

**Univerzita Hradec Králové**  
**Fakulta informatiky a managementu**  
**Katedra informačních technologií**

**Systémová dynamika při modelování populačního vývoje**  
Bakalářská práce

Autor: Eva Kozáková  
Studijní obor: Aplikovaná informatika

Vedoucí práce: doc. Ing. Hana Tomášková, Ph.D.

Hradec Králové

Duben 2017

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně a s použitím uvedené literatury.

V Hradci Králové dne 26.4.2017

Eva Kozáková

Poděkování:

Děkuji vedoucímu bakalářské práce: doc. Ing. Haně Tomáškové, Ph.D. za metodické vedení práce.



## **Anotace**

Tato bakalářská práce se zabývá aplikací systémové dynamiky na problematiku populačního vývoje. Systémová dynamika byla vybrána jako vhodný nástroj pro zkoumání tohoto jevu. Práce je zaměřena na vysvětlení principů a teorie systémové dynamiky, včetně popsání základních elementů, které se využívají při modelování dynamického systému. Následně je tato práce zaměřena na analýzu a modelování populačního vývoje. Cílem této práce je vytvořit dynamický model možného vývoje populace v jednotlivých světových kontinentech na základě údajů o porodnosti, úmrtnosti a dat o mezinárodní migraci.

## **Annotation**

### **Title: System dynamics in modeling population development**

This bachelor thesis is focused on application of system dynamics on the problem of population development. System dynamics was evaluated as a suitable tool for a research of this phenomenon. This thesis is focused on explanation of principals and theory of the system dynamics, including describing basic elements which are used in modeling a dynamic system. This thesis is thereafter focused on analysis and modeling a population development. The goal of this thesis is to create a dynamic model of possible population development in each world continent based on the data about fertility rates, mortality rates and data about international migration.

# Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíl práce.....	2
3	Metodika zpracování .....	3
4	Teoretická část.....	4
4.1	Systémová dynamika.....	4
4.1.2	Co je systém .....	4
4.1.3	Budování systému .....	4
4.1.4	Historie systémové dynamiky .....	5
4.1.5	Stručný přehled softwarového řešení.....	5
4.1.6	Základní prvky v modelu systémové dynamiky.....	6
4.2	Systémové archetypy .....	9
4.2.1	Samoposilující se chování .....	9
4.2.2	Cílové chování.....	10
4.2.3	Meze růstu.....	11
4.2.4	Eskalace .....	11
4.2.5	Přesun břemene .....	12
4.2.6	Eroze cílů.....	13
4.2.7	Růst a nedostatečná investice .....	14
4.2.8	Náhodní protivníci.....	15
4.2.9	Úspěch úspěšným .....	16
4.2.10	Tragédie společného.....	16
4.3	Analýza populačního vývoje.....	17
4.3.1	Porodnost .....	18
4.3.2	Úmrtnost .....	19
4.3.3	Vývoj světové populace.....	20

4.3.4	Vliv migrace .....	21
5	Praktická část .....	23
5.1	Modelování populačního vývoje .....	23
5.1.1	Vliv porodnosti a úmrtnosti.....	25
5.1.2	Vliv migrace .....	28
5.1.3	Vývoj populace podle kontinentů .....	29
5.1.3.1	Vývoj populace v Africe.....	29
5.1.3.2	Populační vývoj v Asii .....	31
5.1.3.3	Populační vývoj v Evropě.....	32
5.1.3.4	Populační vývoj v Severní Americe .....	33
5.1.3.5	Populační vývoj v Latinské Americe a Karibiku .....	34
5.1.3.6	Populační vývoj v Oceánii .....	35
5.2	Konečný model.....	37
6	Shrnutí výsledků.....	39
7	Závěry a doporučení .....	40
8	Seznam použité literatury.....	41
8.1	Online zdroje.....	41
8.2	Vědecké články.....	42
8.3	Tištěné zdroje.....	42
9	Přílohy.....	43
9.1	Příloha č. 1 - Seznam obrázků .....	43
9.2	Příloha č. 2 – Seznam tabulek.....	46
9.3	Příloha č. 3 – Seznam grafů .....	49

# 1 Úvod

Systémová dynamika je relativně mladá vědní disciplína, kterou lze využít na předpovědi vývoje dynamického systému jak na základě reálných tezí, tak na základě hypotetických scénářů. Systémová dynamika je rovněž vhodný nástroj na simulaci vývoje populace, vzhledem k povaze řídicích proměnných a dynamickému chování systému v čase.

První část této bakalářské práce představí teoretický úvod do systémové dynamiky aplikovaný na praktické příklady související s tématem práce. Praktická část práce je zaměřena na analýzu populačního vývoje jednotlivých světových kontinentů. Data jsou zpracována do určité míry abstrakce. Populační vývoj může mít mnoho podob na základě různých scénářů. V této práci je jedním z hlavních cílů vytvořit model systémové dynamiky, simulující možný vývoj populace světových kontinentů na základě dat o porodnosti, úmrtnosti a mezinárodní migraci.

Během modelování systému vývoje populace se počítá s vysokou mírou abstrakce, vzhledem ke struktuře dat, ze kterých výsledný model vychází.



## **2 Cíl práce**

Cílem bakalářské práce je představit základy systémové dynamiky a systémového myšlení v kontextu populačního vývoje. V práci je popsán základní model souvislosti jevů, které vedou k vývoji populace. Výsledek této práce je sestavení modelu systémové dynamiky, kde je zobrazen možný průběh vývoje populace jednotlivých světových kontinentů v letech 2010 až 2030. Jako faktory ovlivňující vývoj populace jsou v práci uvedeny míra porodnosti, míra úmrtnosti a čísla mezinárodní migrace mezi kontinenty.

### **3 Metodika zpracování**

Použití systémové dynamiky se jeví jako vhodná metodika pro řešení dané problematiky populačního vývoje. Model by měl dokázat v určité míře obecnosti odpovědět na základní otázky týkající se populace jednotlivých kontinentů a migrace mezi nimi. Vychází se především z dat o porodnosti a úmrtnosti uváděné každoročně organizací Population Reference Bureau [8]. Dále se vychází z dat o mezinárodní migraci uváděné na webových stránkách Organizace Spojených Národů [13]. Data o migraci jsou uváděna každých 5 let od roku 1995 do roku 2015. Model vychází z hodnot, které vznikly výpočtem rovnice vytvořené pomocí logaritmické spojnice trendu

## **4 Teoretická část**

### **4.1 Systémová dynamika**

Pro zkoumání vývoje populace se využívají principy systémové dynamiky. Systémová dynamika znamená způsob, jak lze chápat a analyzovat jakkoli velký a složitý systém.

Systémová dynamika je technika využívaná k modelování simulací pro uchopení, porozumění a zhodnocení komplexních otázek a problémů. Cílem systémové dynamiky je zkoumat systémy, jejich chování a vývoj. Systém není statický, nemá jasný začátek a konec. To znamená, že je neustále v pohybu. Z těchto poznatků se dají vyvodit závislosti a mechanismy, jak konkrétní systémy řídit. [1]

#### **4.1.2 Co je systém**

K pochopení systémové dynamiky jako takové je potřeba pochopit, co je to systém. Systém je kolekcí elementů, které spolu vzájemně spolupracují a jsou schopny nějaké funkcionality. Systémy můžou existovat přirozeně ve fyzickém světě nebo v sociálních či politických doménách, nebo můžou být vytvořeny explicitně člověkem.

#### **4.1.3 Budování systému**

Před modelováním systému je potřeba nejprve provést důkladnou analýzu systému a popsat jeho funkcionality. T.S. Whitakerová v díle System Dynamics [4] shrnula několik zásadních pravidel, kterými je potřeba se řídit při modelování systému.

- K čemu bude systém sloužit
- Identifikovat hranice systému. Co jsou vstupy a co výstupy.
- Identifikovat důležitá hlediska systému. Každý systém je zjednodušení reálného světa a je potřeba určit takové aspekty, které jsou z hlediska systému důležité.

- Identifikovat jednotlivé elementy systému a způsob, jakým budou v modelu reprezentovány. Jaké jsou proměnné, které budou reprezentovány pomocí hladin?
- Jaké jsou toky, které zobrazují, jak entity ovlivňují hodnoty hladin?
- Co jsou smyčky, které znázorňují vzájemné ovlivňování hladin?
- Jaké jsou rovnice, které budou do modelu vloženy, aby popsaly, jak entity proudí mezi hladinami? [4]

#### 4.1.4 Historie systémové dynamiky

Systémovou dynamiku vynalezl Jay Forrester v padesátých letech na MIT Sloan School of Management, aby řešil problémy týkající se managementu. Ručně počítané modely hladin, toků a zpětných vazeb byly používány na rozhodnutí ve společnosti General Electric. Později v padesátých letech byly ruční modely nahrazeny počítačovými a začátkem šedesátých let začal Forrester tento postup aplikovat na ostatní problémy reálného světa, zahrnující modely rozhodování, politiky a modely problémů týkajících se městských systémů. Od té doby se modely systémové dynamiky využívají v širokém spektru problémů zahrnujících medicínské simulace, růst populace, organizační a biologické simulace, či simulace týkající se životního prostředí.

V 70. letech Forrester vytvořil dynamický model celé planety. Tento model měl pomoci připomenout vzájemně ovlivňující se problémy jako exponenciální populační růst, spotřeba surovin a s tím související nedostatek potravy, znečištění, ekonomická nestabilita a kvalita života lidí. Dnes se jedná o aktuální téma, jelikož závěr Forresterova modelu byl takový, že nastane ekonomický i sociální kolaps v polovině 21. století. [4]

#### 4.1.5 Stručný přehled softwarového řešení

Softwarových aplikací pro vytváření modelů systémové dynamiky je několik. Webová stránka [www.simulace.info](http://www.simulace.info) [7] uvádí nejpoužívanější z nich:

- Stella – vynikající možnosti uživatelského rozhraní pro výukové simulace, software je vhodný především pro jednodušší modely

- iThink – v zásadě se od Stelly neliší, ale je určen pro firmy a pro komerční účely
- Powerism – vhodné pro vytváření náročnějších modelů
- Vensim – obrovské možnosti v modelování a ladění simulací, software je dostupný v českém jazyce

Konečný model vývoje populace jednotlivých světových kontinentů uvedený v této bakalářské práci je vytvořen v programu Stella, verze 10.0.1.

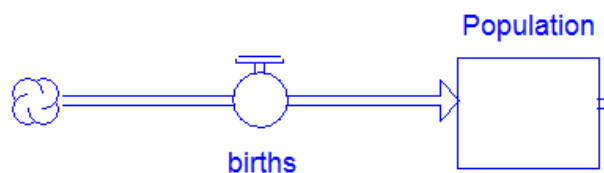
#### **4.1.6 Základní prvky v modelu systémové dynamiky**

V této podkapitole budou vysvětleny základní prvky v modelu systémové dynamiky, které budou v práci využity k samotné tvorbě modelu vývoje populace.

Jak píše Bureš, pro grafické znázornění modelů systémového myšlení a systémové dynamiky se využívají univerzální symboly, díky kterým lze popsat strukturu chování jakéhokoliv systému v čase. Mezi tyto symboly patří například šestiúhelníky, příčinné smyčkové diagramy (casual loop diagrams) a především diagramy hladin a toků (stocks and flows). [5]

##### **4.1.6.1 Diagram hladin a toků**

Jak je již uvedeno výše, diagramy hladin a toků patří mezi základní komponenty v modelech systémové dynamiky. Hladina reprezentuje jakoukoliv entitu v systému, jejíž hodnota buď roste nebo klesá během určitého času. Tok reprezentuje přenos obsahu do hladin, z hladin nebo mezi hladinami. Jsou definovány jako míra změny hladiny v určitém čase. [4]. Na obrázku 1 je uveden příklad těchto diagramů. Je znázorněna hladina, v tomto případě se jedná o populaci. Do hladiny populace proudí tok, který obsahuje počet narození. To znamená, že počet narozených ovlivňuje velikost populace.



**Obr. 1 Diagram hladiny a toků.**  
Zdroj: vlastní zpracování

#### 4.1.6.2 Proměnná

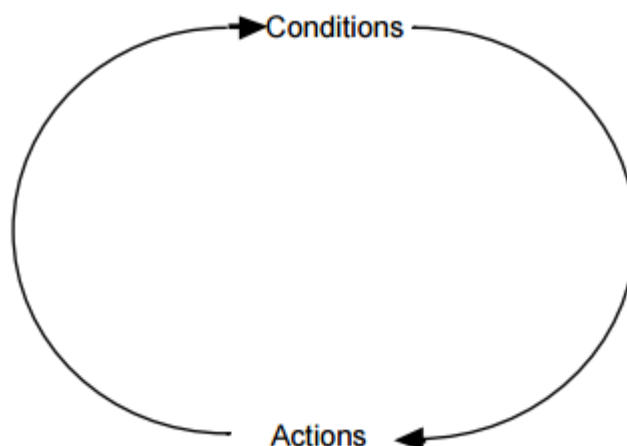
Obrázek 1 zachycuje další stavební kámen modelu, a to je pomocná proměnná. Je reprezentována nějakým algebraickým výrazem a nemá žádnou počáteční hodnotu. Řízení množství toku je realizováno nejčastěji právě pomocnou proměnnou.

#### 4.1.6.3 Příčinný smyčkový diagram

K porozumění chování dynamického systému bez toho, aniž by se musela tvořit složitější simulace, slouží příčinné smyčkové diagramy, též známé jako kauzální smyčky. Diagram znázorňuje chování a spolupráci proměnných v dynamickém systému. Pomocí příčinného smyčkového diagramu je možno zachytit a zanalyzovat každý systém. Podmínky v systému udávají podnět k určité akci, která danou podmínku dále ovlivňuje. Dva základní příčinné diagramy jsou pozitivní a negativní smyčky zpětné vazby. Kombinace těchto vazeb tvoří základ všech komplexních systémů.

Je možné začít s modelováním systému pomocí příčinných smyčkových diagramů a teprve poté začít s modelováním dynamiky, tedy v okamžiku, kdy je systém pochopen. K takovému přístupu dochází v případě, že systém obsahuje „soft“ proměnné, tedy takové proměnné, které nejsou lehce zaznamatelné. Například emoce nebo stres. Ale v případě modelování vývoje populace je vhodnější začít rovnou s modelováním dynamického systému, vzhledem k tomu, že systém vývoje populace obsahuje většinou tzv. „hard“ proměnné, které se zakládají na číslech a

datech a dají se lehce zaznamenat. Na obrázku 2 je znázorněna jednoduchá struktura příčinného smyčkového diagramu. [11]



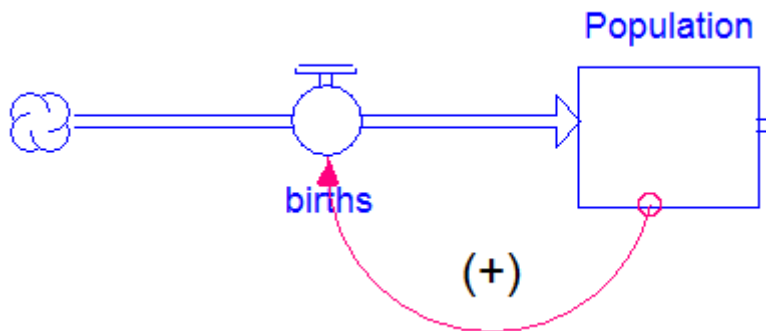
**Obr.2 Příčinný smyčkový diagram**

Zdroj: <http://www.churchmodel.org.uk/introsystems.pdf>

#### **4.1.6.4 Smyčka zpětné vazby**

Teorie dynamického modelování říká, že každá exponenciálně rostoucí entita nějakým způsobem souvisí s pozitivní smyčkou zpětné vazby. Pozitivní smyčka zpětné vazby se někdy také nazývá „zlý kruh“. Jako běžný příklad se uvádí známá spirála mzda-cena. Mzdy se zvyšují, což vede ke zvýšení cen, a to zároveň vede k poptávce po vyšších mzdách. V pozitivní smyčce zpětné vazby uzavírá řetězec vztahu příčiny a následku sám sebe, takže při zvýšení jakéhokoliv elementu ve smyčce nastartuje sekvenci změn, které ve výsledku změní originální element mnohonásobně více.

Při aplikaci na problém řešený v bakalářské práci je zde uveden příklad u růstu populace. Počítá se populace, která má konstantní průměrnou porodnost. Čím větší bude populace, tím více se bude zvětšovat míra porodnosti. Čím více dětí se za rok narodí, tím větší bude populace následující rok. Během doby, než děti dorostou a stanou se sami rodiči, se narodí každý rok další děti, zvyšující populaci stále více. Příklad takového diagramu je uveden na Obrázku 3. Pozitivní dopad na danou hodnotu se značí znaménkem +.



**Obr 3. Pozitivní smyčka zpětné vazby.**  
Zdroj: vlastní zpracování

Opakem pozitivní smyčky je negativní smyčka. To znamená, že by daný element ovlivňoval jiný element negativně, tedy snižoval by jeho hodnotu. Jako příklad z modelu vývoje populace lze uvést negativní dopad počtu úmrtí na vývoj populace. Čím větší počet úmrtí, tím je populace menší. [6]

## 4.2 Systémové archetypy

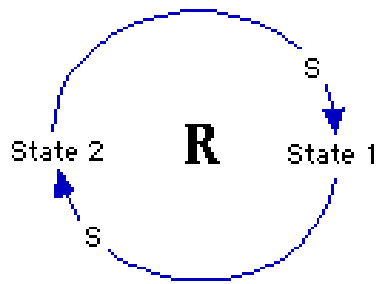
Systémový archetyp představuje základní struktury systému a reprezentují opakující se obecný vzorec lidského chování. V systémové dynamice mohou systémové archetypy posloužit jednak ke zpětnému zjišťování, co se stalo nebo se mohou využívat s výhledem do budoucna, například k plánování či rozhodování. Tytéž archetypy se mohou objevovat v různých vědních oborech. Níže jsou uvedeny příklady základních systémových archetypů [5]

### 4.2.1 Samoposilující se chování.

Archetyp samoposilujícího se chování je struktura, která zvyšuje svoji hodnotu sama sebou. Jedná se o obdobu pozitivní zpětné vazby.

Na obrázku 4 je archetyp znázorněn. Pokud se Stav 1 sníží nebo zvýší, Stav 2 se pohybuje ve stejném směru. Stav 2 dále ovlivňuje Stav 1 k pokračování ve stejném směru.





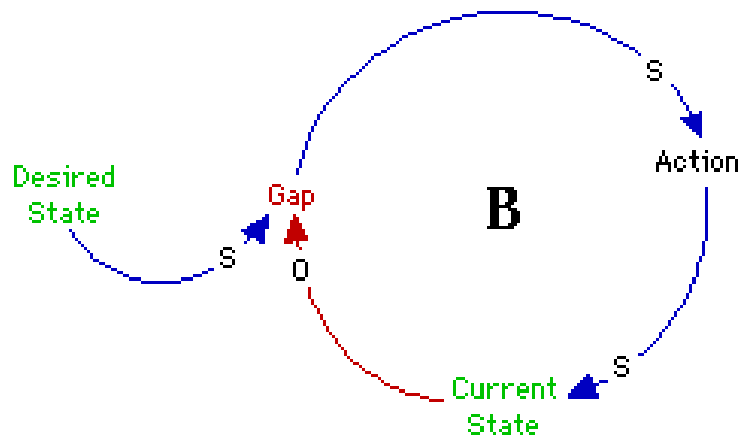
**Obr 4. Archetyp Samo posilující se chování**

Zdroj: <http://www.systems-thinking.org/arch/arch.htm#arches>

#### 4.2.2 Cílové chování

Archetyp cílové chování se snaží dosáhnout určitého cíle pomocí akce. Struktura může začínat s počátečním stavem větším či menším, než je požadovaný stav, v takovém případě může počáteční stav přejít v požadovaný stav shora nebo zespu. Jedná se o obdobu smyčky negativní zpětné vazby.

Požadovaný stav (Desired State) spolupracuje se současným stavem (Current State) a vytváří rozdíl (Gap). Čím větší je rozdíl, tím více je ovlivňována akce. Akce posléze posouvá současný stav (Current State) směrem k požadovanému stavu, čímž se snižuje rozdíl. Pokud je akce úspěšná, rozdíl je nulový.



**Obr 5. Archetyp Cílové chování**

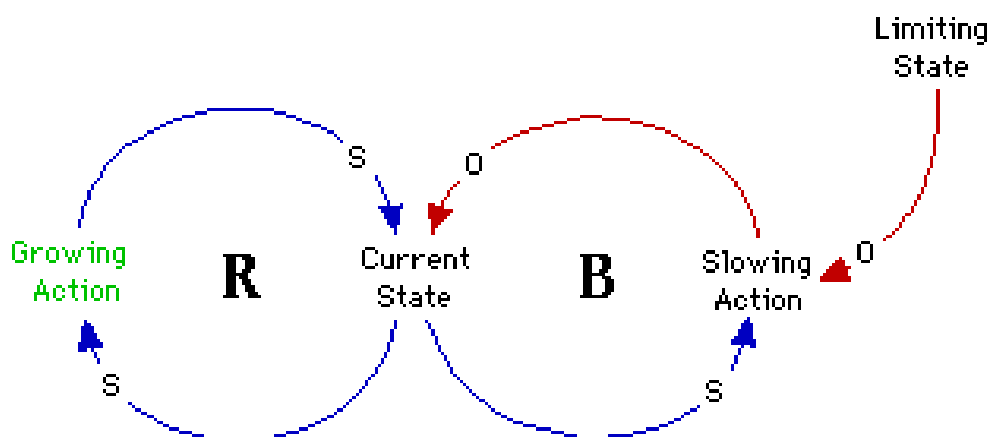
Zdroj: <http://www.systems-thinking.org/arch/arch.htm#arches>

### 4.2.3 Meze růstu

Archetyp Meze růstu byl představen již na začátku 70. let v knize Limits to Growth [6].

Tento archetyp popisuje, že růst je úspěšný jen v počáteční fázi, často je růst dokonce exponenciální. Avšak když je mez tohoto růstu dosažena. Hnací motor růstu začne ztrácet na efektivnosti a samotný růst se začíná snižovat. Nakonec se růst zastaví úplně, nebo dokonce dochází ke kolapsu.

Rostoucí akce (Growing Action) spolupracuje se současným stavem (Current State) v takové míře, že současný stav podporuje rostoucí akci stále více. Jak se současný stav zvyšuje, začíná spolupracovat s omezujícím stavem (Limiting State) a společně vytvářejí zpomalující akci (Slowing Action). Tato zpomalovací akce nadále ovlivňuje současný stav natolik, že omezují růst vytvářený rostoucí akci.



Obr 6. Archetyp Meze růstu

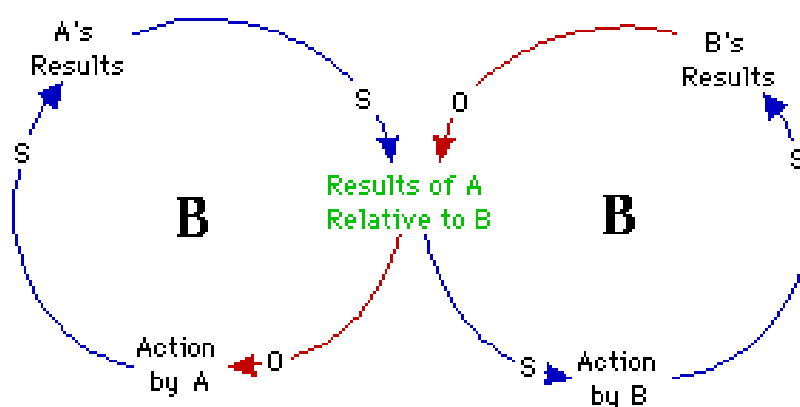
Zdroj: <http://www.systems-thinking.org/arch/arch.htm#arches>

### 4.2.4 Eskalace

Archetyp Eskalace nastává v okamžiku, když chování jedné strany je druhou stranou považováno za hrozbu, zároveň druhá strana reaguje podobným způsobem a hrozbu tím zvýší. Chování eskalace je relativně jednoduché a předvídatelné. Akce a reakce jednotlivých stran jsou si v zásadě podobné, avšak postupem času si vzájemně konkurují.

Archetyp eskalace reprezentuje ironii managementu. V zájmu ochrany organizace manažeři stupňují určité chování až do bodu, kdy takové chování ohrožuje organizaci, včetně jejich zákazníků.

Růst Výsledku A vzhledem k B (Result of A Relative to B) ovlivňuje více Akci B. Růst Akce B zlepšuje výsledky B (B's Results). Tím, jak se výsledky B zvyšují, snižují se výsledky A vzhledem k B. Toto snížení ovlivňuje akci A. Dodatečná akce A zvýší výsledky A (A's Results). Zvýšení výsledků A má za následek zvýšení výsledků A vzhledem k B a cyklus se opakuje.



Obr 7. Archetyp Eskalace

Zdroj: <http://www.systems-thinking.org/arch/arch.htm#arches>

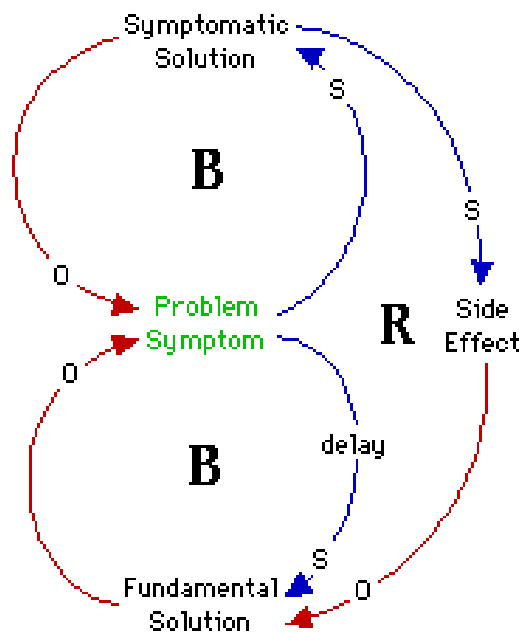
#### 4.2.5 Přesun břemene

Přesun břemene je jeden z několika archetypů, který ilustruje rozhodování mezi řešením pouhých symptomů daného problému nebo použitím dlouhodobějšího řešení. Řešení symptomů je většinou jednodušší, méně nákladné a z krátkodobého hlediska efektivní. Dlouhodobé problémy ovšem přetrvávají.

Typickým příkladem je humanitární pomoc, kdy vyspělé státy poskytují potraviny chudým státům, místo toho, aby je naučili soběstačnosti.

Příznak problému (Problem Symptom) je ovlivňován a sám ovlivňuje několik možných akcí. Jedna z nich, řešení příznaku (Symptom Solution) má velkou časovou výhodu oproti dlouhodobému řešení (Fundamental Solution). Aplikace řešení příznaku sníží samotný příznak problému, což zdánlivě vede k vynechání

dlouhodobého řešení. Pokud se ale nezavede dlouhodobé řešení, příznak problému se vrátí.



Obr 8. Archetyp Přesun břemene

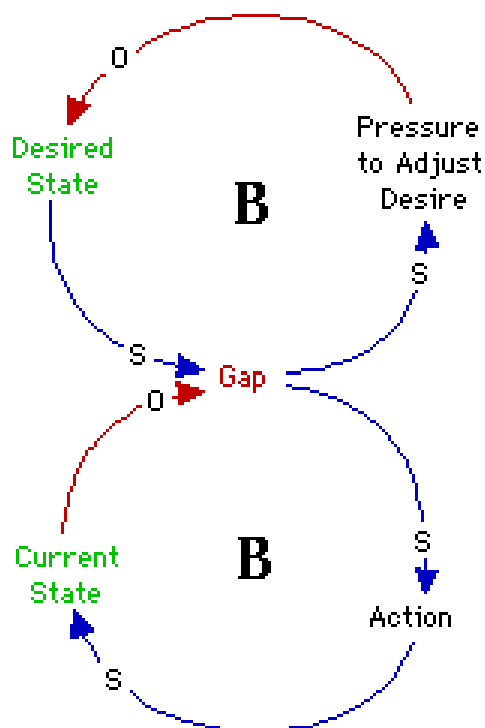
Zdroj: <http://www.systems-thinking.org/arch/arch.htm#arches>

#### 4.2.6 Eroze cílů

Archetyp Eroze cílů sdílí stejné principy s archetypem Přesun břemene. Jedná se o rozhodování mezi řešením symptomů a mezi dlouhodobějším řešením.

Mezi požadovaným stavem (Desired State) a aktuálním stavem (Current State) může existovat propast (Gap). Daný archetyp určuje, že tato propast může být vyřešena dvěma způsoby. Buď se přijmou nápravná opatření vedoucí k naplnění cílů nebo se požadavky na cíle zmenší.

Jako optimální řešení se jeví zmenšit požadavky na cíle, aby byla firma schopna s jistotou dané cíle splnit.



**Obr 9. Archetyp Eroze cílů**

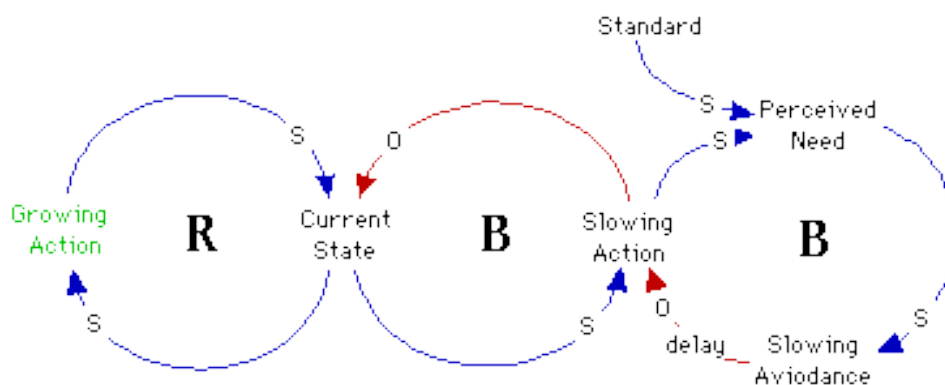
Zdroj: <http://www.systems-thinking.org/arch/arch.htm#arches>

#### 4.2.7 Růst a nedostatečná investice

Archetyp Růst a nedostatečná investice popisuje situaci, kdy systém kvůli nedostatečným investicím brzdí svůj růst. K růstu by mohlo dojít v okamžiku, kdy by došlo ke snížení zpomalovací akce.

V podstatě se jedná o rozpracovaný archetyp Meze růstu, ve kterém je zpomalovací akce součástí další stabilizační smyčky spolu s externím standardem a určitou prodlevou.

Rostoucí akce, která začíná celou strukturu, ovlivňuje růst současného stavu. Zároveň rostoucí současný stav ovlivňuje nadále rostoucí akci, což tvoří posilující smyčku. Zatímco se současný stav pohybuje požadovaným směrem, je tím ovlivněn růst zpomalovací akce. Ta v důsledku toho následně brání pohybu současného stavu požadovaným směrem.

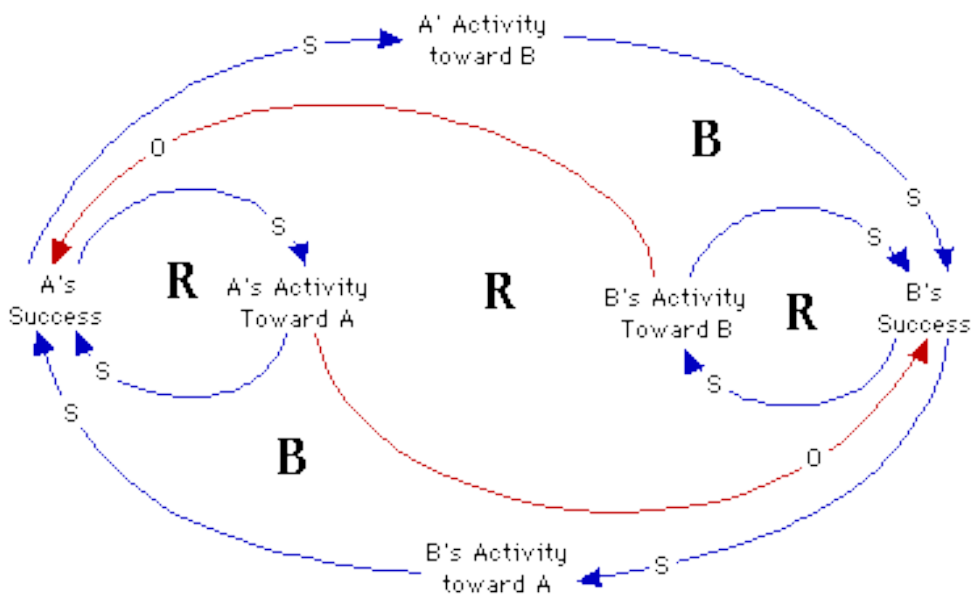


**Obr 10. Archetyp Růst a nedostatečná investice**  
 Zdroj: <http://www.systems-thinking.org/arch/arch.htm#arches>

#### 4.2.8 Náhodní protivníci

Archetyp Náhodní protivníci se skládá ze tří posilujících se smyček a dvou stabilizačních smyček. Celkový růst systému je řízen globální posilující smyčkou. Dvě vnitřní posilující smyčky vytvářejí stabilizační smyčky, které nakonec limitují celkový růst systému.

Tato struktura popisuje situaci, kdy se objekty A a B mohou vzájemně poškodit za účelem vlastního úspěchu



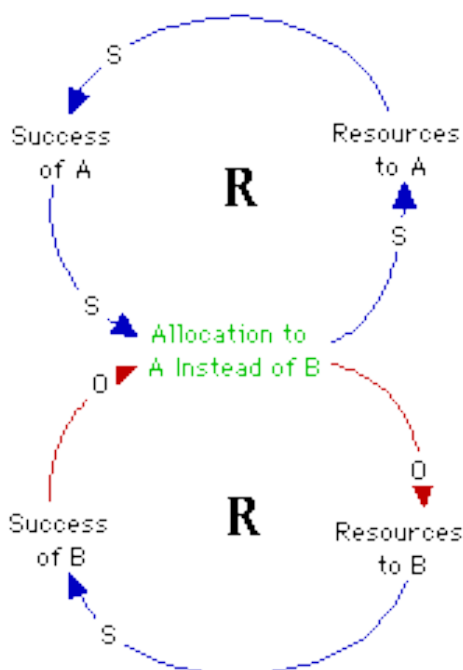
**Obr 11. Náhodní protivníci**  
 Zdroj: <http://www.systems-thinking.org/arch/arch.htm#arches>

#### 4.2.9 Úspěch úspěšným

Archetyp úspěch úspěšným popisuje běžný postup rozdávání odměn (více zdrojů) za dobrý výkon. Předpokládá se, že s více zdroji se bude výkon nadále zlepšovat.

V praxi to znamená, že pokud skupina A dostane více zdrojů (Resources to A) na zpracování problému než stejně schopná skupina B, bude skupina A úspěšnější. Prvotní úspěch skupiny A (Success of A) jí zajistí další zdroje, tudíž se prohloubí výkonnostní propast mezi oběma skupinami.

Úspěch úspěšným odměňuje vítěze s předpokladem dalších vítězství, zatímco může omezovat poražené.



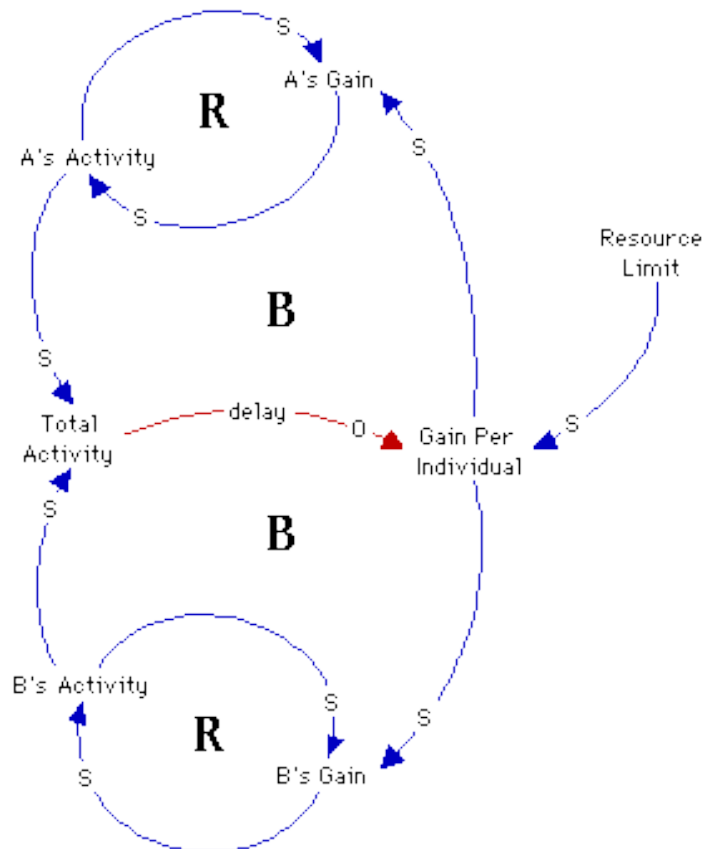
Obr 12. Archetyp Úspěch úspěšným

Zdroj: <http://www.systems-thinking.org/arch/arch.htm#arches>

#### 4.2.10 Tragédie společného

Archetyp Tragédie společného popisuje situaci, kdy spolupracují dvě či více posilující smyčky a využívají společné zdroje.

Pokud je k dispozici dostatečný počet zdrojů, rostou obě posilující smyčky. Pokud je dosažena kapacita zdrojů, individuální užítky se začnou snižovat.



**Obr 12. Tragédie společného**

Zdroj: <http://www.systems-thinking.org/arch/arch.htm#arches>

Informace o systémových archetypech byly převzaty z webové stránky [www.system-thinking.org](http://www.system-thinking.org) [12]

### **4.3 Analýza populačního vývoje**

Jelikož se v této práci využívá systémová dynamika k vytvoření modelu vývoje populace, je nejdříve nutné provést analýzu současného populačního vývoje. Podle výzkumu OSN v roce 2015, roste populace pomaleji, než tomu bylo v předešlých letech. Před deseti lety rostla populace o 1,24 procenta ročně. Nyní je to přibližně o 1,18 procenta ročně. Tedy každý rok přibude na planetě přibližně 83 milionu lidí. Předpokládá se, že světová populace naroste o víc jak miliardu lidí během příštích patnácti let. To znamená, že do roku 2030 bude planetu obývat přibližně 8,5 miliardy lidí, do roku 2050 to bude 9,7 miliard a v roce 2100 se toto číslo navýší dokonce na 11,2 miliardy lidí. Jediná majoritní oblast světa, které se rapidní nárůst



obyvatel netýká, je Evropa. Podle průzkumu OSN se předpokládá postupný úbytek evropského obyvatelstva. [3]

V Tabulce 1 je uvedena odhadovaná velikost populace v jednotlivých světových oblastech v letech 2015, 2030, 2050, 2100. Do roku 2050 se bude počet obyvatel ve všech kontinentech kromě Evropy zvyšovat. Vývoj populace od roku 2050 bude mít i pro další kontinenty sestupnou tendenci. Konkrétně se jedná o Asii, Latinskou Ameriku a Karibik a Evropu.

Oblast	Populace (miliony)			
	2015	2030	2050	2100
Svět	7 349	8 501	9 725	11 213
Afrika	1 186	1 679	2 478	4 387
Asie	4 393	4 923	5 267	4 889
Evropa	738	734	707	646
Latinská Amerika a Karibik	634	721	784	721
Severní Amerika	358	396	433	500
Oceánie	39	47	57	71

**Tabulka 1. Tabulka populace světa a majoritních oblastí.**

Zdroj: World population prospect the 2015 Revision

#### 4.3.1 Porodnost

Jedním z hlavních faktorů ovlivňující tento jev růstu světové populace je míra porodnosti. Statistiky o míře porodnosti uvádí organizace Population Reference Bureau, která každoročně vydává World Population Data Sheets s čísly a daty o světové populaci.

V Tabulce 2 jsou uvedeny počty narozených na 1000 obyvatel podle kontinentu od roku 2010 do roku 2016. Jednoznačně nejvyšší číslo vykazuje Afrika s 36 narozenými na 1000 obyvatel v roce 2016. V roce 2010 se jednalo o 37 narozených na 1000 obyvatel. Dále následuje Asie, kde počet narozených na 1000 obyvatel byl 18, v roce 2010 se jednalo o 17 narozených. Latinská Amerika a Karibik společně s Oceánií mají shodný počet narozených na 1000 obyvatel v roce 2016, a to 17. Zatímco v Latinské Americe a Karibiku byl tento údaj 19 narozených na 1000 obyvatel v roce 2010, v Oceánii se ve stejný rok jednalo o 18 narozených. V Severní

Americe se jednalo o 12 narozených na 1000 obyvatel v roce 2016. V roce 2010 se jednalo o 13 narozených na 1000 obyvatel. Nejnižší čísla porodnosti vykazuje Evropa, kde se od roku 2010 počet narozených na 1000 obyvatel za rok nezměnil a zůstává na čísle 11. [8]

Rok	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Afrika	37	36	36	37	36	36	36
Severní Amerika	13	13	13	12	12	12	12
Latinská Amerika/Karibik	19	18	19	19	18	18	17
Asie	19	18	18	18	18	18	18
Evropa	11	11	11	11	11	11	11
Oceánie	18	18	18	18	18	18	17

**Tabulka 2. Počet narození na 1000 obyvatel podle jednotlivých oblastí**

Zdroj: vlastní zpracování, na základě dat od Population Reference Bureau

#### 4.3.2 Úmrtnost

Na vývoj populace má samozřejmě také zásadní vliv celková míra úmrtnosti. Většinou se udává v počtu úmrtí na 1000 obyvatel dané oblasti během určitého času. Podrobné statistiky o míře úmrtnosti uvedla organizace Population Reference Bureau. Konkrétní čísla jsou uvedena v tabulce 2. Nejvyšší míru úmrtnosti za rok 2016 má Evropa – 11 úmrtí na 1000 obyvatel. Počet úmrtí na 1000 obyvatel se v Evropě od roku 2010 nezměnil. Afrika od roku 2010 zaznamenala nejvyšší pokles počtu úmrtí na 1000 obyvatel, z 13 v roce 2010 na 10 v roce 2016. V Severní Americe byl v roce 2016 počet úmrtí 7 na 1000 obyvatel, stejně jako v roce 2010. Následuje Oceánie, kde počet úmrtí v roce stoupl ze 7 v roce 2010 na 8 v roce 2016. Následuje Asie, kde počet úmrtí v roce 2016 byl 7 na 1000 obyvatel. Tento údaj se od roku 2010 nezměnil. Kontinent s nejnižším počtem úmrtí na 1000 obyvatel je Latinská Amerika a Karibik. Počet úmrtí v této oblasti je neměnný, od roku 2010 se jedná o 6 úmrtí na 1000 obyvatel za rok. [8]

Rok	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Afrika	13	12	11	11	10	10	10
Severní Amerika	8	8	8	8	8	8	8
Latinská Amerika/Karibik	6	6	6	6	6	6	6
Asie	7	7	7	7	7	7	7
Evropa	11	11	11	11	11	11	11
Oceánie	7	7	7	7	7	7	8

**Tabulka 3. Počet úmrtí na 1000 obyvatel podle jednotlivých oblastí**

Zdroj: vlastní zpracování, na základě dat od Population Reference Bureau

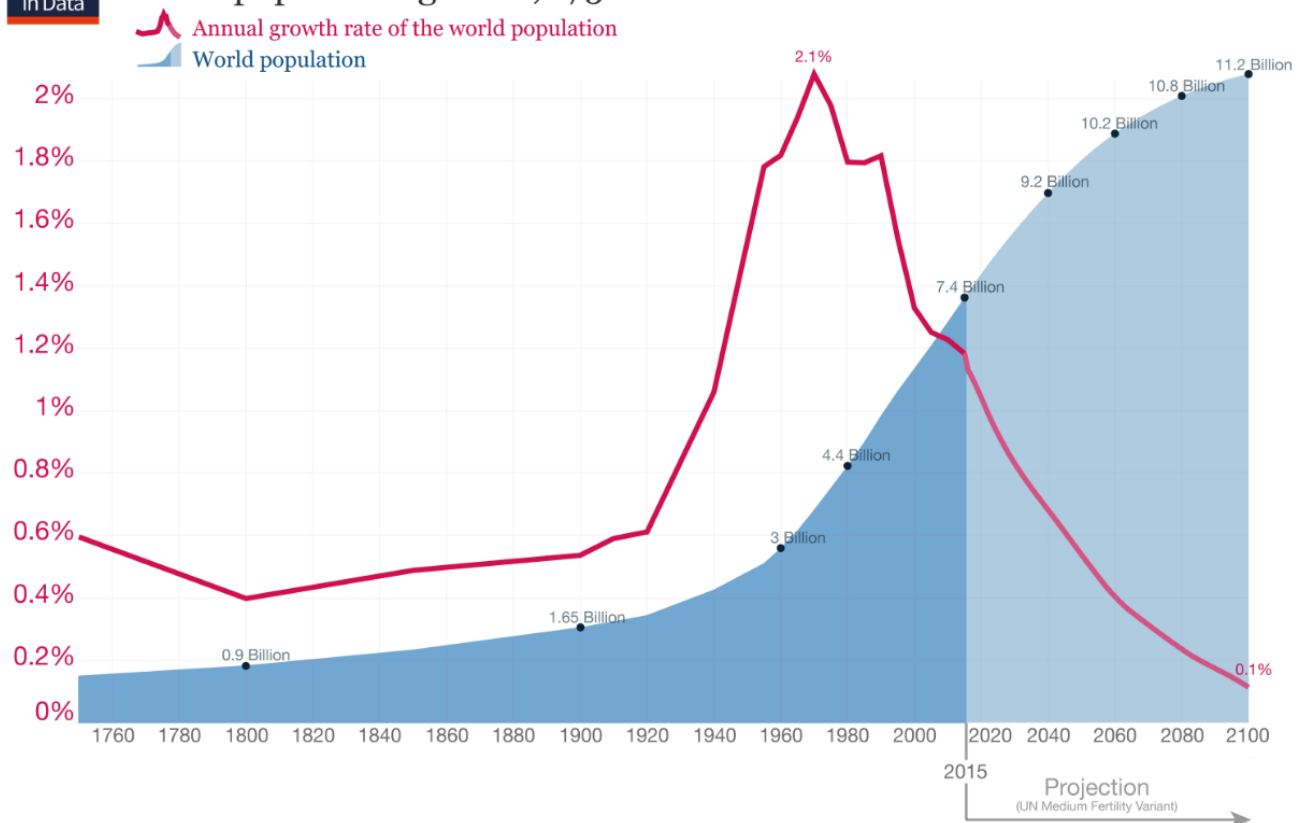
### 4.3.3 Vývoj světové populace

Jak je vidět v Tabulce 1, vývoj lidské populace není lineární. Jedná se o takzvaný exponenciální růst. Exponenciální růst zahrnuje elementy, které se mění za určitou jednotku času a většinou je spojen s pozitivní smyčkou zpětné vazby, ukázanou výše na Obrázku 2. Důvodem, proč se čísla populace zvyšují tak rapidně je, že populace roste geometricky (1, 2, 4, 8), ne aritmeticky (1, 2, 3, 4). Například, kdyby populace začínala na 1 milionu a rostla by každoročně o 3 %, přibylo by na planetě první rok 30 000 lidí, druhý rok 31 000 lidí a desátý rok by to bylo 40 000 lidí. Při 3 % míře růstu populace je doba zdvojení 23 let.

Do roku 2030 bude nejvýraznější nárůst populace především v méně rozvinutých zemích, jako jsou státy v Africe, Asii a v Latinské Americe. Oproti tomu, v rozvinutých zemích v Evropě a v Severní Americe, ve státech jako je Japonsko, Austrálie a Nový Zéland, mají roční míru růstu menší než 1 %. Některé státy v Evropě mají dokonce negativní míru růstu populace.

I přesto, že světová míra růstu populace je relativně nízká – 1,2 % - světová populace bude nadále růst exponenciálně. [9]

## World population growth, 1750-2100



Obr 14. Růst světové populace, 1750-2100

Zdroj: World Population Growth

Na Obrázku 3 je graficky znázorněna míra růstu populace překrývaná celkovým počtem obyvatel na světě. Z obrázku lze vyčíst, že nejvyšší míra růstu populace nastala přibližně v roce 1970, kdy se jednalo o přírůstek obyvatelstva na planetě o 2,1 %. Od tohoto bodu křivka míry růstu populace prudce klesá. Podle předpovědi od World Population Growth, za podmínky stále stejné průměrné míry porodnosti, klesne míra růstu populace v roce 2100 na 0,1 %. Ve stejném roce by měla populace dosáhnout 11,2 miliardy obyvatel.

Z grafu vyplývá, že lidská populace se během 20. století zečtyřnásobila, zatímco ve 21. století se podle předpovědí ani nezdvójnásobí. [10]

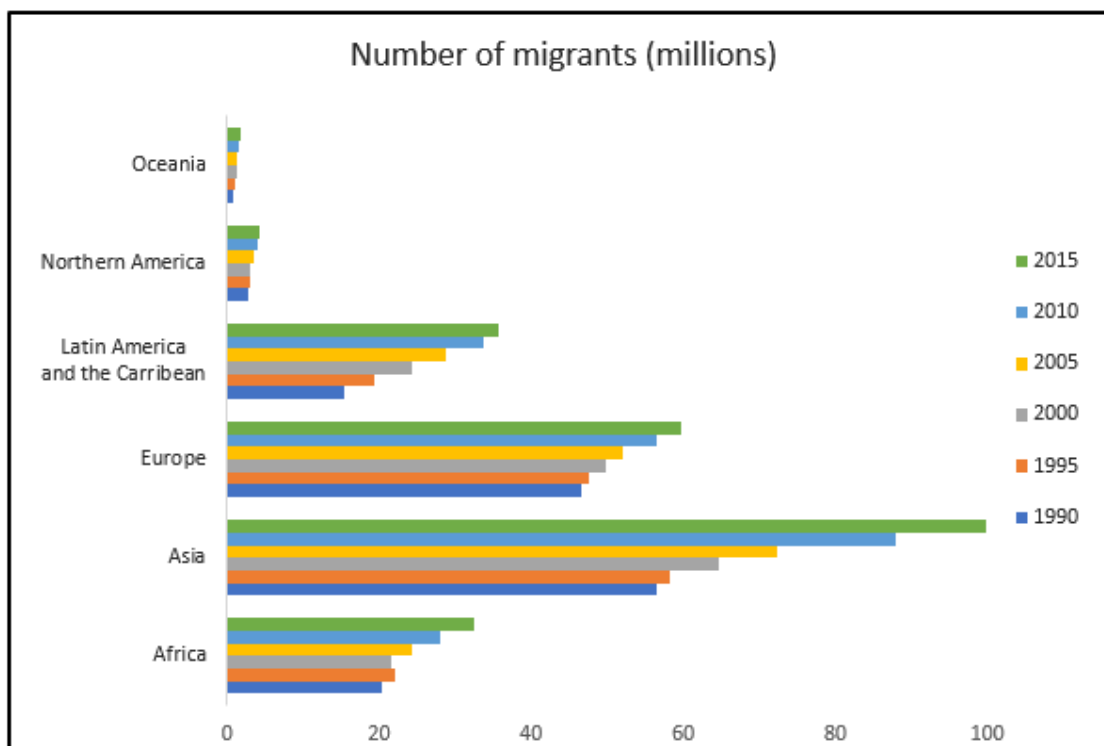
#### 4.3.4 Vliv migrace

Číslo mezinárodní migrace se za posledních 15 let rapidně zvýšilo. Je nejvyšší od 2. světové války. V roce 2015 se jednalo o 244 milionů migrantů. Z toho 76 milionů migrantů se usídlilo v Evropě. Z toho vyplývá, že migranti tvoří v Evropě

10 % z celkové populace. Podíl přistěhovalců v celkové světové populaci je ale výrazně nižší, přibližně 3,3 %. Následuje Asie (75 milionů přistěhovalců) a Severní Amerika (54 milionů přistěhovalců).

Migrační saldo (rozdíl mezi počtem vystěhovalých a počtem přistěhovalých) bude mít velký vliv na budoucí růst populace v několika majoritních světových oblastech. Především v Evropě, kde momentální migrační situace nebude dostačující ke snížení počtu smrtí vůči počtu narozených. [2]

V níže uvedeném Grafu 1 je znázorněn počet mezinárodních migrantů podle země původu. Nejvíce migrantů pochází z Asie. Téměř 100 milionů lidí narozených v Asii žilo v roce 2015 v jiné zemi, než se narodili. Jedná se o velký nárůst od roku 2000, kdy počet migrantů byl 68 milionů.

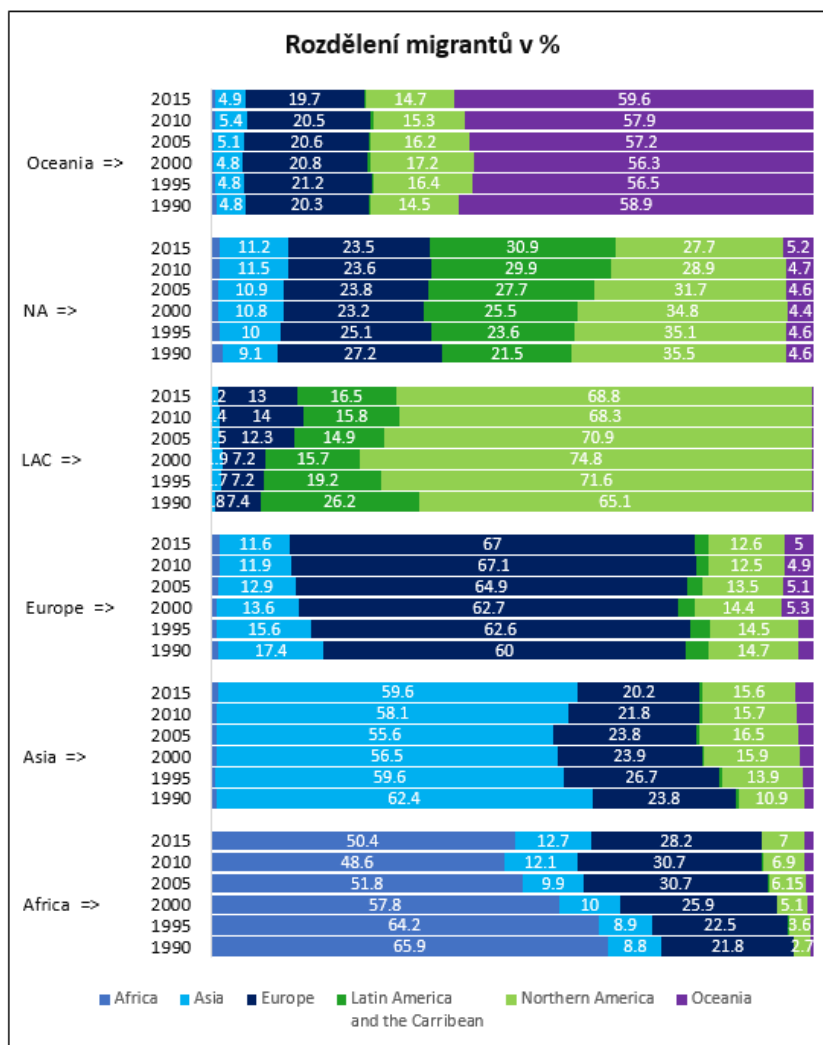


**Graf 1 Počet migrantů podle původu, 1990-2015**

Zdroj: vlastní zpracování, na základě dat od Organizace Spojených Národů

V Grafu 2 je znázorněno procentuální rozdělení mezinárodních migrantů podle cílové destinace. Z tohoto grafu lze vyčíst, že nejvíce migrantů se pohybuje v rámci svého kontinentu. Pokud se jedná o migraci mezi kontinenty, nejvyšší čísel

dosahuje pohyb mezi Afrikou a Evropou. Latinská Amerika je jediný kontinent, kde je migrace v rámci kontinentu nižší než migrace do jiného kontinentu. [13]



Graf 2 Procentuální rozdělení migrantů, 1990-2015

Zdroj: vlastní zpracování, na základě dat od United Nations

## 5 Praktická část

### 5.1 Modelování populačního vývoje

Odhady o stavu populace v příštích letech se každým rokem mění, tudíž vytvořit přesný model vývoje populace není zcela možný. Jsou různé faktory ovlivňující vývoj populace, které experti nejsou schopni předvídat. Například epidemie nemocí, přírodní katastrofy nebo válečné konflikty.

V konečném modelu vývoje populace, který je uvedený v této práci, se vychází z dat o porodnosti, úmrtnosti a migraci. Jedná se o model, který porovnává vývoj populace jednotlivých světových kontinentů. Vývoj populace je ovlivněn mírou porodnosti a úmrtnosti. Populace kontinentů se vzájemně ovlivňuje díky mezinárodní migraci.

Nejdříve je potřeba důkladně zanalyzovat systém vývoje populace a určit základní elementy modelu. V modelu budou tyto elementy:

- Hladina
- Tok
- Proměnná
- Vazba

Hladina bude v modelu představovat populaci určitého kontinentu. Tok bude znázorněn jako počet příchozích obyvatel do kontinentu a odtok bude znázorňovat počet odcházejících obyvatel z kontinentu. V proměnné je v modelu obsažena míra porodnosti a úmrtnosti. Dále je v proměnné uložen počet migrantů. Pomocí vazeb jsou propojeny proměnné s toky a odtoky.

Ve výsledném modelu jsou použita data o počtu narozených a počtu úmrtí na 1000 obyvatel od Population Reference Bureau [8] a údaje o migraci od Organizace Spojených Národů [13]. Data jsou proložena logaritmickou funkcí a v modelu je použit výsledný vzorec, kde:

$Y$  = výsledná hodnota

$X$  = počet let od počátečního roku

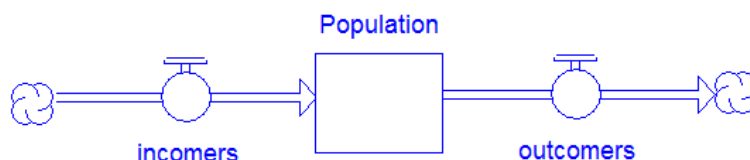
Spojnice trendu je druh analytického nástroje při predikování vývoje proměnných v čase, což napomáhá předpovědět směr, jakým se dané hodnoty budou vydávat.

Logaritmická funkce byla zvolena z důvodu, který je ilustrován na Obrázku 14, znázorňující pravděpodobný vývoj populace do roku 2100. Ač byl podle obrázku vývoj světové populace dosud exponenciální, během několika příštích desítek let by měla míra populace klesat, tudíž by se i růst počtu obyvatel měl postupně

vyrovnávat, což indikuje logaritmickou funkci. Podle definice je vhodné logaritmické spojnice trendu použít v případě, že se daná hodnota po výrazné změně opět ustálí. [14]

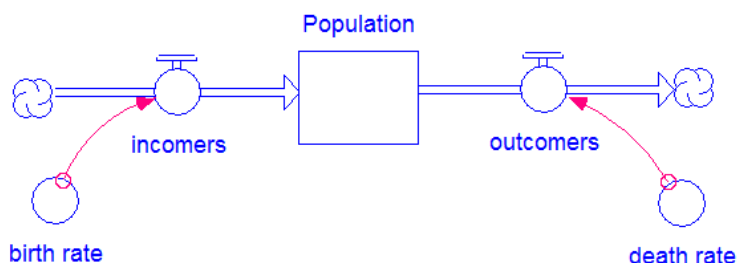
### 5.1.1 Vliv porodnosti a úmrtnosti

Na Obrázku 15 je zobrazen základní model vývoje populace, ze kterého se vychází v konečném modelu této bakalářské práce. Model obsahuje hladinu Populace, do které proudí tok příchozích (incomers) a odtéká proud odchozích (outcomers).



**Obr 15. Vzor pro modelování populace**  
Zdroj: vlastní zpracování

Na Obrázku 16 je model rozšířen o dva důležité ukazatele – míra porodnosti (birth rate) a míra úmrtnosti (death rate). Pro výpočet míry porodnosti a úmrtnosti se vychází s daty od Population Reference Bureau [8] uvedené v tabulkách 2 a 3. V tabulkách jsou zaznamenány počty narození a úmrtí na 1000 obyvatel jednotlivých oblastí za rok. Data jsou z let 2010 až 2015. Data se proloží funkcí a výsledný vzorec je použit v modelu. Níže je uveden příklad výpočtu míry porodnosti v Africe.



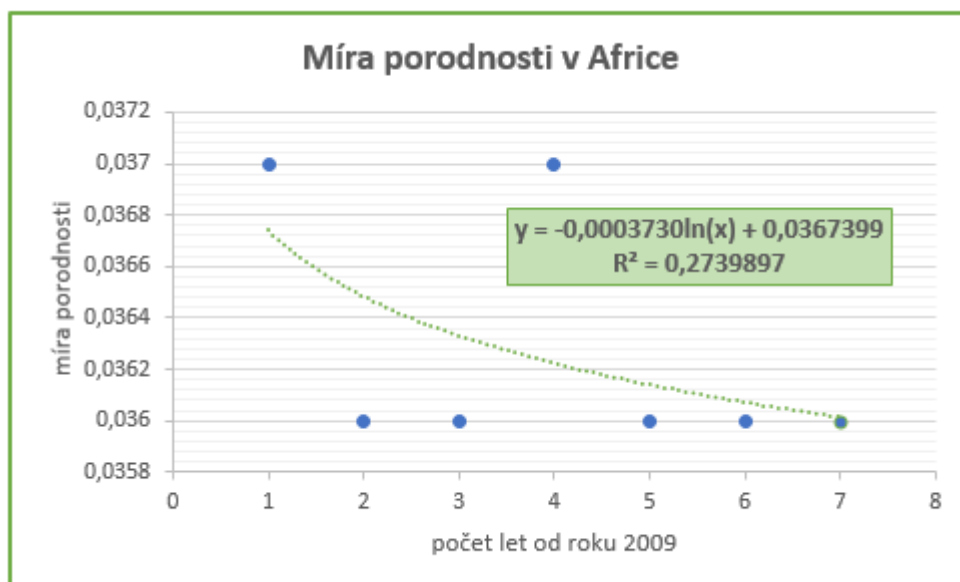
**Obr 16. Vzor pro modelování populace s mírou porodnosti a úmrtnosti**  
Zdroj: vlastní zpracování



Nejprve je potřeba vypočítat poměr narozených za předpokladu, že se narodí určitý počet na 1000 obyvatel

$$poměr = \frac{\text{počet narozených}}{1000} \quad (1)$$

Poměr narozených se vypočítá za každý rok od roku 2010 až do roku 2016. Výsledná data se posléze proloží logaritmickou funkcí a vznikne vzorec, který je následně implementován do modelu. Tento postup je znázorněn na grafu 3.

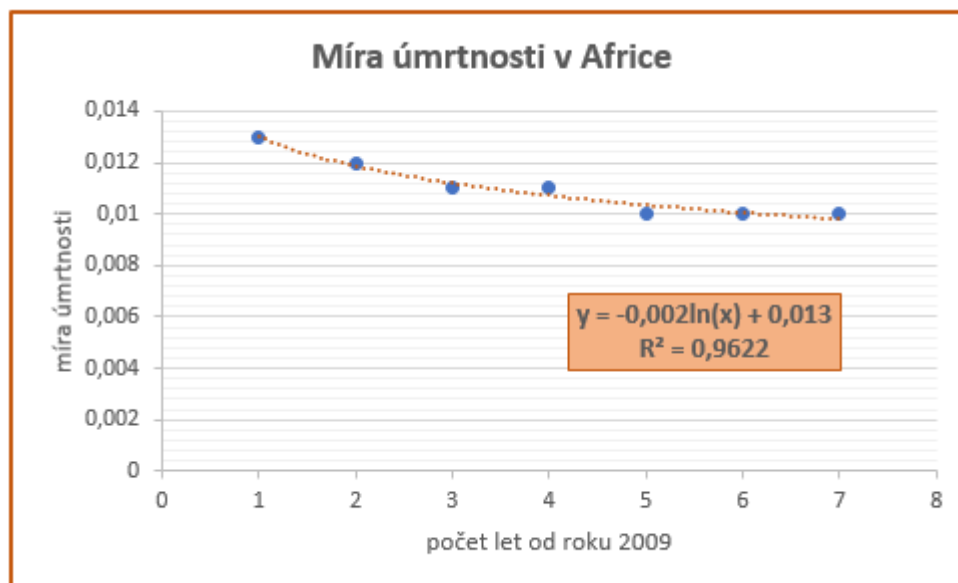


**Graf 3 Míra porodnosti v Africe v letech 2010-2016**

Zdroj: vlastní zpracování, na základě dat od Population Reference Bureau

Z grafu lze vyčíst, že porodnost v Africe má sestupnou tendenci. Během let 2010 a 2015 klesla míra porodnosti v Africe z 0.037 na 0.036. Data jsou proložena logaritmickou funkcí a výsledný vzorec je použit v modelu.

Stejný postup se aplikuje na míru úmrtnosti za rok. Na grafu 4 je uvedena výsledná rovnice pro výpočet míry porodnosti v Africe.



**Graf 4 Míra úmrtnosti v Africe v letech 2010-2016**

Zdroj: vlastní zpracování, na základě dat od Population Reference Bureau

Z grafu lze vyčíst, že míra úmrtnosti v Africe také mírně klesá. V roce 2010 byla míra porodnosti 0.013, zatímco v roce 2015 klesla míra porodnosti v Africe na 0.001.

Hodnoty míry porodnosti a míry úmrtnosti jsou obsaženy v proměnné. Tato proměnná se vynásobí s celkovým počtem obyvatel a tím se získá hodnota počtu narozených za rok v dané oblasti.

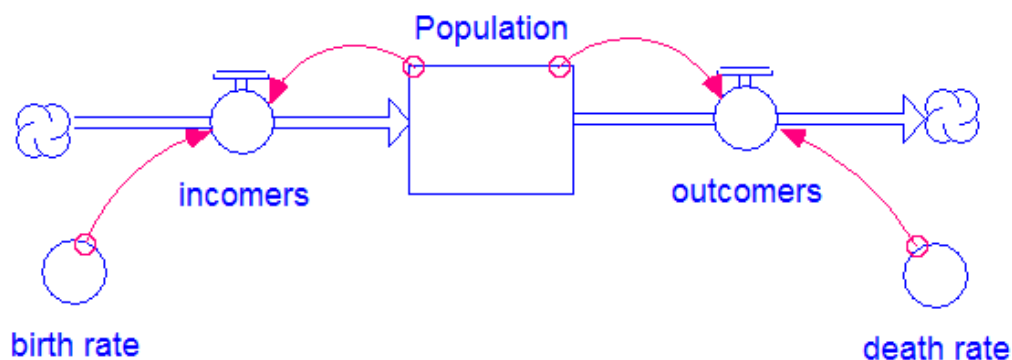
$$incomers = birt\_rate * Population \quad (2)$$

Stejný postup je aplikován na zjištění počtu úmrtí za rok.

$$outcomers = death\_rate * Population \quad (3)$$

Aby taková rovnice mohla být použita, je potřeba v modelu použít základní systémový archetyp samoposilujícího se chování. Jedná se o smyčku pozitivní zpětné vazby, kdy počet narozených zvyšuje i celkovou populaci.

V modelu se nachází také negativní smyčka zpětné vazby, kdy počet úmrtí snižuje celkovou populaci. Model s implementovanými zpětnými vazbami je znázorněn na Obrázku 17.



**Obr 17. Vzor pro modelování populace s mírou porodnosti a úmrtnosti a se zpětnovazebnými smyčkami**  
Zdroj: vlastní zpracování

### 5.1.2 Vliv migrace

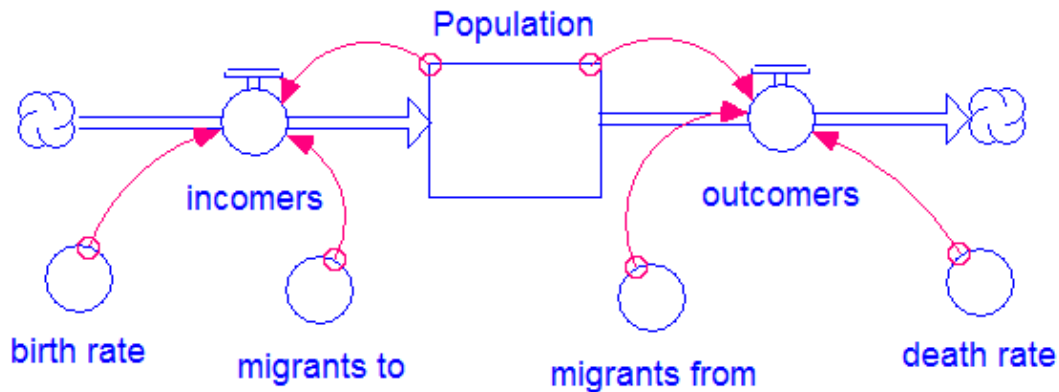
Velký vliv na vývoj populace má mezinárodní migrace. V modelu se vychází z dat uvedených v grafech 1 a 2. V tabulce 1 se nachází čísla migrantů v rozmezí 5 let od roku 1990. Nejvyššího čísla, co se týče mezinárodní migrace, dosahuje Asie, odkud od roku 1990 ubylo přibližně 40 milionů lidí, kteří oficiálně pobývají v jiném státě, či kontinentu, než na kterém se narodili.

Z těchto dat jsou vypočítány pětileté rozdíly počtu migrantů a výsledná čísla jsou proložena logaritmickou funkcí. Vznikne vzorec, podle kterého se odhaduje vývoj rozdílu počtu migrantů v příštích letech.

Na obrázku 18 je zjednodušeně ukázáno, jak je mezinárodní migrace zakomponována do modelu vývoje populace. Přicházející migranti se přidávají k počtu narozeným a odcházející migranti se přidávají k počtu úmrtí. Tím se mění i vzorce použité v modelu.

$$incomers = birth\_rate * Population + migrants\_to \quad (4)$$

$$outcomers = death\_rate * Population + migrants\_from \quad (5)$$



Obr 18. Vzor pro modelování populace doplněný o migraci  
Zdroj: vlastní zpracování

### 5.1.3 Vývoj populace podle kontinentů

Jak je již uvedeno výše, model v této práci je zaměřen na porovnávání vývoje populace světových kontinentů do roku 2030.

Hlavní faktory, podle kterých bude model systémové dynamiky navržen, jsou míra porodnosti a míra úmrtnosti uvedené v tabulkách 2 a 3. Tyto míry se můžou v jednotlivých kontinentech výrazně lišit, což vede i k různorodému vývoji populace ve srovnání s ostatními kontinenty.

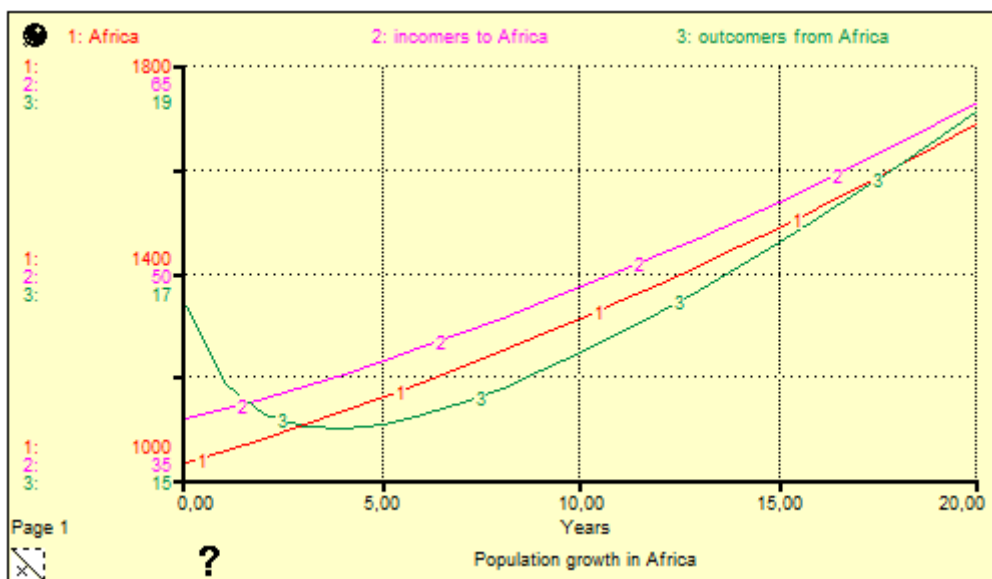
Dalším významným ukazatelem vývoje populace je migrace mezi kontinenty. Mezinárodních migrantů neustále přibývá, v roce 2015 bylo na světě přibližně 244 milionů lidí, kteří oficiálně pobývali na jiném území, než na kterém se narodili. [2]

Při vytváření modelu se bude využívat postup uvedený v kapitolách 5.1.1 a 5.1.2.

#### 5.1.3.1 Vývoj populace v Africe

V Africe se dá předpokládat výrazný nárůst obyvatel, vzhledem k vysoké míře porodnosti a relativně nízké a stále klesající míře úmrtnosti. V roce 2010 se podle statistik od Population Reference Bureau narodilo v Africe 37 lidí na 1000

obyvatel a zemřelo 13 lidí na 1000 obyvatel. Oba ukazatele mají sestupnou tendenci, v roce 2015 byla porodnost nižší, konkrétně se jednalo o 36 narozených na 1000 obyvatel, stejně tak klesla i úmrtnost, kde se v roce 2015 jednalo o 11 úmrtí na 1000 obyvatel během jednoho roku. Co se porodnosti týče, jedná se o jednoznačně nejvyšší číslo v porovnání s ostatními kontinenty. [8]



**Graf 5 Vývoj populace v Africe v letech 2010-2030**

Zdroj: vlastní zpracování

Na grafu 4 je znázorněn vývoj populace v Africe od roku 2010 od roku 2030. Čísla v grafu jsou uvedena v milionech. V roce 2010 měla Afrika 1,03 miliardy obyvatel. Toto číslo se každým rokem zvyšuje, vzhledem k vysoké porodnosti a relativně nízké úmrtnosti.

Počet příchozích do Afriky se skládá z počtu narozených a přírůstu mezinárodních migrantů. V roce 2010 se jednalo o 39,4 milionů nově příchozích obyvatel. Toto číslo by se podle projekce mělo zvýšit na 62 milionů přicházejících do Afriky za rok 2030, z toho by mělo být 2,2 milionu imigrantů. To znamená, že v roce 2030 by se podle simulace mělo v Africe narodit přibližně 60 milionů dětí.

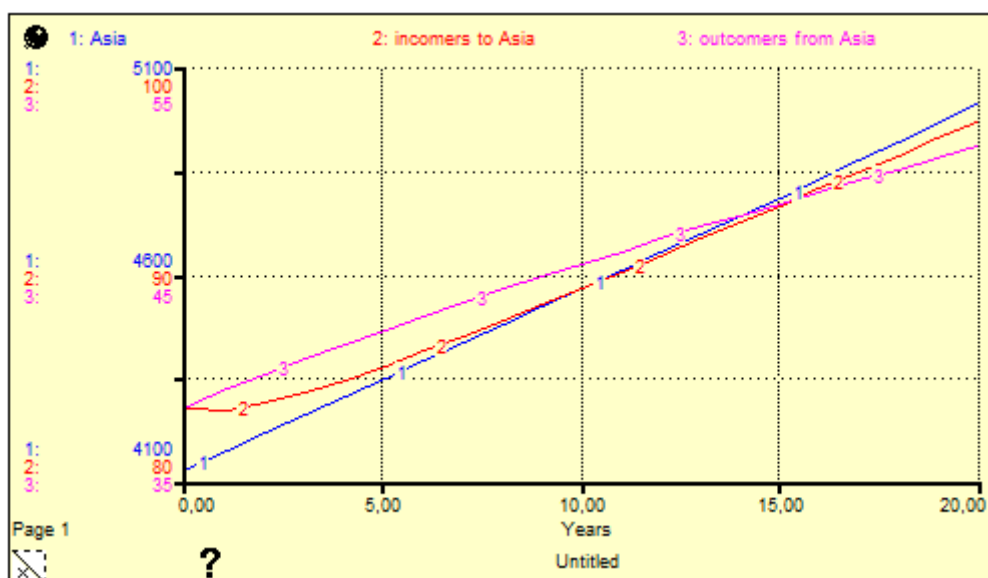
Počet odcházejících se skládá z počtu úmrtí a počtu odcházejících migrantů. V roce 2010 se jednalo o 16,2 milionů odcházejících obyvatel a podle projekce modelu by se mělo jednat o 18 milionů odcházejících obyvatel z Afriky za rok 2030,

z toho by se mělo jednat o 4,6 milionu emigrantů, tudíž počet úmrtí by měl být v roce 2030 v Africe asi 13,6 milionů.

V součtu by podle předpovědi měla mít Afrika 1,688 miliardy obyvatel v roce 2030. (viz. tabulka 4 v příloze)

### 5.1.3.2 Populační vývoj v Asii

Asie je nejlidnatější světový kontinent. Podle Population Reference Bureau byl počet narozených za rok 2010 v Asii 19 na 1000 obyvatel a počet úmrtí čítalo 7 na 1000 obyvatel. Porodnost v roce 2015 klesla na 18 narozených na 1000 obyvatel, zatímco počet úmrtí na 1000 obyvatel za 1 rok se v roce 2015 v Asii nezměnil. [8]



Graf 6 Vývoj populace v Asii v letech 2010-2030

Zdroj: vlastní zpracování

Z grafu 5 lze vyčíst údaje o vývoji populace v Asii od roku 2010 do roku 2030. V roce 2010 čítala populace Asie 4,127 miliardy obyvatel. Z grafu lze vyčíst, že toto číslo by se mělo každým rokem navyšovat.

Počet příchozích do Asie v roce 2010 byl v součtu narozených a migrantů 83,5 milionů obyvatel. V roce 2030 by se toto číslo mělo navýšit na 97,4 milionů nově příchozích obyvatel do Asie, z toho by se mělo jednat o 10,5 milionů imigrantů a o přibližně 87 milionů nově narozených obyvatel v Asii.

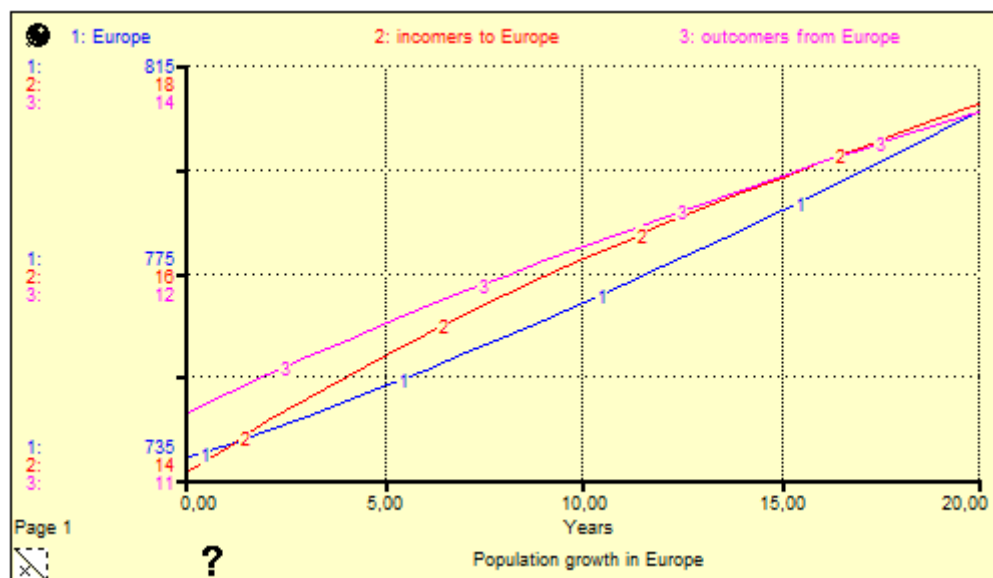
Počet odcházejících z Asie za rok 2010 byl 38,6 milionů a v roce 2030 by se mělo jednat o 51,7 milionů odcházejících z Asie, z toho by mělo být 16 milionů migrantů, a tudíž by měl být počet úmrtí za rok 2030 v Asii 22,6 milionů.

Podle předpovědi by měla mít Asie v roce 2030 5,057 miliardy obyvatel. (viz. tabulka 5 v příloze)

### 5.1.3.3 Populační vývoj v Evropě

Evropa je jediný kontinent, kde má počet narozených a počet úmrtí na 1000 obyvatel stejné číslo, které se od roku 2010 nezměnilo. Jedná se o 11 narozených a 11 úmrtí na 1000 obyvatel za rok.

Podle modelu systémové dynamiky, který byl vytvořen pro účely této bakalářské práce, má nejvyšší vliv na změnu populace v Evropě mezinárodní migrace.



Graf 7 Vývoj populace v Evropě v letech 2010-2030

Zdroj: vlastní zpracování

Na grafu 6 je znázorněn vývoj populace v Evropě od roku 2010 do roku 2030. Zde se další vývoj populace liší od předpovědi z World Population Prospect[3]. V roce 2010 měla Evropa přibližně 739 milionů obyvatel. Podle modelu se bude číslo v příštích letech lehce navyšovat. Hlavní důvod podle simulace je mezinárodní migrace.

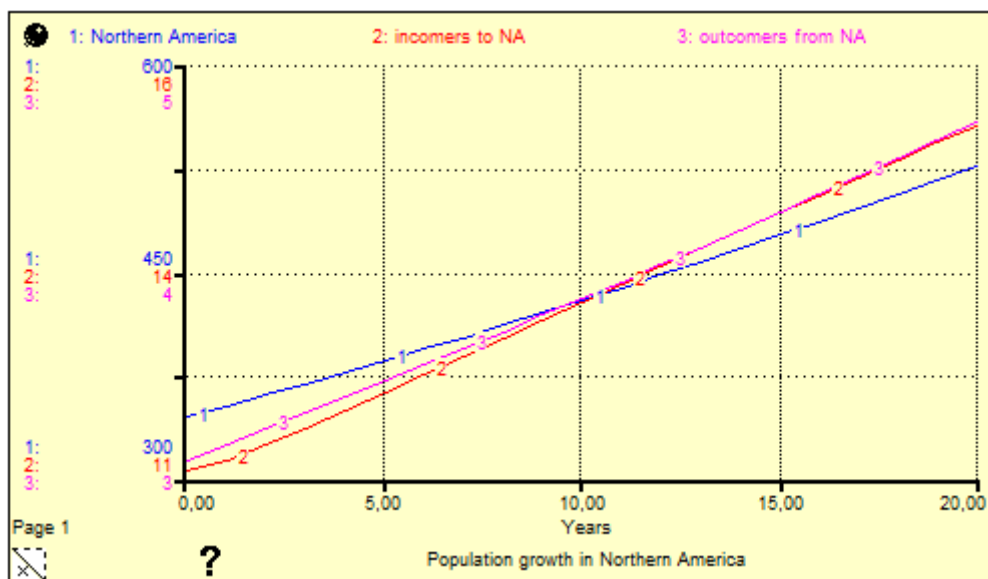
V roce 2010 byl počet příchozích do Evropy společně s narozenými 13,6 milionů obyvatel, v roce 2030 by se mělo jednat až o 17,3 milionů nově příchozích obyvatel do Evropy. Z toho by se mělo jednat o 8,3 milionů migrantů a 9 milionů nově narozených. Počet odcházejících společně s umírajícími v roce 2010 byl v roce 11 milionů, zatímco v roce 2030 by se podle simulace mělo jednat o 13,3 milionů obyvatel odcházejících z Evropy. Z celkového počtu odcházejících by se mělo jednat o 4,3 milionů migrantů a 9 milionů úmrtí.

Evropa by podle simulace měla v roce 2030 mít 806 milionů obyvatel, což se liší od předpovědí z World Population Prospect, kde předpokládá, že populace v Evropě bude spíše dále mírně klesat. (viz. tabulka 6 v příloze)

### 5.1.3.4 Populační vývoj v Severní Americe

Severní Amerika je dalším z kontinentů, kde má vývoj populace vzestupnou tendenci. Jeden z důvodů je větší počet narození na 1000 obyvatel, než počet úmrtí na 1000 obyvatel za jeden rok. Počet narození klesl ze 13 v roce 2010 na 12 v roce 2016. Počet úmrtí zůstává neměnný od roku 2010. Jedná se o 8 úmrtí na 1000 obyvatel za rok.

Výrazný vliv na nárůst obyvatel v Severní Americe má mezinárodní migrace. Počet migrantů ze Severní Ameriky se výrazně nemění, zatímco počet migrantů do Severní Ameriky se neustále zvyšuje.



Graf 8 Vývoj populace v Severní Americe v letech 2010-2030

Zdroj: vlastní zpracování



Na grafu 7 jsou k vidění výsledky simulace pro vývoj populace v Severní Americe v letech 2010–2030. V roce 2010 měla Severní Amerika přibližně 344 milionů obyvatel. Podle simulace se bude populace v Severní Americe dále zvyšovat.

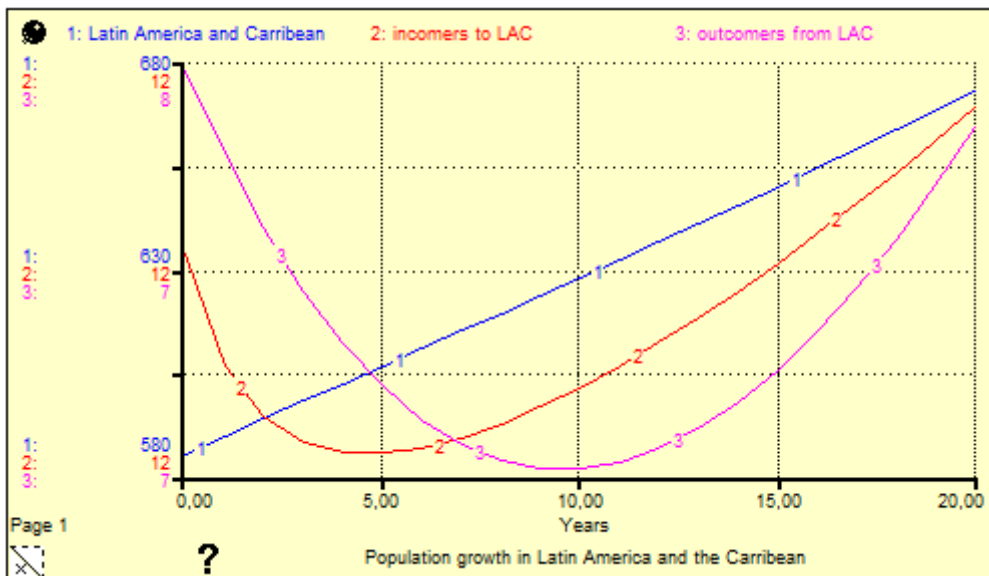
Počet příchozích do Severní Ameriky společně s počtem narozených v roce 2010 byl 11 milionů obyvatel. V roce 2030 by se mělo jednat o 15,3 milionů nově příchozích obyvatel do Severní Ameriky, z toho by se mělo jednat o 9,4 milionů migrantů, a tudíž by se v Severní Americe v roce 2030 mělo narodit přibližně 6 milionů obyvatel. Počet odcházejících společně s počtem úmrtí za rok 2010 byl 3 miliony obyvatel. V roce 2030 by se mělo jednat o 4,7 milionu odcházejících obyvatel. Toto číslo by mělo tvořit 0,5 milionů migrantů a počet úmrtí by měl podle simulace být 4,2 milionů v roce 2030.

Podle modelu by v roce 2030 měla mít přibližně 527 milionů obyvatel, což se opět liší od předpovědi z World Population Prospect [3], kde se sice předpokládá nárůst obyvatel v Severní Americe, ale ne tak výrazný. (viz. tabulka 7 v příloze)

#### **5.1.3.5 Populační vývoj v Latinské Americe a Karibiku**

Populace v latinské Americe a Karibiku by stejně jako ve většině ostatních kontinentech měla nadále růst. Porodnost na tomto kontinentu klesla z 19 narozených v roce 2010 na 17 narozených na 1000 obyvatel v roce 2016. Počet úmrtí na 1000 obyvatel v roce 2010 byl 6 a tento počet se v roce 2016 nezměnil.

Latinská Amerika a Karibik má zajímavá čísla mezinárodní migrace. Jako jediný kontinent má vyšší číslo migrace do jiného kontinentu než v rámci stejného kontinentu. Nejvíce migrantů z Latinské Ameriky a Karibiku putuje do Severní Ameriky.



**Graf 9 Vývoj populace v Latinské Americe a Karibiku v letech 2010-2030**

Zdroj: vlastní zpracování

Graf 8 znázorňuje průběh simulace vývoje populace v Latinské Americe a Karibiku od roku 2010 do roku 2030. V roce 2010 čítala populace v Latinské Americe a Karibiku přibližně 585 milionů obyvatel.

Do Latinské Ameriky přišlo v součtu s migranty a s nově narozenými v roce 2010 přibližně 12 milionů obyvatel. V roce 2030 by se mělo jednat o 12,3 nově příchozích obyvatel do Latinské Ameriky a Karibiku, z toho by mělo být 0,8 milionů migrantů a 11,5 milionů narozených obyvatel.

V roce 2010 bylo číslo odcházejících obyvatel 7,5 milionu, v roce 2030 by se mělo jednat o stále stejný počet odcházejících obyvatel z Latinské Ameriky a Karibiku, z toho by se mělo v roce 2030 jednat o 3,5 milionu migrantů a 4 miliony narozených.

Podle průběhu simulace by měla Latinská Amerika a Karibik mít v roce 2030 678,5 milionů obyvatel. Podle předpovědi z World Population Prospect [3] by měl být růst populace v Latinské Americe a Karibiku výraznější. (viz. tabulka 8 v příloze)

### 5.1.3.6 Populační vývoj v Oceánii

Posledním kontinentem, kde je v této práci zkoumán možný vývoj populace, je Oceánie. Jedná se o kontinent s nejnižším počtem obyvatel, který se bude v příštích letech zvyšovat. Počet narozených na 1000 obyvatel v Oceánii za rok 2010

byl 18. Toto číslo se v roce 2016 snížilo na 17 narozených na 1000 obyvatel. Počet úmrtí na 1000 obyvatel v roce 2010 byl 7. Toto číslo se Oceánii jako jedinému kontinentu v roce 2016 lehce zvýšilo, a to na 8 úmrtí na 1000 obyvatel.



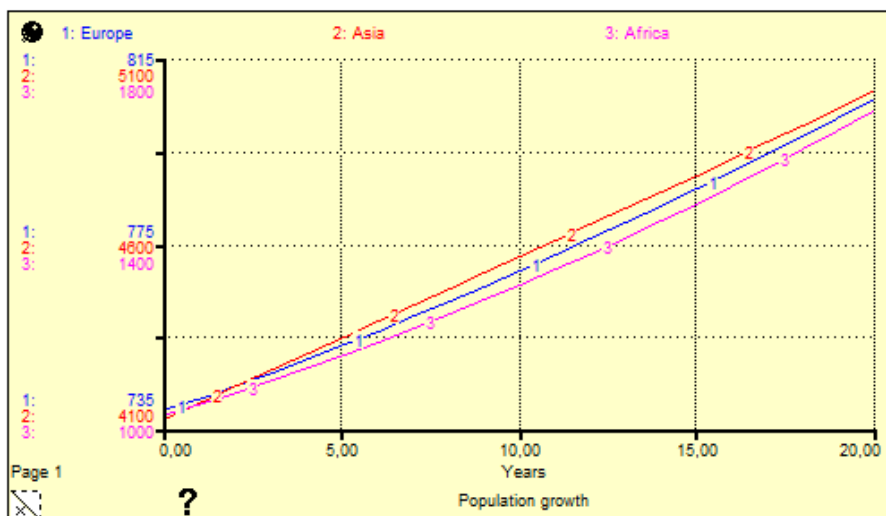
**Graf 10 Vývoj populace v Oceánii v letech 2010-2030**

Zdroj: vlastní zpracování

Graf 9 ukazuje simulaci vývoje populace v Oceánii během let 2010 až 2030. V roce 2010 měla Oceánie 37 milionů obyvatel. Počet příchozích do Oceánie společně s počtem narozených v roce 2010 byl 1,2 milionu obyvatel. V roce 2030 by se mělo podle simulace jednat o 2,1 milionů nově příchozích obyvatel do Oceánie. Z toho by se mělo jednat přibližně o 1 milion migrantů a 200 tisíc narozených. Počet odcházejících v součtu s počtem úmrtí v roce 2010 byl 0,4 milionu obyvatel. V roce 2030 by se mělo jednat o 700 tisíc odcházejících obyvatel z Oceánie. Z toho by se mělo jednat o 230 tisíc migrantů a 470 tisíc úmrtí za rok.

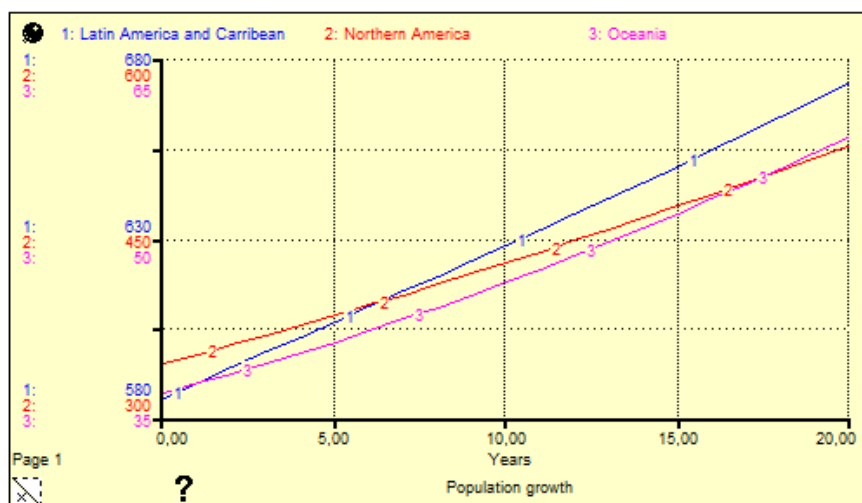
Podle výsledků simulace by v roce 2030 měla mít Oceánie 58,5 obyvatel, což je vyšší číslo, než uvádějí předpovědi z World Population Prospect [3]. (viz. tabulka 9 v příloze)

## 5.2 Konečný model



Graf 11 Vývoj populace v Africe, Asii, Evropě, 2010-2030

Zdroj: vlastní zpracování



Graf 11 Vývoj populace v Latinské Americe a Karibiku, Severní Americe, Oceánii, 2010-2030

Zdroj: vlastní zpracování

Na grafech 11 a 12 je znázorněn výsledek simulace vývoje populace v každém kontinentu od roku 2010 do roku 2030. Podle modelu bude populace ve všech kontinentech do roku 2030 růst. Na vodorovné ose X je uveden počet let od roku 2010. Na svislé ose Y je uveden počet obyvatel v milionech.

Jak lze na grafech 11 a 12 zpozorovat, nejvyššího růstu obyvatel do roku 2030 zaznamená Asie, kde do roku 2030 počet obyvatel naroste o přibližně 800 milionů. Počet obyvatel Afriky vzroste asi o 600 milionů, populace v Severní Americe by podle simulace měla narůst o 200 milionů obyvatel, dále v Latinské Americe a Karibiku by měla populace vzrůst o přibližně 60 milionů obyvatel, v Oceánii o asi 30 milionů obyvatel. V Evropě by podle simulace mělo nastat k nárůstu populace o přibližně 90 milionů obyvatel.

## 6 Shrnutí výsledků

Z čísel uvedených v grafech 1 a 2 na základě dat od United Nations se dají vyčíst zajímavé informace, ze kterých se vychází při tvorbě konečného modelu. V simulaci se porovnává vývoj jednotlivých kontinentů. Populační vývoj v daných oblastech je částečně ovlivněn mezinárodní migrací.

Nejvíce migrantů většinou migruje pouze v rámci svého kontinentu. Jediný kontinent, kde tomu tak není, je Latinská Amerika a Karibik, kde největší procento migrantů putuje do Severní Ameriky.

Nejvíce mezinárodních migrantů vyprodukuje Asie. V roce 2015 žilo mimo svoji rodnou zemi téměř 100 milionů Asiatů. Naopak nejméně se migruje ze Severní Ameriky a z Oceánie. V roce 2015 žilo mimo svoji rodnou zemi přibližně 4,3 milionů Američanů. Číslo migrantů z Oceánie je ještě nižší, v roce 2015 se jednalo o přibližně 1,8 milionů obyvatel žijících v jiné zemi, než ve které se narodili

Co se migrace mezi kontinenty týče, nejvyššího čísla dosahuje migrace mezi Latinskou Amerikou a Karibikem a Severní Amerikou. V roce 2015 žilo v Severní Americe necelých 25 milionů migrantů z Latinské Ameriky a Karibiku, což činilo 68.8 % ze všech latinskoamerických migrantů.

Ve většině kontinentů směr růstu populace odpovídá předpovědi uvedené výše v tabulce 1. V Africe a Asii vývoj populace nasimulovaný v konečném modelu koresponduje s výsledky uvedené v předpovědi v tabulce 1. Výsledky se mírně liší u Latinské Ameriky a Karibiku, kde sice podle simulace populace roste, stejně jako v předpovědi, ale roste mírněji. Rozdíl je i v Severní Americe, kde sice vývoj populace podle simulace také roste, ale rychleji než v předpovědi. Podobný je i vývoj populace v Oceánii, kde je růst populace podle simulace výraznější než růst podle předpovědi.

Nejvýraznější rozdíl je ve vývoji populace v Evropě. Podle World Population Prospect [3] by měla populace v Evropě do roku 2030 mírně klesat. Podle modelu systémové dynamiky však mírně stoupá. Na vině jsou různé faktory, které se v této práci nezohledňují. Není zde věkové rozdělení populace a odcházejících či přicházejících migrantů. Další ukazatel, který v práci není zdůrazněn, je úmrtnost do pěti let.

## 7 Závěry a doporučení

Pokud se porovná model systémové dynamiky vytvořený pro účely této práce s předpovědí o vývoji populace z World Population Prospect, jsou některá data odlišná.

Konečný model systémové dynamiky, který simuluje vývoj populace světových kontinentů, je uveden v příloze této práce na obrázku 19. Na grafech 11 a 12 jsou znázorněny výsledky této simulace. Výsledek simulace je založen na obecných datech o míře porodnosti a úmrtnosti. V úvahu je brána i mezinárodní migrace. Vzhledem k povaze proměnných jsou výsledky modelu částečně zkreslené, ale přesto vykazují v některých případech velmi podobnou tendenci vývoje populace v daných oblastech, které uvedly uvedené v odstavci výše.

Dále jsou faktory, které nelze s jistotou předpovědět. Například epidemie smrtelných nemocí, přírodní katastrofy nebo válečné konflikty.

Pro získání přesnějších výsledků by bylo vhodné minimálně zohlednit věkové rozdělení populace a migrantů putujících mezi kontinenty, čímž by se zamezilo vysoké míře abstrakce, ve které byl systém namodelován.

## 8 Seznam použité literatury

### 8.1 Online zdroje

- [1] Simulace. Systémová dynamika [online]. 2016 [cit. 2016-11-11]  
URL: [http://www.simulace.info/index.php/System\\_Dynamics/cs](http://www.simulace.info/index.php/System_Dynamics/cs)
- [2] International Migration Report 2015: Highlights [online]. 2016 [cit. 2016-11-12]  
URL: [http://www.un.org/en/development/desa/population/migration/publications/migrationreport/docs/MigrationReport2015\\_Highlights.pdf](http://www.un.org/en/development/desa/population/migration/publications/migrationreport/docs/MigrationReport2015_Highlights.pdf)
- [3] World Population Prospects: The 2015 Revision Key Findings and Advance Tables [online]. 2015 [cit. 2016-11-12]  
URL:  
[https://esa.un.org/unpd/wpp/publications/files/key\\_findings\\_wpp\\_2015.pdf](https://esa.un.org/unpd/wpp/publications/files/key_findings_wpp_2015.pdf)
- [7] Software. Simulace. Systémová dynamika [online]. 2016 [cit. 2016-11-12]  
URL: [http://www.simulace.info/index.php/System\\_Dynamics/cs#Software](http://www.simulace.info/index.php/System_Dynamics/cs#Software)
- [8] World Population Data Sheet 2010-2016 [online]. 2016 [cit 2016-12-07]  
URL: <http://www.prb.org/Publications/Datasheets.aspx>
- [9] Human Population: Population Growth. Population Reference Bureau. [online] [cit. 2016-12-08]  
URL:  
<http://www.prb.org/Publications/LessonPlans/HumanPopulation/PopulationGrowth.aspx>
- [10] World Population Growth [online]. 2016 [cit. 2016-12-08] World population, 1750-2015 and projections until 2100  
URL: <https://ourworldindata.org/world-population-growth/>
- [11] Introduction to System Dynamics [online]. 2001 [cit. 2017-02-27]  
URL: <http://www.churchmodel.org.uk/introsystems.pdf>
- [12] Archetypes. System Thinking [online]. 2004 [cit. 2017-02-27]  
URL: <http://www.systems-thinking.org/arch/arch.htm#arches>
- [13] International Migrant Stock [online]. 2015 [cit. 2017-03-27]  
URL:  
<http://www.un.org/en/development/desa/population/migration/data/estimates2/estimatesgraphs.shtml?2g2>
- [14] How to use trendlines [online]. 2014 [cit. 2017-04-07]  
URL: <http://www.techadvisory.org/2014/05/how-to-use-trendlines/>



## 8.2 Vědecké články

[4] WHITAKER, Elizabeth T. System dynamics [online]. 2015 [cit. 2016-11-11]. DOI:10.1007/978-1-4471-5634-5\_13.  
URL: [http://link.springer.com/10.1007/978-1-4471-5634-5\\_13](http://link.springer.com/10.1007/978-1-4471-5634-5_13)

## 8.3 Tištěné zdroje

[5] BUREŠ, Vladimír. Systémové myšlení pro manažery. Praha: Professional Publishing, 2011. ISBN 978-80-7431-037-9.

[6] MEADOWS, Donella H. *The limits to growth: a report for the club of Rome's project on the predicament of mankind*. 8th print. New York: Universe books, 1972. ISBN 0-87663-165-0.

## 9 Přílohy

### 9.1 Příloha č. 1 - Seznam obrázků

Obr.1 Diagram hladiny a toku, vlastní zpracování

Obr.2 Pozitivní smyčka zpětné vazby, vlastní zpracování

Obr.3 Introduction to System Dynamics [online]. 2001 [cit. 2017-02-27] Simple Casual Loop Diagram

Obr. 4 Archetypes. System Thinking [online]. 2004 [cit. 2017-02-27] Reinforcing Loop  
URL: <http://www.systems-thinking.org/arch/arch.htm#arches>

Obr. 5 Archetypes. System Thinking [online]. 2004 [cit. 2017-02-27] Balancing Loop  
URL: <http://www.systems-thinking.org/arch/arch.htm#arches>

Obr. 6 Archetypes. System Thinking [online]. 2004 [cit. 2017-02-27] Limits to Success  
URL: <http://www.systems-thinking.org/arch/arch.htm#arches>

Obr. 7 Archetypes. System Thinking [online]. 2004 [cit. 2017-02-27] Escalation  
URL: <http://www.systems-thinking.org/arch/arch.htm#arches>

Obr. 8 Archetypes. System Thinking [online]. 2004 [cit. 2017-02-27] Shifting the burden  
URL: <http://www.systems-thinking.org/arch/arch.htm#arches>

Obr. 9 Archetypes. System Thinking [online]. 2004 [cit. 2017-02-27] Drifting Goals  
URL: <http://www.systems-thinking.org/arch/arch.htm#arches>

Obr. 10 Archetypes. System Thinking [online]. 2004 [cit. 2017-02-27] Growth and Underinvestment  
URL: <http://www.systems-thinking.org/arch/arch.htm#arches>

Obr. 11 Archetypes. System Thinking [online]. 2004 [cit. 2017-02-27] Accidental Adversaries  
URL: <http://www.systems-thinking.org/arch/arch.htm#arches>

Obr. 12 Archetypes. System Thinking [online]. 2004 [cit. 2017-02-27] Success to Successful  
URL: <http://www.systems-thinking.org/arch/arch.htm#arches>

Obr. 13 Archetypes. System Thinking [online]. 2004 [cit. 2017-02-27] Tragedy of the Commons

URL: <http://www.systems-thinking.org/arch/arch.htm#arches>

Obr.14 World Population Growth [online]. 2016 [cit. 2016-12-08] World population, 1750-2015 and projections until 2100

URL: <https://ourworldindata.org/world-population-growth/>

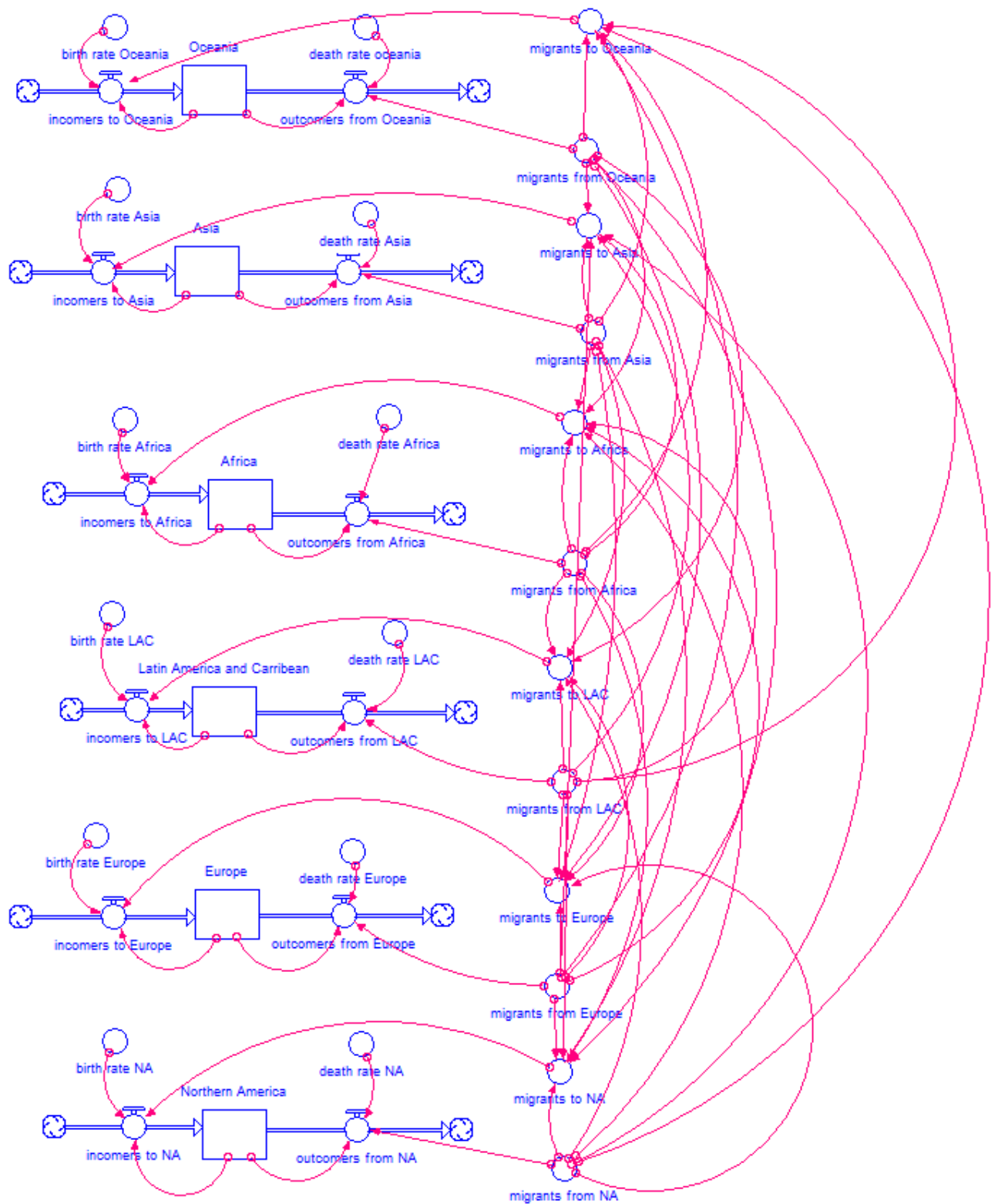
Obr.15 Vzor pro modelování populace, vlastní zpracování

Obr.16 Vzor pro modelování populace doplněný o míru porodnosti a úmrtnosti, vlastní zpracování

Obr.17 Vzor pro modelování populace doplněný o míru porodnosti a úmrtnosti a se zpětnovazebnými smyčkami, vlastní zpracování

Obr.18 Vzor pro modelování populace doplněný o migraci

Obr.19 Model vývoje populace světových kontinentů, vlastní zpracování



## 9.2 Příloha č. 2 – Seznam tabulek

Tabulka 1 World Population Prospects: The 2015 Revision Key Findings and Advance Tables [online]. 2015 [cit. 2016-11-12] Populace světa a majoritních oblastí, vlastní zpracování

URL:

[https://esa.un.org/unpd/wpp/publications/files/key\\_findings\\_wpp\\_2015.pdf](https://esa.un.org/unpd/wpp/publications/files/key_findings_wpp_2015.pdf)

Tabulka 2 World Data Sheet 2010-2016 [online].2016 [cit. 2017-03-27] Počet narozených na 1000 obyvatel podle oblastí, vlastní zpracování

URL: <http://www.prb.org/Publications/Datasheets.aspx>

Tabulka 3 World Data Sheet 2010-2016 [online].2016 [cit. 2017-03-27] Počet úmrtí na 1000 obyvatel podle oblastí, vlastní zpracování

URL: <http://www.prb.org/Publications/Datasheets.aspx>

Tabulka 4 Vývoj populace v Africe, 2010-2030, vlastní zpracování

Years	Africa	incomers to A	outcomers fr	birth rate Afr	death rate Af	migrants from	migrants to A
0	1†030,00	39,38	16,17	0,036740	0,013014	2,77	1,53
1	1†053,20	40,01	15,41	0,036481	0,011868	2,91	1,59
2	1†077,81	40,80	15,11	0,036330	0,011197	3,04	1,64
3	1†103,51	41,66	14,99	0,036223	0,010721	3,16	1,69
4	1†130,18	42,58	14,98	0,036140	0,010352	3,28	1,74
5	1†157,79	43,54	15,02	0,036072	0,010051	3,39	1,78
6	1†186,30	44,54	15,11	0,036014	795659e-003	3,49	1,81
7	1†215,73	45,57	15,23	0,035964	574812e-003	3,59	1,85
8	1†246,07	46,64	15,37	0,035920	380010e-003	3,69	1,88
9	1†277,34	47,74	15,54	0,035881	205755e-003	3,78	1,91
10	1†309,54	48,88	15,71	0,035845	1048121e-003	3,87	1,94
11	1†342,71	50,05	15,91	0,035813	904213e-003	3,95	1,97
12	1†376,85	51,26	16,11	0,035783	771830e-003	4,03	1,99
13	1†412,00	52,50	16,32	0,035756	649263e-003	4,11	2,01
14	1†448,18	53,78	16,55	0,035730	535156e-003	4,18	2,04
15	1†485,42	55,10	16,78	0,035706	428416e-003	4,26	2,06
16	1†523,74	56,45	17,02	0,035683	328148e-003	4,33	2,08
17	1†563,17	57,84	17,27	0,035662	233614e-003	4,40	2,10
18	1†603,74	59,27	17,52	0,035642	144192e-003	4,46	2,11
19	1†645,49	60,75	17,79	0,035622	059358e-003	4,53	2,13
20	1†688,45	62,26	18,06	0,035604	978664e-003	4,59	2,15

Tabulka 5 Vývoj populace v Asii, 2010-2030, vlastní zpracování

Years	Asia	incomers to A	outcomers fr	birth rate Asia	death rate As	migrants from	migrants to A
0	4†127,00	83,45	38,59	0,018670	.000000e-003	9,70	6,40
1	4†171,86	83,34	39,39	0,018370	.000000e-003	10,19	6,71
2	4†215,81	83,70	40,15	0,018195	.000000e-003	10,64	7,00
3	4†259,36	84,24	40,89	0,018070	.000000e-003	11,07	7,27
4	4†302,71	84,87	41,60	0,017973	.000000e-003	11,48	7,53
5	4†345,98	85,55	42,29	0,017895	.000000e-003	11,87	7,78
6	4†389,23	86,26	42,96	0,017828	.000000e-003	12,24	8,01
7	4†432,53	87,00	43,61	0,017770	.000000e-003	12,59	8,24
8	4†475,92	87,76	44,25	0,017719	.000000e-003	12,92	8,45
9	4†519,43	88,53	44,88	0,017673	.000000e-003	13,24	8,65
10	4†563,07	89,31	45,49	0,017632	.000000e-003	13,55	8,85
11	4†606,89	90,09	46,09	0,017595	.000000e-003	13,85	9,04
12	4†650,88	90,89	46,69	0,017560	.000000e-003	14,13	9,22
13	4†695,08	91,69	47,27	0,017528	.000000e-003	14,41	9,39
14	4†739,50	92,49	47,85	0,017498	.000000e-003	14,67	9,56
15	4†784,15	93,30	48,41	0,017470	.000000e-003	14,93	9,72
16	4†829,03	94,12	48,98	0,017444	.000000e-003	15,17	9,88
17	4†874,18	94,94	49,53	0,017419	.000000e-003	15,41	10,03
18	4†919,58	95,76	50,08	0,017396	.000000e-003	15,64	10,18
19	4†965,26	96,59	50,63	0,017373	.000000e-003	15,87	10,32
20	5†011,22	97,42	51,17	0,017352	.000000e-003	16,09	10,46

Tabulka 6 Populační vývoj v Evropě, 2010-2030, vlastní zpracování

Years	Europe	incomers to E	outcomers fr	birth rate Eur	death rate Eu	migrants from	migrants to E
0	739,00	13,56	10,98	0,011000	0,011000	2,85	5,43
1	741,58	13,81	11,12	0,011000	0,011000	2,96	5,65
2	744,27	14,05	11,25	0,011000	0,011000	3,07	5,86
3	747,07	14,28	11,38	0,011000	0,011000	3,16	6,06
4	749,96	14,49	11,51	0,011000	0,011000	3,26	6,24
5	752,95	14,70	11,63	0,011000	0,011000	3,34	6,42
6	756,02	14,90	11,74	0,011000	0,011000	3,43	6,58
7	759,17	15,09	11,86	0,011000	0,011000	3,51	6,74
8	762,40	15,27	11,97	0,011000	0,011000	3,58	6,89
9	765,70	15,45	12,08	0,011000	0,011000	3,66	7,03
10	769,07	15,62	12,19	0,011000	0,011000	3,73	7,16
11	772,51	15,79	12,29	0,011000	0,011000	3,79	7,29
12	776,01	15,95	12,40	0,011000	0,011000	3,86	7,42
13	779,57	16,11	12,50	0,011000	0,011000	3,92	7,54
14	783,18	16,27	12,60	0,011000	0,011000	3,98	7,65
15	786,85	16,42	12,70	0,011000	0,011000	4,04	7,76
16	790,57	16,57	12,79	0,011000	0,011000	4,10	7,87
17	794,35	16,71	12,89	0,011000	0,011000	4,15	7,97
18	798,17	16,85	12,98	0,011000	0,011000	4,20	8,07
19	802,04	16,99	13,08	0,011000	0,011000	4,25	8,17
20	805,95	17,13	13,17	0,011000	0,011000	4,30	8,26

Tabulka 7 Populační vývoj v Severní Americe, 2010-2030, vlastní zpracování

Years	Northern Ame	incomers to N	outcomers fr	birth rate NA	death rate NA	migrants fron	migrants to N
0	344,00	11,07	3,09	0,013234	000000e-003	0,33	6,52
1	351,99	11,21	3,16	0,012776	000000e-003	0,35	6,71
2	360,03	11,39	3,24	0,012507	000000e-003	0,36	6,89
3	368,19	11,60	3,32	0,012317	000000e-003	0,37	7,07
4	376,47	11,82	3,39	0,012169	000000e-003	0,38	7,23
5	384,89	12,03	3,47	0,012049	000000e-003	0,39	7,40
6	393,46	12,25	3,55	0,011947	000000e-003	0,40	7,55
7	402,16	12,48	3,63	0,011858	000000e-003	0,41	7,71
8	411,01	12,70	3,71	0,011780	000000e-003	0,42	7,85
9	420,00	12,92	3,79	0,011711	000000e-003	0,43	8,00
10	429,12	13,14	3,87	0,011648	000000e-003	0,44	8,14
11	438,39	13,35	3,95	0,011590	000000e-003	0,44	8,27
12	447,79	13,57	4,03	0,011537	000000e-003	0,45	8,40
13	457,33	13,79	4,12	0,011488	000000e-003	0,46	8,53
14	467,00	14,00	4,20	0,011442	000000e-003	0,47	8,66
15	476,80	14,22	4,29	0,011400	000000e-003	0,47	8,78
16	486,73	14,43	4,37	0,011360	000000e-003	0,48	8,90
17	496,78	14,64	4,46	0,011322	000000e-003	0,49	9,02
18	506,97	14,85	4,55	0,011286	000000e-003	0,49	9,13
19	517,27	15,07	4,64	0,011252	000000e-003	0,50	9,25
20	527,70	15,28	4,73	0,011220	000000e-003	0,50	9,36

Tabulka 8 Populační vývoj v Latinské Americe a Karibiku, 2010-2030, vlastní zpracování

Years	Latin America	incomers to L	outcomers fr	birth rate LAC	death rate LA	migrants fron	migrants to L
0	585,00	12,03	7,51	0,019107	000000e-003	4,00	0,85
1	589,51	11,83	7,50	0,018640	000000e-003	3,96	0,85
2	593,85	11,75	7,49	0,018366	000000e-003	3,92	0,84
3	598,11	11,71	7,48	0,018172	000000e-003	3,89	0,84
4	602,34	11,69	7,47	0,018022	000000e-003	3,85	0,83
5	606,57	11,69	7,46	0,017899	000000e-003	3,82	0,83
6	610,79	11,70	7,45	0,017795	000000e-003	3,79	0,83
7	615,04	11,71	7,45	0,017705	000000e-003	3,76	0,83
8	619,30	11,74	7,45	0,017626	000000e-003	3,73	0,82
9	623,59	11,77	7,45	0,017555	000000e-003	3,70	0,82
10	627,91	11,80	7,45	0,017491	000000e-003	3,68	0,82
11	632,26	11,84	7,45	0,017432	000000e-003	3,65	0,81
12	636,65	11,88	7,45	0,017378	000000e-003	3,63	0,81
13	641,08	11,92	7,45	0,017328	000000e-003	3,61	0,81
14	645,54	11,96	7,46	0,017281	000000e-003	3,58	0,81
15	650,05	12,01	7,46	0,017238	000000e-003	3,56	0,80
16	654,59	12,06	7,47	0,017197	000000e-003	3,54	0,80
17	659,18	12,11	7,48	0,017159	000000e-003	3,52	0,80
18	663,82	12,16	7,49	0,017122	000000e-003	3,50	0,80
19	668,50	12,22	7,49	0,017088	000000e-003	3,48	0,80
20	673,22	12,28	7,50	0,017055	000000e-003	3,46	0,79

Tabulka 9 Populační vývoj v Oceánii, 2010-2030, vlastní zpracování

Years	Oceania	incomers to	outcomers fr	birth rate Oce	death rate oc	migrants from	migrants to C
0	37,00	1,24	0,44	0,018172	,827800e-003	0,18	0,58
1	37,80	1,28	0,45	0,017993	,007117e-003	0,19	0,60
2	38,63	1,32	0,46	0,017888	,112011e-003	0,19	0,63
3	39,48	1,36	0,48	0,017814	,186434e-003	0,19	0,66
4	40,36	1,40	0,49	0,017756	,244162e-003	0,20	0,68
5	41,27	1,44	0,50	0,017709	,291328e-003	0,20	0,71
6	42,21	1,48	0,51	0,017669	,331207e-003	0,20	0,74
7	43,18	1,52	0,52	0,017634	,365752e-003	0,21	0,76
8	44,19	1,57	0,53	0,017604	,396222e-003	0,21	0,79
9	45,22	1,61	0,55	0,017577	,423479e-003	0,21	0,81
10	46,28	1,65	0,56	0,017552	,448136e-003	0,21	0,84
11	47,37	1,69	0,57	0,017529	,470645e-003	0,21	0,86
12	48,49	1,73	0,58	0,017509	,491352e-003	0,22	0,88
13	49,64	1,77	0,59	0,017489	,510524e-003	0,22	0,90
14	50,82	1,81	0,60	0,017472	,528373e-003	0,22	0,92
15	52,03	1,85	0,62	0,017455	,545069e-003	0,22	0,94
16	53,26	1,89	0,63	0,017439	,560752e-003	0,22	0,96
17	54,53	1,93	0,64	0,017424	,575539e-003	0,23	0,98
18	55,82	1,98	0,65	0,017410	,589526e-003	0,23	1,00
19	57,15	2,02	0,66	0,017397	,602796e-003	0,23	1,02
20	58,50	2,06	0,68	0,017385	,615418e-003	0,23	1,04

### 9.3 Příloha č. 3 – Seznam grafů

Graf 1 International Migrant Stock [online]. 2015 [cit. 2017-03-27] Počet migrantů podle původu, 1990-2015, vlastní zpracování

URL:

<http://www.un.org/en/development/desa/population/migration/data/estimates2/estimatesgraphs.shtml?2g2>

Graf 2 International Migrant Stock [online]. 2015 [cit. 2017-03-27] Procentuální rozdělení migrantů 1990-2015, vlastní zpracování

URL:

<http://www.un.org/en/development/desa/population/migration/data/estimates2/estimatesgraphs.shtml?2g2>

Graf 3 World Data Sheet 2010-2016 [online]. 2016 [cit. 2017-03-27] Míra porodnosti v Africe v letech 2010-2016, vlastní zpracování

URL: <http://www.prb.org/Publications/Datasheets.aspx>

Graf 4 World Data Sheet 2010-2016 [online]. 2016 [cit. 2017-03-27] Míra úmrtnosti v Africe v letech 2010-2016, vlastní zpracování

URL: <http://www.prb.org/Publications/Datasheets.aspx>



Graf 5 Vývoj populace v Africe v letech 2010-2030, vlastní zpracování

Graf 6 Vývoj populace v Asii v letech 2010-2030, vlastní zpracování

Graf 7 Vývoj populace v Evropě v letech 2010-2030, vlastní zpracování

Graf 8 Vývoj populace v Severní Americe v letech 2010-2030, vlastní zpracování

Graf 9 Vývoj populace v Latinské Americe a Karibiku v letech 2010-2030, vlastní zpracování

Graf 10 Vývoj populace v Oceánii v letech 2010-2030, vlastní zpracování

Graf 11 Vývoj populace v Africe, Asii, Evropě, 2010-2030, vlastní zpracování

Graf 12 Vývoj populace v Latinské Americe a Karibiku, Severní Americe, Oceánii, 2010-2030, vlastní zpracování

Univerzita Hradec Králové  
Fakulta informatiky a managementu  
Akademický rok: 2016/2017

Studijní program: Aplikovaná informatika  
Forma: Prezenční  
Obor/komb.: Aplikovaná informatika (ai3-p)

**Podklad pro zadání BAKALÁŘSKÉ práce studenta**

PŘEDKLÁDÁ:	ADRESA	OSOBNÍ ČÍSLO
Kozáková Eva	Brněnec 6, Brněnec	I14091

**TÉMA ČESKY:**

Systémová dynamika při modelování populačního vývoje

**TÉMA ANGLICKY:**

System dynamics in modeling population development

**VEDOUcí PRÁCE:**

doc. Ing. Hana Tomášková, Ph.D. - KIT

**ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ:**

Cíl práce: Pomocí systémové dynamiky vytvořit model populačního vývoje.

Osnova práce:


1. Prohlášení
2. Anotace
3. Cíl práce a metodika
4. Úvod
5. Teoretická část
  - 5.1 Systémová dynamika
  - 5.2 Analýza populačního vývoje
6. Praktická část
  - 6.1 Model populačního vývoje
7. Shrnutí výsledků
8. Závěr
9. Seznam literatury

**SEZNAM DOPORUČENÉ LITERATURY:**

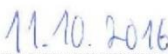
Gharajedaghi, Jamshid. Systems thinking: Managing chaos and complexity: A platform for designing business architecture. Elsevier, 2011.

Bureš, Vladimír. Systémové myšlení pro manažery. Professional Publishing, 2011.

Podpis studenta:

  
.....

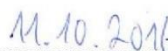
Datum:

  
.....

Podpis vedoucího práce:

  
.....

Datum:

  
.....