

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra systémového inženýrství



Bakalářská práce

**Simulace vlivu výstavby infrastruktury na chod vinárny
a cukrárny**

Dominik Škoda

© 2016 ČZU v Praze

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Dominik Škoda

Provoz a ekonomika

Název práce

Simulace vlivu výstavby infrastruktury na chod vinárny a cukrárny

Název anglicky

Simulation of infrastructure building impact on wine bar and candy store economic performance

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je sestavení funkčního simulačního modelu zkoumajícího vliv výstavby kanalizace na chod cukrárny a vinárny v Osečné. Práce bude zaměřena především na příliv/odliv zákazníků v období výstavby a následně analýzu měsíčních tržeb za poslední dva roky provozu. Interpretace výsledků modelu se bude soustředit na identifikaci a analýzu vzniklých ekonomických deficitů.

Metodika

- školení s odbornou firmou
- nastudování odborné literatury
- sestavení smyčkového diagramu
- tvorba simulačního modelu pro vybraný podnik
- interpretace a testování modelu
- simulace scénářů
- interpretace výsledku
- analýza a návrh řešení

Doporučený rozsah práce

30-40 stran

Klíčová slova

System, Systémová dynamika, zpětnovazebná smyčka, stavová proměnná, troková proměnná, počítačová simulace

Doporučené zdroje informací

BOSSSEL, H. *System Zoo 1 simulation models : elementary systems, physics, engineering*. Norderstedt: Books of Demand GmbH, 2007. ISBN 978-3-8334-8422-3.

BOSSSEL, H. *System Zoo 3 simulation models : economy, society, development*. Norderstedt: Books of Demand GmbH, 2007. ISBN 978-3-8334-8424-7.

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. PROVOZNĚ EKONOMICKÁ FAKULTA, – KREJČÍ, I. – KVASNIČKA, R. *Systémová dynamika I*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2014. ISBN 9788021324787.

FORRESTER, J. W. 1987a. 14 "obvious truths". *System Dynamics Review*, vol. 3, no. 2, s. 156-159. ISSN 1099-1727.

FORRESTER, J. W. 1987b. Lessons from system dynamics modelling. *System Dynamics Review*, vol. 3, no. 2, s. 136-149. ISSN 1099-1727.

MEADOWS, D. H. 2008. *Thinking in Systems. A Primer*. White River Junction: Chelsea Green Publishing Company, 240 s. ISBN 978-60358-055-7.

SENGE, P M. *Pátá disciplína : teorie a praxe učící se organizace*. Praha: Management Press, 2007. ISBN 978-80-7261-162-1.

STERMAN, J. *Business dynamics : systems thinking and modeling for a complex world*. Boston: McGraw-Hill, 2000. ISBN 007238915.

VOJTKO, V., MILDEOVÁ, S. 2007. *Dynamika trhu: jak pochopit síly, které mění trhy, konkurenci a podnikání*. Praha: Profess Consulting, 124 s. ISBN 978-80-7259-052-0.

Předběžný termín obhajoby

2015/16 LS – PEF

Vedoucí práce

Ing. Igor Krejčí, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra systémového inženýrství

Elektronicky schváleno dne 25. 9. 2015

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 10. 11. 2015

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 08. 03. 2016

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „*Simulace vlivu výstavby infrastruktury na chod vinárny a cukrárny*“ jsem vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použité literatury na konci této práce.

V Praze dne

Podpis: _____

Poděkování

Zde bych rád vyjádřil své poděkování vedoucímu práce Ing. Igoru Krejčímu za odborné vedení, užitečné rady a pomoc při sestavování modelu systémové dynamiky. Dále bych rád poděkoval Ing. Marku Šustovi a Ing. Janu Čánovi za poskytnuté školení, které bylo kvalitním základem pro sepsání této bakalářské práce. Nakonec bych rád poděkoval rodičům za všestrannou podporu a obětavý přístup.

Simulace vlivu výstavby infrastruktury na chod vinárny a cukrárny

Simulation of infrastructure building impact on wine bar and candy store economic performance

Souhrn

Bakalářská práce se věnuje aplikaci systémové dynamiky na menší podnik, který je v posledních letech ovlivňován výstavbou kanalizace. Teoretická část bakalářské práce se zabývá obecným popisem systémové dynamiky, kde je stručně popsán její vznik a vývoj. V další části se zabývá vysvětlením základních pojmů týkajících se systémové dynamiky. Popisuje rozdíl mezi systémovým a lineárním myšlením. V teoretické části jsou též uvedeny nástroje, kterými systémová dynamika disponuje, a následně popsány struktury, jež se v praxi objevují a jsou často používány v komplexnějších modelech. Praktická část se pak zabývá popisem a činností modelovaného podniku. Jsou zde uvedeny vymodelované struktury v programu Vensim PLE, jež vedly k dosažení cíle bakalářské práce. Věnuje se aplikaci scénářů do diagramu stavů a toků a následnou interpretací výsledků.

Klíčová slova:

Systém, systémová dynamika, systémové myšlení, příčinně smyčkový diagram, diagram stavů a toků, zpětnovazební smyčka, sebeposilující smyčka, vyvažovací smyčka, stavová proměnná, toková proměnná, základní struktury systémové dynamiky.

Summary

The bachelor thesis deals with the application of system dynamics to a small business, which has been affected by a sewage system construction in the past few years. The theoretical part of this thesis describes to a general description of system dynamics, including its history and development. It focuses on the definition of some of the basic terms used in system dynamics and specifies the difference between system and linear thinking. It also provides a description of tools used in system dynamics and a characterization of structures frequently used in practice and often used in complex models. The practical part gives information about the activity field and the conduct of the modelled business. It

introduces modelled structures, created using Vensim PLE software, which helped to achieve the final aim of this Bachelor thesis. The stock and flow diagram scripts and the following result interpretation are included.

Keywords:

System, system dynamics, system thinking, causal loop diagram, stock and flow diagram, feedback loop, reinforcing feedback loop, balancing feedback loop, stock variable, flow variable, basic structures of system dynamics.

Obsah

1	Úvod	11
2	Cíl a metodika práce	12
2.1	Cíl práce.....	12
2.2	Metodika práce.....	12
3	Vznik a vývoj systémové dynamiky	14
4	Systémová dynamika	17
4.1	System	17
4.2	Zpětná vazba	17
4.3	Zpoždění	17
4.4	Nelinearita vazeb.....	18
5	Systémové myšlení	19
5.1	Definice podle Barryho Richmonda.....	19
5.2	Definice podle Petra Sengeho	19
5.3	Systémoví myslitelé	19
5.4	Lineární myšlení	20
5.5	Kritické systémové myšlení.....	21
6	Základní nástroje systémové dynamiky	22
6.1	Příčinně smyčkový diagram (CLD)	22
6.1.1	Sebeposilující smyčka	22
6.1.2	Vyvažující smyčka	23
6.1.3	Určení typu zpětnovazební smyčky	23
6.2	Diagram stavů a toků (SFD)	24
7	Základní struktury systémové dynamiky	26
7.1	Exponenciální růst.....	26

7.2	Exponenciální pokles	27
7.3	Cíle hledající struktura	28
8	Vlastní práce.....	29
8.1	Vinárna a cukrárna v Osečné	29
8.2	Vytváření modelu systémové dynamiky	30
8.2.1	Stanovení cíle budoucího modelu	30
8.2.2	Příčinně smyčkový diagram	30
8.2.3	Diagram stavů a toků.....	34
8.2.4	Popis modelovaného diagramu stavů a toků	34
8.2.5	Návrhy scénářů	44
8.3	Zhodnocení výsledků modelu	49
9	Závěr	50
10	Seznam použitých zdrojů	51
10.1	Tištěné zdroje	51
10.2	Internetové zdroje	51
11	Přílohy.....	53
12	Zvláštní přílohy	57

Seznam obrázků

Obrázek 1	Lineární a systémové myšlení.....	21
Obrázek 2	Základní prvky SFD	25
Obrázek 3	Exponenciální růst.....	27
Obrázek 4	Exponenciální pokles.....	28
Obrázek 5	Cíl hledající struktura	28
Obrázek 6	Příčinně smyčkový diagram.....	33
Obrázek 7	Struktura poptávky po vínu.....	35
Obrázek 8	Struktura kasy - příjmy	36
Obrázek 9	Struktura kasy - výdaje	38

Obrázek 10	Struktura skladu vína	40
Obrázek 11	Struktura nutno splatit	42
Obrázek 12	Celá struktura modelu	43
Obrázek 13	Graf kasy	45
Obrázek 14	Poptávky po zboží	46
Obrázek 15	Scénář B - požadovaná mzda	47
Obrázek 16	Vliv výše mezd na kasu	48
Obrázek 17	Struktura nutno splatit	48

Seznam tabulek

Tabulka 1	Proměnné modelu - poptávka	35
Tabulka 2	Proměnné modelu - kasa a příjmy	37
Tabulka 3	Proměnné modelu - kasa a výdaje	39
Tabulka 4	Proměnné modelu - sklad	41
Tabulka 5	Proměnné modelu - nutno splatit	42

Seznam příloh

Příloha 1	Graf kapacity	53
Příloha 2	Reálná poptávka po víně	54
Příloha 3	Reálná poptávka po pivu	54
Příloha 4	Reálná poptávka po zákuscích	55
Příloha 5	Reálná poptávka po ostatním zboží	55
Příloha 6	Mzdy zakladatelů	56

1 Úvod

Systémová dynamika se postupně vyvíjela od 50. let minulého století, kdy byla poprvé popsána profesorem J. W. Forresterem. Od počátků sloužila především k lepšímu pochopení prvků a jednotlivých vazeb mezi těmito prvky v systému. Dnes se jedná především o nástroj, který využívá počítačových simulací k odhalení problémového chování systémů a následné nápravě tohoto chování. Též ji lze využít pro testování specifických scénářů pro budoucí rozhodování či plánování činností podniků.

Přestože systémová dynamika slouží jako kvalitní nástroj pro operativní řízení již několik desítek let, mezi širokou veřejností stále není příliš známá. To autora vedlo k tomu, aby se v teoretické části práce zabýval především základy systémové dynamiky, které povedou k bližšímu seznámení čtenářů s touto problematikou. Práce se dále zabývá rozdílem mezi lineárním a systémovým myšlením. V následující kapitole jsou uvedeny nástroje systémové dynamiky – příčinně smyčkové diagramy a diagramy stavů a toků. V poslední kapitole teoretické části se práce bude věnovat základním strukturám, které se běžně objevují v komplexnějších modelech.

V praktické části bude čtenář seznámen s modelovaným podnikem a oblastí, ve které byl podnik založen. Také zde bude seznámen s příčinně smyčkovým diagramem a diagramem stavů a toků, které slouží jako základ pro získání požadovaných výsledků. V kapitole Návrhy scénářů budou představeny jednotlivé scénáře, které byly aplikovány do diagramu stavů a toků a poté budou získané výsledky interpretovány v poslední kapitole práce.

2 Cíl a metodika práce

2.1 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je sestavení funkčního simulačního modelu zkoumajícího vliv výstavby kanalizace na chod cukrárny a vinárny v Osečné. Práce bude zaměřena především na příliv/odliv zákazníků v období výstavby, respektive na vyčíslení deficitu zisku v období uzavření hlavní příjezdové komunikace k podniku. Následně se zaměří na analýzu měsíčních tržeb za poslední dva roky provozu. Interpretace výsledků modelu se bude soustředit na identifikaci a analýzu vzniklých ekonomických deficitů.

2.2 Metodika práce

1. Školení s odbornou firmou

Jednalo se o dvoudenní školení s odbornou praxí, kde zástupci společnosti Proverbs, a.s. seznamovali účastníky kurzu s aplikací systémové dynamiky na jednotlivé specifické druhy systémů. Na tomto školení byly vysvětleny základy systémové dynamiky, přechod z lineárního do systémového myšlení a také princip tvorby funkčních modelů a následná interpretace získaných výsledků těchto modelů.

2. Nastudování odborné literatury

Studiem odborné literatury lze získat základ pro orientaci v systémové dynamice, který lze dále aplikovat při tvorbě příčinně smyčkových diagramů a diagramů stavů a toků.

3. Sestavení příčinně smyčkového diagramu

Pro sestrojování finálního modelu je velmi důležité si uvědomit závislosti mezi proměnnými ve zkoumaném systému, proto je zpočátku lepší převést si jakýsi mentální model do příčinně smyčkového diagramu, který autorovi podá kvalitní základ pro vytváření diagramu stavů a toků.

4. Tvorba simulačního modelu

Příčinně smyčkový diagram bude převeden na diagram stavů a toků v programu Vensim PLE, kde již budou matematicky vyjádřeny všechny důležité proměnné a vazby v systému.

5. Interpretace a testování modelu

V této části bude docházet k finálním úpravám základního modelu. Důležité je, aby všechny proměnné byly nastaveny správně a model tak co nejvíce odpovídal realitě.

6. Simulace scénářů

Pro získání výsledků je nezbytné mít přesně stanovený cíl, respektive je důležité vědět, co je od daného modelu očekáváno. V této fázi již budou do modelu zakomponované jednotlivé struktury zkoumající chování systému v čase, ze kterých se budou dále čerpat výsledky.

7. Interpretace výsledků

Na konci práce, kdy již bude model poskytovat data z jednotlivých scénářů, budou v práci shrnuty výsledky, které budou následně interpretovány.

3 Vznik a vývoj systémové dynamiky

Pojem systémová dynamika byl poprvé blíže definován a popsán v 50. letech 20. století. Za jejími počátky stál profesor Jay Wright Forrester z Massachusettského technologického institutu (MIT). Jeho prvním cílem po vstupu na půdu MIT Sloan School of Management¹ bylo zjistit, jakým způsobem by mohl využít své znalosti vědy, techniky a ekonomie a určitým způsobem je skloubit dohromady. Zabýval se především zkoumáním příčin úspěchů a neúspěchů organizací, což ho přivedlo i k projektu, ve kterém dokázal aplikovat své dovednosti.

Projekt se týkal určení příčiny výkyvů v produkci, stavů zásob, zaměstnanosti a zisku ve společnosti GE². Jednalo se o neustále se opakující problém s nekonstantními stavu produkce v GE, kdy pracovníci museli jedno období pracovat až na čtyři směny a v následujícím období byli propouštěni pro nedostatek práce. Zpočátku byli manažeri GE přesvědčeni, že danou fluktuaci způsobují vnější faktory, respektive hospodářské cykly. Jay W. Forrester se tedy rozhodl pro podrobnou analýzu situace podniku. Zaměřil se na komplexnost systému a zjistil, že mezi dopravou, zásobami a výrobou chybí zpětné vazby, které by dokázaly stabilizovat chod společnosti. To znamenalo, že i při rovnovážné poptávce, jakékoli (i rozumné) rozhodnutí vedení vedlo k oscilaci a tím tedy i vzniku problému s produkcí, ztrátám a zaměstnaností³. Potvrdilo se, že původní hypotéza nebyla pravdivá, a že za danými problémy stojí vnitřní struktura společnosti. Zajímavé je, že simulace, které vedly k vyřešení daného problému, byly původně vypracovány ručně, pouze určitá data z pozorování byla zaznamenávána v laboratorním počítači J. W. Forrestera. Později se však Forrester rozhodl celý tento případ nasimulovat pomocí počítače, aby ukázal, jak by se mohla využít zpětná kontrola pro podporu rozhodování na manažerských pozicích. Na tomto základě sepsal dokument *Industrial Dynamics*.⁴

¹ Obchodní škola spadající pod Massachusettský technologický institut technologií, Cambridge.

² General Electric Company (GE) - nadnárodní společnost se sídlem v městě Fairfield. Podniká v oblastech finančnictví, energetiky, médiích a dalších.

³ Tato nestabilita se nazývá Bullwhip effect – efekt biče.

⁴ STERMAN, J. D., LANE, D. C., *Profiles in Operations Research: Jay Wright Forrester*, s. 7.

V následujících letech se J. W. Forrester a několik jeho dalších studentů začali orientovat na převedení systémové dynamiky z ručního modelování k počítačovému. To se povedlo roku 1958, kdy byl Richardem Bennettem vyvinut první simulační jazyk SIMPLE (Simulation of Industrial Management Problems with Lots of Equations). O rok později byla sepsaná modernější verze jazyka nesoucí jméno DYNAMO (DYNAMIC Models), čímž se vytvořila stabilní a jednotná základna pro vytváření počítačových simulací. Na bázi dynamic models vzniklo několik softwarových balíčků pro dynamické modelování – iThink, Powervensim, Vensim a mnoho dalších.⁵

Na počátku 60. let 20. století se zejména v USA začala aplikovat systémová dynamika téměř na všechny korporátní a manažerské problémy (výuka, poradenství, výzkum, praktické aplikace pro správu, atp.). Na konci 60. let 20. století se však Forrester a jeho spolupracovníci rozhodli zaměřit se na obecnější problémy, jimiž byly například otázky veřejného pořádku, zdravotnictví, řízení pořádku a politiky. V této době se mění industriální dynamika na systémovou dynamiku.⁶

První aplikací systémové dynamiky pro nekorporátní účely bylo Urban Dynamics⁷. Jedná se o studii popisující základ rozvoje, stagnaci, pokles a obnovu měst. Celý projekt začal poté, co starosta města Bostonu, John F. Collins, již nekandidoval ve třetím volebním období, ale začal pracovat pro MIT. Spolu s J. W. Forresterem začali tvořit model, který měl přiblížit problematiku měst. Na základě zkušeností Collinse s řízením měst a zkušeností se systémovou dynamikou Forrestera, sestavili model fungujícího města, které se rozrůstalo, vyvíjelo, stagnovalo a upadalo. Model objasnil, proč strategie aplikované na záchranu města od chudoby v průběhu několika let selhávaly a proč jsou problémy občanů, zejména těch chudých, ještě horší. Tento model byl často kritizován, přestože důkladné analýzy prokázaly, že je to model velice přesný.⁸

V roce 1970 byl J. W. Forrester pozván na zasedání Římského klubu⁹ ve švýcarském Bernu. Zde se řešila otázka, kterou členové klubu popisovali jako „predicament of mankind“ (dilema lidstva). Jedná se o globální krizi, která by se měla objevit v nedaleké

⁵ MILDEOVÁ, S., VOJTKO, V. a kol., *Systémová dynamika* s. 9.

⁶ KRAFFT, J., *INTRODUCTION: WHAT DO WE KNOW ABOUT INDUSTRIAL DYNAMICS?*, s. 1-4.

⁷ FORRESTER, J. W. 1969. *Urban Dynamics*.

⁸ STERMAN, J. D., LANE, D. C., *Profiles in Operations Research: Jay Wright Forrester*, s. 11.

⁹ Společnost založená roku 1968. Římský klub se zabývá řadou mezinárodních politických otázek. Zabývá se řadou globálních problémů – růst populace, ekologické katastrofy, vyčerpání nerostných surovin atp.

budoucnosti. Krize vznikala v souvislosti s nadměrným využíváním neobnovitelných a obnovitelných zdrojů, které roste exponenciálně s růstem populace. Na zasedání byl také Forrester dotázán, zdali by bylo možné vytvořit model, který by simuloval možné dopady předvídané krize. Odpověděl kladně, a tak již v letadle začal pracovat na modelu, který by se zabýval celosvětovým socioekonomickým systémem. Tento model pojmenoval WORLD1. Forrester vytvořil model zachycující zpětné vazby mezi obyvatelstvem, přírodními zdroji, znečištěním, zemědělskou a průmyslovou výrobou, kapitálovými investicemi a kvalitou života. Po svém návratu do Spojených států na tomto modelu dále pracoval a výsledný model pojmenoval WORLD2, který publikoval ve své knize *World Dynamics* (1979).

V této knize položil řadu otázek o vztahu mezi růstem obyvatelstva a kvalitou života, což vyvolalo obrovské diskuze na populárních a odborných fórech po celém světě. I přesto, že byl model velmi často kritizován pro své nedostatky, vzniklo na jeho základě mnoho dalších populárních děl. Mezi jedno ze známějších děl patří kniha *The Limits to Growth*¹⁰, která vychází z modelu WORLD3 a pracuje s pěti proměnnými - světová populace, industrializace, znečištění, produkce potravin a vyčerpání zdrojů.¹¹

¹⁰ MEADOWS, D. H., MEADOWS D. L., RANDERS, J., *The limits to growth*.

¹¹ STERMAN, J. D., LANE, D. C., *Profiles in Operations Research: Jay Wright Forrester*, s. 12-15.

4 Systémová dynamika

Systémová dynamika je vědní disciplína sloužící pro pochopení, navrhování a řízení změn v systémech. Modely se zabývají vztahy mezi prvky v systému a tím jak jsou tyto vztahy ovlivňovány chováním systému v průběhu času. Pomocí systémové dynamiky lze snáze identifikovat problém, určit příčiny problému nebo zjistit z jakého důvodu nefungují použité metody a následně použít metody efektivnější. V systémové dynamice se klade důraz hlavně na čtyři pojmy – struktura systému, zpětné vazby, zpoždění a nelinearita vazeb.¹²

4.1 Systém

„Systém není jen nějaká prostá sbírka věcí. Systém je propojený soubor prvků, které jsou koherentně organizované tak, aby něčeho dosahovaly.“¹³

Systém je konečná množina prvků propojená konečnou množinou vazeb mezi těmito prvky. Tyto prvky jsou účelně uspořádány a spojeny do jednotné soustavy. Tato soustava pak vykazuje určité chování, které směřuje k dosažení nějakého cíle nebo funkce. V systému jsou důležité i zpětné vazby, podle kterých lze provádět rozhodnutí.¹⁴

4.2 Zpětná vazba

Zpětné vazby jsou nástroji systémové dynamiky, pomocí níž lze konceptualizovat struktura komplexních systémů. Existence zpětných vazeb lze v modelech identifikovat pomocí chování systému v čase. Pokud u sledovaných proměnných dochází k růstu vstupní hodnoty, jedná se o sebezposilující zpětnou vazbu. Pokud u sledovaných proměnných dochází k působení proti vstupní hodnotě, jedná se o vyvažující zpětnou vazbu. Více o zpětných vazbách v kapitole 6 *Základní nástroje systémové dynamiky*.¹⁵

4.3 Zpoždění

Stavové proměnné v modelu bývají často ovlivněny zpožděním mezi vstupním tokem a výstupním tokem. Zpoždění se rozlišuje na zpoždění materiálové a informační.

¹² KREJČÍ, I., KVASNIČKA, R., *Systémová dynamika 1.*, s. 4.

¹³ MEADOWS, D. H., *Thinking in Systems. A Primer.*, s. 11.

¹⁴ KREJČÍ, I., KVASNIČKA, R., *Systémová dynamika 1.*, s. 4.

¹⁵ System dynamics society: Introduction to System Dynamics. In: *System Dynamics* [online]. [cit. 2016-03-06]. Dostupné z: <http://www.systemdynamics.org/what-is-s/#loop>.

Materiálové zpoždění – představuje zpoždění výstupu produktu oproti vstupu materiálu. Výroba nemůže nastat bez práce, materiálu, kapitálu a dalších zdrojů. Míra zpoždění je někdy tak vysoká relativně k míře přítoku, že se dá předpokládat, že odtok závisí pouze na přechozích přítocích.¹⁶

Příkladem materiálového zpoždění je jakékoli dodávání materiálu do výroby. Objednaný materiál není přímo k dispozici na skladě, ale je na cestě do skladu.

Informační zpoždění – jedná se o postupné přizpůsobování určité změně v systému. Je velmi důležité mít informace o veškerých těchto změnách a nejednat unáhleně. Efektivnější je rozdělit každou změnu na časový interval a eliminovat ji postupně. Tím se zabrání vzniku zbytečným oscilacím v modelu.¹⁷

Příkladem informačního zpoždění je prodej automobilů, kdy vstupem jsou vyrobené automobily, a výstupem je počet prodaných automobilů. Dlouhodobě je určen nějaký průměrný prodej automobilů za den, je ale nutné počítat s možnými změnami. Jeden den se může prodat více kusů, proto se zde použije zpoždění, které bude reagovat na změnu poptávky opožděně. Tím se stabilizuje výroba a nebude docházet k nadprodukcí či podprodukcí v porovnání s rovnovážným stavem.¹⁸

4.4 Nelinearita vazeb

Nelinearita hraje ústřední roli v dynamice komplexních systémů. Lineární systémy jsou jednodušší pro analytické rozbory, avšak v realitě většina reakcí nebývá proporcionální k akci.

„Nelinearity nejsou důležité jen proto, že zmatou naše očekávání o vztahu mezi akcí a reakcí. Jsou ještě důležitější, protože změní relativní sílu zpětnovazební smyčky.“¹⁹

¹⁶ STERMAN, J. D., *Business Dynamics: Systems thinking and modeling for a Complex World*, s. 412.

¹⁷ KREJČÍ, I., KVASNIČKA, R., *Systémová dynamika 1.*, s. 35.

¹⁸ MEADOWS, D. H., *Thinking in Systems. A Primer.*, s. 53.

¹⁹ MEADOWS, D. H., *Thinking in Systems. A Primer.*, s. 92.

5 Systémové myšlení

Systémové myšlení je specifický způsob pohledu na svět, který je podpořený sadou metod a nástrojů. Přístup k systémovému myšlení je velmi rozdílný od tradičních forem analýz. Analýza se soustředí na jednotlivé prvky objektu, kterému se snaží porozumět. Jedná se o jakýsi rozklad objektu na menší struktury, které jsou snazší pro bližší pochopení. Oproti tomu je systémové myšlení v kontrastu, jelikož se soustředí na celý systém, vazby mezi prvky, jejich interakci a výsledné chování systému.

Existuje velké množství definic systémového myšlení. Jelikož se většina autorů neshodne na jednoznačné definici, jsou v práci popsány dvě odlišné definice, které by měly dostatečně přiblížit tuto problematiku.

5.1 Definice podle Barryho Richmonda

„Systémové myšlení je umění a věda o vytváření spolehlivých závěrů o chování systémů tím, že neustále vyvíjíme a prohlubujeme své porozumění základní struktury. Studium struktury vede k rutinnímu používání správných mentálních modelů, které nahlíží na svět jako na komplexní systém. Chování tohoto systému je určeno dynamickou strukturou, což je způsob, jakým zpětnovazebné smyčky řídí celkové chování systému.“²⁰

5.2 Definice podle Petra Sengeho

„Systémové myšlení je způsob, jakým přemýšlíme, je to jazyk popisující pochopení, síly a vzájemné vztahy, které formují chování systému. Tento způsob myšlení pomáhá vidět, jak efektivněji změnit určitý systém a jak jednat v souladu s přirozenými procesy v přírodním a hospodářském světě.“²¹

5.3 Systémoví myslitelé

Podle Haricha²² může být svět rozdělen na dvě skupiny. Do těchto skupin jsou lidé roztrženi podle toho, jakým způsobem nahlízejí na svět. Dělí se na myslitele, kteří jsou zaměřeni pouze na jednotlivé události a na systémové myslitele.

²⁰ RICHMOND, B., *System Dynamics/Systems Thinking: Let's Just Get On With It*, s. 2-4.

²¹ SENGE, P., *The Fifth Discipline: The Art and Practice of the Learning Organization*, s. 74-75.

²² HARICH, J., *System Thinking*.

Většina lidí se řadí do skupiny myslitelů, kteří vnímají svět jako sled částí a událostí. Každá událost má pro ně příčinu, a pokud chtějí vyřešit určitý problém, najdou si jeho příčinu a tu opraví tak, aby se vše chovalo standardně. Příkladem tohoto myšlení může být aplikace na problém udržitelnosti životního prostředí. Jako problém zde vidí jednotlivce ničící životní prostředí a proto navrhuji různé právní předpisy, zákony a příkázání, aby omezili negativní chování těchto jedinců. Když však všechny tyto předpisy, zákony a příkázání selžou, rozhodí rukama a nazvou to závažným problémem. Tento způsob myšlení je nazýván klasickým aktivismem.²³

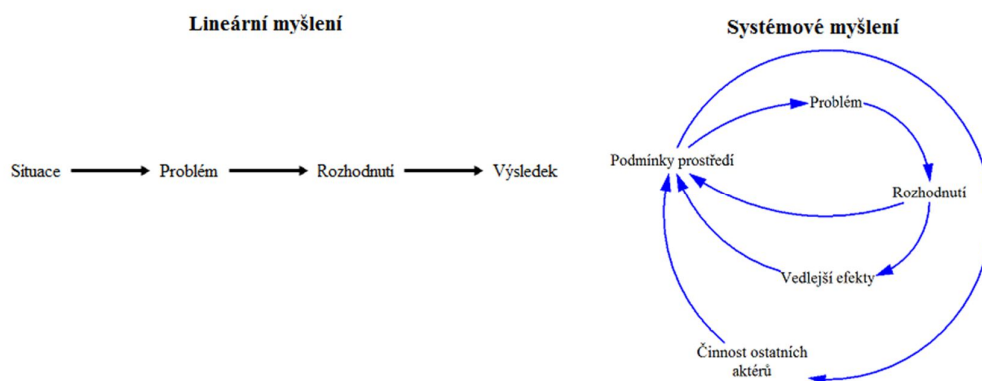
Systémoví myslitelé nahlíží na problém jinak. Vidí obrovské pozitivní zpětné vazby způsobující nárůst počtu lidí, kteří zneužívají zemi pro svůj vlastní prospěch. Tento režim se stává neudržitelným poté, co se začnou projevovat negativní zpětné vazby. Ty se ozývají jako ekologické problémy. Systémoví myslitelé nevidí problém ve špatném chování lidí. Vidí problém pouze ve struktuře systému, která způsobuje negativní chování. K vyřešení problému potřebují poznat danou strukturu a změnit ji tak, aby zpětnovazebné smyčky přiměly lidi k takovému chování, které by bylo udržitelné a stabilní. To však zabere daleko více času, než sepsání nových zákonů s očekáváním, že zachrání svět.²⁴

5.4 Lineární myšlení

U lineárního myšlení je realita vnímána tak, že jev A způsobuje jev B. Toto vnímání je velice snadné, jelikož nezobrazuje reálný stav. V lineárním myšlení je realita vnímána pouze jako útržek dějů, které v systému doopravdy probíhají. Postrádá komplexnost a chybí zde vztahy a vazby mezi ostatními prvky daného systému. Je důležité si uvědomit, že na jev A i B působí další vlivy, mohou to být zpětné vazby, anebo například vlivy jiných jevů.

²³ HARICH, J., *System Thinking*.

²⁴ Tamtéž.



Obrázek 1 Lineární a systémové myšlení²⁵

5.5 Kritické systémové myšlení

Kritické systémové myšlení je jakýsi rámec systémového myšlení, který přináší sjednocení do rozmanitosti různých systémových přístupů a radí manažerům jak nejlépe tyto přístupy využívat. Opět existuje mnoho definic, které popisují kritické systémové myšlení. Pro tuto práci byla vybrána definice profesorky Bammerové, která je volně přeložena a zformátována pro lepší čitelnost.²⁶

„kritické systémové myšlení si klade za cíl spojit systémové myšlení a participační metody pro řešení problémů, které jsou charakterizované velkým rozsahem, složitostí, nejistotou, nestálostí a nedokonalostí“

Pokud určitý problém splňuje všech pět z výše zmíněných charakteristik, je kritické systémové myšlení dobrým nástrojem pro jeho vyřešení.

Kritického systémového myšlení je schopen pouze ten, kdo dokáže přijmout za vlastní sedm z těchto dovedností – nelineární myšlení, dynamické myšlení, smyčkové myšlení, tvořivé myšlení, vědecké myšlení, strukturální myšlení, operační myšlení, obecné myšlení a chápat systém jako příčinu.²⁷

²⁵ KREJČÍ, I., KVASNIČKA, R., *Systémová dynamika 1.*, s. 8-9.

²⁶ BAMMER, G., *Embedding Critical Systems Thinking in the Academy*, s. 1-2.

²⁷ MILDEOVÁ, S., *Systémová dynamika.*, s. 33.

6 Základní nástroje systémové dynamiky

Pro sestavování dynamických simulačních modelů bývá nejčastěji využíváno grafického znázornění jednotlivých struktur. Toto grafické znázornění má několik odůvodnění, pro tvůrce slouží jako most mezi mentálními modely a matematickým vyjádřením problémů. Pro zadavatele slouží jako komunikační prvek, jelikož zadavatel přesně ví, jaké činnosti se v systému dějí a může tak přesně určit, zdali je daná struktura v rozporu s realitou, či nikoliv. Mezi základní nástroje systémové dynamiky patří příčinně smyčkové diagramy a diagramy stavů a toků.

6.1 Příčinně smyčkový diagram (CLD)

Příčinně smyčkové diagramy slouží pro jednoduché grafické znázornění proměnných, které jsou mezi sebou propojené šipkami tak, aby bylo jednoznačně určeno, jaký vztah mezi sebou proměnné mají. Pro toto jednoznačné určení vztahů mezi proměnnými se používají kladná a záporná znaménka (v některých diagramech lze také spatřit označení písmeny *s* (zkratka anglického slova „*same*“ - stejný) a *o* (zkratka anglického slova „*opposite*“ - rozdílný)²⁸. Kladně označená vazba nese znaménko „+“ a vyjadřuje, že při růstu proměnné *x* bude růst i proměnná *y*. Záporně označená vazba je vyjádřena symbolem „-“ a říká nám, že při růstu proměnné *x* za neměnných podmínek bude proměnná *y* klesat. Pomocí polarity vazeb mezi proměnnými se v diagramu určují dva typy zpětnovazebných smyček. Sebeposilující smyčku a vyvažující smyčku.

V příčinně smyčkových diagramech existuje ještě vazba, která je v systémové dynamice nazývána jako „zpoždění“ – tato vazba se značí dvojím přeškrtnutím šipky.²⁹

6.1.1 Sebeposilující smyčka

Sebeposilující smyčka (někdy též pojmenována jako „*pozitivní smyčka*“) je označována symboly „*R*“ (z anglického slova „*reinforcing*“ – posilující) nebo „+“. Sebeposilující smyčka je často spojována s exponenciální změnou určité proměnné v uzavřené smyčce. Čím je počáteční hodnota dané proměnné větší, tím větší bude následný tlak na změnu této proměnné.³⁰

²⁸ GRASL, O., *Causal Loop Diagrams*.

²⁹ KREJČÍ, I., KVASNIČKA, R., *Systémová dynamika 1.*, s. 12-14.

³⁰ BELLINGER, G., *Reinforcing Loop*.

Příkladem sebeposilující smyčky je koupě nového produktu zákazníkem, čímž se zvýší množství lidí, kteří s produktem přijdou do styku. Čím více lidí se s tímto produktem setká, tím větší bude zájem o tento produkt, jelikož se více lidí dozví o kvalitě produktu.

6.1.2 Vyvažující smyčka

Vyvažující smyčka (někdy též pojmenována jako „*negativní smyčka*“) je označována symboly „B“ (z anglického slova „*balancing*“ - vyvažující) nebo „-“. Vyvažující smyčky se starají o rovnováhu v daném systému. Na proměnné působí v opačném směru, tzn., že čím více ovlivňuje jedna proměnná druhou, tím větší změnou působí druhá na první, aby se stav stabilizoval.³¹

Příkladem vyvažující smyčky jsou veškeré ekosystémy, kde působí predátoři a jejich kořisti, pokud se počet predátorů zvýší, počet jejich kořistí se časem snižuje, čím méně je kořisti, tím více predátorů nebude mít co lovit, a tím predátoři začnou vymírat. Vymíráním predátorů se systém časem dostane zpět do rovnováhy.³²

6.1.3 Určení typu zpětnovazební smyčky

Někdy není snadné určit, o jaký druh smyčky se v daném systému jedná. Proto existují dvě metody, pomocí nichž lze polaritu zkoumané smyčky určit. Obě metody byly popsány Stermanem³³.

První metoda je popsána jako rychlejší. Spočívá v tom, že se spočítají záporné vazby mezi proměnnými. Pokud je součet negativních vazeb sudý, jedná se o sebeposilující smyčku. Pokud je počet negativních vazeb lichý, daná smyčka je vyvažující. Nevýhodou této metody je, že jakmile se bude jednat o nějaký větší model, je velmi složité sečíst jednotlivé vazby, čímž může dojít ke špatné identifikaci počtu negativních vazeb.³⁴

Druhá metoda je popsána jako správná. Principem tohoto způsobu určení polarity je malá změna jedné z proměnných v dané smyčce. Sledování změny této proměnné lze určit, zdali se výsledek projeví jako posílení (jedná se o sebeposilující smyčku) či jako odpor vůči

³¹ BELLINGER, G., *Balancing loop*.

³² System & us: understanding the design world [online]. [cit. 2016-02-01]. Dostupné z: <http://systemsandus.com/balancing-loops/>.

³³ STERMAN, J. D., *Business Dynamics. System Thinking and Modeling for a Complex World*, s. 142-144.

³⁴ Tamtéž.

změně (jedná se o vyvažující smyčku). Výhodou této metody je, že lze začít jakoukoli proměnnou ve smyčce, protože výsledek bude vždy stejný.³⁵

6.2 Diagram stavů a toků (SFD)

Je další formou grafického znázornění modelu vedoucí k bližšímu porozumění systému. Vytváření tohoto diagramu je daleko složitější než u příčinně smyčkového diagramu, jelikož se kromě vazeb mezi prvky musí definovat i stavové proměnné a toky, čímž se snižuje riziko vzniku interpretačních problémů.³⁶ Výhodou je, že poskytuje větší přehled o činnostech zkoumaného systému. V diagramu stavů a toků se rozlišuje pět základních prvků – stav, tok, pomocná proměnná, mrak a spoj.³⁷

Stav – též lze interpretovat jako akumulaci, hladinu nebo úroveň. Je to velmi důležitá část systému, jejíž hodnota ve specifickém čase závisí na předchozím chování systému. Hodnota stavu je ovlivněna toky (vstupními a výstupními) do stavové proměnné. Může být kdykoli během simulace změřena. Stavová proměnná musí mít vždy nadefinovanou počáteční hodnotu. V modelech se značí obdélníkem (viz obr. 2 – značka 1). „Stav je paměť historie měnících se toků v systému“.³⁸

Tok – představuje míru, kterou je definována změna stavu v daném okamžiku. Toky mohou být buď do stavové proměnné (vstupní) nebo ze stavové proměnné (výstupní). V modelech se značí šipkou do/ze stavu (viz obr. 2 – značka 2).

Pomocné proměnné – v modelu slouží jako pomocné informace pro toky nebo jiné pomocné proměnné. Mohou být zadané buď jako určitá konstanta (exogenní proměnná) nebo definovány stavem, tokem či jinou pomocnou proměnnou.³⁹ (viz obr. 2 – značka 3)

Mrak – vyjadřuje stavovou proměnnou, která není součástí zkoumaného modelu. Často se využívá pro zjednodušení struktury daného modelu. Znázorňuje zdroj a ukončení toků za hranicemi modelu. V modelech se značí malými mráčky (viz obr. 2 – značka 4).

³⁵ STERMAN, J. D., *Business Dynamics. System Thinking and Modeling for a Complex World*, s. 142-144.

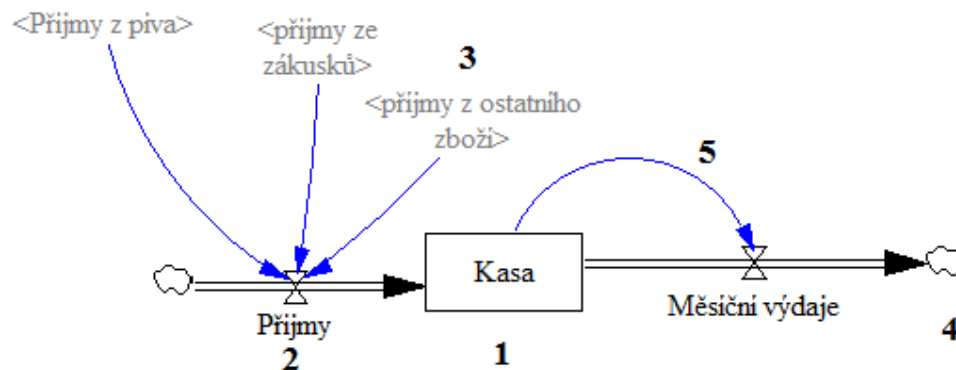
³⁶ MILDEOVÁ, S., VOJTKO, V., *Systémová dynamika: tvorba modelu*, s. 150.

³⁷ System dynamics society: Stocks and Flows. In: *System Dynamics* [online]. [cit. 2016-03-06]. Dostupné z: <http://www.systemdynamics.org/DL-IntroSysDyn/stock.htm>.

³⁸ MEADOWS, D. H., *Thinking in Systems*, s. 18.

³⁹ Business prototyping: Stock and Flow Diagrams. In: *System prototyping blog* [online]. [cit. 2016-03-06]. Dostupné z: <https://www.business-prototyping.com/step-by-step-tutorials/introduction-to-system-dynamics/stock-and-flow-diagrams/>.

Spoj – využívá se pro jednoznačné určení vazby mezi jednotlivými prvky modelu. Označuje se jako šipka, která směřuje z jednoho prvku do druhého (viz obr. č. 2 – značka 5). Touto vazbou se určuje směr, jakým se šíří informace. Pomocí spoje se určuje, jaká proměnná je ovlivňována a jaká proměnná jí ovlivňuje.



Obrázek 2 Základní prvky SFD

7 Základní struktury systémové dynamiky

Při pohledu na struktury jednotlivých komplexních systémů lze zjistit, že tyto modely často bývají složeny z tzv. generických struktur (podsystemů), které na sebe navzájem navazují. Existuje velké množství dnes již popsaných podsystemů, které generují stejné či velmi podobné chování systému, proto lze mnohdy použít tento podsystem (s menšími úpravami pro vytvářený model) pro dosažení specifického chování v modelu.

Dnes je těchto generických struktur více než sto, pro pochopení základní problematiky však stačí zmínit jen několik z nich. Práce se zabývá nejpoužívanějšími strukturami v praxi, mezi které se řadí – exponenciální růst, exponenciální pokles, cíl hledající struktura.

7.1 Exponenciální růst

Je jednou ze základních struktur systémové dynamiky. Exponenciální růst vychází z existence sebeposilující zpětnovazební smyčky. Čím větší je hodnota jedné proměnné, tím větší a rychlejší bude narůst dalších proměnných v uzavřené smyčce. Klasickým příkladem je populační dynamika, ve které jsou proměnné porodnost a velikost populace, které spolu v uzavřené smyčce vyvolávají exponenciální růst. V reálných modelech však na tuto sebeposilující smyčku působí ještě vyvažující zpětnovazební smyčka, která se celý proces růstu snaží stabilizovat. Chování proměnných ve smyčkách je pak určeno dominantní smyčkou. Dominantní smyčka se může v průběhu času měnit a tím vznikají další složitější struktury, jimiž jsou například oscilace nebo S-křivka.⁴⁰

Nejjednodušším modelem se zpětnovazební smyčkou je pozitivní smyčka prvního řádu. Ta se skládá z jedné stavové proměnné s a vstupního toku v , který je vyjádřen funkcí:⁴¹

$$S_T = \int_{T_0}^T v dt + S_{T_0} ; v = f(s)$$

Pokud se však jedná o lineární systém, je pak vstupní tok v úměrný stavové proměnné s a lze jej vyjádřit vztahem:⁴²

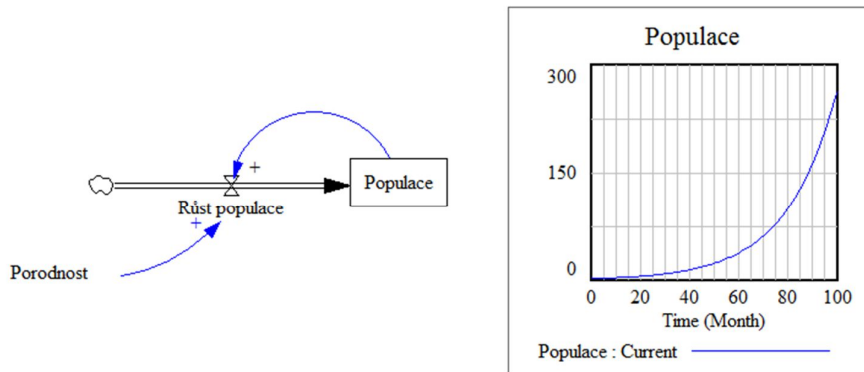
⁴⁰ KREJČÍ, I., KVASNIČKA, R., *Systémová dynamika 1.*, s. 30-33.

⁴¹ STERMAN, J. D., *Business Dynamics. System Thinking and Modeling for a Complex World*, s. 264-265.

⁴² Tamtéž.

$v = g \cdot s$, kde g je stanovený růstový koeficient

Tento případ je popsán na obrázku č. 3. Stavová proměnná *populace* v čase T_0 je rovna 2. Růstový koeficient *porodnost* = 0,05 a toková proměnná *růst populace* je vyjádřena jako *populace* · *porodnost*. Časový krok je nastaven na 1, simulace bude probíhat ve sto krocích. Z obrázku je patrné, jak se během času populace exponenciálně rozrůstá. Tato struktura však ve většině případů neexistuje samostatně, proto je zde znázorněna pouze pro vizuální představu.

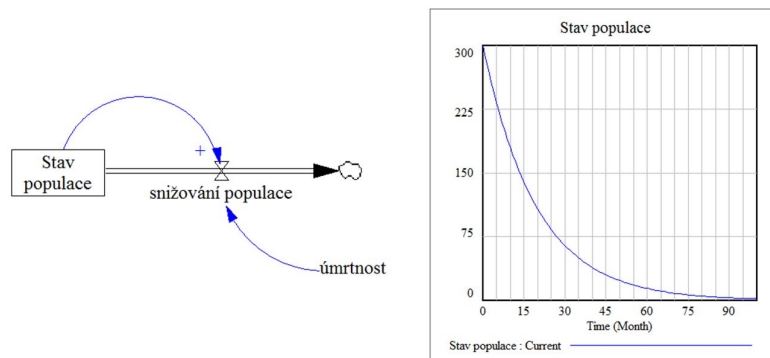


Obrázek 3 Exponenciální růst

7.2 Exponenciální pokles

Další velmi důležitou strukturou systémové dynamiky je exponenciální pokles. Stejně jako exponenciální růst je zapříčiněn existencí sebeposilující zpětnovazební smyčky. Čím větší je hodnota jedné proměnné, tím větší a rychlejší bude pokles druhé proměnné. Opět lze tuto strukturu přirovnat k populační dynamice, kde je stavová proměnná *Stav populace*, koeficient poklesu *úmrtnost* a toková proměnná *snižování populace*.

Exponenciální pokles je znázorněn na obrázku č. 4. Stavová proměnná *Stav populace* je v čase T_0 rovna hodnotě 300. Koeficient poklesu *úmrtnost* podobně jako v přechodím příkladu nabývá hodnoty 0,05 a výstupní toková proměnná *snižování populace* je dána vztahem *Stav populace* · *úmrtnost*. Časový krok je nastaven na 1 a celková doba simulace trvá sto kroků. Jedná se o kontrastní strukturu k exponenciálnímu růstu.

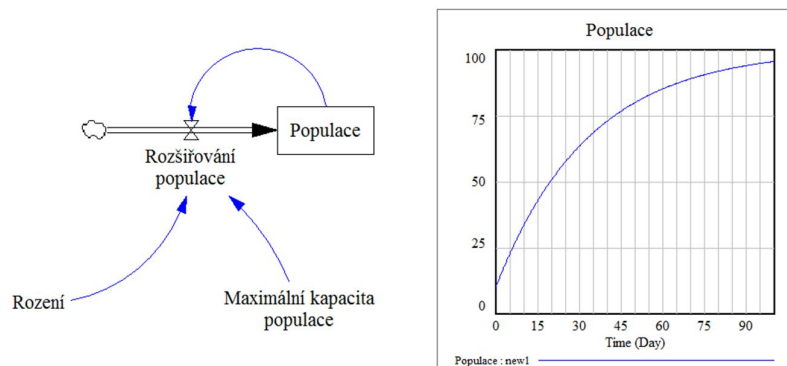


Obrázek 4 Exponenciální pokles

7.3 Cíle hledající struktura

Cíle hledající struktura vzniká při existenci negativní zpětnovazební smyčky, která se snaží dostat stavovou proměnnou do požadované cílové hodnoty a dále tento stav udržet. Působí proti jakémukoli vychýlení systému od požadovaného stavu. V systému tak probíhá nepřetržitá kontrola cílové proměnné. Jakmile dojde k určitému vychýlení od rovnovážného stavu, dochází ke změně, která opět stabilizuje chování systému.⁴³

Příklad této struktury lze opět ukázat na populační dynamice (viz obrázek č. 5), ve které však na systém bude navíc působit omezující proměnná *Maximální kapacita populace*. *Populace* v čase T_0 se rovná 10, toková proměnná *Rozšiřování populace* je vyjádřena vztahem $Rození \cdot (Maximální\ kapacita\ populace - Populace)$. *Rození* je rovno hodnotě 0,03 a *Maximální kapacita populace* je 100.



Obrázek 5 Cíl hledající struktura

⁴³ STERMAN, J. D., *Business Dynamics. System Thinking and Modeling for a Complex World*, s. 111-113.

8 Vlastní práce

8.1 Vinárna a cukrárna v Osečné

Osečná je město na severu Čech spadající pod liberecký kraj. Založena byla ve 13. století a dnes v ní trvale žije 1082 obyvatel.⁴⁴ Pod město také spadají lázně Kundratice, které patří mezi jedny z nejstarších přírodních lázní na území České republiky. V okolí Osečné se nachází velké množství přírodních a kulturních památek, které lákají turisty jak tuzemské, tak i zahraniční.

Vinárna a cukrárna vznikla 14. prosince 2012 v městě Osečná. Z počátku fungovala pouze jako malá prodejna stáčeného vína, která se postupem času rozrůstala a rozšiřovala své nabízené služby. Na základě nedostatečně pokryté nabídky cukrárenských služeb ve městě se majitelé rozhodli připojit k prodejně stáčeného vína také cukrárnu. Dnes nabízí široké spektrum služeb, které vyplívají především z rozšíření prostředí prodejny. Je zde například zařízená místnost, která disponuje veškerou technikou pro potřeby projekce s kapacitou 40 osob, dále pak salónek s kapacitou pro 20 osob, ve kterém se dají pořádat třídní srazy, schůze a oslavy narozenin. Samotná prodejna disponuje kapacitou pro 12 osob. Sezónně jsou k dispozici navíc i venkovní prostory poblíž cukrárny s posezením pro 40 osob. Celková kapacita cukrárny v sezóně je 112 míst. V blízké budoucnosti by měla vinárna a cukrárna také nabízet ubytování pro zhruba 20 hostů.

Vinárna a cukrárna nabízí kvalitní stáčená vína od předních vinařů z Moravy, výběr kvalitních lahvových vín všech kategorií (od jakostních až po výběry z bobulí), bio vína, zákusky, kopečkovou zmrzlinu, široký sortiment cukrovinek, čokolád, bonboniér a dárkových předmětů. Dále nabízí točené pivo Svijany (11° svijanský Máz a „450“), malinovku, pizzy a rozpékané bagety.

⁴⁴ HAUZER, Jiří., *Historie města Osečná*.

8.2 Vytváření modelu systémové dynamiky

Při tvorbě komplexního a funkčního modelu je nezbytné dodržet určitý postup. K sestavení správného a fungujícího modelu, je třeba si nejprve jasně stanovit cíle. Dále je důležité sestavit příčinně smyčkový diagram, jež poskytne jednoznačný náhled do struktury systému. Třetím krokem je vymodelování diagramu stavů a toků v příslušném programu, v němž jsou jednoznačně definovány matematické funkce proměnných a vztahů mezi nimi. Do tohoto modelu je nutné implementovat politiky, které poskytnou informace o řešení problematické situace, jež je modelována. Konečnou fází tvorby je pak testování a ověřování funkčnosti vytvořeného modelu.

8.2.1 Stanovení cíle budoucího modelu

Cílem modelu je simulace vlivu výstavby infrastruktury na chod vinárny a cukrárny v Osečné. Výstavba probíhala v období od 13. 4. 2014 do 31. 12. 2015, kdy docházelo k občasnému uzavírání hlavní komunikace, tedy přístupové cesty k podniku. Většina stálých zákazníků z okolních měst proto neměla přístup k podniku, čímž se značným způsobem snižovala poptávka po některých komoditách.

Účelem modelu je sledování vlivu snížení počtu zákazníků, který je určen snížením poptávky a následná analýza tržeb. Snížení poptávky se promítne v grafech s realizovanými prodeji a kasou. Pomocí modelu bude možné sledovat pohyb zboží na skladě, jeho prodej a podíl na celkových tržbách. Do modelu bude též zahrnut vliv požadované mzdy na kasu.

8.2.2 Příčinně smyčkový diagram

Příčinně smyčkový diagram je velmi důležitý nástroj pro tvorbu modelů systémové dynamiky. Pomáhá objasnit celkovou strukturu systému, který je modelován a dává tak bližší přehled o vazbách mezi jednotlivými prvky systému. Pomocí něj lze vyjádřit chování systému v čase.

Příčinně smyčkový diagram znázorněný na obrázku č. 6 byl vymodelován v programu Vensim PLE. Jedná se pouze o zachycení mentálního modelu, který dává přehled o struktuře vinárny a cukrárny v Osečné. Některé proměnné a vazby mezi proměnnými se však neprojeví v diagramu stavů a toků, jelikož nejsou důležité pro dosažení stanoveného cíle. Na obrázku níže jsou vyznačeny pozitivní a negativní vazby mezi

jednotlivými proměnnými, které jsou uzavřeny do sebeposilujících a vyvažujících zpětnovazebných smyček. Význam smyček je blíže specifikován níže.

8.2.2.1 *Sebeposilující zpětnovazební smyčky*

R1 – základní sebeposilující zpětnovazební smyčka modelu. Pokud se zvýší hodnota proměnné kapacita, budou moci majitelé obsloužit více zákazníků, čímž se zvýší realizované prodeje, příjmy a zisk. Pokud bude větší zisk, budou moci majitelé více investovat do kapacity a tím kapacitu opět navýšit.

R2 – sebeposilující zpětnovazební smyčka navazující na R1. Tato smyčka říká, že pokud vzroste hodnota proměnné kapacita, povede to ke zvýšené spokojenosti zákazníků. Větší spokojenost zákazníků přivede do podniku více nových zákazníků, čímž opět vzroste poptávka po zboží, příjmy a zisk. Bude se moci opět více investovat do kapacity, což opět povede k rozšíření kapacity.

R3 – nejjednodušší archetypální případ *sebeposilujícího chování*⁴⁵. Jedná se o zpětnovazebnou smyčku, která je mezi proměnnými zákazníci a šíření pověsti cukrárny. Čím více zákazníků bude cukrárna a vinárna mít, tím rychleji se bude šířit její pověst mezi další potenciální zákazníky.

R4 – sebeposilující zpětnovazební smyčka, která opět navazuje na proměnné R1 a R2. Čím rychleji se bude šířit pověst vinárny a cukrárny, tím více zákazníků bude nakupovat zboží. Tím se zvýší poptávka po zboží, což pozitivně ovlivní realizované prodeje, příjmy a zároveň zisk. Opět se bude více investovat do kapacity, čímž se opět zvýší kapacita, což bude mít kladný vliv na spokojenost zákazníků.

R5 – sebeposilující zpětnovazební smyčka, která říká, že pokud budou majitelé nakupovat více zboží, budou více rozšiřovat sortiment zboží, což bude mít kladný dopad na spokojenost zákazníků. Tím vyvolají větší spokojenost zákazníků. S větší spokojeností vzroste počet potenciálních zákazníků, kteří budou poptávat další zboží, což opět navýší nákup zboží.

⁴⁵ LÉTAVKOVÁ, D. *Nové metody v systémové praxi* [online]., 66 [cit. 2016-02-01]. Dostupné z: <http://homen.vsb.cz/~let08/powersim/Nové%20metody%20v%20systémové%20praxi%20LÉTAVKOVÁ.pdf>.

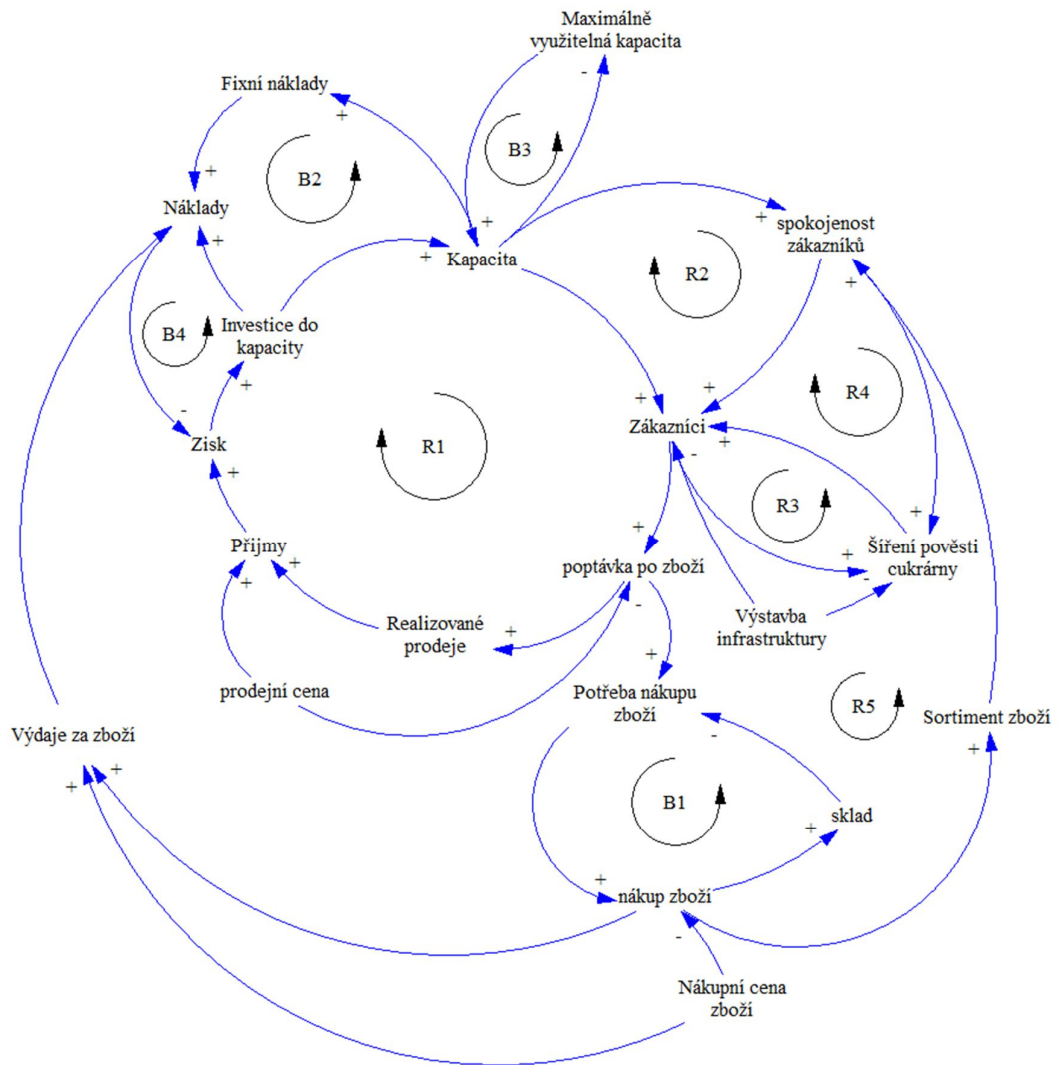
8.2.2.2 *Vyvažující zpětnovazební smyčky*

B1 – je základní vyvažovací zpětnovazební smyčka modelu. Říká, že čím více zboží majitelé nakoupí, tím bude více zboží na skladě, čímž se sníží potřeba nákupu zboží na sklad a omezí se také nákup dalšího zboží.

B2 – vyvažující zpětnovazební smyčka, která vymezuje vztah mezi kapacitou a ziskem. Pokud se zvýší maximální kapacita prodejny, vzniknou tím vyšší náklady na provoz, údržbu a rozšiřování. Pokud budou vyšší náklady, bude vznikat menší zisk, čímž budou majitelé méně ochotni investovat do kapacity a kapacita se nebude zvyšovat.

B3 – třetí vyvažovací zpětnovazební smyčka, která je určena vztahem mezi kapacitou a maximálně možně dosažitelnou kapacitou. Říká, že kapacita není neomezená, a jsou dané určité meze, jež není možné překročit. Čím více se kapacita blíží této mezi, tím méně je možné kapacitu rozšiřovat.

B4 – poslední vyvažující smyčka modelu. Zvýšením nákladů budou majitelé disponovat menším čistým ziskem, a tím nebudou moci tolik investovat do kapacity, čímž nevzniknou další náklady spojené s rostoucí kapacitou.



Obrázek 6 Příčinně smyčkový diagram

8.2.3 Diagram stavů a toků

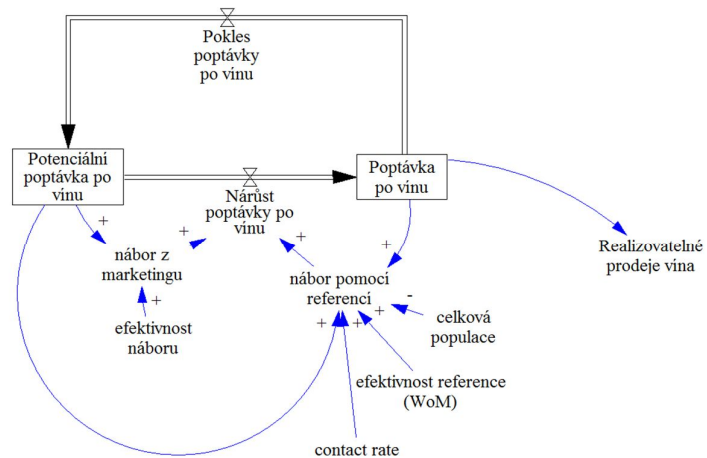
Pro tuto práci je celý diagram stavů a toků rozdělen na několik základních struktur, které budou blíže popsány dále v práci. Důvodem je především to, že studentská verze programu Vensim PLE nepodporuje zadávání různých hodnot proměnných do jedné struktury. Tyto struktury jsou rozděleny dle druhů zboží (v diagramu stavů a toků použitým pro tuto práci je pro pochopení jednotlivých proměnných modelu použita substituce druhů zboží výrazem u_i), které se ve vinárně a cukrárně prodávají - víno, pivo, zákusky a ostatní zboží (jsou v něm zahrnuty veškeré menší položky, které nebyly dále rozděleny).

Na obrázku č. 12 je zobrazená základní struktura modelu systémové dynamiky. Jsou zde vymodelovány jednotlivé proměnné, které lze rozdělit na stavy (*Kasa*, *Potenciální poptávka po vínu*, *Poptávka po vínu*, *Sklad vína*, *Nutno splatit*). Dále jsou zde vstupní a výstupní toky do těchto stavů (*Příjmy x Měsíční výdaje*, *Pokles poptávky po vínu x Nárůst poptávky po vínu*, *Nárůst poptávky po vínu x Pokles poptávky po vínu*, *Nákup x Prodej vína a nedostatek peněz*).

8.2.4 Popis modelovaného diagramu stavů a toků

8.2.4.1 Struktura – potenciální poptávka

Model byl založen na struktuře mezi stavovými proměnnými *Potenciální poptávka po u_i (vínu)* a *Poptávka po u_i (vínu)*, která generuje potenciální zákazníky, jež si kupují zboží ve vinárně a cukrárně. Toková proměnná *Nárůst poptávky po u_i (víně)* je ovlivňována marketingovou propagací a přirozeným procesem, kdy si lidé sdělují informace o cukrárně mezi sebou. Hodnota *Efektivnosti náboru* je nastavena velmi nízko, jelikož majitelé nechtějí příliš investovat do reklamy. Spoléhají pouze na šíření pověsti cukrárny pomocí lidí, jež cukrárnu navštívili. Hodnota *celkové populace* se rovná 5667, jedná se o součet trvalých obyvatel nedalekého okolí Osečné (v úvahu byly brány pouze okolní obce). Hodnoty proměnných *efektivnost náboru*, *koeficient šíření reference* a *efektivnost reference* byly zvoleny experimentálně. Struktura a konkrétní hodnoty proměnných jsou uvedeny níže.



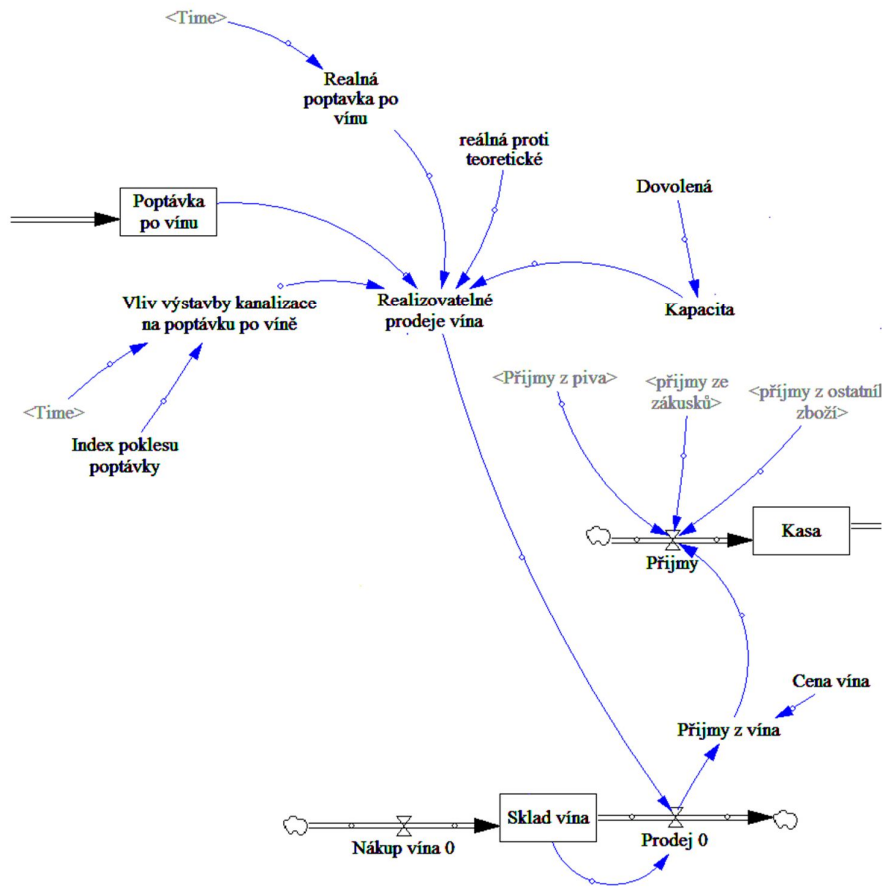
Obrázek 7 Struktura poptávky po vínu

Proměnná	Druh proměnné	Vzorec	číslo
Potenciální poptávka po u_i	Stavová proměnná	$\int_{T_0}^T (\text{Pokles poptávky po } u_i - \text{Nárůst poptávky po } u_i) dt + \text{Potenciální poptávka po } u_{i0}$	(9.1)
Pokles poptávky po u_i	Toková proměnná	5	(9.2)
Nárůst poptávky po u_i	Toková proměnná	Nábor pomocí referencí + Nábor z marketingu	(9.3)
Poptávka po u_i	Stavová proměnná	$\int_{T_0}^T (\text{Nárůst poptávky po } u_i - \text{Pokles poptávky po } u_i) dt + \text{Poptávka po } u_{i0}$	(9.4)
Nábor pomocí marketingu	Pomocná proměnná	efektivnost náboru · Potenciální poptávka po vínu	(9.5)
Efektivnost náboru	Exogenní proměnná	0.025	(9.6)
Nábor pomocí referencí	Pomocná proměnná	(Koeficient šíření reference · "efektivnost reference (WoM)" · Potenciální poptávka po vínu · Poptávka po vínu) / celková populace	(9.7)
Koeficient šíření reference	Exogenní proměnná	2.5	(9.8)
Efektivnost reference (WoM)	Exogenní proměnná	3	(9.9)
Celková populace	Exogenní proměnná	5667	(9.10)

Tabulka 1 Proměnné modelu - poptávka

8.2.4.2 Struktura - kasa a příjmy

Další částí modelu je struktura se stavovou proměnnou *Kasa*, do které se kumulují vstupní toky *Příjmy*. Příjmy jsou určeny součtem pomocných proměnných *Příjmy z u_i* (dle druhu zboží). *Příjmy z u_i* jsou určeny vztahem $Prodej u_i \cdot cena u_i$. Realizované prodeje jsou ovlivňovány kapacitou (viz příloha č. 1), která se zvyšuje rozšiřováním prostor cukrárny a dále pak dispozicí venkovní terasy v průběhu sezóny. Dále jsou realizované prodeje ovlivňovány *Reálnou poptávkou po u_i* , která je podložena skutečnými hodnotami tržeb od otevření cukrárny (viz příloha č. 2). Realizované prodeje jsou též ovlivňovány *Poptávkou po u_i* , která je označována za simulovanou poptávku. Tato poptávka byla vymodelována tak, aby se co nejvíce podobala té reálné, jelikož na ní bude v kapitole 8.2.4 *Návrhy scénářů* aplikován scénář, kdy bude na simulovanou poptávku působit vliv výstavby kanalizace. Struktura a konkrétní hodnoty proměnných jsou uvedeny níže.



Obrázek 8 Struktura kasy - příjmy

Proměnná	Druh proměnné	Vzorec	číslo
Kasa	Stavová proměnná	$\int_{T_0}^T (Příjmy - Měsíční výdaje) dt + 50000$	(9.11)
Příjmy	Toková proměnná	$\sum_{b \in \text{Zboží}} Příjmy u_i(b)$	(9.12)
Příjmy z u_i	Pomocná proměnná	Cena u_i · Prodej u_i	(9.13)
Realizované prodeje u_i	Pomocná proměnná	Pro simulovanou poptávku	(9.14)
		Pro reálnou poptávku	
Kapacita	Exogenní proměnná	(Viz příloha č. 1)	(9.15)
Reálná poptávka po u_i	Exogenní proměnná	(Viz příloha č. 2)	(9.16)
Vliv výstavby kanalizace na poptávku po u_i	Pomocná proměnná	IF THEN ELSE (Time < 24, 1, Index poklesu poptávky)	(9.17)
Index poklesu poptávky	Exogenní proměnná	0.8695	(9.18)
Dovolená	Exogenní proměnná	- STEP (460, 12.5) + STEP (460, 13.25) - STEP (1656, 24.5) + STEP (1656, 25.25)	(9.19)
Cena vína	Exogenní proměnná	63,749	(9.20)
Cena piva	Exogenní proměnná	23,7	(9.21)
Cena zákusků	Exogenní proměnná	16,567	(9.22)
Cena ostatního zboží	Exogenní proměnná	25,1117	(9.23)

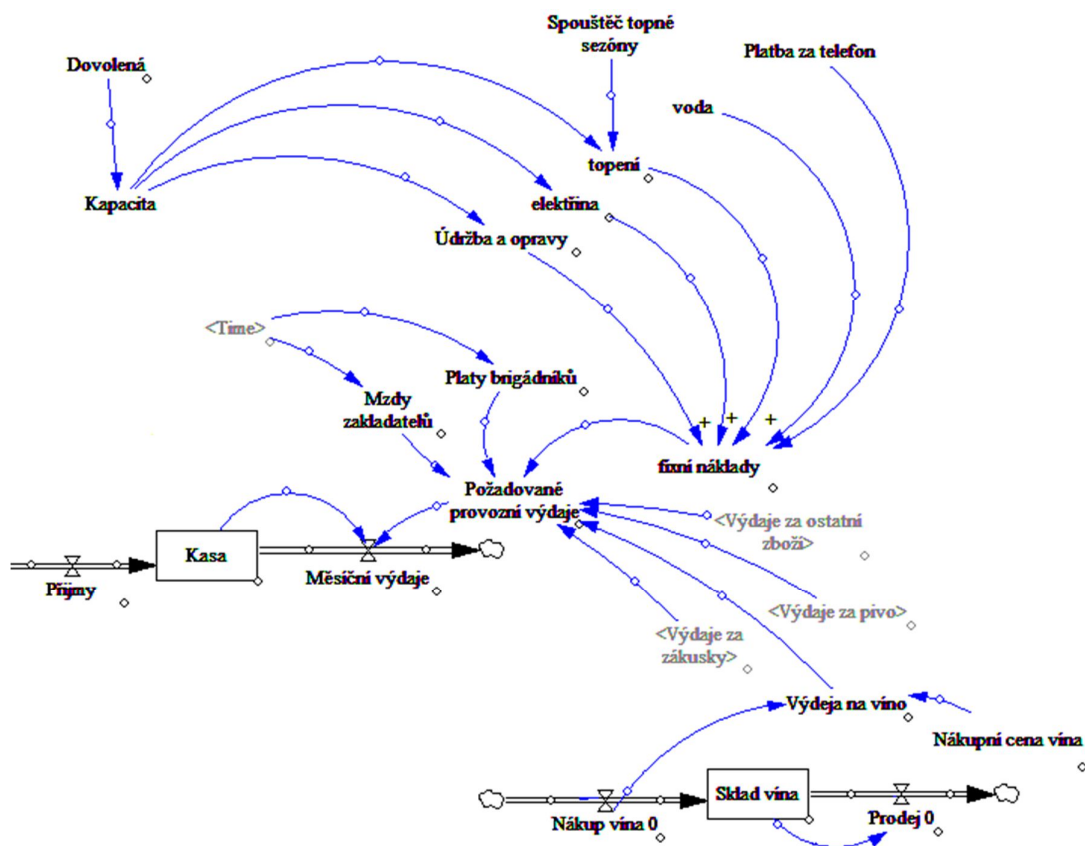
Tabulka 2 Proměnné modelu - kasa a příjmy

Index poklesu poptávky byl určen experimentálně s ohledem na hodnoty proměnné *Kasa*. Hodnoty cen zboží jsou rovny hodnotám vážených průměrů za prodej jednotlivých druhů zboží za poslední dva roky.

8.2.4.3 Struktura – kasy a výdaje

Z *Kasy* jsou placeny veškeré výdaje spojené s provozováním podniku, mezi ně patří především *nákup zboží*, *mzdy zakladatelů* (hodnoty jsou vyjádřeny pomocí grafické funkce, viz příloha č. 3) a *plat brigádníka* (působí v podniku od srpna 2014 pouze na poloviční úvazek). Výdaje na zboží jsou v modelu vyjádřené počtem *nakoupených kusů* · *nákupní cenou* u_i (zboží).

Dále se na výpočtu celkových měsíčních výdajů podílí pomocná proměnná *fixní náklady* - která vyjadřuje měsíční výdaje za energie, *údržbu a opravy* vinárny a cukrárny a *platby za telefon*. Pomocné proměnné *elektrina*, *údržba a opravy* a *topení* jsou ve vztahu s kapacitou a jsou vyjádřeny pomocí funkcí uvedených v tabulce proměnných níže.



Obrázek 9 Struktura kasy - výdaje

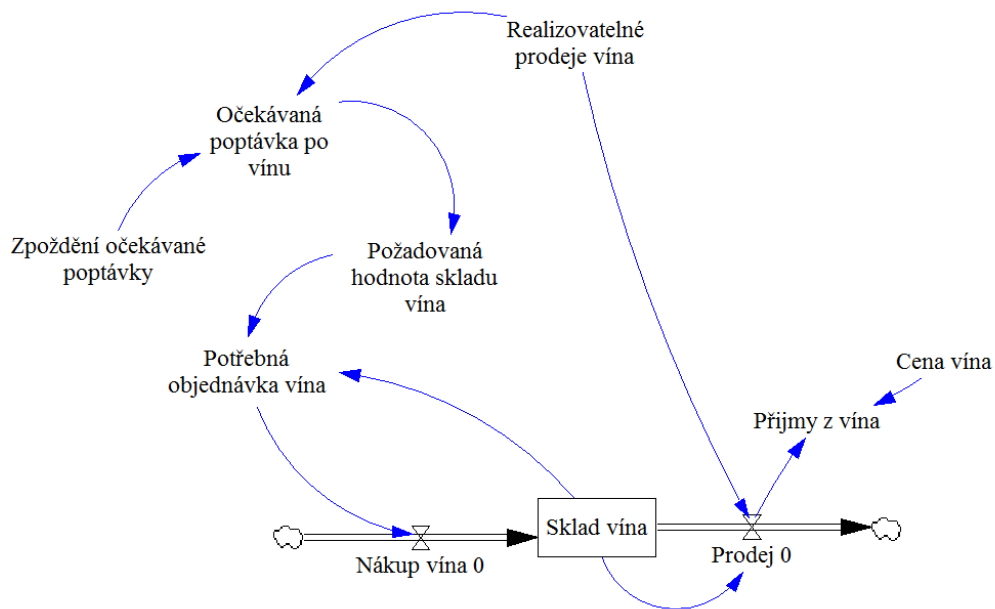
Proměnná	Druh proměnné	Vzorec	číslo
Měsíční Výdaje	Toková proměnná	IF THEN ELSE (Kasa < 10000, Kasa, Požadované provozní výdaje)	(9.24)
Požadované provozní výdaje	Pomocná proměnná	$Fixní\ náklady + Mzdy\ zakladatelů + Platy\ brigádníků + \sum Výchaje\ za\ u_i$	(9.25)
Fixní náklady	Pomocná proměnná	Elektřina + topení + Údržba a opravy + voda + Platba za telefon	(9.26)
Elektřina	Pomocná proměnná	SMOOTH (1000 + Kapacita · 1.1, 1.5)	(9.27)
Topení	Pomocná proměnná	IF THEN ELSE (Spouštěč topné sezóny=1, SMOOTH (2000 + Kapacita · 1.5, 3), 0)	(9.28)
Spouštěč topné sezóny	Exogenní proměnná	+ STEP (1, 11) - STEP (1, 18) + STEP (1,23) - STEP (1,30)	(9.29)
Údržba a opravy	Pomocná proměnná	SMOOTH (Kapacita · 0.6, 6)	(9.30)
Voda	Exogenní proměnná	560	(9.31)
Platba za telefon	Exogenní proměnná	578	(9.32)
Mzdy zakladatelů	Pomocná proměnná	Viz příloha č. 3	(9.33)
Plat Brigádníka	Pomocná proměnná	IF THEN ELSE (Time>20, 80 · 58.7, 0)	(9.34)
Výdaje za u_i	Pomocná proměnná	Nákup u_i · nákupní cena u_i	(9.35)
Nákupní cena vína	Exogenní proměnná	41.7986	(9.36)
Nákupní cena piva	Exogenní proměnná	14	(9.37)
Nákupní cena zákusků	Exogenní proměnná	9.026	(9.38)
Nákupní cena ostatního zboží	Exogenní proměnná	16.8064	(9.39)

Tabulka 3 Proměnné modelu - kasa a výdaje

Měsíční výdaje znamenají, že pokud je hodnota Kasy pod 10000, nebudou majitelé pobírat mzdu na úkor ostatních nákladů. Hodnota *elektřiny* a *topení* se přepočítala na kapacitu tak, aby odpovídala reálným hodnotám nákladů v podniku. Brigádních v podniku pracuje na poloviční úvazek (20 hodin týdně) od 20. měsíce provozu vinárny a cukrárny. Hodnoty nákupních cen zboží jsou rovny hodnotám vážených průměrů za nákup jednotlivých druhů zboží za poslední dva roky.

8.2.4.4 Struktura – nákup a prodej zboží

Další strukturou, jež je nutné zmínit pro pochopení kompletního modelu, je struktura vztahující se k nákupu a prodeji zboží. V této struktuře na stavovou proměnnou *sklad* působí toková proměnná *nákup zboží*, ta je ovlivněna podmínkou, že pokud je kapacita rovna nula (tzn., když jsou majitelé podniku na dovolené) bude její hodnota nulová, tzn., že nebude docházet k nákupu zboží. V druhém případě se bude rovnat hodnotě *potřebné objednávky* u_i . Tato proměnná je ovlivňována množstvím zboží na *skladě*, tzn., že majitelé nebudou nakupovat, pokud budou mít na skladě požadované množství zboží – to je určeno pomocnou proměnnou *požadovaná hodnota skladu* u_i , která je vyjádřena maximální hodnotou pomocné proměnné *očekávané poptávky po* u_i . Toková proměnná *prodej zboží* je ovlivněna pouze *realizovanými prodeji* a množstvím zboží na skladě, kdy vždy bere minimální hodnotu z obou proměnných. Struktura a konkrétní hodnoty proměnných jsou uvedeny níže.



Obrázek 10 Struktura skladu vína

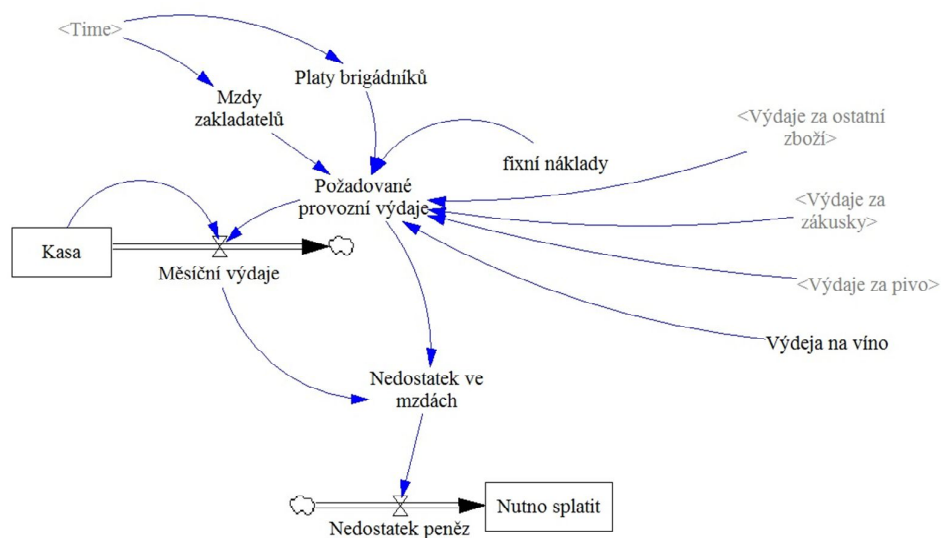
Proměnná	Druh proměnné	Vzorec	Číslo
Sklad u_i	Stavová proměnná	$\int_{T_0}^T (Nákup u_i - Prodej u_i) dt + Sklad u_{i0}$	(9.40)
Nákup u_i	Toková proměnná	Potřebná objednávka u_i	(9.41)
Potřebná objednávka u_i	Pomocná proměnná	MAX ((Požadovaná hodnota skladu u_i - Sklad u_i), 0)	(9.42)
Požadovaná hodnota skladu u_i	Pomocná proměnná	MAX (800, Očekávaná poptávka po u_i)	(9.43)
Očekávaná poptávka po u_i	Pomocná proměnná	SMOOTH N (Realizovatelné prodeje u_i , Zpoždění očekávané poptávky, Realizovatelné prodeje u_{i0} , 3)	(9.44)
Zpoždění očekávané poptávky po u_i	Exogenní proměnná	0.25	(9.45)
Prodej u_i	Toková proměnná	IF THEN ELSE ((Sklad u_i)<=20, Sklad u_i , Realizovatelné prodeje u_i)	(9.46)

Tabulka 4 Proměnné modelu - sklad

Potřebná objednávka zboží je určena rozdílem mezi požadovanou hodnotou skladu a současnou hodnotou skladu. Proměnná Požadovaná hodnota skladu vybere maximum z minimálně stanovené zásoby skladu (určena dle reálných zásob v podniku) a očekávané poptávky po zboží. Zpoždění očekávané poptávky po u_i je stanoveno na jeden týden, aby majitelé mohli včas reagovat na změnu poptávky a případně dokoupit zboží.

8.2.4.5 Struktura – nutno splatit

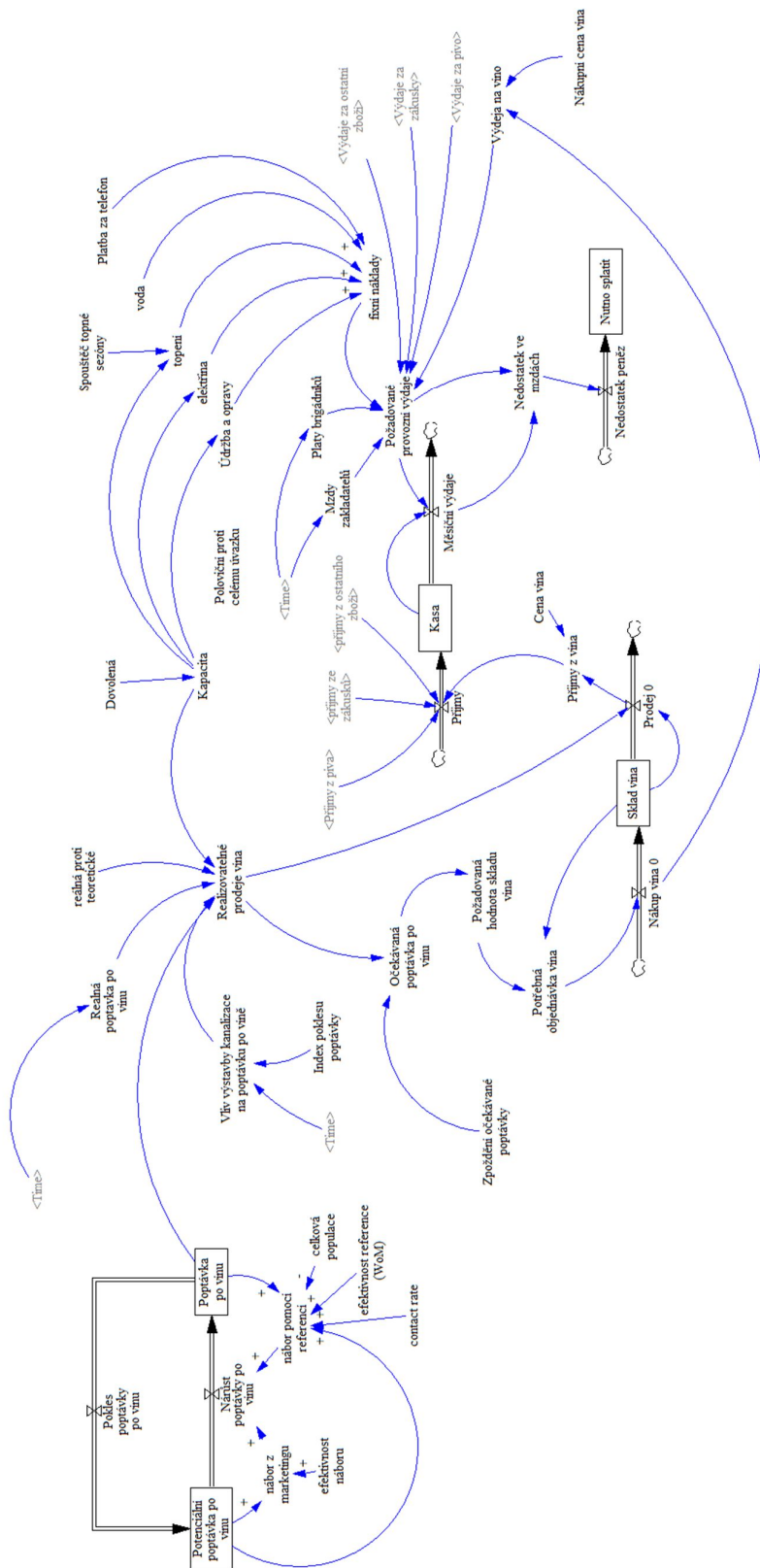
Poslední strukturou modelu, je stavová proměnná *nutno splatit*, do které se promítají mzdy, které nebylo možné vyplatit, protože v daném období převažovaly náklady nad výnosy. Tato struktura je v modelu použita pro scénář B (viz kapitola 8.2.4 Návrhy scénářů), ve které se budou testovat požadované mzdy majitelů. Struktura a konkrétní hodnoty proměnných jsou uvedeny níže.



Obrázek 11 Struktura nutno splatit

Proměnná	Druh proměnné	Vzorec	Číslo
Nutno splatit	Stavová proměnná	$\int_{T_0}^T (Nedostatek\ peněz) dt + 0$	(9.47)
Nedostatek peněz	Toková proměnná	Nedostatek ve mzdách	(9.48)
Nedostatek ve mzdách	Pomocná proměnná	Požadované provozní výdaje - Měsíční výdaje	(9.49)

Tabulka 5 Proměnné modelu - nutno splatit



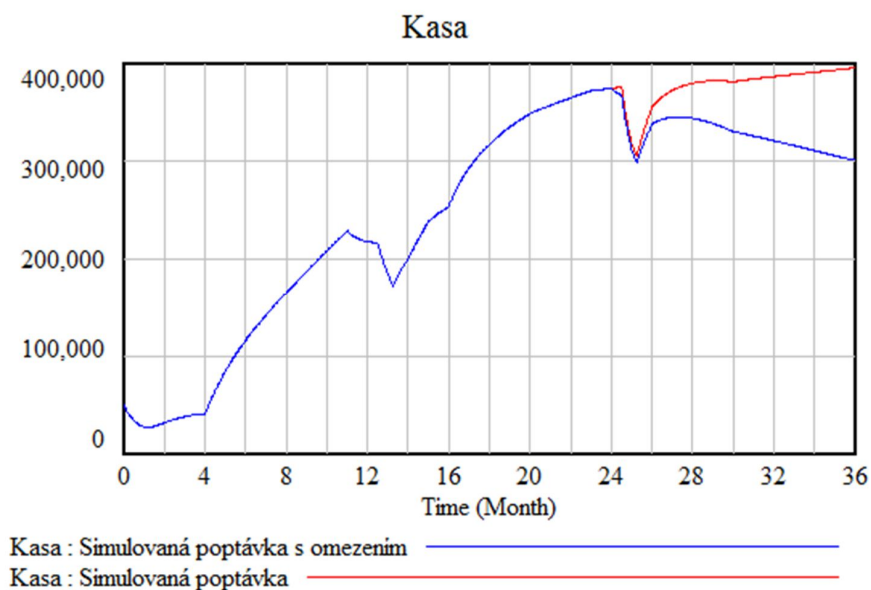
Obrázek 12 Celá struktura modelu

8.2.5 Návrhy scénářů

Scénář A - vliv výstavby kanalizace

Vzhledem k tomu, že výstavba kanalizace probíhala v období od 13. 04. 2014 do 31. 12. 2015, značným způsobem to ovlivnilo poptávku po zboží ve vinárně a cukrárně v Osečné. Cílem modelu systémové dynamiky bylo zjištění výše uniklých zisků v období této výstavby. Model je nastaven na 36 časových kroků (měsíců), ve kterých je znázorněna situace od vzniku vinárny a cukrárny a zároveň i ukončení výstavby kanalizace. Pro zjištění míry uniklého výnosu byly do modelu přidány dvě poptávky, jedna nazvaná jako simulovaná a druhá jako reálná. Liší se v tom, že reálná je nastavena podle skutečně dosažených hodnot prodejů. Simulovaná je nastavena tak, aby zpočátku kopírovala chování reálné, ale v čase, kdy začíná výstavba kanalizace (respektive uzavření hlavní příjezdové komunikace k podniku – 24. měsíc), na ní působí proměnná *Vliv výstavby kanalizace na poptávku po u_i* . Tato proměnná je nastavena tak, aby od 24. měsíce simulace omezila simulovanou poptávku dle poptávky reálné. Toto omezení je v modelu nastaveno pomocí *indexu poklesu poptávky*. Ten se spouští od 24. měsíce simulace a je nastaven na hodnotu 0,8695. Vliv je následně měřen na stavové proměnné *Kasa*, kde dochází k akumulaci jednotlivých příjmů vinárny a cukrárny a zároveň se z ní čerpají veškeré výdaje spojené s činností podniku.

Na grafu níže lze vidět, že výstavba značným způsobem ovlivnila tržby. Na obrázku č. 13 je na grafu zobrazena stavová proměnná *kasa*. Červená osa značí, jaký by byl stav, kdyby nedošlo k výstavbě kanalizace. Modrá osa značí reálnou situaci, kdy probíhala výstavba kanalizace. V 36. měsíci je hodnota *kasy* bez vlivu výstavby kanalizace ve výši 395 769 Kč. V případě, že je *kasa* ovlivněna výstavbou, je tato konečná hodnota 301 121 Kč. Rozdíl mezi hodnotami je 94 648 Kč. Což znamená, že vlivem výstavby kanalizace po dobu simulace cukrárna přišla o zisk ve výši tohoto rozdílu.



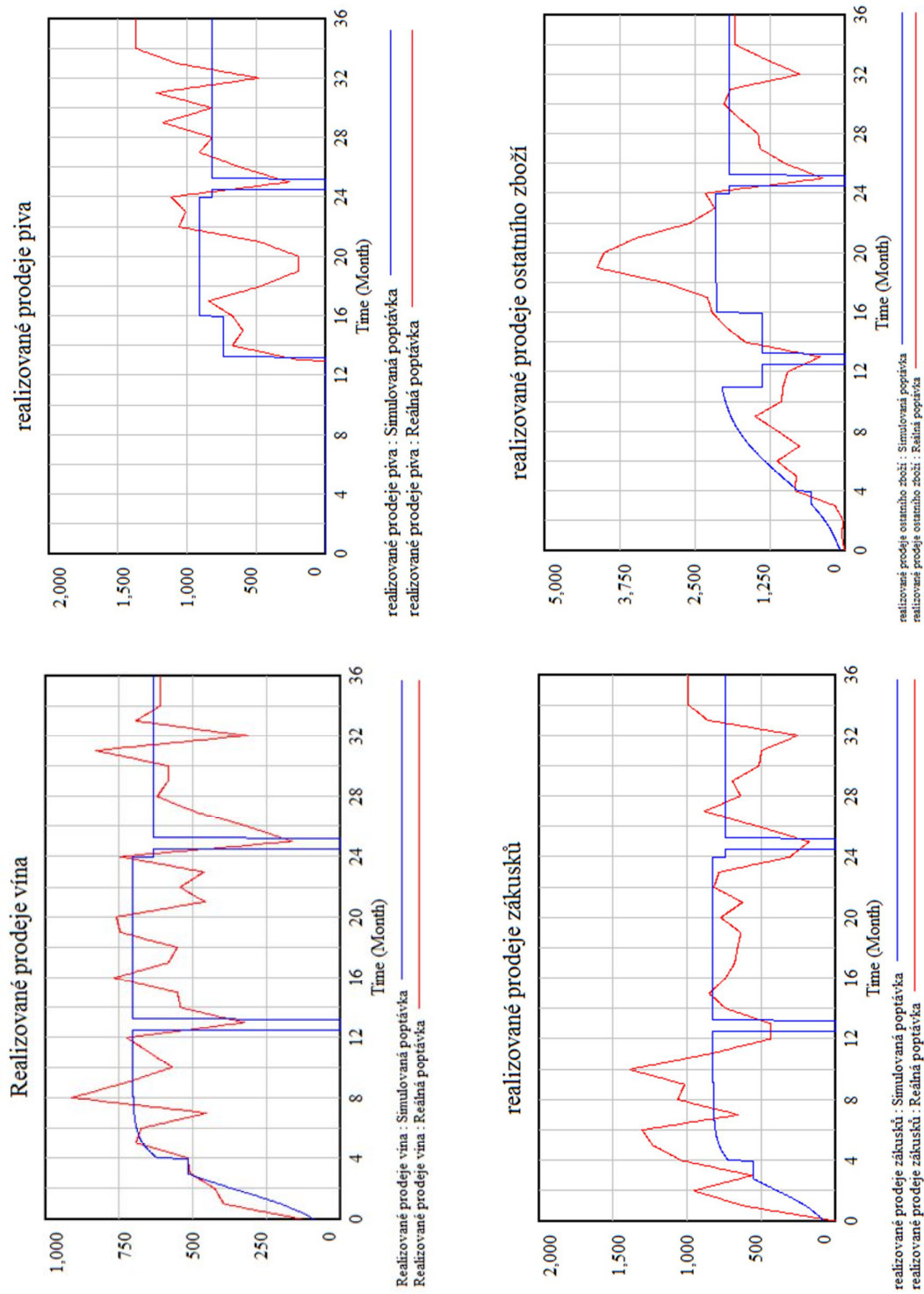
Obrázek 13 Graf kasy

Na obrázku níže jsou vidět obě poptávky v čase. Reálné poptávka je nastavena podle skutečných hodnot tržeb za minulé roky. V simulované poptávce jsou hodnoty přibližovány těm reálným. Navíc na ně od 24. měsíce působí *vliv výstavby kanalizace s indexem poklesu poptávky* (0,8695). Na červených osách lze vidět, že od 24. měsíce dochází k častým a značným propadům jednotlivých realizovaných prodejů.

Nejvíce postiženými komoditami bylo víno a ostatní zboží, u kterých majitelé vnímají pokles prodejů dodnes. Výstavba přerušila určité vazby mezi majiteli a zákazníky a bude nějakou dobu trvat, než předešlí zákazníci odejdou od konkurence a naučí se chodit opět do tohoto podniku.

Co se týče zákusků, je vidět propad od devátého měsíce, jež je dán především otevřením nového podniku, který je specializovaný na prodej zákusků, tzn., že zákazníci se rozptýlili mezi tyto obchody. Samotná výstavba se opět projevila snížením počtu prodejů.

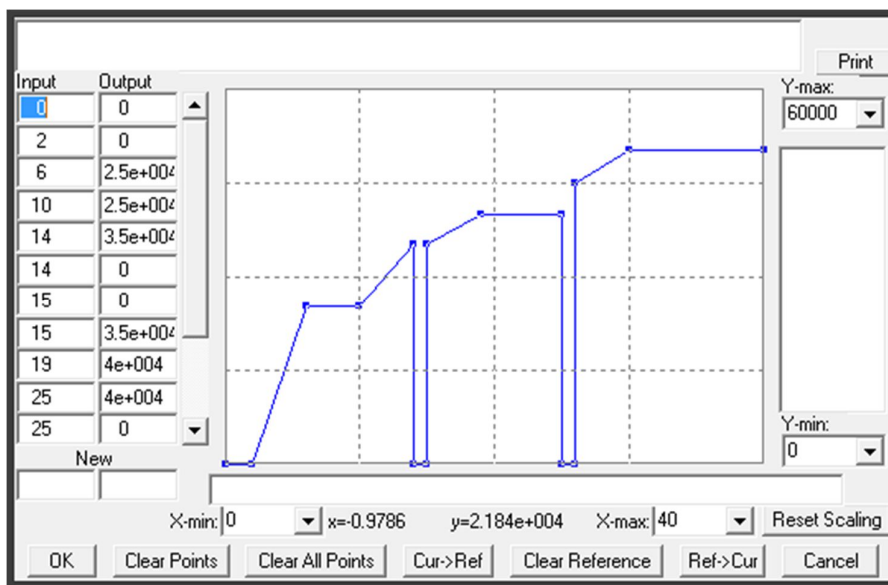
Jedinou komoditou, jež si udržela určitý růst, je pivo, což se dá vysvětlit tím, že je v Osečné nedostatečná konkurence tohoto zboží a velká část občanů konzumující pivo navštěvuje tento podnik. Proto se výstavba neprojevila tak, jako na ostatních komoditách.



Obrázek 14 Poptávky po zboží

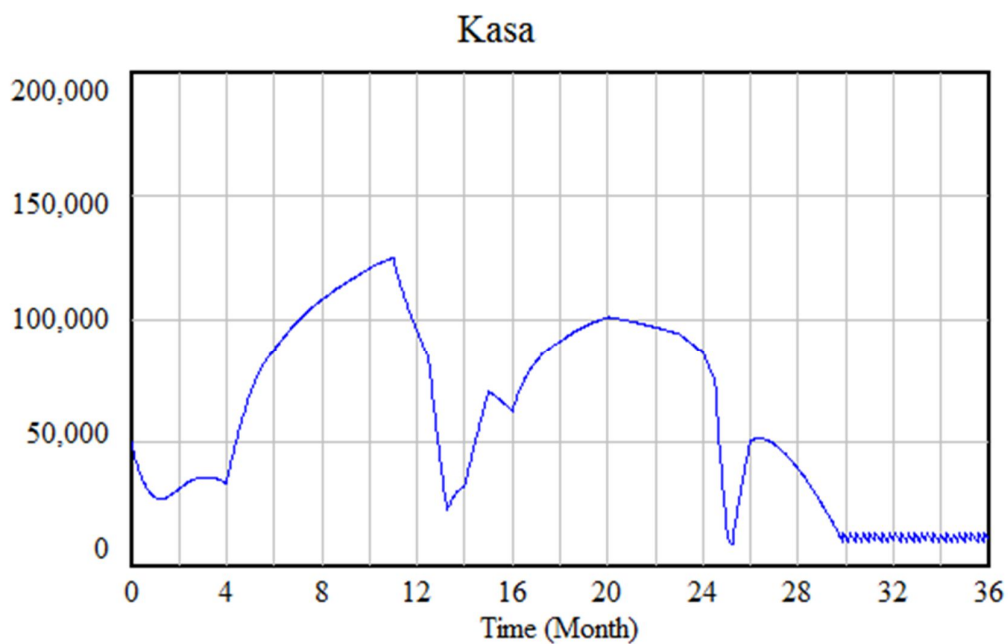
Scénář B – Požadovaná mzda

Dalším použitým scénářem v modelu je nastavení požadovaných „mezd“ dle představ majitele podniku. Majitel si představuje situaci tak, že v prvních dvou měsících nebude pobírat žádnou mzdu. Od druhého do desátého měsíce má představu o zvýšení mzdy na 30 000 Kč za měsíc. Poté očekává, že od desátého do čtrnáctého měsíce, v důsledku rozšíření kapacity podniku a tím i možností obsloužit více zákazníků, by se mohla mzda opět navýšit na 40 000 Kč. Tuto mzdu plánuje na celý následující rok. Od 26. měsíce by však chtěl znovu zvýšit mzdu na konečných 45 000 Kč. Hodnoty byly vyjádřeny grafickou funkcí na obrázku č. 15.



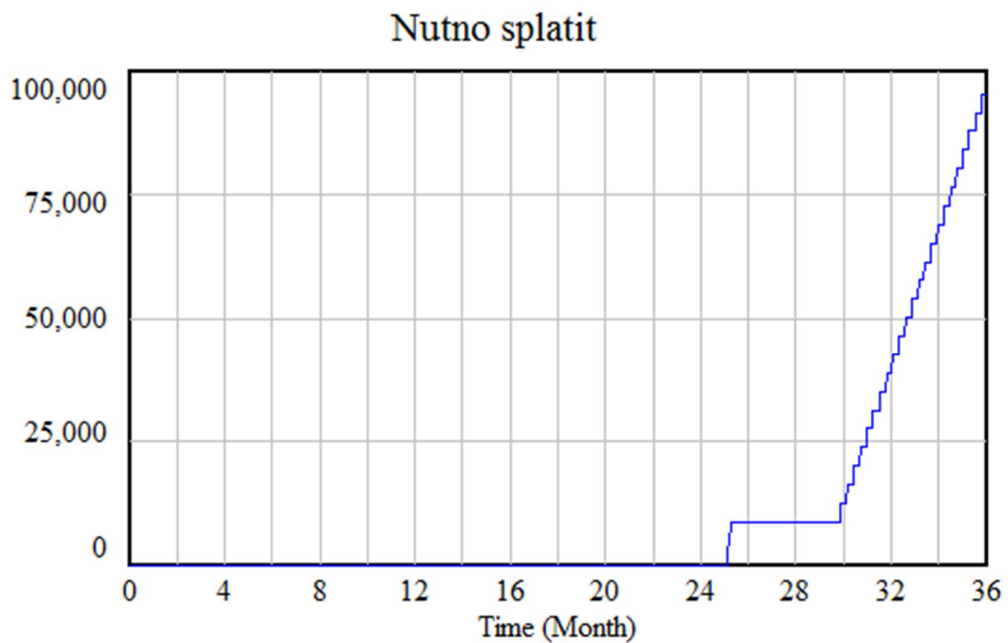
Obrázek 15 Scénář B - požadovaná mzda

Za této situace, kdy jsou mzdy nastaveny poměrně vysoko, se značně zvýší i požadované provozní náklady. Ty během několika měsíců značně převýší příjmy z prodeje zboží, čímž vzniká deficit v kase. Pro tuto situaci je v modelu vytvořena struktura *Nutno splatit*, která je nastavena tak, aby kasa neklesala pod 10 000 Kč. Pokud jsou mzdy vyšší, než je zůstatek v kase – budou uloženy do stavové proměnné *Nutno splatit*. Vyplaceny budou poté, co v kase opět budou peníze. (chování struktury na obrázku č. 16 a 17)



Kasa : Reálná poptávka

Obrázek 16 Vliv výše mezd na kasu



Nutno splatit : Reálná poptávka

Obrázek 17 Struktura nutno splatit

8.3 Zhodnocení výsledků modelu

Záměrem bakalářské práce bylo sestavení modelu pro simulaci vlivu výstavby kanalizace na chod vinárny a cukrárny v Osečné. Vzhledem k tomu, že výstavba této infrastruktury probíhala v průběhu 12 měsíců, kdy docházelo k častým uzavírkám hlavní přístupové cesty k podniku, došlo k velkému propadu tržeb ve srovnání s minulými lety, ve kterých k těmto omezením nedocházelo.

Z výsledků ze scénáře A v grafu kasy (viz obrázek č. 13) byly získány hodnoty pro 36. měsíc simulace, kdy při simulované poptávce bylo v Kase naakumulováno 395 769 Kč, naproti tomu při simulované poptávce, na kterou působila výstavba kanalizace (respektive uzavření hlavní příjezdové komunikace k podniku), byla tato hodnota rovna pouze 301 121 Kč. Rozdíl mezi simulovanou poptávkou a simulovanou poptávkou omezenou výstavbou činí 94 648 Kč. Z čehož lze usoudit, že daná výstavba měla značný vliv na chod cukrárny za posledních 12 měsíců provozu.

Scénářem B se modeloval vliv požadované mzdy na kasu. V tomto scénáři bylo simulováno průběžné navyšování mezd majitele vinárny a cukrárny, jež si naplánoval poměrně vysoké částky mezd, čímž v průběhu simulace náklady značně převýšily příjmy. V kase tak docházelo k deficitům. Aby nevznikaly komplikace s provozem, tedy s placením ostatních nákladů, byl model rozšířen o strukturu, která při nedostatku peněz upřednostňovala ostatní náklady před výplatou mzdy. Nevyplacená mzda se do této struktury kumulovala a bude vyplacena poté, co v kase opět budou přebytečné peníze.

9 Závěr

Bakalářská práce se zabývá simulací vlivu výstavby infrastruktury na chod vinárny a cukrárny v Osečné. V teoretické části se práce zabývala obecnými informacemi o vzniku a důležitých milnících ve vývoji systémové dynamiky. V další kapitole bylo vysvětleno několik základních pojmů, které jsou velmi důležitým předpokladem pro chápání systémové dynamiky. V páté kapitole je vysvětlen vztah mezi systémovým a lineárním myšlením, kde jsou popsány dvě definice systémového myšlení. Dále je zde uveden rozdílný přístup myšlení dnešní společnosti dle Jacka Haricha a popsáno kritické systémové myšlení. V následující kapitole se autor zabývá základními nástroji systémové dynamiky, tedy příčinně smyčkovým diagramem a diagramem stavů a toků, ve kterých jsou objasněny hlavní prvky obou diagramů. V poslední kapitole teoretické části jsou popsány vybrané generické struktury, které jsou specifické svým standardním chováním v systémech.

V praktické části je stručně popsána činnost vinárny a cukrárny v Osečné, v této části jsou zmíněny základní informace o městě, ve kterém byla cukrárna založena. V druhé kapitole praktické části je popisován příčinně smyčkový diagram, který v práci slouží pouze pro uvědomění si základní struktury systému, tedy pouze jako převedení mentálního modelu do uzavřených zpětnovazebních smyček. Nejdůležitější částí praktické části je pak diagram stavů a toků vytvořený v programu Vensim PLE, ve kterém jsou uvedeny všechny vazby vedoucí k dosažení cílových hodnot. Tento diagram byl rozdělen do několika podstruktur, jelikož studentská verze neumožnila zadávat více hodnot do jedné proměnné. V následující kapitole jsou do modelu aplikovány scénáře A a B.

Scénářem A se v modelu simuloval vliv výstavby kanalizace na chod cukrárny a vinárny. Bylo zjištěno, že výstavba kanalizace (respektive uzavření hlavní přístupové komunikace k podniku) měla značný vliv na chod vinárny a cukrárny, tato ztráta byla vyčíslena na hodnotu 94 648 Kč.

Scénářem B se simulovala požadovaná mzda majitelů, která se negativně projevila na provozních nákladech. Protože vznikal finanční deficit v kase, čímž nemohly být mzdy vypláceny přímo včas. Jejich výše se v průběhu simulace ukládala do stavové proměnné *nutno splatit*. Odkud bude vyplacena poté, co se v kase opět naakumuluje dostatečné množství peněz.

10 Seznam použitých zdrojů

10.1 Tištěné zdroje

FORRESTER W. Jay. *Urban dynamics*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1969. 299 s. ISBN 1883823390.

KREJČÍ, Igor, KVASNIČKA, Roman. *Systémová dynamika 1*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2014. 67 s. ISBN 978-80-213-2478-7.

LANE, C. David, STERMAN, D. John. *Profiles in Operations Research: Jay Wright Forrester*. Springer US, 2011. 867 s., ISBN 978-1-4419-6280-5.

MEADOWS, H. Donella, MEADOWS L. Dennis, RANDERS, Jorgen., *The Limits to Growth: a report for the club of Rome's project on the predicament of mankind*. 8. vyd. New York: Universe books, 1972. 205 s. ISBN 0-87663-165-0.

MEADOWS, H. Donella. *Thinking in Systems. A Primer*. White River Junction: Chelsea Green Publishing Company, 2008. 218 s. ISBN 978-60358-055-7.

MILDEOVÁ, Stanislava, VOJTKO, Viktor. *Systémová dynamika: tvorba modelu*. 1. vyd., Praha: Oeconomica, 2011. 150 s. ISBN 978-80-245-1842-8.

SENGE, Peter. *The Fifth Discipline: The Art and Practice of the Learning Organization*. 1990. New York: Doubleday. 445 s. ISBN 0-385-26095-4.

STERMAN, D. John. *Business Dynamics: Systems thinking and modeling for a Complex World*. Boston: Irwing/McGraw-Hill, 2000. 1008 s. ISBN 0-07-231135-5.

ŠUSTA, Marek. *Průvodce systémovým myšlením*. Proverbs, 2015. 137 s. ISBN 978-80-260-7602-5.

10.2 Internetové zdroje

BAMMER, Gabriele, 2003. Embedding Critical Systems Thinking And Other Integration And Implementation Sciences In The Academy. *International Critical Management Studies Conference (CMS-3 2003)*. [Online]. [cit. 2016-02-24]. Dostupné z: <http://www.mngt.waikato.ac.nz/ejrot/cmsconference/2003/abstracts/orsystems/Bammer.pdf>.

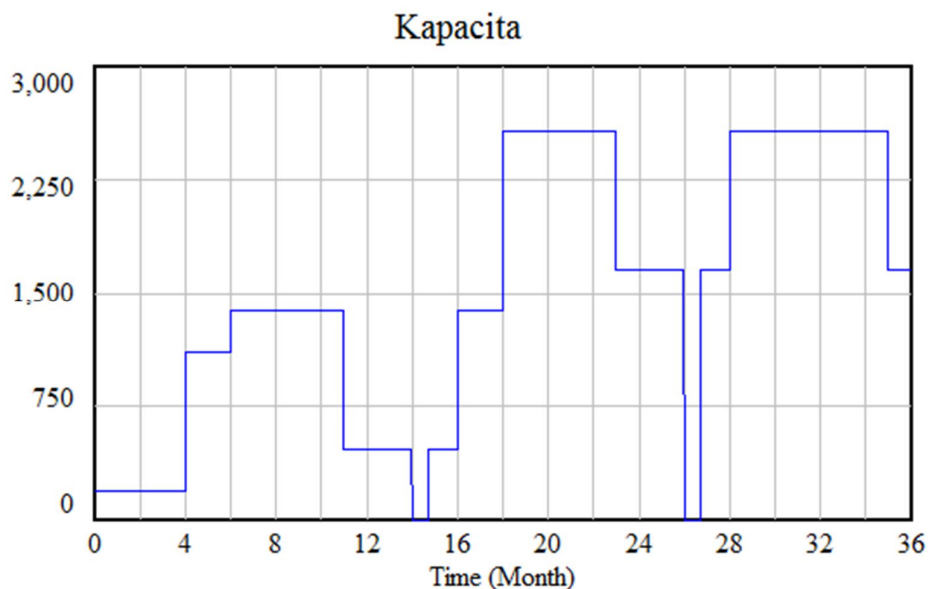
BELLINGER, Gene. *Balancing loop* [online]. [cit. 2016-02-01]. Dostupné z: <http://www.systems-thinking.org/theWay/sba/ba.htm>

COOPER, Trudi. 2003. Critical Management, Critical Systems Theory And System Dynamics. *International Critical Management Studies Conference (CMS-3 2003)* [online]. [cit. 2016-01-31]. Dostupné z: <http://www.mngt.waikato.ac.nz/ejrot/cmsconference/2003/proceedings/orsystems/Cooper.pdf>

- GRASL, Oliver. *Causal Loop Diagrams* [online]. [cit. 2016-02-01]. Dostupné z: <https://www.business-prototyping.com/step-by-step-tutorials/introduction-to-system-dynamics/causal-loop-diagrams/>
- HARICH, Jack. *System Thinking* [online]. [cit. 2016-01-31]. Dostupné z: <http://www.thwink.org/sustain/glossary/SystemsThinking.htm>
- HAUZER, Jiří., *Historie města Osečná.*, [online]. Osečná, 2000 [cit. 2016-02-13]. Dostupné z: <http://osecna.info/Historie/HistorieMesta.aspx#1>
- KRAFFT, Jackie. *INTRODUCTION: WHAT DO WE KNOW ABOUT INDUSTRIAL DYNAMICS?* [online]. [cit. 2016-01-30]. Dostupné z: <http://www.ofce.sciences-po.fr/pdf/revue/3-97bis.pdf>
- LANE, C. David, STERMAN D. John. *Profiles in Operations Research: Jay Wright Forrester* [online]. [cit. 2016-01-30]. Dostupné z: <http://jsterman.scripts.mit.edu/docs/Lane2011%20Profiles%20in%20Operations%20Research.pdf>
- LÉTAVKOVÁ, Dagmar. *Nové metody v systémové praxi* [online]., 66 [cit. 2016-02-01]. Dostupné z: <http://homen.vsb.cz/~let08/powersim/Nové%20metody%20v%20systémové%20praxi%20LÉTAVKOVÁ.pdf>
- RICHMOND, Barry. Systems thinking/system dynamics: Let's just get on with it. *System Dynamics Review* [online]. 1994, **10**(2-3), 135-157 [cit. 2016-02-07]. DOI: 10.1002/sdr.4260100204. ISSN 08837066. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/sdr.4260100204>
- Business prototyping: Stock and Flow Diagrams. In: *System prototyping blog* [online]. [cit. 2016-0-0]. Dostupné z: <https://www.business-prototyping.com/step-by-step-tutorials/introduction-to-system-dynamics/stock-and-flow-diagrams/>
- System dynamics society: Stocks and Flows. In: *System Dynamics* [online]. [cit. 2016-03-06]. Dostupné z: <http://www.systemdynamics.org/DL-IntroSysDyn/stock.htm>
- System & us: *Understanding the design world* [online]. [cit. 2016-02-01]. Dostupné z: <http://systemsandus.com/balancing-loops/>

11 Přílohy

Příloha č. 1 – graf kapacity



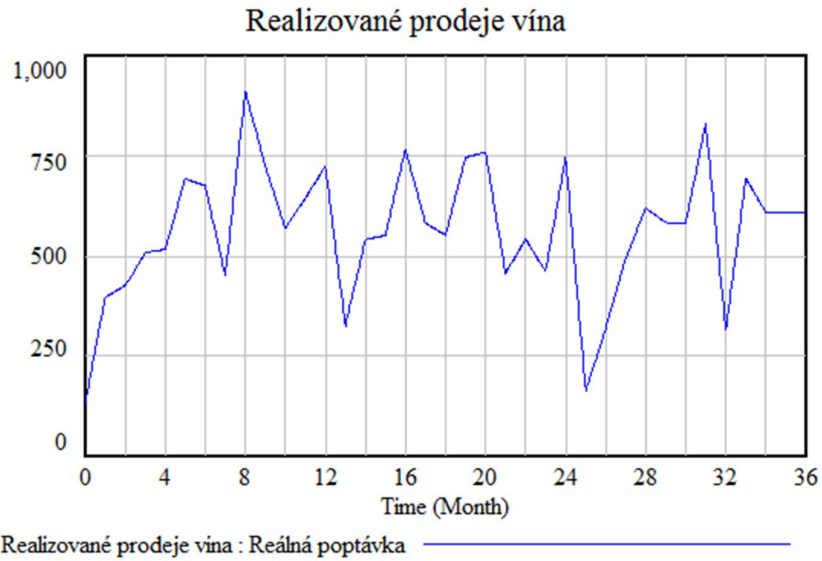
Příloha 1 Graf kapacity

Kapacita je základní proměnnou celého modelu, od ní se odvíjí maximální počet tržeb za jednotlivé měsíce. V modelu je vyjádřena graficky jako exogenní proměnná. Při otevření vinárny a cukrárny byla kapacita pouhých 8 míst (V průměru je cukrárna otevřena 23 dní v měsíci, tedy 184 míst). K prvnímu rozšíření cukrárny došlo v červnu roku 2013, kdy se rozšířila cukrárna o jednu místnost s kapacitou 20 míst (460 míst měsíčně). K dalšímu rozšíření došlo v dubnu roku 2014, kdy se otevřela nová velká místnost s kapacitou 40 míst (920 míst měsíčně) navíc se rozšířila i původní místnost na kapacitu 12 míst (276 míst měsíčně). V průběhu sezóny (od dubna do listopadu) jsou k dispozici venkovní prostory s kapacitou 40 míst (920 míst měsíčně). Od druhého roku jezdí majitelé pravidelně každý leden na dovolenou, v tomto období je cukrárna zavřená a kapacita je nulová.

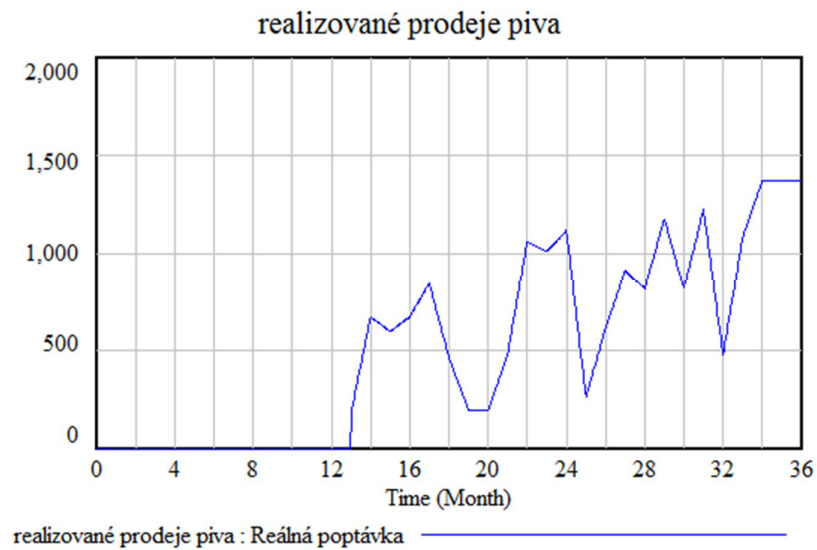
Celková kapacita vinárny a cukrárny je 72 míst (1656 měsíčně) a v sezóně 112 míst (2576 měsíčně).

Příloha č. 2 – Reálné poptávky po zboží

Následující grafy znázorňují reálné hodnoty prodejů jednotlivých druhů zboží v minulých 3 letech fungování podniku.

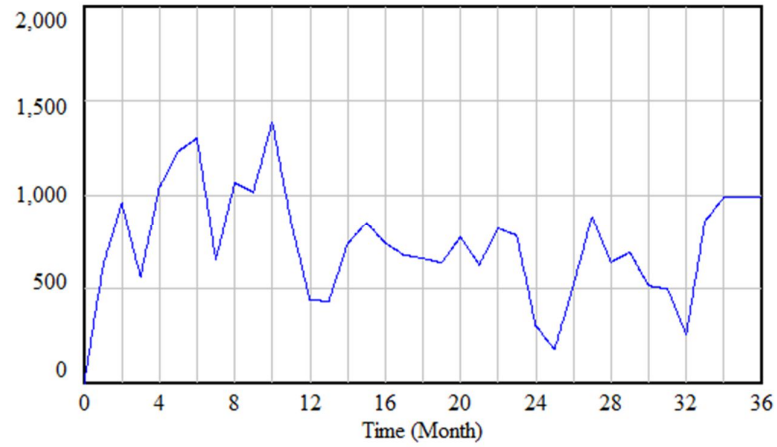


Příloha 2 Reálná poptávka po víně



Příloha 3 Reálná poptávka po pivu

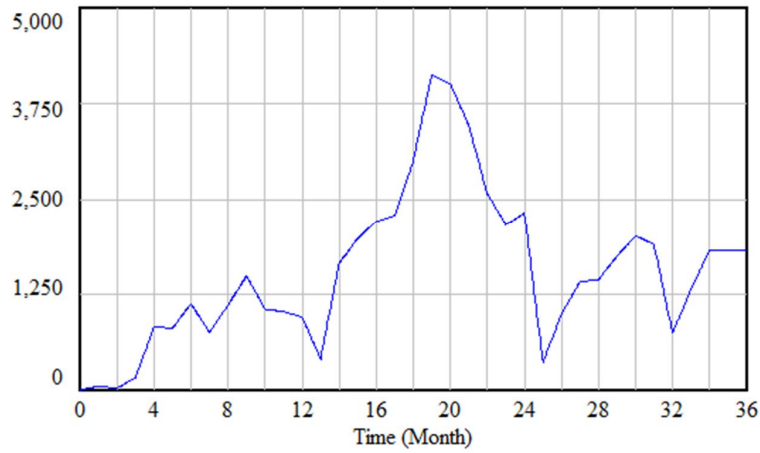
realizované prodeje zákusků



realizované prodeje zákusků : Reálná poptávka

Příloha 4 Reálná poptávka po zákuscích

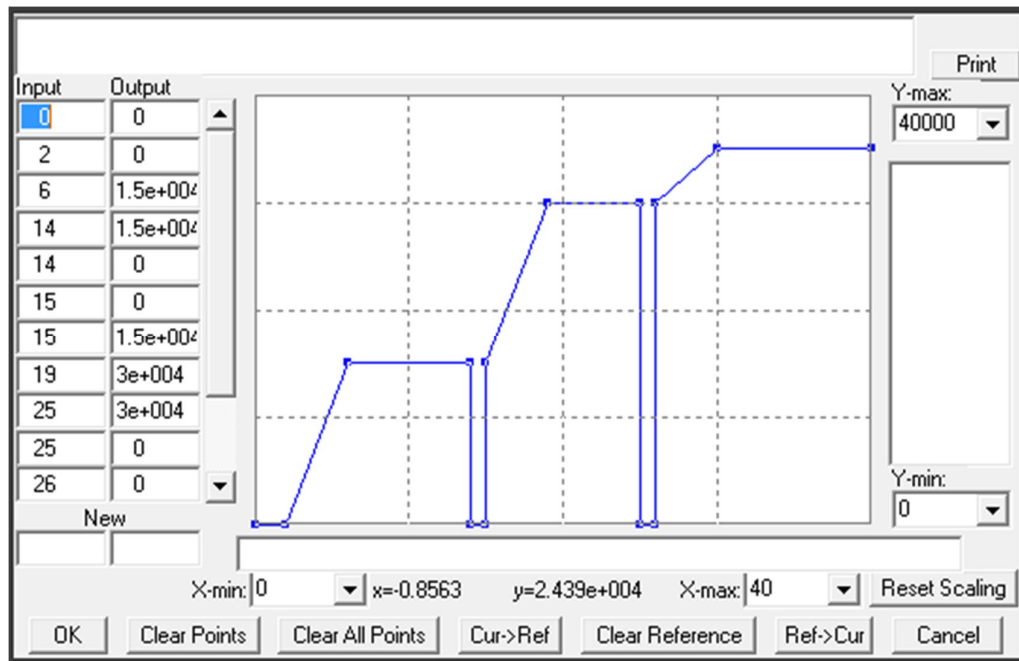
realizované prodeje ostatního zboží



realizované prodeje ostatního zboží : Reálná poptávka

Příloha 5 Reálná poptávka po ostatním zboží

Příloha č. 3 – Graf mezd zakladatelů



Příloha 6 Mzdy zakladatelů

Tento graf znázorňuje výši mzdy, na kterou chtěl majitel v průběhu posledních tří let dosáhnout. V prvních dvou měsících neočekával žádnou mzdu. Od druhého do šestého měsíce plánoval nárůst na 15 000 Kč. Od patnáctého do devatenáctého měsíce očekával mzdu ve výši 30 000 Kč. V dalších měsících pak s rozšířením kapacity plánoval mzdu 45 000 Kč. Během dovolené je výše mzdy rovna nule.

12 Zvláštní přílohy

Zvláštní příloha č. 1 - CD

Obsah přiloženého CD

Přiložené CD obsahuje model vinárny a cukrárny zmíněné v této bakalářské práci. Model byl vytvořen v programu Vensim PLE a pro jeho spuštění je nutné vlastnit některou z verzí výše zmíněného programu.