

**Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní**

**Porovnání klasifikačních a rozhodovacích modelů
v oblasti životního prostředí**

Bc. Jan Lerch

**Diplomová práce
2008**

Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní
Ústav systémového inženýrství a informatiky
Akademický rok: 2007/2008

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jan LERCH**
Studijní program: **N6209 Systémové inženýrství a informatika**
Studijní obor: **Regionální a informační management - Regionální management**

Název tématu: **Porovnání klasifikačních a rozhodovacích modelů v oblasti životního prostředí v MATLAB-u**

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

Předpokládaný obsah diplomové práce bude:

- model vybrané oblasti životního prostředí,
- definování klasifikačních a rozhodovacích modelů,
- návrh a analýza vybraných klasifikačních a rozhodovacích modelů pro předmětnou oblast.

Rozsah grafických prací:


Rozsah pracovní zprávy:

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

Seznam odborné literatury:

- [1] MAŘÍK, V. - ŠTĚPÁNKOVÁ, O. - LAŽANSKÝ, J. Umělá inteligence. 1. vyd. Praha: Academia, 1993-. ISBN 978-80-200-1470-2.
- [2] FOTR, J. Manažerské rozhodování: postupy, metody a nástroje. 1. vyd. Praha: Ekopress, 2006. 409 s. ISBN 80-86929-15-9.
- [3] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČR. Ministerstvo životního prostředí [online]. [cit. 2007-10-11]. Dostupné z: <<http://www.env.cz/>>.
- [4] ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV. Czech Hydrometeorological Institute Home Page [online]. [cit. 2007-10-11]. Dostupné z: <<http://www.chmi.cz/>>.

Vedoucí diplomové práce:


doc. Ing. Jiří Krupka, Ph.D.
Ústav systémového inženýrství a informatiky

Datum zadání diplomové práce:

22. října 2007

Termín odevzdání diplomové práce:

26. května 2008


prof. Ing. Jan Čapek, CSc.

děkan

L.S.


doc. Ing. Pavel Petr, Ph.D.

vedoucí ústavu

V Pardubicích dne 22. října 2007

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Jiřímu Křupkovi, Ph.D. za odborné konzultace, připomínky, metodické vedení a pomoc při zpracování daného tématu. Zároveň bych chtěl poděkovat pracovníkům Českého hydrometeorologického úřadu za poskytnutí dat nezbytných pro zpracování této diplomové práce.

SOUHRN

Diplomová práce je zaměřena na modelování vybraného příkladu z oblasti životního prostředí pomocí rozhodovacích a klasifikačních modelů. Řešený příklad se týká ochrany ovzduší v regionu NUTS2. V této práci jsou v prostředí MATLAB získány a analyzovány výsledky. S problémem modelování životního prostředí je spojen i sběr dat a jejich předzpracování.

KLÍČOVÁ SLOVA

životní prostředí; imise; rozhodovací model; klasifikační model

TITLE

Comparison of classification and decision models in the environment field

ABSTRACT

This thesis is devoted to modelling of given example from the sphere of environment by using decision and classification models. Given example involves air protection in the region NUTS2. Data has been analyzed in the platform MATLAB. Data collection is connected with the problem of environmental modelling.

KEYWORDS

environment; immission; decision model; classification model

Obsah

ÚVOD	8
1 PROBLEMATIKA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ	9
1.1 LEGISLATIVA K PROBLEMATICE OCHRANY OVZDUŠÍ	10
1.2 HODNOCENÍ SOUČASNÉHO STAVU A VÝVOJE ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ.....	10
1.3 VÝVOJ EMISÍ ZNEČIŠŤUJÍCÍCH LÁTEK V ČESKÉ REPUBLICE.....	11
1.4 STAV ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ V PARDUBICKÉM KRAJI.....	12
1.4.1 <i>Imise</i>	13
1.4.2 <i>Program realizace snižování znečišťování ovzduší v daném roce</i>	14
1.4.3 <i>Prioritní problémy v ochraně životního prostředí</i>	14
1.5 IMISNÍ LIMITY PRO LÁTKY ZNEČIŠŤUJÍCÍ OVZDUŠÍ	14
1.5.1 <i>Překročení imisních limitů</i>	16
1.6 INDEX KVALITY OVZDUŠÍ	17
1.7 ZNEČIŠŤUJÍCÍ LÁTKY	18
1.7.1 <i>Prach PM₁₀</i>	18
1.7.2 <i>Oxid siřičitý</i>	19
1.7.3 <i>Ozon</i>	19
1.7.4 <i>Oxid uhelnatý</i>	20
1.7.5 <i>Oxidy dusíku</i>	20
1.7.6 <i>Toluen</i>	21
1.7.7 <i>Benzen</i>	22
2 MĚŘÍCÍ STANICE NUTS 2 – SEVEROVÝCHOD	23
2.1 ZÓNA KRÁLOVÉHRADECKÝ KRAJ	23
2.2 ZÓNA PARDUBICKÝ KRAJ	24
2.3 ZÓNA LIBERECKÝ KRAJ	25
3 KLASIFIKAČNÍ A ROZHODOVACÍ MODELY	27
3.1 ROZHODOVACÍ PROCES	27
3.1.1 <i>Prvky rozhodovacího procesu</i>	27
3.1.2 <i>Struktura rozhodovacích procesů</i>	28
3.1.3 <i>Analytický hierarchický proces</i>	29
3.2 PROBLEMATIKA KLASIFIKÁTORU.....	30
4 PROBLEMATIKA DAT	33
4.1 SBĚR DAT KVALITY OVZDUŠÍ.....	33
4.2 PŮVOD DAT A JEJICH FORMA.....	33
4.3 KVALITA DAT	35
4.4 NÁVRH PARAMETRŮ PRO MODELOVÁNÍ.....	36
4.5 DEFINICE ZÁKLADNÍCH POJMŮ	37
4.6 POUŽÍVANÉ METODY HODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ.....	38
4.7 CHYBĚJÍCÍ HODNOTY	39
4.7.1 <i>Substituce jedné hodnoty</i>	39
4.7.2 <i>Substituce střední hodnotou třídy</i>	39
4.7.3 <i>Regresní substituce</i>	39
4.7.4 <i>Vynechání hodnoty</i>	40
4.7.5 <i>Zavedením zvláštního čísla „missing“</i>	40
4.8 POUŽITÝ ZPŮSOB ODSTRANĚNÍ CHYBĚJÍCÍCH HODNOT	40
4.9 KOEFICIENT KORELACE	44
4.10 PŘEDZPRACOVÁNÍ DAT.....	44
4.10.1 <i>Důvody pro předzpracování časových řad</i>	44
4.10.2 <i>Klouzavé průměry</i>	45
4.10.3 <i>Délka klouzavých průměrů</i>	46
4.10.4 <i>Jednoduché klouzavé průměry</i>	46
4.10.5 <i>Centrované klouzavé průměry</i>	48
4.10.6 <i>Vážené klouzavé průměry (Weighted Moving Averages)</i>	48
4.10.7 <i>Trojúhelníkové klouzavé průměry</i>	49

5	FUZZY LOGIKA	51
5.1.1	<i>Proces fuzzy zpracování</i>	51
5.2	NÁVRH FIS	52
5.2.1	<i>Model 1</i>	54
5.2.2	<i>Model 2</i>	56
5.2.3	<i>Model 3</i>	57
5.3	POROVNÁNÍ METOD	59
5.4	TESTOVÁNÍ MODELŮ	62
6	ROZHODOVACÍ METODY	64
6.1	POROVNÁNÍ METOD	65
	ZÁVĚR	68
	LITERATURA	70
	SEZNAM TABULEK	74
	SEZNAM OBRÁZKŮ	75
	SEZNAM ZKRATEK	77
	SEZNAM PŘÍLOH	79

Úvod

V současné době dochází ke zhoršování kvality životního prostředí s negativními dopady na lidské zdraví, na faunu a floru. Proto se problematika ochrany životního prostředí stala problematikou celosvětovou. Existuje stále méně krajín, resp. oblastí, kde by nebyl vážně ohrožen některý z ekologických systémů: ovzduší, voda, půda, lesy a zdraví lidí.

Jedním z největších problémů ŽP České republiky je kvalita ovzduší. Emise všech hlavních znečišťujících látek, zvláště pak suspendovaných částic, oxidu siřičitého a oxidů dusíku, patřily v 90tých letech k nejvyšším na světě a znečištění ovzduší v některých regionech způsobovalo vážné zdravotní problémy obyvatelstvu i rozsáhlé poškození lesních ekosystémů. Po přijetí právních předpisů přijatých v roce 1991 se dosáhlo významného snížení znečištění ovzduší. Od roku 1999 však již emise znečišťujících látek spíše stagnují a kvalita ovzduší se začíná spíše zhoršovat.

Hlavním cílem diplomové práce je tvorba modelu hodnocení kvality ovzduší, neboť bez dostatečné znalosti stavu znečištění nelze efektivně hledat jeho příčiny ani cesty ke zlepšení.

Diplomová práce je členěna do celkem šesti částí. V úvodní části je analyzována současná situace se zaměřením na Pardubický kraj, včetně imisních limitů a legislativy týkající se ochrany ovzduší. Dále jsou v této části analyzovány znečišťující látky, jejich zdroje a dopady. Z této analýzy vycházejí jednotlivé modely. Další část je věnována problematice dat – jejich předzpracování a převedení do použitelné formy pro klasifikační a rozhodovací modely. Tato část byla na diplomové práci nejpracnější. V poslední části byly navrženy klasifikační a rozhodovací modely. Kvalitu ovzduší je možné považovat za klasifikační problém. Klasifikaci je možné realizovat metodami učení s učitelem nebo metodami učení bez učitele. Navržené modely budou pracovat metodou učení bez učitele, kde nemáme předem k dispozici příklady o kterých víme, do které třídy patří. Modely klasifikují stav ovzduší v Pardubickém kraji do šesti skupin. Tyto skupiny jsou stanoveny dle indexu kvality ovzduší. Hlavní cílem práce je navržení nového, dosud nevyužívaného klasifikačního modelu na hodnocení kvality ovzduší. Tento model by mohl být vhodný k podpoře rozhodování státních orgánů veřejné správy.

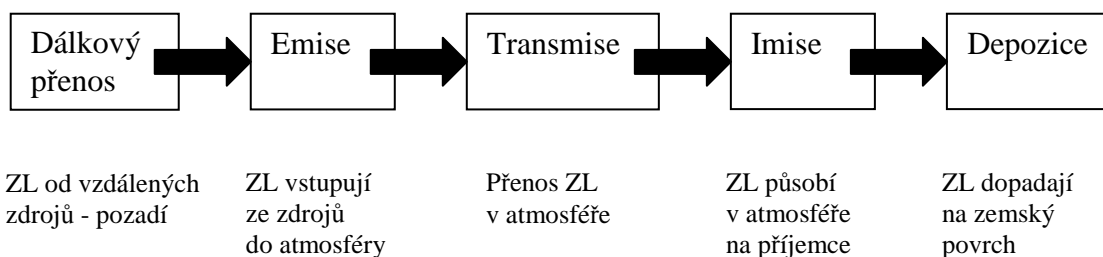
1 PROBLEMATIKA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Znečišťující látky [Herčík2006] jsou hmotné látky, které nepříznivým způsobem ovlivňují životní prostředí. Nepříznivé ovlivňování se může projevovat různými způsoby, např.:

- škodami na zdraví lidí a zvířat,
- poškozováním prostředí (nebo některé jeho složky),
- obtěžováním okolí, zhoršením pohody prostředí (pachem, snížením viditelnosti atd.).

Pro vypouštění, neboli vnášení do atmosféry (emisi) látek znečišťujících ovzduší se používá pojem znečišťování ovzduší. Tento pojem označuje činnost nebo děj. Pojem znečištění ovzduší lze chápat jako přítomnost, neboli obsah (imisi) těchto látek v ovzduší v takové míře a době trvání, při nichž se projeví nepříznivé ovlivňování životního prostředí. Tento pojem označuje tedy určitý stav, který je důsledkem původního děje. Obecně se do pojmu znečišťování ovzduší zahrnuje celá řada činností zamořujících zemskou atmosféru: vypouštěním hmotných látek, emise škodlivého elektromagnetického záření, ale i hluk, teplo a další.

Znečišťování ovzduší má své příčiny a následky. Příčinou jsou emise látek znečišťujících ovzduší z jednotlivých zdrojů. Spojení mezi příčinami a následky obstarává zemská atmosféra. Ovzduším jsou znečišťující látky od zdrojů k příjemcům přenášeny. Znečišťující látky, které se vyskytují v přízemní vrstvě atmosféry a škodlivě působí na zdraví lidí, přírodu a hmotné statky, označujeme jako imise a ty, které dopadnou na zemský povrch, jako depozice. V ovzduší probíhají také změny (konverze) jednotlivých druhů znečišťujících látek na jiné, někdy nebezpečnější než původní. Schéma přenosu znečišťujících látek je znázorněn na obr. 1.



Obr. 1 Přenos znečišťujících látek [Zdroj: Herčík2006]

1.1 Legislativa k problematice ochrany ovzduší

- 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů (zákon o ochraně ovzduší),
- 92/2004 Sb., Zákon, kterým se mění zákon č. 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší a změně některých dalších zákonů (zákon o ochraně ovzduší) ve znění zákona č. 521/2002 Sb.,
- 186/2004 Sb., Změna zákona č. 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší a změně některých dalších zákonů,
- 521/2002 Sb., kterým se mění zákon č. 76/2002 Sb. o integrované prevenci a omezení znečištění, o integrovaném registru znečišťování a o změně některých zákonů (zákon o integrované prevenci) a zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší a změně některých dalších zákonů (zákon o ochraně ovzduší).

1.2 Hodnocení současného stavu a vývoje životního prostředí

Jak uvádí Česká informační agentura životního prostředí ve Zprávě o životním prostředí České republiky v roce 2006 [Cenia2007] lze stav životního prostředí v ČR v roce 2006 označit za stabilizovaný. Přestože meziročně došlo k mírnému zlepšení v některých oblastech, potvrdily se zároveň nové negativní trendy, kterým musí ČR od počátku 21. století čelit. Jedná se zejména o přetrvávající znečištění ovzduší prašnými částicemi, polycyklickými aromatickými uhlovodíky a přízemním ozonem. Negativně je třeba hodnotit i pokračující dynamický rozvoj silniční dopravy, který komplikuje další snižování zátěže životního prostředí, a to hlavně v oblastech emisí skleníkových plynů, látek znečišťujících ovzduší a hluku.

Hlavní pozitivní závěry:

- pokračuje mírný pokles celkových emisí všech hlavních látek znečišťujících ovzduší (bez skleníkových plynů),
- energetická náročnost přepočtená na jednotku HDP meziročně poklesla o 6,5 %,
- mírně klesá podíl pevných paliv a zvyšuje se podíl plyných paliv na struktuře primárních energetických zdrojů,
- zvyšuje se výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů energie,
- celková produkce odpadů poklesla o 5,7 % na 28,1 mil. t. K poklesu došlo jak u ostatního a komunálního odpadu, tak i u odpadů nebezpečných.

Hlavní negativní závěry:

- emise skleníkových plynů neklesají, naopak podle předběžných dat za rok 2006 došlo k jejich mírnému meziročnímu nárůstu,
- kvalita ovzduší, i přes mírná meziroční zlepšení, není vyhovující. Imisní limity jsou překračovány zejména pro prašné znečištění (v roce 2006 bylo zatíženo 62 % populace. Oblasti se zhoršenou kvalitou ovzduší (bez započtení ozonu) představují 29 % území,
- ČR již druhým rokem neplní na významné části svého území plošně závazné (od 1. 1. 2005) imisní limity pro ochranu lidského zdraví pro suspendované částice velikostní frakce PM₁₀. Za toto neplnění hrozí ČR sankce Evropské komise,
- přízemní (troposférický) ozon, který nemá vlastní emisní zdroj, je významným problémem pro kvalitu ovzduší jak z hlediska zdraví obyvatel tak i ekosystémů a vegetace. Nadlimitním koncentracím troposférického ozonu je vystaveno 78 % obyvatel. U ekosystémů a vegetace byl přípustný limit překročen na celém území,
- rozhodující přepravní objemy nákladní i osobní dopravy se uskutečňují po silnici, což představuje značné riziko pro životní prostředí i pro zdraví obyvatel,
- byly zaznamenány závažné případy porušení předpisů v oblasti nakládání s odpady. Nedovolené nakládání s odpady spočívalo zejména v dovozu odpadů ze zahraničí a v nakládání s nebezpečnými odpady,
- narůstá výskyt alergických onemocnění. V roce 2001 se oproti roku 1996 zvýšil počet dětských alergiků o polovinu, v roce 2006 byl zjištěn podobně vysoký nárůst.

1.3 Vývoj emisí znečišťujících látek v České republice

Na počátku 90. let patřilo znečištění ovzduší k nejzávažnějším problémům životního prostředí ČR. Emise všech hlavních znečišťujících látek, zvláště pak suspendovaných částic, oxidu siřičitého a oxidů dusíku, patřily k nejvyšším na světě a znečištění ovzduší v některých regionech způsobovalo vážné zdravotní problémy obyvatelstvu i rozsáhlé poškození lesních ekosystémů. Hlavním cílem právních předpisů v oblasti ochrany ovzduší přijatých v roce 1991 proto bylo dosáhnout v krátkém čase významného snížení

znečištění ovzduší. Na základě legislativy měla být opatření vedoucí ke snížení emisí realizována do konce roku 1998. Z těchto důvodů Česká republika přijala rozsáhlý, a pokud jde o tempo změn ojedinělý plán ke snížení emisí. Jeho výsledkem bylo razantní snížení emisí všech základních znečišťujících látek k roku 1999. Od tohoto roku však již emise znečišťujících látek spíše stagnují a kvalita ovzduší se začíná spíše zhoršovat. Graf tohoto vývoje je uveden v příloze 1. Nový zákon o ochraně ovzduší přijatý v roce 2002 na této nepříznivé situaci nic významného nezměnil [MŽP2007].

Všeobecný cíl

Snížit, s důrazem na podporu nových environmentálně šetrných technologií a využití potenciálu energetických úspor, zátěž životního prostředí látkami poškozujícími ekosystémy a vegetaci a vytvořit předpoklady pro regeneraci postižených složek životního prostředí a pro snižování rizik pro lidské zdraví, která plynou ze znečištění ovzduší a tím přispět k naplnění strategického cíle Environmentálního pilíře Strategie udržitelného rozvoje České republiky [MŽP2007].

Specifické cíle

- plnit od určeného termínu (roku 2010) stanovené hodnoty národních emisních stropů pro oxid siřičitý, oxidy dusíku, těkavé organické látky a amoniak,
- přispět ke snížení úrovně znečištění ovzduší PM₁₀ pod platné imisní limity,
- přispět ke snížení úrovně znečištění ovzduší benzo(a)pyrenem pod platný cílový imisní limit.

1.4 Stav životního prostředí v Pardubickém kraji

[CENIA2007] Mezi nejvýznamnější velké zdroje znečišťování ovzduší na území Pardubického kraje patří ČEZ a.s., Elektrárna Chvaletice, International Power Opatovice, a.s., SYNTHESIA,a.s. – Semtín, PARAMO a.s., Pardubice, Holcim (Česko) a.s., Prachovice, IVECO ČR, a.s., Vysoké Mýto, Spojené slévárny spol. s r.o., Hnátnice, P-D Refractories CZ a.s., Saint - Gobain Vertex, s.r.o., ČKD KUTNÁ HORA, a.s., Zemědělsko-obchodní družstvo Žichlínek, MORAS akciová společnost, VEMA a.s., P.S. JEZBOŘICE s.r.o., VEMAS a. s.

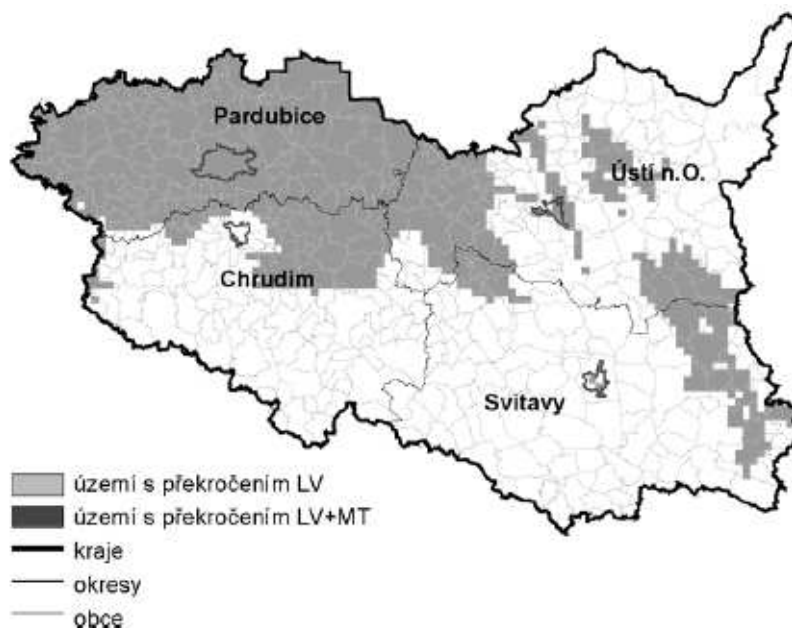
Následující tabulka (tab. 1) obsahuje přehled celkových emisí hlavních znečišťujících látek ze zdrojů v Pardubickém kraji, podle kategorií zdrojů znečišťování ovzduší.

Tab. 1 Celkové emise hlavních znečišťujících látek ze zdrojů v Pardubickém kraji, podíly podle kategorií zdrojů znečišťování ovzduší (tis. t.rok-1) [Zdroj: Česká informační agentura ŽP]

	Rok	TZL	SO ₂	NO _x	CO	VOC	NH ₃
Emise celkem	2005	3,37	15,62	18,75	20,14	9,76	4,66
	2006	3,06	13,71	18,40	17,62	8,80	4,46
Velké zdroje	2005	0,67	13,35	10,31	2,04	1,23	1,30
	2006	0,68	12,19	10,62	2,11	0,71	1,32
Střední zdroje	2005	0,18	0,26	0,28	0,28	0,24	1,12
	2006	0,12	0,15	0,20	0,20	0,15	0,82
Malé zdroje	2005	1,10	1,99	0,72	5,78	5,93	1,95
	2006	0,86	1,34	0,54	4,26	5,80	2,23
Mobilní zdroje	2005	1,43	0,03	7,44	12,06	2,35	0,10
	2006	1,40	0,03	7,04	11,04	2,14	0,09

1.4.1 Imise

V roce 2006 provádělo monitoring ovzduší v kraji 12 měřicích stanic. Pardubický kraj není oblastí se zhoršenou kvalitou ovzduší. K překročení denního imisního limitu u tuhých znečišťujících látek velikostní frakce PM₁₀ byl překročen na stanici Pardubice – Dukla 77x a na stanici Moravská Třebová 57x. K překročení imisního limitu PM₁₀ došlo v roce 2006 i na stanicích Svatouch, Svitavy, Ústí nad Orlicí – Podměstí a Ústí nad Orlicí. Osmihodinový imisní limit pro přízemní ozon byl překročen na stanici Svatouch 10x. Následující obrázek (obr. 2) znázorňuje území Pardubického kraje, na kterém došlo v roce 2006 k překročení imisního limitu pro alespoň jednu ze sledovaných znečišťujících látek.



Obr. 2 Území Pardubického kraje, na kterém došlo v roce 2006 k překročení imisního limitu (LV) nebo imisního limitu navýšeného o mez tolerance (LV + MT) pro alespoň jednu ze sledovaných znečišťujících látek, bez zahrnutí ozonu [Zdroj: ČHMÚ]

1.4.2 Program realizace snižování znečišťování ovzduší v daném roce

V současné době zůstává největším problémem v oblasti ochrany ovzduší intenzita dopravy a řešení dopravních situací ve městech. Na výstavbu dopravní infrastruktury a tím zlepšení nepříznivého stavu kvality ovzduší však není dostatek finančních zdrojů. Další nepříznivý vliv na znečišťování ovzduší má spalování méně kvalitních paliv v lokálních topeništích a malých zdrojích znečišťování ovzduší. Současný stav postupné plynofikace obcí na území Pardubického kraje je však ve vztahu k růstu cen plynu a nedostatku dotací na další rozšiřování plynofikace obcí stagnující [CENIA2007].

1.4.3 Prioritní problémy v ochraně životního prostředí

V oblasti ovzduší pokračuje nepříznivý vývoj spojený s emisemi z dopravy, spočívající především v nárůstu znečištění NO_x a přízemního ozonu ve městech. V Pardubickém kraji chybí ve většině případů komunikační obchvaty měst. Stávající komunikační síť je nevyhovující jak z hlediska kvality vozovek, tak z hlediska kapacity. S dopravou souvisí i enormní nárůst emisí hluku, který v některých lokalitách brání umístování významných ekonomických aktivit.

1.5 Imisní limity pro látky znečišťující ovzduší

Imisní limit

Nejvýše přípustná úroveň znečištění ovzduší vyjádřená v jednotkách hmotnosti na jednotku objemu při normální teplotě a tlaku.

Dlouhodobý imisní cíl pro troposférický ozon

Taková úroveň znečištění ovzduší troposférickým ozonem, pod níž lze na základě současného stavu vědeckého poznání vyloučit přímý škodlivý vliv na zdraví lidí nebo zvířat nebo na životní prostředí.

Cílový imisní limit

Úroveň znečištění ovzduší stanovená za účelem odstranění, zabránění nebo omezení škodlivých účinků na lidské zdraví a na životní prostředí celkově, které je třeba dosáhnout, pokud je to možné, ve stanovené době [CENIA2007].

Dle nařízení vlády č. 597/2006 Sb. jsou stanoveny imisní limity, podmínky, způsob sledování, posuzování, hodnocení a řízení kvality ovzduší. Tyto imisní limity jsou uvedeny spolu s příslušnými mezemi tolerance v následujících tabulkách zvlášť pro ochranu zdraví (tab. 2) a zvlášť pro ochranu ekosystémů a vegetace (tab.3). Dále jsou stanoveny také cílové limity a dlouhodobé imisní cíle (tab. 4).

Tab. 2 Imisní limity vyhlášené pro ochranu zdraví lidí [Zdroj: Nařízení vlády č. 597/2006 Sb.]

Znečišťující látka	Doba průměrování	Mez pro posuzování [ug/m3]		Hodnota imisního limitu [ug/m3] LV	Mez tolerance (pro r.2006) [ug/m3] MT	Termín dosažení 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	40	31.12.2009
	kalendářní rok	26	32	40	8	31.12.2009
Pb	kalendářní rok	0.25	0.35	0.5	-	-
CO	maximální denní 8h klouzavý průměr	5 000	7 000	10 000	-	-
Benzen	kalendářní rok	2	3.5	5	4	31.12.2009

Tab. 3 Imisní limity vyhlášené pro ochranu ekosystémů a vegetace [Zdroj: Nařízení vlády č. 597/2006 Sb.]

Znečišťující látka	Doba průměrování	Mez pro posuzování [ug/m3]		Hodnota imisního limitu [ug/m3] LV	Termín dosažení LV
		Dolní LAT	Horní UAT		
SO ₂	rok a zimní období (1.10.-31.3.)	8	12	20	-
NO _x	kalendářní rok	19.5	24	30	-

Tab. 4 Cílové limity a dlouhodobé imisní cíle [Zdroj: Nařízení vlády č. 597/2006 Sb.]

Znečišťující látka	Doba průměrování	Mez pro posuzování [ug/m3]		Hodnota cílového imisního limitu [ug/m3] TV	Termín dosažení limitu TV
		Dolní LAT	Horní UAT		
O ₃	maximální denní 8h klouzavý průměr	-	120	120 25x v průměru za 3 roky	31.12.2009
Cd	kalendářní rok	0.002	0.003	0.005	31.12.2012
As	kalendářní rok	0.0024	0.0036	0.006	31.12.2012
Ni	kalendářní rok	0.010	0.014	0.020	31.12.2012
benzo(a)pyren	kalendářní rok	0.0004	0.0006	0.001	31.12.2012

1.5.1 Překročení imisních limitů

Následující tabulka (tab. 5) udává přehled překročení 24h imisních limitů v letech 2005 – 2007. Nejvíce tyto limity překračuje znečišťující látka PM₁₀, ostatní znečišťující látky tyto imisní limity nepřekračují. Ozon je v této tabulce porovnáván s dlouhodobým imisním cílem. Roční imisní limity (tab. 6) překračují látky NO₂, NO_x, PM₁₀.

Tab. 5 Překročení 24 h imisních limitů [Zdroj: vlastní]

Znečišťující látka	Měřicí stanice	2005	2006	2007
O ₃	Hr.Král.-observatoř	0	4	1
	Hradec Králové-Brněnská	0	1	1
	Jihlava	0	1	1
	Kostelní Myslová	9	14	9
	Košetice	2	5	1
	Krkonoše-Rýchory	4	41	19
	Liberec-město	0	0	1
	Pardubice Dukla	1	1	0
	Pardubice-Rosice	1	0	0
	Souš	2	9	1
	Svratouch	5	14	18
	Šerlich	2	15	2
	PM ₁₀	Česká Lípa	48	37
Frydlant-Údolí		8	13	0
Hradec Králové-Brněnská		58	53	27
Jablonec-město		39	35	12
Jihlava		49	41	8
Košetice		37	28	7
Liberec-město		42	31	27
Pardubice Dukla		69	78	27
Souš		8	3	4
Svratouch		0	0	0
Šerlich		5	3	0
Trutnov-Mládežnická		4	0	13
Třebíč		76	53	22

Tab. 6 Překročení ročních imisních limitů [Zdroj: vlastní]

Znečišťující látka	Měřicí stanice	2005	2006	2007
NO ₂	Hradec Králové-Brněnská	0	1	0
NO _x	Hradec Králové-Brněnská	1	1	1
	Jablonec-město	0	1	0
	Liberec-město	1	1	1
	Pardubice Dukla	0	1	1
	Pardubice-Rosice	1	1	0
PM ₁₀	Pardubice Dukla	0	1	0

1.6 Index kvality ovzduší

Index kvality ovzduší (IKO) (tab. 7) slouží k hodnocení stavu ovzduší na základě výsledků měření hmotnostních koncentrací látek v ovzduší. Hodnocení zohledňuje možný vliv na zdravotní stav obyvatelstva. IKO používá, jak přímé numerické vyjádření, tak slovní popis.

Je koncipován jako otevřený systém lineárních nespojitých závislostí, jehož hodnotící škála je nezávislá na počtu a druhu zahrnutých látek, je možno ho využít k hodnocení delších časových řad. Naměřené a odvozené hodnoty jsou převáděny do bezrozměrného čísla charakterizujícího stav ovzduší. Na základě velikosti spočtené výsledné hodnoty IKO lze stav ovzduší vyjádřit šesti úrovněmi, které jsou charakterizovány pomocí popisných kategorií, kde 1 označuje čisté ovzduší (variabilní název zdravé příznivé ovzduší); 2 vyhovující ovzduší (zdravé ovzduší); 3 mírně znečištěné ovzduší (zdravotně přijatelné ovzduší); 4 znečištěné ovzduší (ovzduší ohrožující citlivé osoby); 5 silně znečištěné ovzduší (ovzduší ohrožující celou populaci); 6 ovzduší zdraví škodlivé (velmi silně znečištěné ovzduší) [COŽP UK 2005].

Tab. 7 Index kvality ovzduší [Zdroj: ČHMÚ]

Kvalita ovzduší	Index	SO ₂ 1h (µg/m ³)	NO ₂ 1h (µg/m ³)	CO 8h (µg/m ³)	O ₃ 1h (µg/m ³)	PM ₁₀ 1h (µg/m ³)
velmi dobrá	1	0-25	0-25	0-1000	0-33	0-15
dobrá	2	25-50	25-50	1000-2000	33-65	15-30
uspokojivá	3	50-120	50-100	2000-4000	65-120	30-50
vyhovující	4	120-250	100-200	4000-10000	120-180	50-70
špatná	5	250-500	200-400	10000-30000	180-240	70-150
velmi špatná	6	500-	400-	30000-	240-	150-

Tab. 8 Kvalita ovzduší - Pardubický kraj (2005-2007) [Zdroj: vlastní]

Měřicí stanice	Znečišťující látky	1	2	3	4	5	6
Pardubice Dukla	CO ₂	1027	68	0	0	0	0
Pardubice Dukla	NO ₂	787	281	27	0	0	0
Pardubice-Rosice	NO ₂	689	334	72	0	0	0
Svratouch	NO ₂	1088	7	0	0	0	0
Pardubice Dukla	O ₃	250	476	366	3	0	0
Pardubice-Rosice	O ₃	276	530	288	1	0	0
Svratouch	O ₃	77	448	533	37	0	0
Pardubice Dukla	PM ₁₀	174	458	285	116	54	8
Svratouch	PM ₁₀	840	240	15	0	0	0
Pardubice Dukla	SO ₂	1052	38	5	0	0	0
Pardubice-Rosice	SO ₂	1040	48	7	0	0	0
Svratouch	SO ₂	1089	6	0	0	0	0

1.7 Znečišťující látky

1.7.1 Prach PM_{10}

Suspendované částice (aerosol) [Herčík2006] jsou pevné nebo kapalné částice, které v důsledku zanedbatelné pádové rychlosti přetrvávají dlouhou dobu v atmosféře.

Primární částice

Jsou emitované přímo ze zdrojů a můžeme je dále dělit na ty, které pochází z antropogenních zdrojů (spalování fosilních paliv, doprava, technologické procesy, antropogenní aktivity) a z přírodních zdrojů (mořský aerosol, sopečná činnost, kosmický spad).

Sekundární částice

Vznikají v ovzduší na základě probíhajících chemických a fyzikálních procesů a dále ty, které se do ovzduší dostávají resuspencí (zvířením) v důsledku lidské činnosti (např. doprava) nebo meteorologických faktorů (vítr).

Na základě nových poznatků upravila světová zdravotnická organizace v roce 2005 Směrnice kvality ovzduší pro částice v ovzduší. Pro jemné částice frakce $PM_{2.5}$ doporučila nejvyšší hodnoty ročního průměru $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a hodnoty $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pro 24-h průměr, který nemá být překročen více než 3 dny v roce. Pro částice frakce PM_{10} byly odpovídající hodnoty stanoveny na $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vzhledem k dostupnosti údajů bylo numerické vyjádření doporučených hodnot stanoveno na základě studií na dospělých. [SZÚ2007].

Dopady na zdraví člověka, rizika

[IRZ 2005-2008] Krátkodobě zvýšené denní koncentrace suspendovaných částic PM_{10} způsobují nárůst celkové nemocnosti i úmrtnosti, zejména na onemocnění srdce a cév, zvýšení kojenecké úmrtnosti, zvýšení výskytu kašle a ztíženého dýchání, zejména u astmatiků. Mezi účinky dlouhodobě zvýšených koncentrací patří snížení plicních funkcí u dětí i dospělých, zvýšení nemocnosti na onemocnění dýchacího ústrojí a výskytu symptomů chronického zánětu průdušek, zkrácení délky života hlavně z důvodu vyšší úmrtnosti na choroby srdce a cév a pravděpodobně i na rakovinu plic.

1.7.2 Oxid siřičitý

Oxid siřičitý SO₂ [Herčík2006] je hlavní znečišťující látkou v ovzduší, a to co do množství i co do účinnů na životní prostředí. Oxid siřičitý se do ovzduší dostává následujícími antropogenní činností:

- energetika (spalování tuhých fosilních paliv),
- metalurgický průmysl (zpracování rud obsahujících větší množství síry),
- koksárenství (spalování neodsířeného koksárenského plynu),
- chemický průmysl (zejména emise SO₂ při výrobě kyseliny sírové, ale i při dalších chemických sloučeninách).

Dopady na zdraví člověka, rizika

Oxid siřičitý [IRZ 2005-2008] negativně působí na zdraví živočichů, zejména na zdraví lidské a na rostlinstvo. SO₂ poškozuje především dýchací systém. U člověka zvyšuje výskyt akutního a chronického astmatu, bronchitidy a plicního emfyzému (rozedmu plic). Při vyšších koncentracích způsobuje a působí:

100 µg/m³ – dráždění očí, horních cest dýchacích,

500 µg/m³ – na činnost mozkové kůry,

2 500 µg/m³ – na snížení průchodnosti v plicích.

Dlouhodobé působení SO₂ při koncentraci 50 µg/m³ vede ke zvýšení úmrtnosti na choroby krevního oběhu a chronickou bronchitidu.

1.7.3 Ozon

Ozon O₃ [Herčík2006] je tvořen třemi atomy kyslíku. Je to plyn jedovatý a chemicky vysoce agresivní. Je tvořen a rozkládán fotochemickými reakcemi, tedy slunečním zářením. Množství ozonu je závislé na intenzitě a vlnové délce UV záření. Ozon se nachází ve stratosféře a plní funkci UV filtru, tj. štítu, který brání pronikání škodlivého krátkovlnného UV záření k zemskému povrchu. Ozon se vyskytuje také v dolní části atmosféry – v troposféře. Sem se dostává jako produkt spalování fosilních paliv, dnes především z automobilového provozu.

Dopady na zdraví člověka, rizika

Působení ozonu na všechny organismy jsou velice nepříznivé. Ozon je škodlivinou, která působí toxicky a vysoce agresivně. U osob vystavených zvýšeným koncentracím

O₃ nad 200 µg/m³, se dostávají příznaky dráždění očí, sliznic v nose, kašel a bolesti hlavy. Zvláště citlivé na ozon jsou dýchací orgány – plíce. Koncentrace nad 4 000 µg/m³ po dvou hodinách vyvolá zřetelné příznaky poškození dýchacího ústrojí. Smrtelná koncentrace (zjištěná na zvířatech) začíná hranicí nad 10 000 µg/m³ [MŽP2007].

1.7.4 Oxid uhelnatý

Oxid uhelnatý CO [Herčík2006] je bezbarvý plyn bez zápachu a chuti, o něco málo lehčí než vzduch. Vzniká při nedokonalém spalování. Jeho hlavními přírodními zdroji jsou sopečná činnost, bahenní plyny a lesní požáry. Mezi ostatní zdroje patří spalování paliv při výrobě energie, výfukové plyny a také je obsažen v cigaretovém kouři. Potenciálním zdrojem oxidu uhelnatého jsou dále zařízení (průmyslová i domácí) využívající spalování: pece, kotle, kamna, sporáky, trouby či ohřívače vody.

Dopady na zdraví člověka, rizika

Oxid uhelnatý [IRZ 2005-2008] se při vdechování váže místo kyslíku na hemoglobin, a proto způsobuje deficit okysličení krve, čímž snižuje výkonnost a zvyšuje únavu. Nejvíce poškozuje srdce, cévy, nervový systém.

Malé koncentrace oxidu uhelnatého, které se mohou vyskytovat i běžně v ovzduší například ve městech, mohou způsobit vážné zdravotní potíže zejména lidem trpícím kardiovaskulárními chorobami (angina pectoris). Delší expozice zvýšeným koncentracím oxidu uhelnatého (>100 mg.m⁻³) v ovzduší může i zdravým lidem přinášet různé potíže jako sníženou pracovní výkonnost, sníženou manuální zručnost, zhoršenou schopnost studia a potíže s vykonáváním složitějších úkolů. V těhotenství může expozice malým dávkám oxidu uhličitého způsobit nižší porodní váhu novorozence.

1.7.5 Oxidy dusíku

Oxidy dusíku NO_x [Herčík2006] je termín označující sumu NO a NO₂. Přírodními zdroji NO_x jsou zejména činnosti bakterií, sopečná činnost a elektrické výboje v atmosféře. Převážná část NO_x však pochází ze spalovacích procesů probíhajících při výrobě energie, v dopravě, případně z chemických výrob.

Dopady na zdraví člověka, rizika

Oxidy dusíku [IRZ 2005-2008] mohou negativně působit na zdraví člověka především ve vyšších koncentracích, které se ovšem běžně v ovzduší nevyskytují. Vdechování vysokých koncentrací, nebo dokonce čistých plynů, ovšem vede k závažným zdravotním potížím a může způsobit i smrt. Předpokládá se, že se oxidy dusíku váží na krevní barvivo a zhoršují tak přenos kyslíku z plic do tkání. Některé náznaky ukazují, že oxidy dusíku mají určitou roli i při vzniku nádorových onemocnění. Vdechování vyšších koncentrací oxidů dusíku dráždí dýchací cesty. Pro eventuální možné akutní poškození se uvádí limitní koncentrace 190 µg/m³, která při působení po dobu jedné hodiny může změnit dýchací funkce zdravého člověka.

Celkové zhodnocení nebezpečnosti z hlediska životního prostředí

Vysoké koncentrace oxidů dusíku působí negativně na rostliny. Oxidy dusíku společně s oxidy síry tvoří kyselé deště, které poškozují živé rostliny a půdu. Vdechování vysokých koncentrací oxidů dusíku může vážně ohrozit zdraví člověka. Celkově lze tedy na základě shrnutí jejich negativních působení konstatovat, že jsou to látky se širokým spektrem negativních dopadů jak zdravotních, tak především dopadů na globální ekosystém.

1.7.6 Toluén

Toluén TLN [IRZ 2005-2008] je čirá bezbarvá kapalina s aromatickým zápachem. Při pokojové teplotě je těkavý a hořlavý. Může se rozpouštět v tucích a dobře se rozpouští v organických rozpouštědlech. Přirozeně se vyskytuje v ropě. Toluén patří mezi těkavé organické látky.

Nejvíce toluenu se dostává do prostředí z benzínu. Uvolňuje se během jeho výroby, transportu a spalování i při nakládání s ostatními palivy. Vzniká také při výrobě koksu, styrenu a dalších chemikálií. Uvolňuje se při výrobě, používání a zneškodňování průmyslových i domácích produktů obsahujících toluén, jako jsou nátěry, ředidla, laky, pryskyřice, inhibitory koroze nebo lepidla. Zdrojem toluenu je také cigaretový kouř.

Dopady na zdraví člověka, rizika

Toluén ovlivňuje hlavně centrální nervovou soustavu. Dráždí dýchací orgány, způsobuje srdeční arytmii a poškozují játra a ledviny. Dráždí také kůži a oči. Akutní expozice způsobují bolesti hlavy, závratě, únavu, ztrátu koordinace a barevného vidění,

zvracení a apatii. Chronická expozice způsobuje únavu, ztrátu soustředění a paměti, podrážděnost, trvalé bolesti hlavy a poškození mozku. Ve většině případů jsou tyto příznaky (po ukončení expozice) dočasné.

1.7.7 Benzen

Benzen BZN [IRZ 2005-2008] je čirá a bezbarvá kapalina s charakteristickým zápachem. Je těkavý a hořlavý. Používá se jako surovina pro výrobu celé řady chemických látek (barviva, syntetická vlákna, tkaniny, plastové hmoty, výbušniny, léčiva aj.), jako rozpouštědlo pro tuky, vosky, pryskyřice, inkousty, nátěry, plasty a pryž. Dále slouží jako odmašťovací prostředek. Je součástí automobilového benzínu.

Hlavním zdrojem emisí benzenu do atmosféry jsou výfukové plyny automobilů, z chemického průmyslu, rafinerií ropy a plynu a ze spalování paliv (uhlí, oleje). Značné koncentrace benzenu se vyskytují také v cigaretovém kouři. Přírodními zdroji benzenu jsou zejména výbuchy sopek nebo lesní požáry.

Dopady na zdraví člověka, rizika

Benzen primárně poškozuje centrální nervovou soustavu, imunitní systém a krevtvorbu. Projevem otravy jsou závratě, bolesti hlavy, euforie a zmatenost. Může dojít až ke smrti z důvodu selhání dýchání a srdeční arytmie. Chronická expozice poškozuje červené i bílé krvinky a krevní destičky a může způsobit anemii. Projevuje se zvýšenou únavou, anorexií a krvácením z dásní, nosu, kůže a trávicího traktu. Chronická expozice také poškozuje kostní dřeň. Poškození se po uplynutí latentní doby 5 – 15 let může projevit leukémií.

2 MĚŘÍCÍ STANICE NUTS 2 – SEVEROVÝCHOD

Obsahem této kapitoly jsou informace o jednotlivých zónách a aglomeracích, v regionu NUTS2 Severovýchod, definovaných zákonem o ochraně ovzduší.

2.1 Zóna Královéhradecký kraj

2.1.1 Měřicí stanice

Na území zóny je provozováno 20 měřících stanic imisního monitoringu na 16 lokalitách (18 stanic provozuje ČHMÚ, 1 stanicí Zdravotní ústav a 1 soukromá společnost). Oproti roku 2003 se počet měřících stanic snížil o 3 stanice. Umístění stanic imisního monitoringu na území Královéhradeckého kraje je znázorněn v příloze 2. Globálním cílem programu ke zlepšení kvalit ovzduší (PZKO) je zajistit na celém území Zóny Královéhradecký kraj kvalitu ovzduší splňující zákonem stanovené požadavky (imisní limity a cílové imisní limity) a přispět k dodržení závazků, které ČR přijala v oblasti omezování emisí znečišťujících látek do ovzduší.

2.1.2 Specifické cíle PZKO

- snížit imisní zátěž znečišťujícími látkami pod úroveň stanovenou platnými imisními limity v lokalitách, kde jsou tyto limity překračovány (v OZKO); časová naléhavost krátkodobá,
- snížit ve stanovených termínech imisní zátěž znečišťujícími látkami pod úroveň stanovenou cílovými imisními limity v lokalitách, kde jsou tyto cílové imisní limity překračovány; časová naléhavost střednědobá,
- udržet podlimitní imisní zátěž v lokalitách, kde nedochází k překračování imisních limitů a cílových imisních limitů; časová naléhavost dlouhodobá,
- dodržet ve stanoveném termínu doporučené hodnoty krajských emisních stropů pro oxid siřičitý, oxidy dusíku, těkavé organické látky (VOC) a amoniak; časová naléhavost střednědobá.

2.1.3 Celkové priority PZKO

- snížení imisní zátěže PM₁₀,
- snížení emisí polycyklických aromatických uhlovodíků (B(a)P),
- snížení emisí oxidů dusíku a VOC (prekurzory ozonu).

2.1.4 Prostředky použité ke zjišťování znečišťujících látek

Na území Zóny Královéhradecký kraj je prováděno pravidelné měření imisních koncentrací znečišťujících látek na 5 stanicích s automatizovaným měřicím programem, 7 stanicích s manuálním měřicím programem a dvou stanicích s kombinovaným měřicím programem. Koncentrace PM₁₀ se měří na 10 stanicích (na jedné z nich také PM_{2,5}), oxidu siřičitého na 15 stanicích, oxidů dusíku na 11 stanicích, oxidu uhelnatého na 2 stanicích, těžkých kovů na 3 stanicích, ozónu na 8 stanicích a polycyklických aromatických uhlovodíků na 2 stanicích. Kromě měření se každoročně provádí modelové vyhodnocení kvality ovzduší (ČHMÚ), na jehož základě jsou vyhlášovány OZKO.

2.2 Zóna Pardubický kraj

2.2.1 Měřicí stanice

Na území zóny je provozováno 21 měřicích stanic imisního monitoringu na 15 lokalitách (12 stanic provozuje ČHMÚ, 4 stanice ZÚ, 4 soukromé společnosti a 1 městský úřad Pardubice). Oproti roku 2003 se počet měřicích stanic zvětšil o 2 stanice. Umístění stanic imisního monitoringu na území Pardubického kraje je znázorněn v příloze 2. Globálním cílem PZKO je zajistit na celém území Zóny Pardubický kraj kvalitu ovzduší splňující zákonem stanovené požadavky (imisní limity a cílové imisní limity) a přispět k dodržení závazků, které Česká republika přijala v oblasti omezování emisí znečišťujících látek do ovzduší (národní emisní stropy).

2.2.2 Specifické cíle PZKO

- snížit ve stanovených termínech imisní zátěž znečišťujícími látkami pod úroveň stanovenou cílovými imisními limity v lokalitách, kde jsou tyto cílové imisní limity překračovány; časová naléhavost střednědobá,
- udržet podlimitní imisní zátěž v lokalitách, kde nedochází k překračování imisních limitů a cílových imisních limitů; časová naléhavost dlouhodobá,
- dodržet ve stanoveném termínu doporučené hodnoty krajských emisních stropů pro oxid siřičitý, oxidy dusíku, VOC a amoniak; časová naléhavost střednědobá.

2.2.3 Celkové priority PZKO

- snížení emisí polycyklických aromatických uhlovodíků (B(a)P),
- snížení emisí oxidů dusíku a těkavých organických látek (prekurzory ozonu).

2.3 Zóna Liberecký kraj

2.3.1 Měřicí stanice

Na území zóny je provozováno 15 měřicích stanic imisního monitoringu na 13 lokalitách (11 stanic provozuje ČHMÚ, 3 stanice ZÚ a 1 soukromá společnost). Oproti roku 2003 se počet měřicích stanic snížil o 7 stanic. Umístění stanic imisního monitoringu na území Libereckého kraje je znázorněn v příloze 2. Globálním cílem PZKO je zajistit na celém území Zóny Liberecký kraj kvalitu ovzduší splňující zákonem stanovené požadavky (imisní limity a cílové imisní limity) a přispět k dodržení závazků, které Česká republika přijala v oblasti omezování emisí znečišťujících látek do ovzduší (národní emisní stropy).

2.3.2 Specifické cíle PZKO

- snížit imisní zátěž znečišťujícími látkami pod úroveň stanovenou platnými imisními limity v lokalitách, kde jsou tyto limity překračovány (v OZKO); časová naléhavost krátkodobá,
- snížit ve stanovených termínech imisní zátěž znečišťujícími látkami pod úroveň stanovenou cílovými imisními limity v lokalitách, kde jsou tyto cílové imisní limity překračovány; časová naléhavost střednědobá,
- udržet podlimitní imisní zátěž v lokalitách, kde nedochází k překračování imisních limitů a cílových imisních limitů; časová naléhavost dlouhodobá,
- dodržet ve stanoveném termínu doporučené hodnoty krajských emisních stropů pro oxid siřičitý, oxidy dusíku, VOC a amoniak; časová naléhavost střednědobá.

2.3.3 Celkové priority PZKO

- snížení imisní zátěže PM₁₀,
- snížení imisní zátěže kadmíem (splnění cílového imisního limitu),
- snížení emisí oxidů dusíku a VOC (prekurzory ozonu).

Následující tabulka (tab. 9) obsahuje přehled měřících stanic, ze kterých jsou použity data pro další zpracování. Podrobnější tabulka je uvedena v příloze 5.

Tab. 9 Měřící stanice [Zdroj: vlastní]

Kraj	Měřící stanice	Nadmořská výška	Terén	Reprezentativnost	Datum vzniku
Královéhradecký	Hr.Král.-observatoř	276 m	vrcholová poloha (vrchol, hřeben) v terénu do 10%	okrskové měřítko (0.5 až 4 km)	1.1.1984
Královéhradecký	Hradec Králové-Brněnská	232 m	rovina, velmi málo zvlněný terén	okrskové měřítko (0.5 až 4 km)	1.1.2004
Královéhradecký	Krkonoše-Rýchory	1001 m	vrchol. poloha ve značně svažitém terénu (nad 10%)	oblastní měřítko (desítky až stovky km)	9.2.1994
Královéhradecký	Šerlich	1011 m	vrchol. poloha ve značně svažitém terénu (nad 10%)	oblastní měřítko (desítky až stovky km)	21.12.1994
Královéhradecký	Trutnov-Mládežnická	432 m	dno otevřeného, provětrávaného údolí	okrskové měřítko (0.5 až 4 km)	1.1.2004
Liberecký	Česká Lípa	299 m	rovina, velmi málo zvlněný terén	oblastní měřítko - městské nebo venkov (4 - 50 km)	1.4.1993
Liberecký	Frydlant-Údolí	381 m	horní nebo střední část povlov. svahu (do 8%)	oblastní měřítko - městské nebo venkov (4 - 50 km)	9.12.1992
Liberecký	Jablonec-město	500 m	horní nebo střední část povlov. svahu (do 8%)	okrskové měřítko (0.5 až 4 km)	24.11.1992
Liberecký	Liberec-město	350 m	rovina, velmi málo zvlněný terén	okrskové měřítko (0.5 až 4 km)	1.12.1992
Liberecký	Souš	771 m	rovina, velmi málo zvlněný terén	oblastní měřítko - městské nebo venkov (4 - 50 km)	1.7.1970
Pardubický	Pardubice Dukla	239 m	rovina, velmi málo zvlněný terén	okrskové měřítko (0.5 až 4 km)	1.1.2000
Pardubický	Pardubice-Rosice	217 m	rovina, velmi málo zvlněný terén	okrskové měřítko (0.5 až 4 km)	1.1.1998
Pardubický	Svratouch	735 m	vrchol. poloha ve značně svažitém terénu (nad 10%)	oblastní měřítko (desítky až stovky km)	1.4.1979
Vysočina	Jihlava	502 m	spodní část povlov. svahu, do 8%, inverzní poloha	oblastní měřítko - městské nebo venkov (4 - 50 km)	3.10.2003
Vysočina	Kostelní Myslová	569 m	vrcholová poloha (vrchol, hřeben) v terénu do 10%	oblastní měřítko (desítky až stovky km)	1.1.1994
Vysočina	Košetice	535 m	vrchol. poloha ve značně svažitém terénu (nad 10%)	oblastní měřítko (desítky až stovky km)	1.1.1985
Vysočina	Třebíč	462 m	horní nebo střední část povlov. svahu (do 8%)	oblastní měřítko - městské nebo venkov (4 - 50 km)	19.8.2003

3 KLASIFIKAČNÍ A ROZHODOVACÍ MODELY

V této teoretické části se zabývám rozhodovacími procesy a problematikou klasifikátorů.

3.1 Rozhodovací proces

Rozhodovací procesy [Fotr2006] jsou procesy řešení rozhodovacích problémů, tj. problémů s více (alespoň dvěma) variantami řešení. Jestliže vycházíme z toho, že základním atributem rozhodování je proces volby, tj. posuzování jednotlivých variant a výběr rozhodnutí (optimální varianty, resp. varianty určené k realizaci), pak problémy s jediným řešením nejsou tedy rozhodovací problémy a řešení těchto problémů nevede na rozhodovací proces. Mezi základní prvky rozhodovacích procesů patří cíl rozhodování, kritéria hodnocení, subjekt a objekt rozhodování, varianty rozhodování a jejich důsledky a stavy světa.

3.1.1 Prvky rozhodovacího procesu

Cíl rozhodování

Cílem rozhodování chápeme určitý stav, kterého se má řešením rozhodovacího problému dosáhnout. Řešení rozhodovacího problému nesleduje zpravidla dosažení jediného cíle, ale obvykle jde o dosažení většího počtu cílů. Mezi dílčími cíli existují mnohdy určité vazby. Forma vyjádření cíle může být číselná nebo slovní.

Kritéria hodnocení

Kritéria hodnocení představují hlediska zvolená rozhodovatelem, která slouží k posouzení výhodnosti jednotlivých variant rozhodování z hlediska dosažení, resp. stupně plnění dílčích cílů řešeného rozhodovacího problému. Kritéria hodnocení se zpravidla odvozují od stanovených cílů řešení, a existují proto mezi nimi těsný vztah. Kritérium rozhodování může být kvantitativní, nebo kvalitativní. Předností kvantitativních kritérií je zpravidla jejich jasná náplň, jednoznačný smysl pro rozhodovatele a snadná měřitelnost. Kvalitativní kritéria jsou obvykle agregovanější kritéria s širší náplní (k těmto kritériím patří např. dopady na životní prostředí při hodnocení investičních variant, kritéria sociálně politické povahy, aj.).

Subjekt rozhodování

Subjektem rozhodování (rozhodovatelem) se označuje subjekt, který rozhoduje, tj. volí variantu určenou k realizaci. Subjektem rozhodování může být jednatel, nebo skupina lidí (orgán). Pokud je rozhodovatel jedinec, mluvíme o individuálním subjektu rozhodování na rozdíl od kolektivního subjektu rozhodování, kdy je rozhodovatelem skupina osob.

Objekt rozhodování

Objektem rozhodování se zpravidla chápe oblast organizační jednotky, v jejímž rámci se problém formuloval, stanovil se cíl jeho řešení a jehož se rozhodování týká (objektem rozhodování může být např. výrobní program, tj. jaké výrobky by měly být součástí výrobního programu, tržní orientace produkce, organizační uspořádání firmy, technologické inovace, finanční zajištění rozvoje firmy aj.).

Varianty rozhodování

Varianty rozhodování a jejich stavy představují možný způsob jednání rozhodovatele, jenž má vést ke splnění stanovených cílů. U jednoduchých rozhodovacích problémů jsou varianty jejich řešení známy, u složitých rozhodovacích problémů je tvorba variant výsledkem obtížného procesu vyhledávání a zpracování informací.

Stavy světa

Stavy světa (scénáře, rizikové situace) chápeme jako budoucí vzájemně se vylučující situace, které mohou po realizaci varianty rozhodování nastat a které ovlivňují důsledky této varianty vzhledem některým kritériím hodnocení.

3.1.2 *Struktura rozhodovacích procesů*

Vzájemně závislé a návazné činnosti, jež tvoří náplň rozhodovacích procesů, lze dekomponovat do určitých složek, které se označují jako etapy (fáze) těchto procesů. Rozhodovací proces lze rozčlenit do etap více způsoby, a to buď podrobněji (rozlišujeme větší počet dílčích složek), nebo agregovaněji, kdy se pracuje s dekompozicí rozhodovacího procesu do relativně malého počtu etap.

H. A. Simon, zakladatel teorie manažerského rozhodování, popsal nejstručnější dekompozici rozhodovacího procesu. České ekvivalenty [Fotr2006] etap Simonova přístupu jsou¹:

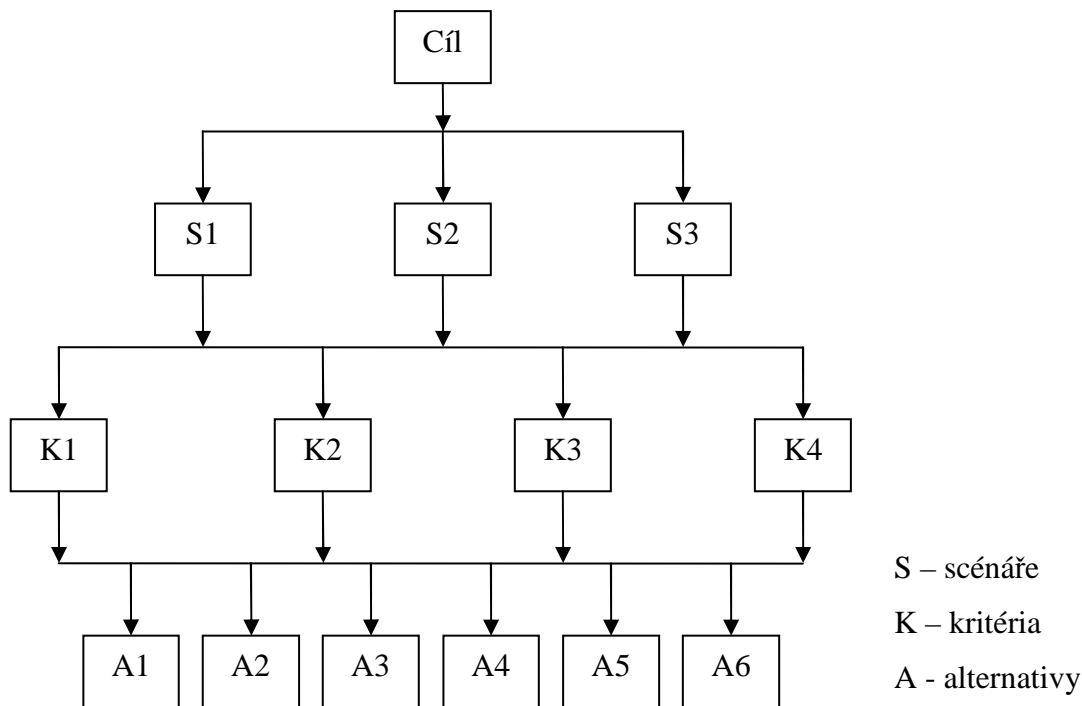
1. analýza okolí (intelligence activity), zahrnující zjišťování podmínek vyvolávajících nutnost rozhodovat, identifikaci rozhodovacích problémů a stanovení jejich příčin,
2. návrh řešení (design activity), zaměřený na hledání, tvorbu, rozvíjení a analýzu možných směrů činnosti,
3. volba řešení (choice activity), zahrnující hodnocení variantních směrů činnosti navržených v předchozí etapě, které vyústí do volby varianty určené k realizaci,
4. kontrola výsledků (review activity) orientovaná na hodnocení skutečně dosažených výsledků varianty po jejich realizaci a jejich posuzování vzhledem k předem stanoveným cílům. Výsledky této etapy mohou pak iniciovat nový rozhodovací proces.

3.1.3 Analytický hierarchický proces

Analytický hierarchický proces (AHP) [Ramík1999] umožňuje připravit rozhodnutí ve složitých situacích, zjednodušit a zrychlit proces rozhodování. AHP je metodou rozkladu složité nestrukturované situace na jednodušší komponenty – tzv. hierarchický systém. Hierarchický systém je zobecněním – rozšířením možností vícekriteriálního rozhodovacího systému. Pomocí subjektivních hodnocení párového porovnání tato metoda přiřazuje jednotlivým komponentám číselné hodnoty, které vyjadřují jejich relativní důležitost. Syntézou těchto hodnocení se pak stanoví komponenta s nejvyšší prioritou, na níž se pak zaměří konkrétní akce s cílem získat řešení rozhodovacího problému.

Hierarchická struktura (obr. 3) je zvláštní typ systému, založený na předpokladu, že identifikované prvky systému lze seskupit do disjunktních množin, kde prvky jedné skupiny ovlivňují prvky jiné skupiny a samy jsou ovlivňovány prvky jediné jiné skupiny. Prvky v každé skupině, kterou nazýváme úroveň nebo shluk, jsou vzájemně nezávislé.

¹ SIMON, H. A. Models of Man. New York: J. Willey, 1957



Obr. 3 Čtyř-úrovňová hierarchie [Zdroj: Ramík1999]

3.2 Problematika klasifikátoru

Klasifikace [Tučková2005] je přiřazení vstupního vektoru k odpovídajícím cílovým hodnotám (při učení s učitelem) nebo sdružení vektorů s co největším počtem stejných nebo podobných vlastností (při učení bez učitele).

Klasifikátor [Kotek1980] je stroj s několika stupi a jedním výstupem, jehož činnost spočívá v tom, že na každý vstup je přiváděn signál, nesoucí informaci o jedné z fyzikálních veličin, měřených na klasifikovaných objektech, a na jeho výstupu se generuje jeden signál, který se interpretuje jako rozhodnutí klasifikátoru o třídě, ke které náleží právě klasifikovaný předmět. Množina výstupních signálů je konečná a je stanovena tak, aby každé třídě odpovídal jiný signál.

Klasifikátory můžeme rozdělit do dvou skupin podle toho, zda vyhodnocují příznaky současně, nebo zda příznaky při rozhodování postupně přibírají. Stroje z první skupiny, označované někdy za klasifikátory s pevným počtem příznaků, vždy vyhodnocují všechny předem vybrané příznaky. Druhou skupinu tvoří tzv. sekvenční klasifikátory, vyznačující se tím, že počet použitých příznaků je proměnlivý a určený samotným klasifikátorem v průběhu tvorby rozhodnutí. Používají se v úlohách, kde je každé měření příznaku provázeno nějakými ztrátami, např. vysokou cenou měření, nutností přerušit technologický proces apod., a je tudíž účelné počet měření minimalizovat.

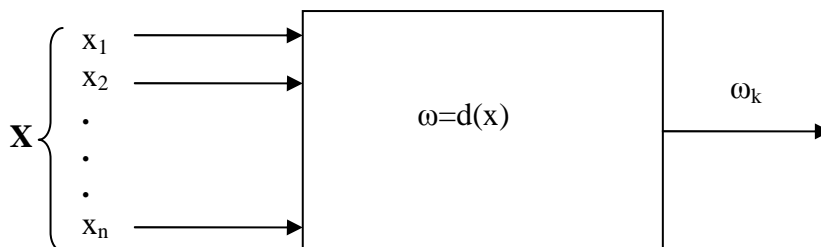
Využívá se zde skutečnosti, že stejně kvalitní rozhodnutí i pro obrazy ze stejné třídy může vyžadovat velmi rozdílný počet příznaků. Sekvenční klasifikátory musí obsahovat obvody, které v závislosti na kvalitě dílčího rozhodnutí určují, zda toto rozhodnutí je konečné, či zda je nutné přibrat další příznaky. Jinak samo přijetí dílčího rozhodnutí může být z technického hlediska realizováno na stejných principech jako u klasifikátoru s pevným počtem příznaků.

Klasifikátor [Kotek1993] lze nastavit dvěma způsoby:

1. analýzou problému a definováním rozhodovacího pravidla před klasifikací,
2. vytvořením rozhodovacího pravidla s použitím objektů, jejichž správná klasifikace je předem známá. Hovoříme zde o nastavování klasifikátoru učením.

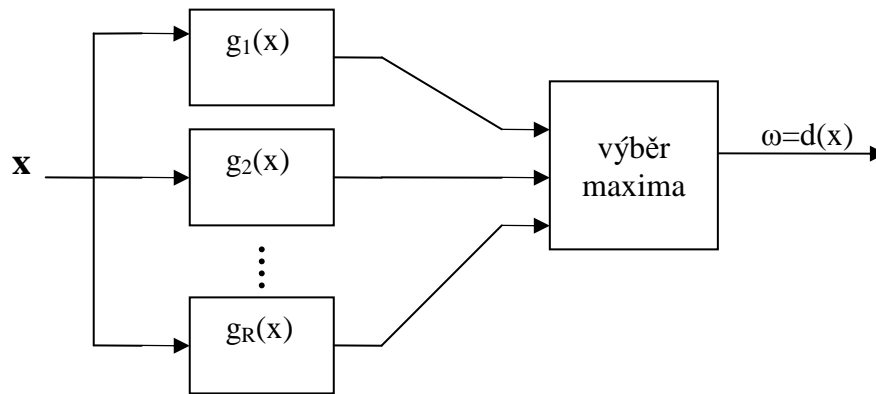
Množina vektorů příznaků se známou klasifikací se nazývá trénovací množina. Pomocí nekonečně velké trénovací množiny lze nastavit klasifikátor a vyhodnotit chybu klasifikace, zajistit optimální nastavení klasifikátoru, atd..

Vstupní vektor x je reprezentován sloupcovým vektorem $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$, jehož složky x_1, x_2, \dots, x_n se nazývají příznaky a odpovídají jednotlivým měřeným veličinám. Množině výstupních signálů odpovídá množina symbolů ω_k , které se jmenují indikátory třídy. Obsahuje-li řešená úloha předměty z K tříd, potom obvykle $k = 1, 2, 3, \dots, K$. Množina indikátorů tříd se označuje $\Omega = (\omega_1, \dots, \omega_k)$. Vztah mezi vstupem a výstupem klasifikátoru (obr. 4) popisuje skalární funkce vektorového argumentu $\omega = d(x)$, kde funkce $\omega = d(x)$ se nazývá rozhodovací pravidlo.



Obr. 4 Klasifikátor [Zdroj: Kotek1980]

Klasifikátor [Staviar2006] popsaný diskriminačními funkcemi je nakreslen na obr. 5., kde $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ je n -rozměrný vektor příznaků. Indikátory tříd jsou označeny symboly $\omega_1, \dots, \omega_k$, kde k je počet tříd klasifikace. Funkce d se nazývá rozhodovacím pravidlem. Rozhodovací pravidlo d nabývá hodnot z množiny indikátorů tříd, $d(x) = \omega$, $\omega \in (\omega_1, \dots, \omega_k)$



Obr. 5 Klasifikace pomocí diskriminačních funkcí [Zdroj: Kotek1993]

4 PROBLEMATIKA DAT

Pro další modelování v oblasti životního prostředí bylo zapotřebí získat taková data, která by tento daný problém co nejlépe popisovala.

4.1 Sběr dat kvality ovzduší

V ČR existuje řada organizací, zabývajících se monitoringem škodlivin v ovzduší. Většina z nich tyto data prezentují na svých internetových stránkách. Tyto data jsou většinou ve formě tabulek s agregovanými údaji, které nelze do následujících modelů použít.

Následující tabulka (tab. 10) uvádí seznam právnických a fyzických osob, kterým MŽP vydalo rozhodnutí o autorizaci k měření imisí podle § 15 zákona č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší, ve znění pozdějších předpisů (Stav k 1.8.2007).

Tab. 10 Seznam oprávněných osob k měření imisí [Zdroj: MŽP]

Oprávněná osoba
Zdravotní ústav se sídlem v Kolíne
ECOTECHNIEK CZ spol. s r.o.
Sokolovská uhelná, právní nástupce, a.s.
EMPLA, spol. s r.o.
Zdravotní ústav se sídlem v Pardubicích
ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV
Jiří Zavázal - EKOVIKA
Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s.
Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě
Mostecká uhelná a.s..
Technické služby ochrany ovzduší Praha a.s.
Ivan Černý - PEAL
ORGREZ a.s.
Výzkumný ústav pro chov skotu, s.r.o.
Ivan Mládek-ECOPURUS
Státní zdravotní ústav
Zdravotní ústav se sídlem v Brně
ENVltech Bohemia s.r.o.

4.2 Původ dat a jejich forma

V této práci jsou použity data z Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ). ČHMÚ zabezpečuje ze zákona, mimo jiné, i provoz celostátní sítě měření znečištění ovzduší v naší republice, jejíž součástí je i automatizovaný imisní monitoring (AIM). Měřicí stanice AIM (obr. 6) pracují v nepřetržitém provozu a předávají naměřené údaje v reálném čase do center ČHMÚ.



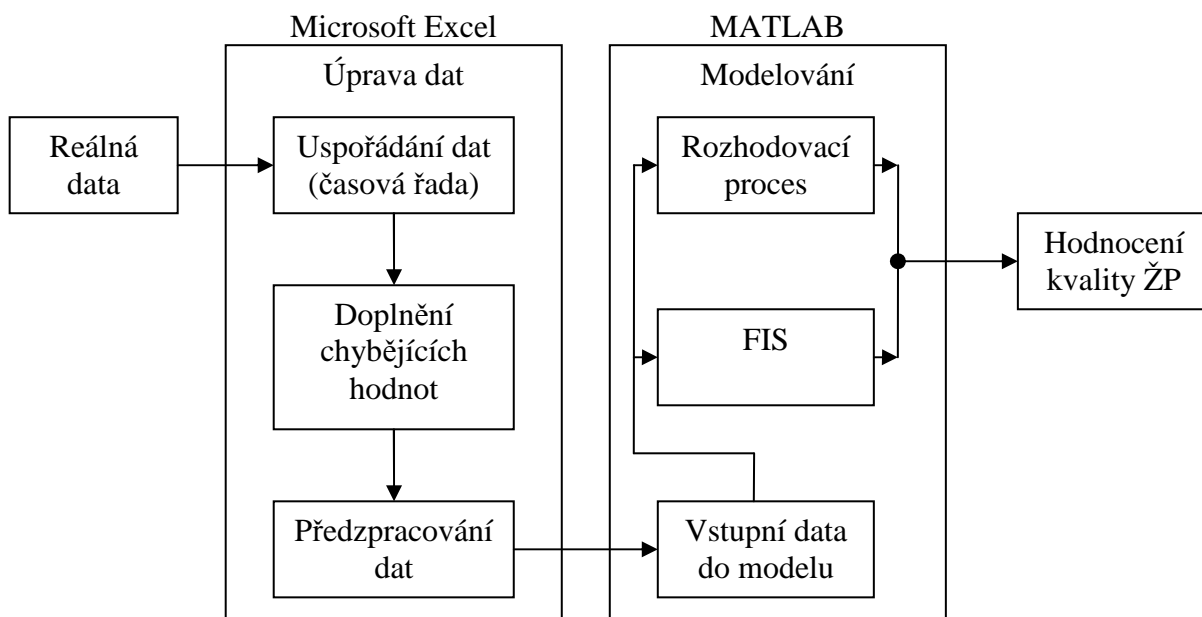
Obr. 6 Měřicí stanice AIM [Zdroj: ČHMÚ]

Na území České republiky pracuje celkem 97 stanic AIM, provozovaných ČHMÚ. Kromě nich jsou do informačního systému zahrnuty i výsledky měření na stanicích dalších organizací. Většina stanic je osazena analyzátory na měření koncentrací oxidu siřičitého [SO₂], oxidu dusnatého [NO], oxidu dusičitého [NO₂] a prašného aerosolu [PM₁₀] (pevné částice do velikosti 10 um). Na menším počtu stanic jsou stanovovány koncentrace ozonu [O₃] a oxidu uhelnatého [CO]. Vybrané stanice AIM měří i koncentrace některých těkavých organických látek (benzen, toluen, xylen).

Pro tuto práci byly použity data tři roky zpětně (tedy 2005-2007). Od 1. ledna 2005 byla na území České republiky uvedena do pravidelného provozu základní síť monitoringu, která je v souladu s požadavky Evropských společenství.

V prvních sedmi sloupcích byly specifikovány: ID stanice (st_id); zkratka stanice (meas_prg_code); název měřicí stanice (locality_name); znečišťující látky (cp_abbrev); jednotky (unit); rok (year) a měsíc (month) měření. Zbýlých 31 sloupců představuje den v měsíci (D_01, D_02, D_31). Ukázka dat je zobrazena v příloze 7.

Pro další práci s těmito daty je potřeba tyto data upravit (obr. 7). Prvním krokem je uspořádání dat do časové řady. Dalším krokem je doplnění chybějících hodnot. Algoritmus doplnění chybějících hodnot vychází z charakteristiky okolí dané stanice. Tímto algoritmem se zabývám v kapitole 4.7. Posledním krokem je předzpracování dat klouzavými průměry.



Obr. 7 Schéma modelu [Zdroj: vlastní]

4.3 Kvalita dat

[Reeve1995] Každý monitorovací program vygeneruje za poměrně krátkou dobu velké množství dat, ta je potřeba určitým způsobem zpracovat, zpřehlednit, zjednodušit a „vydestilovat“ z nich informaci. Chyby dat vznikají v rámci celého řetězce procesu vzniku dat, tedy od samotného odběru vzorku ovzduší (representativnost - umístění stanic v makro i mikroměřítku), přes chemickou analýzu, shromažďování dat v databázi, a samozřejmě i při následném zpracování dat (užití statistických a geostatistických metod), velikost chyby je dána nejslabším článkem celého řetězce (tím bývá zpravidla odběr vzorku, zatím nejproblematictější záležitost, naproti tomu metody následné chemické analýzy jsou velmi spolehlivé). Díky neuvěřitelnému rozvoji výpočetní techniky (hardwaru a softwaru) lze analyzovat obrovská množství dat a aplikovat poměrně náročné operace.

Požadavky na informace jsou rozdílné podle uživatelů, kterým jsou data určeny. Nejčastěji se srovnávají naměřené koncentrace s určitými standardy (imisní limity, kritické úrovně, prahové hodnoty, směrné hodnoty, cílové hodnoty), z naměřených vstupních údajů (koncentrací) se spočte jednoduchá statistická charakteristika (kvantil, roční aritmetický průměr) a ta se porovná s příslušným standardem, pro účely informace veřejnosti, „decision-making“ apod. Snaha agregovat údaje s cílem získat jednoduchou a srozumitelnou informaci zachovávající pokud možno co nejvíce informace původních dat. Následující tabulka (tab. 11) znázorňuje kvalitu dat Pardubického kraje.

Tab. 11 Kvalita dat - Pardubický kraj [Zdroj: vlastní]

Měřicí stanice	Znečišťující látka	% vynechaných hodnot	Počet hodnot
Pardubice Dukla	BZN	26,03	810
Pardubice Dukla	CO	12,15	962
Pardubice Dukla	NO ₂	22,47	849
Pardubice Dukla	NO _x	22,19	852
Pardubice Dukla	O ₃	7,03	1018
Pardubice Dukla	PM ₁₀	6,67	1022
Pardubice Dukla	SO ₂	8,58	1001
Pardubice Dukla	TLN	25,66	814
Pardubice - Rosice	BZN	14,34	938
Pardubice - Rosice	NO ₂	6,39	1025
Pardubice - Rosice	NO _x	6,39	1025
Pardubice - Rosice	O ₃	8,31	1004
Pardubice - Rosice	SO ₂	4,38	1047
Pardubice - Rosice	TLN	12,79	955
Svratouch	NO ₂	1,55	1078
Svratouch	NO _x	1,74	1076
Svratouch	O ₃	5,3	1037
Svratouch	PM ₁₀	6,39	1025
Svratouch	SO ₂	1,19	1082

4.4 Návrh parametrů pro modelování

V následujících modelech budou parametry označovány symboly $p_{(i,j)}$, kde index i označuje znečišťující látku a index j vyjadřuje měřicí stanici. Např. $p_{(1,1)}$ označuje znečišťující látku NO_x měřenou v měřicí stanici Pardubice Dukla.

4.4.1 Index i

Tento index označuje znečišťující látku. Parametry jsou seřazeny podle škodlivosti látek na životní prostředí (tab. 12). Toto pořadí jsem stanovil dle závažnosti působení látky na životní prostředí, s přihlédnutím k počtu překročení imisních limitů.

$$i = 1, 2, \dots, 8$$

Tab. 12 Index i [Zdroj: vlastní]

Index i	Značka	Znečišťující látka	Jednotka
1	NO _x	Oxidy dusíku	μg/m ³
2	PM ₁₀	Suspendované částice PM ₁₀	μg/m ³
3	O ₃	Ozon	μg/m ³
4	SO ₂	Oxid siřičitý	μg/m ³
5	NO ₂	Oxid dusičitý	μg/m ³
6	CO	Oxid uhelnatý	μg/m ³
7	BZN	Benzen	μg/m ³
8	TLN	Toluen	μg/m ³

4.4.2 Index j

Tento index (tab. 13) označuje měřící stanici. Pořadí stanic nemá žádný význam.

$$j = 1, 2, \dots, 17$$

Tab. 13 Index j [Zdroj: vlastní]

Index j	Měřící stanice	Kraj
1	Pardubice Dukla	Pardubický
2	Pardubice-Rosice	Pardubický
3	Svratouch	Pardubický
4	Hr.Král.-observatoř	Královéhradecký
5	Hradec Králové-Brněnská	Královéhradecký
6	Krkonoše-Rýchory	Královéhradecký
7	Šerlich	Královéhradecký
8	Trutnov-Mládežnická	Královéhradecký
9	Česká Lípa	Liberecký
10	Frydlant-Údolí	Liberecký
11	Jablonec-město	Liberecký
12	Liberec-město	Liberecký
13	Souš	Liberecký
14	Jihlava	Vysočina
15	Kostelní Myslová	Vysočina
16	Košetice	Vysočina
17	Třebíč	Vysočina

Pro vektor zkoumaných parametrů v daném čase $T = (t_1, t_2, \dots, t_k)^T$, kde $k = 1, 2, \dots, 1095$, lze vstupní data pro parametr $p_{(i,j)}$ vyjádřit ve tvaru datové matice $D = \{x_{(t;(i,j))}, \dots, x_{(550,(4,8))}, \dots, x_{(1095,(8,17))}\}$.

$$D = \begin{pmatrix} x_{(1;(1,1))} & \dots & x_{(1;(i,j))} & \dots & x_{(1;(m,n))} \\ x_{(2;(1,1))} & \dots & x_{(2;(i,j))} & \dots & x_{(2;(m,n))} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{(k;(1,1))} & \dots & x_{(k;(i,j))} & \dots & x_{(k;(m,n))} \end{pmatrix} \quad (4.1)$$

Obr. 8 Datová matice vstupních dat [Zdroj: vlastní]

4.5 Definice základních pojmů

Data

Data [Reeve1995] jsou zdrojová/vstupní fakta a výsledky pozorování, měření, monitorování uložené určitým způsobem. Sama o sobě mají malou přímou hodnotu, pokud nejsou strukturována a nejsou známé vztahy mezi nimi – tedy nevíme, jak je interpretovat.

Informace

Informace jsou výsledkem úspěšné analýzy údajů [Reeve1995]. Údaje musíme uspořádat nebo sumarizovat nebo redukovat či kombinovat s jinými, abychom získali skryté významy, které jsou rozptýlené v objemu nestrukturovaných údajů. Informace je vzor, který chce člověk rozeznat v údajích. Počítače nám pomohou pomoci třídít údaje, ale informace na jejich základě odvozená je subjektivní záležitostí. Je to, co vidíme, když najdeme způsob, jak hledat v údajích.

Data jsou reprezentace faktů, pojmů nebo instrukcí, formalizované způsobem vhodným pro přenos, interpretaci, uložení nebo zpracování. Informace je potom význam, který člověk přisuzuje údajům [Neumann1996].

Metadatové informace (metadata)

Metainformace jsou informace o samotných datech, které tato data blíže popisují a zpřesňují. Abychom správně chápali imisní data, tedy údaje o koncentracích znečišťujících příměsí, která jsou obsahem imisní databáze, jsou doplněna metadaty o měřicích stanicích, tedy zeměpisné souřadnice a nadmořská výška, slovní popis polohy, typ stanice, její reprezentativnost, nejistoty měření apod..

4.6 Používané metody hodnocení kvality ovzduší

Převládající metoda hodnocení - hodnocení stavu ovzduší podle obsahu jednotlivých škodlivin [Hůnová2000]. Při tomto typu hodnocení je uvažována každá znečišťující látka zvlášť a její dosažené úrovně zjištěné přímo měřením nebo nepřímo pomocí výpočtu nebo modelu jsou porovnávány se standardy, zejména ve formě platných imisních limitů.

Přednosti této metody je značná podrobnost a vystižení reality obsahu látek v atmosféře a jejich časové variability odrážející se v denním a ročním chodu. Nedostatkem této metody je, že nevystihuje realitu ve smyslu působení ovzduší na receptory, protože každá látka je uvažovaná zvlášť a není zohledněn fakt, že látky působí v reálné atmosféře ve směsi. Tento způsob hodnocení je srozumitelný pouze odborníkům, zatímco neodborníkům nezabývajícím se přímo touto problematikou, ať už se jedná o veřejnost, úředníky státní správy či politiky, se může zdát zbytečně komplikovaný a ne zcela srozumitelný.

Neodborná veřejnost, ale i odborníci provádějící územní rozhodnutí, chtějí znát jasnou odpověď na stručně formulované dotazy typu:

- „Jak se liší kvalita/znečištění ovzduší na různých lokalitách?“
- „Jak se liší kvalita/znečištění ovzduší v různých časových obdobích?“
- „Zlepšuje se či se naopak zhoršuje?“
- „Do jakých oblastí je potřeba investovat, aby se kvalita ovzduší zlepšila?“
- „V jakých lokalitách provádět určitá protipatření, aby se zlepšila imisní situace?“

4.7 Chybějící hodnoty

Při sbírání a kombinování dat se vyskytují chybějící hodnoty [Štěpánek2006] téměř v každé sadě dat. Řada programových systémů záznamy s chybějícími hodnotami ignoruje, čímž z nich dělá nesmyslné údaje. Cílem nahrazení chybějících hodnot je zaplnit prázdná místa nejpravděpodobnějšími hodnotami při zachování celkového rozdělení pravděpodobnosti (aritmetický průměr, směrodatná odchylka). Nejvýznamnější jsou uvedeny v následujících podkapitolách.

4.7.1 Substituce jedné hodnoty

Substituce jedné hodnoty je nejjednodušší metodou nahrazování chybějících hodnot. Na výběr máme tři obvyklé možnosti: střední hodnotu, medián a mód. Střední hodnota je založena na statistickém výpočtu nejmenší chyby čtverců. Tím se do rozdělení hodnot proměnné zavádí nejmenší možná variance. Je-li rozdělení velmi špičaté (nesouměrné), může lépe posloužit medián.

4.7.2 Substituce střední hodnotou třídy

Při substituci střední hodnotou třídy se využívají střední hodnoty podskupin jiných proměnných nebo kombinací proměnných. Tato metoda zachovává lépe původní rozdělení hodnot.

4.7.3 Regresní substituce

Podobně jako u substituce střední hodnotou třídy využívá regresní substituce střední hodnoty skupin jiných proměnných. Výhodou regrese je schopnost pracovat se spojitými proměnnými stejně jako hledat ve více proměnných přesnější míru.

4.7.4 Vynechání hodnoty

Vynechání chybějící hodnoty je nejjednodušší způsob založený na prostém vyloučení proměnné, pozorování či údaje.

4.7.5 Zavedením zvláštního čísla „missing“

Některé programy dokáží pracovat s tzv. hodnotou „missing“, která reprezentuje chybějící pozorování, pro které je implementována speciální algebra. Výhodou tohoto přístupu je, že veškeré výpočty jsou prováděny automaticky s dodržáním algebry chybějících pozorování, takže se může stát, že se i chybějící pozorování použije [Řezankov1992].

4.8 Použitý způsob odstranění chybějících hodnot

Na základě konzultace s panem Ing. Štěníčkou z Hradecké pobočky Českého hydrometeorologického ústavu, který mi doporučil doplnit chybějící hodnotu hodnotou z nejbližší stanice, jsem vyzkoušel použít 3 způsoby doplnění hodnot.

[1] Průměrné denní hodnoty kraje

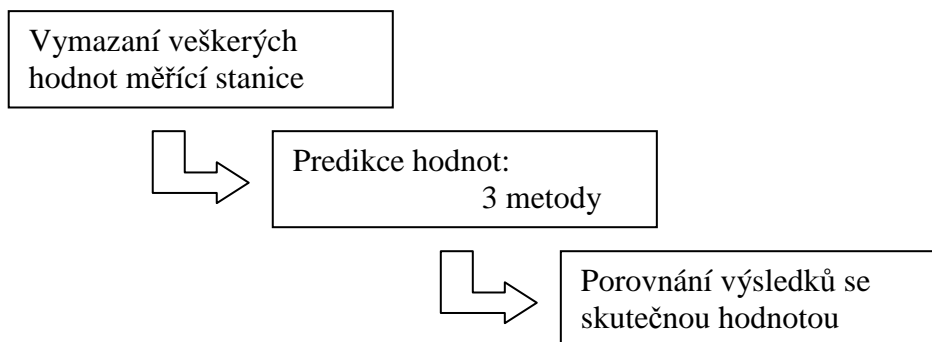
[2] Průměrné denní hodnoty kraje vynásobené koeficientem

[3] (Průměrné denní hodnoty kraje vynásobené koeficientem + měsíční průměr měřící stanice)/2

Koeficient se vypočítá jako podíl měsíčního průměru měřící stanice ku měsíčnímu průměru kraje (nebo všech krajů). Vyjadřuje odchylku měřící stanice od průměru kraje (nebo všech krajů) vypočítané z měsíčních průměrů.

Postup testů doplnění chybějících hodnot

Následující obrázek (obr. 9) znázorňuje postup výběru metody pro doplnění chybějících hodnot. Po vymazání dat jsem výše zmíněnými metodami doplnil celou časovou řadu. Na závěr jsem takto vytvořené hodnoty porovnal se skutečnými hodnotami, a na základě tohoto porovnání jsem vybral nejvhodnější metodu, pomocí které jsem doplnil veškeré chybějící hodnoty.



Obr. 9 Postup testů doplnění chybějících hodnot [Zdroj: vlastní]

Tento test doplnění chybějících hodnot jsem použil pro parametry $p_{(4,1)}$, $p_{(4,2)}$, $p_{(4,3)}$, tedy u znečišťující látky SO_2 v Pardubickém kraji (měřicí stanice: Pardubice Dukla, Pardubice-Rosice, Svratouch). Snahou je zachovat rozdělení pravděpodobnosti: průměr a směrodatnou odchylku. Výsledky jsou znázorněny v následujících tabulkách (tab.14) a (tab. 15).

Tab. 14 Porovnání metod doplnění chybějících hodnot – průměr [Zdroj: vlastní]

Měřicí stanice	Průměr skutečných hodnot	Průměr predikovaných hodnot metodou:		
		[1]	[2]	[3]
Pardubice Dukla	9,3717	8,0077	9,2786	9,3606
Pardubice-Rosice	11,8044	6,7200	11,6548	11,7587
Svratouch	4,3718	10,6164	4,3568	4,3897

Tab. 15 Porovnání metod doplnění chybějících hodnot – rozptyl [Zdroj: vlastní]

Měřicí stanice	Rozptyl skutečných hodnot	Průměr predikovaných hodnot metodou:		
		[1]	[2]	[3]
Pardubice Dukla	62,550	29,322	39,784	22,554
Pardubice-Rosice	68,704	29,038	69,442	48,096
Svratouch	13,649	51,973	13,133	8,139

Nejlépe zachovává průměr druhá a třetí metoda a rozptyl druhá metoda. Následující tabulka (tab. 16) znázorňuje průměrný rozdíl od skutečných hodnot. (Ideální stav = 0). Opět nejlepší výsledky dosahují metody 2 a 3.

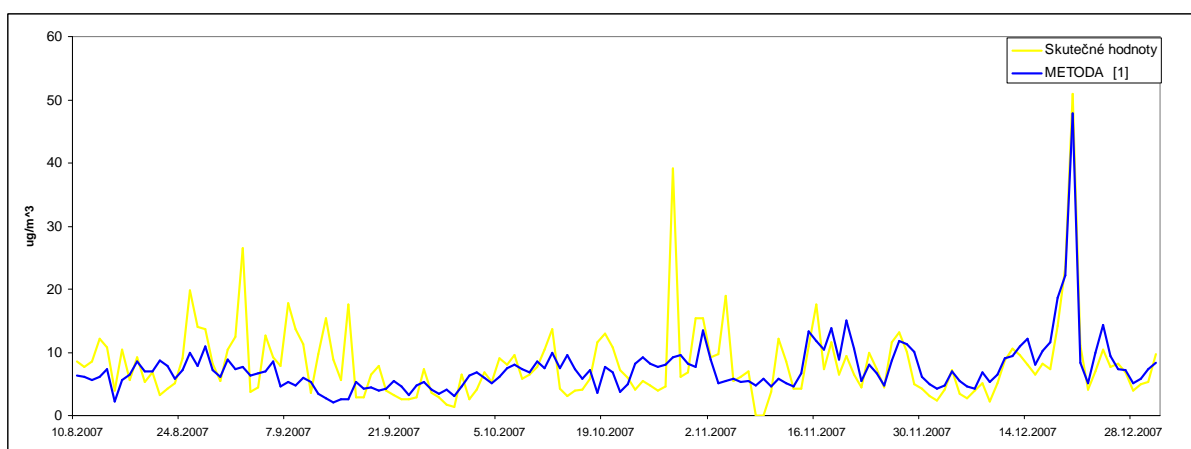
Tab. 16 Průměrný rozdíl predikovaných hodnot od skutečných hodnot [Zdroj: vlastní]

Průměrný rozdíl predikovaných hodnot od skutečných hodnot	[1]	[2]	[3]
Pardubice Dukla	1,3291	0,0330	0,0165
Pardubice-Rosice	5,0397	-0,0320	-0,0160
Svratouch	-6,0697	0,1053	0,0526

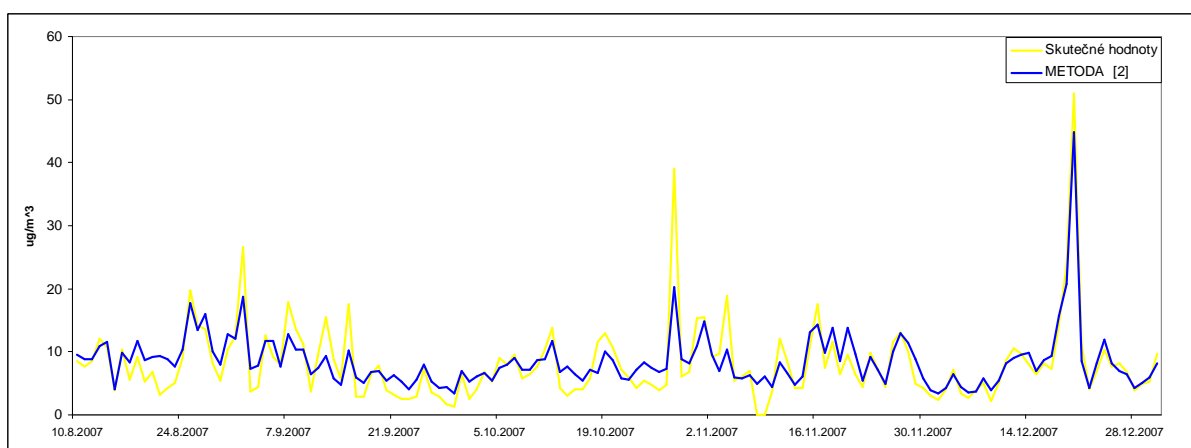
Tab. 17 Rozptyl rozdílů predikovaných hodnot od skutečných hodnot [Zdroj: vlastní]

Rozptyl rozdílů predikovaných hodnot od skutečných hodnot	[1]	[2]	[3]
Pardubice Dukla	6,1303	3,3690	4,7455
Pardubice-Rosice	6,9370	3,0654	3,4171
Svratouch	6,1115	1,9228	2,0413

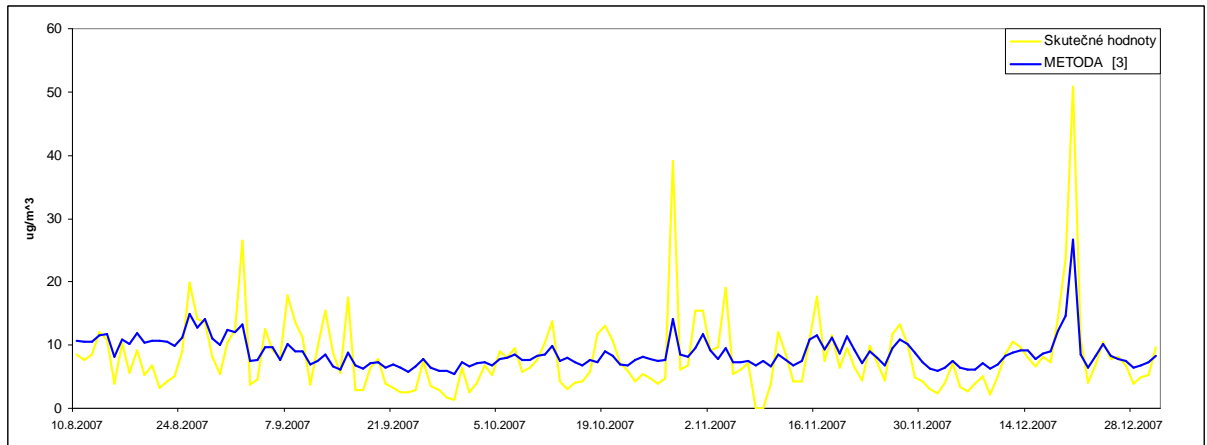
Následující grafy (obr. 10), (obr. 11), (obr. 12) znázorňují část časové řady stanice Pardubice Dukla u znečišťující látky SO₂. Žlutá křivka znázorňuje skutečné hodnoty, kterých se snažím dosáhnout. Nejlépe kopíruje trend metoda 2 (obr. 11), kterou jsem použil pro doplnění chybějících hodnot. Algoritmus této metody je znázorněn na obr.13.



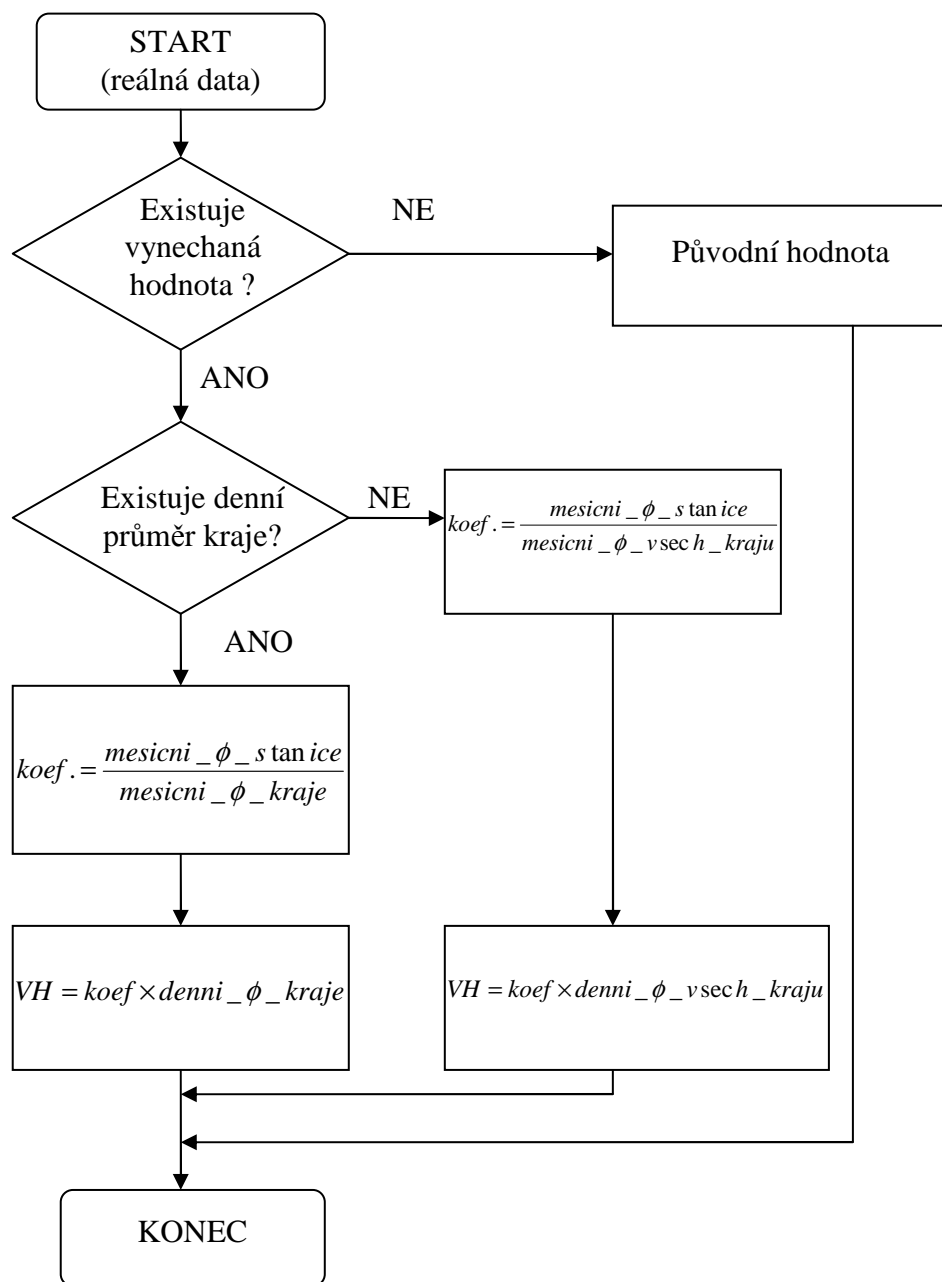
Obr. 10 Porovnání skutečných hodnot s metodou 1 [Zdroj: vlastní]



Obr. 11 Porovnání skutečných hodnot s metodou 2 [Zdroj: vlastní]



Obr. 12 Porovnání skutečných hodnot s metodou 3 [Zdroj: vlastní]



Obr. 13 Algoritmus doplnění chybějících hodnot – metoda 2 [Zdroj: vlastní]

4.9 Koeficient korelace

Korelační koeficient [Kubanová2003] se používá k vyjádření míry závislosti lineárního typu. Korelační koeficient dvou náhodných veličin X a Y s nenulovými rozptyly DX a DY je definován následujícím způsobem:

$$\rho_{x,y} = \frac{\text{cov}(X,Y)}{\sqrt{DX} \cdot \sqrt{DY}}. \quad (4.2)$$

Jestliže $\rho_{x,y} = 0$, náhodné veličiny X a Y jsou nekorelované. V opačném případě mezi náhodnými veličinami existuje korelační vztah. Korelační matice náhodného vektoru X se nazývá matice ρ typu $m \times m$, která má na místě (i,j) korelační koeficienty náhodných veličin X_i a X_j . Korelační matice ρ má následující tvar:

$$\rho = \begin{pmatrix} 1 & \rho_{x_1,x_2} & \dots & \rho_{x_1,x_m} \\ \rho_{x_2,x_1} & 1 & \dots & \rho_{x_2,x_m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \rho_{x_m,x_1} & \rho_{x_m,x_2} & \dots & 1 \end{pmatrix} \quad (4.3)$$

Koeficienty korelace jsou uvedeny v následující tabulce (tab. 18). Z této tabulky je patrné, že mezi většinou parametrů neexistuje významná závislost. Pouze u parametru $p_{(5,1)}$ (NO_2 , Pardubice Dukla) a $p_{(1,1)}$ (NO_x , Pardubice Dukla) existuje korelační vztah s významnou závislostí. Z tohoto důvodu je parametr $p_{(1,1)}$ pro další práci vynechán.

Tab. 18 Korelační matice parametrů [Zdroj: vlastní]

	$P_{(1,1)}$	$P_{(2,1)}$	$P_{(3,1)}$	$P_{(4,1)}$	$P_{(5,1)}$	$P_{(6,1)}$	$P_{(7,1)}$	$P_{(8,1)}$
$P_{(1,1)}$	1	0,531	0,222	-0,548	0,724	0,434	0,63	0,541
$P_{(2,1)}$	0,531	1	0,387	-0,248	0,686	0,379	0,637	0,359
$P_{(3,1)}$	0,222	0,387	1	-0,127	0,394	0,037	0,396	0,315
$P_{(4,1)}$	-0,548	-0,248	-0,127	1	-0,393	-0,227	-0,494	-0,348
$P_{(5,1)}$	0,724	0,686	0,394	-0,393	1	0,327	0,679	0,511
$P_{(6,1)}$	0,434	0,379	0,037	-0,227	0,327	1	0,235	0,162
$P_{(7,1)}$	0,63	0,637	0,396	-0,494	0,679	0,235	1	0,641
$P_{(8,1)}$	0,541	0,359	0,315	-0,348	0,511	0,162	0,641	1

4.10 Předzpracování dat

4.10.1 Důvody pro předzpracování časových řad

Pokud je některá veličina měřena v příliš krátkých časových intervalech (dnech, týdnech, měsících), může se stát, že následující členy se neliší téměř ničím jiným, než nahodilými odchylkami, jakýmsi šumem, který se přičítá ke správné hodnotě sledované veličiny. Pokud lze předpokládat, že tato nahodilá chyba očekávanou hodnotu jednou

zvětší a jindy zase zmenší (její střední hodnota je nulová) a jednotlivé chyby nejsou vzájemně závislé (tj. nekorelované), lze očekávat, že zprůměrováním několika po sobě následujících pozorování budou chyby mít tendenci se navzájem rušit, zatímco skutečná sledovaná hodnota procesu tím vynikne. Na tomto pozorování jsou založeny metody vyhlazování časových řad (ČŘ).

Přehled nejpoužívanějších indikátorů technické analýzy

- klouzavé průměry: jednoduché klouzavé průměry, centrované klouzavé průměry, trojúhelníkové klouzavé průměry, vážené klouzavé průměry,
- exponenciální vyrovnání: jednoduché exponenciální vyrovnání, dvojité exponenciální vyrovnání,
- robustní klouzavé průměry: klouzavý medián.

4.10.2 Klouzavé průměry

Klouzavé průměry [Wisniewski1996] (Moving Averages, KP) jsou asi jedním z nejpoužívanějších nástrojů technické analýzy. Slouží k vyrovnávání (vyhlazování) časové řady, kdy vyrovnané hodnoty pro jednotlivé časové indexy t se získají určitým zprůměrováním pozorování vždy z určitého okolí uvažovaného časového indexu (vhodná je představa okna klouzavíciho podél původní ČŘ, v jehož rámci se pak průměruje).

KP jsou tyto indikátory nazývány proto, že jejich hodnota se v postupujícím čase mění. Jakmile dojde k uplynutí další časové jednotky (den, týden, měsíc, atd.), je hodnota KP přepočítána, a to tak, že ze seznamu hodnot pro výpočet průměru se vypustí nejstarší hodnota a doplní se hodnotou nejnovější. Používají se k:

- vyloučení krátkodobých výkyvů ve vývoji ČŘ,
- potlačení šumových složek,
- identifikování primárních trendů,
- konstrukci (krátkodobých) předpovědí v ČŘ.

4.10.3 Délka klouzavých průměrů

Délkou KP se rozumí počet členů, z kterých je průměr počítán. Neboli je to délka klouzajícího okna, přes které se průměruje. Obecně délku KP označuje vztah $n = 2m + 1$ (kde m je počet ztracených údajů na začátku a konci ČŘ)

Obecně platí, že čím je větší délka KP, tím větší je vyrovnaní (vyhlazení), neboť se eliminuje vliv pozorování více vzdálených od ostatních hodnot případně vliv odlehlých pozorování. Na druhé straně však hrozí nebezpečí, že se potlačí nebo zdeformují některé systematické složky původního záznamu.

4.10.4 Jednoduché klouzavé průměry

Jednoduché klouzavé průměry (JKP) jsou vlastně obyčejné aritmetické průměry z původních hodnot ČŘ při jejichž výpočtu je přiřazováno všem hodnotám stejná váha. JKP se vypočítá tak, že se sečtou jednotlivé hodnoty za danou periodu (např. 15 dní, 7 měsíců apod.) a následně se vypočítaná suma dělí délkou periody. Výsledkem je průměrná hodnota za dané období. Tento výpočet lze zapsat v následujícím tvaru:

$$JKP_{t,n} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n Y_{t,n} \quad (4.4)$$

kde: $JKP_{t,n}$ je hodnota průměru v čase t za periodu n ,

n je délka periody,

$Y_{t,n}$ je empiricky zjištěná hodnota v čase t .

Je-li předpoklad, že hodnota ČŘ má být vyrovnaná v bodě t za 5 období, potom bude pro výpočet použit následující vztah

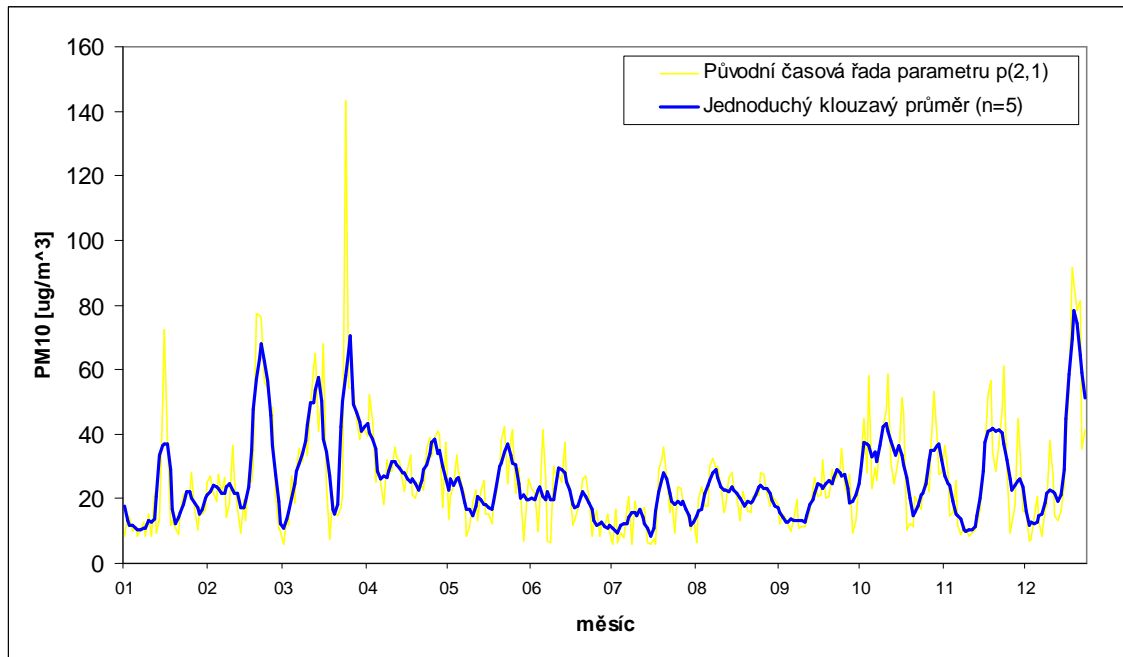
$$JKP_{t,5} = \frac{1}{5} (Y_{t-2} + Y_{t-1} + Y_t + Y_{t+1} + Y_{t+2}) \quad (4.5)$$

Pro další výpočet se klouzavé okno posune o jednu hodnotu doprava resp. níže a vyrovnaná se hodnota v čase $t+1$ jako

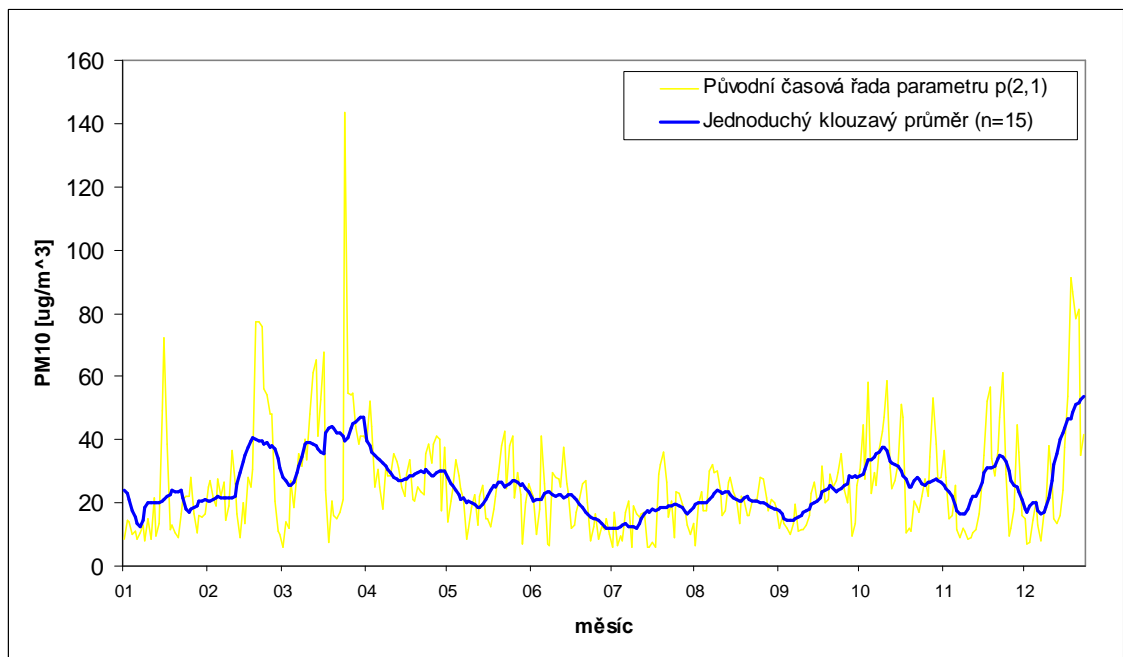
$$JKP_{t+1,5} = \frac{1}{5} (Y_{t-1} + Y_t + Y_{t+1} + Y_{t+2} + Y_{t+3}) \quad (4.6)$$

Hodnota v bodě $t+1$ je opět vyrovnaná jako průměr z okolních čtyř hodnot a z hodnoty v čase $t+1$.

Předzpracování dat pomocí JKP je znázorněno na následujících grafech. Obr. 14 znázorňuje předzpracovaná data pomocí JKP s periodou 5 dní a JKP s periodou 15 dní zobrazuje obr. 15. Je zde vidět závislost, že čím je větší délka JKP, tím větší je vyhlazení, neboť se eliminuje vliv odlehlých pozorování.



Obr. 14 Předzpracování dat parametru $p_{(2,1)}$ za rok 2007 [Zdroj: vlastní]



Obr. 15 Předzpracování dat parametru $p_{(2,1)}$ za rok 2007 [Zdroj: vlastní]

4.10.5 Centrované klouzavé průměry

Centrované klouzavé průměry (CKP) jsou vážené průměry se speciálními váhami, zvolenými tak, aby eliminovaly z ČŘ sezónní složku. Jejich délka je vždy o jedničku větší než délka sezóny a váhy jsou zvoleny tak, aby krajní pozorování měly poloviční váhu oproti ostatním.

Obecné tvary pro výpočet CKP jsou:

$$CKP_{t,n} = \frac{1}{n-1} \left(\frac{Y_1}{2} + Y_2 + \dots + Y_{n-1} + \frac{Y_n}{2} \right) \quad (4.7)$$

$$CKP_{t,n} = \frac{1}{2n-2} (Y_1 + 2Y_2 + \dots + 2Y_{n-1} + Y_n) \quad (4.8)$$

kde: $CKP_{t,n}$ je hodnota průměru v čase t za periodu n ,

n je délka periody,

Y_n je empiricky zjištěná hodnota.

4.10.6 Vážené klouzavé průměry (Weighted Moving Averages)

Vážené klouzavé průměry (VKP) zobecňují JKP tím, že průměrovaným hodnotám nedávají stejné váhy. Váhy vhodným způsobem symetricky klesají od středu okna k jeho oběma krajům, pak např. VKP pro $n = 5$ se vypočítá podle vztahu

$$VKP_{t,5} = \frac{1}{35} (-3Y_{t-2}) + 12Y_{t-1} + 17Y_t + 12Y_{t+1} - 3Y_{t+2}) \quad (4.9)$$

kde: $VKP_{t,n}$ je hodnota průměru v čase t za periodu n ,

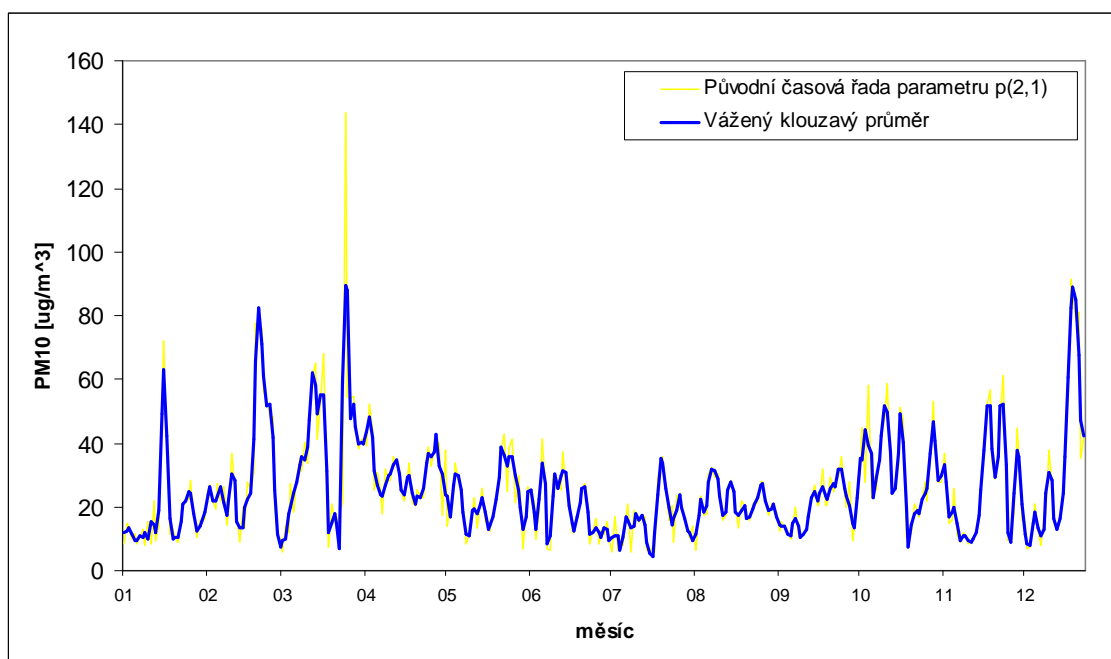
n je délka periody,

$Y_{t,n}$ je empiricky zjištěná hodnota v čase t .

Pro váhy musí platit:

- váhy jsou symetrické kolem střední hodnoty,
- součet vah je roven jedné,
- je-li r sudé číslo (řád polynomu použitého pro vyrovnání), pak KP řádu r a řádu $r+1$ se stejnou délkou $n=2m+1$ jsou totožné.

Předzpracování dat pomocí VKP pro parametr $p_{(2,1)}$, tedy data pro znečišťující látku PM_{10} z měřící stanice Pardubice – Rosice je znázorněno na obr. 16.



Obr. 16 Předzpracování dat parametru $p_{(2,1)}$ za rok 2007 [Zdroj: vlastní]

4.10.7 Trojúhelníkové klouzavé průměry

V případě trojúhelníkových klouzavých průměrů (TKP) se jedná o speciální typ VKP. Maximální váha je přidělována hodnotě uprostřed úseku délky $n = 2m + 1$ za předpokladu liché délky klouzajícího okna. Váhy ostatních hodnot klesají lineárně od středu a jejich součet je roven jedné.

Například TKP se pro $n = 5$ vypočítá pomocí vztahu:

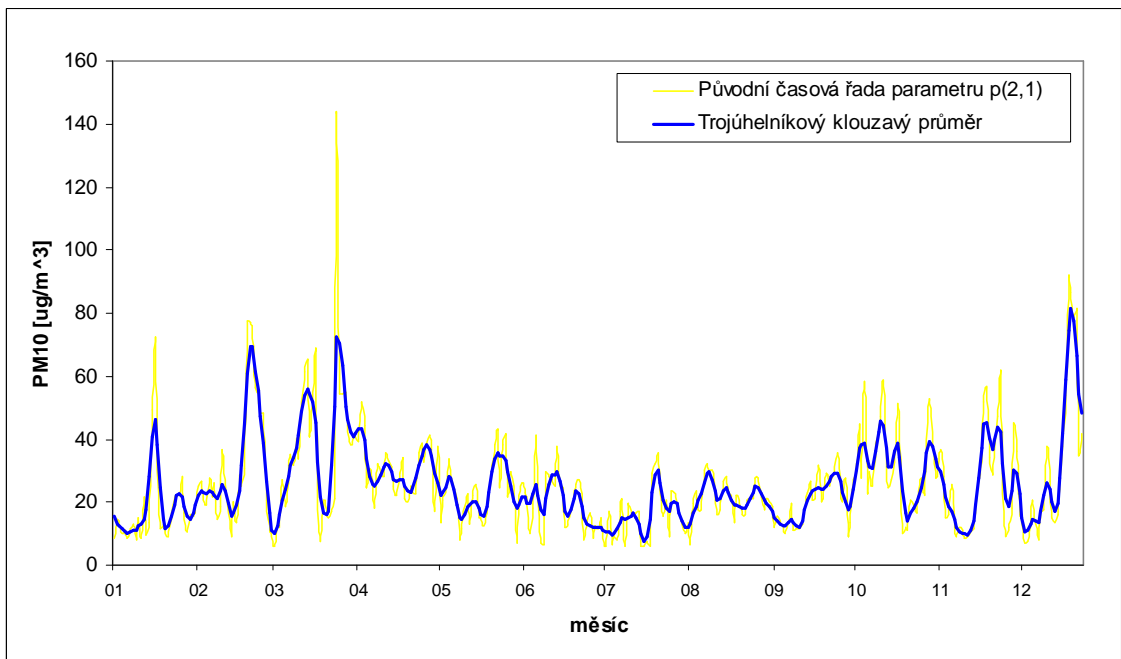
$$TKP_{t,5} = \frac{1}{9}(Y_{t-2} + 2Y_{t-1} + 3Y_t + 2Y_{t+1} + Y_{t+2}) \quad (4.10)$$

kde: $TKP_{t,n}$ je hodnota průměru v čase t za periodu n ,

n je délka periody,

$Y_{t,n}$ je empiricky zjištěná hodnota v čase t .

Předzpracování dat pomocí TKP pro parametr $p_{(2,1)}$ je znázorněno na obr. 17.



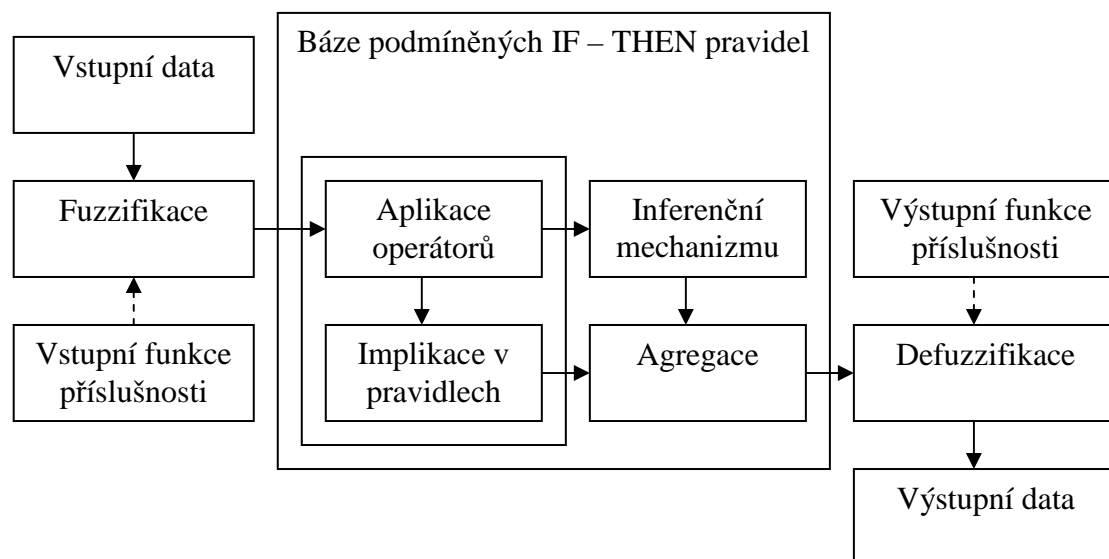
Obr. 17 Předzpracování dat parametru $p_{(2,1)}$ za rok 2007 [Zdroj: vlastní]

5 FUZZY LOGIKA

L. Zadeh vytvořil teorie fuzzy množin a fuzzy logiky, kdy se určuje, „jak mnoho“ prvek do množiny patří, nebo ne (proměnná x a její příslušnost k množině se značí $\mu(x)$ a je definována v rozmezí 0-1; 0 znamená úplné nečlenství a 1 úplné členství). Pomocí fuzzy logiky lze najít řešení pro daný případ z pravidel, která byla definována pro podobné případy [Dostál2005].

5.1.1 Proces fuzzy zpracování

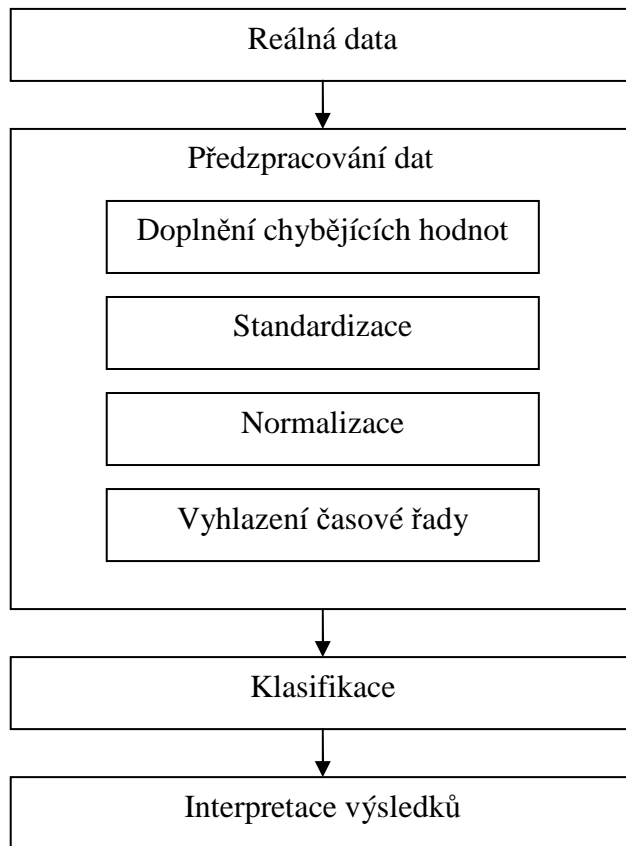
Všeobecná struktura fuzzy inferenčního systému (FIS) je znázorněn na obr. 18. V procesu fuzzifikace se uskutečňuje normování vstupů a jejich transformace do oboru hodnot vstupních funkcí příslušnosti. Inferenční mechanismus je založený na operacích fuzzy logiky a implikaci v rámci podmíněných pravidel. Na základě agregačního procesu dochází k transformaci výstupu jednotlivých podmíněných pravidel do výstupní fuzzy množiny. V procesu defuzzifikace se realizuje konverze fuzzy hodnot na očekávané ostré hodnoty [Olej2004].



Obr. 18 Všeobecná struktura fuzzy inferenčního systému [Zdroj: Olej2004]

5.2 Návrh FIS

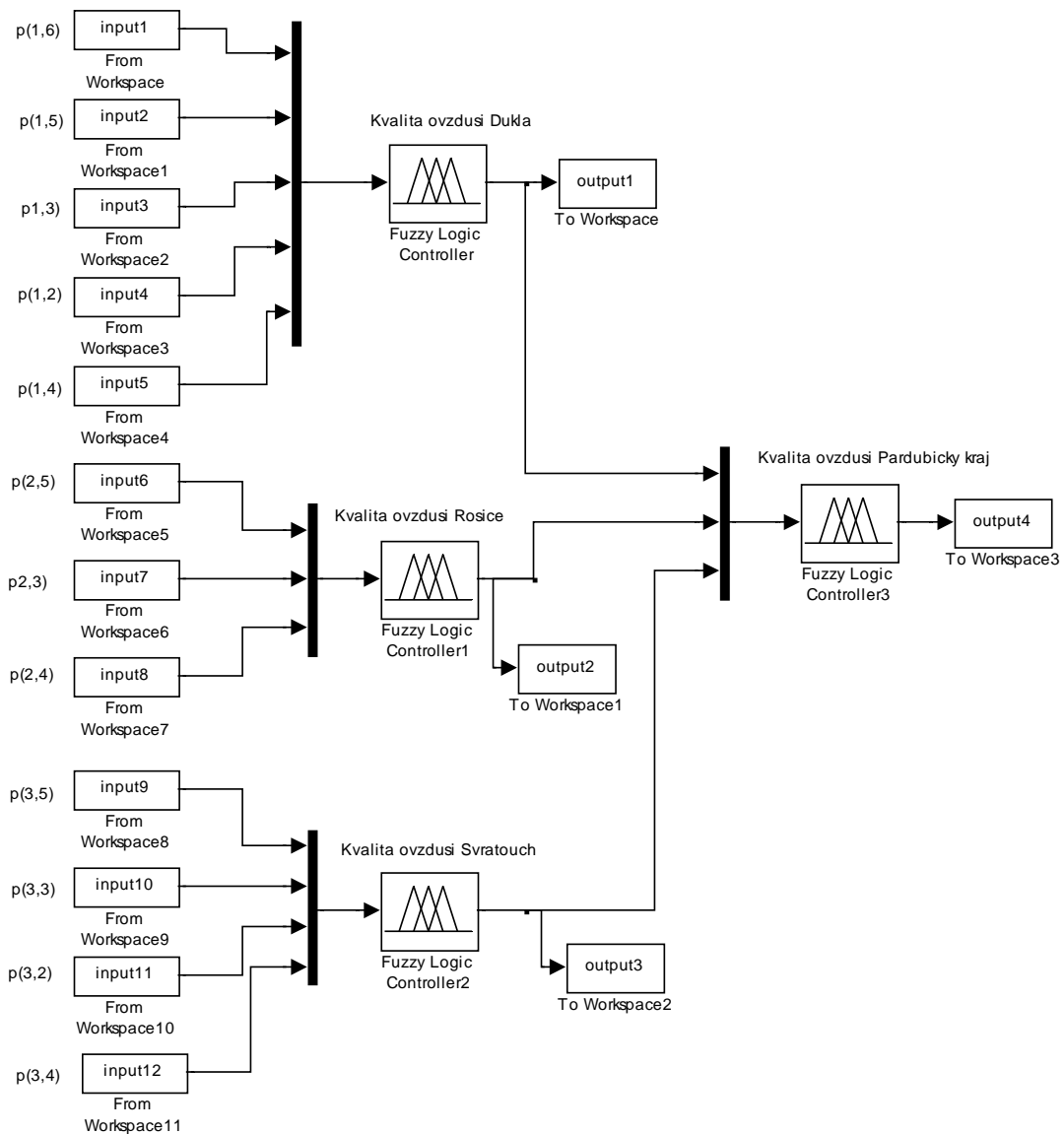
Následující obrázek (obr. 19) znázorňuje jednotlivé kroky klasifikačního procesu.



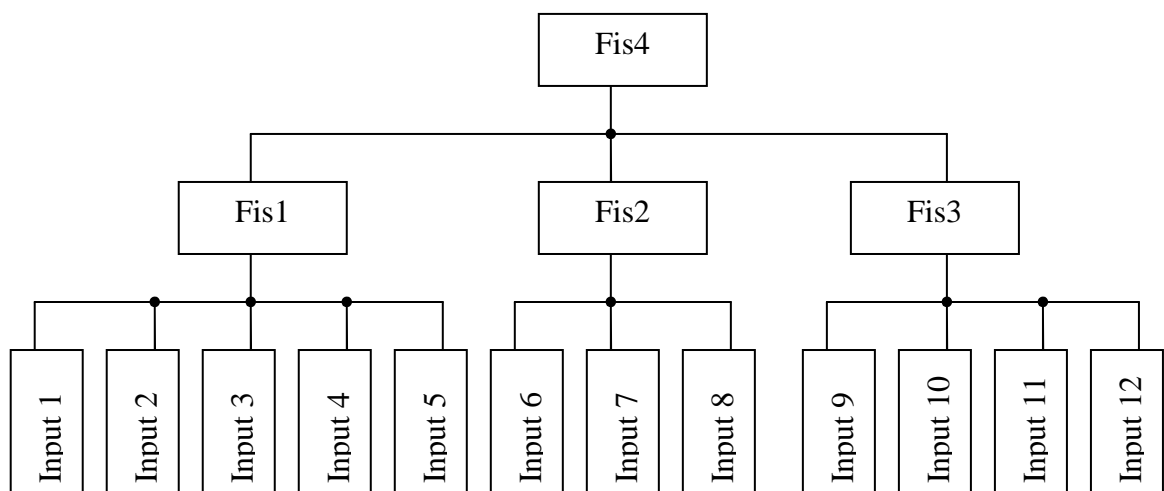
Obr. 19 Proces klasifikace [Zdroj: vlastní]

Tento model (obr. 20) slouží pro hodnocení kvality ovzduší v Pardubickém kraji. Model je vytvořen v programu MATLAB 7.1. Vstupy do systému jsou jednotlivé znečišťující látky, které byly předzpracovány pomocí jednoduchého klouzavého průměru. Důvodem předzpracování bylo odstranění nahodilých odchylek.

Pro tento model byly nadefinovány 4 fuzzy inferenční systémy, typu Mamdani z důvodu konstrukce podmíněných IF – THEN pravidel. FIS1 udává kvalitu ovzduší na měřicí stanici Pardubice Dukla, FIS2 kvalitu ovzduší na měřicí stanici Pardubice Rosice, FIS3 na měřicí stanici Svratouch. FIS4 vyhodnocuje ovzduší v celém Pardubickém kraji. Vstupy do jednotlivých FIS jsou dány na základě měřených znečišťujících látek na uvedených měřicích stanicích.



Obr. 20 Model FIS [Zdroj: vlastní]



Obr. 21 Hierarchická struktura modelu [Zdroj: vlastní]

Model lze znázornit jako hierarchickou strukturu (obr. 21). První úroveň znázorňuje kvalitu ovzduší v Pardubickém kraji, druhá úroveň kvalitu ovzduší v jednotlivých měřicích stanicích a třetí úroveň znázorňuje vstupy do modelu, tedy znečišťující látky. Následující tabulka (tab. 19) zobrazuje vstupy do modelu. Podrobněji jsou tyto vstupy popsány v kapitole 4.4.

Tab. 19 Vstupy do modelu [Zdroj: vlastní]

Vstup	Parametr	Měřicí stanice	Znečišťující látka
Input1	$p_{(1,6)}$	Pardubice Dukla	CO
Input2	$p_{(1,5)}$	Pardubice Dukla	NO ₂
Input3	$p_{(1,3)}$	Pardubice Dukla	O ₃
Input4	$p_{(1,2)}$	Pardubice Dukla	PM ₁₀
Input5	$p_{(1,4)}$	Pardubice Dukla	SO ₂
Input6	$p_{(2,5)}$	Pardubice-Rosice	NO ₂
Input7	$p_{(2,3)}$	Pardubice-Rosice	O ₃
Input8	$p_{(2,4)}$	Pardubice-Rosice	SO ₂
Input9	$p_{(3,5)}$	Svratouch	NO ₂
Input10	$p_{(3,3)}$	Svratouch	O ₃
Input11	$p_{(3,2)}$	Svratouch	PM ₁₀
Input12	$p_{(3,4)}$	Svratouch	SO ₂

Byly navrženy celkem 3 modely. Tyto modely se liší vstupními a výstupními funkcemi příslušnosti. Báze podmíněných pravidel a struktura modelu je ve všech případech stejná.

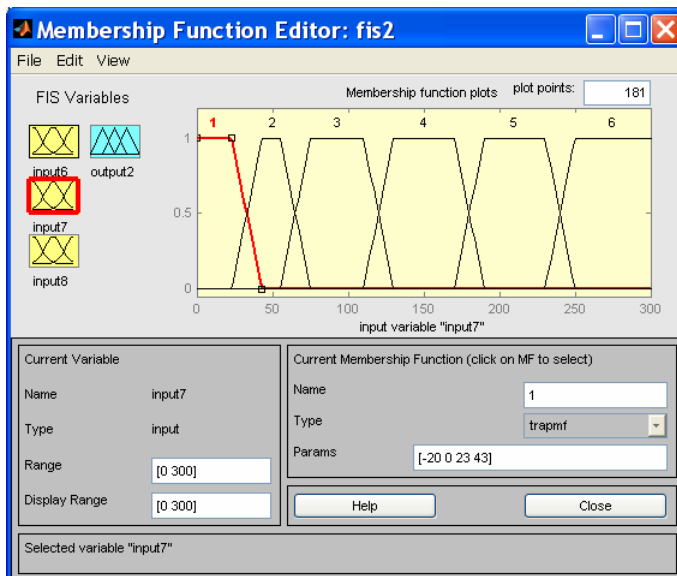
5.2.1 Model 1

Schéma modelu je znázorněno na obr. 20. Tento model obsahuje 4 fuzzy inferenční mechanismy. Vstupní funkce příslušnosti jsou lichoběžníkového typu (obr. 22), která je charakterizována pomocí parametrů a,b,c,d, kde parametry a,d jsou mezní hodnoty a parametry b,c jsou její jádro. Funkce příslušnosti se získá spojením bodů [a, 0], [b, 1] a [b, 1], [c, 1] a [c, 1], [d, 0] přímkou [Olej2004].

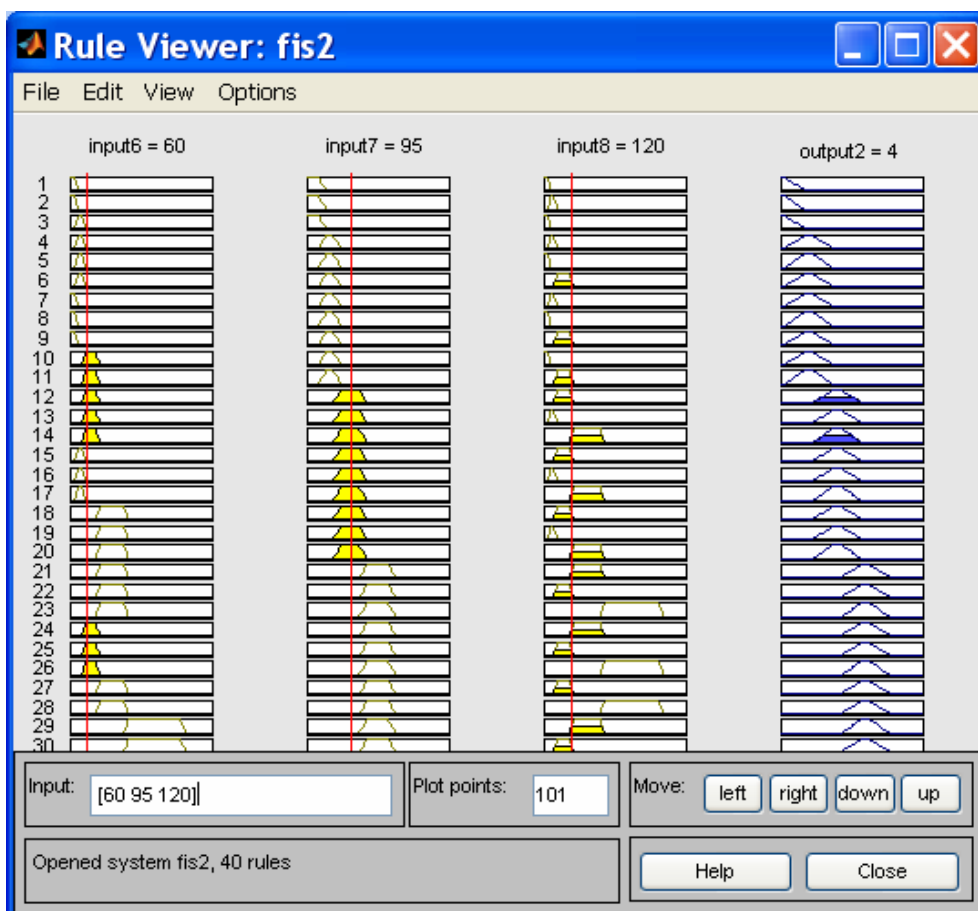
Tyto parametry jsou stanoveny na základě indexu kvality ovzduší vydaný CHMI, který je podrobně popsán v kapitole 1.6.

Následující obrázek (obr. 23) zobrazuje průběh inferenčního mechanismu ve FIS pro zadané vstupní hodnoty. Každý řádek představuje jedno podmíněné pravidlo a každý sloupec představuje jednu proměnnou. Žlutou barvou jsou znázorněny vstupní

funkce příslušnosti a modrou barvou výstupní funkce příslušnosti. Báze podmíněných pravidel jsem stanovil na základě škodlivosti jednotlivých znečišťujících látek.

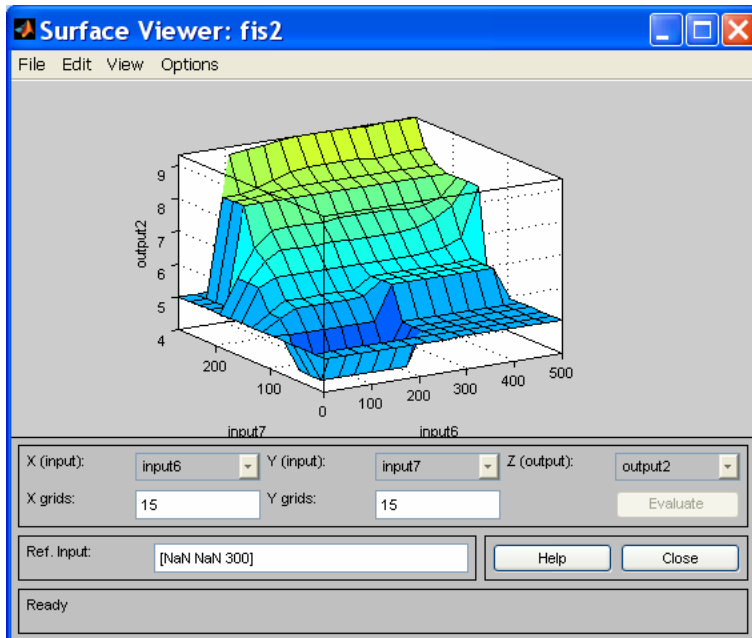


Obr. 22 Model 1 - Vstupní a výstupní funkce příslušnosti [Zdroj: vlastní]



Obr. 23 Model 1 - Inferenční mechanismus [Zdroj: vlastní]

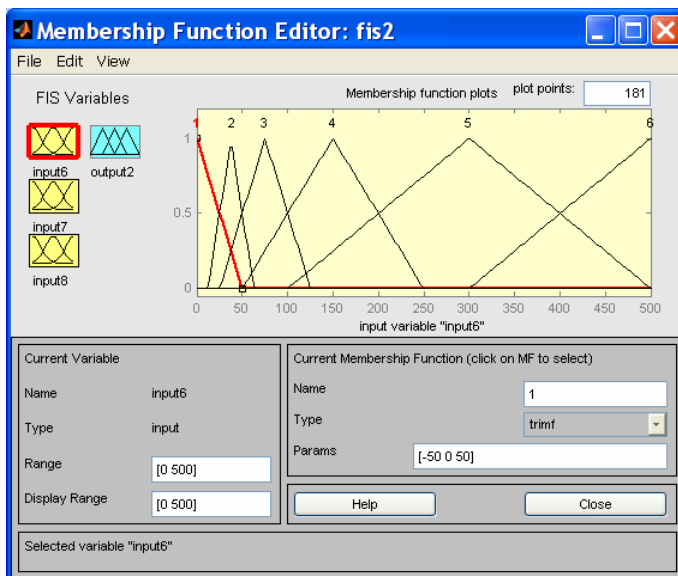
Následující obrázek (obr. 24) znázorňuje závislosti výstupní proměnné od vstupních proměnných. Zde FIS obsahuje více jak 2 vstupní proměnné, proto pro zobrazení jsem třetí proměnnou nadefinoval do editačního pole s názvem Ref.Input jako pevnou hodnotu 300.



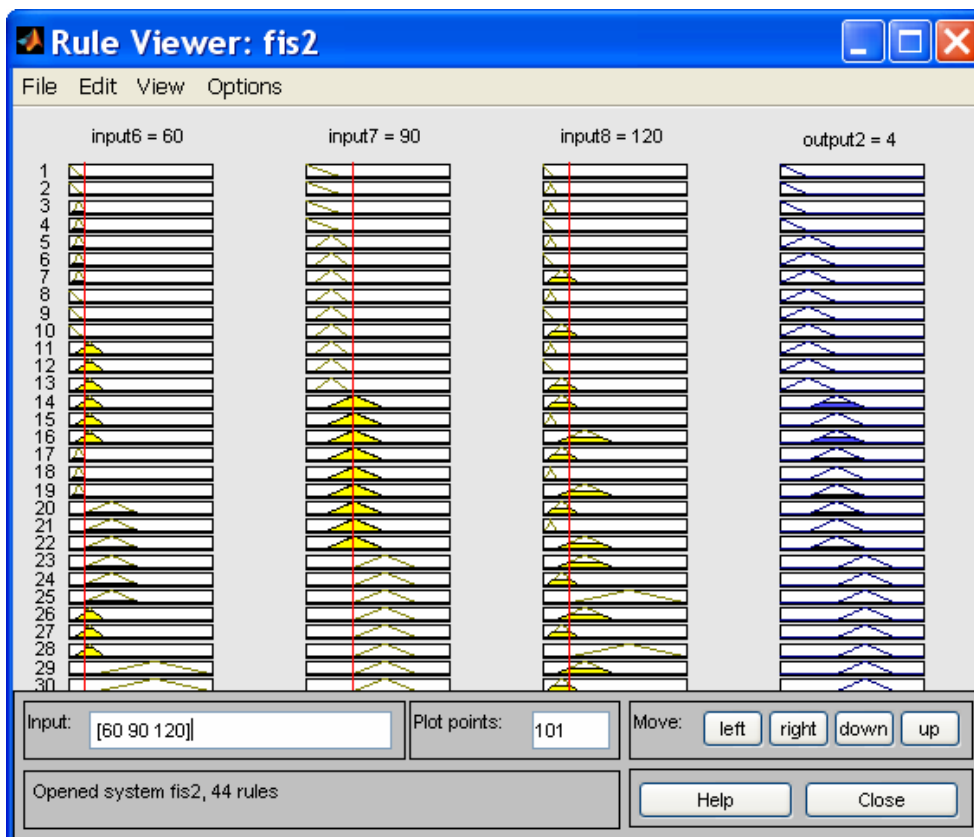
Obr. 24 Model 1 - Prohlížeč závislosti výstupní proměnné na vstupních proměnných [Zdroj: vlastní]

5.2.2 Model 2

Schéma a báze podmíněných pravidel je shodná s modelem 1. Model se liší vstupními a výstupními funkcemi příslušnosti. Je zde použit trojúhelníkový typ příslušnosti (obr. 25), který je možné popsat pomocí parametrů a , b , c , kde parametry a , c jsou mezní hodnoty a parametr b je její jádro. Funkce příslušnosti se získá spojením bodů $[a, 0]$, $[b, 1]$ a $[b, 1]$, $[c, 0]$ přímkou [Olej2004]. Parametry jsou opět stanoveny dle indexu kvality ovzduší s podmínkou, aby se funkce příslušnosti protínaly v hodnotě 0,5. Průběh inferenčního mechanismu je znázorněn na obr. 26.



Obr. 25 Model 2 - Vstupní a výstupní funkce příslušnosti [Zdroj: vlastní]

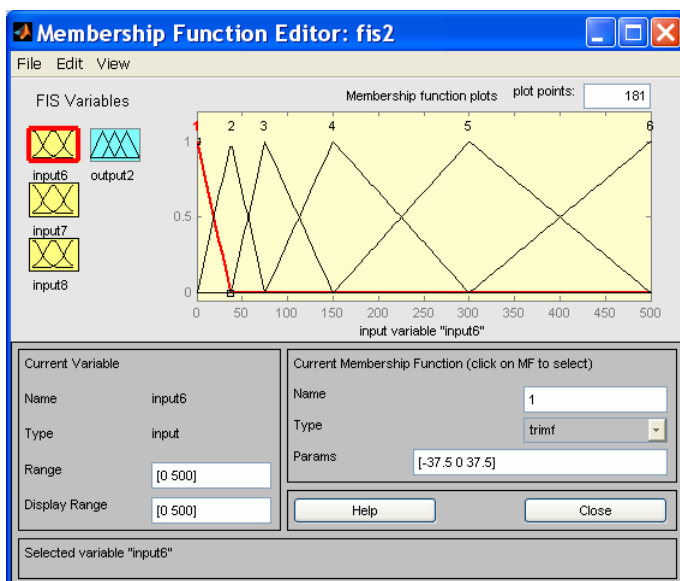


Obr. 26 Model 2 - Inferenční mechanismus [Zdroj: vlastní]

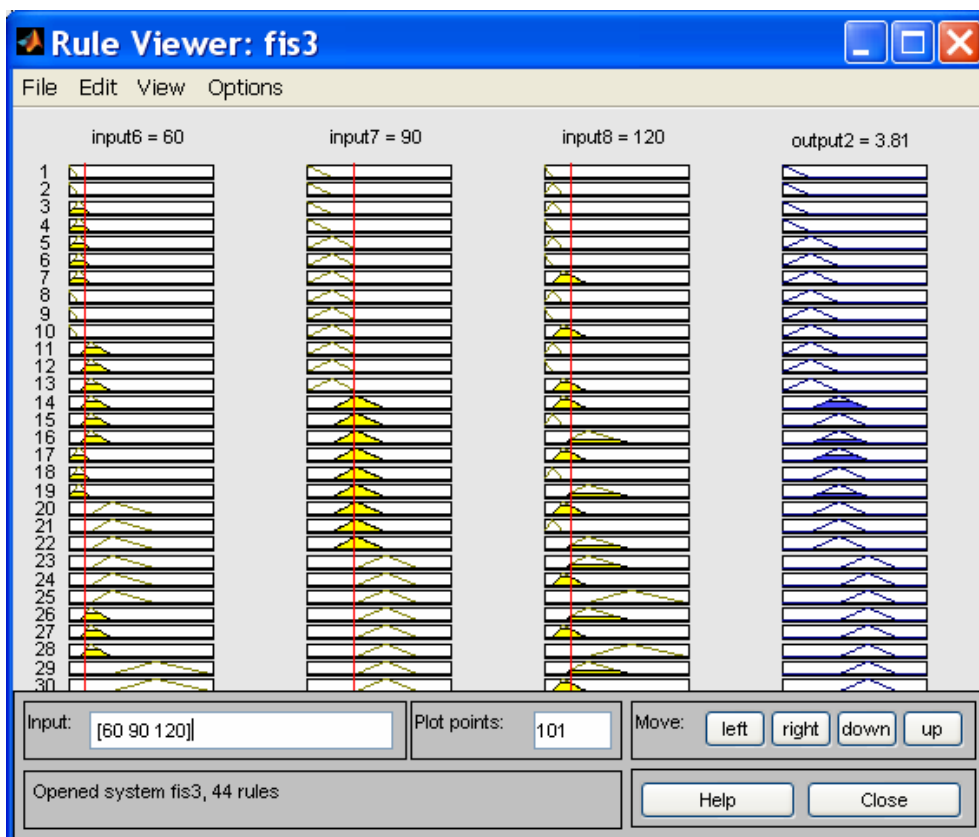
5.2.3 Model 3

Schéma a báze podmíněných pravidel je opět shodná s modelem 1. Model se liší vstupními a výstupními funkcemi příslušnosti (obr. 27). Je zde použit trojúhelníkový typ funkce příslušnosti, kde parametry jsou opět stanoveny dle indexu kvality ovzduší.

Není zde podmínka, aby se funkce příslušnosti protínají v hodnotě 0,5. Průběh inferenčního mechanismu je znázorněn na obr. 28.



Obr. 27 Model 3 - Vstupní a výstupní funkce příslušnosti [Zdroj: vlastní]



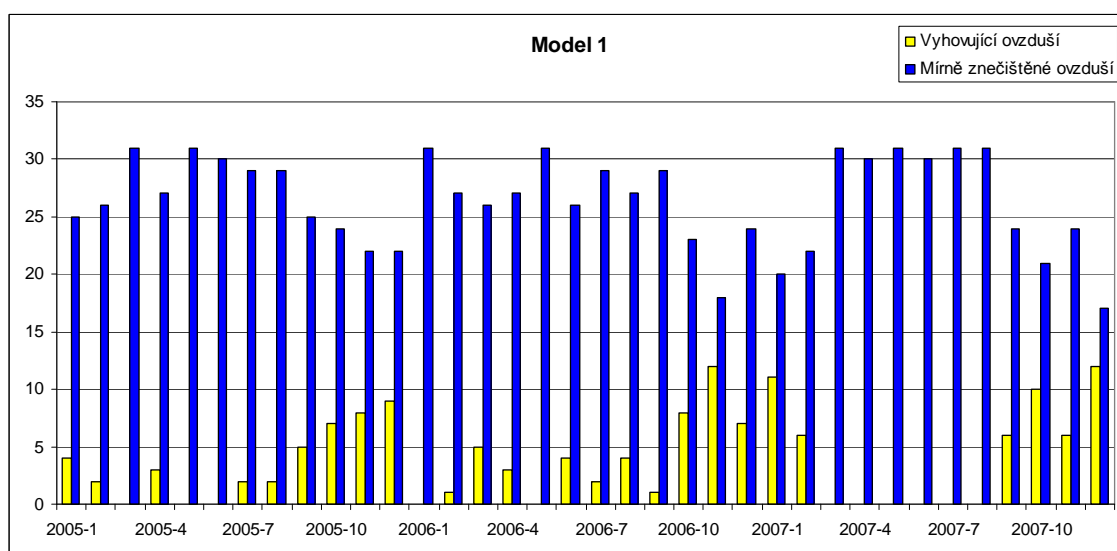
Obr. 28 Model 3 - Inferenční mechanismus [Zdroj: vlastní]

5.3 Porovnání metod

Následující tabulky znázorňují výsledky klasifikace do 6-ti tříd. Výsledky prvního modelu jsou uvedeny v tab. 20, druhého modelu v tab. 21 a třetího modelu v tab. 22. Tabulky udávají četnosti zařazení objektů do jednotlivých tříd. Grafické znázornění všech modelů pro Pardubický kraj jsou uvedeny na obr. 29, obr. 30, obr. 31, kde žlutou barvou je vyznačeno vyhovující ovzduší a modrou barvou mírně znečištěné ovzduší.

Tab. 20 Model 1 - Klasifikace do tříd [Zdroj: vlastní]

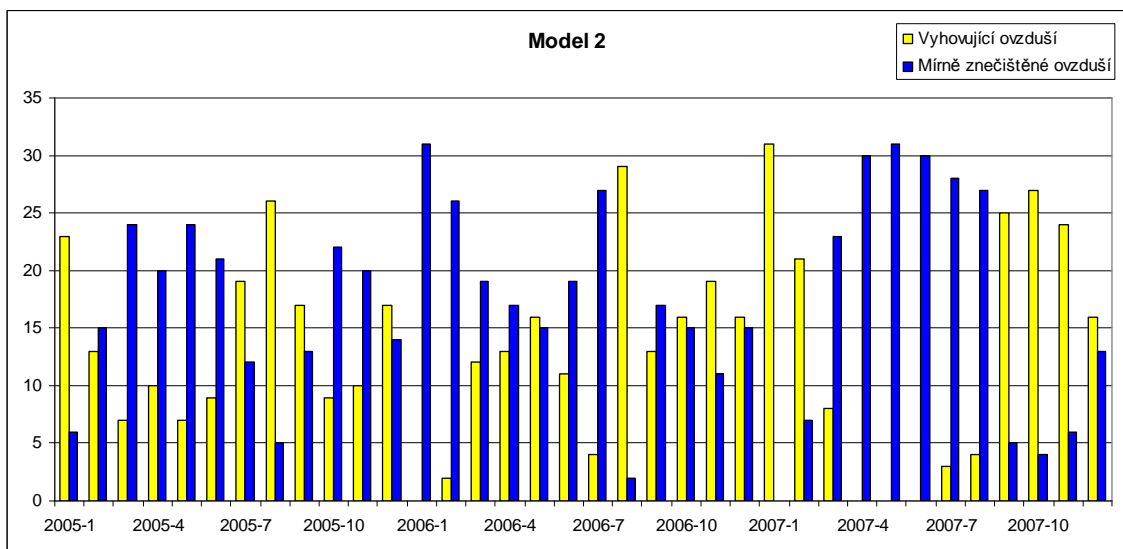
Kvalita ovzduší	Index kvality ovzduší					
	1	2	3	4	5	6
Pardubice Dukla	0	551	540	0	0	0
Pardubice-Rosice	128	810	153	0	0	0
Svratouch	91	258	742	0	0	0
Pardubický kraj	0	140	951	0	0	0



Obr. 29 Model 1 - Klasifikace do tříd v Pardubickém kraji [Zdroj: vlastní]

Tab. 21 Model 2 - Klasifikace do tříd [Zdroj: vlastní]

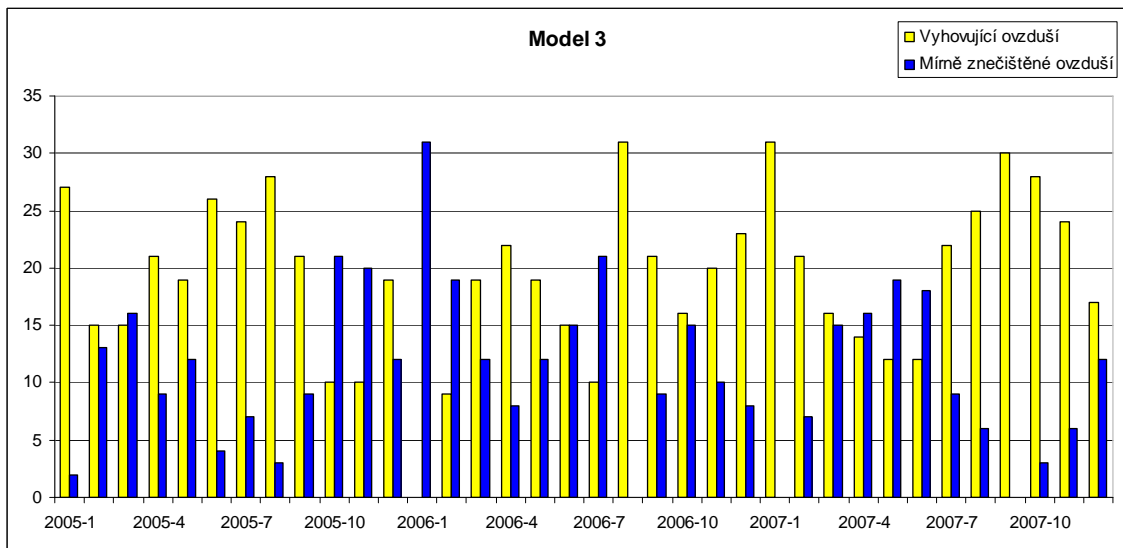
Kvalita ovzduší	Index kvality ovzduší					
	1	2	3	4	5	6
Pardubice Dukla	0	688	403	0	0	0
Pardubice-Rosice	60	947	84	0	0	0
Svratouch	123	561	407	0	0	0
Pardubický kraj	0	477	614	0	0	0



Obr. 30 Model 2 - Klasifikace do tříd v Pardubickém kraji [Zdroj: vlastní]

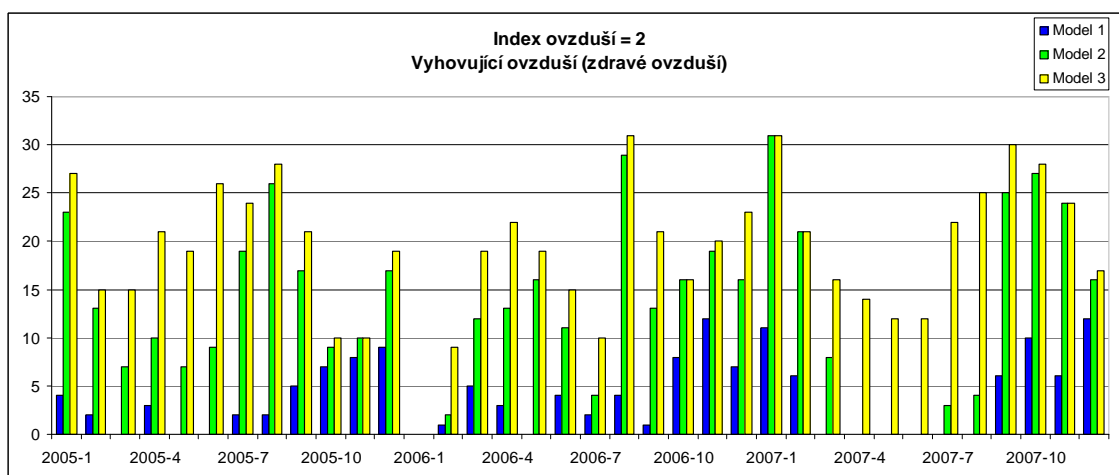
Tab. 22 Model 3 - Klasifikace do tříd [Zdroj: vlastní]

Kvalita ovzduší	Index kvality ovzduší					
	1	2	3	4	5	6
Pardubice Dukla	0	735	356	0	0	0
Pardubice-Rosice	0	1007	84	0	0	0
Svratouch	0	908	183	0	0	0
Pardubický kraj	0	692	399	0	0	0

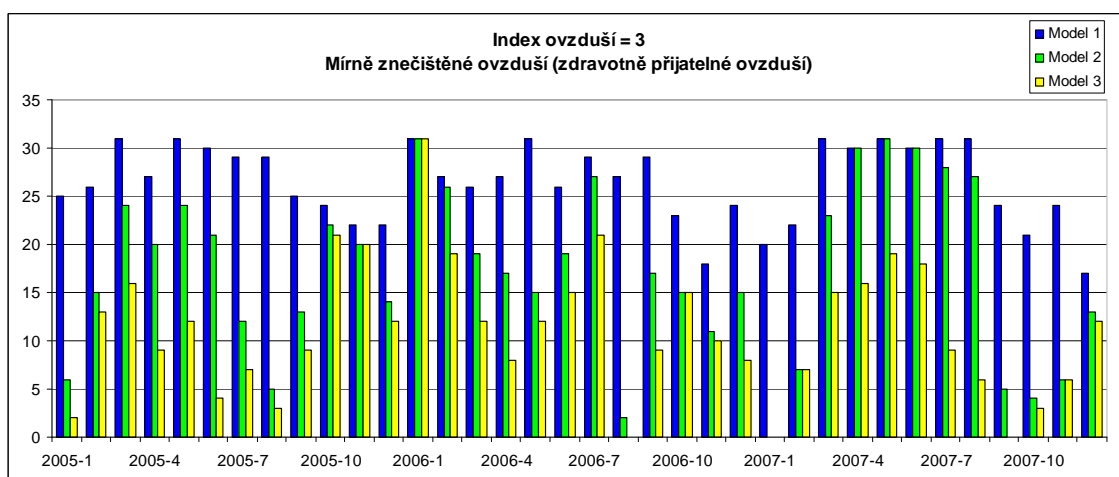


Obr. 31 Model 3 - Klasifikace do tříd v Pardubickém kraji [Zdroj: vlastní]

Obr. 32 vyjadřuje četnosti druhé třídy (vyhovující ovzduší) a obr. 33 četnosti třetí třídy (mírně znečištěné ovzduší) jednotlivých metod pro Pardubický kraj.



Obr. 32 Porovnání modelů v Pardubické kraji pro třídu 2 [Zdroj: vlastní]



Obr. 33 Porovnání modelů v Pardubické kraji pro třídu 3 [Zdroj: vlastní]

Výše navržené modely pracují s učením bez učitele. Na uvedené třídy by se dalo použít metody Kohonenovy neuronové sítě (SOM). Algoritmus učení SOM je navržen tak, že hledá ve vstupních datech určité vzory se společnými vlastnostmi. Váhy spojení se nastavují tak, aby byl výstup sítě konzistentní, tj. aby síť poskytovala stejnou odezvu při stejných, popř. podobných vstupních vektorech. Při tomto učení nemá systém žádnou podporu z vnějšku. Nazývá se též samoorganizace, což je schopnost neuronové sítě učením bez učitele přizpůsobit své chování k vyřešení daného problému.

5.4 Testování modelů

Při hledání znalostí pro potřeby klasifikace [Berka2003] se obvykle postupuje metodou učení s učitelem. Vychází se tedy z toho, že jsou k dispozici příklady, o kterých víme, do které třídy patří. Metody vyhodnocování modelů jsou pak založeny na testování nalezených znalostí na datech, na možnosti porovnat, jak dobře se nalezené znalosti shodují s informací od učitele. Pro testování se nabízí celá řada variant podle toho, jaká data použijeme pro učení a jaká pro testování: testování na celých trénovacích datech, křížová validace, leave-one-out, bootstrap, testování na testovacích datech.

Testování v datech použitých pro učení má nejmenší vypovídací schopnost o tom, jak budou nalezené znalosti použitelné pro klasifikování nových případů. Často totiž může dojít k přeučení, kdy nalezené znalosti vystihují spíše náhodné charakteristiky trénovacích dat a neodhalí to podstatné, co lze použít pro generalizaci.

Při testování metodou křížové validace se data dopředu rozdělí například na 10 částí tak, že vždy jedna desetina se vyjme pro testování a zbylých devět desetin se použije pro učení. Celý tento postup se zopakuje desetkrát a výsledek testování se zprůměruje.

Variantou tohoto přístupu je metoda leave-one-out. Z dat, která jsou k dispozici, se vyjme jeden příklad pro testování a zbylá data se použijí pro učení. Toto se opakuje tolikrát, kolik příkladů máme. Vznikne tedy n souborů znalostí, které se otestují na n příkladech. Výsledek testování dává odhad, jak by se znalosti získané ze všech dostupných n příkladů chovaly při klasifikování příkladů neznámých.

Při metodě zvané bootstrap [Witten2005] se příklady vybrané pro učení mohou opakovat. Na rozdíl od křížové validace, kdy jeden příklad se použije buď pro učení, nebo pro testování, zde se tentýž příklad může pro učení vybrat několikrát. Máme-li k dispozici n příkladů, n -krát provedeme výběr s navracením, abychom získali n příkladů pro učení. Pravděpodobnost, že příklad bude vybrán je $1/n$. Při n opakováních je pravděpodobnost, že příklad vybrán nebude

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 - \frac{1}{n}\right)^n = e^{-1} = 0,368 \quad (5.1)$$

Pro rozumě velká data se tedy vybere zhruba 63,2 % příkladů pro učení a 36,8 % pro testování. V trénovací množině se budou příklady opakovat, to co zbude, použijeme při testování.

Cílem testování je určit, v kolika případech se klasifikátor shoduje s učitelem a v kolika případech se dopustil chyb. Tyto údaje se zachycují v tzv. matici záměn (tab. 23).

V matici jsou ve sloupcích uvedeny informace o tom, jak postupoval při klasifikaci systém využívající nalezené znalosti, v řádcích pak informace o tom, jak to má být. TP je počet příkladů, které systém správně zařadil do třídy „+“, FP je počet příkladů, které systém chybně zařadil do třídy „+“ TN je počet příkladů, které systém správně zařadil do třídy „-“ a FN je počet příkladů, které systém nesprávně zařadil do třídy „-“

Tab. 23 Matice záměn [Zdroj: Berka2003]

Správné zařazení	Klasifikace systémem	
	+	-
+	TP	FN
-	FP	TN

Celková správnost

Celková správnost (*Acc*), zvaná též úspěšnost, nebo komplementární celková chyba jsou nejjednodušší charakteristiky toho, jak jsou získané znalosti kvalitní. Celková správnost se spočítá jako relativní počet správných rozhodnutí systému.

$$Acc = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (5.2)$$

Celková chyba (*Err*) se vypočítá jako relativní počet chybných rozhodnutí systému.

$$Err = \frac{FP + FN}{TP + TN + FP + FN} \quad (5.3)$$

Správnost pro jednotlivé třídy

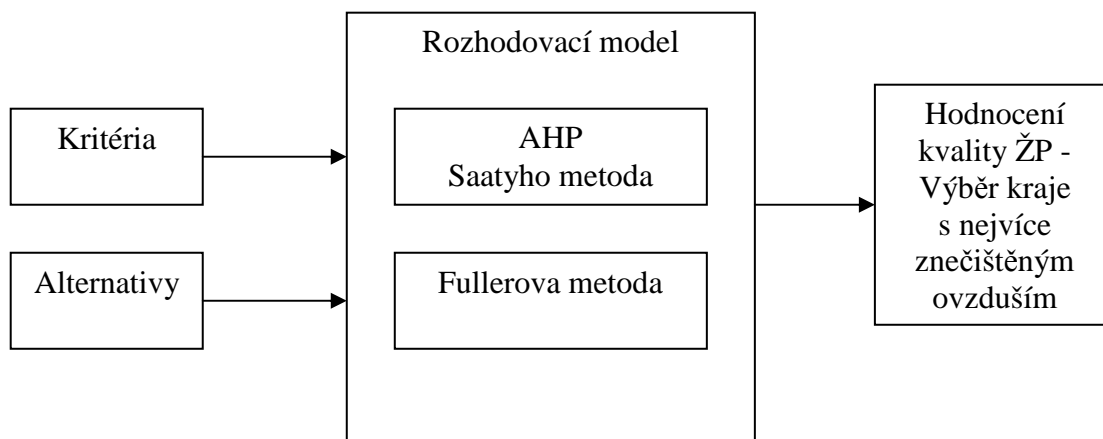
V případě, že třídy jsou v datech rozloženy výrazně nerovnoměrně, bude celková správnost dávat zkreslený obraz o nalezených znalostech. V takové situaci je vhodnější sledovat správnost pro jednotlivé třídy:

$$Acc_+ = \frac{TP}{TN + FP} \quad (5.4)$$

$$Acc_- = \frac{TP}{TN + FP} \quad (5.5)$$

6 ROZHODOVACÍ METODY

Následující obrázek (obr. 34) znázorňuje rozhodovací proces, který porovnává kvalitu ovzduší v jednotlivých krajích. Jsou zde použity 2 metody, a to AHP a Fullerova metoda. Obě metody pracují s následující vstupní tabulkou, která udává přehled ročních průměrů v jednotlivých krajích. Kriteria označují znečišťující látku, alternativy kraj.



Kriteria:

K1 BZN
K2 CO
K3 NO₂
K4 NO_x
K5 O₃
K6 PM₁₀
K7 SO₂
K8 TLN

Alternativy:

A Královéhradecký kraj
B Liberecký kraj
C Pardubický kraj
D Vysočina

Obr. 34 Model rozhodovacího procesu [Zdroj: vlastní]

Tento rozhodovací proces porovnává kvalitu ovzduší v jednotlivých krajích. Jsou zde použity 2 metody, a to Saatyho metoda a Fullerova metoda. Obě metody pracují s následující vstupní tabulkou, která udává přehled ročních průměrů v jednotlivých krajích. Kriteria označují znečišťující látku, alternativy kraj.

Tab. 24 Vstupní data rozhodovacích modelů [Zdroj: vlastní]

2007	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
A	0.993	520.071	14.294	22.629	55.304	17.797	4.982	2.474
B	1.323	453.494	15.654	21.159	55.142	21.276	5.026	2.531
C	0.774	536.914	14.536	21.958	54.930	16.383	7.506	1.984
D	1.138	325.296	13.221	17.717	60.950	21.503	3.674	1.094

6.1 Porovnání metod

Fullerova metoda

Váhy kriterií [Ramík1999] jsou stanoveny metodou párového porovnání podle D. Fullera – matice párových porovnání. Pro určení počtu preferencí jednotlivých kriterií je použito úplných řádkových součtů prvků matice, aby nedošlo k vyloučení nejméně významného kritéria. Matice párových porovnání F je čtvercová matice typu (m,m) , kde m je počet porovnávaných kriterií k_m . Tento postup spočívá ve vzájemném porovnávání všech dvojic kriterií, kde se zjišťuje, které kritérium je více nebo méně významné. Prvek s_{ij} v i -tém řádku a j -tém sloupci je definován následujícím způsobem:

$$s_{ij} = 1, \text{ právě když platí } f_i \geq f_j$$
$$s_{ij} = 0, \text{ jinak.} \quad (6.1)$$

Pro určení počtu preferencí jednotlivých kriterií je použito řádkových součtů prvků matice F . Tento součet určuje váhu kritéria v_i . Normované váhy kriterií w_i jsou vypočítané dle vztahu:

$$w_i = \frac{v_i}{\sum_{i=1}^m v_i} \quad (6.2)$$

Výpočty jsou uvedeny ve výpisu z příkazového okna aplikace MATLAB v příloze 3

AHP

Váhy kriterií jsou stanoveny Saatyho metodou párového porovnání. Výchoziskem pro konstrukci vah uvažovaných kriterií je matice párových porovnání S . V prvním kroku se opět zjišťují preferenční vztahy dvojic kriterií. Kritéria jsou uspořádána v tabulce, v jejíž řádcích a sloupcích jsou zapsána kritéria ve stejném pořadí. Na rozdíl od Fullerovy metody párového srovnávání se však kromě směru preference dvojic kriterií určují také velikost této preference. Ta se vyjadřuje určitým počtem bodů ze zvolené bodové stupnice. Výsledkem tohoto kroku je získání pravé části matice velikosti preferencí (Saatyho matice). Její další prvky se získají podle vztahů:

$$\text{prvky na diagonále } s_{ii}=1 \text{ pro všechna } i \quad (6.3)$$

$$\text{prvky v levé dolní trojúhelníkové části: } s_{ji} = \frac{1}{s_{ij}}, \text{ pro všechna } i \text{ a } j. \quad (6.4)$$

$$\text{Prvky } s_{ij} \text{ Saatyho matice jsou odhadem podílů vah kriterií } v_i \text{ a } v_j, \text{ platí } s_{ij} \approx \frac{v_i}{v_j} \quad (6.5)$$

Váhy kriterií můžeme stanovit s využitím znalostí Saatyho matice buď exaktními nebo aproximativními způsoby. K exaktním přístupům patří postup navržený Saatem, který je založen na výpočtu vlastního vektoru matice relativních důležitostí.

Jednodušeji lze stanovit váhy kriterií v Saatyho metodě aproximativními postupy. Dobré odhady vah odpovídajících kriterií lze získat z geometrických průměrů řádků Saatyho matice. Výsledné geometrické průměry jednotlivých řádků Saatyho matice je nutné znormovat (vydělit součtem všech geometrických průměrů).

V této diplomové práci byl použit exaktní přístup, tedy postup založený na výpočtu vlastního vektoru matice relativních důležitostí, který spočívá ve výpočtu vlastního vektoru odpovídajícího maximálnímu vlastnímu číslu λ_{max} matice párových porovnání S .

Řešením soustavy m rovnic o m neznámých $x = (x_1, x_2, \dots, x_m)$ vyjádřené ve vektorovém tvaru: $(S - \lambda_{max} I)w = 0$ (6.6)

nebo jinak vyjádřeno:

$$Sx = \lambda_{max} x, \quad (6.7)$$

kde λ_{max} je maximální vlastní číslo matice S , I je jednotková matice, pak stanovíme hledané váhy takto:

$$v_i = \frac{x_i}{\sum x_j}, \quad i=1,2,\dots,m \quad (6.8)$$

Výpočty jsou uvedeny ve výpisu z příkazového okna aplikace MATLAB v příloze 4

V následující tabulce (tab. 25) jsou uvedeny normované váhy kriterií vypočítané dle Fullerovy a Saatyho metody. Výsledky obou metod jsou přibližně shodné. Při definování těchto vah jsem vycházel z účinků znečišťujících látek s přihlédnutím k překročení imisních limitů.

Tab. 25 Normované váhy kriterií [Zdroj: vlastní]

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
Saatyho metoda	0.0438	0.0653	0.0997	0.2595	0.1348	0.2428	0.1154	0.0386
Fullerova metoda	0.0556	0.0833	0.1111	0.2222	0.1667	0.1944	0.1389	0.0278

Hodnocení alternativ

Hodnocení vychází z matice reálných hodnot R (tab. 24). Výsledky jsou uvedeny pro Fullerovu metodu (tab. 26) a pro Saatyho metodu (tab. 27).

Tab. 26 Fullerova metoda [Zdroj: vlastní]

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
A	0.2000	0.3000	0.2000	0.4000	0.3000	0.2000	0.2000	0.3000
B	0.4000	0.2000	0.4000	0.2000	0.2000	0.3000	0.3000	0.4000
C	0.1000	0.4000	0.3000	0.3000	0.1000	0.1000	0.4000	0.2000
D	0.3000	0.1000	0.1000	0.1000	0.4000	0.4000	0.1000	0.1000

Tab. 27 Saatyho metoda [Zdroj: vlastní]

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
A	0.2132	0.3899	0.1998	0.4117	0.2000	0.0808	0.1619	0.3899
B	0.4246	0.1524	0.5222	0.2097	0.1328	0.4038	0.1813	0.3899
C	0.0802	0.3899	0.1998	0.3098	0.1004	0.0745	0.5917	0.1524
D	0.2820	0.0679	0.0781	0.0688	0.5668	0.4409	0.0651	0.0679

Výsledné hodnocení

Následující tabulka (tab. 28) znázorňuje výsledky obou metod. Pořadí vyjadřuje kvalitu ovzduší v kraji, kde 1 znamená nejlepší výsledek a naopak 4 znamená nejhorší stav. Fullerova metoda vyhodnotila Královéhradecký a Liberecký jako oblasti s nejhorším stavem ovzduší, Saatyho metoda vyhodnotila Liberecký kraj. Fullerova metoda je jednodušší na zpracování, Saatyho metoda kromě směru preference dvojic kritérií určují také velikost této preference, proto je tato metoda náročnější na zpracování, ale poskytuje přesnější výsledky.

Tab. 28 Výsledné hodnocení metod [Zdroj: vlastní]

Alternativa	Fullerova metoda	Pořadí	Saatyho metoda	Pořadí
A	0.2722	3,5	0.2419	3
B	0.2722	3,5	0.2870	4
C	0.2361	2	0.2351	1
D	0.2194	1	0.2361	2

Závěr

Problematika modelování životního prostředí se zaměřením na kvalitu znečištění ovzduší v regionu NUTS2 Severovýchod byla řešena pomocí klasifikačních a rozhodovacích modelů. Mezi parametry ovlivňující ovzduší patří znečišťující látky, jako je např. SO₂, NO₂, NO_x, PM₁₀, CO, O₃, BZN, TLN.

Prvním cílem diplomové práce bylo získat kvalitní data. V této práci jsou použity data z Českého hydrometeorologického ústavu, který zabezpečuje ze zákona, mimo jiné, i provoz celostátní sítě měření znečištění ovzduší v naší republice, jejíž součástí je i automatizovaný imisní monitoring [AIM]. Měřicí stanice AIM pracují v nepřetržitém provozu a předávají naměřené údaje v reálném čase do center ČHMÚ.

Před zařazením parametrů do modelů byla získaná data nejdříve předzpracována a upravena do požadované podoby. Největším problémem těchto dat byly chybějící hodnoty. Na základě konzultace s panem Ing. Štěničkou z Hradecké pobočky Českého hydrometeorologického ústavu, který mi doporučil doplnit chybějící hodnotu hodnotou z nejbližší stanice, jsem vyzkoušel použít 3 způsoby doplnění hodnot. Použitý způsob v této diplomové práci byla metoda, která nejlépe zachovávala průměr a směrodatnou odchylku celé časové řady. Chyby dat vznikají v rámci celého řetězce procesu vzniku dat, od samotného odběru vzorku ovzduší, přes chemickou analýzu, shromažďování dat v databázi, a samozřejmě i při následném zpracování dat, velikost chyby je dána nejslabším článkem celého řetězce.

Do předzpracování dat byla zařazena i korelace mezi jednotlivými parametry. Na základě této korelace se určila lineární závislost mezi těmito parametry, podle které bylo možné některý parametr vyloučit. Po výpočtu byla zjištěna závislost mezi parametry NO₂ a NO_x, proto pro další práci byl použit pouze jeden z těchto parametrů a to NO₂.

Další důležitou částí předzpracování dat je vyhlazení časové řady. Důvodem tohoto vyhlazení bylo vyloučení krátkodobých výkyvů ve vývoji časové řady a potlačení šumových složek.

Po úpravě dat a návrhu parametrů bylo možné navrhnout klasifikační model. Model vychází z fuzzy inferenčních systémů a klasifikuje stav ovzduší v Pardubickém kraji do šesti skupin, dle indexu kvality ovzduší, kde 1 označuje čisté ovzduší a 6 ovzduší zdraví škodlivé. Model lze znázornit jako hierarchickou strukturu. První úroveň znázorňuje kvalitu ovzduší v Pardubickém kraji, druhá úroveň kvalitu ovzduší v jednotlivých

měřících stanicích a třetí úroveň znázorňuje vstupy do modelu, tedy znečišťující látky. Vstupní a výstupní funkce příslušnosti jsou u modelu 1 lichoběžníkového typu, u modelu 2 trojúhelníkové typu, kde se funkce příslušnosti protínají v hodnotě 0,5 a ve třetím modelu jsou použity trojúhelníkové funkce příslušnosti, kde není podmínka, aby se tyto funkce protínaly v hodnotě 0,5. První model klasifikoval nejvíce hodnot do třetí skupiny, tedy do skupiny, která vyjadřuje mírně znečištěné ovzduší. Metoda 2 a metoda 3 mají obdobné výsledky a klasifikují většinu dat do druhé třídy označující vyhovující ovzduší.

Použitý způsob klasifikace, byl řešen pomocí učení bez učitele, kdy není předem známo rozdělení zkoumaných objektů do tříd. S tím souvisí problém ověření modelu, kdy většina metod vyhodnocení jsou založeny na porovnání nalezených znalostí s informací od učitele. Cílem testování je určit, v kolika případech se klasifikátor shoduje s učitelem a v kolika případech se dopustil chyb.

Další částí práce je porovnání rozhodovacích modelů. Tyto rozhodovací modely porovnávají kvalitu ovzduší v jednotlivých krajích. Jsou zde použity 2 metody, a to AHP, pomocí Saatyho metody párového porovnání a Fullerova metoda. Kriteria jsou stanoveny jako znečišťující látky a alternativy jsou jednotlivé kraje. Vstupní data do obou modelů jsou roční průměry v jednotlivých krajích. Obě metody vykazují přibližně shodné výsledky. Fullerova metoda je jednodušší na zpracování, Saatyho metoda kromě směru preference dvojic kritérií určují také velikost této preference, proto je tato metoda náročnější na zpracování, ale poskytuje přesnější výsledky.

Hlavní přínos práce vidím v navržení nového, dosud nevyužívaného klasifikačního modelu na hodnocení kvality ovzduší. Tento model by mohl být vhodný k podpoře rozhodování státních orgánů veřejné správy. Dalším přínosem vidím vytvoření nové metodiky pro doplnění chybějících hodnot, která vychází z konkrétní situace, kterou by mohl využívat ČHMÚ při předzpracování dat.

Literatura

ARLT, Josef, ARLTOVÁ, Markéta, RUBLÍKOVÁ, Eva. *Analýza ekonomických časových řad s příklady* [online]. VŠE Praha, 2003 [cit. 2008-05-12]. Dostupný z WWW: <<http://nb.vse.cz/~arltova/vyuka/crsbir02.pdf>>. ISSN 80-7079-760-6.

BERKA, Petr. *Dobývání znalostí z databází*. 1. vyd. Praha : Academia, 2003. 366 s. ISBN 80-200-1062-9.

CENIA, Česká informační agentura životního prostředí. *Statistická ročenka životní prostředí České republiky 2007* [online]. 2007 [cit. 2008-05-09]. Dostupný z WWW: <[http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/CENMSFMVMTMNS/\\$FILE/kap_99rej.pdf](http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/CENMSFMVMTMNS/$FILE/kap_99rej.pdf)>.

CENIA, Česká informační agentura životního prostředí. *Zpráva o životním prostředí České republiky v roce 2006* [online]. c2007 [cit. 2008-05-03]. Dostupný z WWW: <[http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/CENMSFNAAAL0W/\\$FILE/zprava_o_zp_cr2006\(souhrn\).pdf](http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/CENMSFNAAAL0W/$FILE/zprava_o_zp_cr2006(souhrn).pdf)>.

CENIA, Česká informační agentura životního prostředí. *Zpráva o životním prostředí České republiky v roce 2006* [online]. c2007, [cit. 2008-05-03]. Dostupný z WWW: <[http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/CENMSFNFVFN5/\\$FILE/pardubicky_06_final_eb%5B1%5D.pdf](http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/CENMSFNFVFN5/$FILE/pardubicky_06_final_eb%5B1%5D.pdf)>.

Centrum pro otázky životního prostředí UK. *Index kvality ovzduší* [online]. 2005 [cit. 2008-05-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.czp.cuni.cz/Vzdel/Petram/prispevky/IKO.htm>>.

Český hydrometeorologický ústav. *Imisní limity 2006* [online]. 2006 [cit. 2008-05-02]. Dostupný z WWW: <http://www.chmi.cz/uoco/isko/tab_roc/2006_enh/cze/pdf/limity.pdf>.

DOSTÁL, Petr, RAIS, Karel, SOJKA, Zdeněk. *Pokročilé metody manažerského rozhodování*. 1. vyd. Praha : Grada, 2005. 166 s. ISBN 80-247-1338-1.

FOTR, Jiří. *Manažerské rozhodování : postupy, metody a nástroje*. 1. vyd. Praha : Ekopress, 2006. 409 s. ISBN 80-86929-15-9.

HERČÍK, M. *Životní prostředí: Základy environmentalistiky*. 1. vyd. Ostrava : VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2006. 150 s. ISBN 80-248-1073-5.

HŮNOVÁ, Iva. *Od dat k informacím : Kvalita venkovního ovzduší v ČR* [online]. [cit. 2008-04-05]. Dostupný z WWW: <<http://www.czp.cuni.cz/Vzdel/Petram/prispevky/hunova.htm>>.

Integrovaný registr znečišťování. *Benzen* [online]. 2005-2008 [cit. 2008-04-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.irz.cz/latky/benzen>>.

Integrovaný registr znečišťování. *Oxid uhelnatý* [online]. 2005-2008 [cit. 2008-01-04]. Dostupný z WWW: <http://www.irz.cz/obsah/latky/oxid_uhelnaty>.

Integrovaný registr znečišťování. *Oxidy dusíku* [online]. 2005-2008 [cit. 2008-04-01]. Dostupný z WWW: <http://www.irz.cz/obsah/latky/oxidy_dusiku>.

Integrovaný registr znečišťování. *Toluen* [online]. 2005-2008 [cit. 2008-04-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.irz.cz/latky/toluen>>.

KOTEK, Zdeněk. *Adaptivní a učící se systémy*. 1. vyd. Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1980. 372 s.

KOTEK, Zdeněk. *Metody rozpoznávání a jejich aplikace*. 1. vyd. Praha : Academia, 1993. 195 s. ISBN 80-200-0297-9.

KŘIVÝ, Ivan. *Analýza časových řad* [online]. 2006 [cit. 2008-05-12]. Dostupný z WWW: <http://www.informatika-osu.czechian.net/files/is/ancas/ANCAS_DiV.pdf>.

KUBANOVÁ, Jana. *Statistické metody pro ekonomickou a technickou praxi*. Bratislava : Statis, 2003. 247 s. ISBN 80 85659 31 X.

Ministerstvo životního prostředí. *Legislativa* [online]. [cit. 2008-05-12]. Dostupný z WWW: <[http://www.env.cz/AIS/web-pub.nsf/\\$pid/MZPICF6ZOHB0](http://www.env.cz/AIS/web-pub.nsf/$pid/MZPICF6ZOHB0)>.

Ministerstvo životního prostředí. *Národní program snižování emisí České republiky* [online]. c2007, [cit. 2008-05-03]. Dostupný z WWW: <[http://www.env.cz/AIS/web-pub.nsf/\\$pid/MZPJAFJW5EC9/\\$FILE/NPSE%20%C4%8CR.pdf](http://www.env.cz/AIS/web-pub.nsf/$pid/MZPJAFJW5EC9/$FILE/NPSE%20%C4%8CR.pdf)>.

Ministerstvo životního prostředí. *Směrnice pro kvalitu ovzduší v Evropě : Oxid siřičitý a částice* [online]. 1996 , 08.10.2004 [cit. 2008-04-01]. Dostupný z WWW: <http://www.ecmost.cz/ver_cz/ovzdusi/smernice/smernice5.htm#V%9Aeobecn%FD%20%FAvod>.

Ministerstvo životního prostředí. *Směrnice pro kvalitu ovzduší v Evropě : Oxid uhelnatý* [online]. 1996 , 08.10.2004 [cit. 2008-04-01]. Dostupný z WWW: <http://www.ecmost.cz/ver_cz/ovzdusi/smernice/smernice4.htm>.

Ministerstvo životního prostředí. *Směrnice pro kvalitu ovzduší v Evropě : Ozon a jiné fotochemické oxidanty* [online]. 1996 , 08.10.2004 [cit. 2008-04-01]. Dostupný z WWW: <http://www.ecmost.cz/ver_cz/ovzdusi/smernice/smernice3.htm>.

Ministerstvo životního prostředí. *Zpráva o životním prostředí České republiky v roce 2006* [online]. 2007 [cit. 2008-04-01]. Dostupný z WWW: <[http://www.env.cz/AIS/web-pub.nsf/\\$pid/MZPAMFMHAFK2/\\$FILE/IV%20Zpr%C3%A1va%20o%20C5%BDP%20C4%8CR%2006_pln%C3%A9%20zn%C4%9Bn%C3%AD.pdf](http://www.env.cz/AIS/web-pub.nsf/$pid/MZPAMFMHAFK2/$FILE/IV%20Zpr%C3%A1va%20o%20C5%BDP%20C4%8CR%2006_pln%C3%A9%20zn%C4%9Bn%C3%AD.pdf)>.

Ministerstvo životního prostředí. *Zpráva o životním prostředí České republiky v roce 2006* [online]. 2007 [cit. 2008-04-01]. Dostupný z WWW: <[http://www.env.cz/AIS/web-pub.nsf/\\$pid/MZPAMFMHAFK2/\\$FILE/IV%20Zpr%C3%A1va%20o%20C5%BDP%20C4%8CR%2006_pln%C3%A9%20zn%C4%9Bn%C3%AD.pdf](http://www.env.cz/AIS/web-pub.nsf/$pid/MZPAMFMHAFK2/$FILE/IV%20Zpr%C3%A1va%20o%20C5%BDP%20C4%8CR%2006_pln%C3%A9%20zn%C4%9Bn%C3%AD.pdf)>.

MYSLIKOVJAN, Viktor. *Ekonomika a řízení* [online]. 2006 [cit. 2008-05-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.x-forex.eu/files/SOC-Forex.pdf>>.

PETR, Pavel. *Data Mining - Díl 1*. 1. vyd. Univerzita Pardubice : Pardubice, 2006. 144 s. ISBN 80-7194-886-1.

RAMÍK, Jaroslav. *Vícekritériální rozhodování - analytický hierarchický proces (AHP)*. 1. vyd. Opava : Slezská univerzita, 1999. 211 s. ISBN 80-7248-047-2.

ŘEZANKOV, H., ŽVÁČEK, J. *Příprava dat pro počítačové zpracování. Informační bulletin České statistické společnosti* [online]. 1992, roč. 3, č. 2 [cit. 2008-04-24]. Dostupný z WWW: <<http://www.statapol.cz/bulletiny/ib-92-2.pdf>>.

STÁTNÍ ZDRAVOTNÍ ÚSTAV PRAHA, CENTRUM HYGIENY ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Expozice obyvatel suspendovaným částicím ve venkovním ovzduší* [online]. 2007 [cit. 2008-04-01]. Dostupný z WWW: <http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/info_listy/RPG3_PM10.pdf>.

STAVIAR, Martin. *2006_K48* [online]. 2006 [cit. 2008-05-15]. Dostupný z WWW: <http://www.bakal06.chytrak.cz/2006_K48.pdf>.

ŠTĚPÁNEK, Petr. *Kontrola kvality dat : Homogenizace časových řad* [online]. 2006 [cit. 2008-04-24]. Dostupný z WWW: <http://www.climahom.eu/software/docs/Prezentace_hom_12b_cz.pdf>.

TUČKOVÁ, Jana. *Úvod do teorie a aplikací umělých neuronových sítí*. Praha : Vydavatelství ČVUT, 2005. 103 s. ISBN 80-01-02800-3.

Úvod do analýzy časových řad [online]. 2003 [cit. 2008-05-12]. Dostupný z WWW: <http://homel.vsb.cz/~tvr12/PUBLIKACE/2003_Analyza_CR.pdf>.

WISNIEWSKI, M. *Metody manažerského rozhodování*. 1. vyd. Praha: Grada, 1996. 512 s. ISBN 80-7169-089-9.

WITTEN, Ian, FRANK, Eibe. *Data mining : practical machine learning tools and techniques*. 2nd edition. San Francisco : Morgan Kaufmann, 2005. 525 s. ISBN 0-12-088407-0.

Zdravotní ústav se sídlem v Pardubicích. *Imisní limity platné pro rok 2006* [online]. 2006 [cit. 2008-05-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.zupu.cz/index.php?pid=224>>.

Seznam tabulek

Tab. 1 Celkové emise hlavních znečišťujících látek ze zdrojů v Pardubickém kraji, podíly podle kategorií zdrojů znečišťování ovzduší (tis. t.rok-1).....	13
Tab. 2 Imisní limity vyhlášené pro ochranu zdraví lidí.....	15
Tab. 3 Imisní limity vyhlášené pro ochranu ekosystémů a vegetace.....	15
Tab. 4 Cílové limity a dlouhodobé imisní cíle.....	15
Tab. 5 Překročení 24 h imisních limitů.....	16
Tab. 6 Překročení ročních imisních limitů.....	16
Tab. 7 Index kvality ovzduší.....	17
Tab. 8 Kvalita ovzduší - Pardubický kraj (2005-2007)	17
Tab. 9 Měřicí stanice	26
Tab. 10 Seznam oprávněných osob k měření imisí	33
Tab. 11 Kvalita dat - Pardubický kraj.....	36
Tab. 12 Index i	36
Tab. 13 Index j	37
Tab. 14 Porovnání metod doplnění chybějících hodnot – průměr.....	41
Tab. 15 Porovnání metod doplnění chybějících hodnot – rozptyl.....	41
Tab. 16 Průměrný rozdíl predikovaných hodnot od skutečných hodnot	41
Tab. 17 Rozptyl rozdílů predikovaných hodnot od skutečných hodnot	42
Tab. 18 Korelační matice parametrů.....	44
Tab. 19 Vstupy do modelu.....	54
Tab. 20 Model 1 - Klasifikace do tříd.....	59
Tab. 21 Model 2 - Klasifikace do tříd.....	59
Tab. 22 Model 3 - Klasifikace do tříd.....	60
Tab. 23 Matice záměn.....	63
Tab. 24 Vstupní data rozhodovacích modelů	64
Tab. 25 Normované váhy kritérií.....	66
Tab. 26 Fullerova metoda	67
Tab. 27 Saatyho metoda.....	67
Tab. 28 Výsledné hodnocení metod	67

Seznam obrázků

Obr. 1 Přenos znečišťujících látek	9
Obr. 2 Území Pardubického kraje, na kterém došlo v roce 2006 k překročení imisního limitu (LV) nebo imisního limitu navýšeného o mez tolerance (LV + MT) pro alespoň jednu ze sledovaných znečišťujících látek, bez zahrnutí ozonu	13
Obr. 3 Čtyř-úrovňová hierarchie.....	30
Obr. 4 Klasifikátor	31
Obr. 5 Klasifikace pomocí diskriminačních funkcí	32
Obr. 6 Měřicí stanice AIM.....	34
Obr. 7 Schéma modelu.....	35
Obr. 8 Datová matice vstupních dat.....	37
Obr. 9 Postup testů doplnění chybějících hodnot	41
Obr. 10 Porovnání skutečných hodnot s metodou 1	42
Obr. 11 Porovnání skutečných hodnot s metodou 2	42
Obr. 12 Porovnání skutečných hodnot s metodou 3	43
Obr. 13 Algoritmus doplnění chybějících hodnot – metoda 2.....	43
Obr. 14 Předzpracování dat parametru $p_{(2,1)}$ za rok 2007	47
Obr. 15 Předzpracování dat parametru $p_{(2,1)}$ za rok 2007	47
Obr. 16 Předzpracování dat parametru $p_{(2,1)}$ za rok 2007	49
Obr. 17 Předzpracování dat parametru $p_{(2,1)}$ za rok 2007	50
Obr. 18 Všeobecná struktura fuzzy inferenčního systému	51
Obr. 19 Proces klasifikace	52
Obr. 20 Model FIS	53
Obr. 21 Hierarchická struktura modelu	53
Obr. 22 Model 1 - Vstupní a výstupní funkce příslušnosti.....	55
Obr. 23 Model 1 - Inferenční mechanismus	55
Obr. 24 Model 1 - Prohlížeč závislosti výstupní proměnné na vstupních proměnných	56
Obr. 25 Model 2 - Vstupní a výstupní funkce příslušnosti.....	57
Obr. 26 Model 2 - Inferenční mechanismus	57
Obr. 27 Model 3 - Vstupní a výstupní funkce příslušnosti.....	58
Obr. 28 Model 3 - Inferenční mechanismus	58
Obr. 29 Model 1 - Klasifikace do tříd v Pardubickém kraji	59
Obr. 30 Model 2 - Klasifikace do tříd v Pardubickém kraji	60

Obr. 31 Model 3 - Klasifikace do tříd v Pardubickém kraji	60
Obr. 32 Porovnání modelů v Pardubické kraji pro třídu 2.....	61
Obr. 33 Porovnání modelů v Pardubické kraji pro třídu 3.....	61
Obr. 34 Model rozhodovacího procesu.....	64
Obr. 35 Ilustrativní trend emisí acidifikujících látek v ČR v letech 1994 – 2004.....	80
Obr. 36 Umístění stanic imisního monitoringu na území Zóny Královéhradecký kraj.	81
Obr. 37 Umístění stanic imisního monitoringu na území Zóny Pardubický kraj	82
Obr. 38 Umístění stanic imisního monitoringu na území Zóny Liberecký kraj	82

Seznam zkratek

AHP	Analytický hierarchický proces
AIM	Automatizovaný imisní monitoring
B(a)P	Polycyklické aromatické uhlovodíky, vyjádřené jako benzo(a)pyren
BZN	Benzen
CKP	Centrované klouzavé průměry
CO	Oxid uhelnatý
COŽP UK	Centrum pro otázky životního prostředí UK
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČŘ	Časová řada
FIS	Fuzzy inferenční mechanismus
IKO	Index kvality ovzduší
IRZ	Integrovaný registr znečišťování
ISKO	Informační systém kvality ovzduší
JKP	Jednoduché klouzavé průměry
KP	Klouzavé průměry
LAT	Dolní prahová hodnota hodnocení
LV	Imisní limit
LV + MT	Imisní limit navýšený o mez tolerance
MT	Mez tolerance
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
NO _x	Oxidy dusíku
NO ₂	Oxid dusičitý
O ₃	Ozon
O ₃ (LZ)	Cílový imisní limit pro ochranu zdraví pro troposférický ozon
O ₃ (EKO)	Cílový imisní limit pro ochranu vegetace pro troposférický ozon
OPŽP	Operační program Životní prostředí pro období 2007 - 2013
OZKO	Oblast se zhoršenou kvalitou ovzduší
PM _{2,5}	Suspendované částice velikostní frakce PM _{2,5}
PM ₁₀	Suspendované částice velikostní frakce PM ₁₀
PZKO	Program ke zlepšení kvality ovzduší
SO ₂	Oxid siřičitý
SOM	Self-Organizing Map, Kohonenova neuronová síť

SPŽP	Státní politika životního prostředí
SZÚ	Státní zdravotní ústav
TKP	Trojúhelníkové klouzavé průměry
TLN	Toluen
UAT	Horní prahová hodnota hodnocení
VKP	Vážené klouzavé průměry
VOC	Těkavé organické látky
ZL	Znečišťující látky
ŽP	Životní prostředí

Seznam příloh

Příloha 1 Trend emisí v ČR v letech 1994-2004

Příloha 2 Umístění stanic imisního monitoringu

Příloha 3 Výpis z příkazového okna MATLABU: FULLEROVA METODA

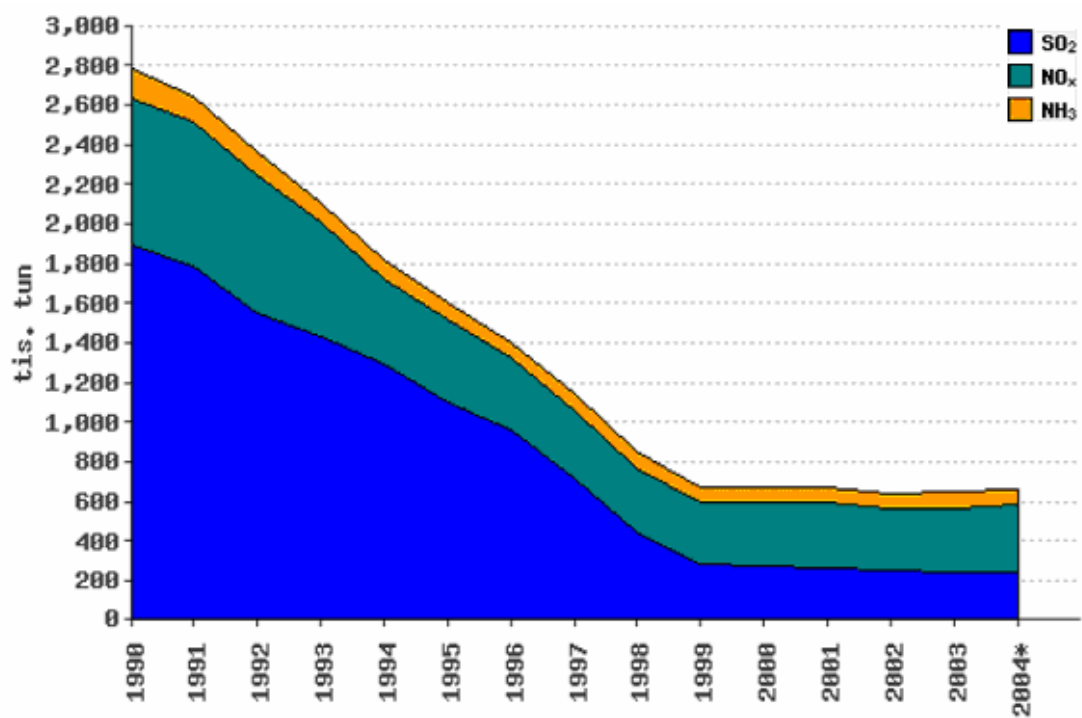
Příloha 4 Výpis z příkazového okna MATLAB: SAATYHO METODA

Příloha 5 Seznam subjektů měřící imise

Příloha 6 Seznam měřících stanic

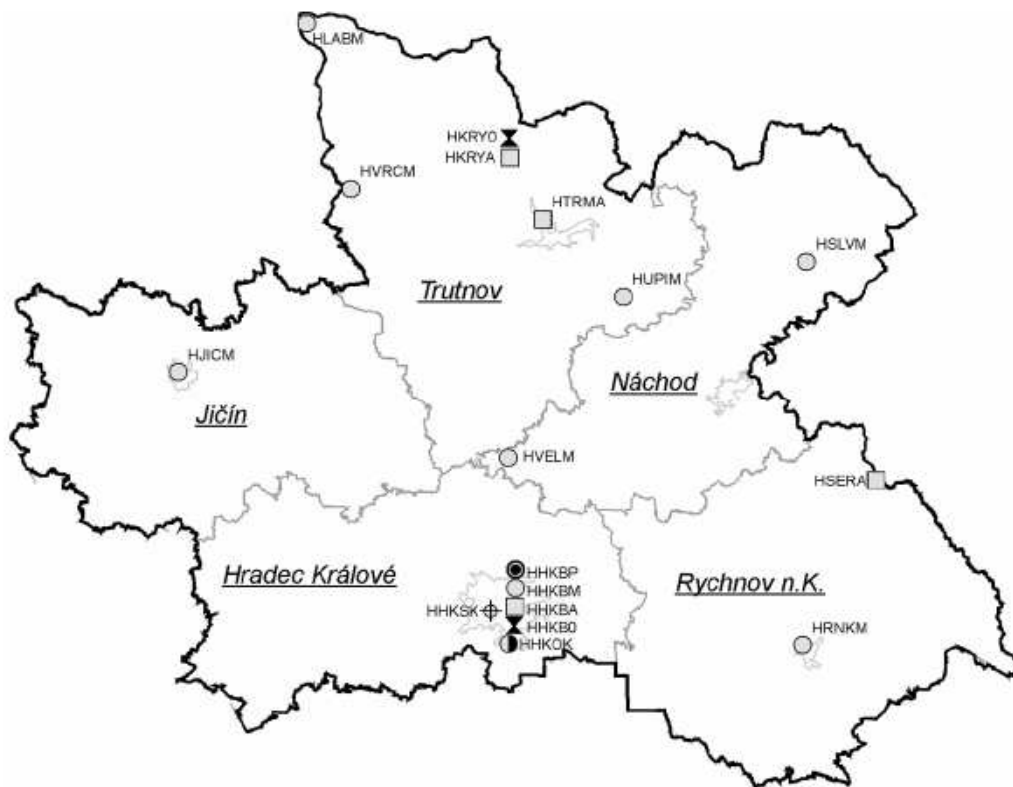
Příloha 7 Ukázka původních dat

Příloha 1 Trend emisí v ČR v letech 1994-2004



Obr. 35 Ilustrativní trend emisí acidifikujících látek v České republice v letech 1994 – 2004 [Zdroj: ČHMÚ]

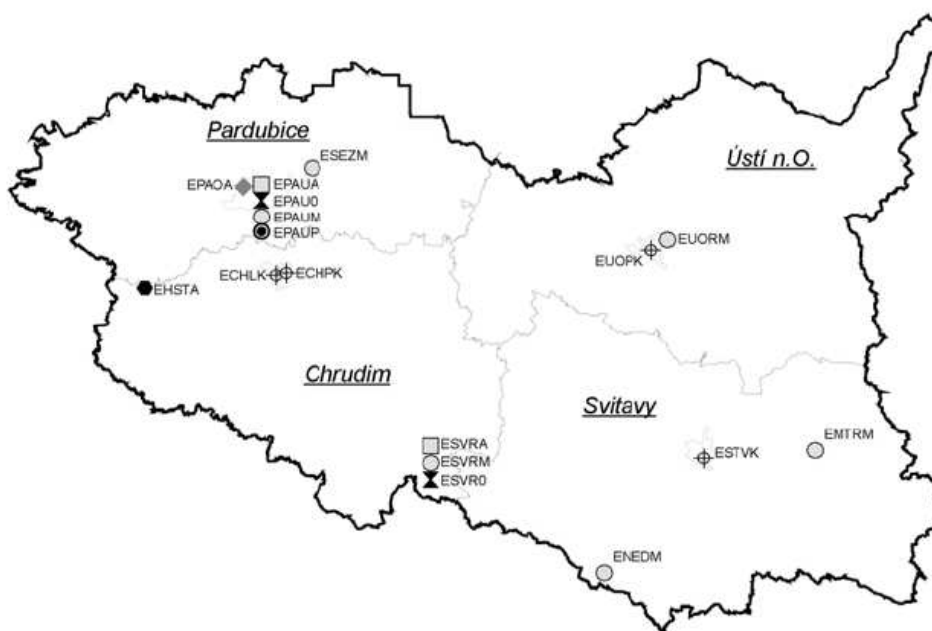
Příloha 2 Umístění stanic imisního monitoringu



Obr. 36 Umístění stanic imisního monitoringu na území Zóny Královéhradecký kraj [Zdroj: ČHMÚ]

Vysvětlivky

- | | |
|-------------------------------------|--|
| □ ČHMÚ AMS | ▲ VÚLHM manuální |
| ○ ČHMÚ manuální | ● ČEZ, a.s. AMS |
| ⊙ ČHMÚ komb. | ▼ FRANTSCHAFT PULP@PAPER, a.s. komb. |
| ⊠ ČHMÚ TK v PM ₁₀ | ♣ ČESRAF, a.s. AMS |
| ⊡ ČHMÚ TK v PM _{2,5} | ☑ SŠZE Žatec AMS |
| ⊙ ČHMÚ PAH | ▲ Statutární město Brno AMS |
| ⊙ ČHMÚ VOC | ▣ Plzeň město AMS |
| ⊠ ČHMÚ PD | ◆ MÚ Pardubice AMS, MÚ Třinec AMS |
| ⊕ Zdravotní ústav AMS | ◆ MÚ Šumperk AMS, MÚ Olomouc AMS, MÚ Zlín AMS, Město Valašské Meziříčí komb. |
| ⊕ Zdravotní ústav manuální | ↑ LfUG Německo AMS |
| ⊕ Zdravotní ústav komb. | ↑ PIOS Polsko AMS |
| ⊕ Zdravotní ústav PM ₁₀ | ↓ PIOS Polsko komb. |
| ⊕ Zdravotní ústav PM _{2,5} | |
| ⊕ Zdravotní ústav PAH | |
| ⊕ Zdravotní ústav TK v SPM | |



Obr. 37 Umístění stanic imisního monitoringu na území Zóny Pardubický kraj [Zdroj: ČHMÚ]



Obr. 38 Umístění stanic imisního monitoringu na území Zóny Liberecký kraj [Zdroj: ČHMÚ]

Příloha 3 Výpis z příkazového okna MATLABU:

FULLEROVA METODA

K = 8

% kriteria %

A = 4

% alternativy%

system=[

0.993 520.071 14.294 22.629 55.304 17.797 4.982 2.474

1.323 453.494 15.654 21.159 55.142 21.276 5.026 2.531

0.774 536.914 14.536 21.958 54.930 16.383 7.506 1.984

1.138 325.296 13.221 17.717 60.950 21.503 3.674 1.094]

% matice realnych hodnot%

F=[

1 0 0 0 0 0 0 1

1 1 0 0 0 0 0 1

1 1 1 0 0 0 0 1

1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 1 0 1 0 1 1

1 1 1 0 1 1 1 1

1 1 1 0 0 0 1 1

0 0 0 0 0 0 0 1]

v = (sum(F'))

% vahovy vektor kriterii%

norm_vahy = v./sum(v)

% normovane vahy kriterii%

K1=[

1 0 1 0

1 1 1 1

0 0 1 0

1 0 1 1

]

K2=[

1 1 0 1

0 1 0 1

1 1 1 1

0 0 0 1

]

K3=[

1 0 0 1

1 1 1 1

1 0 1 1

0 0 0 1]

```
K4=[
1   1   1   1
0   1   0   1
0   1   1   1
0   0   0   1
]
```

```
K5=[
1   1   1   0
0   1   1   0
0   0   1   0
1   1   1   1
]
```

```
K6=[
1   0   1   0
1   1   1   0
0   0   1   0
1   1   1   1
]
```

```
K7=[
1   0   0   1
1   1   0   1
1   1   1   1
0   0   0   1
]
```

```
K8=[
1   0   1   1
1   1   1   1
0   0   1   1
0   0   0   1
]
```

```
%-----F1-----%
v1 = (sum(K1'))
norm_vahy1 = v1./sum(v1)
```

```
%-----F2-----%
v2 = (sum(K2'))
norm_vahy2 = v2./sum(v2)
```

```
%-----F3-----%
v3 = (sum(K3'))
norm_vahy3 = v3./sum(v3)
```

```
%-----F4-----%
v4 = (sum(K4'))
norm_vahy4 = v4./sum(v4)
```

```
%-----F5-----%  
v5 = (sum(K5'))  
norm_vahy5 = v5./sum(v5)
```

```
%-----F6-----%  
v6 = (sum(K6'))  
norm_vahy6 = v6./sum(v6)
```

```
%-----F7-----%  
v7 = (sum(K7'))  
norm_vahy7 = v7./sum(v7)
```

```
%-----F8-----%  
  
v8 = (sum(K8'))  
norm_vahy8 = v8./sum(v8)
```

```
matice_vah=[norm_vahy1;norm_vahy2;norm_vahy3;norm_vahy4;norm_vahy5;norm_vahy6;norm_vahy7;norm_vahy8]'  
Vysledne_hodnoceni=matice_vah*norm_vahy'  
nejvice_znecisteno=max(Vysledne_hodnoceni)
```

Příloha 4 Výpis z příkazového okna MATLAB: SAATYHO

METODA

K = 8

% kriteria

A = 4

% alternativy

system=[

0.993 520.071 14.294 22.629 55.304 17.797 4.982 2.474

1.323 453.494 15.654 21.159 55.142 21.276 5.026 2.531

0.774 536.914 14.536 21.958 54.930 16.383 7.506 1.984

1.138 325.296 13.221 17.717 60.950 21.503 3.674 1.094]

% matice realnych hodnot

%Saatyho matice%

S=[1 1 1/3 1/5 1/3 1/5 1/3 1

1 1 1 1/3 1/3 1/5 1/3 3

3 1 1 1/3 1 1/3 1 3

5 3 3 1 3 1 3 5

3 3 1 1/3 1 1 1 3

5 5 3 1 1 1 3 5

3 3 1 1/3 1 1/3 1 3

1 1/3 1/3 1/5 1/3 1/5 1/3 1

]

% VYPOCET VAH KRITERII%

% vypocet matice vlastnich cisel "vlastni_c" a matice vlastnych hodnot "vlastni_h" ze saatyho matice %

[vlastni_c,vlastni_h] = eig(S)

lambda_max = norm(vlastni_h)

% vypocet maximalni vlastni hodnoty "lambda_max" z matice

"vlastni_h"

KI=(lambda_max-K)/(K-1)

% vypocet konzistencniho indexu KI "KI" matice S%

vektor_max = vlastni_c (1:K,1)

% definovanie vlastniho vektoru prislusného "lambda_max" jako prvku (1,1) matice "vlastni_h"

vektor_krit_norm=vektor_max/sum(vektor_max)

% vypocet vysledneho vahoveho vektoru w "vektor_krit_vah"%

```

d_max=sum(system);
for i=1:1:A
    for j=1:1:K
        b_max(i,j)=system(i,j)/d_max(j);
    end
end
G_max=b_max
% Vytvoření normovaných minimálních kritérií

for j=1:1:K
    for i=1:1:A
        f_min(i,j)=(1/system(i,j));
    end
end
system_min=f_min;
d_min=sum(system_min);
for i=1:1:A
    for j=1:1:K
        b_min(i,j)=(1/system(i,j))/d_min(j);
    end
end
G_Min=b_min
% Vytvoření normovaných maximálních kritérií

% saatyho matice %
S1=[
1    1/3    3    1
3    1    5    1
1/3  1/5    1    1/3
1    1    3    1]

S2=[
1    3    1    5
1/3  1    1/3  3
1    3    1    5
1/5  1/3  1/5  1]

S3=[
1    1/3    1    3
3    1    3    5
1    1/3    1    3
1/3  1/5    1/3  1]

S4=[
1    3    1    5
1/3  1    1    3
1    1    1    5
1/5  1/3  1/5  1]

S5=[
1    1    3    1/3
1    1    1    1/5
1/3  1    1    1/5
3    5    5    1]

```

```
S6=[
1    1/5    1    1/5
5     1     5     1
1    1/5    1    1/7
5     1     7     1]
```

```
S7=[
1     1     1/5    3
1     1     1/3    3
5     3     1     7
1/3   1/3   1/7    1]
```

```
S8=[
1     1     3     5
1     1     3     5
1/3   1/3   1     3
1/5   1/5   1/3   1]
```

```
%-----S1-----%
[vektor1,lambda1]=eig(S1)
lambda_max1=norm(lambda1)
vektor_max1=vektor1(1:A,1)
konz_ind1=(lambda_max1-A)/(A-1)
vektor_max1 = vektor1 (1:A,1)
krit1=vektor_max1/sum(vektor_max1)
```

```
%-----S2-----%
[vektor2,lambda2]=eig(S2)
lambda_max2=norm(lambda2)
vektor_max2=vektor2(1:A,1)
konz_ind2=(lambda_max2-A)/(A-1)
vektor_max2 = vektor2 (1:A,1)
krit2=vektor_max2/sum(vektor_max2)
```

```
%-----S3-----%
[vektor3,lambda3]=eig(S3)
lambda_max3=norm(lambda3)
vektor_max3=vektor3(1:A,1)
konz_ind3=(lambda_max3-A)/(A-1)
vektor_max3 = vektor3 (1:A,1)
krit3=vektor_max3/sum(vektor_max3)
```

```
%-----S4-----%
[vektor4,lambda4]=eig(S4)
lambda_max4=norm(lambda4)
vektor_max4=vektor4(1:A,1)
konz_ind4=(lambda_max4-A)/(A-1)
vektor_max4 = vektor4 (1:A,1)
krit4=vektor_max4/sum(vektor_max4)
```



```

%-----S5-----%
[vektor5,lambda5]=eig(S5)
lambda_max5=norm(lambda5)
vektor_max5=vektor5(1:A,1)
konz_ind5=(lambda_max5-A)/(A-1)
vektor_max5 = vektor5 (1:A,1)
krit5=vektor_max5/sum(vektor_max5)

%-----S6-----%
[vektor6,lambda6]=eig(S6)
lambda_max6=norm(lambda6)
vektor_max6=vektor6(1:A,1)
konz_ind6=(lambda_max6-A)/(A-1)
vektor_max6 = vektor6 (1:A,1)
krit6=vektor_max6/sum(vektor_max6)

%-----S7-----%
[vektor7,lambda7]=eig(S7)
lambda_max7=norm(lambda7)
vektor_max7=vektor7(1:A,1)
konz_ind7=(lambda_max7-A)/(A-1)
vektor_max7 = vektor7 (1:A,1)
krit7=vektor_max7/sum(vektor_max7)

%-----S8-----%
[vektor8,lambda8]=eig(S8)
lambda_max8=norm(lambda8)
vektor_max8=vektor8(1:A,1)
konz_ind8=(lambda_max8-A)/(A-1)
vektor_max8 = vektor8 (1:A,1)
krit8=vektor_max8/sum(vektor_max8)

Matice_vah= [krit1'; krit2';krit3';krit4';krit5';krit6';krit7';krit8']
konzistencni_indexy=[konz_ind1;
konz_ind2;konz_ind3;konz_ind4;konz_ind5;konz_ind6;konz_ind7;konz_ind8]'

vysledne_hodnoceni=Matice_vah*vektor_krit_norm

Nejvice_znecisteno=max(vysledne_hodnoceni)

```

Příloha 5 Seznam subjektů měřící imise

Seznam právnických a fyzických osob, kterým MŽP vydalo rozhodnutí o autorizaci k měření imisí podle § 15 zákona č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší, ve znění pozdějších předpisů. (Stav k 1.8.2007)

P.č.	Oprávněná osoba	Č.j.	Platnost rozhodnutí
1	Zdravotní ústav se sídlem v Kolíně hygienická laboratoř Kladno Františka Kloze 2316 272 01 Kladno IČO: 710 09 370 Odpovědný zástupce pro výkon autorizované činnosti: Tomáš Fousek	869/740/06	do 27.2.2009
2	ECOTECHNIEK CZ spol. s r.o. Holzova č.or.14, čp.730 628 00 Brno IČ: 604 87 909 Odpovědný zástupce pro výkon autorizované činnosti: RNDr. Bohumír Madejewski, CSc.	2409/740/06	do 31.7.2010
3	Sokolovská uhelná, právní nástupce, a.s. Staré náměstí 69, 356 00 Sokolov IČ: 263 48 349 Odpovědný zástupce pro výkon autorizované činnosti: Ing. Alena Filasová	2834/740/05	do 30.6.2010
4	EMPLA, spol. s r.o. J. Krušinky 500 02 Hradec Králové IČ: 421 95 667 Odpovědný zástupce pro výkon autorizované činnosti: Ing. Stanislav Eminger, CSc.	3093/740/05	do 31.1.2009
5	Zdravotní ústav se sídlem v Pardubicích Kyjevská 44 532 03 Pardubice IČO: 71009477 Odpovědný zástupce pro výkon autorizované činnosti: Ing. Vladimír Kraják	1190a/740/06/DK	do 17.3.2010
6	ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV, přísp. org. Na Šabatce 2050/17 143 00 Praha 4 - Komořany IČO: 00020699 Odpovědný zástupce pro výkon autorizované činnosti: Ing. Jiří Novák	1800a/740/06/DK	do 30.5.2010
7	Jiří Zavázal - EKOVIA Všerubská 202/5	1874/740/06/DK	do 30.5.2010

	155 00 Praha 5 - Řeporyje IČ: 406 20 123		
8	Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s. Budovatelů 2830 434 01 Most IČ: 445 69 181 Odpovědný zástupce pro výkon autorizované činnosti: Ing. Jan Brejcha	2753/740/06/DK	do 30.9.2010
9	Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě Partyzánské nám. 7 702 00 Ostrava IČ: 71009396 Odpovědný zástupce pro výkon autorizované činnosti: Mgr. Jiří Bílek	2501/740/03	do 31.12.2007
10	Mostecká uhelná a.s.. V. Řezáče 315 434 67 Most IČ: 272 61 824 Odpovědný zástupce pro výkon autorizované činnosti: RNDr. Václav Kocmich	3140/740/06/DK	do 30.9.2011
11	Technické služby ochrany ovzduší Praha a.s. Urbánkova č.3367 143 00 Praha 4 IČ: 25079140 Odpovědný zástupce pro výkon autorizované činnosti: Pavel Niederle	3034a/740/06/DK	do 31.10.2009
12	Ivan Černý - PEAL U Vodojemu 15 142 00 Praha 4 IČO: 149 65 071 Odpovědný zástupce pro výkon autorizované činnosti: Ing. Ivan Černý	3020/740/06/DK	do 31.10.2009
13	ORGREZ a.s. Hudcova 321/76 657 97 Brno IČO: 469 00 829 Odpovědný zástupce pro výkon autorizované činnosti: Ing. Emil Kopřiva, Mgr. Jan Pomahač	946/740/07/DK	do 30.4.2011
14	Výzkumný ústav pro chov skotu, s.r.o. Výzkumníků 267, Rapotín 788 13 Vikýřovice IČ: 496 08 851 Odpovědný zástupce pro výkon autorizované činnosti: Ing. Václava Genčurová	2941a/740/05	do 31.3.2008
15	Ivan Mládek-ECOPURUS Bulharská 34	2552/740/03	do 31.12.2007

	101 00 Praha 10 IČ: 60172860 Odpovědný zástupce pro výkon autorizované činnosti: Ivan Mládek		
16	Státní zdravotní ústav Šrobárova 48 100 42 Praha 10 IČ: 75010330 Odpovědný zástupce pro výkon autorizované činnosti: RNDr. Bohumil Kotlík	1030/740/04	do 31.12.2007
17	Zdravotní ústav se sídlem v Brně Gorkého 6 602 00 Brno IČ: 71009531 Odpovědný zástupce pro výkon autorizované činnosti: RNDr. Marie Barešová	3821/740/04	do 31.12.2007
18	ENVitech Bohemia s.r.o. Ovocná 1021/34 161 00 Praha 6 IČ: 471 19 209 Odpovědný zástupce pro výkon autorizované činnosti: Ing. Vladimír Adamec	1513a/740/06/DK	do 30.6.2008

Kraj	Měřící stanice	Typ zóny	Charakteristika zóny	Nadmořská výška	Kód lokality	Terén	Krajina	Reprezentativnost	Datum vzniku	Obec
Královéhradecký	Hr.Král.-observatoř	předměstská	obytná	276 m	HHKO	vrcholová poloha (vrchol, hřeben) v terénu do 10%	část zastavěná, část nezastav. plocha, okraj obcí	okrskové měřítko (0.5 až 4 km)	1.1.1984	Hradec Králové
Královéhradecký	Hradec Králové-Brněnská	městská	obytná; obchodní	232 m	HHKB	rovina, velmi málo zvlněný terén	vícepodlaž. zástavba (sídlíště z posled. desetil.)	okrskové měřítko (0.5 až 4 km)	1.1.2004	Hradec Králové
Královéhradecký	Krkonoše-Rýchory	venkovská	přírodní	1001 m	HKRY	vrchol. poloha ve značně svažitém terénu (nad 10%)	zelená plocha v intravilánu (park, lesopark)	oblastní měřítko (desítky až stovky km)	9.2.1994	Žacléř
Královéhradecký	Šerlich	venkovská	přírodní	1011 m	HSER	vrchol. poloha ve značně svažitém terénu (nad 10%)	zelená plocha v intravilánu (park, lesopark)	oblastní měřítko (desítky až stovky km)	21.12.1994	Sedloňov
Královéhradecký	Trutnov-Mládežnická	městská	obytná	432 m	HTRM	dno otevřeného, provětrávaného údolí	vícepodlaž. zástavba (sídlíště z posled. desetil.)	okrskové měřítko (0.5 až 4 km)	1.1.2004	Trutnov
Liberecký	Česká Lípa	městská	obytná	299 m	LCLM	rovina, velmi málo zvlněný terén	vícepodlaž. zástavba (sídlíště z posled. desetil.)	oblastní měřítko - městské nebo venkov (4 - 50 km)	1.4.1993	Česká Lípa
Liberecký	Frydlant-Údolí	venkovská	zemědělská; přírodní	381 m	LFRU	horní nebo střední část povlov. svahu (do 8%)	zemědělská půda, převažuje orná půda	oblastní měřítko - městské nebo venkov (4 - 50 km)	9.12.1992	Frydlant
Liberecký	Jablonec-město	městská	obytná	500 m	LJNM	horní nebo střední část povlov. svahu (do 8%)	řídka nízkopodlaž.zástavba (ves,vilová čtvrť)	okrskové měřítko (0.5 až 4 km)	24.11.1992	Jablonec nad Nisou
Liberecký	Liberec-město	městská	obytná; obchodní	350 m	LLIM	rovina, velmi málo zvlněný terén	vícepodlaž. zástavba (sídlíště z posled. desetil.)	okrskové měřítko (0.5 až 4 km)	1.12.1992	Liberec
Liberecký	Souš	venkovská	přírodní	771 m	LSOU	rovina, velmi málo zvlněný terén	trvalý travní porost, téměř bez zástavby	oblastní měřítko - městské nebo venkov (4 - 50 km)	1.7.1970	Desná
Pardubický	Pardubice Dukla	městská	obytná	239 m	EPAU	rovina, velmi málo zvlněný terén	vícepodlaž. zástavba (sídlíště z posled. desetil.)	okrskové měřítko (0.5 až 4 km)	1.1.2000	Pardubice
Pardubický	Pardubice-Rosice	předměstská	obytná; průmyslová	217 m	EPAO	rovina, velmi málo zvlněný terén	část zastavěná, část nezastav. plocha, okraj obcí	okrskové měřítko (0.5 až 4 km)	1.1.1998	Pardubice
Pardubický	Svratouch	venkovská	zemědělská; přírodní	735 m	ESVR	vrchol. poloha ve značně svažitém terénu (nad 10%)	zemědělská půda, převažuje orná půda	oblastní měřítko (desítky až stovky km)	1.4.1979	Svratouch
Vysočina	Jihlava	městská	obytná; obchodní	502 m	JJIH	spodní část povlov. svahu, do 8%, inverzní poloha	část zastavěná, část nezastav. plocha, okraj obcí	oblastní měřítko - městské nebo venkov (4 - 50 km)	3.10.2003	Jihlava
Vysočina	Kostelní Myslová	venkovská	zemědělská	569 m	JKMY	vrcholová poloha (vrchol, hřeben) v terénu do 10%	zemědělská půda, trvalý travní porost	oblastní měřítko (desítky až stovky km)	1.1.1994	Telč
Vysočina	Košetice	venkovská	zemědělská; přírodní	535 m	JKOS	vrchol. poloha ve značně svažitém terénu (nad 10%)	zemědělská půda, převažuje orná půda	oblastní měřítko (desítky až stovky km)	1.1.1985	Křešín
Vysočina	Třebíč	předměstská	obytná; přírodní	462 m	JTRE	horní nebo střední část povlov. svahu (do 8%)	řídka nízkopodlaž.zástavba (ves,vilová čtvrť)	oblastní měřítko - městské nebo venkov (4 - 50 km)	19.8.2003	Třebíč

st_id	meas_prg_code	locality_name	cp_abbrev	unit	year	month	D_01	D_02	D_03	D_04	D_05	D_06	D_07	D_08	...	D_25	D_26	D_27	D_28	D_29	D_30	D_31
1418	EPAOA	Pardubice-Rosice	SO2	ug/m^3	2007	1	8,63	9,79	11,5	7,52	14,1	8,87	10,4	9,07	...	18,5	11,1	13,7	8,46	9,45	11,3	5,79
1418	EPAOA	Pardubice-Rosice	SO2	ug/m^3	2007	2	10,5	11,3	10,9	12,2	19	13	15,4	11,6	...	12,9	10,9	12,7	8,06	-1	-1	-1
1418	EPAOA	Pardubice-Rosice	SO2	ug/m^3	2007	3	8,08	10,9	14,1	10,9	12,5	12,6	23,2	10,8	...	-1	13,7	12,5	11,3	13,2	10,4	8,81
1418	EPAOA	Pardubice-Rosice	SO2	ug/m^3	2007	4	7,96	6,9	11,8	10,6	10,5	14,1	15,7	6,48	...	7,53	6,29	7,52	11,9	4,48	7,86	-1
1418	EPAOA	Pardubice-Rosice	SO2	ug/m^3	2007	5	8,19	9,23	7,43	8,61	12,7	11,1	9,17	7,32	...	8,9	6,06	8,3	9,83	12,9	9	14,3
1418	EPAOA	Pardubice-Rosice	SO2	ug/m^3	2007	6	11	18	11,2	12,8	16,7	8,92	7,67	8,54	...	14,1	10	9,25	10,6	10,8	8,02	-1
1418	EPAOA	Pardubice-Rosice	SO2	ug/m^3	2007	7	16,9	15,8	13,1	10,5	7,66	9,38	6,8	8,37	...	13	17,2	15,2	14,4	12	14,1	15,8
1418	EPAOA	Pardubice-Rosice	SO2	ug/m^3	2007	8	9,71	10,3	15	14,5	14,1	-1	9,41	9,83	...	18,1	13,5	18,5	12,8	10,9	15,8	13,2
1418	EPAOA	Pardubice-Rosice	SO2	ug/m^3	2007	9	14,5	11,6	12,2	12,8	16,4	8,31	9,53	8,4	...	8,48	7,12	5,49	7,49	5,7	8,5	-1
1418	EPAOA	Pardubice-Rosice	SO2	ug/m^3	2007	10	11,2	11,9	10,6	9,13	10,3	12,7	13,5	12,4	...	13,5	12,6	13,2	15,7	16,3	13,7	12,3
1418	EPAOA	Pardubice-Rosice	SO2	ug/m^3	2007	11	18,5	13	7,1	8,61	9,22	8,24	9,1	7,57	...	7,5	13,8	18,2	15,9	17,1	9,23	-1
1418	EPAOA	Pardubice-Rosice	SO2	ug/m^3	2007	12	7,22	6,39	7,57	10,8	8,13	6,62	6,45	10,9	...	11,8	9,62	10,3	8,3	6,95	7,08	12
1418	EPAOA	Pardubice-Rosice	NO2	ug/m^3	2007	1	6,5	15,2	12,2	8,88	10,7	5,62	12,7	18,9	...	22,7	18,3	11	8,79	13,4	14	11,8
1418	EPAOA	Pardubice-Rosice	NO2	ug/m^3	2007	2	19,9	26,1	8,76	13,4	24,4	17,5	22,3	19	...	16,8	21,6	18,2	15,7	-1	-1	-1
1418	EPAOA	Pardubice-Rosice	NO2	ug/m^3	2007	3	7,53	13,5	13,5	19,8	21,8	24,4	23,2	21,6	...	-1	35,5	32,8	30,7	22,8	23,4	20,3
1418	EPAOA	Pardubice-Rosice	NO2	ug/m^3	2007	4	25,4	30,7	19,3	17,3	15,7	13,9	12,5	14,1	...	24,1	26,2	27,3	16,8	10,7	14,9	-1
1418	EPAOA	Pardubice-Rosice	NO2	ug/m^3	2007	5	12,7	20,3	20,3	16,1	15,2	18,2	10,1	9,79	...	15,6	10,6	11,9	13,6	13	11,1	16,9
1418	EPAOA	Pardubice-Rosice	NO2	ug/m^3	2007	6	12,1	10,2	9,54	12,4	19,5	13,5	16,9	18,6	...	16,8	4,43	6,5	7,36	11,2	5,67	-1
1418	EPAOA	Pardubice-Rosice	NO2	ug/m^3	2007	7	11,8	9,53	9,76	5,7	6,61	5,08	5,06	16,4	...	16,2	23,6	8,67	7,11	4,33	6,11	10,2
1418	EPAOA	Pardubice-Rosice	NO2	ug/m^3	2007	8	-1	-1	10,5	10,9	16,3	-1	16,7	17,8	...	19,3	12,8	11,9	14,3	15	15,8	11,9
1418	EPAOA	Pardubice-Rosice	NO2	ug/m^3	2007	9	12,5	7,25	9,49	7,73	10,3	9,02	7,5	7,05	...	22,8	20,9	21,6	11,9	15,5	25	-1
1418	EPAOA	Pardubice-Rosice	NO2	ug/m^3	2007	10	28,5	33,5	21,7	26,6	15,4	14,4	17	19,6	...	22,7	16,5	16,3	19,8	23,6	17,6	21
1418	EPAOA	Pardubice-Rosice	NO2	ug/m^3	2007	11	24,6	24,4	12,8	8,24	23,1	12,3	12,6	11,8	...	9,56	11,8	18,7	45,1	21,6	17,9	-1
1418	EPAOA	Pardubice-Rosice	NO2	ug/m^3	2007	12	19	6,31	10,3	19,8	23,4	9,65	7,99	11	...	23,1	26,8	19	18	15,9	21,3	14,8
1418	EPAOA	Pardubice-Rosice	O3	ug/m^3	2007	1	55,6	35,7	36,7	43,2	39,6	42	38,3	35,6	...	35,5	41,8	50,3	43,6	44,2	42,4	38,6
1418	EPAOA	Pardubice-Rosice	O3	ug/m^3	2007	2	35,9	18,4	51,5	38,4	25,2	36,1	20,9	30,3	...	34,8	30,6	41,8	49,2	-1	-1	-1
1418	EPAOA	Pardubice-Rosice	O3	ug/m^3	2007	3	62,3	47,7	46,1	32,4	44,2	47,8	52	36,4	...	-1	61,9	54,6	53,9	50	51,1	59,2
1418	EPAOA	Pardubice-Rosice	O3	ug/m^3	2007	4	59,2	45,6	68,6	46,8	52,3	52,2	52,4	47,5	...	61,5	66,3	65	81,6	53,7	51,9	-1
1418	EPAOA	Pardubice-Rosice	O3	ug/m^3	2007	5	31	32,5	35,7	41	42,8	37,5	28,9	42,2	...	51	50,3	47,8	45,2	49,5	42,6	52,8
1418	EPAOA	Pardubice-Rosice	O3	ug/m^3	2007	6	70,2	51,6	16,4	41,5	49,9	54,7	44,6	62,3	...	67	66,3	62,8	55,2	54,9	56,5	-1
1418	EPAOA	Pardubice-Rosice	O3	ug/m^3	2007	7	56,6	61,1	58,6	57,7	45,9	59,2	66	61	...	55,6	76	69,9	46,4	49,3	50	36,3
1418	EPAOA	Pardubice-Rosice	O3	ug/m^3	2007	8	-1	-1	60,8	45,5	50,2	-1	89,3	83,7	...	52,3	72,4	55	40,5	44,1	50,8	30