

**Univerzita Pardubice  
Fakulta ekonomicko-správní**

**Možnosti agregace indikátorů udržitelného rozvoje  
pomocí Petriho sítí**

**Bc. Ilona Macháčová**

**Diplomová práce**

**2009**

Univerzita Pardubice  
Fakulta ekonomicko-správní  
Ústav systémového inženýrství a informatiky  
Akademický rok: 2008/2009

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Ilona MACHAČOVÁ**  
Studijní program: **N6209 Systémové inženýrství a informatika**  
Studijní obor: **Regionální a informační management - Regionální management**  
Název tématu: **Možnosti agregace indikátorů udržitelného rozvoje pomocí Petriho sítí**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Analýza nástrojů pro modelování
  2. Sběr a zpracování dat
  3. Návrh modelu
-

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

ČEŠKA, Milan. Petriho síť. 1. vyd. Brno : CERM, 1994. 94 s. ISBN 80-85867-35-4.

LOMBORG, Bjorn. Skeptický ekolog. 1. vyd. Praha : Dokořán, 2006. 592 s. ISBN 80-7363-059-1.

ŠILHÁNKOVÁ, Vladimíra. Indikátory udržitelného rozvoje. 1. vyd. Hradec Králové : Civitas per Populi, 2008. 52 s. ISBN 978-80-903813.

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Robert Baťa, Ph.D.**  
Ústav veřejné správy a práva



Datum zadání diplomové práce:

**6. října 2008**

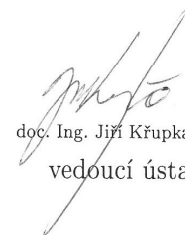
Termín odevzdání diplomové práce:

**1. května 2009**



doc. Ing. Renáta Myšková, Ph.D.  
děkanka

L.S.



doc. Ing. Jiří Křupka, Ph.D.  
vedoucí ústavu

V Pardubicích dne 6. října 2008

*Prohlašuji:*

*Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladu, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše. Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.*

*V Pardubicích dne 13.7.2009*

*Ilona Macháčová*

## Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu práce Ing. Robertu Baťovi, Ph.D., za jeho odborné vedení, připomínky k obsahové i formální stránce diplomové práce, rady a vstřícnost. Dále bych touto cestou poděkovala Krajskému úřadu v Pardubicích, který mi byl nápomocen při tvorbě diplomové práce. Dále samozřejmě mým rodičům a dalším příbuzným za jejich celoživotní podporu, kterou mi poskytovali během celého mého dosavadního studia.

## **ANOTACE**

Diplomová práce se zabývá možnostmi agregace indikátorů udržitelného rozvoje za Pardubický kraj pomocí Petriho sítí. V první části práce je analyzována problematika udržitelného rozvoje. V další části jsou popsány indikátory, jejich rozdělení, principy atd. V třetí části je diskutována problematika Petriho sítí. V poslední části je předmětem analyzování modelace vybraných sociálních a ekonomických indikátorů za Pardubický kraj pomocí problematiky Petriho sítě.

## **KLÍCOVÁ SLOVA**

Trvale udržitelný rozvoj; Agenda 21; Místní agenda; Indikátory; Petriho sítě; HPSim

## **TITLE**

Possibilities of flags aggregation of tenable development by the help of Petri-net

## **ANNOTATION**

Graduation theses deal with possibilities of flags aggregation of tenable development within Pardubice district by the help of Petri-net. In the first part of work is analysed tenable development problems. In following part of work are described flags, their splitting, principles and so on. In third part of work the problem of Petri-net is discussed. In final part of work the subject is dimensional analysis in chosen social and economical flags aggregation of within Pardubice district by the help of Petri-net.

## **KEYWORDS**

Sustainable development; Work 21; Local agenda 21; Flags; Petri-nets; HPSI

## Obsah

Úvod	9
<b>1 Udržitelný rozvoj</b>	<b>11</b>
1.1 Priority udržitelného rozvoje	12
1.2 Pilíře udržitelného rozvoje	13
1.2.1 Ekonomický pilíř	13
1.2.2 Sociální pilíř	13
1.2.3 Environmentální pilíř	15
1.3 Základní principy udržitelného rozvoje:	15
1.4 Strategie udržitelného rozvoje EU	16
1.4.1 Prioritní oblasti strategie	17
1.5 Agenda 21	19
1.6 Místní agenda 21	21
1.7 Zdravé město, obec, region	24
1.8 Strategie udržitelného rozvoje České republiky	25
1.8.1 Hlavní části strategie	26
1.8.2 Návrh strategické vize udržitelného rozvoje ČR k horizontu 2030	29
<b>2 Indikátory udržitelného rozvoje</b>	<b>30</b>
2.1 Charakteristika indikátorů	31
<b>3 Analýza nástrojů pro modelování – Petriho síť</b>	<b>34</b>
3.1 Obecné Petriho síť	34
3.1.1 Značení Petriho síť	34
3.1.2 Vybrané vlastnosti Petriho sítí a jejich definice	37
3.1.2.1 Pravidla pro provádění přechodů	37
3.1.2.2 Dosažitelnost značení	38
3.1.2.3 Stavový prostor a přechodová funkce Petriho síť	38
3.1.2.4 Strom dosažitelných značení Petriho síť	39
3.1.2.5 Omezenost Petriho sítí	40
3.1.2.6 Bezpečnost Petriho sítí	40
3.1.2.7 Živost Petriho sítí	40
3.1.2.8 Konzervativnost Petriho sítí	41

3.1.3	Typy Petriho sítí	42
3.1.3.1	C/E Petriho síť	42
3.1.3.2	P/T Petriho síť	42
3.1.3.2.1	Petriho síť s inhibičními hranami	42
3.1.3.2.2	Časované Petriho síť	43
3.1.3.2.3	Barvené Petriho síť	43
3.2	Výhody Petriho sítí	43
<b>4</b>	<b>Sběr a zpracování dat</b>	<b>45</b>
4.1	Fullerův trojúhelník	45
4.2	Modelování v programu Hpsim	47
4.2.1	Návrh parametrů	48
<b>5</b>	<b>Návrh modelu</b>	<b>51</b>
5.1	Výsledky simulace modelu	55
	Závěr	58
	Seznam obrázků	60
	Seznam grafů	60
	Seznam tabulek	60
	Seznam zkratk	61
	Seznam použité literatury	61



## Úvod

Diplomová práce se zabývá indikátory udržitelného rozvoje v Pardubickém kraji a jejich možnostmi agregace pomocí Petriho sítí. Toto téma jsem si vybrala nejen kvůli jeho pestrosti, ale také proto, že jsem se chtěla dozvědět o Petriho sítích více, než dosud, a také proto, že udržitelný rozvoj považuji v současné době za velmi důležitý. V dnešní době je chápán udržitelný rozvoj mnohem komplexněji, než to bylo v minulosti. Udržitelný rozvoj neobsahuje pouze environmentální aspekt (ochranu životní prostředí, využívání obnovitelných zdrojů atd.), ale obsahuje také ekonomický růst a sociální soudržnost (bojování proti chudobě a sociálnímu vyloučení, vypořádání se s ekonomickými a sociálními dopady stárnutí populace, zabránění růstu hrozeb pro lidské zdraví atd.). Koncepce trvale udržitelného rozvoje stanovuje základní principy, které by měly všechny státy světa integrovat do svých cílů a snažit se o jejich splnění. Také Česká republika si vytváří Strategii udržitelného rozvoje, v níž stanovuje priority, jež by měly být splněny.

V první části práce je analyzována problematika udržitelného rozvoje. Jde především o definování pojmu udržitelnost, přiblížení pilířů udržitelného rozvoje (ekonomického, environmentálního a sociálního pilíře) a základních principů trvale udržitelného rozvoje. Jsou zde vysvětleny strategie udržitelného rozvoje EU, prioritní oblasti strategie. Dále je v této části popsán udržitelný rozvoj v České republice, jak se vyvíjejí jednotlivé pilíře v České republice a také strategická vize k horizontu 2030. Je zde rovněž popsána Agenda 21, ve které jsou rozpracovány principy udržitelného rozvoje v globálním měřítku do jednotlivých problémových oblastí. Jelikož celosvětové problémy mají kořeny v místních činnostech, tak je v této kapitole popsána také Místní agenda, která se snaží podpořit účast obyvatel v procesech plánování a realizace rozvoje.

Druhá část práce je věnována Petriho sítím. Tato síť je definována, jako diskrétní matematický model, který může popisovat řídicí toky uvnitř modelovacích systémů a jejich informační závislost. Jsou zde uvedeny vlastnosti, jejich definice, uplatnění a také charakteristika jednotlivých typů Petriho sítí

Aplikační část práce se zaměřuje na možnosti agregace indikátorů udržitelného rozvoje pomocí Petriho sítí. V této kapitole bude diskutována problematika korelovanosti indikátorů, další krok je věnován vypočítáním váhy jednotlivých nekorelovaných indikátorů. Pro stanovení váhy

jednotlivých indikátorů, byla vybrána metoda Fullerova trojúhelníku, pomocí které byly vypočítány váhy důležitosti jednotlivých indikátorů. Tyto váhy byly nastaveny jako parametry do modelu v HPSim. V této kapitole je popsán volně dostupný sw prostředek HPSim, který je volně šířitelný pro potřeby výuky a výzkumu. Jsou zde stanoveny návrhy parametrů, koeficient přepočtu, počáteční počet značek a stanovení dostatečné kapacity místa.

**Cílem této diplomové práce je ověření vhodnosti petriho sítí pro agregaci indikátorů udržitelného rozvoje a ověření, zda je tento nástroj vhodný pro modelování problematiky v rámci projektu MŽP.**

# 1 Udržitelný rozvoj

Existuje celá řada definic, které charakterizují udržitelný rozvoj, je možno je rozdělit následujícím způsobem [2]:

## Mezigenerační odpovědnost

„Udržitelný rozvoj naplňuje současné potřeby, aniž by omezoval schopnost budoucích generací naplnit jejich potřeby.“ [2]

## Exploatace zdrojů

„Způsob užívání zdrojů (materiálové, energetické), aniž by docházelo k vyčerpání jejich potenciálu.“ [2]

## Systémový přístup

Obecná definice udržitelného rozvoje může být rozvedena do prakticky využitelného tvaru. „Rozvedení systémového přístupu, tj. harmonický, rovnovážný rozvoj vzhledem ke třem základním systémům (biosféra, lidská společnost, ekonomika), které se vzájemně ovlivňují.“ Tuto definici přijal Světový summit k udržitelnému rozvoji v roce 2002 v Johannesburgu. [2]

## Environmentální udržitelnost

„Přírodní kapitál se neztenčí (pro potřeby budoucích generací), ekosystémové "služby" (čisté ovzduší, čistá voda v dostatečném množství, kyslík, produkce biomasy) nejsou narušeny.“ [2]

## Sociální udržitelnost

„Soudržnost a stabilita sociálních struktur, kontinuita kultury (odpovědnost vůči minulým generacím), vzdělávací systémy, věda, zdravotnictví apod. se rozvíjejí k naplnění potřeb jednotlivců.“ [2] Základní materiální potřeby jedince, jako je potrava, přístřeší, ochrana před násilím jsou zajištěny stejnou měrou.

## Ekonomická udržitelnost

„Ekonomický rozvoj, který je schopen zajistit rostoucí „bohatství“ společnosti a zároveň neohrožuje environmentální a sociální udržitelnost na národní, regionální nebo globální úrovni.“ [2]

V naší legislativě je udržitelný rozvoj definován v § 6 zákona č. 17/1992 Sb. o životním prostředí. „Trvale udržitelný rozvoj společnosti je takový rozvoj, který současným i budoucím generacím

zachovává možnost uspokojovat jejich základní životní potřeby a přitom nesnižuje rozmanitost přírody a zachovává přirozené funkce ekosystémů.“ [22]

Mezi základní milníky vedoucí k dnešnímu pojetí udržitelného rozvoje je možné považovat:

- Konferenci v Rio de Janeiro v roce 1992, kterou organizovali Spojené národy. Výsledkem bylo přijetí tzv. Agendy 21, kterou lze chápat jako komplexní plán opatření na mezinárodní, národní i lokální úrovni, které by měly vést k trvale udržitelnému rozvoji;
- V roce 2002 se v Johannesburgu konala konference na nejvyšší politické úrovni, výsledkem byla identifikace klíčových problémů, ale i vybudování institucí, které budou pokrok monitorovat;
- Strategie EU pro TUR byla formulována v Gothemburském summitu EU;
- V roce 2000 se konal Lisabonský summit, který představoval další důležitý krok v procesu tvorby dlouhodobé hospodářské strategie zohledňující jak environmentální, tak i sociální hledisko. Summit se stal z pojetí EU základním kamenem pro formulaci dlouhodobých politik;
- Revize Lisabonské strategie na jaře 2005, která vyústila ve schválení tzv. Integrovaného směru hospodářské politiky [15].

V dnešní době je chápán udržitelný rozvoj mnohem komplexněji, než to bylo v minulosti, kdy se problematika týkala pouze otázky životního prostředí a ostatní elementy ekonomické a sociální se nebraly v úvahu. V současné době pojem udržitelný rozvoj znamená hlavně rovnováhu mezi třemi základními pilíři. Jedná se o pilíř ekonomický, sociální a environmentální. V rámci udržitelného rozvoje jsou rovněž definovány tzv. priority udržitelného rozvoje.

## **1.1 Priority udržitelného rozvoje**

Níže uvedené priority vycházejí z pracovní vize udržitelného rozvoje, směřují k podpoře rovnovážných vztahů mezi jednotlivými pilíři udržitelného rozvoje [2]:

- Vztah mezi environmentálním a ekonomickým pilířem;
- Vztah mezi ekonomickým a sociálním pilířem;
- Vztah mezi sociálním a environmentálním pilířem.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Vztahy jsou vzájemně souměřitelné (tj. všechny tři vztahy jsou chápány jako stejně významné).

Rovnovážné faktory **mezi ekonomickým a environmentálním pilířem** budou zejména zahrnovat inovace (především ekoinovace), obecné směřování ke znalostní ekonomice, nerovnovážné faktory poté rozvoj ekonomiky založený na materiálově náročných technologiích a výrobcích s nízkou kvalitou a přidanou hodnotou.

Rovnovážné faktory **mezi ekonomickým a sociálním pilířem** budou zejména zahrnovat podporu obecné vzdělanosti, podporu vědy, výzkumu a inovací.

Rovnovážné faktory **mezi environmentálním a sociálním pilířem** budou především zahrnovat podporu environmentální výchovy a osvěty, tvorbu pracovních příležitostí, snižování počtu ekonomicky a sociálně vyloučených skupin obyvatel.

## **1.2 Pilíře udržitelného rozvoje**

V rámci udržitelného rozvoje jsou rovněž definovány tzv. pilíře udržitelného rozvoje. Do těchto pilířů patří ekonomický, sociální a environmentální pilíř.

### **1.2.1 Ekonomický pilíř**

V ekonomické oblasti došlo k revizi Lisabonské strategie pro období 2008-2010. Revidovaná Lisabonská strategie klade důraz na to, aby nezbytné reformy proběhly na národní úrovni. Revidovaná Lisabonská smlouva stanovila čtyři priority jako determinanty ekonomického růstu:

- Investice do lidských zdrojů a modernizace trhu práce;
- Odblokování podnikatelského potenciálu zvláště pro malé a střední podniky;
- Investice do znalostí a inovací;
- Energetika a klimatické změny. [2]

### **1.2.2 Sociální pilíř**

Zajištění sociální spravedlnosti a soudržnosti je nutnou podmínkou udržitelného rozvoje. Strategie udržitelného rozvoje EU požaduje pro splnění tohoto cíle podporu demokratické, sociálně soudržné, spravedlivé společnosti, respektující základní práva a kulturní odlišnosti a bojuje proti jakékoli diskriminaci či sociálnímu vyloučení. [2]

Cíle EU SDS v této oblasti zahrnují:

- Snížení počtu lidí ohrožených chudobou a sociálním vyloučením se zvláštním zřetelem na redukci chudoby dětí;
- Zajištění vysoké úrovně sociální a teritoriální soudržnosti jak na úrovni EU tak členských zemí, při respektu ke kulturní rozmanitosti;
- Podpora členských zemí v jejich úsilí o modernizaci systémů sociální ochrany;
- Zvýšení uplatnění žen a starších zaměstnanců na pracovním trhu, zvýšení zaměstnanosti migrantů;
- Snížení negativních dopadů globalizace na zaměstnance a jejich rodiny;
- Podpora zvyšování zaměstnanosti mladých;
- Větší uplatnění hendikepovaných osob na pracovním trhu. [2]

V rámci sektorových politik EU se sociálního pilíře udržitelného rozvoje týká řada strategických dokumentů, z nichž lze považovat za nejdůležitější Sociální Agendu. Sociální Agenda představuje program modernizace evropského sociálního modelu, založený na přepracované lisabonské strategii. Má dvě hlavní priority – zaměstnanost, boj proti chudobě a podporu rovných příležitostí. [2]

V oblasti nezaměstnanosti je tento program zaměřován na [2]:

- vytvoření evropského trhu práce - pokud pracují lidé v jiném členském státě, tak bude umožněno převádět nároky na důchod a na sociální zabezpečení;
- umístění více lidí na lepší pracovní místa - prostřednictvím Iniciativy evropská mládež a pomoci ženám (znovu) vstupujícím na trh práce;
- aktualizaci pracovního práva - novou strategii bezpečnosti a ochrany zdraví při práci.

V oblasti chudoby a rovných příležitostí je tento program zaměřován na [2]:

- analýzu dopadu stárnutí populace a budoucích vztahů mezi generacemi,
- podporování členských států v jejich úsilí o reformu důchodů, zdravotní péče a v boji proti chudobě;
- skoncování s diskriminací a nerovností postihující zejména etnické menšiny, jako jsou Rómové;
- rozvíjení rovných příležitostí žen a mužů.

### 1.2.3 Environmentální pilíř

Za důležitý rámcový dokument EU v oblasti životního prostředí lze označit Šestý. environmentální akční program 2002 – 2012. Tento dokument stanovuje rámec pro environmentální politiku EU pro období 2002 – 2012 a definuje čtyři prioritní oblasti:

- Změny klimatu;
- Příroda a biodiverzita;
- Životní prostředí a zdraví;
- Přírodní zdroje a odpady. [2]

Tento Šestý. environmentální akční program prosazuje plnou integraci požadavků na ochranu životního prostředí do všech politik a aktivit Společenství. Nástroje programu představuje sedm „tematických strategií“ – půda a mořské prostředí, ovzduší, pesticidy a urbánní prostředí, přírodní zdroje a recyklace odpadů. [2] V rámci udržitelného rozvoje jsou rovněž definovány tzv. základní principy udržitelného rozvoje.

### 1.3 Základní principy udržitelného rozvoje:

Následující výčet zahrnuje:

- propojení základních tří pilířů - ekonomického, sociálního a environmentálního;
- každé rozhodnutí je třeba posuzovat z hlediska jeho dlouhodobých dopadů, je potřebné strategicky plánovat;
- kapacita životního prostředí je limitovaná - nejenom jako zdroje surovin, látek a funkcí potřebných k životu;
- předběžná opatrnost - důsledky některých našich konání nejsou vždy známé, neboť naše poznání v životním prostředí je zatím na malém stupni, a proto je na místě být rozvážný;
- prevence - je mnohem účinnější než následné řešení dopadů. Na řešení problémů, které vzniknou, musí být vynaloženo značně větší množství zdrojů (časových, finančních i lidských);
- kvalita života - má rozměr materiální, společenský, etický, estetický, duchovní, kulturní atd., lidé mají právo na kvalitní život;

- sociální spravedlnost – možnosti i zodpovědnosti by měly být děleny mezi země, regiony i mezi rozdílné sociální skupiny;
- zohlednění vztahu "lokální - globální" – jednání na místní úrovni ovlivňují problémy na globální úrovni - konají je nebo je mohou pomoci řešit (a naopak);
- vnitrogenerační a mezigenerační odpovědnost (či rovnosti práv), tj. zajištění národnostní, rasové i jiné rovnosti, zachování práv všech současných i budoucích generací na zdravé životní prostředí a sociální spravedlnost;
- demokratické procesy - zapojením veřejnosti. [28]

Koncepce trvale udržitelného rozvoje stanovuje základní principy, které by měly všechny státy světa integrovat do svých cílů a snažit se o jejich splnění.

#### **1.4 Strategie udržitelného rozvoje EU**

Mezi významné dokumenty patří "Deklarace o životním prostředí a rozvoji", formulující 27 principů udržitelného rozvoje a podrobný návod k jeho dosažení - "Agenda 21" ("Akční plán rozvoje pro 21. století"). [27]

V roce 1992 byly tyto dokumenty v Rio de Janeiru přijaty účastníky Konference o životním prostředí a rozvoji (UNCED), resp. "Summitu Země". Během následujících let zatím nebylo dosaženo plánovaných cílů a negativní vývojové trendy nebyly zvráceny. V Johannesburgu se v roce 2002 konal "Světový summit o udržitelném rozvoji" (WSSD), na němž byla přijata "Johannesburská deklarace o udržitelném rozvoji". Johannesburgská deklarace upozorňuje na vybudování humanitní, spravedlivé a pozorné globální společnosti. Na "Světovém summitu o udržitelném rozvoji" byl přijat Implementační plán. [27] Tento plán je návodem pro realizaci Agendy 21 v globálním měřítku. Tento plán zahrnuje i řadu nových priorit v oblastech, které v Agendě 21 scházejí - např. v oblasti využívání energie, vztahu globalizace, volného obchodu a udržitelného rozvoje atd. [1]

V oblasti účasti veřejnosti na rozhodování, přístupu k informacím a přístupu k právní ochraně v otázkách životního prostředí je přelomovým dokumentem pro životní prostředí Aarhuská úmluva. Cílem úmluvy je zlepšování informovanosti veřejnosti o stavu životního prostředí a jeho dopadu na



lidské zdraví. Do roku 2000 se k Aarhuské úmluvě přihlásilo 40 zemí z Evropy a Střední Asie. V roce 2004 Česká republika přistoupila k Aarhuské úmluvě. [27]

Evropská rada přijala Strategii udržitelného rozvoje EU „Udržitelná Evropa pro lepší svět“ (COM 2001) s těmito prioritními oblastmi [27]:

- zastavit změnu klimatu a zvýšit podíl čisté energie;
- zabránit růst hrozeb pro lidské zdraví;
- zodpovědněji nakládat s přírodními zdroji;
- zlepšit dopravní systém a územní plánování;
- bojovat proti chudobě a sociálnímu vyloučení;
- vypořádat se s ekonomickými a sociálními dopady stárnutí společnosti.

Cíle byly stanoveny do r. 2010 kromě problematiky změny klimatu a energetiky, která byla stanovena až do r 2020. [27]

V r. 2004 probíhaly veřejné diskuse, v únoru 2005 bylo první sdělení Evropské komise k revizi Strategie „Hodnocení strategie udržitelného rozvoje EU“, které požadovalo, aby Strategie zahrnovala širší záběr se vzájemně se posilující ekonomickou, sociální a environmentální stránkou. V roce 2004 probíhaly diskuze o změně prioritních oblastí. V červnu 2006 byla přijatá nová verze Strategie udržitelného rozvoje EU, do které patří prioritní oblasti strategie. [27]

#### **1.4.1 Prioritní oblasti strategie**

Všechny tyto prioritní oblasti strategie směřují z určitého úhlu pohledu, k celkovému zlepšení kvality života.

Strategie obsahuje opatření k prioritním cílům z vybraných oblastí [21]:

- změna klimatu a čistá energie;
- udržitelná doprava;
- udržitelná spotřeba a výroba;
- ochrana a řízení přírodních zdrojů;
- veřejné zdraví;

- sociální začlenění, demografie a migrace;
- celosvětová chudoba a problémy udržitelného rozvoje.

První oblastí je Změna klimatu a čistá energie. Cílem je snižovat změnu klimatu, její negativní efekty na společnost a životní prostředí. Tato oblast souvisí především se zvyšování podílu energie vyrobené z obnovitelných zdrojů a podílu zelených paliv. [21]

Druhá z nich je Udržitelná doprava. Snahou této oblasti je snížení emise skleníkových plynů a znečišťujících látek, modernizace veřejných dopravních prostředků a rozšíření jejich používání. Dále do této oblasti patří snaha o prosazení přesunu dopravy ze silnic na železnici a vodní cesty [21].

Udržitelná spotřeba a výroba je obsahem třetí oblasti. Cílem této oblasti je zmírnit závislost ekonomického růstu na poškozování životního prostředí, zvyšovat podíl technologií šetrných k životnímu prostředí, podíl ekologických inovací, podpora ekologického zemědělství. [21]

Šetrné nakládání s přírodními zdroji představují čtvrtou oblast. Čtvrtá oblast usiluje o zlepšení postupů při nakládání s přírodními zdroji, ochranu před jejich nadměrným využíváním. Tento cíl se týká především lovu ryb, bioverzity, vody, půdy, vzduchu a atmosféry [21].

Pátou oblastí je Podpora dobrého veřejného zdraví. Tato oblast zahrnuje zlepšení mezinárodní spolupráce, ochranu proti zdravotním hrozbám HIV / AIDS, tuberkulóze, malárii a nově se šířícím infekcím, tak omezením onemocnění, které souvisí s nezdravým životním stylem industrializovaného světa. S tím souvisí úprava legislativy týkající se zdravotní nezávadnosti potravin, přiměřená prevence zdraví atd. [21]

Sociální začlenění, demografie a migrace je obsahem šesté kapitoly. Hlavní snahou této oblasti je začlenění sociálních jedinců do společnosti, podpora solidarity mezi generacemi, úsilí o vyšší kvalitu života občanů (blahobyt jednotlivce). Patří sem i zvyšování zaměstnanosti žen a pracovníků vyšších věkových kategorií, integrace imigrantů a jejich rodin do společnosti a snižování negativních dopadů globalizace na pracovníky a jejich rodiny [21].

Sedmou a zároveň poslední oblastí je Globální chudoba. Cílem je aktivně podporovat udržitelný rozvoj v celosvětovém měřítku a zajistit, aby vnitřní a vnější politika EU byla v souladu s globálním udržitelným rozvojem a s jejími mezinárodními závazky [21].

## 1.5 Agenda 21

Agenda 21 je dokumentem OSN, který rozpracovává principy udržitelného rozvoje v globálním měřítku do jednotlivých problémových oblastí. V roce 1992 v brazilském Rio de Janeiru byl tento dokument přijat účastníky Konference OSN o životním prostředí a rozvoji (UNCED). Sešlo se 10 tisíc oficiálních delegátů ze 178 zemí světa, z toho 116 hlav států. [25]

Jelikož jednotlivé země si nedokáží poradit s jejich globálními problémy sami, byla vytvořena mezinárodní spolupráce, v rámci které se zástupci dohodli na společných opatřeních udržitelného rozvoje. Představitelé zúčastněných zemí se setkali, aby řešili důležité otázky dalšího vývoje na naší planetě. Jednali o kvalitě života a o životním prostředí. Představitelé jednotlivých zemí se dohodli na společných opatřeních udržitelného rozvoje. [1]

Agenda 21 obsahuje celkem 40 kapitol rozdělených do čtyř částí [1]:

- sociální a ekonomické aspekty;
- ochrana zdrojů a hospodaření s nimi;
- posilování úlohy velkých skupin;
- finanční zdroje a mechanismy.

První oddíl, sociální a ekonomické aspekty trvale udržitelného rozvoje, obsahuje 8 kapitol.

Jednotlivé kapitoly se zabývají:

- mezinárodní spolupráci (zaměřením na větší liberalizaci obchodu);
- chudobou;
- kritice špatných spotřebních návyků;
- kritice nevhodně vedených výrobních procesů;
- demografické dynamice;
- lidským zdravím a nedostatkem primární lékařské péče;
- problematikou bydlení;
- integrací aspektů životního prostředí a rozvoje do rozhodovacích procesů. [20]

Mezi stěžejní body tohoto oddílu patří požadavek na odstranění chudoby. Dalším velkým problémem při zajišťování trvale udržitelného rozvoje jsou nevhodné výrobní a spotřební návyky. Je potřebné zvyšovat účinnost výroby především z hlediska optimálního využití přírodních zdrojů a předcházet vzniku odpadů průmyslového i spotřebního charakteru. [19]

Druhý oddíl, se zabývá ochranou zdrojů a problematice managementu. Tento oddíl má celkem 14 kapitol. Jednotlivé kapitoly jsou věnovány ochraně atmosféry, boji proti odlesňování, podpoře udržitelného rozvoje zemědělství a venkova, ochraně oceánů, ochraně kvality a zásob sladkovodních zdrojů, šetrnějšímu nakládání s toxickými chemickými látkami, lepšímu nakládání s nebezpečnými odpady, šetrnějšímu nakládání s radioaktivními odpady atd. [1]

Hlavní částí této sekce jsou požadavky kladené na vlády jednotlivých států. Důležité je zesílení kontrol znečištění ovzduší přesahující hranice státu a zalesňování. [19]

Třetí oddíl, posilování úlohy důležitých organizací obsahuje 10 kapitol. Jednotlivé kapitoly se věnují organizaci žen, mládeže, posilují úlohy domorodých obyvatel, nevládních organizací, místních správ, pracovních organizací a odborů, obchodních, průmyslových a městských organizací. [1] Hlavní důraz je kladen na posílení vlivu všech jmenovaných skupin a na jejich větší začlenění do řízení a rozhodování. [19]

Čtvrtý oddíl se věnuje prostředkům, jež by měly být nápomocny k realizaci trvale udržitelného rozvoje v praxi. Tato sekce obsahuje 8 kapitol. Kapitoly se zaměřují na podporu vzdělávání, odborného školení, výchovy na mezinárodní spolupráci při vytváření potenciálu v rozvojových zemích, podporu vědy, ubytovací kapacity v rozvojových zemích, na mezinárodní právní nástroje atd. [1]

Hlavní důraz je soustředěn na začlenění Agendy 21 do národních politik a programů. Rozvojové země by měly formulovat své prioritní potřeby a vyspělé země by jim měly být nápomocné v jejich řešení. Výchova k životnímu prostředí a k trvale udržitelnému rozvoji by měla začínat již na základních školách a pokračovat by měla ve výchovných programech. [19]

Ze stručně uvedeného obsahu Agendy 21 vyplývá, že v dnešní době si lidská společnost již plně uvědomuje potřebu bezodkladného řešení ekologických problémů. K tomuto účelu nepostačí

nástroje technologického charakteru. Svou roli musí především sehrát růst ekologického myšlení lidí, tzn. spolupráci morálních, ekonomických a právních nástrojů. [19]

Agenda 21 stanoví, co je třeba vykonat, aby se zredukovaly plýtvané a neefektivní způsoby spotřeby v některých částech světa a současně, aby se v jiných částech světa podpořil rostoucí, ale udržitelný rozvoj. Agenda 21 poskytuje řešení, jak zabránit degradaci půd, ovzduší a vody, jak chránit lesy a různorodost druhů a života. Hovoří o chudobě, nadměrné spotřebě, o zdraví a výchově. [1]

Agenda 21 zahrnuje i povinnost odstranit dotace v případě, že nejsou v souladu s principy udržitelného rozvoje. Nejdůležitějším úkolem, který řeší Agenda 21, je odstranění chudoby, která je největší překážkou k řešení globálních problémů životního prostředí. [1] V rámci udržitelného rozvoje jsou rovněž definována Místní agenda 21.

## **1.6 Místní agenda 21**

Místní Agenda 21 je nástroj pro použití principů udržitelného rozvoje na místní a regionální úrovni. V tomto procesu dochází k zapojování veřejnosti, využívají se všechny dosažené poznatky o udržitelném rozvoji v jednotlivých oblastech, uplatňuje se strategické plánování (řízení). Cesta k TUR je závislá na kvalitě veřejné správy, kterou se na lokální a regionální úrovni zabývá místní Agenda 21 [14].

Celosvětové problémy mají kořeny v místních činnostech, a proto je jejich řešení závislé na místních aktivitách. Místní Agenda 21 by se měla zaměřit na udržitelnost v místním měřítku, ale také v globálních návaznostech. [13]

Do procesu místní Agendy 21 mohou spadat například následující činnosti [13]:

- obnova památek;
- oživování a zachovávání tradičních zvyklostí a řemesel;
- udržitelná turistika;
- územní plánování založené na integrovaném přístupu a vhodná výstavba;
- péče o krajinu;
- péče o starší občany;
- programy pro školy zaměřené na otázky udržitelného rozvoje;
- praktické práce v místě, jako např. výsadba stromů, údržba parků;

- projekty, které se zabývají konkrétní problematikou např. akce pro veřejnost (slavnosti, jarmarky, poutě);
- výchovné a vzdělávací programy pro veřejnost;
- podpora vhodného podnikání, ekologické vytápění;
- vlastní práce místních orgánů - zpracování principů udržitelného rozvoje do koncepcí, plánů;
- environmentální systémy řízení pro podniky, místní úřady a další instituce.

Místní Agenda 21 není povinná. Není to zákon ani vládní nařízení. Není nezbytné, aby se proces nazýval místní Agendou 21. Jde především o to, aby byly zajištěny podmínky pro kvalitní život v konkrétní obci nebo regionu v dlouhodobé perspektivě. [12]

Zakladatelem může být místní správa, nevládní organizace nebo skupina lidí, kterým záleží na zdravém rozvoji obce či regionu. Závisí ale na tom, jaká struktura procesu se vybuduje - zda bude proces životaschopný, zda budou principy udržitelného rozvoje uplatňovány v každodenní praxi lidí, především při rozhodování v místní/regionální správě [12].

Nejsou stanovené žádné postupy, jak by měla být zaváděna místní Agenda 21. Jsou ale známy některé klíčové kroky jak na to.

MA 21 by měla mít následující součásti [12]:

- Organizační zázemí – Je potřeba získat schopného koordinátora procesu. Obvykle zázemí zajišťuje místní správa, nebo s ní musí být alespoň oficiálně propojena, jinak není možné prosazovat potřebná opatření;
- Komunitní spolupráce (partnerství) – Místní správa by měla při přípravě a realizaci místních aktivit spolupracovat s místními organizacemi a veřejností. Spolupráce by měla být dlouhodobě a co v nejvyšší míře;
- Kapacita pro získávání zdrojů – Místní Agenda 21 vede ke zvětšení kapacity pro získávání zdrojů. Jedním z předpokladů pro získání prostředků, zejména z mezinárodních a zahraničních zdrojů, je uplatňování udržitelného rozvoje v místních podmínkách;

- Formalizace procesu, politická podpora - Zastupitelstvo má povinnost přijmout Místní Agendu 21, jako oficiální součást rozvoje a fungování obce, regionu. V rámci toho se zavazuje k dodržování principů udržitelného rozvoje včetně zapojování veřejnosti;
- Strategie udržitelného rozvoje za účasti veřejnosti - Všechny obce či regiony, které chtějí zavést místní Agendu 21, by měli mít zpracovanou dlouhodobou Strategii udržitelného rozvoje. Každý místní občan by měl mít právo podílet se na jejím zpracování i realizaci. Součástí strategického plánu má být akční plán. Určuje kdo, co a kdy udělá. Tento plán je důležitý pro nastartování procesu MA 21;
- Výchova, vzdělávání, osvěta a informovanost – Místní lidé jsou spoluvůrci budoucnosti obce, regionu. Musejí být inspirováni k tomu, aby se do procesu MA21 aktivně zapojili.
- Management kvality - Systém MA21 má přímou návaznost na řízení a zdokonalování výkonu místních úřadů a správ;
- Vnější vztahy a vazby - Udržitelný rozvoj není jen otázkou obce a regionu, ale má širší souvislosti. Obec či region by měli budovat vnější vztahy, informační vazby a partnerství s dalšími obcemi a regiony na národní i mezinárodní úrovni;
- Mikroprojekty – Zahrnují malé i velké dílčí projekty, které přispívají k udržitelnému rozvoji. Finančně by se na nich měla účastnit i místní správa.

Klíčovou rolí Místní Agendy 21 je, aby byla podpořena účast obyvatel v procesech plánování a realizace rozvoje, zabývá se zajištěním kvalitního života (ve všech jeho dimenzích - materiální, duchovní, kulturní, společenské, etické, estetické atd.) v kvalitním prostředí, a to s vyhlídkou dlouhodobé udržitelnosti. [13]

### **Kroky v rámci procesu MA 21**

V rámci procesu se vytváří, zpracovává a definuje plán s následujícími částmi [12]:

- Základní hodnoty - hodnoty, které účastníci vyznávají, a pro které se činností účastní, určují základní směr další práce;
- Vize – říká, čeho chceme dosáhnout, určuje dlouhodobý cíl snažení, př. jak bude vypadat naše obec/region za 15, 20 let?;
- Účel - kdo jsme, proč chceme proces zahájit a realizovat;
- Stanovení prioritních oblastí – klíčových oblastí práce;

- Záměry a specifické cíle – co máme v úmyslu dělat v jednotlivých prioritních oblastech. Specifické cíle pak tyto záměry zpřesňují;
- Akce - ke každé prioritní oblasti je sestaven Akční plán – jedná se o seznam konkrétních činností, které je třeba udělat, aby bylo dosaženo specifických cílů v dané oblasti. Plán by měl současně zahrnovat termíny, zdroje, kdo je za uskutečnění zodpovědný a kdo bude na činnosti spolupracovat.

## 1.7 Zdravé město, obec, region

„Zdravou“ může být municipalita, která se systematicky a dlouhodobě zabývá zdravím, kvalitou života a udržitelným rozvojem – a ptá se svých obyvatel na jejich názory. Nejedná se tedy „pouze“ o stav životního prostředí, ale zejména o zdravý životní styl lidí a odpovědnost vůči budoucím generacím [16].

OSN v roce 1988 iniciovala mezinárodní Projekt Zdravé město (WHO Healthy Cities Project), ke kterému přizvala nejvýznamnější evropské metropole. Za dobu patnácti let trvání projektu vzniklo v Evropě 1300 Zdravých měst ve více než 30 zemích. Zdravá města realizují místní Agendy 21. V roce 1994 v České republice vytvořilo jedenáct aktivních měst asociaci s názvem Národní síť Zdravých měst České republiky (NSZM ČR). Tuto asociaci dnes tvoří několik desítek měst, obcí, mikroregionů a krajů. [16]

Členové asociace se zapojují do postupů strategického rozvoje v souladu s požadavky EU. Zapojují veřejnost do diskusí o současných záměrech i o místní či regionální budoucnosti. Postup k vizi "Zdravého města, obce, regionu" samozřejmě není pouze záležitostí vedení municipality, ale jedná se hlavně o každodenní úzkou spolupráci s řadou místních odborných i nevládních partnerů (odborných institucí, nevládních organizací, škol, firem) i s nejširší veřejností. Lze říci, že Zdravá města, obce a regiony se promyšleně snaží utvářet město (obec, region), jako příjemné místo pro život na základě dohody s obyvateli. [16]



## 1.8 Strategie udržitelného rozvoje České republiky

Byla založena 30. července 2003 Rada vlády pro udržitelný rozvoj (dále jen Rada). Jako stálý poradní, iniciační a koordinační orgán vlády České republiky pro oblast udržitelného rozvoje a strategického řízení. Je řízena předsedou vlády a jejími místopředsedy, kteří jsou zodpovědní za jednotlivé pilíře udržitelného rozvoje. [23].

Rada představuje politicko - odborný orgán. V radě jsou zastoupeny orgány státní správy a samosprávy, sociální partneři, akademická obec a neziskový sektor, který koordinuje problematiku udržitelného rozvoje na všech úrovních (místní, krajské, národní i mezinárodní) [23].

Základním strategickým dokumentem, který Česká republika v oblasti udržitelného rozvoje přijala, je **Strategie udržitelného rozvoje České republiky**. Tato strategie byla vládou schválena dne 8. prosince 2004 (usnesení č. 1242/04), je východiskem pro strategické rozhodování v rámci státní správy a územní veřejné správy a pro jejich spolupráci se zájmovými skupinami [23].

Strategické a dílčí cíle Strategie udržitelného rozvoje ČR jsou definovány tak, aby co nejvíce omezovaly nerovnováhu ve vzájemných vztazích mezi ekonomickým, environmentálním a sociálním pilířem udržitelnosti. [20]

K tomu směřují následující strategické cíle [20]:

- udržet stabilitu ekonomiky a zajistit její odolnost vůči negativním vlivům;
- rozvíjet a všestranně podporovat ekonomiku založenou na znalostech a dovednostech a zvyšovat konkurenceschopnost průmyslu, zemědělství a služeb;
- v nejvyšší ekonomicky a sociálně přijatelné míře uchovat přírodní bohatství ČR tak, aby mohlo být předáno příštím generacím;
- systematicky podporovat recyklaci;
- zajišťovat ochranu neobnovitelných přírodních zdrojů (včetně zemědělského půdního fondu);
- zachovat strategickou potravinovou soběstačnost ČR;
- obhajovat a prosazovat národní zájmy ČR v rámci nejširších mezinárodních vztahů,
- dosáhnout splnění mezinárodních závazků ČR v oblasti udržitelného rozvoje;
- přispívat k řešení klíčových globálních problémů udržitelného rozvoje;

- udržet stabilní stav počtu obyvatel ČR a postupně zlepšovat jeho věkovou strukturu;
- trvale snižovat nezaměstnanost na míru odpovídající ekonomicko-sociálnímu motivování lidí k zapojování do pracovních aktivit;
- podporovat rozvoj lidských zdrojů a dosáhnout maximální sociální soudržnosti;
- zajistit stálý růst úrovně vzdělanosti ve společnosti, včetně vzdělanosti v kultuře, a tím zajišťovat konkurenceschopnost české společnosti;
- rozvíjet etické hodnoty v souladu s evropskými kulturními tradicemi;
- udržet vhodné formy rozmanitosti kultur, života venkova a aglomerací;
- zajistit rovnoprávnost komunit, dosažitelnost služeb dle jejich rozdílných životních potřeb a priorit;
- podporovat udržitelný rozvoj obcí a regionů;
- podporovat rozvoj veřejných služeb a sociální infrastruktury;
- zvyšovat efektivnost výkonu a zlepšovat činnost veřejné správy v souladu s požadavky udržitelného rozvoje;
- přijímat opatření při zajišťování vnější a vnitřní bezpečnosti, která by odrážela požadavky ochrany před mezinárodními konflikty, včetně mezinárodního zločinu a zejména terorismu [20].

### **1.8.1 Hlavní části strategie**

Podle [6] je rozdělena strategie do šesti hlavních částí. První částí strategie je Úvod, do kterého je zahrnuto východisko a účel strategie. Druhá část strategie obsahuje situaci v ČR z hlediska udržitelného rozvoje (analýza vzájemných vztahů mezi jednotlivými pilíři udržitelného rozvoje, analýza silných a slabých stránek, trendů a příležitostí v šesti oblastech: ekonomický pilíř, environmentální pilíř, sociální pilíř, výzkum a vývoj, vzdělávání, evropský a mezinárodní kontext). Třetí část je věnována východiskům a principům. Jedná se o zásady, z nichž Strategie vychází.

Čtvrtá část strategie obsahuje tzv. „součásti“ Strategie, jde o hlavní cíle pro šest problémových oblastí:

- ekonomický pilíř;
- environmentální pilíř;
- sociální pilíř;
- výzkum a vývoj, vzdělávání;

- evropský a mezinárodní kontext;
- správa věcí veřejných. [6]

#### Hodnocení ekonomického pilíře v ČR

V ekonomickém pilíři je třeba konstatovat, že se situace v České republice obecně zlepšuje. Hlavním znakem je relativně dlouhodobý růst HDP a růst produktivity práce. Česká republika se snaží přiblížit státům EU (Belgie, Švédsko či Rakousko), což se daří teprve v posledních několika letech. Na druhé straně je pokračující zadlužování, zvyšující se hodnota veřejného dluhu. [16]

#### Hodnocení environmentálního pilíře v ČR

V oblasti životního prostředí došlo k výraznému zlepšení především v první polovině 90. let, ale během posledních roků však pozitivní vývoj nepřinesly. Snížilo se znečištění ovzduší, došlo ke zlepšení kvality vod, rovněž došlo ke zlepšení stavu živé přírody. Celkový pokles biodiverzity, který je celosvětovým jevem, se však nedaří zastavit. V případě emisí CO<sub>2</sub> dosahuje ČR mírně horších hodnot, než je průměr EU. [16]

#### Hodnocení sociálního pilíře v ČR

Indikátory v sociální oblasti ukazují, že vývoj lze považovat za mírně příznivý. Zvyšuje se hodnota ukazatele, který do značné míry charakterizuje celkovou kvalitu života, průměrná očekávaná délka života výrazně stoupá. Ve srovnání se zeměmi EU-15 je situace nepříznivá a k žádnému viditelnému zlepšení nedochází. Pozitivně lze hodnotit indikátor podílu populace žijící pod hranicí chudoby, kde zaujímáme nejlepší místo v celé EU-25. Varující je nárůst obecné i registrované míry nezaměstnanosti, která je velmi vysoká. Sociální výdaje státu rostou velmi rychle. Lidem se nevyplácí odpoutat se od sociální sítě a najít si zaměstnání, což ekonomiku může především do budoucna významně brzdit. [16]

#### **Výzkum a vývoj, vzdělávání**

Strategickým cílem v oblasti výzkumu, vývoje a vzdělávání je dosažení vysoké úrovně vzdělanosti a tím i zajištění konkurenceschopnosti české společnosti. Rozvíjení etických hodnot v souladu s evropskými kulturními tradicemi. [16]

Hodnocení indikátoru

Indikátor, který hodnotí výzkum a vývoj (hrubé domácí výdaje státního rozpočtu na výzkum a vývoj) má příznivý trend a je v ČR vyšší, než ve většině nových zemí EU. Ovšem ve srovnání s EU-15 je jeho hodnota stále nízká. [16]

### **Evropský a mezinárodní kontext**

Strategickým cílem je zejména úsilí o překonávání etnických, ekonomických, ekologických a sociálních konfliktů mezi různými kulturními společenstvími. Dalším cílem je být aktivním členem EU a přispívat k tomu, aby EU byla společenstvím prosperujícím. Prosperita EU přinese i českým občanům zvýšení životní úrovně, zlepšení kvality života, bezpečnosti a svobody. [16]

Hodnocení indikátoru

Mezinárodní rozměr udržitelného rozvoje je charakterizován jediným indikátorem (objemem zahraniční rozvojové spolupráce), který je pro Českou republiku méně příznivý ve srovnání s EU-15. [16]

### **Správa věcí veřejných**

Strategickým cílem je zajistit takové postavení územních samosprávných celků – krajů/obcí, které odpovídá jejich perspektivní funkci při zajišťování rovnováhy mezi pilíři udržitelného rozvoje. Dalším strategickým cílem je posilování podmínek pro účast veřejnosti na rozhodování ve věcech týkajících se udržitelného rozvoje, zvýšení ochrany před měnícími se formami kriminality, včetně mezinárodního zločinu, zejména terorismu. [16]

Hodnocení indikátoru

Indikátory charakterizující správu věcí veřejných často neumožňují mezinárodní srovnání a do určité míry ani jiné hodnocení, ať příznivé či nepříznivé. Velmi varující je vývoj indexu vnímání korupce. [16]

Pátá část strategie zahrnuje financování Strategie. Jedná se o obecné prohlášení, vycházející z předpokladu, že cíle udržitelného rozvoje jsou dosažitelné především kvalitativně lepší

komunikací a spoluprací, tzn., že úkoly specifikované ve Strategii budou integrovány do činnosti jednotlivých resortů. [6]

Poslední částí strategie je monitorování a aktualizace strategie, tuto činnost provádí Rada. Pro sledování pokroku jsou navrženy kvantitativní indikátory, jejichž výběr vychází z doporučení Evropské unie, OECD a Komise OSN pro udržitelný rozvoj. [6]

### **1.8.2 Návrh strategické vize udržitelného rozvoje ČR k horizontu 2030**

Strategie udržitelného rozvoje v ČR se bude v průběhu času rozvíjet, doplňovat a měnit. Její základním cílem je včas upozornit na existující a potenciální problémy, jež by mohly ohrozit přechod ČR k udržitelnému rozvoji, snaha eliminovat, jak těmto hrozbám předejít nebo alespoň zmírnit jejich dopad. [20]

Mezi strategické vize udržitelného rozvoje ČR patří:

- ČR v roce 2030 je země, ve které se stabilně vyvíjí ekonomika, jejíž výkonnost dosahuje průměru EU;
- Vysoký stupeň sociální soudržnosti je dosažen především fungující ekonomikou, demokratickým politickým systémem, efektivními systémy vzdělávání, zdravotní péčí a sociálním pojištěním (včetně penzijních fondů);
- ČR je otevřená společnost naplňující potřeby jednotlivce při eliminaci sociální exkluze (materiální, národnostní, rasová) a kriminality;
- ČR je otevřenou společností, schopnou reagovat na neočekávané změny a zrychlující se dynamiku globálního vývoje;
- Vzdělaní obyvatelé preferují zdravý životní styl a uvědomělou spotřebu;
- Ekonomické aktivity a doprava efektivně využívají obnovitelné i neobnovitelné přírodní zdroje, hlavní důraz je věnován na recyklaci. [2]

Strategické cíle a nástroje Strategie udržitelného rozvoje ČR jsou formulovány tak, aby co nejvíce snižovaly nerovnováhu mezi ekonomickým, environmentální a sociálním pilířem udržitelnosti. Snahou je zajištění co nejvyšší možné kvality života pro současnou generaci a k vytvoření předpokladů pro kvalitní život generací budoucích. [20]

## 2 Indikátory udržitelného rozvoje

V Rio de Janeiro byla zahájena diskuse k problematice indikátorů udržitelného rozvoje. Začala se jí věnovat řada institucí. Nejaktivnějšími jsou Organization for Economic co-operation and development (OECD) – Organizace pro ekonomickou spolupráci a rozvoj, The Commission on Sustainable Development (CSD) Komise OSN pro udržitelný rozvoj, EEA (Evropská environmentální agentura), EUROSTAT (Statistický úřad Evropské komise) a další [22].

V roce 1993 byla v České republice zahájena problematika indikátorů publikací „Zprávy o stavu životního prostředí“. Hlavními institucemi v České republice, které rozvíjí indikátorovou problematiku je Ministerstvo životního prostředí ČR, Centrum pro otázky životního prostředí Univerzity Karlovy, CENIA (Česká informační agentura životního prostředí), Český hydrometeorologický ústav (ČHÚ), Ministerstvo pro místní rozvoj a další ministerstva a instituce [22].

„Obecně lze indikátory udržitelného rozvoje charakterizovat jako druh kvantitativní informace odvozený od primárních údajů, poskytující ucelenou a základní informaci o určitém jevu, který se týká životního prostředí anebo udržitelného rozvoje (ovzduší, vody, přírody, krajiny, průmyslu, zemědělství, dopravy, sociální sféry aj.)“. [22]

Indikátory se odlišují podle geografické dimenze (celostátní, regionální, lokální), případně podle jiných diferenciačních kritérií. Užití indikátorů nachází své využití zejména při politickém rozhodování na všech úrovních (včetně mezinárodních), a pro informování „laické i odborné“ veřejnosti. Indikátory umožňují objektivní porovnání jednotlivých zemí, regionů, obcí, podniků, nebo jiných subjektů. Záměrem je konstruovat indikátory pro delší časové období tak, že lze získat časové řady. [22]

Indikátory jsou výsledkem zpracování a interpretace primárních dat. V současných přístupech k vytváření a hodnocení indikátorů lze rozlišit dva hlavní směry:

- klíčové indikátory;
- agregované indikátory.

Klíčové indikátory musí mít jasný vztah ke všem rozměrům udržitelného rozvoje. Cílem indikátorů je poskytnout jednoduchou a jasnou informaci o vybraných faktorech, př. v sociální oblasti může být klíčový indikátor míra nezaměstnanosti, v environmentální oblasti emise skleníkových plynů na obyvatele. [3]

Druhým typem jsou agregované indikátory. Agregací je rozuměno seskupování více proměnných různých veličin do jednoho indexu, s cílem poskytnout celkový obraz. Příkladem je v ekonomické oblasti „Hrubý domácí produkt“. [3]

Zásadními požadavky na indikátory jsou [10]:

- snadná a jednoznačná interpretovatelnost, dobrá vypovídací schopnost a jednoduchý, vztah mezi indikátorem a sledovaným aspektem;
- dobrá měřitelnost a minimální negativní účinky, zjišťování hodnoty indikátoru na životní prostředí;
- nízké náklady zjišťování a vysoký užitek z jejich použití;
- významnost indikátoru, spolehlivost při zjišťování.

## **2.1 Charakteristika indikátorů**

Mají-li být indikátory opravdu použitelné, musí splňovat řadu kritérií. Mezi ně podle [9] patří:

- Významnost;
- Správnost;
- Reprezentativnost;
- Jedinečnost;
- Měřitelnost;
- Náklady a užitek;
- Minimalizace negativních účinků na prostředí;
- Spolehlivost;
- Průhlednost;
- Pochopitelnost;
- Výpovědní schopnost;
- Načasování;
- Využitelnost.

**Významnost** - indikátory musí být významné v daném vztahu, např. v souvislosti s životním prostředím, trvale udržitelným rozvojem.

**Správnost** - indikátory nesmí být zatíženy zásadními chybami. Chyby se vytváří ve všech fázích získávání a zpracování dat. Mohou vzniknout např. nesprávným odběrem vzorků, jejich poškozením při uchovávání, nesprávnými analýzami či měřeními a nesprávnými postupy při zpracování dat.

**Reprezentativnost** - musí být patrné, jaký předmět nebo jev daný indikátor, nebo určitá data reprezentují. Musí být vybráno vhodné geografické měřítko, případně vhodné časové rozložení měření.

**Jedinečnost** - každý indikátor má mít svou specifičnost a originalitu. Neměl by opakovat to, co již je známo odjinud.

**Měřitelnost** - získávání podkladových informací musí být technicky možné. Jestliže jde o indikátory získávané ze statistických údajů, je samozřejmým požadavkem, aby tato data vůbec existovala, nebo je bylo možno snadno získat.

**Náklady a užitek** - pořízení, zpracování a poskytování jakýchkoliv údajů stojí nějaké náklady. Pořizování dat, provoz monitorovacích systémů a provoz informačních systémů je obvykle záležitostí velmi nákladnou.

**Minimalizace negativních účinků na prostředí** - při vzorkování a měření může občas docházet k poškození, zničení pozorovaného jevu.

**Spolehlivost** - data musí být spolehlivá, což je prokázáno několika nezávislými měřeními.

**Průhlednost** - proces získávání dat a indikátorů musí být transparentní. Musí být zřetelné, jaké metody byly použity, jak se prováděly výpočty atd.

**Pochopitelnost** - všechny data i indikátory předpokládají vždy nějakého uživatele, nějakého zájemce. Předpokladem jakéhokoliv užití údajů je jejich pochopitelnost, jednoznačnost, srozumitelná prezentace.



**Výpovědní schopnost** - indikátory nemají smysl samy o sobě. Mají význam jen v určitém kontextu, v určitých souvislostech (o něčem vypovídají, je možno je určitým způsobem interpretovat). Možnost interpretace je důležitým kritériem při posuzování jakýchkoliv informací

**Načasování** – je velmi důležité, aby byly k dispozici ve správný čas, často to znamená co nejdříve.

**Využitelnost.** Smyslem jakýchkoliv informací nejsou tyto informace samy o sobě, ale důležité je jejich užití. Informace jsou určitým zbožím, které má hodnotu jedině tehdy, je-li o ně zájem.

Cílem této práce je návrh modelu pro agregaci vybraných indikátorů udržitelného rozvoje. Výhodou agregace bude spojení i relativně nehomogenních složek do jednoho konečného ukazatele. Výsledky agregace je možné poměrně jednoduše a jasně prezentovat, bez užití složitých metod, popisů vazeb, jejich závislostí. Pro agregaci bude použit nástroj, který je založen na Petriho sítích.

### 3 Analýza nástrojů pro modelování – Petriho síť

Autorem Petriho sítí je Carl Adam Petri. Stal se prvním člověkem, který formálně definoval „jazyk“ Petriho sítí. Bylo to v roce 1962 a základem se stala jeho disertační práce s názvem Kommunikation mit Automaten na Technické Univerzitě Darmstadt. [18]



Obrázek 1: Autor Petriho sítí - Carl Adam Petri [18]

Petriho sítěmi je označována rozsáhlá třída diskretních matematických modelů, které umožňují popisovat řídicí toky a informační závislosti uvnitř modelovacích systémů. V dnešní době jsou Petriho síť nejčastěji spojovány s aplikacemi při návrhu, analýze a modelování paralelních a distribuovaných systémů. Typické uplatnění nalezneme v takových oblastech, jako je návrh a popis paralelních architektur, popis komunikačních protokolů, paralelních databázových systémů. Použití Petriho sítí se však neomezuje jen na počítačové systémy a jejich aplikace, ale používají se např. v telekomunikacích, při popisu systémů v administrativě. [4] Petriho síť patří k důležitým nástrojům pro modelování paralelních systémů a systémů s diskretním časem.

#### 3.1 Obecné Petriho síť

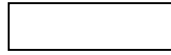
##### 3.1.1 Značení Petriho sítě

**Pro modelování prostřednictvím Petriho sítí jsou používány následující pojmy:**

- Místo (Places), graficky reprezentované jako kružnice;



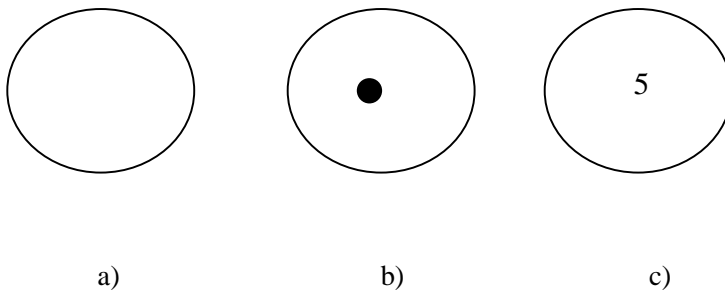
- Přejchod (Transitions), graficky reprezentované jako obdélník, reprezentují nějakou událost;



- Hrana (Arcs), graficky reprezentovaná šipkami směřujícími od míst k přechodům a opačně. [18]  $\longrightarrow$

Počet míst a přechodů jsou konečné a nenulové. Místa a přechody jsou vzájemně propojeny orientovanými hranami. Hrana spojuje buď místo s přechodem nebo přechod s místem, nikdy však místo s místem, nebo přechod s přechodem. [4]

Značení místa je nezáporná celočíselná informace, která udává počet značek v místě. Místo může obsahovat neomezené množství značek, nebo může být jeho kapacita omezena celým kladným číslem, které udává maximální možný počet značek v daném místě. [4]



**Obrázek 2 : a) místo bez značek b) místo s jednou značkou c) místo s pěti značkami zdroj: [4]**

Značení místa může být neomezené (značí se pomocí řecké abecedy  $\omega$ ), nebo omezené kapacitou místa – celým kladným číslem udávající maximální počet značek v daném místě. Kapacitní omezení se používá při modelování situací, když chceme vyloučit přeplnění např. vyrovnávací paměti nebo délky fronty. [4]

Pod pojmem bipartitní lze rozumět takovou skutečnost, že vrcholy grafu jsou prvky dvou množin - míst a přechodů. Místa a přechody se pokaždé v průběhu cesty grafu střídají. Okamžitý stav

systému je definován umístěním značek v místech. Přítomnost značky v místě vyjadřuje skutečnost, že daný stav systému je momentálně aktuální. [8]

Umístění značek v Petriho síti před prvním provedením některého z přechodů se nazývá počáteční značení Petriho sítě. Aby mohla proběhnout událost, která je modelována určitým přechodem, je nutné, aby na všech vstupních místech přechodu byla k dispozici značka. Přechod může být proveden jenom tehdy, pokud platí, že všechna vstupní místa obsahují počet značek rovný nebo větší, než je váha hrany spojující vstupní místo a přechod. [8]

Při provedení přechodu se odeberou značky vstupních míst a vzniknou značky ve výstupních místech [4]. Pokud je potřebné odebrat více značek na vstupu, tak se to v grafu znázorňuje číslem uvedeným u příslušné hrany. Pokud v grafu není uvedeno číslo u hrany, tak má hrana váhu jedna. [8]

Petriho sítě jsou založeny na teorii grafu, proto je potřebné definovat následující pojmy – graf, biparitní graf a síť.

#### Definice 1

Graf je uspořádaná trojice  $(V, E, F)$ , kde  $V$  je konečná neprázdná množina vrcholů,  $E$  je konečná množina z  $E \cap V = \emptyset$  a  $F$  je zobrazení  $E \rightarrow (V \circ V) \cup (V \times V)$ . Prvky z množiny  $V$  jsou nazývány vrcholy a prvky z množiny  $E$  hrany [4].

#### Definice 2

Mějme číslo  $k \geq 2$ . Graf se nazývá  $k$ -paritní, pokud lze množinu jeho vrcholů rozdělit na  $k$  neprázdných podmnožin tak, že žádné dva vrcholy z téže podmnožiny nejsou spojeny hranou. Dvou paritní graf je obvykle nazýván biparitní, někdy též bichromatický [4].

#### Definice 3

Má-li každý vrchol v grafu  $G$  přiřazenu  $p$ -tici reálných čísel a každá hrana  $e$  má přiřazenu  $q$ -tici reálných čísel, kde  $p+q \geq 1$  potom nazýváme graf  $G$  ohodnocený. V opačném případě nazýváme graf  $G$  neohodnocený. Ohodnocené grafy se nazývají sítě. [4]

#### Definice 4

Uspořádanou šestičku  $N = (P, T, F, W, K, M_0)$  nazýváme P/T Petriho sítí, jestliže podle [4] platí:

1)  $(P, T, F)$  je konečná síť, kde

$P$  představuje množinu všech míst sítě  $N$  (např. pro síť se čtyřmi místy  $P = \{p_1, p_2, p_3, p_4\}$ );

$T$  představuje množinu všech přechodů, přičemž množiny  $P$  a  $T$  musí být vzájemně disjunktní.

$F \subseteq (P \times T) \cup (T \times P)$  je sjednocení dvou binárních relací,  $F$  nazývané tokovou relací sítě  $N^2$ ;

2)  $W : F \rightarrow \mathbb{N} \setminus \{0\}$  je ohodnocení grafu sítě určující váhu každé hrany;

3)  $K : P \rightarrow \mathbb{N} \cup \{\omega\}$  je zobrazení specifikující kapacitu každého místa a to i neomezenou;

4)  $M_0 : P \rightarrow \mathbb{N} \cup \{\omega\}$  je počáteční značení míst sítě, přičemž musí být respektovány kapacity míst;

$M_0 : P \geq K$  pro všechna  $p \in P$ .

### **3.1.2 Vybrané vlastnosti Petriho sítí a jejich definice**

#### **3.1.2.1 Pravidla pro provádění přechodů**

#### Definice 5

Nechť  $N = (P, T, F, K, M_0)$  je podle [4] Petriho síť.

1) Zobrazení  $M : P \rightarrow \mathbb{N} \cup \{\omega\}$  se nazývá značení Petriho sítě jestliže  $\forall p \in P : M(p) \leq K(p)$

Množinu vstupních míst přechodu  $t \in T$ , např. množinu míst  $\{p_1, p_2, p_3\}$  označujeme  $\bullet t$  a množinu výstupních míst přechodu  $t \in T$ , tedy např. množinu míst  $\{p_4, p_5\}$  označujeme  $t \bullet$ .

2) Přechod  $t \in T$  je v dané Petriho sítí proveditelný při daném značení  $M$  tehdy a jenom tehdy, pokud:

Pro všechna vstupní místa přechodu  $t \in T$  platí, že jejich značení je větší nebo rovné vahám hran vedoucích ze vstupního místa do přechodu  $t \in T$ , tedy:

$$\forall p \in \bullet t : M(p) \geq W(t, p)$$

---

<sup>2</sup> Tokovou relaci lze přehledně zapisovat jako dvě oddělené tabulky pro  $P \times T$  a  $T \times P$ .

Pro všechna výstupní místa přechodu  $t \in T$  platí, že jejich kapacita nebude přidělením počtu značek odpovídajícímu vahám výstupních hran přechodu  $t \in T$  překročena, tedy:

$$\forall p \in t^\bullet : M(p) \leq K(p) - W(t, p)$$

3) Budeme předpokládat Petriho síť se značením  $M(p)$  a s množinou míst  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ .

Dále předpokládejme, že přechod  $t \in T$  je proveditelný. Potom značení po jeho provedení  $M'(p)$  bude:

$$M'(p) = \begin{cases} 1. M(p) - W(p, t) + W(t, p) & \text{jestliže } (p \in t^\bullet) \wedge (p \in t^\circ) \\ 2. M(p) - W(p, t) & \text{jestliže } (p \in t^\bullet) \wedge (p \notin t^\circ) \\ 3. M(p) + W(t, p) & \text{jestliže } (p \notin t^\bullet) \wedge (p \in t^\circ) \\ 4. M(p) & \text{jestliže } (p \notin t^\bullet) \wedge (p \notin t^\circ) \end{cases}$$

Provedení přechodu  $t$  ze značení  $M$  do značení  $M'$  zapisujeme symbolicky:  $[M_0\rangle$ . [4]

### 3.1.2.2 Dosažitelnost značení

#### Definice 6

Značení  $m_k$  Petriho sítě PN je dosažitelné tehdy, pokud existuje posloupnost spouštění přechodů, která převádí počáteční značení  $m_0$  ve značení  $m_k$ , pro kterou platí, že

$$m_k = m_0 + \sum_{s=1}^k \Delta t_s. \text{ Počáteční značení } m_0 \text{ je přitom považováno také za dosažitelné.}$$

Množina všech dosažitelných značení je označována jako  $R_{PN}(m_0)$  a platí, že  $m_0 \in R_{PN}(m_0)$ . [4]

### 3.1.2.3 Stavový prostor a přechodová funkce Petriho sítě

Petriho síť je automat, jehož množina stavů (neboli stavový prostor sítě), je tvořena množinou všech značení, která jsou dosažitelná z počátečního značení.

Množina  $[M_0\rangle$  může být definována, jako přechodová funkce určující na základě přítomného stavu a proveditelného přechodu příští stav sítě. Množina  $[M_0\rangle$  reprezentuje stavový prostor Petriho sítě.

Mohou nastat dva případy:  $[M_0\rangle$  je konečná množina nebo je spočetná nekonečná množina.

### Definice 7

Nechť  $N = (P, T, F, W, K, M_0)$  je Petriho síť a  $[M_0]$  její množina dosažitelných značení.

Přechodovou funkcí Petriho sítě  $N$  nazveme podle [1] funkci  $\delta$

$\delta : [M_0] \times T \rightarrow [M_0]$ , pro kterou

$\forall t \in T : \forall M, M' \in [M_0] : \delta(M, t) = M' \leftarrow^{def} M \xrightarrow{t} M'$  [4].

#### **3.1.2.4 Strom dosažitelných značení Petriho sítě**

Strom dosažitelných značení Petriho sítě je určitou abstrakcí přechodové funkce Petriho sítě, přípustný je pouze konečný počet stavů. Pomocí stromu dosažitelných značení je možno graficky vyjádřit množinu dosažitelných značení a posloupnosti spouštění přechodů pro příslušnou Petriho síť. [4]

Každý vrchol  $x$  stromu bude ohodnocen značením  $M_x : P \rightarrow N \cup \{\omega\}$ . Vrcholy mohou být rozděleny do 4 typů: čelní, koncový, duplikovaný a vnitřní vrchol. Vrcholy, které jsou právě algoritmem zpracovány, se nazývají čelní. Tyto vrcholy jsou přeměněny na koncové, duplikované, nebo vnitřní. Algoritmus začíná od kořene stromu (od jediného čelního vrcholu), kterému je přiřazeno počáteční značení  $M_0$  sítě. [4]

Postup algoritmu dle [4]:

„Mějme zpracováváný čelní vrchol  $x$  s ohodnocením  $M_x$

- 1) Existuje-li jiný vrchol  $y$  vytvářeného stromu, který není čelní a je ohodnocen stejným značením, jako vrchol  $x$ , pak se tento vrchol stává duplikovaným vrcholem.
- 2) Jestliže pro značení  $M_x$  neexistuje přechod  $t \in T$ , pro který by  $t$  byl  $M_x$  - proveditelný, pak je  $x$  koncovým vrcholem stromu.
- 3) Pro přechod  $t$ , který je  $M_x$  - proveditelný vytvoříme nový vrchol stromu.“

Algoritmus končí, když jsou všechny vrcholy stromu převedeny na terminální, duplikované nebo vnitřní. Výsledný strom je nazýván stromem dosažitelných značení dané Petriho sítě. [4]

### 3.1.2.5 Omezenost Petriho sítí

V případě, kdy jsou modelovány konečné zdroje či prostředky systému, je důležité dodržet tzv. omezenost, resp. k-omezenost Petriho sítě. Každá bezpečná Petriho síť je jedna omezená Petriho síť. Nutnou podmínkou pro k-omezenost Petriho sítě je konečnost počátečního značení:

$$M_0 : P \longrightarrow \{0,1,\dots,k\} \text{ [4].}$$

#### Definice 8

Mějme Petriho síť  $N = (P, T, F, W, K, M_0)$ . Místo  $p \in P$  se nazývá k-omezené, jestliže dle [4] platí:

$$\exists k \in N : \forall M \in [M_0] : M(p) \leq k .$$

Pomocí stromu dosažitelných značení lze rozhodnout o omezenosti, či neomezenosti příslušné Petriho sítě. Pokud některý z vrcholů obsahuje označení  $\omega$ , pak tato síť není omezená. V opačném případě lze snadno určit hodnotu k pro síť k-omezenou. [4]

### 3.1.2.6 Bezpečnost Petriho sítí

#### Definice 9

Mějme Petriho síť  $N = (P, T, F, W, K, M_0)$ . Místo  $p \in P$  se nazývá bezpečné místo, jestliže dle [4] platí:

$$\forall M \in [M_0] : M(p) \leq 1 .$$

Bezpečnost sítě zaručuje, že počet značek v žádném místě nepřevyší hodnotu jedna. Tato vlastnost je podstatná v mnoha aplikacích Petriho sítí. Pokud je v každém místě jenom jedna značka, tak je tento typ Petriho sítě nazýván C/E Petriho síť. [4]

### 3.1.2.7 Živost Petriho sítí

Mezi významné vlastnosti Petriho sítí patří živost. Živost Petriho sítě je spojena se vznikem tzv. deadlocku. Deadlock může být definován jako stav, kdy všechny procesy čekají na podnět a zároveň jsou samy zdrojem podnětu. [4]

#### Definice 10

„Nechť  $N$  je Petriho síť s množinou přechodů  $T$  a počátečním značením  $M_0$ .

1) Přechod  $t \in T$  je živý na hladině 0, není-li proveditelný pro žádné značení z  $[M_0]$ .



- 2) Přejchod  $t \in T$  je živý na hladině 1, jestliže existuje  $M \in \langle M_0 \rangle$  takové, že přechod  $t$  je  $M$  proveditelný.
- 3) Přejchod  $t \in T$  je živý na hladině 2, jestliže pro každé  $n \in \mathbb{N}$  existuje výpočetní posloupnost Petriho sítě  $N$ , ve které se přechod  $t$  vyskytuje alespoň  $n$ -krát.
- 4) Přejchod  $t \in T$  je živý na hladině 3, jestliže existuje výpočetní posloupnost Petriho sítě  $N$ , v níž se  $t$  vyskytuje nekonečněkrát.
- 5) Přejchod  $t \in T$  je živý na hladině 4, jestliže pro každé  $M \in \langle M_0 \rangle$  existuje značení  $M'$  takové, že  $M' \in \langle M_0 \rangle$  a  $t$  je  $M'$ -proveditelný.“ [4]

Petriho síť se nazývá živá na hladině  $h$ , kde  $h \in \{0, 1, 2, 3, 4\}$ , jestliže každý přechod  $t \in T$  je živý na hladině  $h$  [4].

### 3.1.2.8 Konzervativnost Petriho sítí

Petriho sítě se často používají k přidělování daných prostředků systému. V počítačovém systému můžeme modelovat požadavek přidělení a navrácení vstup/výstupního zařízení. Konzervativnost Petriho sítě znamená, že počet značek zůstává konstantní. V průběhu simulace sítí nejsou značky ani generovány, ani ničeny. [4]

#### Definice 11

Mějme Petriho síť  $N = (P, T, F, W, K, M_0)$ . Striktně konzervativní Petriho síť musí splňovat podmínku:

$$\forall M \in \langle M_0 \rangle : \sum_{p \in P} M(p) = \sum_{p \in P} M_0(p).$$

Striktní konzervativnost je velmi silnou vlastností, proto je též uváděna konzervativnost vzhledem k váhovému vektoru, tedy síť je potom konzervativní vzhledem ke stanoveným vahám jednotlivých míst sítě [4].

#### Definice 12

Máme-li Petriho síť definovanou, jako v prvním případě, pokud  $N$  je konzervativní vzhledem k váhovému vektoru tak dle [4] platí:

$$\forall M \in \langle M_0 \rangle : \sum_{p \in P} v(p) \cdot M(p) = \sum_{p \in P} v(p) \cdot M_0(p)$$

### 3.1.3 Typy Petriho sítí

Pojem Petriho sítě byl postupně obohacován a zobecňován tak, aby jeho modelovací schopnost vyhověla praktickým potřebám. Bude představeno několik základních typů Petriho sítí.

- C/E Petriho síť
- P/T Petriho síť

#### 3.1.3.1 C/E Petriho síť

C/E (Condition-Event Net) Petriho sítě představují síť, kde v každém místě může být vždy maximálně jedna značka, neboli kapacita místa je jedna. Speciálním případem C/E Petriho sítě je částečný konečný automat, tato síť se vyznačuje tím, že každá událost má právě jednu vstupní a jednu výstupní podmínku. V síti se pohybuje jediná značka, která označuje podmínku definující aktuální stav automatu. [29]

#### 3.1.3.2 P/T Petriho síť

P/T Petriho síť umožňuje do každého místa umístit více než jednu značku.

Další typy Petriho sítí vznikly rozšířením P/T sítí:

- Petriho sítě s inhibičními hranami;
- Petriho sítě s prioritami;
- barvené Petriho sítě;
- Petriho sítě se zahrnutím času;
- hierarchické Petriho sítě. [8]

##### 3.1.3.2.1 Petriho sítě s inhibičními hranami

Inhibitor je dodatečná speciální podmínka přechodu. Inhibiční hrany směřují výhradně od míst k přechodům, graficky jsou zobrazované orientovanými úsečkami zakončenými kroužkem. Zavedením inhibičních hran zvýšilo vyjadřovací sílu Petriho sítí. Je-li místo spojeno s přechodem inhibitorem, pak je přechod uskutečněn, pouze pokud bude ve vstupním místě méně značek, než je ohodnocení inhibitoru. [29]

Na rozdíl od obyčejných hran se po inhibičních hranách nepřesouvají značky. Inhibiční hrany jsou vlastně jen negativně pojatými testovacími hranami (zakazovací hrany). [11]

### **3.1.3.2.2 Časované Petriho sítě**

Základní Petriho sítě nejsou vhodné pro analýzu stochastických systémů, protože podstatným systémovým parametrem je čas. Je důležité modelovat čas, kdy daná událost nastane, nebo čas setrvání systému v daném stavu. Původní Petriho koncept časový aspekt nezahrnoval a věnoval se jen diskrétním systémům. Zavedení času do Petriho sítí zcela zásadně změní jejich chování. [29]

### **3.1.3.2.3 Barvené Petriho sítě**

Barvené Petriho sítě vynalezl Kurt Jensen v roce 1981. Cílem CPN je odstranit některé nevýhody klasických (P/T) Petriho sítí. [5]

Barvená Petriho síť je obyčejná P/T Petriho síť, ve které je možné pracovat s mnoha různými značkami, které se liší svoji barvou. Množina všech různobarevných značek je uspořádána do tříd (tříd barev). Značky ze stejné třídy považujeme za značky téhož typu. [5]

CPN byly aplikovány v řadě průmyslových případových studií:

- komunikační protokoly a sítě;
- software (části SW Nokia, bankovní transakce, distribuované algoritmy);
- hardware;
- řídicí systémy;
- vojenské systémy. [4]

Podobně jako u P/T Petriho sítí existují různá rozšíření CPN o fyzický čas.

## **3.2 Výhody Petriho sítí**

Petriho síť je univerzální grafický a matematický nástroj, který slouží pro návrh, modelování a formální analýzu dynamických systémů.

- Petriho síť je bipartitní orientovaný graf, kde uzly reprezentují stavy a akce, hrany popisují, jakým způsobem může systém přejít z jednoho stavu do druhého;

- Petriho sítě jsou dostatečně obecné a mohou být použity pro popis velkého množství systémů;
- dávají možnost hierarchického popisu, tzn. možnost konstruovat rozsáhlé modely pomocí menších Petriho modelů;
- graf, kterým je Petriho síť popsána, dovoluje poměrně snadné vyjádření jevů (synchronizace, vzájemné vyloučení). [8]

## 4 Sběr a zpracování dat

Data pro konstrukci modelů byla získána v rámci projektu ministerstva životního prostředí pro indikátory udržitelného rozvoje za Pardubický kraj. Z těchto údajů, byla vybrána data zabývající se ekonomickými a sociálními indikátory.

Byla provedena korelace u vybraných atributů. Korelace byla vytvořena v programu Excel, pomocí fce Correl a cílem bylo zjištění, kolik atributů je nekorelovaných. Bylo zjištěno, že z 27 sociálních dat, bylo 21 korelovaných atributů a z 20 ekonomických dat bylo 16 atributů korelovaných. Po zjištění počtu korelovaných atributů, bylo dále pracováno pouze ze sociálními údaji.

=CORREL(Počet obyvatel žijících ve městech; Počet obyvatel žijících ve městech)

	Počet obyvatel žijících ve městech	Počet přistěhovaných	Počet zemřelých	Vzdělání - střední bez maturity	Hustota obyvatelstva	Počet Ekonomicky neaktivní populace
Počet obyvatel žijících ve městech	1,00	-0,38	0,35	-0,01	0,29	-0,33
Počet přistěhovaných	-0,38	1,00	-0,35	0,39	0,63	-0,33
Počet zemřelých	0,35	-0,35	1,00	0,01	-0,41	-0,45
Vzdělání - střední bez maturity	0,74	0,39	0,01	1,00	-0,25	-0,68
Hustota obyvatelstva	0,74	0,63	-0,41	-0,01	1,00	-0,48
Počet ekonomicky neaktivní populace	0,74	-0,33	-0,45	0,30	-0,48	1,00

Tabulka 1 : Nekorelované sociální indikátory, zdroj: [vlastní].

Dalším krokem bylo stanovení vah jednotlivých kritérií. Existuje více metod, pomocí kterých se dají vypočítat váhy, jde o metodu pořadí, bodovací metodu, alokační metodu, Fullerovu metodu (metoda párového srovnání), Saatyho metodu. Na zjištění výpočtu vah, byla vybrána metoda párového srovnání neboli Fullerova metoda.

### 4.1 Fullerův trojúhelník

Princip Fullerovy metody je založen na srovnání dvou kritérií. Z každé dvojice kritérií je vybráno to důležitější kritérium, které hodnotitel zakroužkuje nebo vyznačí jinou barvou. Pro lepší

přehlednost při srovnání sestavujeme Fullerův trojúhelník, který má k-1 dvouřádků. V prvním řádku jsou všechny kombinace pro porovnání s prvním kritériem. Druhý řádek má o předchozí kritérium K1 méně, a tak se srovnává kritérium 2 s kritérii 3,4,5 atd. Každý řádek má tedy o jeden člen méně než jeho předchozí řádek. [7]

**Celkový počet porovnání:**

$$N = \frac{m * (m - 1)}{2}$$

m .... je počet kritérií

**Váhy se vypočítají podle vztahu:**

$$v_i = \frac{n_i}{N}$$

n<sub>i</sub> .... počet zakroužkovaných jedniček

Já jako laik, nemůžu hodnotit, jaké kritérium je důležitější, a proto mi se stanovením důležitosti jednotlivých kritérií bylo pomoheno na Krajském úřadě v Pardubicích.

**Sociální indikátory:**

K1- podíl městského obyvatelstva v %

K2 - zemřelí celkem

K3 - přistěhovalí celkem

K4 – Vzdělání bez maturity

K5 - hustota obyvatelstva

K6 - ekonomicky neaktivní populace

1	1	1	1	1
2	3	4	5	6
	2	2	2	2
	3	4	5	6
		3	3	3
		4	5	6
			4	4
			5	6
				5
				6

Obrázek 3 : Fullerova metoda, zdroj: [vlastní].

$$N = \frac{m * (m - 1)}{2} = 15$$

kde m..... 6

Kritérium	Počet preferencí	Váha
K1	2	2/15
k2	0	0
k3	2	2/15
k4	3	3/15
k5	3	3/15
k6	5	5/15
<b>Celkem</b>	15	1

**Tabulka 2 : Výpočet vah indikátorů, zdroj: [vlastní].**

Jelikož je kritériu K2 nulové, bylo dále pracováno pouze s kritérii K1, K3, K4, K5, K6.

Způsoby agregace: prostý součet, vážený součet (váha je dána významem nebo účinností příslušného sčítance ve srovnání s ostatními). Výsledkem agregace je snazší posuzování podle jediného indikátoru.

Pro modelování sociálních dat byla vybrána Petriho síť, jelikož jsem pomocí tohoto nástroje chtěla ověřit použitelnost této problematiky v rámci projektu MŽP. V rámci diplomové práce jsem se stala součástí týmu, který řeší tuto problematiku v rámci Pardubického kraje.

## 4.2 Modelování v programu Hpsim

Pro modelování časovaných P/T Petriho sítí byl využit volně dostupný softwarový prostředek HPSim. HPSim je volně šiřitelný pro potřeby výuky a výzkumu. Tento software je vhodný pro vytvoření, analýzu a simulaci Petriho sítí. Podporuje P/T Petriho sítě i s inhibičními hranami, stochastické i časované Petriho sítě. Do modelu lze zahrnout váhu orientovaných hran, kapacitu jednotlivých míst a testovací orientované hrany. Je možno použít i další grafické objekty pro dokreslení vytvořeného modelu, jde o doprovodné textové objekty a poznámky. Další předností programu je funkce Zoom. [17]

Tento software umožňuje analýzu za běhu simulace, krok za krokem i rychlou simulaci. Ovládá export do textového souboru pro strukturální analýzu a také časové uložení hodnot jednotlivých míst pro následnou časovou analýzu průběhu simulace např. při využití tabulkového procesoru Microsoft Excel. HPSim umožňuje grafické vytvoření modelované sítě, lze použít kapacitních omezení, inhibiční a testovací hrany, umožňuje zahrnout do modelu i faktor času. Čas je v počítačové simulaci Petriho sítě chápán jako diskrétní a je tedy rozdělen na jednotlivé kroky, délku kroku lze v softwarovém prostředí HPSim měnit v závislosti na rychlosti simulace. [17]

V simulačním módu můžeme zadávat příkazy „Step“, „Run“ a „Run Fast“. Ukončenou nebo zastavenou simulaci můžeme spustit a opět vrátit na začátek pomocí příkazu „Reset“. Příkazem „Run“ se spustí simulace, jednotlivé značky se začnou pohybovat. Rychlost provedení simulace lze ovlivnit. Pokud potřebujeme simulaci zastavit, použijeme příkaz „Pause“.

K expertnímu odhadu byly použity dostupné, nekorelované hodnoty, pomocí kterých byla sestavena Petriho síť v programu HPSim.

Nekorelované sociální indikátory, které jsou v Petriho síti použity:

- Počet obyvatel žijících ve městech
- Počet přistěhovalých
- Vzdělání bez maturity
- Hustota obyvatelstva
- Počet ekonomicky neaktivní populace

#### **4.2.1 Návrh parametrů**

Pro stanovení velikosti vah u jednotlivých indikátorů, bylo vycházeno z vypočítaných vah Fullerova trojúhelníku. Tyto hodnoty byly vynásobeny 100 a dosazeny do simulace, jako konečné nastavení vah viz tabulka 3. Tyto indikátory ukazují, jakou měrou dané hospodaření podporuje a tím stabilizuje sociální dimenzi systému.



Sociální indikátory	Váha pomocí Fulerova trojúhelníku	Váha zadávána do Petriho sítě
Počet obyvatel žijících ve městech	0,13	13
Počet přistěhovaných obyv.	0,13	13
Vzdělání střední bez maturity	0,20	20
Hustota obyvatelstva	0,20	20
Počet ekonomicky neaktivní populace	0,34	34

**Tabulka 3 : Výše hran, které jsou zadávány do simulace, zdroj: [vlastní].**

V tabulce 4 jsou zobrazeny údaje za Pardubický kraj v rámci jednotlivých let a váhy, které budou dosazeny do modelu.

Indikátory	Váhy indikátorů	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Počet obyvatel žijících ve městech	13	312420	311 518	309 863	309 234	308 675	311 251
Počet přistěhovaných obyv.	13	3236	4 329	4 847	4 629	4 996	5 525
Vzdělání střední bez maturity	20	177465	174 844	178 391	181 210	174 878	180 403
Hustota obyvatelstva	20	112200	112 100	111 900	111 800	112 000	112 400
Počet ekonomicky neaktivní populace	34	259500	255 300	254 000	258 000	255 800	254 800

**Tabulka 4 : Empirické údaje za Pardubický kraj, zdroj: [statistická ročenka].**

Dále byla vypočítána agregovaná hodnota sociálních indikátorů za jednotlivé roky, tyto hodnoty jsou uvedeny v tabulce 5. Výpočet byl proveden tak, že byly vynásobeny hodnoty indikátorů s váhami indikátorů. Tyto hodnoty byly sečteny a vyděleny 100, aby bylo možné je vyjádřit v procentech.

Ukázka výpočtu agregovaného sociálního profilu regionu pro rok 2001

$$= ((\text{Počet obyvatel žijících ve městech} * 13) + (\text{Počet přistěhovaných} * 13) + (\text{Vzdělání střední bez maturity} * 20) + (\text{Hustota obyvatelstva} * 20) + (\text{Počet ekonomicky neaktivní populace} * 34)) / 100 =$$

$$= \mathbf{187198}$$

	2001	2002	2003	2004	2005	2006
<b>Agregovaný sociální profil regionu</b>	187198	185251	185330	187124	185125	186374

**Tabulka 5 : Agregované hodnoty sociálního profilu regionu, zdroj: [vlastní].**

Hodnoty uvedené v tabulce 5 pro další roky byly vypočítány stejným způsobem. Tyto celkové hodnoty navrhovaného ukazatele, by měly charakterizovat, jak se Pardubický region vyvíjel v daném roce. Čím je tato hodnota vyšší, tím je očekávaný vývoj v sociální oblasti příznivější.

Protože indikátor agreguje: viz tabulka 4 : Počet obyvatel žijících ve městech, Počet přistěhovalých, Počet zemřelých, Vzdělání bez maturity, Hustotu obyvatelstva, Počet ekonomicky neaktivní populace, je pravděpodobné, že výsledná hodnota po agregaci vzhledem k vstupním veličinám zohledňuje, jakou měrou dané hospodaření podporuje a tím stabilizuje sociální dimenzi systému.

Jako koeficient přepočtu byla použita hodnota 100. Jelikož program HPSim neumožňuje dosadit desetinná místa, byla váha hrany spočítaná, jako agregovaná sociální hodnota regionu vydělena 100 a zaokrouhlena na celé číslo. Hodnoty, které jsou uvedeny v tabulce 6, byly zavedeny do simulace, jako váha hran za jednotlivé roky. Tabulka 7 zobrazuje přehled kumulovaných hodnot indikátorů.

	2001	2002	2003	2004	2005	2006
<b>Váhy hran za roky</b>	1872	1853	1853	1871	1851	1864

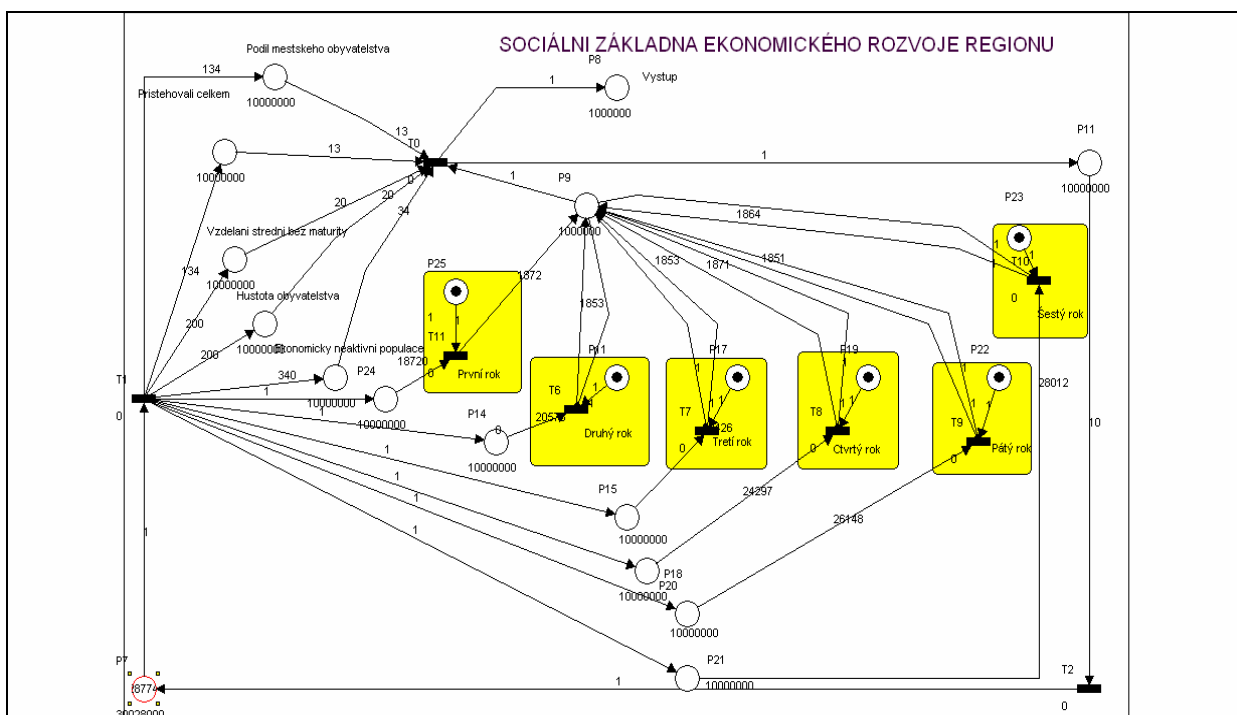
**Tabulka 6 : Váha hran za roky, zdroj: [vlastní].**

	2001	2002	2003	2004	2005	2006
<b>Agregovaná hodnota sociálních indikátorů</b>	187198	185251	185330	187124	185125	186374
<b>Kumulovaná hodnota</b>	187198	372449	557780	744904	930029	1116402
<b>Agregovaná hodnota sociálních indikátorů/100</b>	1872	1853	1853	1871	1851	1864
<b>Kumulovaná hodnota</b>	1872	3724	3706	3725	3722	3715

**Tabulka 7 : Přehled kumulovaných hodnot indikátorů, zdroj: [vlastní].**

## 5 Návrh modelu

Na obrázku 4 je zobrazen model pro postupnou agregaci navrženého indikátoru. Jsou zde nastaveny značky u jednotlivých míst. Protože indikátor agreguje: Počet obyvatel žijících ve městech, Počet přistěhovalých, Počet zemřelých, Vzdělání bez maturity, Hustotu obyvatelstva, Počet ekonomicky neaktivní populace a každý tento indikátor má jinou důležitost, byla proto nastavena různá váha hran těchto indikátorů, která byla vypočítaná pomocí Fullerovy metody. Váhy těchto hran jsou zobrazeny na obrázku 4.



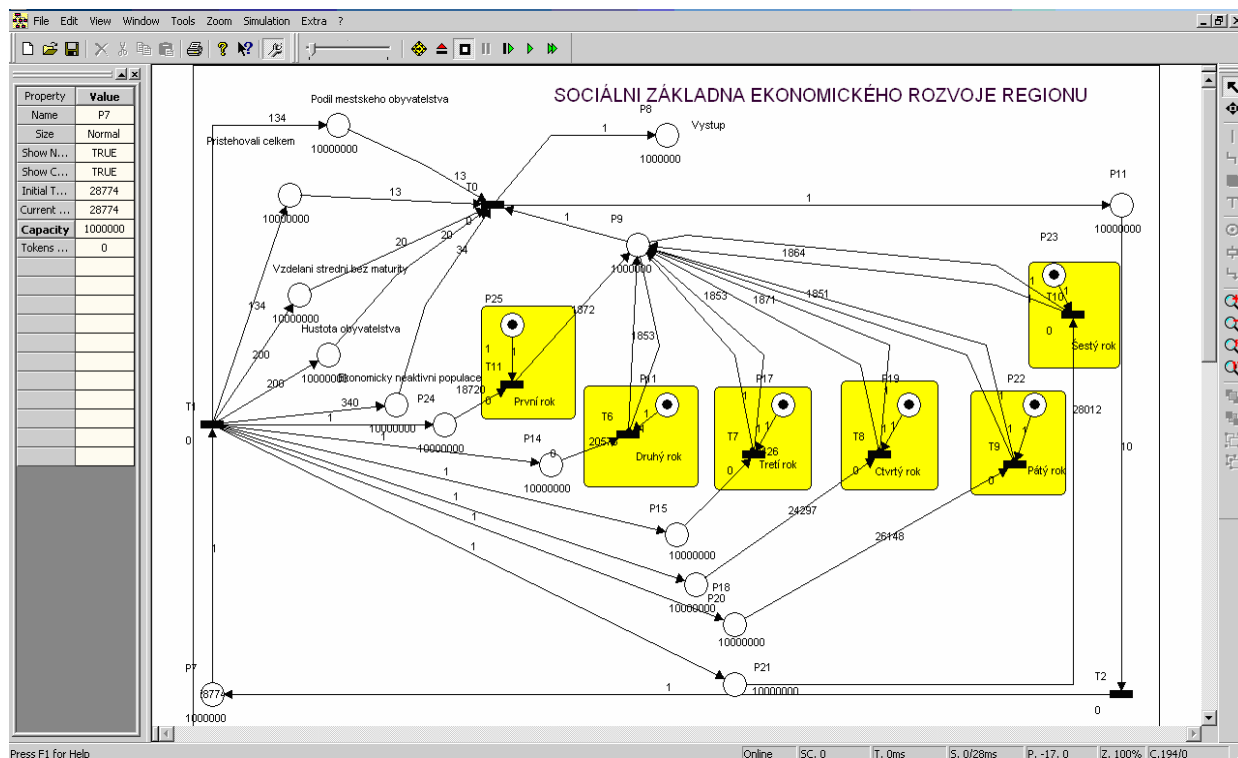
Obrázek 4 : Vstupní obrázek modelu v HPSim, zdroj: [vlastní].

Z počátku byl model testován s počátečním značením  $m_0(P_7) = 15000$  značek, tento počet se po dalších úpravách ukázal jako nedostatečný, jelikož simulace končila deadlockem. Byl tedy empiricky hledán počet iniciačních značek, takový, aby bylo dosaženo požadovaného počtu kroků simulace. Bylo zjištěno, že na vstupu má být použito 28774 značek, viz obrázek 5 a tabulka 8. Tento počáteční počet značek poskytuje dostatečné výsledky, dostačuje rovněž, aby simulace neskončila deadlockem. V tabulce 8 je uvedeno počáteční značení, s nímž síť byla testována:

P <sub>7</sub>	P <sub>8</sub>	P <sub>9</sub>	P <sub>11</sub>	P <sub>17</sub>	P <sub>18</sub>	P <sub>19</sub>	P <sub>20</sub>	P <sub>21</sub>	P <sub>22</sub>	P <sub>23</sub>	P <sub>25</sub>	Podíl městs. obyv.	Vzdělání	Hustota obyv.	Ekonom. neaktivní populace	Přistěhovalí celkem
28774	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0

**Tabulka 8 :Přehled vstupních značek, zdroj: [vlastní].**

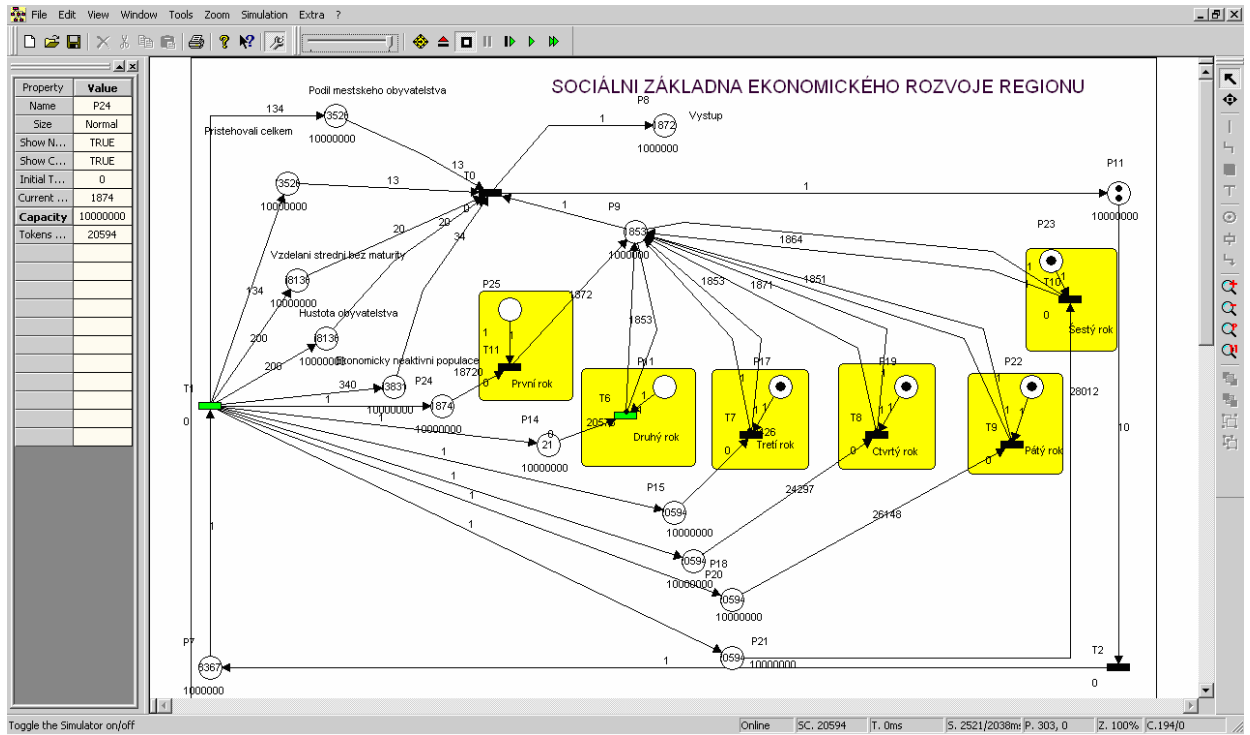
Všechna místa byla ošetřena dostatečnou kapacitou, aby nenastala situace, že simulace skončí deadlockem kvůli nedostatečné kapacitě místa. Kapacita místa může být neomezená, ale prostředí HPSim to neumožňuje, a tak byla nastavena kapacita míst na 1000000, viz obrázek 5.



**Obrázek 5 : Počáteční počet značek na vstupním místě, zdroj: [vlastní].**

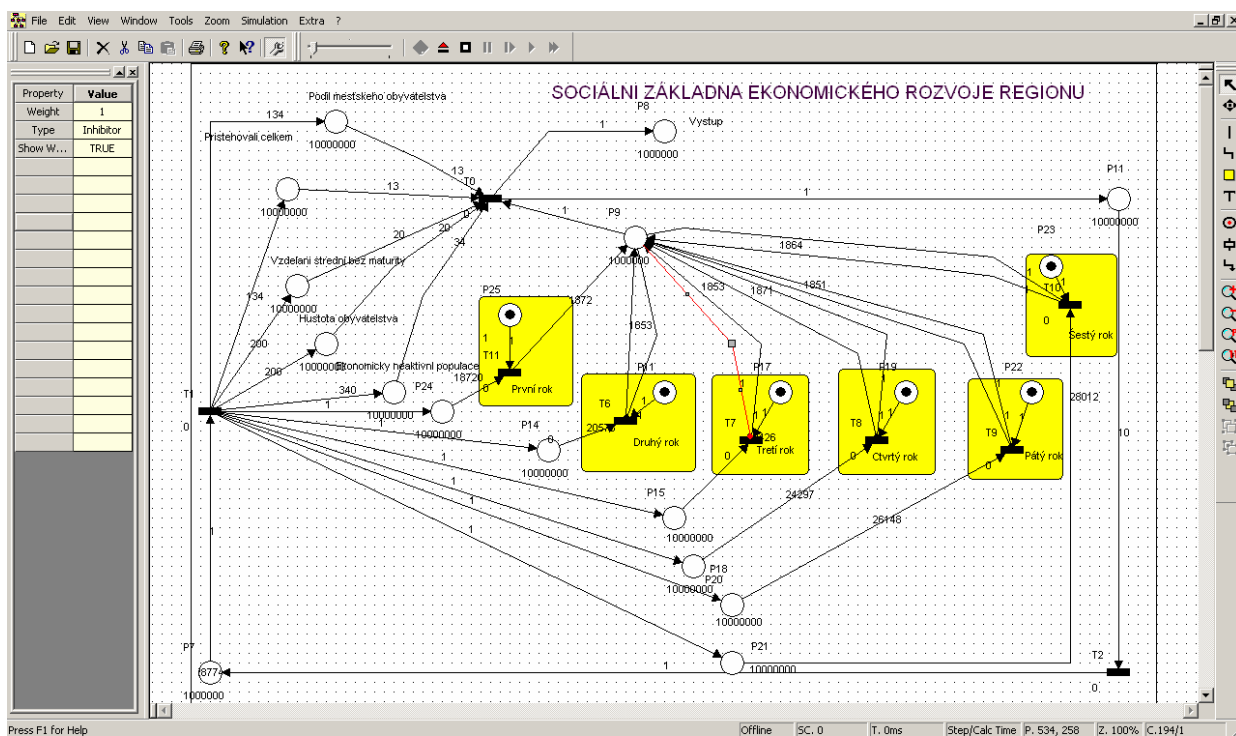
V místě P<sub>9</sub> se postupně načítají hodnoty, které jsou nastaveny váhami. V prvním roce je váha hrany 1872 a tak se provede přechod T<sub>0</sub> za první rok 1872 krát. V místě P<sub>9</sub> se tato hodnota zaznamená a s každým dalším kolem se tato hodnota snižuje. Po 1872 kolech je počet značek v místě P<sub>9</sub> roven nule. Pokud má místo P<sub>9</sub> nulový počet značek, dochází k vyslání signálu pomocí hrany inhibitoru do

přechodu  $T_6$ , jehož provedením je simulován stav vývoje indikátorů v druhém roce. V místě  $P_9$  zaznamenán počet značek 1853 a s každým dalším kolem se tato hodnota snižuje, viz obrázek 6.



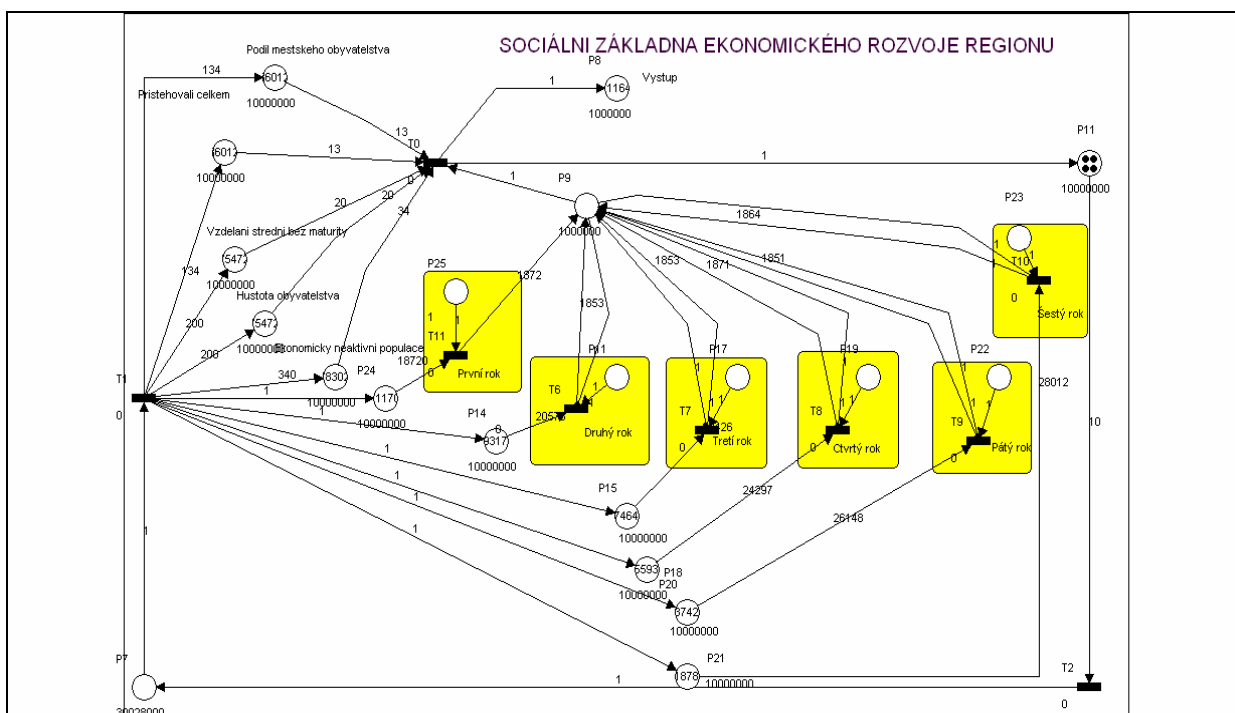
Obrázek 6 : V místě  $P_9$  je zobrazen počet značek za rok 2002, zdroj: [vlastní].

Pokud má místo  $P_9$  nulový počet značek, dochází k vyslání signálu pomocí hrany inhibitoru do přechodu  $T_7$ , jehož provedením je simulován stav vývoje indikátorů v třetím roce, viz obrázek 7.



Obrázek 7 : Nastavení hrany inhibitoru, zdroj: [vlastní].

V místě  $P_9$  zaznamenán počet značek 1853 a s každým dalším kolem se tato hodnota snižuje. Stejným způsobem probíhá proces i v dalších letech. Když dojde k proběhnutí posledního, šestého roku, tak se celá simulace ukončí, viz obrázek 8.



Obrázek 8 : Výstupní obrázek modelu v HPSim, zdroj: [vlastní].

Na obrázku je zobrazen jeden výstup, který zobrazuje počet kroků celkové simulace. Tato simulace je nastavena na šest roků (od roku 2000 do roku 2006). Simulace prostřednictvím tohoto modelu proběhla, po šestém roce se ukončila.

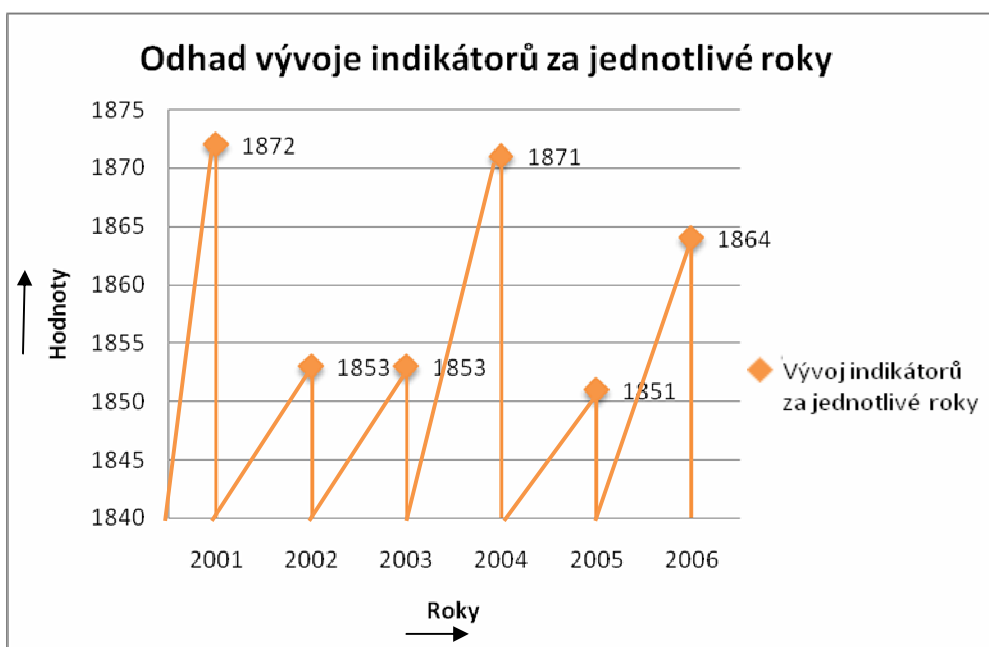
## 5.1 Výsledky simulace modelu

Data pro konstrukci modelů byla získána v rámci projektu ministerstva životního prostředí pro indikátory udržitelného rozvoje pro Pardubický kraj. Z těchto údajů, byla vybrána data zabývající se ekonomickými a sociálními indikátory.

V experimentu jsou sledovány možnosti modelování sociálních indikátorů udržitelného rozvoje pro Pardubický kraj. Je zjišťováno, jaké dává model (který je vyjádřený prostřednictvím Petriho sítí) výsledky. V tabulce 8 je zobrazen přehled výstupů za jednotlivé roky v programu HPSim a jejich kumulovaný součet za roky.

Roky	Výstupy za roky	Kumulovaný součet
2001	1872	1872
2002	1853	3725
2003	1853	5578
2004	1871	7449
2005	1851	9300
2006	1864	11164

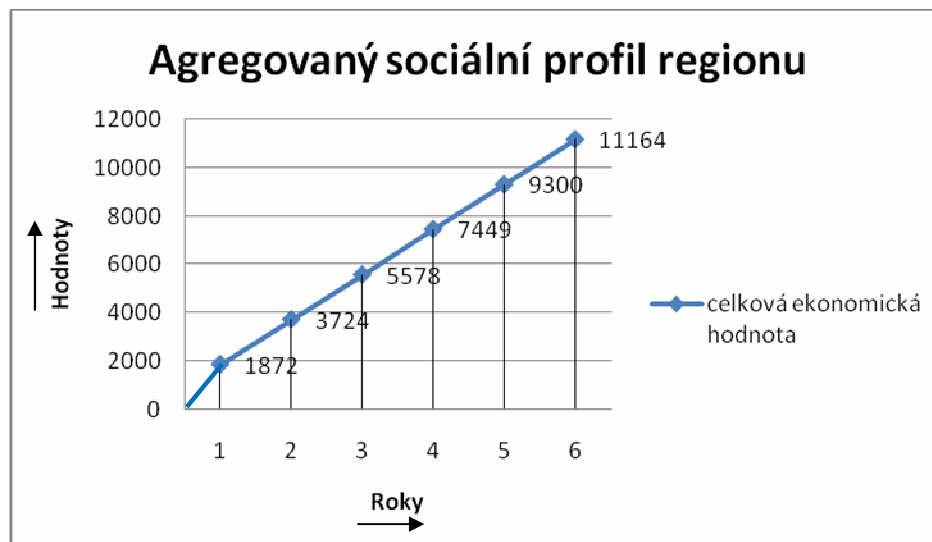
**Tabulka 9 : Přehled výstupů v programu HPSim, zdroj: [vlastní].**



**graf 1: Odhad vývoje indikátorů, zdroj: [vlastní].**

Graf 1 zobrazuje odhad vývoje jednotlivých indikátorů během jednotlivých roků. Z grafu je patrné, že byla situace v Pardubickém kraji v letech 2002-2003, oproti dalším rokům nejvážnější. Naopak vývoj v sociální oblasti byl příznivější v roce 2001 a v roce 2004.





graf 2 : Agregovaný sociální profil regionu, zdroj: [vlastní].

V grafu 2 jsou zobrazeny kumulované hodnoty indikátorů za jednotlivé roky, které znamenají, jak se vyvíjel celkový očekávaný vývoj v sociální oblasti. Po vynásobení koeficientem přepočtu (hodnotou 100) je dosaženo skutečné kumulované hodnoty agregovaného sociálního indikátoru.

Pomocí Petriho sítě byl namodelován stejný vývoj, jako je zaznamenán pomocí empirických dat v tabulce 5. Model dobře popisuje stávající stav, po malé úpravě modelu je možné tento model použít i pro predikci.

Tato Petriho síť není živá, podle definice je tato Petriho síť živá na hladině jedna. Což je způsobeno tím, že přechody determinující charakteristiky pro jednotlivé roky jsou provedeny pouze jednou. Pro dosažení stanoveného cíle se modelování pomocí živé Petriho sítě na hladině 4 ukázalo, jako problematické, tato síť by byla velmi složitá, proto jsou některé přechody živé pouze na hladině jedna. Podle analýzy, která byla provedena v programu HPSim se jedná se o nekonzervativní síť, jelikož na vstupním místě nejsou značky konstantní, ale ubývají.

Při modelování Petriho sítě, byly sledovány slabiny programu HPSim. Hlavním problémem bylo se stanovením vhodného počtu značek na vstupu a se stanovením velikostí hran. Když bylo nastaveno malé množství značek na vstupu, tak vznikl deadlock. Při stanovení velkého počtu značek Petriho síť nemusí ani všechny využít a simulace bude zbytečně dlouho prodlužována.

## Závěr

V práci byla řešena problematika trvale udržitelného rozvoje. Tento pojem nelze zcela jednoduše specifikovat. Hlavním cílem jde o nalezení rovnováhy současných a budoucích potřeb, aby byla úroveň života stále zvyšována, ale zároveň aby se přírodní kapitál neztenčoval, aby bylo čisté ovzduší, dostatek kyslíku, čistá voda v dostatečném množství, aby se nesnižovala rozmanitost přírody atd. Hlavním předpokladem udržitelného rozvoje České republiky v regionálním a územním rozvoji je zajištění vyváženého, harmonického udržitelného rozvoje regionu, který povede ke zvyšování úrovně kvality života obyvatel.

Problém udržitelnosti je věcí nejen mezinárodních organizací, ale důležitou roli hrají právě vlády jednotlivých států při rozvoji států. Kontrola znečištění, podpora, obchodní bariéry, jsou prováděny vládami těchto států. Objevují se nevládní organizace, které mohou podstatným způsobem ovlivnit dění v jednotlivých státech směrem k udržitelnému rozvoji. V rámci České republiky vznikaly Agendy 21, které rozpracovávají principy udržitelného rozvoje v globálním měřítku do jednotlivých problémových oblastí. Jelikož celosvětové problémy mají kořeny v místních činnostech, hraje důležitou roli také Místní agenda, která se snaží podpořit účast obyvatel v procesech plánování a realizace rozvoje

Další část práce byla věnována Petriho sítěmi, které mají široké spektrum uplatnění, používají se např. při modelování paralelních a distribuovaných systémů, a to jak v oblasti technické, tak i v programovém vybavení počítačů. Další uplatnění Petriho sítí nalezneme v paralelních databázových systémech, v telekomunikacích, při popisu systémů v administrativě atd. Petriho sítě jsou matematický model, pomocí kterého může popisovat řídicí toky uvnitř modelovacích systémů a jejich informační závislost. Pro modelování prostřednictvím Petriho sítí jsou používány následující pojmy místa, přechody a hrany. Místa a přechody jsou vzájemně propojeny orientovanými hranami. Hrana spojuje buď místo s přechodem nebo přechod s místem. Pokud je v místě větší počet značek než je váha hrany, přechod může být proveden. Třetí kapitola je také věnována vlastnostmi Petriho sítí, jako je živost, bezpečnost, dosažitelnost značení, přechodové funkce, konzervativnosti a omezenosti Petriho sítí.

Aplikační část práce se zaměřuje na možnosti agregace indikátorů udržitelného rozvoje pomocí Petriho sítí. V této kapitole byla provedena korelace u vybraných atributů. Korelace byla vytvořena

v programu Excel, pomocí fce Correl. Všechny parametry, které splňují podmínku nekorelovanosti, byly použity v dalším modelování.

Pro stanovení váhy jednotlivých indikátorů, byla použita metoda Fullerova trojúhelníku, s kterou mi pomohli na Krajském úřadě, jelikož jako laik nemohu posoudit, jaké kritérium je důležitější. Pomocí Fullerova trojúhelníku byly vypočítány váhy důležitosti jednotlivých indikátorů. Tyto váhy byly nastaveny jako parametry do modelu v HPSim. Aby mohla simulace v pořádku proběhnout, muselo být stanoveno počáteční počet značek a musela být nastavena dostatečná kapacita místa. Simulace byla sestavena od roku 2001 do roku 2006.

Cílem této práce bylo navržení simulace v programu HPSim, a to na základě zvolených sociálních indikátorů. V experimentu byly sledovány možnosti modelování Petriho sítí, bylo zjišťováno, jaké dává Petriho síť výsledky. Cílem této diplomové práce bylo ověření, zda je tento nástroj vhodný pro modelaci problematiky v rámci projektu MŽP. Bylo zjištěno, že pomocí Petriho sítě může být namodelován stejný vývoj, jako je zaznamenán pomocí empirických dat. Model tedy dobře popisuje stávající stav a Petriho sítě jsou vhodným nástrojem pro modelaci této problematiky.

## Seznam obrázků:

Obrázek 1: Autor Petriho sítí - Carl Adam Petri .....	34
Obrázek 2 : a) místo bez značek b) místo s jednou značkou c) místo s pěti značkami .....	35
Obrázek 3 : Fullerova metoda .....	46
Obrázek 4 : Vstupní obrázek modelu v HPSim.....	51
Obrázek 5 : Počáteční počet značek na vstupním místě.....	52
Obrázek 6 : V místě P <sub>9</sub> je zobrazen počet značek za rok 2002 .....	53
Obrázek 7 : Nastavení hrany inhibitoru.....	54
Obrázek 8 : Výstupní obrázek modelu v HPSim.....	55

## Seznam tabulek:

Tabulka 1 : Nekorelované sociální indikátory.....	45
Tabulka 2 : Výpočet vah indikátorů .....	47
Tabulka 3 : Výše hran, které jsou zadávány do simulace.....	49
Tabulka 4 : Empirické údaje za Pardubický kraj.....	49
Tabulka 5 : Agregované hodnoty sociálního profilu regionu.....	50
Tabulka 6 : Váha hran za roky.....	50
Tabulka 7 : Přehled kumulovaných hodnot indikátorů .....	50
Tabulka 8 : Přehled vstupních značek .....	52
Tabulka 9 : Přehled výstupů v programu HPSim.....	56

## Seznam grafů:

graf 1: Odhad vývoje indikátorů.....	56
graf 2 : Agregovaný sociální profil regionu .....	57

## Seznam zkratek

<b>Zkratka</b>	<b>Popis anglicky</b>	<b>Popis česky</b>
Agenda 21		Akční plán rozvoje 21. století
CENIA		Česká informační agentura životního prostředí
CSD	The Commission on Sustainable Development	Komise OSN pro udržitelný rozvoj
ČHÚ		Český hydrometeorologický ústav
ČR		Česká republika
EEA		Evropská environmentální agentura
EU	European Union	Evropská unie
EUROSTAT		Statistický úřad evropské komise
HDP		Hrubý domácí produkt
LA 21	Local Agenda 21	Lokální Agenda 21
MA21		Místní agenda 21
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development	Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj
OSN	United Nations Organization	Organizace spojených národů
TUR		Trvale udržitelný rozvoj
UNCED	United Nations Conference on Environment and Development	Konference Spojených národů o životním prostředí a rozvoji
UNEP	United Nations Environmental	Program Spojených národů
WCED	World Commission for Education and Development	Světová komise pro životní prostředí a rozvoj
WSSD		Světový summit o udržitelném rozvoji

## Seznam literatury:

- [1] *Agenda 21* [online]. 2009 [cit. 2008-21-02]. Dostupný z WWW: <[http://www.ma21.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/MZPMSFGSI0KM/\\$FILE/kapitola\\_1\\_3\\_ma21.pdf](http://www.ma21.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/MZPMSFGSI0KM/$FILE/kapitola_1_3_ma21.pdf)>.
- [2] *Aktualizace: Strategie udržitelného rozvoje ČR* [online]. 2006 [cit. 2009-13-06]. Dostupný z WWW: <[www.cpkp.cz/regiony/file\\_download/404](http://www.cpkp.cz/regiony/file_download/404)>.
- [3] *Centrum pro otázky životního prostředí* [online]. 2009 [cit. 2009-11-07]. Dostupný z WWW: <<http://cozp.cuni.cz/COZP-36.html>>.
- [4] ČEŠKA, M. *Petriho síť*. Brno: CERM, 1994. 94s. ISBN 80-85867-35-4.
- [5] ČEŠKA, M. *Cvičení z Petriho sítě* [online]. 2009 [cit. 2008-22-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.fit.vutbr.cz/study/courses/PES/public/.cz>>.
- [6] ČÍŠKOVÁ, H. *Strategie udržitelného rozvoje ČR* [online]. 2006 [cit. 2009-07-2]. Dostupný z WWW: <[www.rceia.cz/vzdelavaci\\_akce/prispevek\\_Cizkova.doc](http://www.rceia.cz/vzdelavaci_akce/prispevek_Cizkova.doc)>.
- [7] KALČEVOVÁ, J. *Vícekritériální hodnocení variant* [online]. 2006 [cit. 2008-21-05]. Dostupný z WWW: <<http://jana.kalcev.cz/vyuka/kestazeni/EKO422-Vahy.pdf>>.
- [8] KOCHANÍČKOVÁ, M. *Petriho síť* [online]. 2008 [cit. 2008-22-02]. Dostupný z WWW: <[http://phoenix.inf.upol.cz/esf/ucebni/petriho\\_site.pdf](http://phoenix.inf.upol.cz/esf/ucebni/petriho_site.pdf)>.
- [9] *Indikátory udržitelného rozvoje* [online]. 2008 [cit. 2008-10-02]. Dostupný z WWW: <[http://www.enviwiki.cz/wiki/Indik%C3%A1tory\\_uds%BEiteln%C3%A9ho\\_rozvoje](http://www.enviwiki.cz/wiki/Indik%C3%A1tory_uds%BEiteln%C3%A9ho_rozvoje)>.
- [10] *Indikátory udržitelného rozvoje cestovního ruchu* [online]. 2008 [cit. 2008-10-02]. Dostupný z WWW: <[http://ucr.uhk.cz/documents/Monitorovani\\_a\\_indikatory\\_udsitelnosti\\_cestovniho\\_ruchu/text/monittext.pdf](http://ucr.uhk.cz/documents/Monitorovani_a_indikatory_udsitelnosti_cestovniho_ruchu/text/monittext.pdf)>.
- [11] MARKL, J. *Úvod Petriho sítě* [online]. 2008 [cit. 2008-15-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.cs.vsb.cz/markl/pn/data/NNPN1.pdf>>.
- [12] MEJSTŘÍKOVÁ, A. *Místní agenda 21* [online]. 2008 [cit. 2008-10-01]. Dostupný z WWW: <<http://obcan.ecn.cz/index.shtml?w=u&x=1923253>>.
- [13] *Místní agenda 21* [online]. 2004 [cit. 2008-29-01]. Dostupný z WWW: <[http://www.ma21.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/MZPMSFGSI0KM/\\$FILE/faq\\_ma21.pdf](http://www.ma21.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/MZPMSFGSI0KM/$FILE/faq_ma21.pdf)>.

- [14] *Místní agenda ve státní politice životního prostředí* [online]. 2009 [cit. 2008-19-02]. Dostupný z WWW: <[http://www.env.cz/AIS/web-pub.nsf/\\$pid/MZPMPF4HOF1S](http://www.env.cz/AIS/web-pub.nsf/$pid/MZPMPF4HOF1S)>.
- [15] *Ministerstvo práce a sociálních věcí ČR, Formulace doporučení MPSV v oblasti sociálního pilíře udržitelného rozvoje vycházejících z mezinárodní komparace* [online]. 2009 [cit. 2008-26-02]. Dostupný z WWW: <[http://www.mpsv.cz/files/clanky/2902/Zaverecna\\_zprava\\_2005.pdf](http://www.mpsv.cz/files/clanky/2902/Zaverecna_zprava_2005.pdf)>.
- [16] *Ministerstvo životního prostředí* [online]. 2009 [cit. 2008-26-02]. Dostupný z WWW: <[http://dataplan.info/img\\_upload/2fee7fa2e72b4bdcd8f9ba761433e67a/nszm\\_zaklinfo\\_09.pdf](http://dataplan.info/img_upload/2fee7fa2e72b4bdcd8f9ba761433e67a/nszm_zaklinfo_09.pdf)>.
- [17] OTTE, L. *Aplikace Petriho sítě v hlubinné uhelné dopravě* [online]. 2008 [cit. 2008-21-05]. Dostupný z WWW:<<http://www.fs.vsb.cz/akce/2008/asr2008/proceedings/233.pdf>>.
- [18] PAPIK, M. *Úvod do petriho sítě* [online]. 2005 [cit. 2008-24-02]. Dostupný z WWW: <[pef.czu.cz/~papik/doc/ICT/petrinets.ppt](http://pef.czu.cz/~papik/doc/ICT/petrinets.ppt)>.
- [19] REMTOVÁ, K. *Trvale udržitelný rozvoj a strategie ochrany životního prostředí*. Praha : Ministerstvo životního prostředí České republiky, 1996. 95s. ISBN 80-85 368-93-5.
- [20] *Strategie udržitelného rozvoje ČR* [online]. 2004 [cit. 2008-20-01]. Dostupný z WWW: <[http://www.env.cz/AIS/web-pub.nsf/\\$pid/MZPISF7Z6L7V/\\$FILE/SUR%20%C4%8CR\\_FINALlistopad2004.pdf](http://www.env.cz/AIS/web-pub.nsf/$pid/MZPISF7Z6L7V/$FILE/SUR%20%C4%8CR_FINALlistopad2004.pdf)>.
- [21] *Strategie udržitelného rozvoje EU* [online]. 2009 [cit. 2008-22-01]. Dostupný z WWW: <[http://www.czso.cz/xk/edicniplan.nsf/t/AA002D5A43/\\$File/13-412707a12.pdf](http://www.czso.cz/xk/edicniplan.nsf/t/AA002D5A43/$File/13-412707a12.pdf)>.
- [22] ŠILHÁNKOVÁ, V. *Indikátory udržitelného rozvoje*. Hradec Králové : Civitas per Populi, 2008. 52 s. ISBN 978-80-903813-6-0.
- [23] ŠKRÁBALOVÁ, L. *Udržitelný rozvoj* [online]. 2006 [cit. 2008-12-01]. Dostupný z WWW: <[http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/CENMSFK2CK1O/\\$FILE/01\\_Udrzitelny%20rozvoj.pdf](http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/CENMSFK2CK1O/$FILE/01_Udrzitelny%20rozvoj.pdf)>.
- [24] ŠUSTA, R. *Petriho sítě a řízení* [online]. 2008 [cit. 2008-7-01]. Dostupný z WWW: <<http://dce.felk.cvut.cz/lor/prednasky/index.htm>>.

- [25] *Trvale udržitelný rozvoj, Agenda 21, Natura 2000* [online]. 2005 [cit. 2008-05-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.icm.uh.cz/str/ekologie/trvale-udrzitelny-rozvoj-agenda-21-natura-2000>>.
- [26] *Trvale udržitelný rozvoj* [online]. 2009 [cit. 2008-17-02]. Dostupný z WWW: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Trvale\\_uds%BEiteln%C3%BD\\_rozvoj](http://cs.wikipedia.org/wiki/Trvale_uds%BEiteln%C3%BD_rozvoj)>.
- [27] PLÍŠKOVÁ, R. *Cyklistika a udržitelný rozvoj* [online]. 2007 [cit. 2008-21-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.cyklostrategie.cz/download/tema2-2.pdf>>.
- [28] *Udržitelný rozvoj* [online]. 2006 [cit. 2008-28-02]. Dostupný z WWW: <[http://www.cenia.cz/\\_C12571B20041E945.nsf/\\$pid/MZPMSFHV0HSB](http://www.cenia.cz/_C12571B20041E945.nsf/$pid/MZPMSFHV0HSB)>.
- [29] VORÁČOVÁ, Š., PĚNIČKA, M., VESELÝ, J. *Úvod do modelování procesů Petriho sítěmi*. Vydavatelství ČVÚT, 2008. 126s. ISBN 978-80-01-03979-3.



