

Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní

**Modelování vlivu kvality životního prostředí na zdraví
obyvatelstva**

Bc. Simona Smejkalová

Diplomová práce

2011

Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní
Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Simona SMEJKALOVÁ**
Osobní číslo: **E090491**
Studijní program: **N6209 Systémové inženýrství a informatika**
Studijní obor: **Informatika ve veřejné správě**
Název tématu: **Modelování vlivu kvality životního prostředí na zdraví obyvatelstva.**
Zadávací katedra: **Ústav systémového inženýrství a informatiky**

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

Pomocí nástrojů z oblasti DM a soft computingu autorka bude modelovat a vyhodnocovat vliv kvality ŽP na zdraví obyvatelstva.
Potřebná data získá ze zdrojů ČSU nebo krajských úřadů.
Zaměří se na konkrétní region (NUTS2 nebo NUTS3) ČR.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

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

Seznam odborné literatury:

1. OLEJ, V., KŘUPKA, J., OBRŠÁLOVÁ, I. (Eds). Modelling of selected areas of sustainable development by artificial intelligence and soft computing. Praha : Grada, 2009. 152 s.
2. Český statistický úřad [online]. 2010 [cit. 2010-06-14]. ČSÚ. Dostupné z WWW: <<http://www.czso.cz/>>.
3. Ministerstvo životního prostředí České republiky [online]. 2008 [cit. 2010-06-14]. Ministerstvo životního prostředí České republiky. Dostupné z WWW: <www.mzp.cz>.
4. Zdravotní ústav se sídlem v Brně : Zátěž základních složek životního prostředí a jejich vliv na zdraví obyvatel [online]. Brno : 2006 [cit. 2010-06-14]. Životní podmínky a jejich vliv na zdraví obyvatel Jihomoravského kraje. Dostupné z WWW: <<http://www.zubrno.cz/studie/kap03.htm>>.
5. BLAŽEJ, A. Chemické aspekty životního prostředí. Bratislava : Alfa, 1981. 595 s.
6. PETR, P. Data mining. Pardubice : Univerzita Pardubice, 2006. 144 s.
7. PYLE, D. Data preparation for data mining. San Francisco : Morgan Kaufmann, 1999. 540 s.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Pavel Jirava, Ph.D.

Ústav systémového inženýrství a informatiky

Datum zadání diplomové práce:

4. října 2010

Termín odevzdání diplomové práce:

6. května 2011

doc. Ing. Renáta Myšková, Ph.D.

děkanka

L.S.

doc. Ing. Jiří Křupka, Ph.D.

vedoucí ústavu

V Pardubicích dne 4. října 2010

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 nákladů, 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 21. 6. 2011

Bc. Simona Smejkalová

Poděkování

Ráda bych na tomto místě poděkovala panu Ing. Pavlu Jiravovi, Ph.D. za vedení diplomové práce, cenné rady, odbornou pomoc, připomínky a poskytované podklady při jejím vypracovávání.

ANOTACE

V této práci bude pomocí dataminingového softwaru modelován a vyhodnocován vliv znečištění ovzduší chemickými látkami (oxid siřičitý, oxid dusičitý, prašné částice, ozon, benzen) na zdraví obyvatel okresu Pardubice. Oporou pro experimentování bude již provedené studie.

KLÍČOVÁ SLOVA

Modelování, dolování v datech, životní prostředí, zdraví, látky znečišťující ovzduší, studie zkoumající vliv znečištění ovzduší na lidské zdraví

TITLE

Modelling the Effect of the Quality of the Environment on the Human Health

ANNOTATION

This work will be using software of Data Mining modeled and evaluated the impact of air pollution by chemical substances (sulfur dioxide, nitrogen dioxide, particulate, ozone, benzene) on the health of the population of the district of Pardubice. Underpinning the experiment will have the studies.

KEYWORDS

Modelling, data mining, environment, health, substances of air pollution, studies investigating the effect of air pollution on human health

Obsah

Úvod.....	11
1 Definice problému a základní pojmy	12
1.1 Model, modelování	12
1.2 Data Mining, Soft Computing	13
1.3 Životní prostředí.....	13
1.3.1 Informační systém kvality ovzduší v ČR.....	16
1.4 Zdraví.....	18
1.4.1 Zdravotní riziko.....	19
Charakterizace rizik	19
1.5 Indikátory zdraví a životního prostředí.....	21
1.6 Vybrané látky znečišťující ovzduší a jejich vliv na lidské zdraví	24
1.6.1 Oxid siřičitý (SO ₂).....	24
1.6.2 Oxidy dusíku (NO _x)	24
1.6.3 Suspendované částice.....	26
1.6.4 Ozon (O ₃)	29
1.6.5 Oxid uhelnatý (CO).....	29
1.6.6 Látky s karcinogenními účinky	29
2 Výzkumy zkoumající vliv znečištění ovzduší na zdraví obyvatelstva.....	33
2.1 Program Teplice.....	34
2.2 Studie: Přispívá znečištění ovzduší částicemi ke kojenecké úmrtnosti? Systematický přehled	35
2.3 Krátkodobý vliv okolního částic na úmrtnost u starších pacientů: výsledky z 28 měst v projektu APHEA2	36
2.4 Studie: Přispívá respirační zdraví k účinkům dlouhodobé expozice znečištění ovzduší na kardiovaskulární mortalitu?	37
2.5 Venkovní částice a onemocnění dětským astmatem v Aténách, Řecko: studie časové řady.....	38

2.6	EU Výzkum životního prostředí a zdraví – výsledky z projektů financovaných Pátým akčním programem (FP5)	39
3	Modelování vlivů znečištění ovzduší na zdraví obyvatel okresu Pardubice pomocí dataminingového softwaru	43
3.1	Porozumění problému	45
3.2	Porozumění datům	45
3.2.1	Získání dat	45
3.2.2	Datový slovník	47
3.3	Příprava dat	48
3.3.1	Úprava dat	48
3.4	Modelování	52
3.4.1	Korelační analýza	52
3.4.2	Regresní analýza	54
3.4.3	Rozhodovací stromy	58
3.4.4	Asociační pravidla	61
3.5	Hodnocení modelování	63
4	Závěr	65
	Symboly a zkratky	66
	Literatura	67

Seznam obrázků

Obrázek 1	Model systému zpracování dat této práce, [Zdroj: vlastní]	12
Obrázek 2	Schéma vazeb ISKO na zdroje dat a kooperující systémy 2008, [17]	17
Obrázek 3	Determinanty zdraví, [8]	18
Obrázek 4	Přehled indikátorů zdraví a životního prostředí, [20]	23
Obrázek 5	Data audit zdravotních dat, [Zdroj: vlastní]	49
Obrázek 6	Transformace spojitých hodnot na kategorizované u PM_{10} , [Zdroj: vlastní]	51

Obrázek 7 Kategorizace zdravotních dat, [Zdroj: vlastní].....	51
Obrázek 8 Výstupy modelu „Feature selection“, [Zdroj: vlastní]	58
Obrázek 9 Rozhodovací strom algoritmu C&RT pro kojeneckou úmrtnost, [Zdroj: vlastní]	61
Obrázek 10 Environmentální indikátory Státní politiky životního prostředí České republiky, [19].....	II
Obrázek 11 "Data Audit" pro imisní látky, [Zdroj: vlastní]	V
Obrázek 12 Spojení tabulek pomocí uzlu "Merge", [Zdroj: vlastní]	VI
Obrázek 13 Transformace spojitých dat na kategorizovaná u HOZN plic, [Zdroj: vlastní].....	VI
Obrázek 14 Transformace spojitých dat na kategorizovaná u Zemřelí 0-14, [Zdroj: vlastní]..	VII
Obrázek 15 Transformace spojitých dat na kategorizovaná u Celkové úmrtnosti, [Zdroj: vlastní]	VII
Obrázek 16 Transformace spojitých dat na kategorizovaná u Astma, [Zdroj: vlastní]	VIII
Obrázek 17 Transformace spojitých dat na kategorizovaná u Hospitalizování NDS, [Zdroj: vlastní].....	VIII
Obrázek 18 Histogram s hraničními hodnotami pro kategorizaci dat u Celkové úmrtnosti, [Zdroj: vlastní]	IX

Seznam tabulek

Tabulka 1 Studie z výzkumu: Přispívá znečištění vzduchu částicemi ke kojenecké úmrtnosti? [Zdroj: vlastní],[20].....	36
Tabulka 2 Projekty Pátého akčního programu FP5, [28].....	41
Tabulka 3 Shrnuté výsledky z kapitoly 1.6, [Zdroj: vlastní]	43
Tabulka 4 Shrnuté výsledky studií z kapitoly 2, [Zdroj: vlastní]	44
Tabulka 5 Datový slovník, [Zdroj: vlastní].....	47
Tabulka 6 Imisní limity pro ochranu zdraví dle ČHMÚ, [29].....	50
Tabulka 7 Imisní limity podle Směrnice 2000/50/ES, [29]	50
Tabulka 8 Korelace mezi jednotlivými látkami znečišťující ovzduší, [Zdroj: vlastní]	52
Tabulka 9 Korelace mezi prvky a zdravotním stavem, [Zdroj: vlastní]	54
Tabulka 10 Parametry lineární regresní funkce, [Zdroj: vlastní].....	55

Tabulka 11 Spočítané hodnoty modelem LR v programu Clementine, [Zdroj: vlastní]	56
Tabulka 12 Generované pravidla pomocí algoritmu GRI, [Zdroj: vlastní]	62
Tabulka 13 Kvalitativní odhad (dle IARC), [18].....	II
Tabulka 14 Hodnoty koncentrací látek znečišťujících ovzduší, [Zdroj: vlastní].....	III
Tabulka 15 Hodnoty zdravotních dat, [Zdroj: vlastní]	IV

Seznam grafů

Graf 1 Spotřeba paliv zdrojů REZZO 3, [17]	16
Graf 2 Naměřené hodnoty pro SO ₂ ; [Zdroj: vlastní].....	46
Graf 3 Počet dětí a dorostu trpící astmatem v okrese Pardubice, [Zdroj: vlastní].....	47
Graf 4 Lineární regrese pro HOZN plic, [Zdroj: vlastní]	57
Graf 5 Vícenásobná regrese HOZN plic, [Zdroj: vlastní].....	58
Graf 6 Hodnoty koncentrací látek, [Zdroj: vlastní]	II

Úvod

Životní prostředí je v současnosti ovlivňováno převážně činností člověka samého, např. kácí deštné pralesy (nazývané „Plíce planety“), rozšiřuje města, používá milióny automobilů, znečišťuje vodu vypouštěním chemikálií z průmyslu, spaluje odpady a mnoho dalších činností, které kontaminují zemský povrch a jeho nejbližší okolí. Za nejdůležitější je třeba brát stav ovzduší, které všichni dýcháme, stejně jako složení vody, kterou pijeme a jejíž páry vdechujeme, nebo jí vystavujeme celý povrch těla při koupání. Je nutností se problémem znečištění životního prostředí a z toho vyplývajících následků stále zabývat i na těch nejvyšších místech a přijímat opatření. Podkladem pro tato opatření mohou být například studie, které se znečištěním životního prostředí zabývají a jeho negativním vlivem na lidskou populaci, zvířata i celý ekosystém.

Tato práce si klade za hlavní cíl pomocí nástrojů z oblasti Data Miningu a Soft Computingu modelovat a vyhodnocovat vliv kvality životního prostředí na zdraví obyvatelstva územního celku úrovně NUTS3. Autorka se zaměří na znečištění ovzduší jako jedné složky životního prostředí a jeho možný vliv na zdraví obyvatelstva okresu Pardubice. Výsledky experimentování budou porovnány podle dosažených výsledků již realizovaných studií, které budou taktéž uvedeny v této práci.

V první kapitole budou napsány základní pojmy problematiky této práce. Jedná se o pojmy z oblasti životního prostředí, pojem zdraví, a další termíny s tímto související, jako zdravotní riziko a jeho měření, hlavní chemické látky, které znečišťují ovzduší, dále pojmy model a modelování a co je Data Mining a Soft Computing.

Ve druhé kapitole bude formou rešerší uvedeno několik projektů, výzkumů, které se zabývaly zdravím lidí, které může být ovlivněné znečišťováním ovzduší, od lokální úrovně po globální. Tyto studie slouží jako podklad pro následující kapitolu.

V poslední třetí kapitole se bude modelovat a vyhodnocovat pomocí dataminingového softwaru možné zdravotní důsledky a rizika znečištění ovzduší na zdraví obyvatel okresu Pardubic. V této části bude autorka postupovat podle metodiky CRISP-DM. Součástí bude i interpretace výsledků experimentování.

V závěru bude shrnut obsah práce a vyhodnocen cíl a přínos této práce.

1 Definice problému a základní pojmy

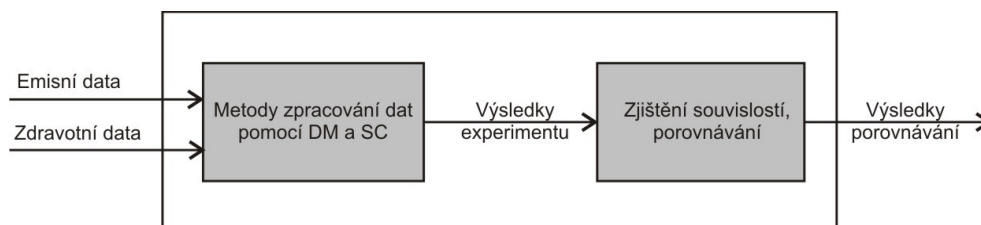
V této úvodní kapitole budou v jednotlivých podkapitolách vysvětleny pojmy, které se týkají problematiky této práce, tudíž: co je model, modelování, životní prostředí, kvalita životního prostředí, zdraví – co znamená zdraví jednotlivce versus veřejné zdraví, zdravotní riziko a jeho charakterizace, indikátory zdraví a životního prostředí, budou zde uvedeny definice nástrojů, které pomáhají nalézt v datech souvislosti.

1.1 Model, modelování

Model představuje strukturu a chování reálného systému. [1] Základními charakteristikami modelu jsou [3]:

- Model je formální vyjádření zkoumaného systému sloužící jako vyjádření skutečnosti.
- Model znamená zjednodušení zobrazení určitého jevu (systému) pomocí vhodných zobrazovacích prostředků znázorňujících pouze ty rysy, jež jsou podstatné z hlediska cíle, který je při konstrukci sledován.
- Model představuje reprodukci charakteristik určitého objektu na objektu jiném, zvláště vytvořeném pro jejich studium.

Model systému zpracování dat použitý v této práci je na obrázku 1.



Obrázek 1 Model systému zpracování dat této práce, [Zdroj: vlastní]

Modelování je odvozeno od slova model. Je to určitý proces vytváření modelu. Dotýká se všech oborů lidských činností, ve kterých vystupuje model. To však neznamená, že pojetí, úroveň a význam modelování jsou v různých oborech stejné. Naopak řada charakteristik modelování se více nebo méně liší. K těmto charakteristikám především patří [1],[2]:

- zvyklost uvědomělého modelování;
- míra uvědomění si modelování jako specificky lidské činnosti;
- míra poznání jednotlivých činností spojených s modelováním a vztahů mezi nimi;
- úroveň vymezení a formalizace modelování;
- úroveň a mohutnost vědeckotechnických prostředků využívaných při modelování;

- úroveň a rozsah týmové práce;
- míra důsledků modelování pro člověka a společnost.

1.2 Data Mining, Soft Computing

Data Mining (DM), nebo-li dolování z dat, je pojem, který se zabývá širokou škálou technik používaných v řadě odvětví. DM umožňuje pomocí speciálních algoritmů automaticky objevovat v datech strategické informace. [4]

DM lze charakterizovat jako proces vytažení relevantních, předem neznámých nebo nedefinovaných informací z velmi rozsáhlých databází. Důležitou vlastností DM je, že se jedná o analýzy odvozené z velmi rozsáhlých databází nikoli předem specifikované uživatelem. Proces DM lze tedy definovat jako netriviální získávání implicitních, dříve neznámých a potenciálně užitečných informací z dat. [4]

DM je založen na množství matematických a statistických technik, v kapitole 3.4 jsou uvedené některé z nich. Jsou to například rozhodovací stromy, genetické algoritmy, regresní analýza, atd. [4]

Soft Computing (SC), nebo-li výpočetní inteligence, zahrnuje problémové oblasti, které jsou charakterizované nesymbolickou reprezentací znalostí. Jedná se o následující oblasti (a jejich vzájemnou kombinaci) [5]:

- fuzzy množiny,
- neuronové sítě,
- genetické algoritmy.

1.3 Životní prostředí

Ze široka se dá životní prostředí definovat jako okolí objektů.[8] Přesnější definicí je, že tento pojem je suma psychických, chemických, biologických a sociálních událostí a procesů, které přímo i nepřímo ovlivňují veřejné zdraví. Je to velmi komplexní a dynamický systém představující řadu faktorů. [8]

V České republice je důležitá definice životního prostředí zahrnuta v Zákoně č. 17/1992 Sb.: *Životním prostředím je vše, co vytváří přirozené podmínky existence organismů včetně člověka a je předpokladem jejich dalšího vývoje. Jeho složkami jsou zejména ovzduší, voda, horniny, půda, organismy, ekosystémy a energie.* [11]

Kvalita životního prostředí

Kvalita životního prostředí je soubor vlastností a charakteristik životního prostředí, ať už obecné nebo místní, dopadající na člověka a další organismy. Je to míra stavu životního

prostředí ve vztahu k požadavkům jednoho nebo více druhů, anebo na jakékoli lidské potřeby nebo účely. [12]

Kvalita životního prostředí významně ovlivňuje zdraví člověka a celé populace. Podle odhadu Světové zdravotnické organizace (WHO) způsobuje znečištění životního prostředí v evropském regionu až 19 % onemocnění. Nejvýznamnějšími zdravotními důsledky vystavení znečištění životního prostředí jsou respirační a gastrointestinální¹ onemocnění, alergie, kardiovaskulární a metabolická onemocnění, vývojové a reprodukční poruchy, a také nádorová onemocnění. [6]

Kvalita ovzduší

Pro potřeby této práce se „vnějším ovzduším“ myslí venkovní vzduch v troposféře. [13]

Jako kvalitu vnějšího ovzduší se označuje úroveň znečištění vnějšího ovzduší, která může svými účinky ovlivňovat lidské zdraví, vegetaci, celé ekosystémy i materiály. Míra znečištění ovzduší je objektivně zjišťována monitorováním koncentrací znečišťujících látek venkovního ovzduší (imise) v troposféře sítí měřicích stanic. [17] Znečišťující látky jsou po vypuštění ze zdroje přenášeny v atmosféře a mohou tak ovlivňovat kvalitu ovzduší jak v nejbližším okolí samotného zdroje znečištění, tak ve vzdálenějších oblastech. Jelikož pouze v důsledku znečištění ovzduší polétavým prachem v Evropě zemře předčasně asi 280 tisíc lidí, je potřeba bojovat proti emisím znečišťujících látek u zdroje a stanovit a provádět co nejúčinnější opatření na snížení emisí na místní a celostátní úrovni a na úrovni společenství. [8],[14],[16]

Kvalitu venkovního ovzduší lze posuzovat dvěma způsoby [7]:

1) srovnání s legislativně stanovenými imisními limity – na principu řízení kvality ovzduší. Výstupem je informace o překročení (formát ANO/NE) či frekvenci překračování imisních limitů na konkrétních měřicích stanicích a z modelových aproximací vycházející procentuální odhady zatížené plochy či počtu obyvatel.

2) druhým způsobem posuzování měřených hodnot koncentrací látek znečišťujících ovzduší je jejich interpretace a hodnocení ve vztahu k možným zdravotním efektům. Vliv látek závisí nejen na jejich schopnosti působit na zdraví, ale také na velikosti expozice. [7]

Expozice znamená po jakou dobu, jak vysoké koncentraci látek, jsou lidé vystaveni. Pro odhad expozice se používá přístup, který uvažuje celoživotní expozici 24 hodin denně

¹ Žaludečně střevní

pro dospělého jedince o hmotnosti 70 kg, který vdechne 20 m³ vzduchu za den. Jde o screeningový přístup odpovídající hodnocení celé populace v obecné rovině. [7],[14]

Pro odhad, jak velký dopad může mít expozice znečišťujících látek na lidský organismus, se využívají znalosti o působení látek odvozených z epidemiologických studií, experimentů na zvířatech, atd. [7]

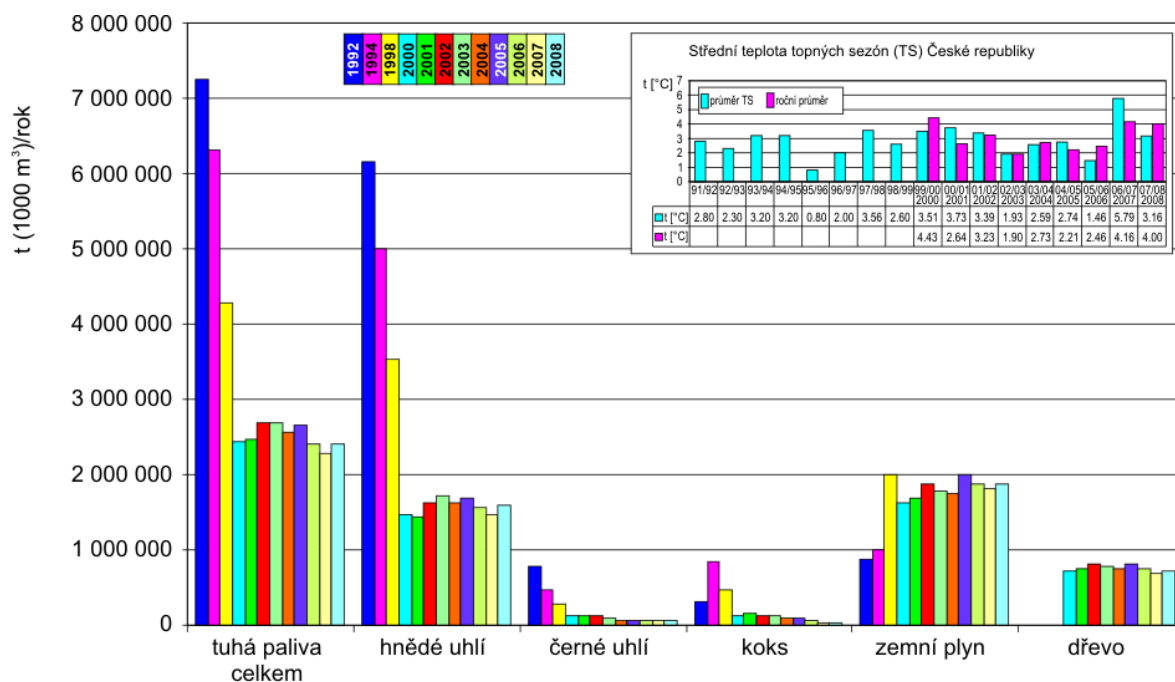
Zdroje znečištění ovzduší

Zdroje znečištění ovzduší se podle zákona o ovzduší č. 86/2002 Sb. dělí na [10]:

- stacionární (kategorie: zvláště velké, velké, střední a malé),
- mobilní (vytápění domácností, použití rozpouštědel, silniční a nesilniční doprava, apod.).

Zvláště velké, velké a střední zdroje jsou sledovány jako bodové zdroje jednotlivě, malé a mobilní zdroje jsou odhadovány pomocí výpočtových modelů s využitím statistických podkladů.

Tyto zdroje emitující do ovzduší znečišťující látky jsou celostátně sledovány v rámci tzv. Registru emisí a zdrojů znečišťování ovzduší (REZZO). Jednotlivé dílčí databáze REZZO 1-4 slouží k archivaci a prezentaci údajů o stacionárních a mobilních zdrojích znečišťování ovzduší jako jeden ze základních článků soustavy nástrojů pro sledování a hodnocení kvality ovzduší v České republice. [10] [17] Na grafu 1 Graf 1 Spotřeba paliv zdrojů REZZO 3, je vidět vývoj spotřeby základních druhů paliv zdrojů REZZO 3 (malých zdrojů) za roky 1992–2009 v České republice.

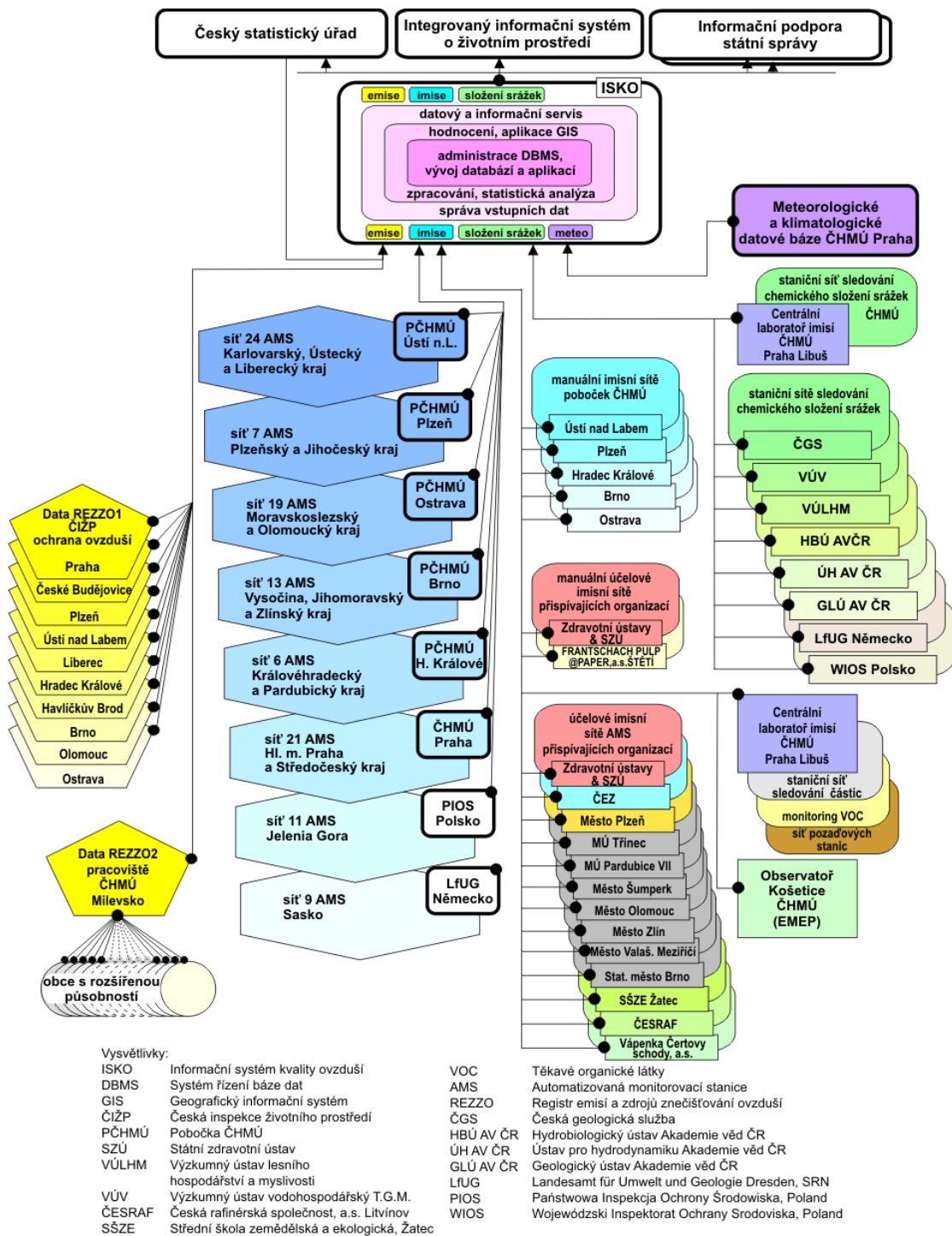


Graf 1 Spotřeba paliv zdrojů REZZO 3, [17]

1.3.1 Informační systém kvality ovzduší v ČR

Informační systém kvality ovzduší (ISKO) je od roku 1992 rozvíjen a provozován s využitím současných informačních technologií jako integrovaná soustava pro celouzemní komplexní hodnocení stavu a vývoje znečištění ovzduší v České republice. [17]

Na obrázku 2 jsou schematicky znázorněny vazby ISKO na zdroje dat a kooperující systémy. Schéma vystihuje především propojení monitorovacích sítí kvality ovzduší, zdrojů vykazovaných dat se složkovou zpracovatelskou a informační vrstvou představovanou Informačním systémem kvality ovzduší a vazby na vyšší vrstvu – průřezové informační systémy. [17]



Obrázek 2 Schéma vazeb ISKO na zdroje dat a kooperující systémy 2008, [17]

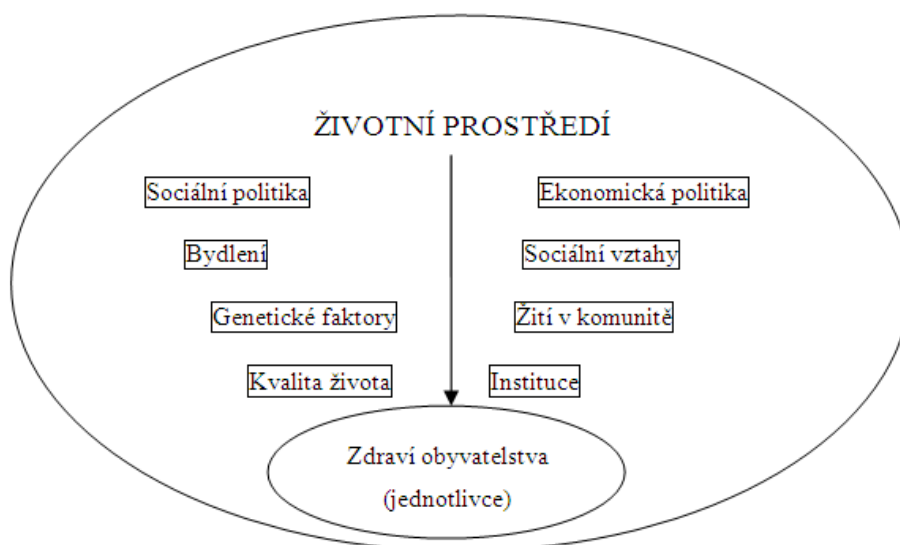
System zabezpečuje sběr, archivaci a režimové zpracování dat z imisních automatizovaných i manuálních měřicích sítí České republiky a rovněž ukládání a zpracování dat o emisích a zdrojích znečišťování ovzduší. Jeho součástí se stal jak dřívější Imisní informační systém o životním prostředí, tak i ostatní informační agendy kvality ovzduší, především systém inventarizace emisí ze zvláště velkých a velkých zdrojů (REZZO 1) i agenda chemického složení srážek a atmosférické složení. O agendu středních jednotlivě sledovaných zdrojů znečišťování ovzduší (REZZO 2) byla emisní

databáze rozšířena v roce 1993. Meteorologická data, která jsou měřena na většině automatizovaných imisních stanic, jsou do databáze také doprovodně ukládána. [17]

ISKO soustřeďuje a všeobecně zpřístupňuje naměřená data z významných sítí monitorujících látky znečišťující venkovní ovzduší. Umožňuje tak efektivnější všeobecné využití nákladně získávaných dat. Zejména souhrnné územní hodnocení imisního zatížení a analýza časového vývoje stavu znečištění ovzduší na území státu jsou nemyslitelné bez soustředění a systematické archivace všech dostupných údajů o imisích. [17]

1.4 Zdraví

Dalším pojmem týkající se tématu je zdraví. Je třeba ho upřesnit, jelikož pod tímto slovem si většina představí absenci nemoci u člověka. A to také může být jedna z definic. [9] Všeobecněji zdraví je chápáno, jako stav kompletního psychického, duševního a sociálního blaha a ne jen absence nemocí a chorob. Tato definice rozšiřuje biologické pojetí zdraví o sociální a psychický faktor. Sociální a psychický faktor závisí na ekonomické situaci, sociálním životě, životním prostředí, atd. [8] Na obrázku 3 je vidět již zmíněné životní prostředí, které ovlivňuje zdraví obyvatelstva (jedince) přímo, a další faktory, které také mají vliv na zdraví.



Obrázek 3 Determinanty zdraví, [8]

Veřejné zdraví, jako další termín v této práci, je multidisciplinární obor zaměřený na hrozby celkového zdraví veřejnosti, ke kterému patří biologické statistiky, epidemiologie, zdravotnické služby, environmentální zdraví, sociální zdraví a analýzy veřejného zdraví. Veřejné zdraví odkazuje na sadu programů organizovaných na různých úrovních vlády, aby ochraňovaly, podporovaly a obnovily zdraví obyvatel. [8]

1.4.1 Zdravotní riziko

Zdravotní riziko vyjadřuje pravděpodobnost změny zdravotního stavu u exponovaných osob. Pro vyjádření míry rizika se používá předpověď výskytu zdravotních účinků u lidí vystavených znečištění ovzduší. [7]

Při hodnocení zdravotních rizik se standardně postupuje ve čtyřech následných krocích [7]:

a) identifikace zdravotní nebezpečnosti – tzn. zda je sledovaná látka, faktor nebo komplexní směs, schopná vyvolat nežádoucí zdravotní účinek;

b) odhad dávkové závislosti - jak se intenzita, frekvence nebo pravděpodobnost nežádoucích účinků mění s dávkou;

c) odhad expozice - tzn. zda a do jaké míry je populace vystavena působení sledované látky či faktoru v daném prostředí. Podle znalosti situace se sestavuje expoziční scénář, tedy představa, jakými cestami a v jaké intenzitě a množství je konkrétní populace exponována dané látce a jaká je její dávka.

d) charakterizace rizika - znamená sjednocení poznatků vyplývajících z kroků a), b), c), včetně zvážení všech nejistot, závažnosti i slabých stránek použitých podkladových materiálů.

Tento postup bývá nejčastěji aplikován pro určitou konkrétní lokalitu.

Charakterizace rizik

Při hodnocení rizik se v podstatě rozlišují dva typy účinků chemických látek:

- 1) prahový účinek (u nekarcinogenních látek),
- 2) bezprahový účinek (u karcinogenních látek).

ad 1) U látek, které nejsou podezřelé z účasti na karcinogenním působení, se předpokládá tzv. prahový účinek. Toxické účinky těchto látek se projeví až po překročení kapacity fyziologických detoxikačních a reparačních obranných mechanismů organismu. Lze tedy identifikovat dávku škodlivé látky, která je pro organismus člověka ještě bezpečná a za normálních okolností nevyvolá nepříznivý efekt. [7]

Koeficient nebezpečnosti HQ (Hazard Quotient) se používá k číselnému vyjádření míry zdravotního rizika u těchto druhů látek. Tento HQ vyjadřuje poměr mezi zjištěnou nebo předpokládanou expozicí či dávkou a referenční dávkou, nebo mezi koncentrací v ovzduší a referenční koncentrací v případě standardního expozičního scénáře. Pokud se

současně vyskytují látky s podobným systémovým toxickým účinkem je možno součtem kvocientů získat index nebezpečnosti (Hazard Index – HI). Kvocient nebezpečnosti vyšší než 1 je považován za reálné riziko toxického účinku. [7]

Dalším způsobem hodnocení látek, které nejsou podezřelé z účasti na karcinogenním působení, je použití vztahů odvozených z epidemiologických studií, které vyhledají vztah mezi dávkou (expozicí) a účinkem u člověka. Tento přístup je používán např. u suspendovaných částic PM₁₀, kde v současné době dosavadní znalosti neumožňují odvodit prahovou dávku či expozici a k vyjádření míry rizika se používá předpověď výskytu zdravotních účinků u exponovaných osob. [7]

ad 2) Při hodnocení karcinogenů se vychází z předpokladu bezprahového působení, tzn., že neexistuje žádná koncentrace, pod kterou by působení na lidské zdraví dané látky bylo nulové (= nulové riziko je jen při nulové expozici). Nelze zde tedy stanovit neúčinnou dávku. Závislost expozice a účinku se vystihuje ukazatelem vyjadřujícím míru karcinogenního potenciálu dané látky. Jde o pravděpodobnostní princip, kdy vyšší expozice neznamená závažnější poškození zdraví, ale vyšší pravděpodobnost jeho vzniku. [7],[14]

Míru možnosti karcinogenního působení dané látky vyjadřuje směrnice rakovinového rizika (CSF - Cancer Sloupe Factor). [7] Metody rizikové analýzy se používají pro oblast velmi nízkých dávek extrapolace a předpokládají vztah lineární regrese mezi zvyšující se expozicí a celoživotním rizikem vzniku rakoviny. Proto je možností pro hodnocení celoživotní průměrná denní dávka a faktor směrnice rizika daný vztahem mezi dávkou a účinkem. Výsledkem je pak individuální celoživotní riziko. Reálné riziko je pravděpodobně nižší, protože směrnice rizika vychází z lineárního vícefázového modelu a je považována za horní hranici odhadu. [14]

Při hodnocení rizik z ovzduší se pro zjednodušení používá jednotka karcinogenního rizika (UCR), která je vztažena přímo ke koncentraci látky v ovzduší. V případě možného karcinogenního účinku je míra rizika vyjadřovaná jako celoživotní vzestup pravděpodobnosti vzniku nádorového onemocnění (Individual Lifetime Cancer Risk – ILCR) u jedince z exponované populace, tedy teoretický počet statisticky předpokládaných případů nádorového onemocnění na počet exponovaných osob nad výskyt v neovlivněné populaci. Za tzv. společensky únosnou míru karcinogenního rizika je v USA a zemích Evropské Unie obvykle považována hodnota 1×10^{-6} , což znamená zvýšení individuálního celoživotního rizika onemocnění rakovinou o jeden případ na jeden milion exponovaných osob. Vzhledem k nejistotám ve výpočtu lze však

považovat za akceptovatelnou řádovou úroveň rizika 10^{-6} . Z individuálního rizika a počtu osob v hodnocené populaci je možno odvodit populační riziko, které je vyjadřováno pro 1 rok. [6]

Nejistoty odhadu rizika

Odhad zdravotních rizik je zatížen řadou nejistot, vyplývajících nejen z použitých dat a postupů. Zřejmý je problém s chybějícími vstupními hodnotami, které musejí být nahrazeny patřičnými hodnotami. Hlavní problém spočívá však v tom, že lidé nežijí na stále jednom místě, cestují za prací, stěhují se, a také koncentrace znečišťujících látek se v čase mění – není rovnoměrná, dále také, jak už bylo řečeno v kapitole 1.4, na zdraví jedince působí mnoho dalších faktorů. [8]

1.5 Indikátory zdraví a životního prostředí

Všechny indikátory slouží jako hlavní nástroj pro monitorování situace a trendů v zemích a pro komunikaci s řadou uživatelů. Slouží také k vyhodnocování účinnosti příslušných politik a k učinění srovnání pokroku zemí.

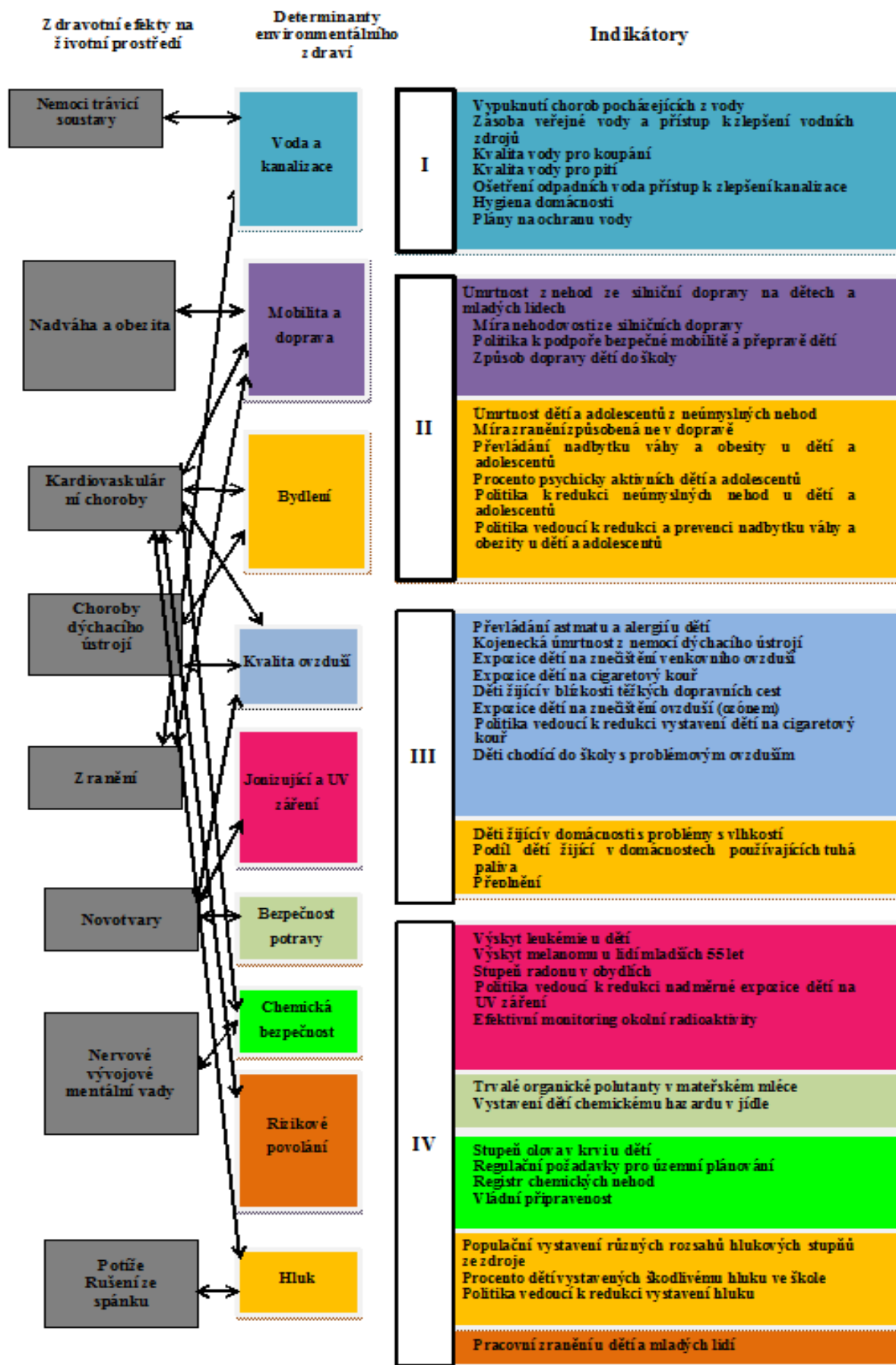
Indikátory jsou základními vstupy do modelů popisující vztah mezi životním prostředím a zdravím obyvatelstva. Existuje celá řada indikátorů (ekonomické, technické, ekologické), ale i zdravotní a indikátory životního prostředí. [8],[20]

Tyto indikátory umožňují posoudit situaci a pokrok zdraví a životního prostředí v Evropě. Poskytují výchozí informace pro tvorbu politik a programů k ochraně veřejného zdraví, pro kontrolu účinnosti již přijatých opatření, a slouží také k informování veřejnosti o vlivech znečištěného životního prostředí na zdraví. [8],[20]

Indikátory jsou základnou informačního systému zdraví a životního prostředí. Vybudování informačního systému zdraví a životního prostředí v Evropě je úkolem přijatým ministry zdravotnictví a životního prostředí evropských zemí na 4. ministerské konferenci zdraví a životního prostředí v Budapešti v roce 2004. Základní nástroje pro informační systém byly vytvořeny mezinárodním projektem ENHIS (the European Environment and Health Information System), který byl koordinován WHO. Za mezirezortní spolupráce je vytvářen soubor indikátorů, zahrnujících široký okruh témat zdraví a životního prostředí.[16] Indikátory jsou uvedeny na obrázku 4 dle [20].

Zavádění místních indikátorů v českých městech a obcích podporuje občanské sdružení Týmová iniciativa pro místní udržitelný rozvoj (Timur). Jeho náplní je právě sledování ukazatelů udržitelného rozvoje, kvality života a kvality prostředí na místní úrovni. [21]

V příloze č. 1 je uveden přehled indikátorů, je zde zobrazen vývoj hodnot indikátorů Státní politiky životního prostředí (SPŽP) včetně stanovených cílů pro rok 2005 a žádoucích trendů do roku 2010. Na základě stanovených cílových hodnot a trendů je u každého indikátoru provedeno stručné zhodnocení jejich naplňování. Hodnocení stavu v roce 2005 je založeno na trojici "smajlíků" (pro žádoucí, nežádoucí a neutrální stav), hodnocení trendu je pak reprezentováno trojicí barev a stručným komentářem (zelená pro žádoucí trend, červená pro nežádoucí trend a okrová pro stagnaci). Tento souhrn byl vytvořen pro účely vyhodnocení plnění SPŽP v letech 2004-2006, které provedlo Ministerstvo životního prostředí v roce 2007. [19]



Obrázek 4 Přehled indikátorů zdraví a životního prostředí, [20]

1.6 Vybrané látky znečišťující ovzduší a jejich vliv na lidské zdraví

Mezi nejvýznamnější zdroje znečištění ovzduší v sídlech patří spalovací procesy - průmysl, výroba energie (včetně domácích topenišť) a doprava. [7]

Mezi zdravotně nejzávažnější znečišťující látky v ovzduší patří v první řadě suspendované částice (aerosol), polycyklické aromatické uhlovodíky a v lokalitách významně zatížených dopravními emisemi i oxid dusičitý. [7] Krátký přehled nejběžnějších látek znečišťující ovzduší, které mohou mít vliv na lidské zdraví, je popsáno v následujících podkapitolách. U každého prvku jsou uvedeny i studie, které se zabývaly vlivem daného prvku na lidské zdraví.

1.6.1 Oxid siřičitý (SO₂)

Oxid siřičitý emitovaný z lidské činnosti vzniká hlavně spalováním fosilních paliv (převážně uhlí a těžkých olejů) a při tavení rud s obsahem síry. Vulkány a oceány jsou hlavním globálním přírodním zdrojem, avšak jejich podíl pro území v rámci EMEP (kam spadá i Česká republika) byl odhadnut na pouhých 2 %. SO₂ je dráždivá látka, při vysokých koncentracích může způsobit zhoršení plicních funkcí a změnu plicní kapacity. [22]

Stanovený imisní limit pro ochranu zdraví pro 24hodinovou koncentraci SO₂ je 125 μm/m³. [14]

Nejzávažnější účinky oxidu siřičitého z hlediska krátkodobých expozic se týkají dýchacího traktu. Jednotlivci se extrémně liší svou citlivostí k SO₂. To platí nejen pro zdravé osoby, ale zvláště pro astmatiky. Astmatici mají dýchací trakt velmi labilní a jejich odolnost se pravděpodobně mění v odezvě na mnohé další podněty včetně reakce na pyl. [22]

Opakované krátkodobé pracovní vystavení vysokým koncentracím SO₂ kombinované s dlouhodobými expozicemi nižších koncentrací mohou vést k výskytu chronické bronchitidy, a to zejména u kuřáků cigaret. V několika epidemiologických studiích byl spojen výskyt účinků na plíce se společnou expozicí SO₂ a suspendovaných částic. [22]

1.6.2 Oxidy dusíku (NO_x)

Při sledování a hodnocení kvality venkovního ovzduší se pod termínem oxidy dusíku (NO_x) rozumí směs oxidu dusnatého (NO) a oxidu dusičitého (NO₂), kde více než 90 % z celkových oxidů dusíku ve venkovním ovzduší je emitováno ve formě NO. NO₂ vzniká reakcí NO s přízemním ozonem nebo s radikály typu HO₂. Imisní limit pro ochranu

lidského zdraví je stanoven pro NO₂, limit pro ochranu ekosystémů a vegetace je stanoven pro NO_x. [22]

V Evropě vznikají emise NO_x převážně z antropogenních spalovacích procesů, především silniční doprava, letecká i vodní a dále spalovací procesy ve stacionárních zdrojích. Přírodní emise NO_x vznikají převážně z půdy, vulkanickou činností a při vzniku blesků. Jsou poměrně významné z globálního hlediska, z pohledu Evropy však představují méně než 10 % celkových emisí. [7],[17],[22]

Přírodní pozadí průměrných ročních koncentrací je od 0,4 do 9,4 μg/m³. Roční koncentrace ve městech, resp. obydlených oblastech kolísají mezi 20 a 90 μg/m³ a maximální 1hodinové koncentrace mezi 75 a 1 015 μg/m³. Ve vnitřním prostředí, kde jsou neodvětraná zařízení spalující zemní plyn, mohou být průměrné hladiny nad 200 μg/m³ i po několik dní a 1hodinové koncentrace mohou dosáhnout i 2 000 μg/m³. Pro kratší intervaly mohou být naměřeny ještě vyšší koncentrace. [7]

NO₂ díky své malé rozpustnosti, proniká do plicní periferie, kde je více než 60 % absorbováno. Pro akutní expozici platí, že jen velmi vysoké koncentrace, překračující 1 880 μg/m³ mohou ovlivnit zdravé osoby a koncentrace kolem 4 000 μg/m³ mohou způsobovat zúžení průdušek. U nejcitlivějších astmatiků se projevují změny reaktivity již od 200 μg/m³. Takže u koncentrací vyšších než 200 μg/m³ lze očekávat snížení plicních funkcí, zvýšení výskytu respiračních onemocnění, zvýšený výskyt astmatických obtíží a alergií u dětí i dospělých.

Kvantitativní hodnocení je ale komplikováno faktem, že je obtížné nebo spíše nemožné oddělit účinky NO₂ od dalších současně působících látek, především prašného aerosolu. Oxid dusičitý je důležitou složkou emisí spalovacích procesů a je vysoce korelován s ostatními primárními i sekundárními zplodinami, proto při posuzování jeho působení nelze určit, zda se jedná o nezávislý vliv NO₂ nebo spíše působení celé směsi látek, tj. včetně prašného aerosolu, uhlovodíků, ozónu a dalších látek. [7],[17],[22]

Studie zkoumající vliv NO₂ na zdraví lidí

Studie popisující účinky NO₂ se zabývají sledováním jak krátkodobého efektu vysokých koncentrací, tak chronických účinků, a jsou zaměřeny na všechny skupiny populace od dospělé po nejcitlivější části populace - malých dětí a osob s astmatickými obtížemi. [22]

V letech 1982 – 2000 bylo publikováno celkem 109 epidemiologických studií, zjišťujících vliv NO₂ na denní mortalitu. Metaanalýza jejich výsledků ukazuje, že denní

koncentrace jsou významně spojené se zvýšením celkové, kardiovaskulární i respirační úmrtnosti. Úroveň tohoto efektu je hodnocena ve studiích rozdílně a pohybuje se od 0,2 % do 3 % zvýšení úmrtnosti při nárůstu krátkodobé koncentrace NO₂ o 50 µg/m³. Jestliže se však vezme v úvahu současné působení ostatních polutantů, především prашného aerosolu, vliv NO₂ na mortalitu významně klesá a v řadě případů ztrácí statistickou významnost.

V řadě studií se potvrdilo, že množství hospitalizací a návštěv pohotovosti pro astmatické potíže dětí je závislé na koncentraci NO₂ v ovzduší. Pro zjištění chronických účinků NO₂ bylo provedeno velké množství studií, které analyzovaly vliv NO₂ na plicní funkce, respirační onemocnění, výskyt astmatických obtíží a alergií u dětské i dospělé populace. [7],[22]

Studie v Nizozemí, Německu a Švédsku, do kterých bylo zařazeno několik tisíc dětí, zjistily vyšší výskyt respiračních obtíží a astmatu u dětí, exponovaných znečištěnému ovzduší s významným podílem NO₂. [7]

Aktualizovaný doplněk směrnice WHO 2005 pro kvalitu ovzduší v Evropě uvádí, že poslední epidemiologické studie potvrzují vztahy mezi nepříznivými účinky na zdraví a dlouhodobou expozicí průměrné koncentraci NO₂ v rozmezí koncentrací, které zahrnuje původní doporučenou hodnotu 40 µg/m³ pro roční průměrnou koncentraci a současné vědecké poznání vede rovněž k zachování doporučené hodnoty 200 µg/m³ pro 1hodinovou koncentraci. Předpokládá se ale, že efekt pozorovaný pro expozice NO₂ zahrnuje jak přímý toxický účinek, tak je ukazatelem účinků komplexní směsi imisí, avšak současné poznatky neumožňují bližší rozlišení tohoto efektu. [7]

Protože nejsou k dispozici spolehlivé vztahy expozice a účinku pro samotné riziko imisí NO₂, je vhodnější hodnotit komplexní riziko na základě vztahů pro suspendované částice, ve kterých je zahrnut i vliv dalších znečišťujících látek.

1.6.3 Suspendované částice

Suspendované částice, nebo-li prašný aerosol, představují složitou směs organických a anorganických látek. Podle jejich hmoty a složení se obvykle rozdělují do dvou hlavních skupin: hrubé částice s aerodynamickým průměrem větším než 2,5 µm a jemné částičky s aerodynamickým průměrem menším než 2,5 µm. Menší částičky obsahují sekundárně vytvořené aerosoly (vzniklé kondenzací plynných složek), částice ze spalování a znovu zkondenzované organické či kovové páry. Větší částice obvykle obsahují materiál zemského povrchu a zvířený prach ze silnic a průmyslových závodů. Kyselá složka

suspendovaných částic a většina jejich mutagenního účinku je obecně obsažena v jemné frakci, ačkoliv jistý podíl hrubých kapiček kyselin je přítomný i v mlhách.

Účinek částic závisí na jejich velikosti, tvaru a chemickém složení. Velikost částic je rozhodující pro průnik a ukládání v dýchacím traktu. Účinky suspendovaných částic jsou ovlivněny také absorpcí dalších znečišťujících látek na jejich povrchu. [22]

PM₁₀

Částice frakce PM₁₀ (se střední hodnotou aerodynamického průměru 10 μm) se dostávají do dolních cest dýchacích, jemnější částice označené jako frakce PM_{2,5} pronikají až do plicních sklípků.

Částice dráždí sliznici dýchacích cest, mohou způsobit změnu struktury i funkce řasinkové tkáně, zvýšit produkci hlenu a snížit samočisticí schopnosti dýchacího ústrojí. Tyto změny omezují přirozené obranné mechanismy a usnadňují vznik infekce. Vracející se akutní zánětlivá onemocnění mohou vést ke vzniku chronického zánětu průdušek a chronické obstrukční nemoci plic s následným přetížením pravé srdeční komory a oběhovým selháváním. Tento vývoj je současně podmíněn a ovlivněn mnoha dalšími individuálními faktory, jako je stav imunitního systému organismu, alergická dispozice, expozice látkám v pracovním prostředí, kouření apod. [7],[17],[22]

Navzdory tomu, že je účinkům částic v posledních několika desetiletích věnována velká pozornost odborníků po celém světě, prahovou koncentraci, pod kterou by nebyly prokazatelné účinky na lidské zdraví, se přesto dosud nepodařilo stanovit. Předpokládá se, že citlivost jedinců v populaci má tak velkou variabilitu, že ti nejcitlivější jsou v riziku účinků i při velmi nízkých koncentracích.

Účinky zvýšených denních koncentrací suspendovaných částic PM₁₀ způsobuje nárůst celkové nemocnosti i úmrtnosti, zejména kardiovaskulárního systému, zvýšení počtu osob hospitalizovaných pro onemocnění dýchacího ústrojí, zvýšení kojenecké úmrtnosti, zvýšení výskytu kašle a ztíženého dýchání – zejména u astmatiků. [7],[17],[22]

Zvýšení dlouhodobých koncentrací se vztahuje k snížení plicních funkcí u dětí i dospělých, zvýšení nemocnosti na onemocnění dýchacího ústrojí, výskytu symptomů chronického zánětu průdušek a spotřeby léků pro rozšíření průdušek při dýchacích obtížích a zkrácení délky života hlavně z důvodu vyšší úmrtnosti na choroby srdce a cév a pravděpodobná rakovina plic (týká se hlavně starších a nemocných, u kterých zkracuje délku dožití). Tyto účinky suspendovaných částic frakce PM₁₀ bývají uváděny i u průměrných ročních koncentrací nižších než 30 μg/m³. Pro chronickou expozici

suspendovaným částicím frakce $PM_{2,5}$ se redukce očekávané délky života začíná projevovat již od průměrných ročních hmotnostních koncentrací $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. [7],[17],[22]

Základní koncentrace, při které by se s 95 % pravděpodobností úmrtnost neměla zvyšovat, je v tomto případě podle WHO průměrná roční koncentrace $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. [7]

Studie zkoumající vliv PM_{10} na lidské zdraví

Současné závěry o účincích suspendovaných částic na zdraví vycházejí především z výsledků epidemiologických studií za posledních 15 let. Mezi nejčastěji popisované efekty patří ovlivnění nemocnosti a úmrtnosti, ke kterým dochází již při velmi nízké úrovni expozice. Úmrtnost stoupá neprodleně nebo se zpožděním 1 – 3 dnů.

Ve studii realizované ve 20 největších amerických městech v letech 1987 až 1994 bylo prokázáno, že zvýšení hmotnostní koncentrace PM_{10} o $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vede ke zvýšení celkové úmrtnosti o 0,46 %, a úmrtnost na kardiovaskulární a respirační příčiny se zvyšuje o 0,68 %. Závěry dalších studií jsou srovnatelné a nasvědčují tomu, že riziko spojené s krátkodobou expozicí částicím frakce PM_{10} znamená vzestup celkové úmrtnosti o 0,5 % při zvýšení denní průměrné koncentrace částic PM_{10} o $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nad hodnotou $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tento vztah expozice a účinku pro kvantitativní zhodnocení akutního působení doporučuje WHO v dodatku, aktualizujícím v roce 2006 Směrnici pro kvalitu ovzduší v Evropě. Relativní riziko chronických účinků imise PM_{10} na výskyt bronchitis a chronických respiračních symptomů u dětí lze stanovit na základě výsledků studie z 24 měst USA, zabývající se frekvencí výskytu těchto onemocnění. WHO doporučuje limit pro roční hodnotu frakce PM_{10} $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, při které se s více než 95% mírou spolehlivosti nezvyšuje úmrtnost. Nejedná se ale o prahovou úroveň expozice a tento limit neznamenaá plnou ochranu veškeré populace před nepříznivými účinky suspendovaných částic. [7],[22]

Pro hodnocení rizika dlouhodobé expozice doporučuje WHO závěry americké studie ACS (American Cancer Society). Její autoři dospěli k závěru, že zvýšení průměrné roční koncentrace jemné frakce suspendovaných částic $PM_{2,5}$ o $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zvyšuje celkovou úmrtnost exponované populace o 6 % (2 – 11 %). Tento vztah je v dodatku, aktualizujícím v roce 2005 Směrnici pro kvalitu ovzduší v Evropě, modifikován na částice PM_{10} , kdy navýšení roční koncentrace o $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zvyšuje celkovou úmrtnost exponované populace o 3 %. [7]

Dlouhodobě zvýšené koncentrace suspendovaných částic se podílí na výskytu různých symptomů zhoršení stavu dýchacích cest, zvýšení nemocnosti i úmrtnosti. Právě úmrtnost

bývá nejčastěji používána pro ilustrování negativních vlivů částic. Lze tedy provést odhad na základě výsledků měření koncentrací aerosolu frakce PM_{2,5} i frakce PM₁₀.

1.6.4 Ozon (O₃)

Přízemní ozon je sekundární znečišťující látkou v ovzduší, která nemá vlastní významný emisní zdroj. [17] Vzniká nepřímo účinkem slunečního záření na oxidy dusíku, těkavých organických látek (zejména uhlovodíky) a dalšími složkami atmosféry. Ozon je velmi účinným oxidantem. Ozon může poškodit všechny části respiračního traktu u zvířat. Charakteristickým znakem je fibróza, ale byly zjištěny i mimoplicní změny (červené krvinky a různé složky krevního séra, změny aktivity enzymů, proteinů a peptidů). Je prokazatelně toxický i pro vegetaci. [18]

U lidí bylo popsáno významné poškození plicních funkcí v řadě studií, nejčastěji jsou uváděny dechové symptomy, dráždění očí, nosu, krku, tlak na hrudi, kašel a bolesti hlavy, přičemž účinky mohou být způsobeny i fotochemickými oxidanty.

Limitní hodnoty jsou navrženy pouze pro ozon, neboť účinky jiných fotooxidantů nejsou dobře známy. Pro 8hodinovou expozici je směrná hodnota 120 μm/m³. [18]

1.6.5 Oxid uhelnatý (CO)

Jako jedna z nejčastějších látek znečišťujících ovzduší, vzniká při spalování uhlíkatých materiálů (automobil, teplárny, průmysl, spalovny, domácí topeniště). Jedinou důležitou expoziční cestou je vdechování, nutno odlišit expozici u kuřáků a nekuřáků, u kterých se velmi liší. [17],[18]

Oxid uhelnatý může způsobovat bolesti hlavy, zhoršuje koordinaci a snižuje pozornost. Závažné zdravotní efekty expozice CO jsou popsány jako kardiovaskulární, neurologické, perinatální² a další. Nejrizikovější skupinou jsou lidé s anginou pectoris, zvýšené riziko lze předpokládat u těhotných žen, dětí, starých osob, osob s chronickou bronchitidou, atp. Váže se na hemoglobin, zvýšené koncentrace vzniklého karboxyhemoglobinu omezují kapacitu krve pro přenos kyslíku. Jako rozhodující je množství karboxyhemoglobinu v krvi, která nemá přesáhnout 2,5 – 3 % u nekuřáků. [17],[18]

1.6.6 Látky s karcinogenními účinky

Nyní budou uvedeny látky, které jsou podezřelé z karcinogenního působení nejen na člověka, ale i zvířata. Mezi ně patří polycyklické aromatické uhlovodíky a jejich

² vztahující se k období před porodem dítěte a krátce po něm

nejběžnější zástupce benzo[a]pyren, a nejběžnější zástupce polyaromatických uhlovodíků – benzen, dále těžké kovy nikl a arsen.

Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)

PAU mají schopnost přetrvávat v prostředí, kumulují se ve složkách prostředí a v živých organismech, jsou lipofilní³ a řada z nich má toxické, mutagenní či karcinogenní vlastnosti, ovlivňují porodní váhu a růst plodu. Ve vysokých koncentracích (převyšujících koncentrace nejen ve venkovním ovzduší, ale i v pracovním prostředí) mohou mít dráždivé účinky. PAU patří mezi nepřímo působící genotoxické sloučeniny. Vlivem biotransformačního systému organismu vznikají postupně metabolity⁴ s karcinogenním a mutagenním účinkem. V praxi je nejvíce používaným zástupcem PAU při posuzování karcinogenity benzo[a]pyren (BaP). BaP je z hlediska klasifikace karcinogenity zařazen do skupiny 2A – podezřelý karcinogen (IARC 1987). [7] Stupně karcinogenity se nalézají v příloze č. 2.

Individuální karcinogenní riziko odhadované na základě potenciální expozice koncentracím PAU se v městských lokalitách pohybuje v rozmezí několika případů na 100 tisíc až 1 případ na tisíc obyvatel za 70 let. V lokalitách ovlivněných průmyslem je hodnota individuálního rizika vyšší než v ostatních městských lokalitách a představuje teoreticky 1 až 8 případů na 10 tisíc obyvatel. Vyjádřeno populačním rizikem, kdyby na území celé České republiky byly koncentrace PAU v ovzduší stejné jako v nejzatíženější průmyslové oblasti (Ostravsko-Karvinsko), představovala by tato expozice riziko přibližně 115 případů za rok na 10 miliónů obyvatel. V ostatních městských lokalitách je populační riziko méně než poloviční. [7],[22]

Benzen (C₆H₆)

Antropogenní zdroje produkují více než 90 % celkových emisí benzenu do atmosféry. Hlavním emisním zdrojem jsou spalovací procesy, především mobilní zdroje, které představují cca 85 % celkových antropogenních emisí aromatických uhlovodíků, přičemž převládající část připadá na emise z výfukových plynů. Odhaduje se, že zbývajících 15 % emisí pochází ze stacionárních zdrojů. Rozhodující podíl připadá na procesy produkující aromatické uhlovodíky a procesy, kde se tyto sloučeniny používají k výrobě dalších chemikálií. Dalším významným zdrojem emisí jsou ztráty vypařováním při manipulaci,

³ rozpustný v tucích

⁴ organická látka, která se účastní látkové přeměny v živých tkáních (metabolizmu)

skladování a distribuci benzínu. [17] Benzen má nízkou akutní toxicitu, při dlouhodobé expozici má účinky hematotoxické, genotoxické, imunotoxické a karcinogenní. [7]

WHO definovalo pro benzen, na základě zhodnocení řady studií, jednotku karcinogenního rizika pro celoživotní expozici koncentraci $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ v rozmezí $4,4 - 7,5 \times 10^{-6}$. V těchto studiích byly osoby exponovány koncentracím o několik řádů vyšším, než se mohou vyskytnout ve venkovním ovzduší. Je možné, že extrapolace do oblastí nižších koncentrací neodpovídá reálné křivce účinnosti. Hodnota UCR doporučená WHO je experty EU považována za horní mez odhadu rizika, dolní mez hodnoty jednotky karcinogenního rizika odhadnuta na 5×10^{-8} . Tento rozsah hodnot UCR znamená, že riziko leukémie 1×10^{-6} by se mělo pohybovat v rozmezí roční průměrné koncentrace benzenu v ovzduší cca $0,2 - 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. [7]

Nejvýznamnějšími toxikologickými efekty u zvířat jsou hematologické účinky. U lidí při vyšších koncentracích působí benzen neurotoxicky. Nejzávažnějším účinkem benzenu je jeho karcinogenní působení. Byly popsány nádory jater, prsu, nosní dutiny a leukémie. Trvalá expozice způsobuje hematologické změny. Podle IARC je benzen klasifikován ve skupině 1 jako lidský karcinogen. [7],[18]

Individuální karcinogenní riziko odhadované na základě potenciální expozice koncentracím benzenu se v městských lokalitách pohybuje v rozmezí několika případů na 100 tisíc až na 1 milión obyvatel za 70 let. V lokalitách ovlivněných průmyslem je hodnota individuálního rizika vyšší než v ostatních městských lokalitách a představuje teoreticky 2 až 3 případy na 100 tisíc obyvatel. Vyjádřeno populačním rizikem, kdyby v celé České republice byly koncentrace benzenu v ovzduší stejné jako v nejzatíženější průmyslové oblasti, představovala by tato expozice riziko přibližně 5 případů za rok na 10 miliónů obyvatel. [7]

Arsen (As)

Arsen se vyskytuje v mnoha formách anorganických i organických sloučenin. Antropogenní činnost produkuje asi tři čtvrtiny celkových emisí do ovzduší. Významné jsou hlavně spalovací procesy (hnědé uhlí, černé uhlí a těžké topné oleje), výroba železa a oceli a výroba mědi a zinku. Mezi hlavní přírodní zdroje patří v první řadě vulkanická činnost, dále pak požáry lesů, zvětrávání minerálů a činnost mikroorganismů (v mokřinách, močálech a příbřežních oblastech). [17]

Arsen se vyskytuje převážně v částicích jemné frakce (s aerodynamickým průměrem do $2,5 \mu\text{m}$), která může být transportována na delší vzdálenost a pronikat hlouběji

do dýchací soustavy. Téměř veškerý arsen je vázán na částice s aerodynamickým průměrem do velikosti 10 μm . [17]

Hlavní cestou expozice arsenu je vdechování a příjem potravou a vodou. Arsen vstřebaný do organismu se ukládá zejména v kůži, nehtech a vlasech. Z organismu je vylučován převážně močí. Chronická otrava nejčastěji zahrnuje kontaktní alergické dermatitidy a ekzémy. Časté je postižení nervového systému, trávicího ústrojí, cévního systému i krvevorbny. [7]

V epidemiologických studiích byla pozorována zvýšená úmrtnost na kardiovaskulární choroby. U exponovaných osob byly zjištěny chromosomální aberace periferních lymfocytů. Arseničnan sodný inhibuje reparaci DNA v buňkách lidské kůže a v lymfocytech. Anorganické sloučeniny arsenu jsou klasifikovány jako lidský karcinogen. Kritickým účinkem po expozici vdechováním je rakovina plic. Pro riziko jejího vzniku je odhadována jednotka rizika ze studií profesionálně exponovaných populací ve Švédsku a USA. Hodnota jednotkového rizika převzatá od WHO je pro arsen $1,50 \times 10^{-3}$. [7]

Individuální karcinogenní riziko odhadované na základě potenciální expozice koncentracím arsenu se v městských lokalitách pohybuje ve společensky přijatelném rozmezí několika případů na 100 tisíc až 10 miliónů obyvatel za 70 let. V průmyslových lokalitách je dolní hranice individuálního rizika o 1 řád vyšší. Vyjádřeno populačním rizikem, i kdyby v celé České republice byly koncentrace arsenu v ovzduší stejné jako v nejzatíženější průmyslové oblasti, představovala by tato expozice riziko přibližně dvou případů za rok na 10 miliónů obyvatel. [7]

Nikl (Ni)

Jedná se o pátý nejhojnější prvek zemského jádra, i když v zemské kůře je jeho zastoupení nižší. Mezi hlavní antropogenní zdroje, které v globálu tvoří asi tři čtvrtiny celkových emisí, lze řadit spalování těžkých topných olejů, těžbu niklových rud a rafinaci niklu, spalování odpadu a výrobu železa a oceli. Mezi hlavní přírodní zdroje lze řadit kontinentální prach a vulkanickou činnost. [17]

Nikl se vyskytuje v atmosférickém aerosolu v několika chemických sloučeninách, které se liší svou toxicitou pro lidské zdraví i ekosystémy.

Asi 70 % částic obsahujících nikl tvoří frakci menší než 10 μm , tyto částice mohou být proto transportovány na delší vzdálenosti. Asi z 30 % se nikl vyskytuje v aerosolu

s aerodynamickým průměrem větším nebo rovným 10 μm , který rychle sedimentuje v blízkosti zdroje. [17]

Vdechování všech typů sloučenin niklu vyvolává podráždění a poškození dýchacích cest, různé imunologické odezvy. Nikl proniká placentární bariérou, takže je schopen ovlivnit prenatální vývoj přímým působením na embryo.

Studie na pokusných zvířatech svědčí o tom, že některé sloučeniny niklu vykazují široký rozsah karcinogenní potence. Nejsilnějším karcinogenem v těchto experimentech byl sulfid niklitý a sulfid nikelnatý. U člověka byla popsána akutní otrava tetrakarbonylniklem, alergická kožní reakce, astma (u zaměstnanců pracujících s niklem) a podráždění sliznic. Karcinogenní účinky byly prokázány epidemiologickými studiemi po inhalační expozici vysokým koncentracím niklu, neboť respirační trakt je cílovým orgánem, ve kterém dochází k zadržení niklu s následným rizikem vzniku rakoviny dýchacího traktu. Sloučeniny niklu jsou na základě takových studií klasifikovány IARC jako prokázaný lidský karcinogen ve skupině 1, kovový nikl jako možný karcinogen ve skupině 2B. Jednotkové riziko inhalační expozice niklu (riziko vzniku rakoviny v důsledku celoživotní inhalace ovzduší s koncentrací 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) je odhadováno WHO na $3,8 \times 10^{-4}$. [7]

Individuální karcinogenní riziko odhadované na základě potenciální expozice koncentracím niklu se v městských lokalitách pohybuje ve společensky přijatelném rozmezí několika případů na milión až 10 miliónů obyvatel za 70 let. Populační riziko expozice obyvatel niklu z ovzduší představuje méně než jeden případ za rok na 10 miliónů obyvatel. [7]

2 Výzkumy zkoumající vliv znečištění ovzduší na zdraví obyvatelstva

V této kapitole se autorka zaměří na závěry několika výzkumů, které se zabývaly vlivem znečištění ovzduší na lidské zdraví. Budou zde uvedeny hlavně cíle, které si studie vytyčily, někdy i metody, které použily a závěry, ke kterým studie dospěly. K těmto výsledkům bude autorka dále přihlížet ve 3. kapitole této práce a bude z nich čerpat a nakonec i porovnávat výsledky. Projekty byly prováděny na lokální úrovni až po globální.

Studie vyšetřovaly hlavně, jak znečištění ovzduší ovlivnilo a může do budoucna ovlivňovat zdraví obyvatelstva v daném území, např. jaké látky znečišťující ovzduší s jakou mírou by mohly přispět k vzniku nádorového onemocnění, alergií, předčasná

úmrtí, zhoršení příznaků různých nemocí a zdravotních obtíží spojených zejména s kardiovaskulárním (srdečně-cévním) a dýchacím ústrojím.

2.1 Program Teplice

Pánevní oblasti severních Čech byly koncem osmdesátých let považovány za jednu z nejvíce znečištěných oblastí Evropy. Odumírání lesů koncem 60. let jako důsledek účinku exhalací, především SO₂, doprovázely v 70. letech zprávy o změnách zdravotního stavu populace. Za první signály poškození byly pozorovány zvýšený výskyt alergií, imunodeficiencí a onemocnění dýchacích cest u dětí. [23]

Cílem „Programu Teplice“ bylo zjistit skutečnou úroveň nepochybně horšího zdravotního stavu vybraných populačních skupin obyvatel žijících ve znečištěné oblasti a posoudit míru jeho ovlivnění podmínkami životního prostředí a ostatními faktory. Studium se soustředilo na analýzu dýchacích funkcí u dětí, neuropsychických účinků u dětí, výsledků těhotenství, kvality lidských spermií, úmrtnosti a vzniku nádorových onemocnění.

Při analýze porodní váhy dětí za období 1982 – 1986 byl v okrese Teplice a Ústí nad Labem zjištěn téměř dvojnásobný počet dětí s porodní váhou nižší než 2500 g, než činil celostátní průměr. [23]

Při rozboru nemocnosti dětí v pánevních okresech bylo udáváno u onemocnění dýchacích cest 2,9 případů na 100 dětí proti 0,54 v České republice, u alergií 2,93 proti celorepublikovému 1,7, kožních onemocnění 1,29 proti 0,65. U dětí ve věku 7 - 15 let činilo zvýšení onemocnění dýchacích cest 1,4 proti 0,45, mentálních onemocnění 4,09 proti 2,0, kožních 1,09 proti 0,73. Tyto údaje se staly východiskem, které naznačovalo vážnost znečištění ovzduší v pánevních oblastech severních Čech na nemocnost především dětské populace. [23]

Koncentrace PAU v některých místech okresu Teplice dosahovaly 300 – 800 µg/m³ při doporučeném 1 µg/m³.

V okrese Teplice byla v roce 1988 průměrná délka přežití u mužů starších 65 let kratší o tři roky oproti celostátnímu průměru, u žen o dva roky. Výrazně se na těchto změnách podílelo zvýšení úmrtnosti na nádorové a kardiovaskulární onemocnění. [23]

Velmi důležitou součástí programu bylo i sledování koncentrací ve vnitřním prostředí ve srovnání s prostředím vnějším (indoor/outdoor). Získané výsledky prokazují, že v našich klimatických podmínkách tráví obyvatelé převažující část života (90 – 95 %) ve vnitřním prostředí. Znečištění je výrazně ovlivňováno životním stylem členů

domácnosti, zejména kouřením. Jak vyplývá z hodnocení expozice PM₁₀, zátěž v nekuřáckém bytě představuje 60 – 80 % koncentrací zjišťovaných ve vnějším ovzduší, zatímco v kuřáckém bytě to mohou být i násobky těchto koncentrací. Podobně byly zjištěny v kuřáckých bytech i násobky koncentrací volatilních organických látek (VOC). [23]

Analýza vývoje koncentrací PM₁₀ od roku 1994 naznačuje, že předpokládané výrazné snížení nenastalo díky rostoucímu znečištění z dopravy. Na základě modelování se dále předpokládá, že tepelné elektrárny představují pouze nevýrazný zdroj znečištění PM₁₀.

Významné zjištění je, že znečištěné ovzduší významně ovlivňuje genetický materiál a reprodukční funkce, o kterých se zatím při hodnocení rizika pro člověka neuvažovalo. Prokázalo se, že negativně je ovlivněn už vývoj zárodku v děloze, že je pravděpodobně ovlivňována i kvalita spermií. Výzkum také potvrdil původní předpoklad, že ve znečištěné oblasti je zvýšený výskyt dětských nemocí, především onemocnění dýchacích cest a onemocnění alergických. [23]

Významnou roli hraje také nižší úroveň vzdělání populace, vysoký výskyt kouření, relativně velká romská menšina, nezdravý životní styl i nedostatky ve výživě. Nelze také vyloučit negativní psychosomatický vliv environmentálního stresu. [23]

2.2 Studie: Přispívá znečištění ovzduší částicemi ke kojenecké úmrtnosti? Systematický přehled

Tento systematický přehled, porovnávající výsledky z 15 studií z celého světa, má shrnout a zhodnotit současnou úroveň epidemiologických důkazů o spojení mezi znečištěním ovzduší PM koncentracemi a kojeneckou úmrtností. Těchto 15 studií bylo vybráno podle jistých kritérií. Ze studií byly extrahovány informace o návrhové studii, metodách měření pro znečišťující látky a výstupy, statistické techniky, další faktory, a výsledky. Tato práce byla součástí širšího systematického přehledu o vztahu mezi znečištěním ovzduší a zdravotními výsledky plodu a dětí (Glinianaia a kol. 2004). [24]

Důkazy o spojení mezi znečištěním ovzduší částicemi PM a dětskou úmrtností se lišily z míst s velmi podobnou úrovní znečištění. Nekonzistentní výsledky to mohou být proto, že definice a metody měření jsou různé. Byl zde zjištěn ale určitý důkaz, že velikost spojení s částicemi se lišily podle podskupin dětské úmrtnosti. Více konzistentní důkaz o vztahu PM a pro post-novorozeneckou úmrtnost v důsledku respiračních příčin u čtyř z pěti studií. U syndromu náhlého úmrtí kojenců (SIDS) bylo zjištěno, že je asociace s vnějšími PM koncentracemi ve dvou studiích v USA. Tchajwanský studie časové řady

zjistila pozitivní vztah mezi SIDS a snížené viditelnosti během 1 - 9 den před smrtí. Rozdílné výsledky pro různé podskupiny úmrtnosti v studiích naznačují silnější asociace znečištění ovzduší částic s některými příčinami úmrtí dětí. Kojenecká úmrtnost se značně liší mezi regiony a skupinami obyvatelstva, a důvody pro to, nejsou plně známy. Přes rozdíly ve zdrojích znečišťování ovzduší a úrovních, zjištění souvislost mezi úrovní PM a respirační post-novorozeneckou úmrtností jsou poměrně konzistentní napříč studiemi a regiony. [24]

Jednotlivé studie, ze kterých byl sepsán tento systematický přehled, jsou vyjmenovány v tabulce 1.

Tabulka 1 Studie z výzkumu: Přispívá znečištění vzduchu částicemi ke kojenecké úmrtnosti? [Zdroj: vlastní],[20]

Autoři studie, rok vydání	Referenční země a doba sběru dat
Bobák a Leon, 1999	Česká republika 1989-1991
Lipfert a kol., 2000	USA 1990
Bobák a Leon, 1992	Česká republika 1986-1988
Woodruf a kol., 1997	USA 1989-1991
Ha a kol., 2003	Jižní Korea 1995-1999
Chay a Greenstone, 1999	USA 1980-1982
Chay a Greenstone, 2003	USA 1971-1972
Penna a Duchade, 1991	Brazílie 1980
Lave a Seskin, 1972	USA 1960
Loomis a kol., 1999	Mexiko 1993-1995
Hunt a Cross, 1975	USA 1970
Joyce a kol., 1989	USA 1976-1978
Shinkura a kol., 1999	Japonsko 1978-1988
Knöbel a kol., 1995	Tchaj-wan 1981-1991

2.3 Krátkodobý vliv okolního částic na úmrtnost u starších pacientů: výsledky z 28 měst v projektu APHEA2

V rámci projektu APHEA2 (Air Pollution and Health: a European Approach [25] - Znečištění ovzduší a zdraví: evropský přístup) byl vyšetřován vliv okolního částic na úmrtnost u osob starých 65 let a více. Byly shromážděny denní měření koncentrace částice PM₁₀ a černého kouře (BS), stejně tak denní počet úmrtí mezi osobami starých 65 let a více, kteří byli sledováni po dobu více než 5 let na počátku a uprostřed 90. let, ve 28 evropských městech.

Odhad kombinovaného efektu, který zahrnoval data z 21 měst, ukázal, že při každém zvýšení koncentrace PM₁₀ o 10 µg/m³ došlo ke zvýšení denní úmrtnosti o 0,6 % (0,4 - 0,8 %). Studie APHEA 2 se také zabývala hospitalizacemi lidí s astmatem a chronickým obstruktivním plicním onemocněním (COPD) nad 65 let a zjistila, že se tyto hospitalizace

zvýšily o 1 % (0,4 - 1,5 %) na $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10} , a hospitalizace kvůli kardiovaskulárním onemocněním se zvýšily asi o 0,5 % (0,2 - 0,8 %) na $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10} a cca o 1,1 = (0,4 - 1,8 %) na $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tzv. černého kouře. Procentní nárůst osob (95% intervaly spolehlivosti) spojený se zvýšením PM_{10} o $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, byl denní počet úmrtí u starších 0,8 % (0,7 - 0,9 %) a odpovídající počet pro BS byla 0,6 % (0,5 až 0,8 %). Velikost účinku byl upraven o dlouhodobý průměr koncentrace NO_2 (vyšší hladiny byly spojovány s většími účinky), teplotu (větší účinky byly pozorovány v teplejších zemích), a o podíl starších lidí v každém městě (větší část byla spojena s vyššími účinky). [25]

Tyto výsledky naznačují, že okolní částice mají vliv na úmrtnost u starších lidí, se srovnatelným relativním rizikem nebo mírně vyšším, než ty které byly zaznamenány na celkové úmrtnosti. Účinky mezi seniory mají zvláštní význam, neboť počet událostí bude mnohem větší v porovnání s počtem úmrtí mezi mladší populací.

2.4 Studie: Přispívá respirační zdraví k účinkům dlouhodobé expozice znečištění ovzduší na kardiovaskulární mortalitu?

Existují epidemiologické důkazy, že krátkodobé a dlouhodobé vystavení vysoké úrovni znečištění ovzduší, může zvýšit kardiovaskulární nemocnost a úmrtnost. Kromě toho, epidemiologické studie prokázaly souvislost mezi expozicí znečištění ovzduší a zdravím dýchacích cest. Do jaké míry je vztah mezi kardiovaskulární úmrtností a znečištěním ovzduší na zdraví dýchacích cest, není známo. Cílem této studie bylo zjistit, zda respirační zdraví přispívá k účinkům dlouhodobého vystavení vysoké úrovně znečištění ovzduší na kardiovaskulární mortality u skupiny starších žen. [26]

Byla analyzována data od 4750 žen ve věku 55 let na začátku šetření v letech 1985 - 1994. 2593 z těchto žen měly jejich plicní funkce testovány spirometrií. Onemocnění dýchacích cest a příznaky byly zjišťovány dotazníkem. Expozice znečištění vnějšího ovzduší byla hodnocena koncentrací NO_2 a celkové suspendované částice ve stálých monitorovacích místech a vzdáleností bydliště od hlavní silnice. Další sledování úmrtnosti těchto žen byla provedena v letech 2001 a 2003. Pro statistické analýzy byla použita regresní analýza.

Výsledky této studie byly, že se vyskytovalo vyšší riziko úmrtí z kardiovaskulárních příčin u žen s poruchou funkce plic nebo pre-existující onemocnění dýchacích cest. Dopad zhoršené plicní funkce poklesl v průběhu času. Poměr rizika (PR) u žen s usilovně vydechnutým objemem za jednu sekundu (FEV_1) nižším než 80 % předpoklad úmrtí z kardiovaskulárních příčin byl $\text{PR} = 3,79$ (95% interval spolehlivosti: 1,64 – 8,74)

a dobou přežití 5 let, u PR rovnajícího se 1,35 (95% interval spolehlivosti: 0,66 až 2,77) 12 let. Vztah mezi úrovní znečištění ovzduší a kardiovaskulární úmrtností byl silný a statisticky významný. Nicméně, tato asociace se mění pouze marginálně, když se zahrnou indikátory respiračního zdraví do regresní analýzy. Kromě toho, žádná interakce mezi znečištěním ovzduší a respiračním zdravím na kardiovaskulární úmrtnost naznačuje, že vyšší riziko mohlo být zjištěno u lidí se zhoršeným respiračním zdravím. [26]

Závěrem této studie je, že respirační zdraví je prediktorem kardiovaskulární mortality. Ty ženy, u kterých následovala asi 15 let po základní vyšetření ve věku 55 let dlouhodobá imisní expozice, jejich zhoršené respirační zdraví bylo nezávisle spojeno se zvýšením kardiovaskulární úmrtnosti.

2.5 Venkovní částice a onemocnění dětským astmatem v Aténách, Řecko: studie časové řady

Tato studie se zaměřila na zkoumání vlivu venkovní koncentrace PM₁₀ na onemocnění astma v dětství (CAA) v Aténách. Částice o průměru menším než 10 μm, které pochází z antropogenních činností a přírodních zdrojů (viz kapitola 1.6.3), se mohou usadit v průduškách a způsobovat nežádoucí účinky pravděpodobně prostřednictvím oxidativního stresu u vnímavých jedinců, jako jsou astmatické děti. [27]

Denní počty CAA od tří dětských nemocnic ve větší části Athén byly získány za období čtyř let (2001 - 2004, n = 3602 dětí). Průměrné denní koncentrace PM₁₀ zaznamenávané monitorovací sítí znečištění ovzduší větší část území Atén byly také shromážděny. Vztah mezi CAA a koncentracemi PM₁₀ byl sledován pomocí zobecněných lineárních modelů s Poissonovou distribucí a logistickou analýzou.

Prokázal se statisticky významný (95% interval spolehlivosti) vztah mezi CAA a průměrnou denní koncentrací PM₁₀ v den expozice (+3,8 % na 10 μm/m³ zvýšení koncentrace PM₁₀), zatímco 1denní zpoždění (+3,4 % pro zvýšení 10 μm/m³ koncentrace PM₁₀) a 4denní zpoždění (+4,3 % na zvýšení 10 μm/m³ koncentrace PM₁₀) byly pozorovány u starších dětí s astmatem (starých 5 - 14 rok). Vysoké průměrné denní koncentrace PM₁₀ (> 65,69 μm/m³) zdvojnásobil rizika zhoršení nebo vzplanutí astmatu i u mladších dětí s astmatem (starých 0 - 4 roků). [27]

Výsledky této studie poskytují důkaz o nepříznivých účinků PM₁₀ na pediatrické zhoršení nebo vzplanutí nemoci a hospitalizaci. 4denní zpoždění účinku mezi maximální expozice PM₁₀ a onemocnění astmatem byla také pozorována u starších věkových skupin dětí.

2.6 EU Výzkum životního prostředí a zdraví – výsledky z projektů financovaných Pátým akčním programem (FP5)

Obecným cílem výzkumu životního prostředí a zdraví v FP5 [28] bylo studium zdravotních účinků znečištění ovzduší, hluku, prachu a vláken, těžkých kovů a dalších toxických chemikálií, UV záření a elektromagnetické záření, a najít způsobu, jak minimalizovat zdravotní rizika.

Výsledkem je, že ve městech po celé Evropě může být příčinou znečištění ovzduší desítky tisíc předčasných úmrtí z respiračních a kardiovaskulárních onemocnění ročně. Vnitřní a venkovní znečištění ovzduší jsou faktory životního prostředí s největším dopadem na celkové zdraví v Evropě a jsou zodpovědné za největší zátěž životního prostředí spojené s chorobami.

Nedávné odhady ukazují, že 20 milionů Evropanů trpí dýchacími problémy každý den. Částice a zvláště částice s aerodynamickým průměrem menším než 2,5 μm (PM_{2.5}) - jsou spojeny se zvýšenou úmrtností, zejména na kardiovaskulární a plicní onemocnění. [28]

Astma se zvyšuje v celé Evropě, i když tempo růstu má značné rozdíly napříč kontinentem. Náklady European Society of Asthma se odhaduje na 3 miliardy EUR za rok. Meziroční nárůst případů dětského astmatu/alergie v Evropě se odhaduje na 5 %, a tak v roce 2050 jedno ze dvou evropských dětí bude pravděpodobně trpět alergickým onemocněním.

Mezi environmentální a zdravotní projekty financované z FP5 patří 20 projektů zde uvedených, které přímo souvisejí s různými aspekty znečištění ovzduší. Jejich cílem bylo odhalit neformální vazby mezi znečišťujícími látkami a účinky na zdraví a poskytují nástroje pro měření skutečného životní expozice a efektů. Těchto 20 projektů je uvedeno v tabulce 2, kde je v 1. sloupci, řečen zkratka projektu, někdy to může být i akronym, smysl projektu je v 2. sloupci (může to být překlad akronymu) a ve 3. sloupci je výsledek projektu.

FP5 projekty realizované v této oblasti lze rozdělit do čtyř skupin [28]:

- Znečištění ovzduší a zdraví cest dýchacích – 11 projektů,
- Znečištění ovzduší a karcinogenní nebo genotoxické efekty – 4 projekty,
- Znečištění ovzduší a kardiovaskulární efekty – 3 projekty,
- Znečištění ovzduší a sítí, hodnocení rizik – 2 projekty.

Výsledky výzkumu na respirační zdraví zvýraznily korelace mezi astmatem a alergiemi a vaření s plynem, kouřením a některými domácími čistícími spreji. Zejména zajištění dostatečné větrání u domácích plynových sporáků a snížit tím okolní oxidy dusíku, by mohlo mít významný dopad na kvalitu vnitřního ovzduší.

Invazivní charakter a škody způsobené malými částicemi (PM_{10} , $PM_{2,5}$, atd.), v plicích a jiných částí těla byly rozsáhle vyšetřovány. Přestože vzorky částic se značně lišily v celé Evropě, byla korelace mezi zánětlivými reakcemi plic a imisemi pevných částic. Bylo zjištěno, že některé částice mají vysoký obsah PAU a/nebo obsahují arsen. [28]

Nově vznikající věda biomarkerů se ukázala být velmi užitečné jako metoda pro včasnou diagnostiku a vyhodnocování respiračních onemocnění.

Byl prokázán potenciál pro karcinogenní působení PAU, včetně poškození DNA a potlačení reparačních procesů. Podobné poškození DNA bylo také pozorováno u kuřáků.

Významný vliv jemných částic ve vzduchu a ozónu vedoucí ke zvýšení předčasné smrti poskytl další důkazy pro regulaci a preventivní opatření

Tabulka 2 Projekty Pátého akčního programu FP5, [28]

Název projektu	Význam zkratky projektu	Výsledky projektu
Znečištění ovzduší a zdraví dýchacích cest		
<i>AIRALLERG</i>	Účinky venkovního a vnitřního znečištění ovzduší na rozvoj alergických onemocnění u dětí.	Změny v úrovních vnitřního oxidu dusičitého (NO ₂) a kyseliny dusité (HONO) byly korelovány s využitím plynu pro vaření a kouření, další korelace zahrnuje druh podlahové krytiny s množstvím prachu na podlaze a bio-kontaminanty.
<i>BIOAIR</i>	Podélné posouzení klinického průběhu a biomarkery u závažných chronických onemocnění dýchacích cest.	Tato hloubkové studie přinesla nové pohledy na komplikované mechanismy a intervence možné pro pacienty trpící touto rozšířenou chorobou.
<i>ECHRS II</i>	Evropské výhledové studie o životním prostředí, alergiích a plicích.	Velký průzkum zjistil, že příznaky astmatu jsou častější v těch domácnostech používajících plyn na vaření a domácí čistící spreje.
<i>HELIOS</i>	Biomarkery pro stanovení akutních a chronických účinků ze vzdušných polutantů na respirační epitel.	Žádné důkazy o chronických toxických účincích na plicní funkce, které souvisí s rozdíly v kvalitě ovzduší v celé Evropě, nebyly nalezeny. Zejména žádný vliv díky ozónu. Nicméně trichloraminy nad určitou hranici mají velký vliv na plíce dětí.
<i>HEPMEAP</i>	Zdravotní účinky z výfukových plynů a okolního znečištění ovzduší.	Částice shromážděné v rámci tohoto projektu se měnily široce v celé Evropě, ale hrubé a jemné částice se zdá, že mají podobné toxické účinky při srovnání na stejném základě hmotnosti.
<i>MOCALEX</i>	Měření expozice alergenu z povolání.	Metodiky byly vyvinuty na analyzování různých alergenů: nosní odběr zaměstnanců byl schůdnou metodou pro krátkodobé měření a laterální průtokový imunologický test byl vyvinut jako rychlá zkušební metody pro expozice alergenu z povolání.
<i>PAMCHAR</i>	Chemické a biologické charakterizace venkovního ovzduší hrubých, jemných a ultra-jemných částic pro hodnocení zdravotních rizik v Evropě.	Vysoká koncentrace PM ₁₀ a PM _{2.5} ve vzorcích koreluje se silným zánětlivou reakcí plic, zvýšená zdravotní rizika byly navrženy v obcích s použitím tuhých paliv pro vytápění.
<i>PATY</i>	Znečištění a mládež: kombinované analýzy studií respiračního zdraví dětí a znečištění ovzduší.	Nejistoty zůstávají o dopadech znečištění ovzduší na mladé. Spojením velkého množství srovnatelných údajů, které již byly shromážděny, tato studie nabízí nákladově-efektivní cestu k lepšímu posouzení účinků dlouhodobého působení znečištění ovzduší pomocí údajů z 12 zemí a kombinované studium velikosti přes 60 000 dětí.
<i>PAWG</i>	Programovatelný generátor vln vzduchu s řízenou teplotou, tlakem, vlhkostí a frekvencí vln vzduchu pro kalibraci.	Tento projekt vyvinul nové metody a nástroje pro přesnou kalibraci plic diagnostických a dalších zdravotnických zařízení. To je důležité pro efektivní a účinné diagnostiky a léčby.
<i>RAIAP</i>	Alergie dýchacích cest a zánětů kvůli částicím - Evropa-široké hodnocení.	Chemická charakteristika jemných a hrubých vzorků prokázaly zřetelné rozdíly v celé Evropě a byly měřeny alergické a zánětlivé reakce- zánětlivá reakce byla největší pro

		hrubé vzorky.
<i>RUIPOH</i>	Vztah mezi ultra-jemnými a jemnými částicemi ve vnitřní a venkovní ovzduší a respirační zdraví.	Bylo zjištěno, že braní vzorků z centra města umožňovali dobrý odhad pro temporální rozložení přes metropolitní oblasti; byl nalezen malý rozdíl v koncentraci částic mezi středem města a předměstím, ale byla malá korelace mezi venkovní a vnitřní koncentrací ovzduší.
Znečištění ovzduší a genotoxické nebo karcinogenní účinky		
<i>AMBIPATH</i>	Mechanické přístupy ke zlepšení posuzování rizika rakoviny vnějších PAU.	Mutagenní schopnost PAU bylo zjištěno jejich paralelní karcinogenní schopnost a různé studie ukazují důkazy o aditivních účincích.
<i>CHILDRENGENONE T WORK</i>	Evropská síť pro náchylnost dětí a vystavení environmentálním genotoxikantům.	Bylo nalezeno zvýšení, odpovídající věku a expozici, počtu cytogenetických hraničních bodů u dětí s nárůstem znečištění životního prostředí (chemických látek a tabákového kouře).
<i>EXPAH</i>	Účinky PAU v znečištění životního prostředí na poškození exogenní a endogenní DNA.	DNA adukty byly shledány hojnější u exponovaných obyvatel (ve srovnání s kontrolní skupinou) a expozice PAU významně ovlivnily proces opravy DNA v lymfocytech.
<i>GEN-AIR</i>	Molekulární změny a genetické vnímavosti ve vztahu k znečištění ovzduší a životního prostředí tabákovým kouřem.	Vysoká expozice znečištění dopravou s vyšším potenciálem rakoviny plic u ex-kuřáků a s žádným pozorovatelným efektem na lidi, kteří nikdy nekouřili
Znečištění ovzduší a kardiovaskulární účinky		
<i>AIRGENE</i>	Znečištění ovzduší a zánětlivé odpovědi s porušením myokardu: Genová interakce prostředí u vysoce-rizikové skupiny.	Nebyla nalezena souvislost mezi znečištěním vnějšího ovzduší a rizikovými ukazateli pro infarkt, což naznačuje, že speciální léky mohou být bezpečné jednání a vnímavost byla silná v souvislosti s osobnostními charakteristikami.
<i>HEAPSS</i>	Zdravotní účinky znečištění ovzduší na citlivé populace: ultrajemné částice a infarkt myokardu.	Tato studie vidí souvislosti mezi znečištěním ovzduší a infarkty, i když výsledky s úmrtností byly méně konzistentní: celkový počet částic a koncentrace CO, byly nejvíce silně spojené s účinky na zdraví.
<i>MAAPHRI</i>	Multidisciplinární přístupy k znečišťujícím látkám v ovzduší a záležitosti týkající se zdraví	Paliva s vysokým obsahem síry se ukázaly jako hlavní toxické složky vyvolávající poškození DNA a systémového zánětu. Bylo zjištěno nové nebezpečí se zvýšením emisí NO ₂ , které může vyvolat akutní kardiorespirační dopady.
Znečištění ovzduší a sítě, hodnocení rizik		
<i>AIRNET</i>	Tematická síť o znečišťování ovzduší a zdraví.	Posouzení dopadů ukázalo, že ozon a jemné částice znečištění ovzduší by mohlo vyústit v několik desítek až stovek tisíc předčasných úmrtí ročně v celé Evropě.
<i>EMECAP</i>	Evropská emise rtuti z chlor-alkalických rostlin.	Tato studie zlepšila naše znalosti v oblasti environmentální expozice rtuti, které jsou označeny markery pro včasné biologické účinky a vyvinula inovativní analytické přístroje pro plošné sledování

3 Modelování vlivů znečištění ovzduší na zdraví obyvatel okresu Pardubice pomocí dataminingového softwaru

V této kapitole bude pomocí dataminingového programu Clementine firmy SPSS prováděno nad daty několik experimentů, zda-li má znečištění ovzduší polutanty vliv na zdravotní stav obyvatel v okrese Pardubice. Budou zde stručně popsány analýzy, které byly použity, a zhodnoceno jen několik výsledných experimentů. V závěru kapitoly budou výsledky vyhodnoceny.

V této práci jsou vstupními daty do modelů časové řady zdravotních ukazatelů o obyvatelích okresu Pardubice a koncentrace látek znečišťujících ovzduší naměřené ve stacionární měřicí stanici kvality ovzduší Pardubice-Dukla od roku 1999 do 2008. Vstupní datová matice do modelů bude tedy obsahovat 10 řádků. Z toho důvodu by nebylo příliš vhodné rozdělit data na trénovací a testovací množinu a tudíž ani porovnání výsledků modelů na základě dobře a špatně zařazení dat do trénovací a testovací množiny.

Vzhledem k malému zveřejněnému počtu dat na stránkách Českého statistického úřadu (ČSÚ), Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) a Státního zdravotnického ústavu (SZÚ), modely, které se zde vytvoří, se mohou chápat jako možný postup, jak by se daly podobné úlohy řešit v praxi, výsledky těchto modelů mohou být proto jiné od závěrů studií, uvedených v kapitolách 1.6 a 2. To však bude úkolem zjistit.

V této části práce se bude postupovat dle metodiky CRISP-DM (Cross-Industry Standard Process for Data Mining).

Podle tabulky 3 jsou stručně uvedeny možné dopady na zdraví ze studií uvedených v kapitole 1.6, které můžou způsobovat vybrané látky znečišťující ovzduší.

Souhrn studií z kapitoly 2 je v tabulce 4. K těmto studiím se taktéž bude autorka při experimentování odkazovat.

Tabulka 3 Shrnuté výsledky z kapitoly 1.6, [Zdroj: vlastní]

Astma, alergie	Kardiovaskulární nemoci	Úmrtnost	Nemoci dýchací soustavy
PM ₁₀	PM ₁₀	NO ₂ (kardiovaskulární; respirační)	SO ₂
NO ₂		PM ₁₀ (kojenecká, kardiovaskulární)	NO ₂
		BZN	PM ₁₀
			O ₃ (změny plicních funkcí)

Tabulka 4 Shrnutí výsledky studií z kapitoly 2, [Zdroj: vlastní]

Název projektu	Kdo/co byl/o zkoumán/o	Smysl/cíl studie	Výsledek studie
Program Teplice	Studium se soustředilo na analýzu dýchacích funkcí u dětí, neuropsychických účinků u dětí, výsledků těhotenství, kvality lidských spermií, úmrtnost a vznik nádorových onemocnění.	Smyslem programu bylo objektivně zjistit, jaký má vliv znečištění životního prostředí, v prvé řadě ovzduší, na zdravotní stav populace v pánevních oblastech.	Znečištěné ovzduší významně ovlivňuje genetický materiál a reprodukční funkce, Negativně je ovlivněn vývoj zárodku v děloze - pravděpodobně ovlivňována i kvalita spermií, Potvrzení původního předpoklad, že ve znečištěné oblasti je zvýšený výskyt dětských nemocí, především onemocnění dýchacích cest a onemocnění alergických.
Přispívá znečištění vzduchu částicemi ke kojenecké úmrtnosti? Systematický přehled	Bylo zkoumáno spojení mezi znečištěním ovzduší částicemi PM a dětskou úmrtností. Systematický přehled porovávající výsledky z 15 studií z celého světa.	Studie má shrnout a hodnotit současnou úroveň epidemiologických důkazů o spojení mezi znečištěním ovzduší PM koncentracemi a kojeneckou úmrtností.	Byly zde důkazy, že pevnost spojení s částicemi se lišily podle podskupin dětské úmrtnosti. Zjištění souvislosti mezi úrovní PM a respirační post-novorozeneckou úmrtností jsou poměrně konzistentní napříč studii a regiony.
Přispívá respirační zdraví k účinkům dlouhodobé expozice znečištěním ovzduší na kardiovaskulární mortalitu?	Byla analyzována data od 4750 žen ve věku 55 let na začátku šetření v letech 1985-1994.	Cílem byl vyšetřování vlivu okolního částic na úmrtnost u osob ≥ 65 let. Cílem této studie bylo zjistit, zda respirační zdraví na počátku přispívá k účinkům dlouhodobé expozice vysoké úrovně znečištěním ovzduší na kardiovaskulární mortalitu u skupiny starších žen.	Respirační zdraví je prediktorem kardiovaskulární mortality. Ty ženy, u kterých následovala asi 15 let po základní vyšetření ve věku 55 let dlouhodobá imisní expozice, jejich zhoršené respirační zdraví bylo nezávisle spojeno se zvýšením kardiovaskulární úmrtnosti. Ženy s poruchou funkce plic nebo pre-existující onemocnění dýchacích cest měli vyšší riziko úmrtí z kardiovaskulárních příčin.
Krátkodobý vliv okolního částic na úmrtnost u starších pacientů: Aphea2	Byly zkoumány částice PM ₁₀ a BS, stejně tak denní počet úmrtí mezi osobami věku ≥ 65 let, kteří byli sledováni po dobu více než 5 let na počátku a uprostřed 90. let, ve 29 evropských městech.	Cílem bylo vyšetřit vliv okolního částic na úmrtnost u osob ≥ 65 let.	Okolní částice mají vliv na úmrtnost u starších lidí, se srovnatelným relativním rizikem nebo mírně vyšším, než ty které byly zaznamenány na celkové úmrtnosti. Účinky mezi seniory mají zvláštní význam, neboť lze předpokládat, že počet událostí bude mnohem větší, v porovnání s počtem úmrtí mezi mladší populací.
Venkovní částice a onemocnění dětským astmatem v Aténách	Bylo zkoumáno astma u dětí v Athénách.	Tato studie se zaměřila na zkoumání vlivu venkovní koncentrace PM ₁₀ na onemocnění astma v dětství v Aténách	Důkaz o nepříznivých účinků PM ₁₀ o sazbách pediatrické zhoršení nebo vzplanutí nemoci a hospitalizací. Čtyři-denní zpoždění účinku mezi maximální expozice PM ₁₀ a astma přijetí byla také pozorována u starších věkových skupin.
FP5	Mezi environmentální a zdravotní projekty financované z FP5, je zde uvedených 20 projektů, které přímo souvisejí s různými aspekty znečištění ovzduší	Obecným cílem výzkumu životního prostředí a zdraví v FP5 bylo studium zdravotních účinků znečištění ovzduší, hluku, prachu a vláken, těžkých kovů a dalších toxických chemikálií, UV záření a elektromagnetické záření, a najít způsoby, jak minimalizovat zdravotní rizika	Shrnutí 20 projektů tohoto programu je přehledně uvedeno v tabulce 2.

3.1 Porozumění problému

První fází dobývání znalostí na základě metodiky CRISP-DM je pochopení cílů úlohy z manažerského hlediska a její převod na úlohu dobývání znalostí. Manažerskou úlohou je hledání souvislostí mezi zdravotními údaji a prvky znečišťujícími ovzduší, které mohou zdravotní stav ovlivňovat, a modelování tohoto vlivu na regionální úrovni. Pokud by se podařilo definovat prvky, které ovlivňují zdraví, mohou získané znalosti sloužit například jako podklady pro stanovení směrnic o snížení emisí. [31]

3.2 Porozumění datům

Fáze porozumění datům začíná prvotním sběrem dat. Bylo nutné vyhledat důvěryhodné zdroje, jelikož data byla získávána ze sítě Internet. Následovaly činnosti, které umožnily získat základní představu o datech (např. první nahlédnutí a posouzení, zda-li data odpovídají celorepublikovým průměrům vystavených na stránkách Ministerstva zdravotnictví a Ministerstva životního prostředí ČR nebo na ČSÚ a Krajském úřadu Pardubického kraje, první grafy, pro lepší vizualizaci a další, viz kapitolu 3.2.1).

3.2.1 Získání dat

Mezi mnoha způsoby získání dat, mezi něž patří např. dotazníková šetření, měření, pozorování, atd. byla vybrána metoda stažení dat z webové stránky příslušného úřadu.

Data použita v této práci byla dvojího charakteru:

1. Data imisní: SO₂ (oxid siřičitý), PM₁₀ (jemné prachové částice menší než 10 μm), NO (oxid dusnatý), NO₂ (oxid dusičitý), NO_x (oxidy dusíku), O₃ (ozón), BZN (benzen).

Výběr právě těchto prvků byl na základě kapitoly 1.6. Důvodem výběru ne všech prvků znečišťujících ovzduší bylo, že nebyly dostupné údaje pro všechny roky anebo se měřící stanice nezabývá měřením dané látky.

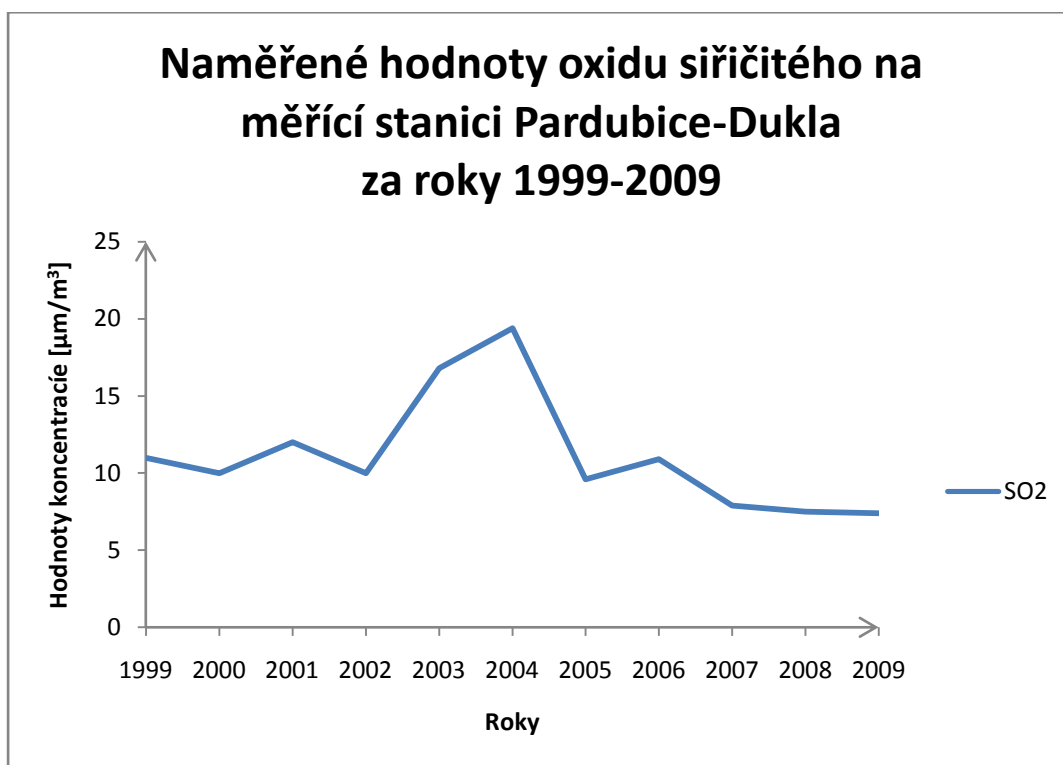
Hodnoty koncentrací jednotlivých prvků byla čerpána ze stránek ČHMÚ České republiky. Měřící stanice byla vybrána Pardubice-Dukla.

Chybějící hodnoty v časových řadách pro imisní látky mohou být způsobeny: [17]

- koncentrace látky byla příliš nízká až nulová,
- dále měření začalo až od nějakého roku (dříve se měření látky neprovádělo),
- z důvodu dovolené či nemoci pracovníků měřící stanice,
- výpadek, porušení měřícího přístroje.

Tato chybějící data mají z tohoto důvodu hodnotu nulovou, v programu Clementine je tato hodnota označeno \$null\$. Nahradit je průměrem by bylo zavádějící, jelikož není možné zjistit, kdy byla koncentrace téměř nulová a kdy data chybí z nějakého jiného důvodu. Tudíž pro rozbor dat byla vybrány pouze ty prvky, které byly dostupné pro všechny roky a to: SO₂, PM₁₀, NO₂, NO, NO_x, O₃, BZN.

Na grafu 2 jsou vidět naměřené roční hodnoty SO₂ pro roky 1999 až 2009. Na grafu je možné pozorovat zvýšení koncentrace této látky v letech 2003 a 2004, což se může projevit následně také ve zvýšeném počtu onemocnění. Toto bude úkolem zjistit v dalším rozboru dat. Graf s ostatními látkami znečišťující ovzduší se nalézá v příloze č. 3.



Graf 2 Naměřené hodnoty pro SO₂; [Zdroj: vlastní]

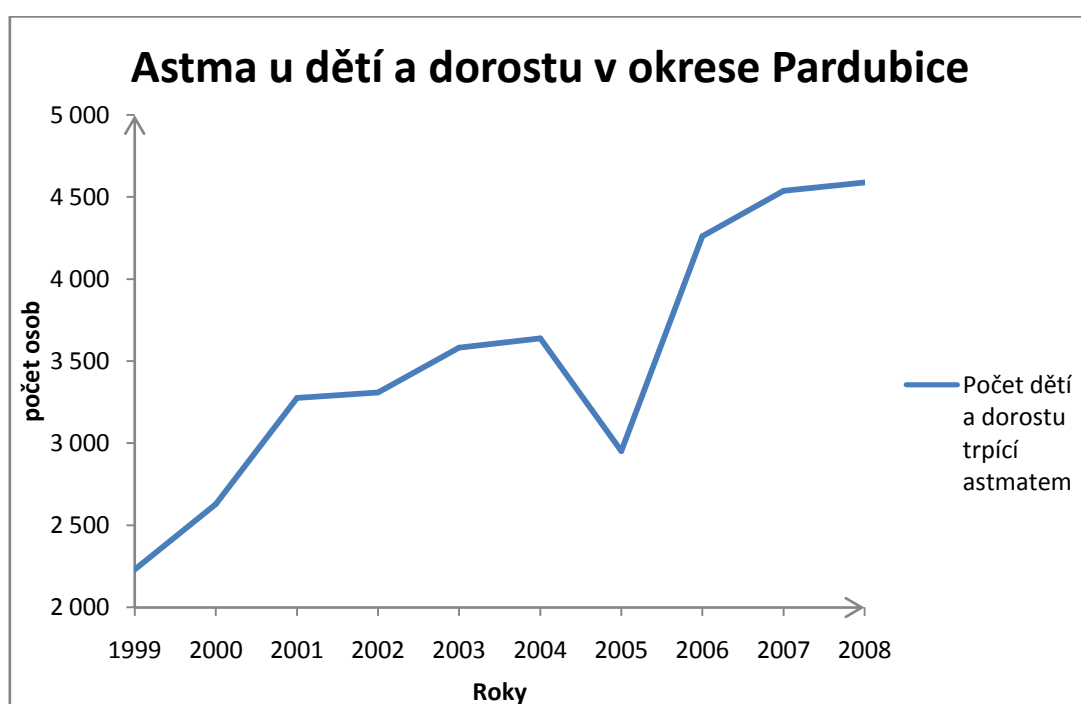
Data bylo možno zjistit u některých chemických prvků znečišťujících ovzduší hodinově, avšak to by nebylo vhodné pro další rozbor dat a vzhledem k ročním hodnotám zdravotních údajů, byla nutné použít pouze roční průměry i u těchto imisních dat. Tabulka s těmito dat se nalézá v příloze č. 4.

2. Data týkající se zdraví obyvatelstva: Dispenzarizovaní pacienti pro vybraná alergická onemocnění podle věku – Pardubický kraj, Hlášená onemocnění zhoubnými novotvory, Nemoci dýchací soustavy u dětí a dorostu, Zemřelí podle věku, Zemřelí

na novotvary, Zemřelí na nemoci oběhové soustavy, Počet živě narozených dětí, Zemřelí do 28 dnů, Počet narozených dětí s vrozenou srdeční vadou.

Důvod výběru těchto nemocí byly opět studie z kapitol 1.6 a 2. Tyto údaje jsou získány ze stránek Ústavu zdravotnických informací a statistiky, jímž zřizovatelem je Ministerstvo zdravotnictví, dále z ČSÚ. Zdravotnická data za Pardubický kraj nebo okres Pardubice jsou publikována s roční periodou, s kratším intervalem nebyly nalezeny. Tabulka s těmito údaji se nalézá v příloze č. 5.

Na grafu 3 je křivka se zvyšujícím počtem dětí a dorostu trpících astmatem v okrese Pardubice. V kapitole Modelování se bude zjišťovat, zda-li tato zvyšující tendence nemá souvislost s vyšší emisí škodlivých látek do ovzduší.



Graf 3 Počet dětí a dorostu trpící astmatem v okrese Pardubice, [Zdroj: vlastní]

3.2.2 Datový slovník

V tabulce 5 jsou vypsány všechny atributy, se kterými se pracovalo v programu, ve formě datového slovníku.

Tabulka 5 Datový slovník, [Zdroj: vlastní]

č.	Ukazatel	Typ proměnné	Type	Rozsah	Měrná jednotka	Definice ukazatele
1.	Rok	kategorizovaná	Order set	<1999;2008>	rok	Měřené období
2.	HOZN hrtanu	spojitá	Range	<7;12>	osoby	Hlášená onemocnění zhoubnými novotvarami hrtanu
3.	HOZN plic	spojitá	Range	<48;122>	osoby	Hlášená onemocnění

						zhoubnými novotvary plic
4.	NDS 0-14	spojitá	Range	<4243;8079>	osoby	Počet dětí ve věku 0-14 trpících nemocemi dýchací soustavy
5.	NDS 15-19	spojitá	Range	<1304;3242>	osoby	Počet mladistvých ve věku 15-19 trpících nemocemi dýchací soustavy
6.	Astma	spojitá	Range	<2230;4588>	osoby	Počet dětí a mladistvých trpících astmatem
7.	Zemřelí 0-14	spojitá	Range	<2;7>	osoby	Celkový počet zemřelých dětí
8.	Zemřelí 15-65	spojitá	Range	<170;215>	osoby	Celkový počet zemřelých osob ve věku 16-65
9.	Zemřelí 65+	spojitá	Range	<654;722>	osoby	Celkový počet zemřelých nad 65 let
10.	Kojenecká úmrtnost	spojitá	Range	<2;5>	osoby	Počet zemřelých do 28 dnů života
11.	Zemřelí celkem	spojitá	Range	<;>	osoby	Počet osob zemřelých celkem
12.	Vrozená vada	spojitá	Range	<37;85>	osoby	Počet dětí narozených se vrozenou srdeční vadou
13.	Úmrtnost na novotvary	spojitá	Range	<374;1695>	osoby	Celková úmrtnost na všechny novotvary
14.	Úmrtnost-NOS	spojitá	Range	<804;951>	osoby	Úmrtnost na nemoci dýchací soustavy
15.	Hospitalizovaní-NDS	spojitá	Range	<1397;1759>	osoby	Počet hospitalizovaných pacientů na nemoci dýchací soustavy
16.	Hospitalizovaní na NOS	spojitá	Range	<3881;4727>	osoby	Počet hospitalizovaných pacientů na nemoci oběhové soustavy
17.	SO2	spojitá	Range	<7,4;19,4>	µm/m ³	Oxid siřičitý
18.	PM10	spojitá	Range	<26,1;40,9>	µm/m ³	Hrubé částice s aerodynamickým průměrem větším než 2,5 µm
19.	NO2	spojitá	Range	<18,0;23,1>	µm/m ³	Oxid dusičitý
20.	NO	spojitá	Range	<5,2;10,3>	µm/m ³	Oxid dusnatý
22.	NOx	spojitá	Range	<27,9;38,9>	µm/m ³	Oxidy dusíku
23.	BZN	spojitá	Range	<1,0;3,4>	µm/m ³	Benzen
24.	O3	spojitá	Range	<43,9;55,5>	µm/m ³	Ozón

3.3 Příprava dat

Dále se přistoupilo k přípravě a úpravě dat, aby bylo možné s daty pracovat, načíst do programu a dalo se nad nimi provádět experimentování.

3.3.1 Úprava dat

Vzhledem k přehlednosti modelu vytvořeného v dataminingovém programu Clementine, byla co možná největší úprava dat provedena v nástroji MS Excel. Vzhledem

k exaktnosti výsledků by měly mít data stejný základ. Všechna data byla nalezena v reálných číslech, tudíž nebylo nutné přepočítávat na společný základ. Další úprava souvisela s formátem požadovaným programem Clementine.

Po načtení dat do programu, byl nejdříve připojen k základnímu souboru se zdravotními daty uzel „Data Audit“, kde jsou zobrazeny histogramy, minimální a maximální hodnota každého atributu, střední hodnota, šikmost a počet validních hodnot, viz obrázek 5. „Data audit“ pro imisní data se nalézá v příloze č. 6.

Na jednotlivých histogramech na obrázku 5 je možné zhruba poznat rozložení hodnot u všech atributů v souboru. Jsou zde také viditelné odlehle a extrémní hodnoty. Je třeba data poznat, aby odlehle a extrémní hodnoty neovlivňovaly další zpracování. V posledním sloupci je možné zkontrolovat, jestli nechybí údaj v časové řadě. Pokud ano, je tento chybějící údaj nutno nahradit, viz dále.

Field	Graph	Type	Min	Max	Mean	Std. Dev	Skewness	Unique	Valid
NDS 15-19		Range	1304	3242	1985.556	668.866	0.938	--	9
Astma		Range	2230	4588	3500.300	790.317	-0.014	--	10
PN-chřipka		Range	1731.900	11539.100	6296.770	3519.640	0.307	--	10
PN-zánět plic		Range	122.900	237.000	181.050	32.021	-0.007	--	10
PN-bronchitida		Range	99.900	227.200	174.510	45.598	-0.028	--	10
PN-astma		Range	186.700	288.500	255.670	32.162	-1.100	--	10
Zemělí 0-14		Range	2	7	4.500	1.716	-0.330	--	10
Zemělí 15-65		Range	170	215	193.700	16.187	-0.190	--	10
Zemělí 65+		Range	659	722	683.000	22.005	1.149	--	10
kojenecka úmrtnost		Range	2	5	3.333	1.118	0.537	--	9
Vrozená vada		Range	37	85	65.300	14.119	-0.941	--	10

Obrázek 5 Data audit zdravotních dat, [Zdroj: vlastní]

U zdravotních dat byly chybějící hodnoty u atributů NDS 15-19, Kojenecká úmrtnost, Hospitalizovaní NDS, Hospitalizovaní NOS. Byly nahrazeny průměrnou hodnotou, která se získala ze sloupce Mean, z obrázku 5. Jelikož se jedná o osoby, byly průměry zaokrouhleny na celá čísla. Vzhledem k přehlednosti modelu byly tyto úpravy dodatečně provedeny v MS Excelu.

Spojení dat proběhlo pomocí uzlu „Merge“, tento uzel spojil tabulky s imisními a zdravotními daty pomocí společného atributu Rok, viz příloha č. 7.

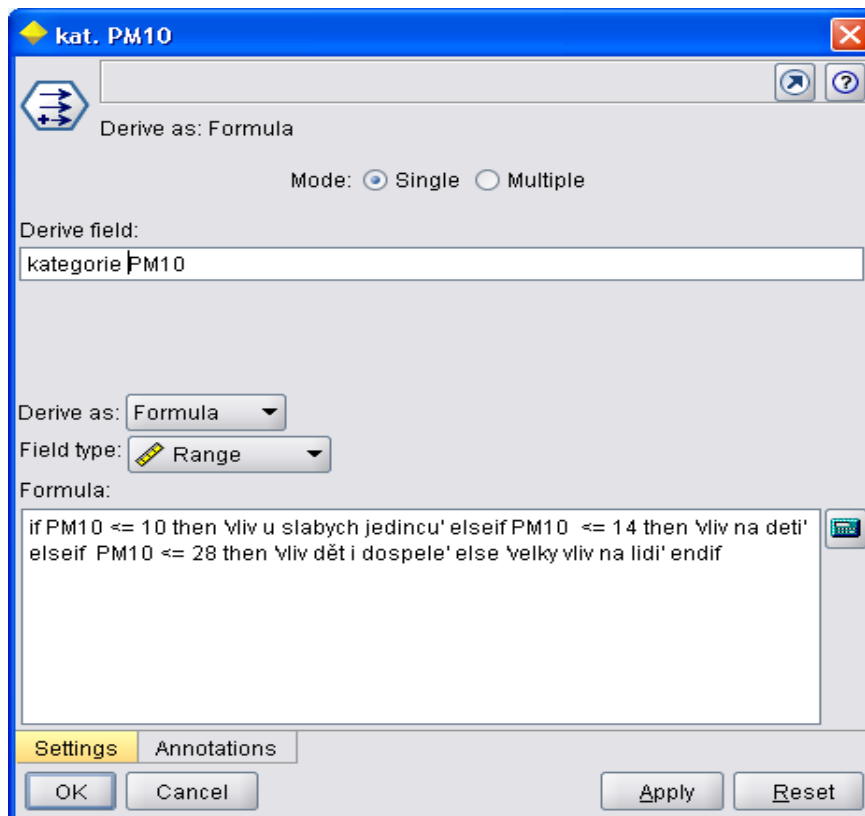
Data s látkami znečišťujícími ovzduší musela být kvůli některým modelům transformována ze spojitě řady na data kategorizovaná. Imisní data byla kategorizována dle tabulky 6 a tabulky 7. Tabulka 6 obsahuje imisní limity podle ČHMÚ a v tabulce 7 jsou limity podle Směrnice Evropského parlamentu a rady ze dne 21. května 2008 o kvalitě vnějšího ovzduší a čistším ovzduší pro Evropu. Podle těchto tabulek byly překročeny roční hodnoty na stanici Pardubice-Dukla u prachových částic PM₁₀ a u NO₂. Formule na transformaci hodnot je na obrázku 6. Zdravotní data byla transformována pomocí histogramu, který se zobrazil přidáním uzlu „Histogram“ k tabulce s těmito daty, viz příloha č. 9.

Tabulka 6 Imisní limity pro ochranu zdraví dle ČHMÚ, [29]

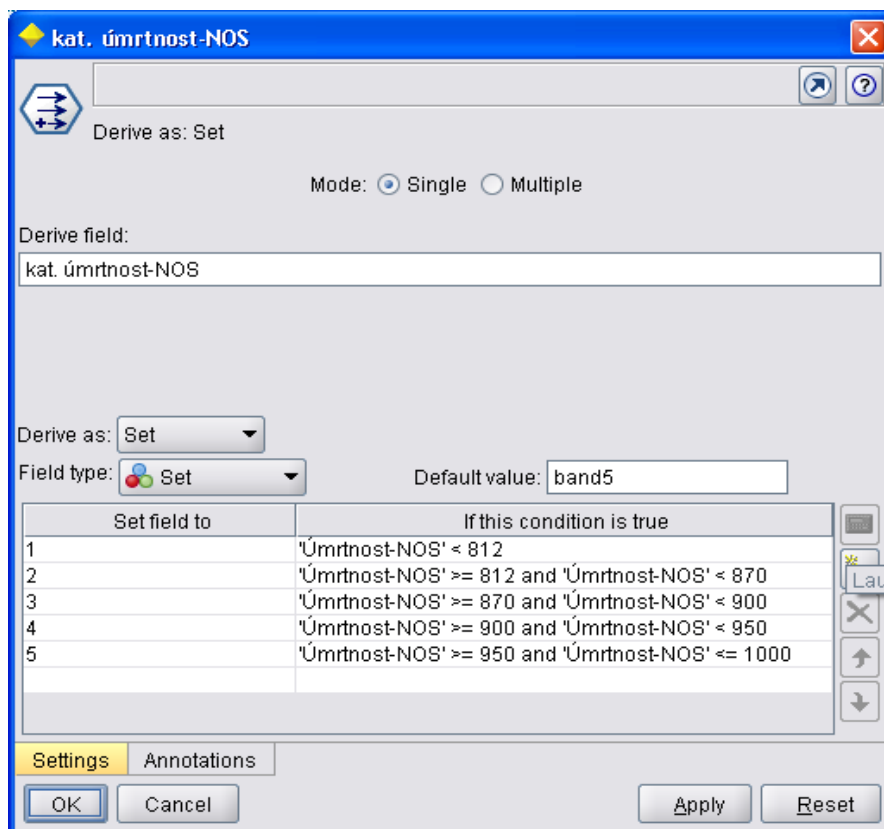
Znečišťující látka	Doba průměrování	Mez pro posuzování [$\mu\text{m}/\text{m}^3$]		Imisní limity [$\mu\text{m}/\text{m}^3$] LV
		Dolní LAT	Horní UAT	
SO ₂	1 hodina			350 max. 24x za rok
	24 hodin	50 max. 3x za rok	75 max. 3x za rok	125 max. 3x za rok
PM ₁₀	24 hodin	20 max. 7x za rok	30 max. 7x za rok	50 max. 35x za rok
	kalendářní rok	10	14	40
NO ₂	1 hodina	100 max. 18x za rok	140 max. 18x za rok	200 max. 18x za rok
	kalendářní rok	26	32	40
Pb	kalendářní rok	0,25	0,35	0,5
CO	max. denní 8hod. klouzavý průměr	5 000	7 000	10 000
Benzen	kalendářní rok	2	3,5	5

Tabulka 7 Imisní limity podle Směrnice 2000/50/ES, [29]

Znečišťující látka	Doba průměrování	Mez pro posuzování [$\mu\text{m}/\text{m}^3$]		Imisní limity [$\mu\text{m}/\text{m}^3$] LV
		Dolní LAT	Horní UAT	
PM ₁₀	24 hodin	25 max. 7x za rok	35 max. 7x za rok	50 max. 35x za rok
	kalendářní rok	20	28	40
PM _{2,5}	kalendářní rok	12	17	25 cílová hodnota
				25 mezní hodnota



Obrázek 6 Transformace spojitých hodnot na kategorizované u PM₁₀, [Zdroj: vlastní]



Obrázek 7 Kategorizace zdravotních dat, [Zdroj: vlastní]

3.4 Modelování

Nyní nad daty bude prováděno několik experimentů pomocí statistických metod, dataminingových metod a metod SC, na základě kterých se bude hledat a vyhodnocovat, zda-li mají látky znečišťující ovzduší vliv na zdraví obyvatelstva na regionální úrovni. Tyto metody jsou následující: korelace, regresní analýza, rozhodovací stromy a asociační pravidla. Další metody jako neuronové sítě či Kohonenovy samoorganizující se mapy, shluková analýza byly provedeny, avšak výsledky se zde neuvádějí, kvůli malé vstupní datové matici nebo nevhodnosti. Jak bylo řečeno v úvodu této 3. kapitoly, výsledky experimentování budou ohodnoceny jen některé.

3.4.1 Korelační analýza

Korelace měří těsnost vztahu, závislosti mezi dvěma proměnnými (i a j). Byl zde použit nejznámější koeficient, a to Pearsonův korelační koeficient ρ_{ij} . Jde o bezrozměrnou veličinu, která může nabývat hodnot mezi -1 a 1. Vyjadřuje pouze závislost lineárního vztahu. [8]

První korelace ověřovala, zda existuje korelační vztah mezi jednotlivými prvky znečištění ovzduší. Např. oxid dusičitý je korelován s ostatními primárními i sekundárními zplodinami, proto při posuzování jeho působení nelze určit, zda se jedná o nezávislý vliv NO_2 nebo spíše působení celé směsi látek, tj. včetně prašného aerosolu, uhlovodíků, ozónu a dalších látek. [7] V tabulce 8 jsou uvedeny korelace mezi jednotlivými prvky a potvrdil se předpoklad, že NO_2 koreluje s PM_{10} a NO a NO_x při nastavení závislost 0 - 0,33 jako Weak (slabá závislost), 0,34 - 0,68 jako Medium (střední), 0,69 - 1 jako vztah Strong (silná). U benzenu vyšla pouze slabá závislost, proto zde není uveden.

Tabulka 8 Korelace mezi jednotlivými látkami znečišťující ovzduší, [Zdroj: vlastní]

Látka	Korelované látky	Pearsonův koeficient	Závislost
SO_2	PM_{10}	0,232	Weak
	NO_2	0,589	Medium
	NO_x	0,777	Strong
	NO	0,696	Strong
	O_3	0,591	Medium
PM_{10}	SO_2	0,232	Weak
	NO_2	0,655	Strong
	NO_x	0,250	Weak
	NO	0,307	Weak
	O_3	0,279	Weak

NO ₂	SO ₂	0,589	Medium
	PM ₁₀	0,655	Strong
	NO _x	0,763	Strong
	NO	0,731	Strong
	O ₃	0,261	Weak
NO _x	SO ₂	0,777	Strong
	PM ₁₀	0,250	Weak
	NO ₂	0,763	Strong
	NO	0,908	Strong
	O ₃	0,347	Weak
NO	SO ₂	0,696	Strong
	PM ₁₀	0,307	Weak
	NO ₂	0,731	Strong
	NO _x	0,908	Strong
	O ₃	0,469	Weak
O ₃	SO ₂	0,591	Medium
	PM ₁₀	0,279	Weak
	NO ₂	0,261	Weak
	NO _x	0,347	Weak
	NO	0,469	Weak

Při dalším testování korelace, a to korelace mezi prvky a ukazateli zdraví, Pearsonův koeficient vypočítal pár významných lineárních závislostí, a to závislost mezi, PM₁₀ a HOZN plic, NO₂ a HOZN plic, NO₂ a Zemřelí mezi 0-14 let, NO a počty Zemřelí 0-14, O₃ a Hospitalizovaní-NDS, což koresponduje s tabulkou 3. Ostatní vztahy byly slabé a střední, viz tabulka 9. Avšak tyto ještě korelace neznamenají příčinný vztah, ale pouze lineární závislost.

Vzhledem ke zvýšeným koncentracím (překračující imisní limity) suspendovaných částic PM₁₀, což může způsobovat nárůst celkové nemocnosti i úmrtnosti, zejména kardiovaskulárního systému, zvýšení počtu osob hospitalizovaných pro onemocnění dýchacího ústrojí, zvýšení kojenecké úmrtnosti, zvýšení výskytu kašle a ztíženého dýchání – zejména u astmatiků (viz kapitola 1.6.3), se očekávalo více silných nebo středních závislostí. U kojenecké úmrtnosti byl nalezen pouze střední vztah u prvku NO₂.

Tabulka 9 Korelace mezi prvky a zdravotním stavem, [Zdroj: vlastní]

Látka	Korelované veličiny	Pearsonův koeficient	Závislost	Látka	Korelované veličiny	Pearsonův koeficient	Závislost
SO ₂	HOZN plic	0,055	Weak	NO _x	HOZN plic	0,444	Weak
	NDS 0-14	-0,269	Weak		NDS 0-14	0,026	Weak
	Astma	-0,144	Weak		Astma	0,186	Weak
	Zemřelí 0-14	-0,265	Weak		Zemřelí 0-14	-0,596	Medium
	Zemřelí 65+	0,211	Weak		Zemřelí 65+	-0,035	Weak
	Kojenecká úmrtnost	0,499	Weak		Kojenecká úmrtnost	0,397	Weak
	Vrozená vada	-0,138	Weak		Vrozená vada	0,084	Weak
	Úmrtnost-NOS	-0,190	Weak		Úmrtnost-NOS	-0,428	Weak
	celková úmrtnost	-0,217	Weak		celková úmrtnost	-0,180	Weak
	Hospitalizovaní-NDS	-0,340	Weak		Hospitalizovaní-NDS	-0,281	Weak
PM ₁₀	HOZN plic	0,656	Strong	NO	HOZN plic	0,504	Weak
	NDS 0-14	0,083	Weak		NDS 0-14	0,001	Weak
	Astma	-0,089	Weak		Astma	0,039	Weak
	Zemřelí 0-14	-0,617	Medium		Zemřelí 0-14	-0,668	Strong
	Zemřelí 65+	-0,259	Weak		Zemřelí 65+	0,224	Weak
	Kojenecká úmrtnost	0,192	Weak		Kojenecká úmrtnost	0,464	Weak
	Vrozená vada	-0,099	Weak		Vrozená vada	-0,010	Weak
	Úmrtnost-NOS	-0,186	Weak		Úmrtnost-NOS	-0,406	Weak
	celková úmrtnost	-0,465	Weak		celková úmrtnost	0,060	Weak
	Hospitalizovaní-NDS	-0,382	Weak		Hospitalizovaní-NDS	-0,391	Weak
NO ₂	HOZN plic	0,710	Strong	O ₃	HOZN plic	-0,027	Weak
	NDS 0-14	0,255	Weak		NDS 0-14	-0,592	Medium
	Astma	0,184	Weak		Astma	-0,595	Medium
	Zemřelí 0-14	-0,707	Strong		Zemřelí 0-14	-0,116	Weak
	Zemřelí 65+	0,056	Weak		Zemřelí 15-65	0,303	Weak
	Kojenecká úmrtnost	0,567	Medium		Kojenecká úmrtnost	0,359	Weak
	Vrozená vada	-0,248	Weak		Vrozená vada	-0,417	Weak
	Úmrtnost-NOS	-0,445	Weak		Úmrtnost-NOS	0,238	Weak
	celková úmrtnost	-0,217	Weak		celková úmrtnost	0,044	Weak
	Hospitalizovaní-NDS	-0,211	Weak		Hospitalizovaní-NDS	-0,862	Strong

3.4.2 Regresní analýza

Regrese popisuje vztah (závislost) dvou a více kvantitativních (popř. ordinálních) proměnných formou funkční závislosti. [30]

Regresní analýza zkoumá, jak je variabilita jedné proměnné (Y) vysvětlena variabilitou druhé proměnné (X).

Jednoduchý model lineární regrese vypadá takto:

$$Y_i = \alpha + \beta * x_i + E,$$

kde E jsou nezávislé náhodné veličiny, β je směrnice regresní přímky, α je konstantní parametr přímky.

Očekávaná hodnota Y pro dané X:

$$\hat{Y} = E(Y|x),$$

vyjadřuje změny podmíněné střední hodnoty jedné náhodné veličiny při změně hodnot druhé náhodné veličiny.

Odhad modelu:

$$Y = A + B * x,$$

bodové odhady A, B se získají metodou nejmenších čtverců. [30]

Jednoduchá lineární regrese

Jednoduchá lineární regrese řeší trendy mezi dvěma atributy, ale neřeší závislosti mezi všemi vstupy a výstupy. Proto tato metoda pravděpodobně není nejvhodnější, pro řešení tohoto problému, výsledky nejsou jasné a komplexní. Vztahy mezi atributy nemusí být lineární, a proto aproximace hodnot polynomu prvního řádu neovlivní tyto závislosti. [8]

Byla zde použita lineární regrese mezi všemi atributy a roky. Výsledky lineární regrese, resp. bodové odhady pro jednotlivé zdravotní a imisní ukazatele jsou vypsány v tabulce 10.

Tabulka 10 Parametry lineární regresní funkce, [Zdroj: vlastní]

Výstup y	Parametr a	Parametr b
Kojenecká úmrtnost	161,2	-0,0788
NDS 0-14	404,103	-803730,121
NDS 15-19	197,236	-393177,455
Astma	233,279	-463873,752
Úmrtnost-NOS	-13,897	28696,079
Úmrtnost novotvary	27,612	-54775,285
Hospitalizování NDS	-29,042	59813,097
Hospitalizování NOS	-16,715	37726,606
HOZN plic	4,770	-9469,988
Celková úmrtnost	1,806	-2737,242
SO2	-0,305	622,274
PM10	0,205	-379,734

NO	0,00267	-45,967
NOx	0,00958	-160,410
NO2	0,159	-297,632
BZN	-0,00424	87,017
O3	-0,602	1259,437

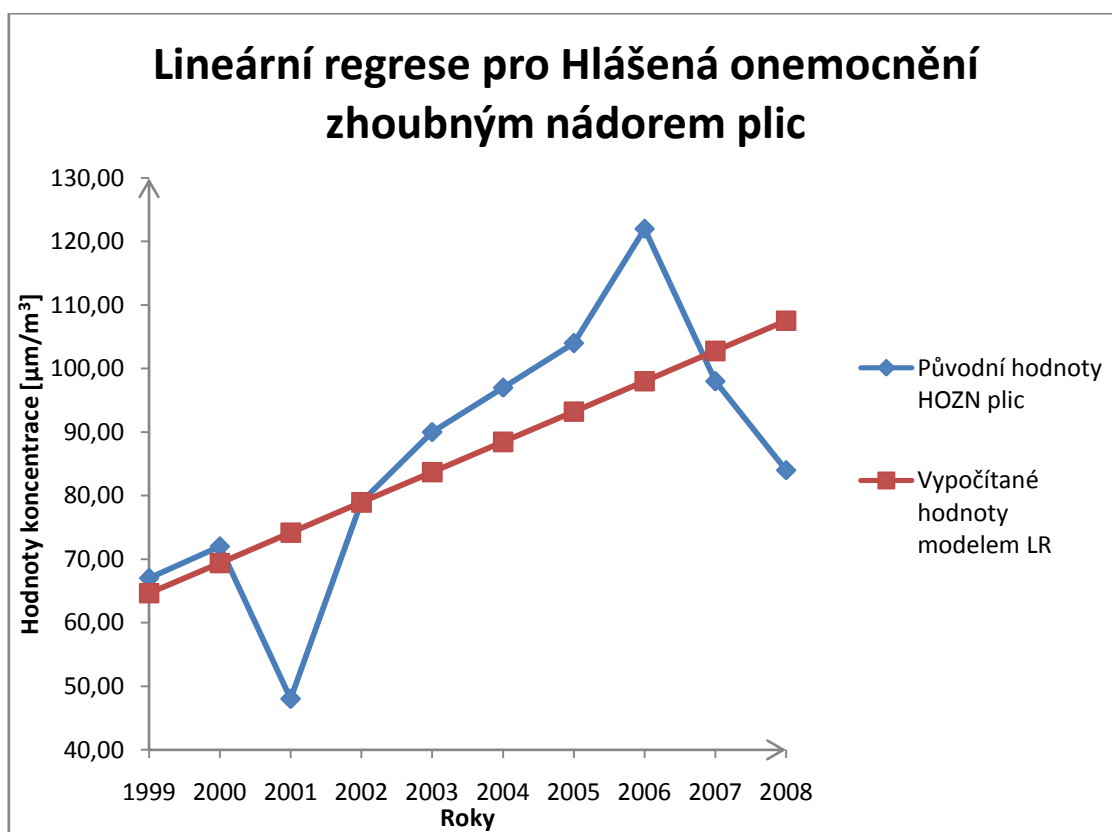
Parametr b říká, kolik činí y, když se změní x. V tomto případě např.: kolik budou činit HOZN plic, když se změní rok. Jestliže se za x dosadí např. rok 2012, rovnice lineární přímky bude vypadat takto:

$$\text{HOZN plic}_{2012} = -9469,988 + 4,770 * 2012$$

Výsledek činí 127,252 a tento výsledek bude predikovaná hodnota pro rok 2012. Na grafu 4 je modře znázorněná regresní přímka. Červená křivka jsou původní hodnoty HOZN plic. V tabulce 11 jsou znázorněny původní hodnoty atributu „HOZN plic“ a vypočítané pomocí lineární regrese.

Tabulka 11 Spočítané hodnoty modelem LR v programu Clementine, [Zdroj: vlastní]

Rok	Původní hodnoty HOZN plic	Vypočítané hodnoty modelem LR
1999	67	64,64
2000	72	69,41
2001	48	74,18
2002	79	78,95
2003	90	83,72
2004	97	88,48
2005	104	93,25
2006	122	98,02
2007	98	102,79
2008	84	107,56



Graf 4 Lineární regrese pro HOZN plic, [Zdroj: vlastní]

Vícenásobná regresní analýza

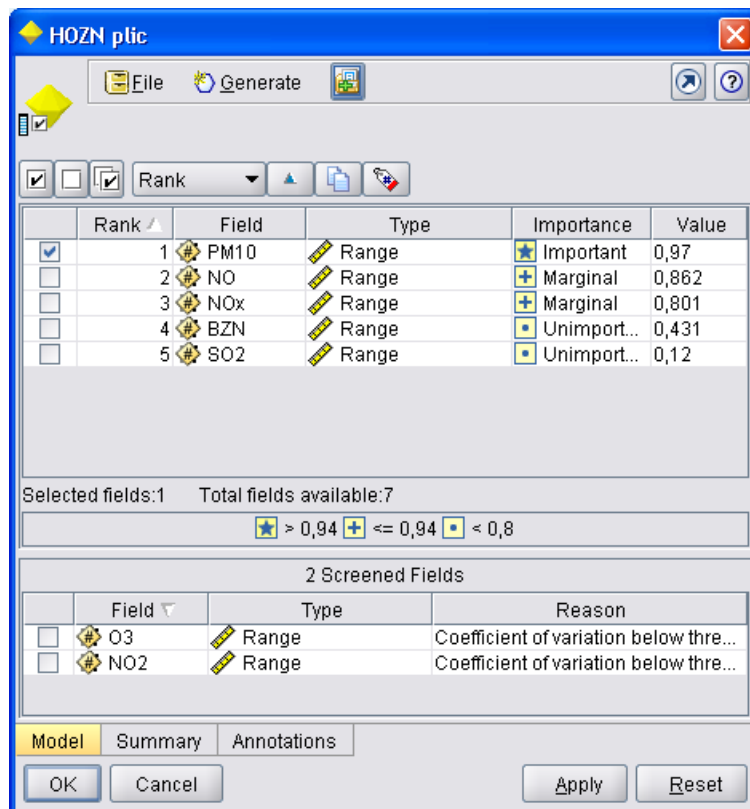
Výstupy vícerozměrné regresní analýzy dobře popisují vztahy mezi ukazateli. To je zřejmé na grafu 5, který zahrnuje vztah mezi vstupy (PM_{10} , NO_x) a výstupem HOZN plic.

Aby bylo zřejmé, jak je vybraný zdravotní ukazatel korelován s prvky znečišťující ovzduší, byl uzlem „Feature selection“ proveden výpočet. Např. zvolený zdravotní ukazatel onemocnění zhoubným nádorem plic, který mohou ovlivňovat podle studií z kapitoly 1.6 a kapitoly 2 prvky PM_{10} a NO_2 , zde byl vyhodnocen důležitý vliv (Important) u prvku PM_{10} a střední (Marginal) u NO a NO_x , viz obrázek 8. Jelikož je prvek NO_x součtem NO_2 a NO (viz kapitola 1.6.2) a je silně i korelován s těmito prvky (viz tabulka 8), byly tudíž do vícerozměrné regresní analýzy jako vstupní data zahrnuty pouze prvky PM_{10} a NO_x . Výstup bude sloužit také k modelování účinků vstupních atributů pro vybrané zdravotní ukazatele.

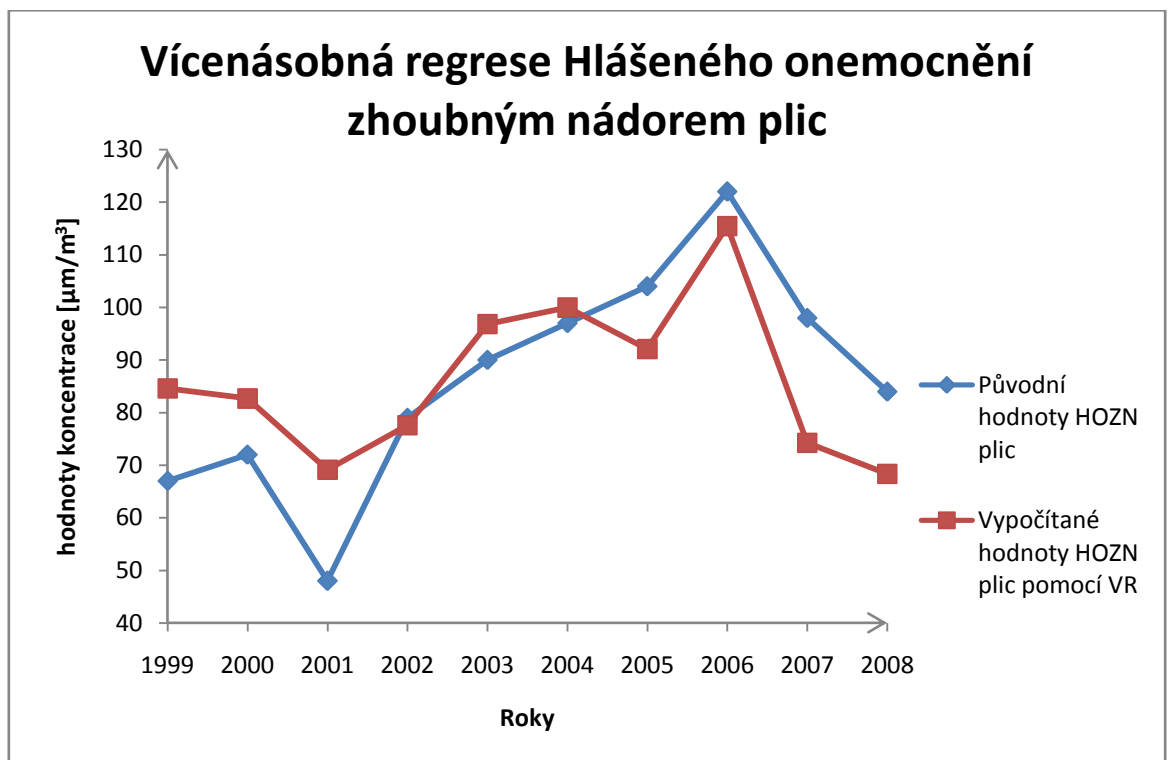
Rovnice vícenásobné regresní funkce pro výstup HOZN plic je:

$$Y = 2,604 * PM_{10} + 1,942 * NO_x$$

Průběh této funkce je vidět na grafu 5. Je nepochybné, že jde o lepší aproximaci.



Obrázek 8 Výstupy modelu „Feature selection“, [Zdroj: vlastní]



Graf 5 Vícenásobná regrese HOZN plíc, [Zdroj: vlastní]

3.4.3 Rozhodovací stromy

Rozhodovací stromy, metoda umělé a výpočetní inteligence, jsou klasifikační systémy založené na pravidlech. A jelikož to je metoda učení s učitelem, je potřeba zadat vstupy a výstupy. [31] Vzhledem k malému počtu dat, výsledky metody nemusí být odpovídající

skutečnosti a tento postup může být brán pouze jako postup, jak by se tento problém dal řešit s větší množinou vstupních dat.

Rozhodovací strom můžeme definovat jako stromový graf (strom), kde každý nelistový uzel stromu představuje test hodnoty atributu a větve vedoucí z tohoto uzlu možné výsledky testu. [31]

Obecný algoritmus pro rozhodovací stromy je Top Down Induction of Decision Trees (TDIDT). Kroky TDIDT algoritmu jsou následující:

1. zvolí jeden atribut jako kořen dílčího stromu;
2. data v tomto uzlu rozdělí na podmnožinu podle hodnot zvoleného atributu a přidá uzel pro každou podmnožinu;
3. pokud existuje uzel, pro který nepatří všechny data do téže třídy, pro tento uzel opakuje postup od kroku 1, jinak skončí.

Pro větvení používá pojmy z teorie informace a pravděpodobnosti: entropie, informačního zisku, poměrného informačního zisku, Chi-square testu, Giniho indexu a dalších. [31]

Grafické zobrazení stromu (stromové grafy) pomáhá lepšímu pochopení výsledku a vztahu a v praxi tak usnadňuje jejich rozhodování i laickým uživatelům. Stromové grafy dovoluji vizuálně prozkoumat výsledky a posoudit vhodnost modelu. Rozhodovací strom lze poměrně snadno převést na rozhodovací pravidla.

Byly použity dva algoritmy rozhodovacích stromu a to, C&RT – umožňuje kromě klasifikace i regresi a je to binární strom, pracuje se spojitými daty i kategorizovanými, a C5.0 umožňuje práci s numerickými atributy, chybějícími hodnotami, převod na pravidla i prořezávání. [31],[32]

Jako vstupní atributy do rozhodovacího stromu s algoritmem C5.0 byly opět zadány prvky PM_{10} , NO_x a výstupem byla kategorizovaná data atributu HOZN plic. Důvod výběru vstupů a výstupů je opět z tabulky 3 a tabulky 4.

Rules for 2 – contains 1 rule(s)
Rule 1 for 2
if $NO_x > 28,800$ and $NO_x \leq 31$
then 2
Rules for 3 – contains 1 rule(s)
Rule 1 for 3

if PM10 <= 33,600 then 3
Rules for 4 – contains 1 rule(s)
Rule 1 for 4
if PM10 > 33,600 then 4
Default: 3

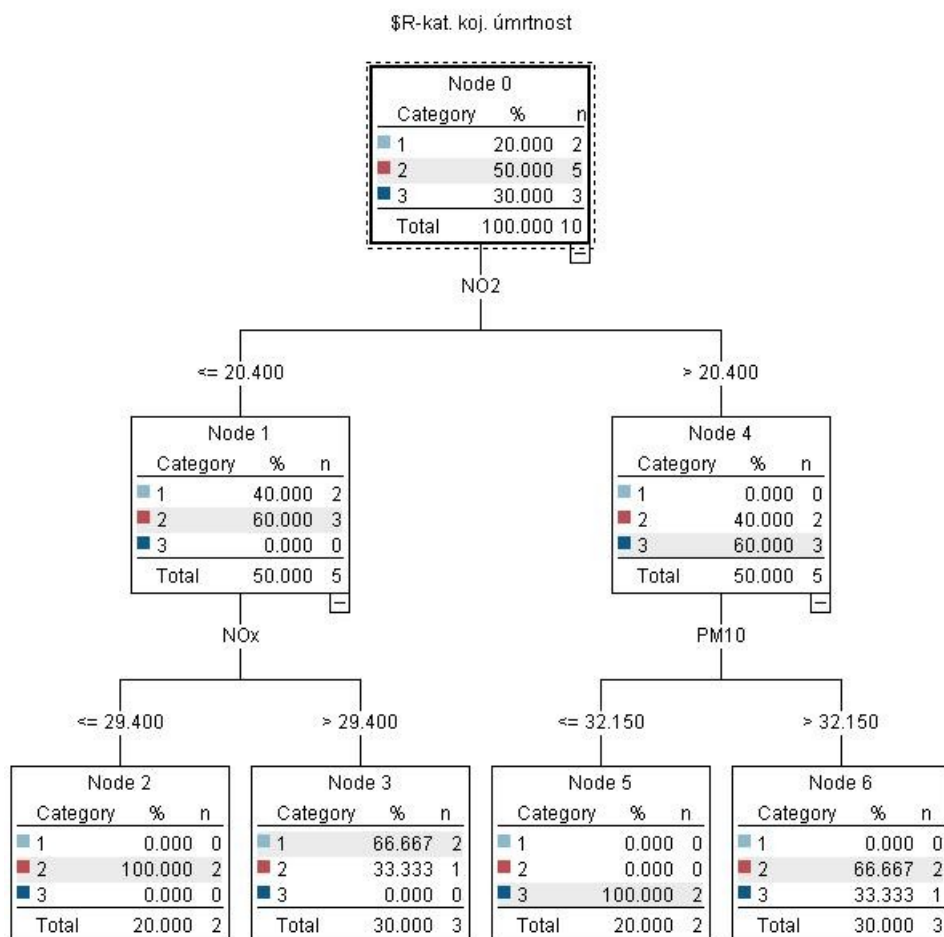
V rámečku jsou uvedeny pravidla po klasifikaci pomocí rozhodovacího stromu C5.0. Po převedení do věty zní například čtvrté pravidlo takto: Jestliže hodnota koncentrace PM₁₀ je větší než 33,6, potom Hlášené onemocnění zhoubným nádorem plic je ve 4. skupině (rozdělení do skupin HOZN plic se nalézá v příloze č. 8). Toto pravidlo potvrdilo, že pokud je vysoká koncentrace PM₁₀, je vysoké i respirační onemocnění. Toto bylo konstatováno i v projektu AHEA2, viz kapitola 2.3.

U algoritmu C&RT se zjišťovalo, do jaké skupiny bude zařazena kojenecká úmrtnost při určité koncentraci látek znečišťujících ovzduší. Byl zde připojen oproti předcházejícímu stromu i prvek NO₂ vzhledem k větvení.

Podle studie „Přispívá znečištění vzduchu částicemi ke kojenecké úmrtnosti? Systematický přehled“ byly nalezeny souvislosti s částicemi PM₁₀ a kojeneckou úmrtností. Zde byly nalezeny souvislosti, že pokud koncentrace PM₁₀ budou větší než 32,15 µm/m³, budou dvě hodnoty zařazeny do kategorie 2 kojenecké úmrtnosti, jestliže NO₂ je vyšší nežli 20,4 µm/m³, budou zařazeny 3 hodnoty kojenecké úmrtnosti do kategorie 3 a 2 hodnoty do 2. Kategorie kojenecké úmrtnosti.

Následující pravidla v rámečku přepisují větvení stromu, který je na obrázku 9.

NO2 <= 20,400 [Mode: 2]
NOx <= 29,400 [Mode: 2] => 2
NOx > 29,400 [Mode: 1] => 1
NO2 > 20,400 [Mode: 3]
PM10 <= 32,150 [Mode: 3] => 3
PM10 > 32,150 [Mode: 2] => 2



Obrázek 9 Rozhodovací strom algoritmu C&RT pro kojeneckou úmrtnost, [Zdroj: vlastní]

3.4.4 Asociační pravidla

Poslední část experimentování se týká asociačních pravidel. Konkrétně zde byl použit GRI algoritmus. Tento algoritmus generuje asociační pravidla ve formě IF předchůdce (antecedent) THEN následovník (consequent). Informační obsah je základní pravidlo pro generování. Ten je měřen pomocí indexu, který bere v úvahu podporu (support) i důvěru (confidence) pravidla. [8] Podpora zobrazí předchůdce podpory, to znamená, že podíl například ID, pro které předchůdci jsou pravdivé. Důvěra zobrazuje poměr pravidla podpory k podpoře předchůdce. To znamená, že podíl ID se specifikovaným předchůdcem, pro které následovníky je také pravda. Lift zobrazuje poměr důvěry pro pravidlo k předchozí pravděpodobnosti mající následovník.

Tento algoritmus požaduje, aby data byla kategorizovaná, především následovník (consequent). Na obrázku 7 jsou vidět výsledky kategorizace, hraniční hodnoty jednotlivých kategorií byly zvoleny pomocí histogramu (viz příloha č. 9) vyznačením hranic a následně příkazu Generate/Derive node.

Výsledkem jsou asociační pravidla, kde na straně předchůdců jsou imisní látky – PM10, NO2 a na straně následovníků jsou kategorizovaná zdravotní data – HOZN plic, zemřelí 0-14, celková úmrtnost, astma, úmrtnost na NOS, viz tabulka 12.

. Rozdělení do kategorií se nalézá v příloze č. 6. Byla zde ponechána pravidla s parametry „lift“ > 1,7 a „support“ > 10 % z původních 56 pravidel.

Interpretace prvního řádku tabulky může znít následovně: jestliže je koncentrace PM₁₀ větší než 34,549, potom HOZN plic se rovná 4. kategorii s podporou 20 % a důvěrou 100 %, což se nemůže považovat za pravdivý výraz. To může být způsobeno malou vstupní číselnou řadou – bylo vysvětleno na začátku této 3. kapitoly.

Tato metoda může poskytnout možné informace o dopadech vstupních atributů (prvků znečišťujících ovzduší) na zdravotní ukazatele. Podpora, důvěra a lift jsou také velmi důležité hodnoty, které charakterizují kvalitu a konzistenci vypočtených pravidel.

Tabulka 12 Generované pravidla pomocí algoritmu GRI, [Zdroj: vlastní]

Consequent	Antecedent	Support %	Confidence %	Lift
kat. HOZN plic = 4	PM10 > 34.549999	20	100	5
kat zemřelí 0-14 = 1	NO2 > 22.5	20	100	5
kat. úmrtnost-NOS = 3	NO2 < 20.4 and PM10 > 27.5	20	100	5
kategorie astma = 4	PM10 < 26.6	20	100	5
kat. HOZN plic = 2	NO2 < 21.5 and PM10 < 32.15 and PM10 > 27.5	30	100	3,3 33
kat. HOZN plic = 2	PM10 < 32.15 and NO2 < 21.5 and PM10 > 27.5	30	100	3,3 33
kat. HOZN plic = 2	PM10 < 32.15 and PM10 > 27.5 and NO2 < 21.5	30	100	3,3 33
kategorie astma = 3	NO2 > 21.5	30	100	3,3 33
kat. HOZN plic = 2	NO2 < 21.5 and NO2 < 20.4 and PM10 > 27.5	20	100	3,3 33
kategorie astma = 3	PM10 > 32.15 and NO2 > 21.5	20	100	3,3 33
kategorie astma = 2	NO2 < 20.9 and NO2 > 19.8	20	100	3,3 33
kat. úmrtnost-NOS = 2	PM10 > 32.15	30	100	2,5
kat. HOZN plic = 3	PM10 < 26.6	20	100	2,5
kat. HOZN plic = 2	PM10 < 32.15 and PM10 > 27.5	40	75	2,5
kategorie celk. úmrtnost = 4	NO2 < 20.9 and NO2 > 18.8	40	75	2,5
kategorie astma = 3	PM10 > 32.15	30	66,67	2,2 22
kat. HOZN plic = 1	NO2 < 18.8	20	50	5
kat zemřelí 0-14 = 4	NO2 < 18.8	20	50	5

kat. úmrtnost-NOS = 4	NO2 < 18.8	20	50	5
kategorie celk. úmrtnost = 3	NO2 < 18.8	20	50	5
kat zemřelí 0-14 = 2	PM10 < 26.6	20	50	2,5
kategorie astma = 1	NO2 < 18.8	20	50	2,5

3.5 Hodnocení modelování

Nyní bude shrnuta tato kapitola, především výsledky z části 3.4 Modelování, jakožto další fázi z metodiky CRISP-DM, podle které se zde pracovalo.

První fází bylo porozumět problému z hlediska manažerského, tedy hlavně stanovit si cíle práce. Cíl této části byl tedy pomocí dataminingového nástroje, jestli nejsou mezi zdravotními údaji a imisními daty skryté souvislosti na regionální úrovni.

Další dvě fáze byly o porozumění datům a přípravě dat. Zde byla data vyhledána, porovnána, stažena, vyjádřena na grafech a upravena do požadované podoby. Po načtení do programu Clementine zde byly udělány operace nutné k dalšímu modelování – transformace dat spojitých na kategorizované.

První experimentování, které bylo nad daty provedeno, ve fázi modelování, byla korelace pomocí Pearsonova koeficientu korelace. Zjišťovala se korelace mezi jednotlivými látkami, které znečišťují ovzduší a dále pak mezi těmito látkami a zdravotním stavem obyvatel okresu Pardubice. U první zmiňované korelace bylo vypočteno pár silných lineárních závislostí mezi jednotlivými prvky znečišťující ovzduší. U druhé korelace bylo nalezeno pouze pár silných vztahů, které odpovídají výsledkům již provedených studií. Některé korelace mezi prvky, u kterých se očekávala, na základě kapitol 1.6 a 2, silná závislost, se nepotvrdily. U této analýzy nejde však o příčinný vztah, ale pouze lineární.

U dalšího modelování, kdy by byla použita regresní analýza, se již zjišťoval příčinný vztah. Nejdříve byla provedena lineární regrese, kde vstupními hodnotami byly roky a výstup byly všechny zdravotní atributy. Výsledky této regrese byly rovnice přímek s parametry A a B pro jednotlivé zdravotní atributy. Tato metoda není však pro potřeby této práce příliš vhodná, neříká nic o příčinném vztahu, je vhodná například pro přibližnou predikci v budoucím čase. Zato vícenásobná regrese již lépe přibližuje a aproximuje naměřené hodnoty, viz graf 5, a tudíž i predikovaná hodnota by měla být přesnější.

Vstupní hodnoty do tohoto modelu vícenásobné regrese byly prvky znečišťující ovzduší, které korelovali se zkoumaným zdravotním stavem.

Další experimentování provedené nad daty byly rozhodovací stromy. Byly zde použity k výpočtu větvení algoritmy C5.0 a C&RT. Tyto modely zobrazují data v podobě stromu, kde každý uzel určuje kritérium pro následné rozdělení dat do jednotlivých větví, jsou tak rozděleny veškerá vstupní data do segmentů. Data, která jsou zařazena do určitého segmentu, se vyznačují shodnými vlastnostmi. U algoritmu C&RT v programu Clementine je toto rozdělení možno prohlédnout jak ve formě pravidel, tak ve formě grafické. U C5.0 pouze ve formě pravidel. Některá pravidla byla v rozporu.

A poslední experimentování, které bylo hodnoceno, byly asociační pravidla. Byl zde použit GRI algoritmus, který vyžaduje kategorizovaná data. Bylo zde nalezeno několik zajímavých pravidel. Některé si však protirečí, např. jestliže $\text{NO}_2 < 20.4$ a $\text{PM}_{10} > 27.5$, potom bude úmrtnost na nemoci oběhové soustavy rovna 3. kategorii, viz tabulka 12, tzn. pokud bude nižší koncentrace NO_2 , může způsobit vyšší úmrtnost.

4 Závěr

V této práci autorka, jako svůj přínos, modelovala a vyhodnocovala vliv kvality ovzduší daného hodnotami koncentrací vybraných prvků emitovaných do ovzduší na zdravotní stav obyvatelstva okresu Pardubice pomocí dataminingového softwaru. Cílem bylo experimentovat nad daty, vyhledat skryté souvislosti v datech, a porovnat výsledky se závěry jiných studií.

Dále si kladla za úkol vysvětlit základní pojmy, které se týkaly tématu této práce. V první kapitole byly vysvětleny pojmy: modelování, model, DM, SC, zdraví, zdravotní riziko – jak se riziko měří a charakterizace rizik – dělení na látky s prahovým působením a karcinogenní látky, životní prostředí, kvalita životního prostředí a především kvalita ovzduší. Byl zde zmíněn ISKO, který soustřeďuje a všeobecně zpřístupňuje naměřená data z významných sítí monitorujících látky znečišťující venkovní ovzduší v České republice, i REZZO. S tematikou také souvisejí indikátory zdraví a životního prostředí, aby se daly například vyměňovat informace mezi zeměmi nebo měřit úroveň vyspělosti daným indikátorem. Poslední a důležitou částí této kapitoly byly vybrané látky (prvky), které vypouštějí různě velké zdroje do ovzduší a způsobují znečištění ovzduší. Následné vdechování tohoto znečištěného vzduchu může způsobovat nebo zhoršovat zdravotní stav, zejména u slabší populace. Látky, které mohou ohrožovat lidské zdraví, byly vybrány následující: oxid siřičitý (SO₂), oxidy dusíku (NO_x - NO₂, NO), suspendované částice PM₁₀, a látky s karcinogenními účinky (As, Ni, C₆H₆ a PAU). Tyto látky byly předmětem ne mála studií, které se zabývaly jejich vlivem na lidský organismus, a které jsou zde také zmíněny u každého prvku.

Ve druhé kapitole bylo formou rešerše vypsáno šest studií, které se zabývaly vlivem znečištění ovzduší na zdraví obyvatelstva na lokální, regionální až globální úrovni. Výzkumy uvádějí vždy s určitou mírou spolehlivosti, jak ovlivnily, nebo mohou ovlivnit, látky znečišťující ovzduší lidské zdraví. Tyto studie se staly autorce předlohou pro modelování a porovnavatelem výsledků v kapitole 3.4 Modelování.

Kapitola 3 byla shrnuta v podkapitole 3.5. Výsledky, ke kterým se dospělo v této kapitole, mohou být ovlivněny malým počtem dat poskytnutých důvěryhodnými zdroji - Ministerstvem zdravotnictví, Ministerstvem životního prostředí ČR, ČSÚ a ČHMÚ, na svých internetových stránkách. Při experimentování však byly nalezeny určité souvislosti mezi prvky znečišťujícími ovzduší a zdravotním stavem obyvatelstva okresu Pardubice. Toto modelování vzhledem k zmíněnému problému, může být použito jako postup, jak by se dalo k problému přistupovat v praxi, a to je i přínosem této práce. Cíl práce byl splněn.

Symboly a zkratky

APHEA – Air Pollution and Health – European Approach

BS – Black Smoke (černý kouř)

CAA – Children Asthma Admission (onemocnění astmatem v dětství)

COPD – Chronic Obstructive Pulmonary Disease (oboustrané obstruktivní onemocnění)

CRISP-DM – Cross-Industry Standard Process of Data Mining

CSF – Cancer Slope Factor (směrnice rakovinového rizika)

ČHMÚ – Český hydrometeorologický ústav

ČSÚ – Český statistický úřad

DM – Data Mining

EMEP – European Monitoring and Evaluation Program

ENHIS – Environment and Health Information System

FEV1 – Forced Expiratory Volume in One Second (usilovně vydechnutý vzduch za jednu sekundu)

FP5 – Frame Program 5

HQ – Hazard Quotient (koeficient nebezpečnosti)

IARC – International Agency for Research on Cancer

ILCR – Individual Lifetime Cancer Risk (celoživotní vzestup pravděpodobnosti vzniku nádorového onemocnění)

ISKO – Informační systém kvality ovzduší

PR – poměr rizika

REZZO – Registr emisí a zdrojů znečišťování ovzduší

SC – Soft Computing (výpočetní inteligence)

SIDS – Sudden Infant Death Syndrome (syndrom náhlého úmrtí kojenců)

SPŽP – Státní politika životního prostředí

UCR – Unit of Cancer Risk (jednotka rakovinového rizika)

VOC – Volatile Organic Compounds (skupina těkavých organických sloučenin)

WHO – World Health Organization (Světová zdravotnická organizace)

Literatura

- [1] ČAPEK, Jan. *Modelování ekonomických a sociálních procesů : pro kombinovanou formu studia*. Pardubice : Univerzita Pardubice, 2006. 103 s.
- [2] KŘUPKA, Jiří. *Teorie systémů I - pro kombinovanou formu studia*. Pardubice : Univerzita Pardubice, 2007. 140 s.
- [3] ŠIMONOVÁ, Stanislava. *Modelování procesů a dat pro zvyšování kvality*. Pardubice : Univerzita Pardubice, 2009. 192 s.
- [4] PETR, Pavel. *Data Mining : Díl I.*. Vyd. 2. Pardubice : Univerzita Pardubice, 2008. 139 s.
- [5] OLEJ, Vladimír. *Modelovanie ekonomických procesov na báze výpočtovej inteligencie / Vladimír Olej*. Vyd. 1. Hradec Králové : Miloš Vognar - M&V, 2003. 159 s. ISBN 80-90324-9-1.
- [6] *Státní zdravotní ústav* [online]. 2011 [cit. 2011-03-23]. Hygiena životního prostředí. Dostupné z WWW: <www.szu.cz>.
- [7] *Hodnocení zdravotních rizik ze znečištění ovzduší v České republice v roce 2009. Odhad zdravotních rizik pro ČR* [online]. 2010, VIII, [cit. 2011-03-23]. Dostupný z WWW: <http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/ovzdusi/dokumenty_zdravi/rizika_CRi_2009.pdf>.
- [8] JIRAVA, Pavel; OBRŠÁLOVÁ, Ilona. *Effect of the quality of the enviroment on the human health*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2011. Modeling the Effects of the Quality of the Environment on the Health of a Selected Population, s. 400.
- [9] KOTULÁN, J. (1991). *Zdraví a životní prostředí*. Prague, Czech rep.: Avicenum
- [10] CENIA : česká informační agentura životního prostředí [online]. 2008 [cit. 2011-03-30]. Zpráva o životním prostředí České republiky v roce 2007. Dostupné z WWW: <[http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/CENMSFRV7ZP5/](http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/CENMSFRV7ZP5/)>.
- [11] Česká a Slovenská republika. Zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí. In *Sbírka zákonů*. 1998, s. 6.
- [12] D. L. JOHNSON, P. Lamb et al. Meanings of environmental terms. *Journal of Environmental Quality* [online]. 1997, 26, [cit. 2011-03-23]. Dostupný z WWW: <<https://www.agronomy.org/>>.
- [13] Evropa. SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2008/50/ES ze dne 21. května 2008 o kvalitě vnějšího ovzduší a čistším ovzduší pro Evropu. In *Úřední věstník Evropské unie*. 2008, 152, s. 44.

- [14] Státní zdravotní ústav [online]. 2010 [cit. 2011-04-15]. Hodnocení zdravotních rizik ze znečištění ovzduší v České republice v roce 2009. Dostupné z WWW: <http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/ovzdusi/dokumenty_zdravi/rizika_CRI_2009.pdf>.
- [15] Ministerstvo životního prostředí [online]. 2008 - 2011 [cit. 2011-04-30]. Dostupné z WWW: <<http://www.mzp.cz>>.
- [16] Státní zdravotní ústav [online]. 2011 [cit. 2011-03-30]. Hygiena životního prostředí. Dostupné z WWW: <<http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi>>.
- [17] Český hydrometeorologický ústav České republiky : Úsek ochrany čistoty ovzduší [online]. 2010 [cit. 2011-03-29]. Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2009. Dostupné z WWW: <<http://old.chmi.cz/uoco/isko/groc/gr09cz/obsah.html>>.
- [18] JIŘÍK, Vítězslav. Metodika hodnocení zdravotních rizik kontaminantů komunálního ovzduší. In *ZdravRiz.pdf* [online]. KHS Ostrava, březen 2001 [cit. 2011-06-22]. Dostupné z WWW: <http://envis.prahamesto.cz/rocnky/DZ_OO/pril_reserse/08_ZdravRiz.pdf>.
- [19] *Cenia : ISSaR* [online]. 2007 [cit. 2011-06-24]. Indikátory životního prostředí pro hodnocení Státní politiky životního prostředí 2004-2010. Dostupné z WWW: <<http://issar.cenia.cz/issar/page.php?id=126>>.
- [20] Methodological Guidelines for a Core and Extended Sets of Indicators. unedited version. Bonn : WHO European Centre for Environment and Health, 2007. 137 s.
- [21] STRACH, Jiří. ENVIS : Informační servis o životním prostředí v Praze [online]. 19.12.2006 [cit. 2011-04-01]. Indikátory udržitelného rozvoje hl. m. Prahy. Dostupné z WWW: <[http://envis.prahamesto.cz/\(ov4dljuumtktv155hcad3d55\)/default.aspx?ido=5916&sh=844017659](http://envis.prahamesto.cz/(ov4dljuumtktv155hcad3d55)/default.aspx?ido=5916&sh=844017659)>.
- [22] Směrnice pro kvalitu ovzduší v Evropě. Regionální publikace WHO [online]. 1987, Evropská řada č. 23, [cit. 2011-05-01]. Dostupný z WWW: <http://www.ecmost.cz/ver_cz/ovzdusi/smernice/>.
- [23] ŠRÁM, Radim J. *Teplice Program : Impact of air pollution on human health*. Vyd. 1. Praha : Academia, 2001. 318 s. Dostupné z WWW: <<http://www.sysifos.cz/index.php?id=vypis&sec=1170058174>>.
- [24] GLINIANAIA, Setlana, et al. *NCBI : PubMed.gov* [online]. 2004 [cit. 2011-06-17]. Does particulate air pollution contribute to infant death? A systematic review. Dostupné z WWW: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15471726>>.
- [25] AGA, E., SAMOLI, E., TOULOUMI, G., et al. Short-term effects of ambient particles on mortality in the elderly: results from 28 cities in the APHEA2 project.

- The European Respiratory Journal* [online]. May 1, 2003, no. 40 suppl 28s-33s, [cit. 2011-06-23]. Dostupný z WWW: <http://erj.ersjournals.com/content/21/40_suppl/28s.abstract>.
- [26] SCHIKOWSK, T., SUGIRI, D., RANFT, U., et al. *NCBI : PubMed.gov* [online]. 2007, Mar 7 [cit. 2011-06-22]. Does respiratory health contribute to the effects of long-term air pollution exposure on cardiovascular mortality?. Dostupné z WWW: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17343725>>.
- [27] NASTOS, P.T., PALIATSOS, A.G., ANTHRACOPOULOS, M.B., et al. *NCBI : PubMed.gov* [online]. 2010 Jul 28 [cit. 2011-06-23]. Outdoor particulate matter and childhood asthma admissions in Athens, Greece: a time-series study. Dostupné z WWW: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20667130>>.
- [28] EU Research on Environment and Health : Results from projects funded by the Fifth Framework Programme. In *Env_health_brochure.pdf*. Luxembourg : Office for Official Publications of the European Communities, 2007. s. 236. ISBN –978-92-79-05359-7.
- [29] Český hydrometeorologický ústav [online]. c2010 [cit. 2011-06-24]. Imisní limity podle nařízení vlády 597/2006 Sb. Dostupné z WWW: <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/info/limity_CZ.html>.
- [30] KUBANOVÁ, Jana. *Statistické metody pro ekonomickou a technickou praxi*. Bratislava : Statis, 2003. 247 s.
- [31] KŘUPKA, Jiří. Modelování kvality života pomocí rozhodovacích stromů. *E+M Ekonomie a Management* [online]. July 1, 2010, [cit. 2011-06-17]. Dostupný z WWW: <<http://www.faqs.org/periodicals/201007/2144070111.html>>.
- [32] BAŤA, Robert, et al. ; Vladimír Olej, Ilona Obršálová, Jiří Křupka (eds.) *Modelling of selected areas of sustainable development by artificial intelligence and soft computing : regional level*. Praha : Grada, 2009. 152 s.

PŘÍLOHY

**PŘÍLOHA Č. 1 : Ukázka Indikátory životního prostředí
pro hodnocení Státní politiky životního prostředí 2004-2010**

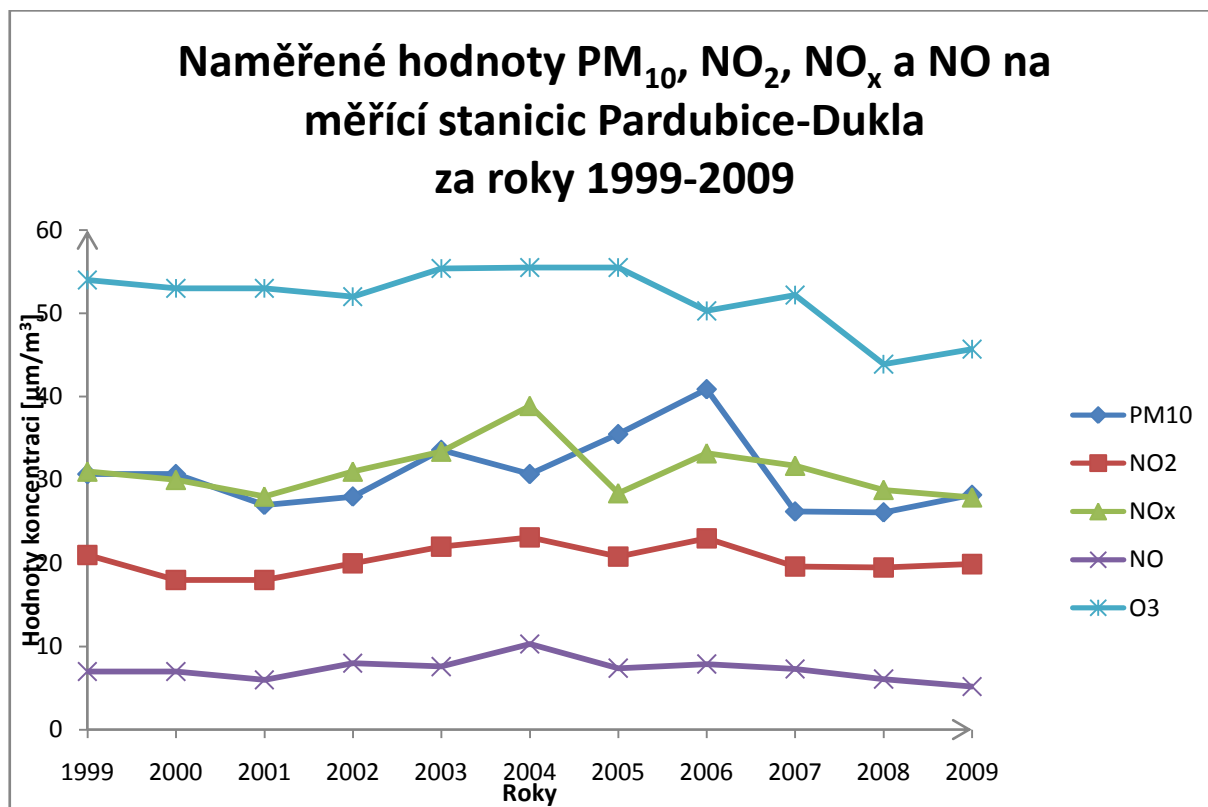
Indikátor	zdroj dat	ČR									Cíle SPŽP stanovené v roce 2004		Hodnocení plnění cílů k 12/2006	
		1990	1994	1998	1999	2000	2002	2003	2004	2005	Žádoucí stav 2005	Žádoucí trend 2010	Reálný stav 2005	Dosavadní trend
B) Environmentální indikátory														
8) Emise oxidu uhličitého (CO₂)														
- emise v t CO ₂ na 1000 USD HDP	ČHMÚ ČSÚ	1,09	0,94	0,86	0,80	0,81	0,74	0,75	0,71	0,66	pokles	pokles	😊	pokles (v posledních letech nižší tempo)
- emise v t CO ₂ na obyvatele	ČHMÚ ČSÚ	15,63	11,90	12,22	11,41	11,87	11,55	11,99	11,98	11,83	11	pokles	😞	stagnace
- emise CO ₂ na jednotku TSPEZ (t CO ₂ /toe)	ČHMÚ ČSÚ	3,26	3,12	3,14	3,04	3,13	2,91	2,84	2,78	2,77	2,9	pokles	😊	pokles
9) Emise oxidu siřičitého (SO₂)														
- emise v kg SO ₂ na 1000 USD HDP	ČHMÚ ¹⁾ ČSÚ	13,80	9,55	3,00	1,80	1,71	1,49	1,40	1,32	1,20	1,5	pokles	😊	pokles
- emise v tunách SO ₂ na km ² území	ČHMÚ ¹⁾ ČSÚ	23,50	16,13	5,51	3,36	3,31	3,01	2,93	2,89	2,78	3	pokles	😊	pokles
- emise v kg SO ₂ na obyvatele	ČHMÚ ¹⁾ ČSÚ	178,50	123,20	42,36	25,87	25,47	23,27	22,66	22,30	21,36	22	pokles	😊	pokles
10) Emise oxidů dusíku (NO_x)														
- emise v kg NO _x na 1000 USD HDP	ČHMÚ ¹⁾ ČSÚ	4,11	2,46	1,93	1,87	1,83	2,00	2,01	1,89	1,52	2	pokles	😊	pokles
- emise v tunách NO _x na km ² území	ČHMÚ ¹⁾ ČSÚ	7,00	4,16	3,56	3,48	3,53	4,03	4,22	4,14	3,52	3,9	pokles	😊	po stagnaci pokles
- emise v kg NO _x na obyvatele	ČHMÚ ¹⁾ ČSÚ	53,20	31,85	27,32	26,76	27,25	31,18	32,57	31,91	27,06	30	pokles	😊	po stagnaci pokles
11) Ovzduší ve městech														
- průměrná roční koncentrace SO ₂ (µg/m ³), u ČR rozmezí 9 měst	ČHMÚ ²⁾	23-60	12-41	8-20	6-12	5-10	13-17	9,7-16,9	6,5-13,9	-	4-9	pokles	😊	stagnace
- průměrná roční koncentrace NO ₂ (µg/m ³), u ČR rozmezí 9 měst	ČHMÚ ²⁾	19,78	18-38	22-33	20-33	17-33	24-44	19,0-50,8	17,7-76,0	21,8-75,6	15-30	pokles	😞	stagnace
- průměrná roční koncentrace PM10 (µg/m ³), u ČR rozmezí 9 měst	ČHMÚ						19-53	26,5-58,6	24,2-58	31-58,4				není v SPŽP - návrh na zařazení, rostoucí trend
- připojení na veřejnou kanalizaci (% populace)	ČSÚ	72,6	73,0	74,4	74,6	74,8	77,4	77,7	77,9	79,1	80	růst	😊	růst
- z toho čištěno (% populace)	ČSÚ ⁸⁾	50,3	54,7	61,6	62,4	64	69,8	70,7	71,1	72,98	72	růst	😊	růst
-- jen mechanicko-biologicky (% populace)	ČSÚ EUROSTAT ⁹⁾				62,40		14,8	15,8	17,87	16,85	-	-		růst
-- do třetího stupně (% populace)	ČSÚ EUROSTAT ⁹⁾				8-10*		54,9	54,8	52,9	55,9	-	-		růst
14) Lesy a lesní hospodářství														
- plocha lesů (% rozlohy státu)	ČÚZK	33,35	33,34	33,40	33,40	33,44	33,51	33,52	33,54	33,56	33,7	růst	😊	růst
- intenzita využívání zdrojů dřeva, těžba jako podíl celkového běžného přírůstu	ČSÚ ÚHÚL ¹⁰⁾	0,78	0,67	0,76	0,76	0,73	0,72	0,75	0,77	0,75	0,7	pokles	😞	stagnace
- roční těžba, změna vzhledem k roku 1980 (=100%)	ČSÚ ÚHÚL	-2,2	-12,3	2,7	4,2	6,0	6,7	11,1	14,5	13,8	-	-		růst
- roční celkový běžný přírůstek, změna vzhledem k roku 1980 (=100%)	ÚHÚL	-0,6	4,3	7,6	9,9	15,8	18,3	18,1	18,7	19,9	20	-	😊	růst

PŘÍLOHA Č. 2 Skupiny karcinogenity látek

Tabulka 13 Kvalitativní odhad (dle IARC), [18]

Skupina	Kvalitativní odhad
1	Látky prokazatelně karcinogenní pro člověka
2	Látka pravděpodobně karcinogenní pro člověka
2A	alespoň omezená průkaznost pro člověka a postačující průkaznost pro zvířata
2B	nedostatečná průkaznost pro člověka a postačující průkaznost pro zvířata
3	Látky neklasifikované z hlediska karcinogenity pro člověka

PŘÍLOHA Č. 3 Graf hodnot koncentrací prvků PM₁₀, NO₂, NO_x, NO



Graf 6 Hodnoty koncentrací látek, [Zdroj: vlastní]

PŘÍLOHA Č. 4 Tabulka s hodnotami koncentrací látek znečišťujících ovzduší

Tabulka 14 Hodnoty koncentrací látek znečišťujících ovzduší, [Zdroj: vlastní]

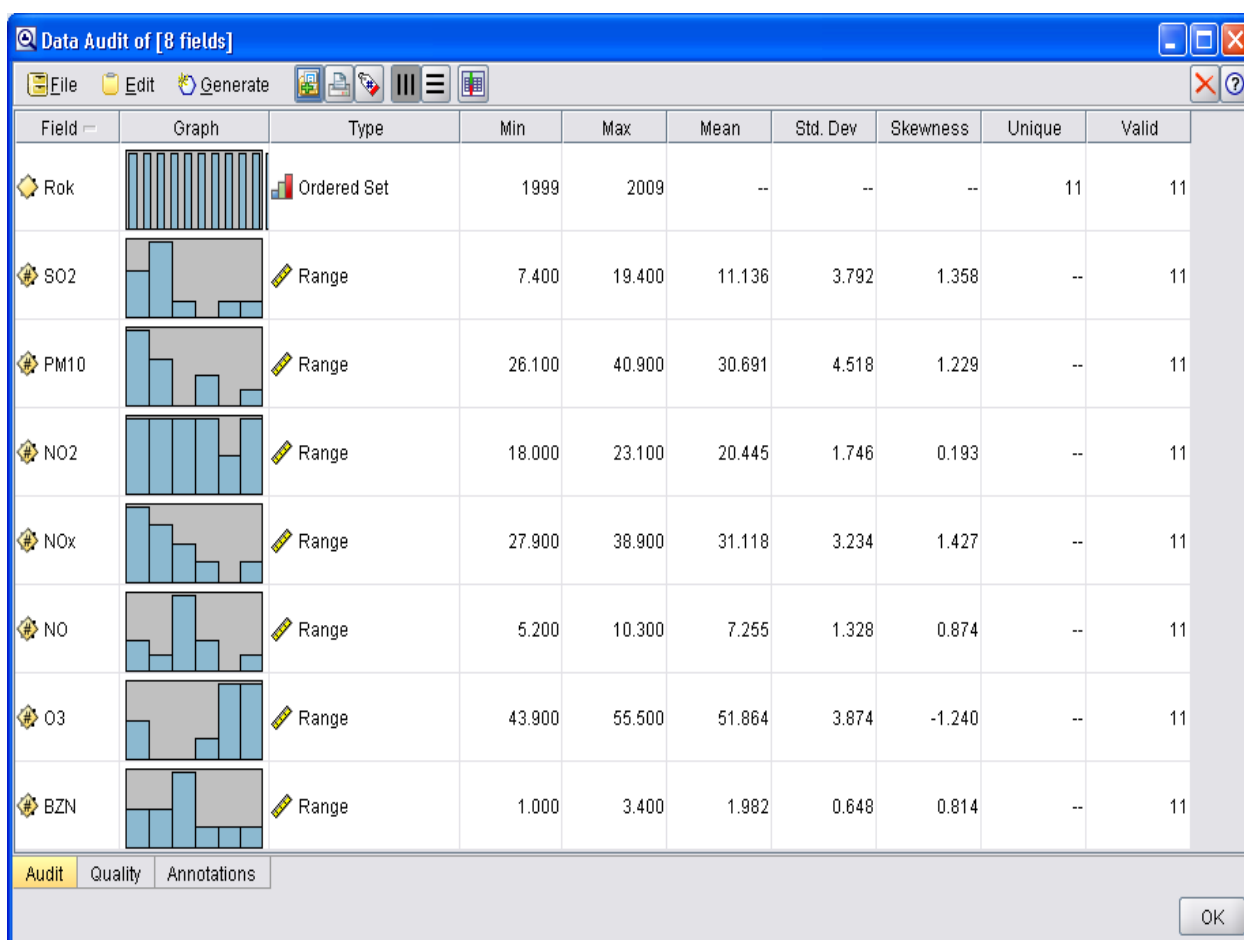
Roky	SO ₂	PM ₁₀	NO ₂	NO _x	NO	O ₃	BZN
1999	11,00	30,70	21,00	31,00	7,00	54,00	1,50
2000	10,00	30,70	18,00	30,00	7,00	53,00	2,10
2001	12,00	27,00	18,00	28,00	6,00	53,00	2,00
2002	10,00	28,00	20,00	31,00	8,00	52,00	2,00
2003	16,80	33,60	22,00	33,40	7,60	55,40	3,40
2004	19,40	30,70	23,10	38,90	10,30	55,50	2,30
2005	9,60	35,50	20,80	28,40	7,40	55,50	1,90
2006	10,90	40,90	23,00	33,20	7,90	50,30	2,60
2007	7,90	26,20	19,60	31,70	7,30	52,20	1,00
2008	7,50	26,10	19,50	28,80	6,10	43,90	1,40
2009	7,40	28,20	19,90	27,90	5,20	45,70	1,60

PŘÍLOHA Č. 5 Tabulka s hodnotami zdravotních dat

Tabulka 15 Hodnoty zdravotních dat, [Zdroj: vlastní]

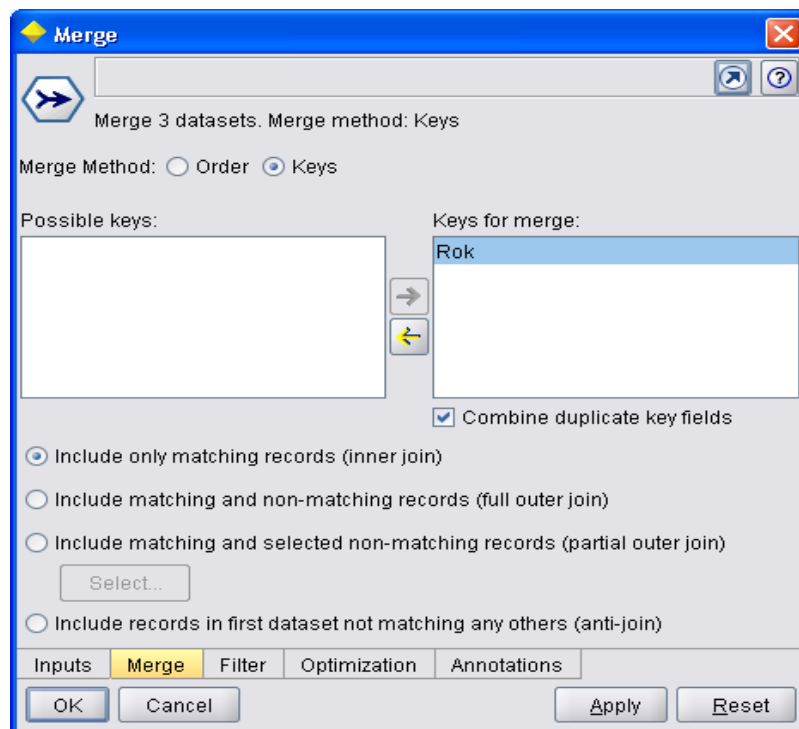
Rok	HOZN hrtanu	HOZN plic	NDS 0-14	NDS 15- 19	Astma	Zemřelí 0-14	Zemřelí 15-65	Zemřelí 65+	Kojenecká úmrtnost	Vrozená vada	Úmrtnost na novotvary	Úmrtnost- NOS	Hospitalizování- NDS	Hospitalizování- NOS
1999	8	67	4243	1304	2230	6	192	659	5	37	374	951	1759	4242
2000	10	72	4456	1367	2629	5	170	667	2	85	395	885	1740	4121
2001	7	48	4896	1599	3276	7	202	686	3	62	397	908	1670	4481
2002	7	79	5137	1602	3309	6	215	721	3	70	442	876	1757	4320
2003	7	90	5631	1633	3582	5	192	665	3	67	434	821	1592	4190
2004	12	97	6001	1972	3638	2	206	671	5	63	450	804	1664	4727
2005	8	104	6628	1986	2953	3	215	685	4	47	1695	838	1477	3881
2006	8	122	6921	2441	4261	2	170	675	3	75	409	823	1583	3968
2007	10	98	6911	2710	4537	4	184	722	2	74	444	822	1397	4210
2008	9	84	8079	3242	4588	5	191	679	3	73	416	807	4238	1627

PŘÍLOHA Č. 6 „Data audit“ pro látky znečišťující ovzduší v programu Clementine



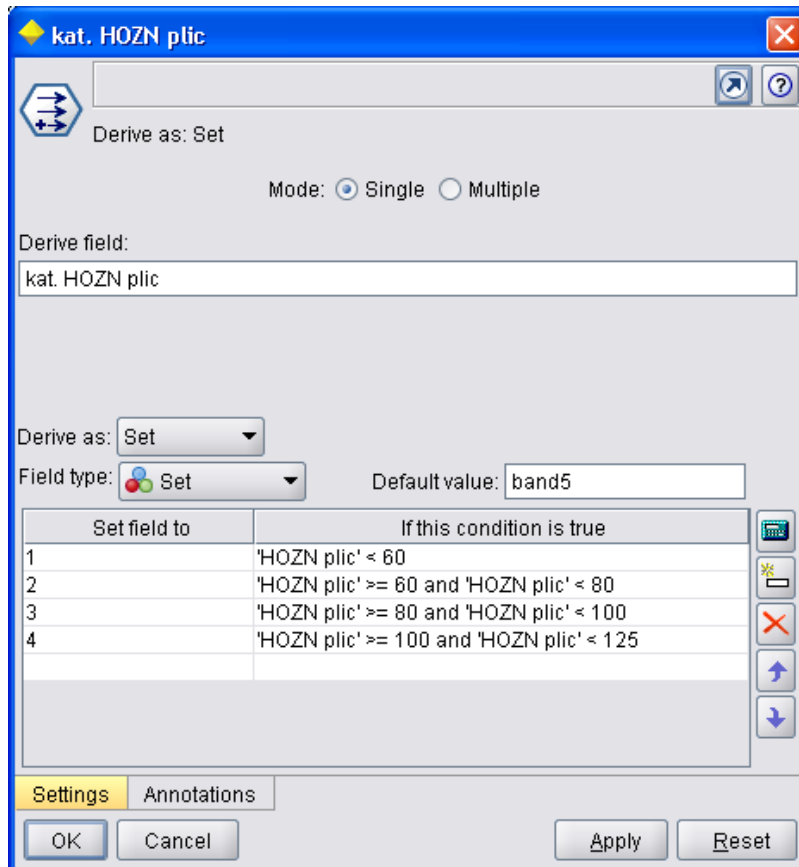
Obrázek 11 "Data Audit" pro imisní látky, [Zdroj: vlastní]

PŘÍLOHA Č. 7 Spojení tabulek se zdravotními a imisními daty pomocí uzlu „Merge“

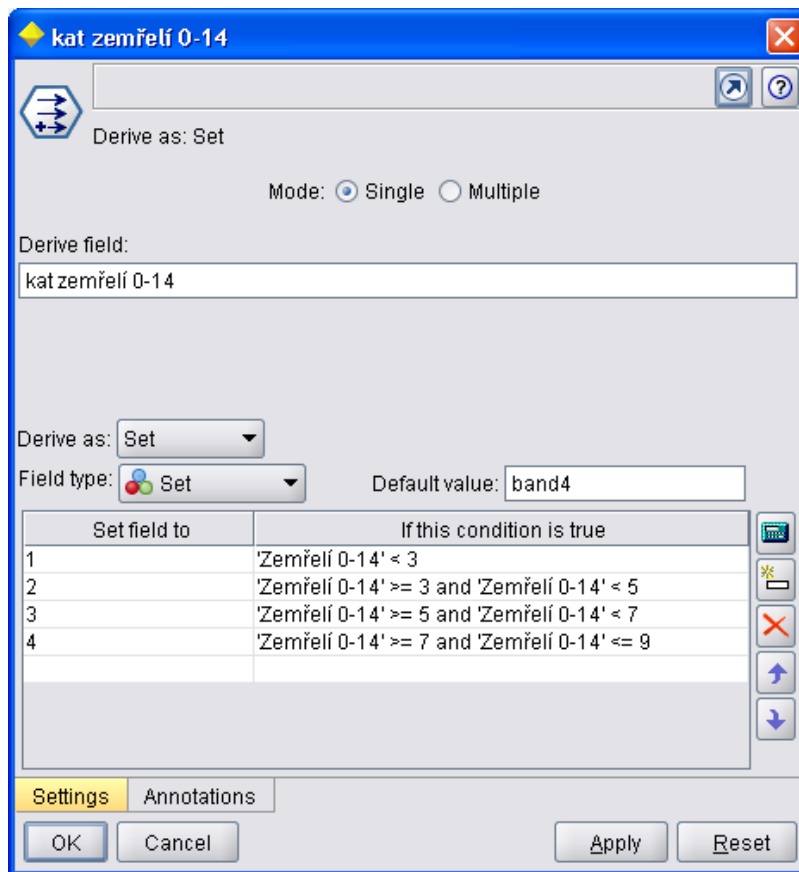


Obrázek 12 Spojení tabulek pomocí uzlu "Merge", [Zdroj: vlastní]

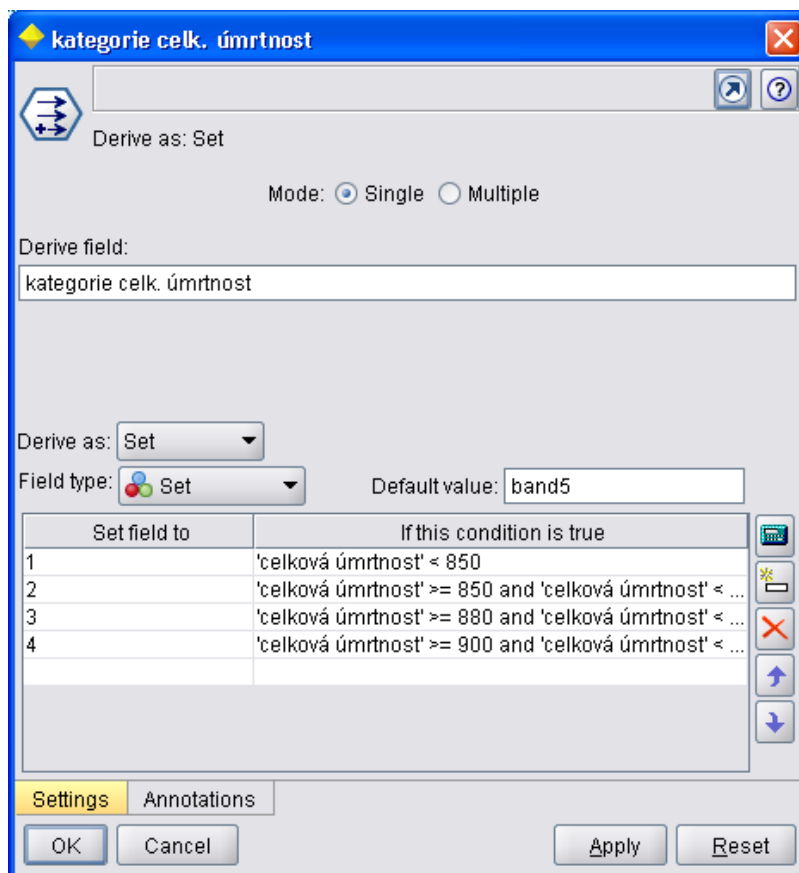
PŘÍLOHA Č. 8 Transformace dat spojených na data kategorizovaná



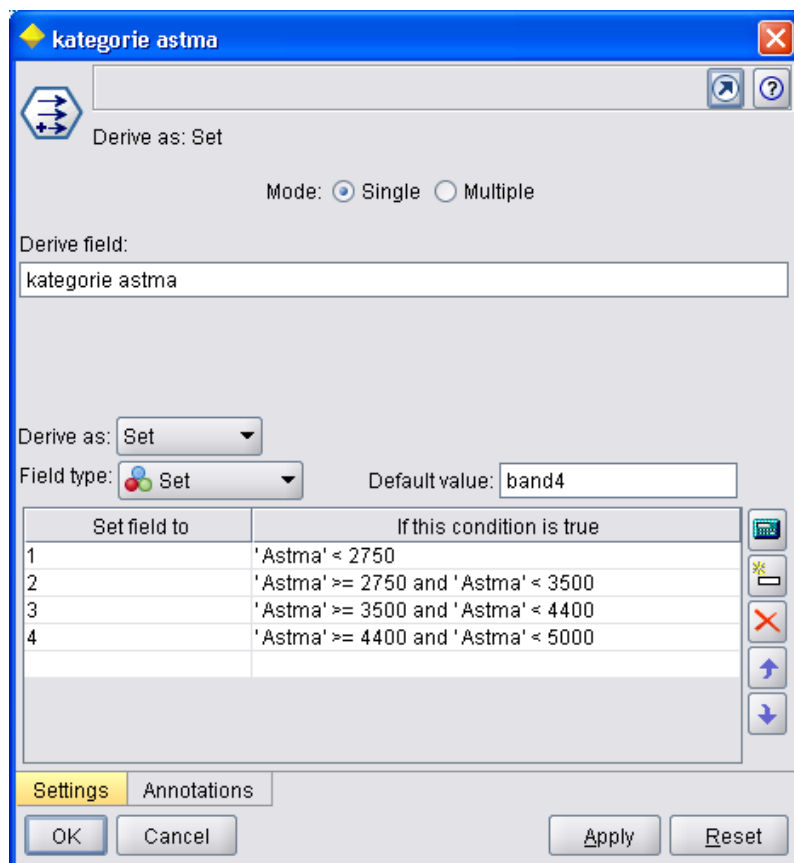
Obrázek 13 Transformace spojených dat na kategorizovaná u HOZN plic, [Zdroj: vlastní]



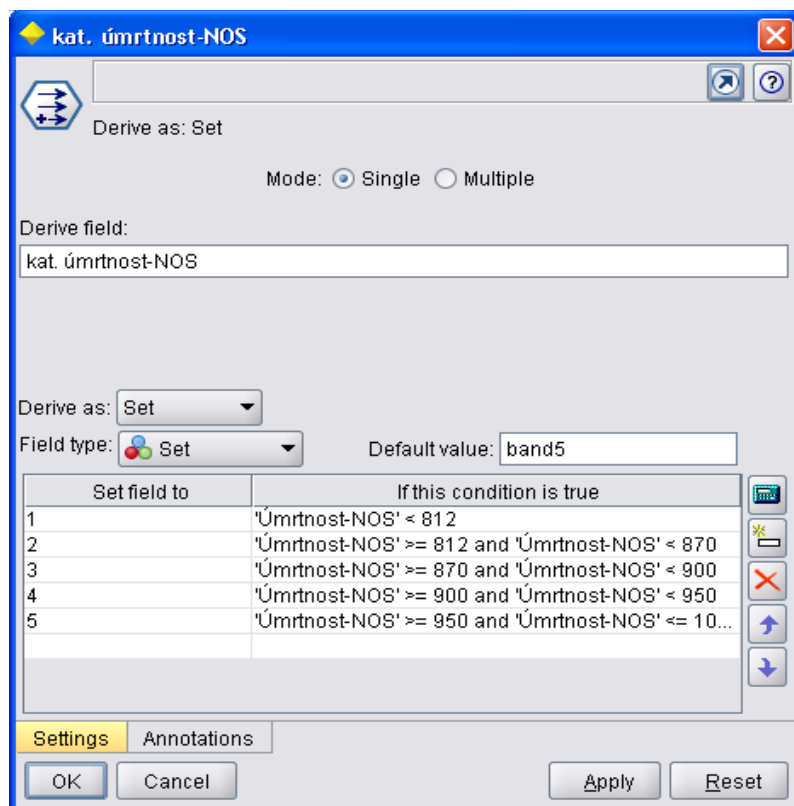
Obrázek 14 Transformace spojitých dat na kategorizovaná u Zemřelí 0-14, [Zdroj: vlastní]



Obrázek 15 Transformace spojitých dat na kategorizovaná u Celkové úmrtnosti, [Zdroj: vlastní]

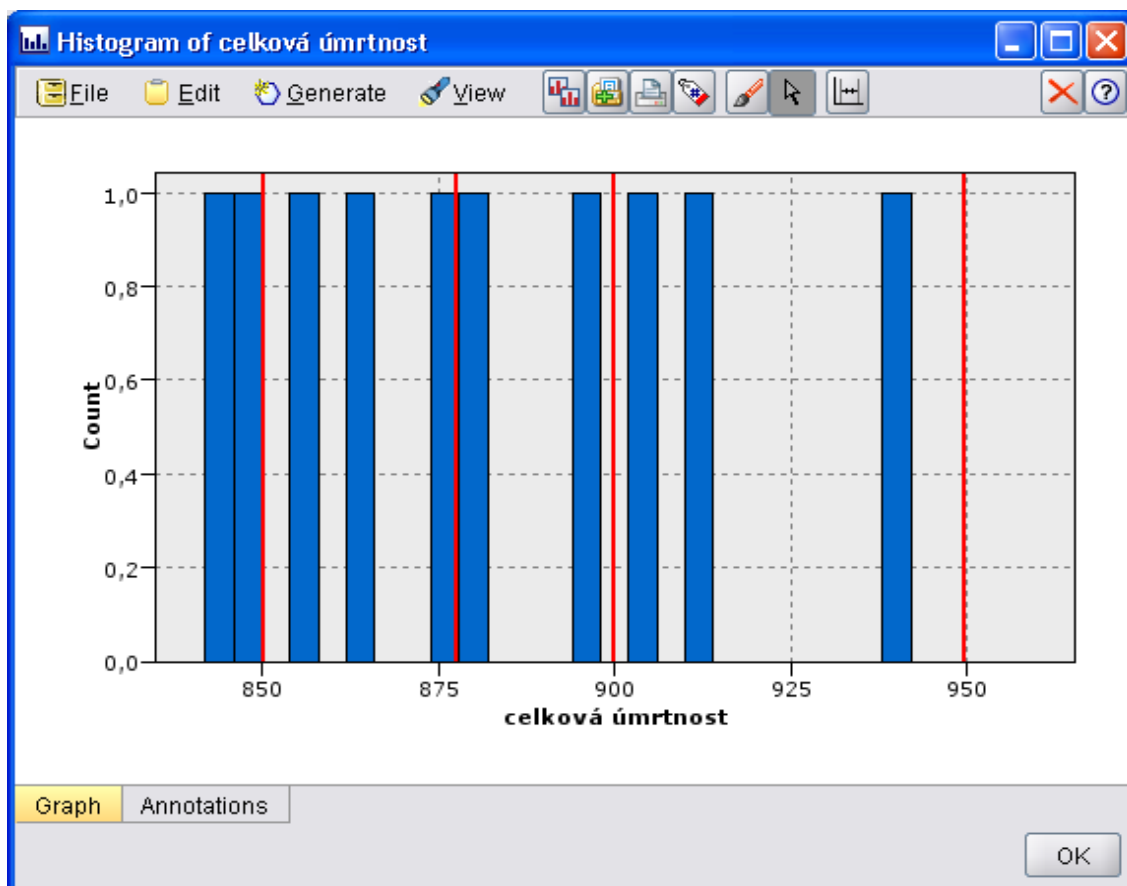


Obrázek 16 Transformace spojitéch dat na kategorizovaná u Astma, [Zdroj: vlastní]



Obrázek 17 Transformace spojitéch dat na kategorizovaná u Hospitalizovaní NDS, [Zdroj: vlastní]

PŘÍLOHA Č. 9 Histogram s hranicemi pro kategorizaci u celkové úmrtnosti



Obrázek 18 Histogram s hraničními hodnotami pro kategorizaci dat u Celkové úmrtnosti, [Zdroj: vlastní]