzdy	-	,41	,41	,42	,43	,44	,45	,46	,47	,47	,48	,49	,50	,51	,52	,53
Úroky	-	1,18	1,09	1,00	,90	,80	,69	,57	,44	,30	,16	-	-	-	-	-
Odpisy	-	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57
Fixní celkem	-	8,15	8,07	7,99	7,90	7,80	7,70	7,59	7,47	7,34	7,21	7,06	7,07	7,08	7,09	7,10
Variabilní A	-	1,40	1,41	1,43	1,44	1,46	1,47	1,49	1,50	1,52	1,53	1,55	1,56	1,58	1,59	1,61
Variabilní B	-	,87	,88	,89	,90	,91	,91	,92	,93	,94	,95	,96	,97	,98	,99	1,00
Variabilní C	-	,47	,47	,48	,48	,49	,49	,50	,50	,51	,51	,52	,52	,53	,53	,54
Variabilní D	-	1,23	1,24	1,25	1,26	1,27	1,29	1,30	1,31	1,33	1,34	1,35	1,37	1,38	1,39	1,41
Variabilní E	-	,36	,36	,37	,37	,37	,38	,38	,39	,39	,39	,40	,40	,41	,41	,41
Variabilní celkem	42,00	4,33	4,37	4,41	4,46	4,50	4,55	4,59	4,64	4,68	4,73	4,78	4,83	4,87	4,92	4,97
Celkem	42,00	12,47	12,44	12,40	12,35	12,30	12,25	12,18	12,11	12,03	11,94	11,84	11,90	11,95	12,01	12,07

Tabulka 10: Splátkový kalendář [mil. Kč] projektu

Rok	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Úrok celkem	-	1,18	2,27	3,27	4,17	4,97	5,65	6,22	6,66	6,96	7,12	-	-	-	-	-
Úrok	-	1,18	1,09	1,00	,90	,80	,69	,57	,44	,30	,16	-	-	-	-	-
Úmor	-	1,22	1,30	1,39	1,49	1,59	1,71	1,82	1,95	2,09	2,24	-	-	-	-	-
Splátka	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	-	-	-	-	-

Tabulka 11: Zisky projektu v jednotlivých letech [mil. Kč]

Rok	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Úvěr	16,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tržby celkem	-	21,85	22,07	22,29	22,51	22,74	22,96	23,19	23,43	23,66	23,90	24,14	24,38	24,62	24,87	25,12
Výnosy celkem	16,80	21,85	22,07	22,29	22,51	22,74	22,96	23,19	23,43	23,66	23,90	24,14	24,38	24,62	24,87	25,12
Nákup stroje	42,00	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč
Režie	-	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Energie	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Mzdy	-	,41	,41	,42	,43	,44	,45	,46	,47	,47	,48	,49	,50	,51	,52	,53
Úroky	-	1,18	1,09	1,00	,90	,80	,69	,57	,44	,30	,16	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč
Odpisy	-	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57
Fixní celkem	-	8,15	8,07	7,99	7,90	7,80	7,70	7,59	7,47	7,34	7,21	7,06	7,07	7,08	7,09	7,10
Variabilní celkem	-	4,33	4,37	4,41	4,46	4,50	4,55	4,59	4,64	4,68	4,73	4,78	4,83	4,87	4,92	4,97
Náklady celkem	42,00	12,47	12,44	12,40	12,35	12,30	12,25	12,18	12,11	12,03	11,94	11,84	11,90	11,95	12,01	12,07
EBIT	-25,20	9,38	9,63	9,89	10,16	10,43	10,72	11,01	11,32	11,63	11,96	12,30	12,48	12,67	12,85	13,04
EAT	-20,16	7,50	7,70	7,91	8,13	8,35	8,57	8,81	9,05	9,31	9,57	9,84	9,99	10,13	10,28	10,43
Cash flow	-20,16	10,07	10,27	10,48	10,69	10,91	11,14	11,38	11,62	11,87	12,13	12,41	12,55	12,70	12,85	13,00
Diskont. CF	-20,16	9,32	8,81	8,32	7,86	7,43	7,02	6,64	6,28	5,94	5,62	5,32	4,98	4,67	4,38	4,10
NPV																76,52

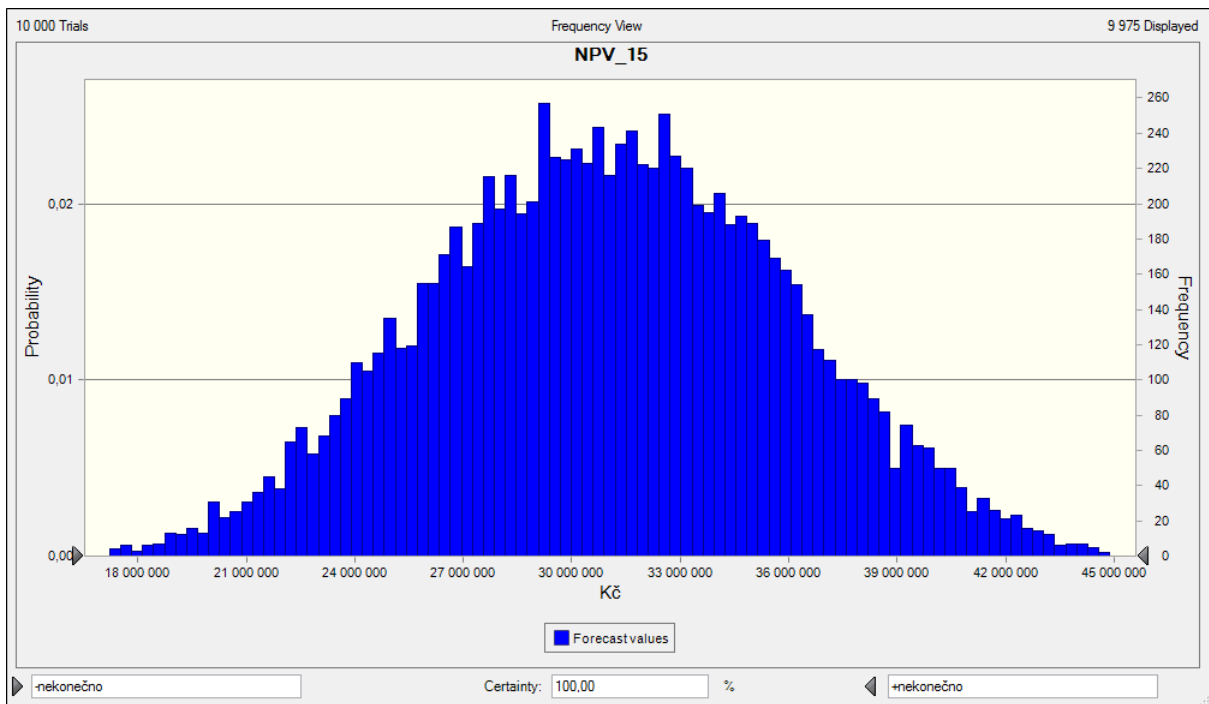
Nyní bude provedena analýza rizika pomocí softwaru Crystal Ball. Matematický model bude vycházet ze stejného zadání jako předchozí deterministickou úlohu výpočtu čisté současné hodnoty. Nyní musíme určit pro tento projekt významné faktory rizika. Expertním hodnocením byly vybrány tyto faktory: fixní náklady, variabilní náklady, prodané množství, ceny jednotlivých výrobků a daň.

Všechny vybrané faktory rizika mají spojitý charakter pravděpodobnostního rozdělení s výjimkou daně. Její rozdělení bude diskrétní a bude nabývat hodnot 20 % (pravděpodobnost 0,7) nebo 25 % (pravděpodobnost 0,3). Pro demonstraci jsou v tabulce 12 uvedeny vstupní parametry pro simulaci z 1. roku projektu. Poměry minim a maxim k nejpravděpodobnější hodnotě budou stejné ve všech letech. Mezi simulovanými proměnnými nebyly zjištěné žádné závislosti, proto nemusíme stanovovat hodnoty korelačních koeficientů.

Tabulka 12: Parametry simulace pro první rok projektu

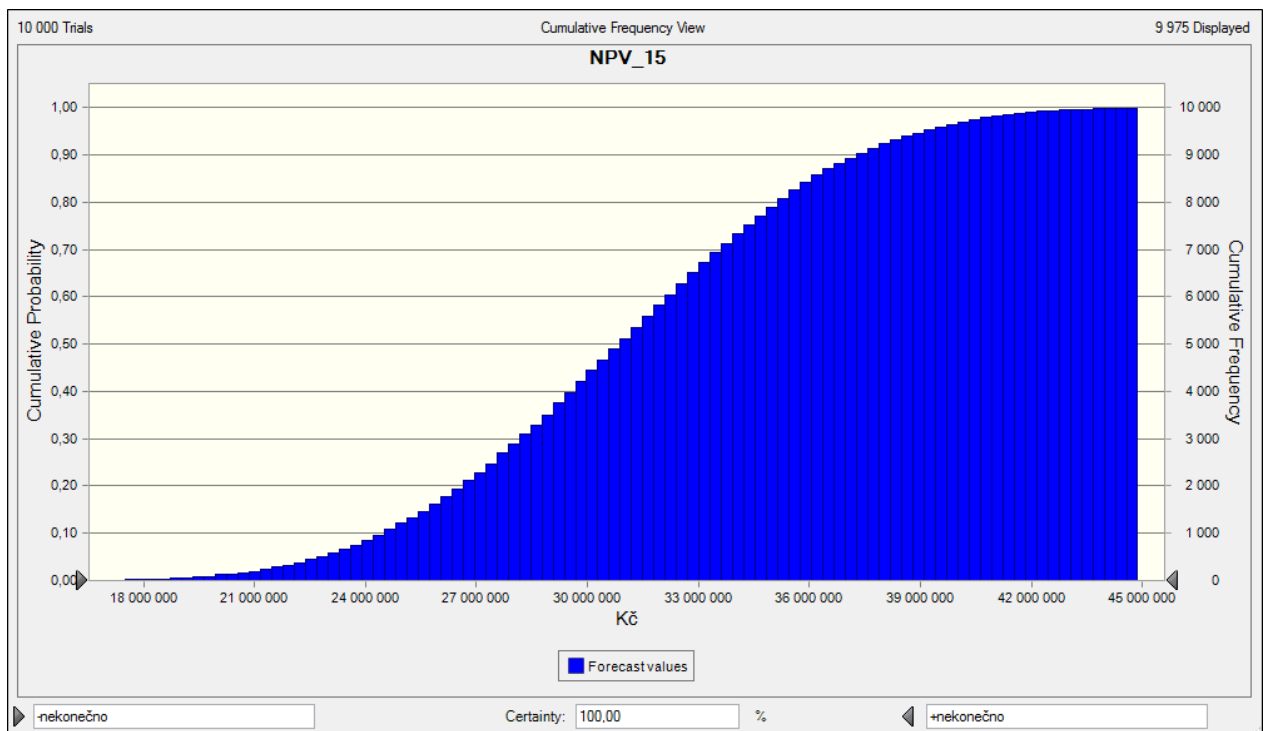
Faktor rizika	Rozdělení	Nejpravděpod.	Min	Max
Množství A	BetaPERT	20 000 ks	18 000 ks (-10%)	22 000 ks (+10%)
Množství B	BetaPERT	15 000 ks	12 750 ks (-15%)	17 250 ks (+15%)
Množství C	BetaPERT	10 000 ks	8 000 ks (-20%)	12 000 ks (+20%)
Množství D	BetaPERT	35 000 ks	31 500 ks (-10%)	38 500 ks (+10%)
Množství E	BetaPERT	8 000 ks	6 400 ks (-20%)	9 600 ks (+20%)
Cena A	Trojúhelník	100 Kč/ks	80 Kč/ks (-20%)	120 Kč/ks (+20%)
Cena B	Trojúhelník	125 Kč/ks	100 Kč/ks (-20%)	150 Kč/ks (+20%)
Cena C	Trojúhelník	150 Kč/ks	120 Kč/ks (-20%)	180 Kč/ks (+20%)
Cena D	Trojúhelník	200 Kč/ks	160 Kč/ks (-20%)	240 Kč/ks (+20%)
Cena E	Trojúhelník	400 Kč/ks	320 Kč/ks (-20%)	480 Kč/ks (+20%)
Variabilní náklady A	BetaPERT	70 Kč/ks	69 Kč/ks (-2%)	75 Kč/ks (+7%)
Variabilní náklady B	BetaPERT	58 Kč/ks	57 Kč/ks (-2%)	62 Kč/ks (+7%)
Variabilní náklady C	BetaPERT	47 Kč/ks	46 Kč/ks (-2%)	50 Kč/ks (+7%)
Variabilní náklady D	BetaPERT	35 Kč/ks	34 Kč/ks (-2%)	37 Kč/ks (+7%)
Variabilní náklady E	BetaPERT	45 Kč/ks	44 Kč/ks (-2%)	48 Kč/ks (+7%)
Fixní náklady	Trojúhelník.	12 472 667 Kč	11 723 254 Kč (-9%)	17 075 174 Kč (+34%)
Daň	Custom	20%	-	25%

Jedním z výstupů ze simulace je histogram četností hodnot čisté současné hodnoty, jenž je zobrazen na obrázku 17 na následující oddělené stránce.



Obrázek 17: Histogram četností NPV

V některých případech rozdělení hustoty pravděpodobnosti NPV není dostačující. Crystal Ball umí zobrazit také distribuční funkce náhodných veličin, což je realizováno na obrázku 18.



Obrázek 18: Distribuční funkce NPV

Tabulka 13 obsahuje statistické charakteristiky simulovaného ekonomického kritéria (NPV). Jejich význam pro hodnocení projektu bude dále interpretován.

Tabulka 13: Statistické charakteristiky NPV

Statistika	Hodnota statistiky
Počet pokusů	10 000
Střední hodnota	31 046 633 Kč
Medián	31 023 645 Kč
Směrodatná odchylka	4 938 449 Kč
Rozptyl	24 388 277 968 106 Kč ²
Variační koeficient	15,91 %
Šikmost	0,0236
Špičatost	2,72
Minimum	13 679 127 Kč
Maximum	47 146 255 Kč
Střední chyba průměru (odhad)	49 384 Kč

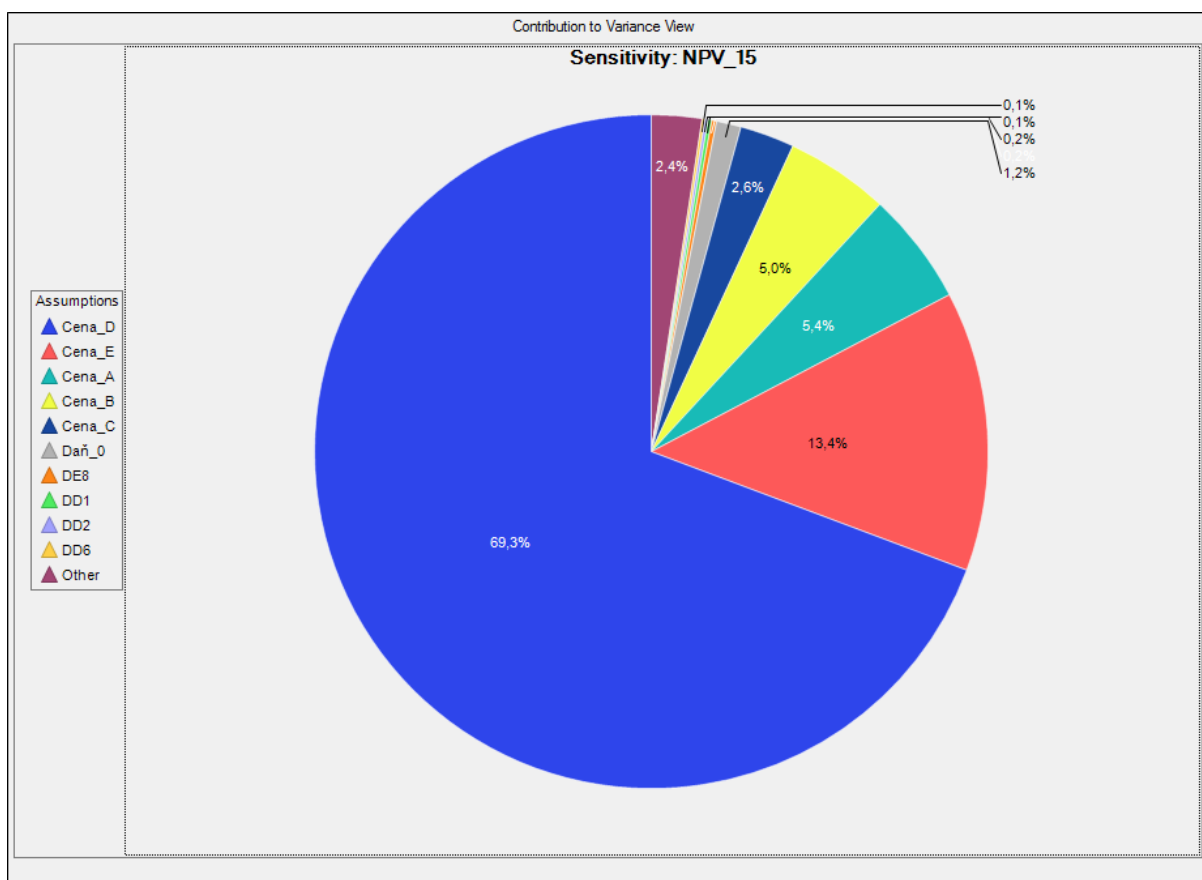
Pro stanovení intervalových odhadů používáme percentily rozdělení dané náhodné veličiny. Tyto odhady nám pomohou stanovit, s jakou pravděpodobností bude výsledek realizace náhodné veličin náležet do určitého intervalu. Tabulka 14 obsahuje percentily rozdělení NPV simulovaného projektu.

Tabulka 14: Percentily rozdělení NPV

Percentil	Predikovaná hodnota
0%	13 679 127 Kč
10%	24 610 269 Kč
20%	26 736 030 Kč
30%	28 313 954 Kč
40%	29 719 410 Kč
50%	31 023 203 Kč
60%	32 365 669 Kč
70%	33 741 793 Kč
80%	35 309 390 Kč
90%	37 457 421 Kč
100%	47 146 255 Kč

Obrázek 19 je další z výstupů simulace v Crystal Ballu. Jedná se o analýzu citlivosti čisté současné hodnoty na změny 10 nejdůležitějších rizikových faktorů. Legenda ke grafu je uvedena na bázi ukázkových příkladů:

- Cena_A = Cena produktu typu A
- Daň_0 = Daň v nultém roce projektu
- DE5 = Poptávka po produktu typu E v roce 5
- Other = Ostatní



Obrázek 19: Analýza citlivosti NPV

7 Návrh opatření ke snížení rizika projektu

Z analýzy citlivosti projektu vyplývá, že kritickým rizikovým faktorem jsou ceny produktů. Jinými slovy čistá současná hodnota je velmi citlivá na změny cen výrobků. Podstatou celé analýzy rizikových faktorů je určit, které jsou ty nejvýznamnější a jak se dá riziko jimi způsobené snížit, či, v ideálním případě, naprosto eliminovat. Jak již bylo zmíněno v kapitole 4.4 Opatření na snížení rizika, tato opatření se dělí na oslabení, resp. odstranění příčin vzniku rizika, a snížení negativních důsledků rizika.

Jako zjevné opatření, které můžeme zařadit do první kategorie, se jeví přesun rizika na jiný subjekt. Pokud máme v jednání se svými odběrateli dostatečně silnou vyjednávací pozici, je výhodné s nimi uzavřít dlouhodobé smlouvy se stanovenými cenami výrobků. Tím se rapidně sníží příspěvek tohoto rizikového faktoru v celkovém rozptylu NPV projektu. Pokud by odběratelé nebyli ochotni přistoupit k této variantě, je možné cenové riziko diverzifikovat mezi obě zúčastněné strany poměrově.

Příčinu rizika je možné snížit také zjištěním dodatečných či doplňujících informací. Můžeme detailněji analyzovat časové řady vývoje jednotlivých faktorů rizika obdobných a již zrealizovaných projektů. Na jejich základě se poté dá lépe odhadovat pravděpodobnostní rozdělení faktorů rizika našeho projektu.

Další významná ochrana proti riziku je pojištění. To snižuje nepříznivé dopady rizika. Našeho projektu by se týkalo v případě, že by část odběratelů byla z jiné země a prodejní ceny by byly stanovené například v eurech. Poté by bylo vhodné s bankou uzavřít tzv. zajištění proti kurzovému riziku. Existuje mnoho variant tohoto zajištění jako fixní kurz, zajištění kurzu v určitém pásmu atd. [13] Čím užší dané pásmo je, tím nákladnější je finanční zajištění. Je proto nutné modelovat, o kolik se tímto zajištěním sníží riziko a potom určit, zda se vyplatí za toto snížení investovat určitý obnos peněz tak, aby se jednalo o ekonomicky účelné snížení rizika.

Variabilní náklady nejsou mezi nejdůležitějšími faktory rizika. Toho se dá využít takovým způsobem, že nebudeme šetřit na výrobcích (např. na obalech, kvalitních surovinách apod.), a naopak se budeme snažit nabízet zboží v nejvyšší kvalitě. To nám umožní dlouhodobě držet o něco vyšší ceny než konkurence a tím výrazně snížíme riziko cen výrobků.

Velikost poptávky v jednotlivých letech můžeme ovlivnit kvalitní a promyšlenou marketingovou strategií. Ta by měla čerpat z analýzy trhu v již vypracované studii proveditelnosti. Kvalitní marketingový tým se poté postará o vhodnou marketingovou komunikaci. Měl by úzce spolupracovat s obchodním týmem, který by měl mít na starosti zejména větší zákazníky, se kterými je nutno pro kontinuální odběr našeho zboží udržovat dobré vztahy.

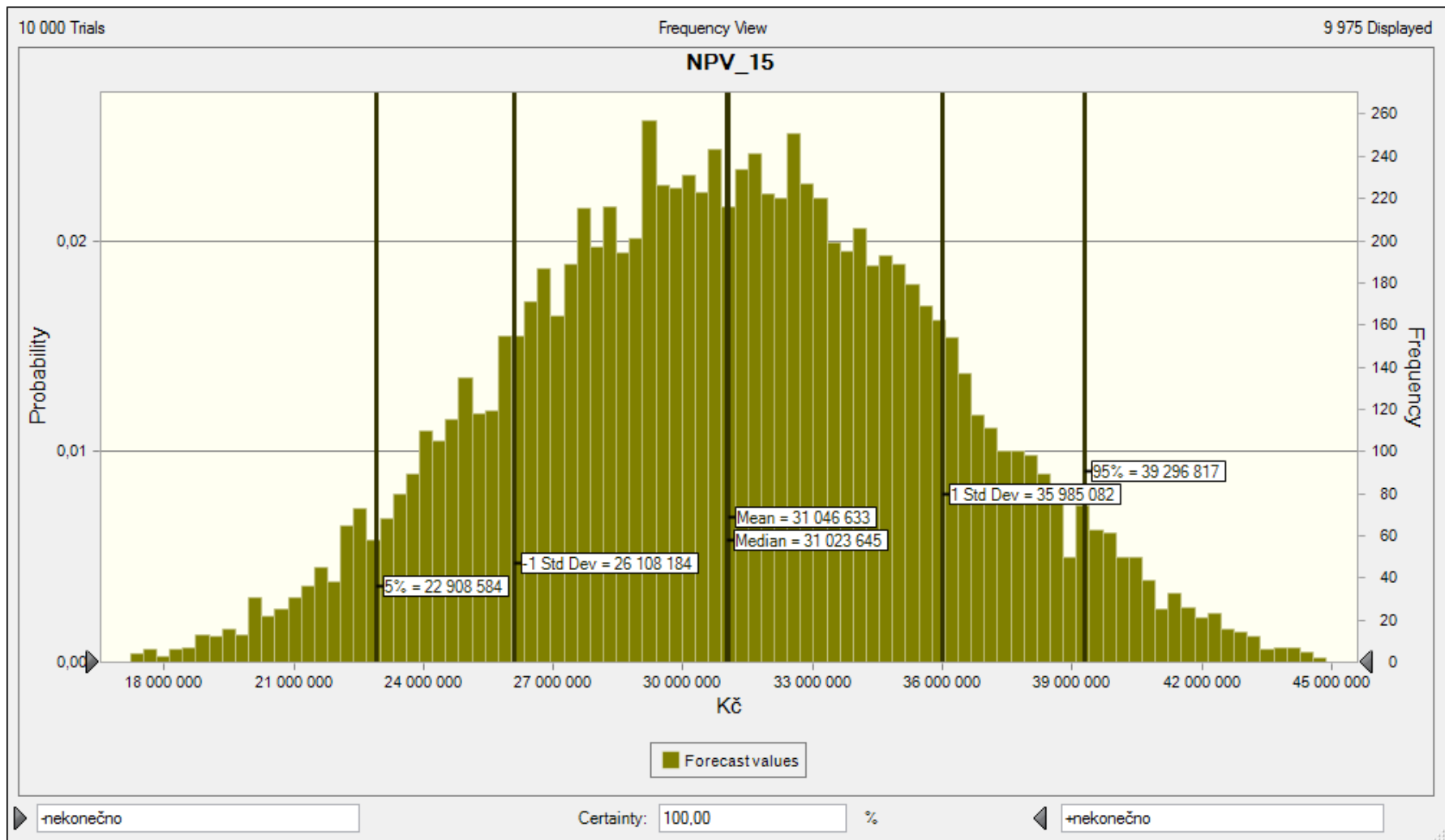
Existují zde určitá vnější rizika, která z principu nelze ovlivnit. Riziko nástupu konkurence, která bude produkovat podobně kvalitní výrobek za nižší cenu díky efektivnějšímu výrobnímu procesu, případně kvalitnější výrobek za o něco vyšší cenu, je do jisté míry zohledněno v rozptylu poptávaného množství. V současné době panuje nejistota okolo úrokových sazeb centrálních bank a dluhové bubliny. Těmito riziky se ovšem nemá cenu příliš zabývat, jelikož ze své podstaty specifikují systematické riziko, a tím pádem jsou nediverzifikovatelná.

8 Závěr

Na příkladu modelování rizika již realizovaného projektu byly ukázány přednosti práce s programem Crystal Ball. Lze ho použít na základní modelování, případně se v něm dají vytvářet i složitější statistické modely. Zajímavé by bylo srovnání dvou či více projektů na základě výstupů z Crystal Ballu..

V praktické aplikaci byl stanoven odhad čisté současné hodnoty pomocí nejpravděpodobnějších hodnot, tj. přibližně 76,52 mil. Kč. S pomocí softwaru Crystal Ball jsme určili rozdělení čisté současné hodnoty za předpokladu, že do ní vstupují ne deterministické, nýbrž náhodné veličiny. Po 10 000 iteracích simulace jsme dostali výsledek střední hodnoty NPV projektu 31,05 mil. Kč. Při vyšším počtu kroků simulace se výsledky téměř neliší. Oproti deterministickému odhadu klesla velikost čisté současné hodnoty o 40,6 % (pokud ji porovnáváme se střední hodnotou). Medián (50 % kvantil) je 31,02 mil. Kč. Je téměř stejný jako střední hodnota, což svědčí o symetričnosti daného rozdělení.

Variační rozpětí je rozdíl maximální a minimální hodnoty daného souboru. Pro tento projekt je jeho hodnota 33 347 128 Kč. Směrodatná odchylka je odmocnina z rozptylu a udává variabilitu, jak moc jsou všechny hodnoty vzdáleny od střední hodnoty. Pro náš projekt je její hodnota 4 938 449 Kč. Velmi užitečnou mírou při srovnávání variability různých projektů, případně při porovnávání více variant jednoho projektu, je variační koeficient, který je definován jako poměr směrodatné odchylky a střední hodnoty. V našem případě je jeho velikost 15,91 %. Šikmost je vlastnost náhodné veličiny, která popisuje symetričnost jejího rozdělení. Kladný koeficient šikmosti veličiny znamená to, že vpravo od střední hodnoty jsou odlehlejší hodnoty a v jejím levém okolí se vyskytují častěji a naopak. Hodnota šikmosti ze simulace je 0,0236, což není příliš signifikantní číslo. Špičatost náhodné veličiny popisuje, jak jsou veličiny rozloženy okolo střední hodnoty oproti normálnímu rozdělení (to má koeficient špičatosti 0). Koeficient menší než nula znamená, že hodnoty jsou spíše rovnoměrněji rozděleny, větší než nula je za situace, kdy hodnoty jsou koncentrovány okolo střední hodnoty. Hodnota špičatosti NPV je 2,72, což znamená, že její hodnoty jsou rozmístěny okolo střední hodnoty více, než by tomu bylo při normálním rozdělení. Střední chyba průměru odhaduje, jak moc se liší střední hodnota výběrového souboru oproti střední hodnotě celého základního souboru. V našem případě je její hodnota 49 384 Kč, což je vzhledem k velikosti střední hodnoty opět nesignifikantní. Na obrázku 19 je ještě jednou zobrazeno rozdělení čisté současné hodnoty a v něm jsou vyznačeny hodnoty střední hodnoty (*mean*), Medián, 5% a 95% kvantil a jedna směrodatná odchylka.



Obrázek 20: Rozdělení NPV se statistickými charakteristikami

Největší rizikový faktor byla v analýze citlivosti stanovena cena produktu odlitků D, ta se na rozptylu NPV podílí 69,3 %. Další významné faktory jsou ceny zbývajících výrobků. Na jejich základě byla v kapitole 7 navržena opatření, která by měla snížit celkovou rizikovost projektu. Projekt se jeví velmi ziskově z pohledu investora, z čehož plyne jasné doporučení projekt realizovat.

Řízení rizika by se v dnešní době měla týkat všech středních až velkých projektů. Je důležité si uvědomit, že práce s rizikem není jednorázovou záležitostí, nýbrž by měla projekt provázet od začátku do konce. Tato práce je velice přínosná i přes to, že zdroje dat k této práci neodpovídaly úplně skutečnosti zrealizovaného investičního projektu firmou Jitomil s.r.o. Může totiž sloužit jako materiál k problematice rizika či jako manuál k systematické práci s rizikem.

9 Použité zdroje

- [1] FOTR, J., SOUČEK, I. *Podnikatelský záměr a investiční rozhodování*. Praha: Grada, 2005. ISBN 80-247-0939-2.
- [2] MINISTERSTVO VNITRA. Studie proveditelnosti - osnova. *osf-mvcr.cz* [online]. [cit. 2017-06-26]. Dostupné z: www.osf-mvcr.cz/file/65_1_1.
- [3] SMEJKAL, V. RAIS, K. *Řízení rizik ve firmách a jiných organizacích*. Třetí rozšířené a aktualizované vydání. Praha: Grada, 2010. ISBN 978-80-247-3051-6.
- [4] FOTR, J. *Jak hodnotit a snižovat podnikatelské riziko*. Praha: Management Press, 1992. ISBN 80-85603-06-3.
- [5] Behaviorální pasti a pastičky II. *klubinvestoru.com* [online]. [cit. 2017-07-01]. Dostupné z: <http://www.klubinvestoru.com/cs/article/2896-behavioralni-pasti-a-pasticky-ii>.
- [6] MERNA, T. AL-THANI, F., F. *Risk management*. Brno: Computer Press, 2007. ISBN 978-80-251-1547-3.
- [7] KORECKÝ, M. TRKOVSKÝ, V. *Management rizik projektů se zaměřením na projekty v průmyslových podnicích*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3221-3.
- [8] FOTR, J. HNILICA, J. *Aplikovaná analýza rizika ve finančním managementu a investičním rozhodování*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2560-4.
- [9] KISLINGEROVÁ, E. *Manažerské finance*. Praha: C. H. Beck, 2004. ISBN 80-7179-802-9.
- [10] IHNED. Scénáře v analýze rizika investičních projektů. *Modernizzeni.ihned.cz* [online]. [cit. 2017-07-09]. Dostupné z: <http://modernizzeni.ihned.cz/c1-18860850-scenare-v-analyze-rizika-investicnich-projektu>.
- [11] SALAJ, T. *Návrh opatření na snížení rizik pro společnost JOSA KOVO s.r.o.* Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství. Vedoucí práce Stanislav Škapa. Dostupné z: http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=66236.

[12] IDNES. Úvěrová kalkulačka. *kalkulacky.idnes.cz* [online]. [cit. 2017-07-20]. Dostupné z: http://kalkulacky.idnes.cz/cr_uverova-kalkulacka.php?suma=16800000&urok=7%2C00&rok=10&interval=1&typ=po.

[13] ČSOB. Zajištění proti kurzovému riziku. *csob.cz* [online]. [cit. 2017-08-17]. Dostupné z: <https://www.csob.cz/portal/podnikatele-firmy-a-instituce/produkty/osetreni-trznich-rizik/zajisteni-proti-kurzovemu-riziku>.

10 Seznam obrázků

Obrázek 1: Užitek jako funkce rizika	11
Obrázek 2: Graf bodu zvratu	17
Obrázek 3: Ukázka pravděpodobnostního stromu	18
Obrázek 4: Ovládací panel Crystal Ballu	20
Obrázek 5: Normální rozdělení	21
Obrázek 6: Trojúhelníkové rozdělení	21
Obrázek 7: BetaPERT rozdělení	22
Obrázek 8: Rovnoměrné spojité rozdělení	22
Obrázek 9: Rovnoměrné diskrétní rozdělení	23
Obrázek 10: Alternativní rozdělení	23
Obrázek 11: Zadání ilustračního příkladu	24
Obrázek 12: Nastavení rozdělení faktoru rizika	24
Obrázek 13: Ovládací panel simulace	25
Obrázek 14: Výsledek simulace ilustračního příkladu	25
Obrázek 15: Omezení intervalu hustoty pravděpodobnosti	26
Obrázek 16: Analýza citlivosti demonstračního příkladu	27
Obrázek 17: Histogram četností NPV	35
Obrázek 18: Distribuční funkce NPV	35
Obrázek 19: Analýza citlivosti NPV	37
Obrázek 20: Rozdělení NPV se statistickými charakteristikami	41

11 Seznam tabulek

Tabulka 1: Stupnice kvalitativního hodnocení	14
Tabulka 2: Matice hodnocení rizik.....	14
Tabulka 3: Bod zvratu produkce	16
Tabulka 4: Provozní páka	17
Tabulka 5: Variabilní náklady	29
Tabulka 6: Ceny výrobků	29
Tabulka 7: Vývoj poptávky [ks].....	30
Tabulka 8: Výnosy [mil. Kč].....	30
Tabulka 9: Náklady [mil. Kč] projektu za jednotlivé roky.....	32
Tabulka 10: Splátkový kalendář [mil. Kč] projektu	32
Tabulka 11: Zisky projektu v jednotlivých letech [mil. Kč].....	33
Tabulka 12: Parametry simulace pro první rok projektu	34
Tabulka 13: Statistické charakteristiky NPV	36
Tabulka 14: Percentily rozdělení NPV.....	36