

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Diplomová práce**

2009

Lucie NOVÁKOVÁ

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

Katedra agroekologie a biometeorologie

**Dlouhodobé trendy trvání jevů, zhoršujících dohlednost  
v okolí velkých zdrojů znečištění ovzduší**

**v podkrušnohorské oblasti**

Diplomová práce

Vedoucí práce: doc. RNDr. Josef BRECHLER, CSc

Autor: Bc. Lucie NOVÁKOVÁ

Praha 2009

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci na téma „Dlouhodobé trendy trvání jevů, zhoršujících dohlednost v okolí velkých zdrojů znečišťování ovzduší v podkrušnohorské oblasti“ vypracovala zcela samostatně a použila jen pramenů, které cituji a uvádím v přiložené bibliografii.

V Praze dne:

---

podpis autora práce

## **Poděkování**

Na tomto místě bych ráda poděkovala panu doc. RNDr. Josefu Brechlerovi, CSc. za vedení diplomové práce a vhodné připomínky a náměty při její tvorbě. Dále bych chtěla poděkovat především rodině a přátelům, ale i kolegům v zaměstnání za podporu při studiu.

## **Autorský referát**

Tato práce se zabývá znečištěním ovzduší oxidem siřičitým a suspendovaným aerosolem a jeho případným vlivem na výskyt jevů snižujících dohlednost. První část práce přibližuje fyzicko-geografickou charakteristiku území – Chomutovská pánevní oblast, dále základní vlastnosti atmosféry jako je její složení a vertikální členění či proudění vzduchu a popis jevů zhoršujících dohlednost (mlha, kouřmo, zákal). Zahrnuje také charakteristiku znečišťujících látek a jejich zdrojů a to především SO<sub>2</sub> a suspendovaného aerosolu. V neposlední řadě je uveden i vliv tohoto znečištění na životní prostředí včetně člověka.

Druhá část již zahrnuje zpracování dat poskytnutých Českým hydrometeorologickým ústavem o znečištění a výskytu jevů zhoršujících dohlednost. Reprezentativními stanicemi pro tuto oblast se staly Tušimice (údaje pro roky 1975 až 2007) a Měděnec (údaje pro roky 1993 až 2007). Pro obě znečišťující látky (SO<sub>2</sub> i suspendovaný aerosol) byly vypočteny roční i měsíční aritmetické průměry koncentrací a určeny trendy za sledované období. Dále byly vyhodnoceny trendy v ročním výskytu mlhy (popř. kouřma a zákalu). Nakonec bylo provedeno srovnání znečištění ovzduší s výskytem mlhy, a to i v jednotlivých částech roku (chladnější a teplejší část roku). Ve většině případů byla prokázána souvislost mezi výskytem mlhy a kouřma a zvýšenou koncentrací SO<sub>2</sub> v ovzduší. U suspendovaného aerosolu to již nebylo tak jednoznačné. Naopak při porovnání míry znečištění suspendovaným aerosolem a výskytem zákalu je vidět jistá souvislost. Vliv SO<sub>2</sub> na vznik zákalu se neprokázal. Závěrem jsou v této práci porovnány roční průměry koncentrací SO<sub>2</sub> i suspendovaného aerosolu pro monitorovací stanice Tušimice, Měděnec, Chomutov, Most a Rudolice v Horách.

## **Klíčová slova**

Znečištění ovzduší, suspendované částice, oxid siřičitý, mlha, kouřmo, zákal, dohlednost

## **Summary**

My work is engaged in air pollution by sulphur dioxide and suspended particulate matter and his appropriate effect on occurrence of the phenomenon lowering a visibility. The first part of this work approximates geographical characteristic of the area, further basic properties of atmosphere, such as its composition and vertical structure or an air circulation and a description of the phenomenon lowering the visibility (fog, mist, haze). It includes a characteristic of polluting substances and their sources as well. Two main polluting substances are SO<sub>2</sub> and suspended particulate matter. There is also influence of this pollution on environment including human being.

The second part of this work includes data processing about pollution and occurrence of the phenomenon lowering the visibility. This data is supplied by Czech Hydrometeorological Institut. Representative observatories are Tušimice (for years from 1975 to 2007) and Měděnec (for years from 1993 to 2007). For these polluting substances (SO<sub>2</sub> and suspended particulate matter) were calculated annual and monthly arithmetic means of concentration and their tendencies. Further there were analysed the tendencies in annual occurrence of fog (eventually mist and haze). There was also made a confrontation of the air pollution with occurrence of the fog, respectively in apportionable parts of the year (colder and warmer parts of the year). In the majority of cases was proved a relationship between the occurrence of the fog and the mist and high concentration of SO<sub>2</sub> in the air. The result wasn't clear for the suspended particulate matter. On the other hand the suspended particulate matter embodies relationship with a formation of the haze. The influence of SO<sub>2</sub> on the formation of the haze wasn't proved. The annual arithmetic means of SO<sub>2</sub> concentrations and suspended particulate matter are compared for the observatories Tušimice, Měděnec, Chomutov, Most and Rudolice v Horách at the end of this work.

## **Key words**

Air pollution, particulate matter, sulphur dioxide, fog, mist, haze, visibility

# Obsah

<b>Autorský referát</b> .....	<b>4</b>
<b>Klíčová slova</b> .....	<b>4</b>
<b>Summary</b> .....	<b>5</b>
<b>Key words</b> .....	<b>5</b>
<b>Obsah</b> .....	<b>5</b>
<b>1. Úvod</b> .....	<b>7</b>
<b>2. Cíl práce</b> .....	<b>8</b>
<b>3. Literární rešerše</b> .....	<b>9</b>
3.1. <i>Fyzicko-geografická charakteristika monitorovaného území</i> .....	9
3.1.1. Lokalizace .....	9
3.1.2. Klimatologie .....	10
3.1.3. Hydrologie .....	11
3.1.4. Krajinný pokryv .....	12
3.1.5. Geologický vývoj.....	12
3.2. <i>Základní vlastnosti atmosféry</i> .....	13
3.2.1. Složení a vertikální členění atmosféry .....	13
3.2.2. Vertikální teplotní gradient .....	14
3.2.3. Proudění vzduchu .....	16
3.3. <i>Jevy zhoršující dohlednost</i> .....	18
3.3.1. Kondenzační procesy .....	18
3.3.2. Cizorodé látky .....	19
3.4. <i>Znečištění atmosféry a zdroje znečišťujících látek</i> .....	20
3.4.1. Charakteristika znečišťujících látek.....	20
3.4.1.1. Suspendované částice.....	21
3.4.1.2. Oxid siřičitý SO <sub>2</sub> .....	22
3.4.1.3. Ostatní znečišťující látky .....	23
3.4.2. Zdroje znečištění.....	24
3.4.2.1. Zdroje znečištění suspendovanými částicemi .....	26
3.4.2.2. Zdroje znečištění oxidem siřičitým.....	26
3.5. <i>Vliv znečištění ovzduší na životní prostředí</i> .....	27
3.5.1. Vliv oxidu siřičitého na životní prostředí .....	27

3.5.2.	Vliv suspendovaných částic na životní prostředí.....	29
3.6.	<i>Charakteristika měřících stanic</i> .....	31
<b>4.</b>	<b>Metodika</b> .....	<b>33</b>
<b>5.</b>	<b>Výsledky</b> .....	<b>36</b>
5.1.	<i>Monitorovací stanice Tušimice</i> .....	36
5.1.1.	Tušimice – zhodnocení ročních průměrů znečištění ovzduší SO <sub>2</sub> .....	36
5.1.2.	Tušimice – zhodnocení měsíčních průměrů znečištění ovzduší SO <sub>2</sub> .....	38
5.1.3.	Tušimice – zhodnocení ročních průměrů znečištění ovzduší suspendovaným aerosolem.....	42
5.1.4.	Tušimice – zhodnocení měsíčních průměrů znečištění ovzduší suspendovaným aerosolem.....	45
5.1.5.	Tušimice – výskyt jevů snižujících dohlednost .....	50
5.1.6.	Tušimice – souvislost znečištění ovzduší SO <sub>2</sub> s výskytem jevů snižujících dohlednost.....	55
5.1.7.	Tušimice – souvislost znečištění ovzduší suspendovaným aerosolem s výskytem jevů snižujících dohlednost .....	61
5.2.	<i>Monitorovací stanice Měděnec</i> .....	67
5.2.1.	Měděnec – zhodnocení ročních průměrů znečištění ovzduší SO <sub>2</sub> .....	67
5.2.2.	Měděnec – zhodnocení měsíčních průměrů znečištění ovzduší SO <sub>2</sub> .....	69
5.2.3.	Měděnec – zhodnocení ročních průměrů znečištění ovzduší suspendovaným aerosolem.....	73
5.2.4.	Měděnec – zhodnocení měsíčních průměrů znečištění ovzduší suspendovaným aerosolem.....	76
5.2.5.	Měděnec – výskyt jevů snižujících dohlednost .....	80
5.2.6.	Měděnec – souvislost znečištění ovzduší SO <sub>2</sub> s výskytem jevů snižujících dohlednost.....	83
5.2.7.	Měděnec – souvislost znečištění ovzduší suspendovaným aerosolem s výskytem jevů snižujících dohlednost .....	86
5.3.	<i>Porovnání znečištění ovzduší na různých meteorologických stanicích</i> .....	89
<b>6.</b>	<b>Diskuse</b> .....	<b>91</b>
<b>7.</b>	<b>Závěr</b> .....	<b>95</b>
<b>8.</b>	<b>Seznam literatury</b> .....	<b>97</b>



# 1. Úvod

Znečištění ovzduší je jedním ze závažných ekologických problémů současného světa. I když se v posledních letech věnuje stavu ovzduší větší pozornost, stále jsou oblasti, kde hodnoty znečištění dosahují extrémních hodnot. Jsou to především průmyslové oblasti a městské aglomerace.

Sledované území se nachází v podkrušnohorské oblasti v okolí hnědouhelných dolů a dvou velkých elektráren (Tušimice a Pruněřov). Elektrárny byly zejména v minulých letech velkými přispěvateli ke znečištění ovzduší. Rozvoj ochrany životního prostředí vedl k nutnosti omezit emise z těchto zdrojů, a tak v polovině 90. let 20. století bylo v elektrárnách zavedeno účinné čištění spalin s úmyslem snížit emise polutantů na minimální hodnoty. Znečištění ovzduší může ovlivňovat i místní klimatické podmínky a výskyt některých meteorologických jevů.

Tato práce je zaměřena na zjištění souvislosti výskytu jevů zhoršujících dohlednost (mlha, kouřmo, zákal) a stavem znečištění ovzduší, především znečištění suspendovanými částicemi a oxidem siřičitým. Pro zpracování byla použita data z monitorovací stanice Tušimice, která zahrnovala období let 1975 až 2007. Z monitorovací stanice Měděnec byla data dostupná pouze od roku 1993 pro SO<sub>2</sub> a od roku 1994 pro SPM (PM<sub>10</sub>). Pro obě stanice byly zpracovány roční a měsíční průměry obou polutantů, dále roční výskyt jevů snižujících dohlednost i průměrný výskyt v jednotlivých měsících. Nakonec byly dány do souvislosti hodnoty koncentrací polutantů s výskytem jevů snižujících dohlednost. Výsledky jsou prezentovány přehlednými grafy.

## 2. Cíl práce

Hlavním cílem této práce je prostudovat dlouhodobý vývoj výskytu jevů zhoršujících dohlednost (mlha, kouřmo a zákal) a zhodnotit jejich souvislost se znečištěním ovzduší, zejména suspendovaným aerosolem a oxidem siřičitým.

Vedlejším cílem je prostudovat dlouhodobý vývoj znečištění ovzduší suspendovaným aerosolem a oxidem siřičitým, jejich dlouhodobé trendy i trendy během jednotlivých let. Zhodnotit současný stav znečištění ovzduší s minulými roky a odůvodnit případné změny tohoto stavu.

Posledním cílem je porovnat hodnoty koncentrací z různých monitorovacích stanic v oblasti a zhodnotit šíření polutantů z hlavních zdrojů znečištění ovzduší.

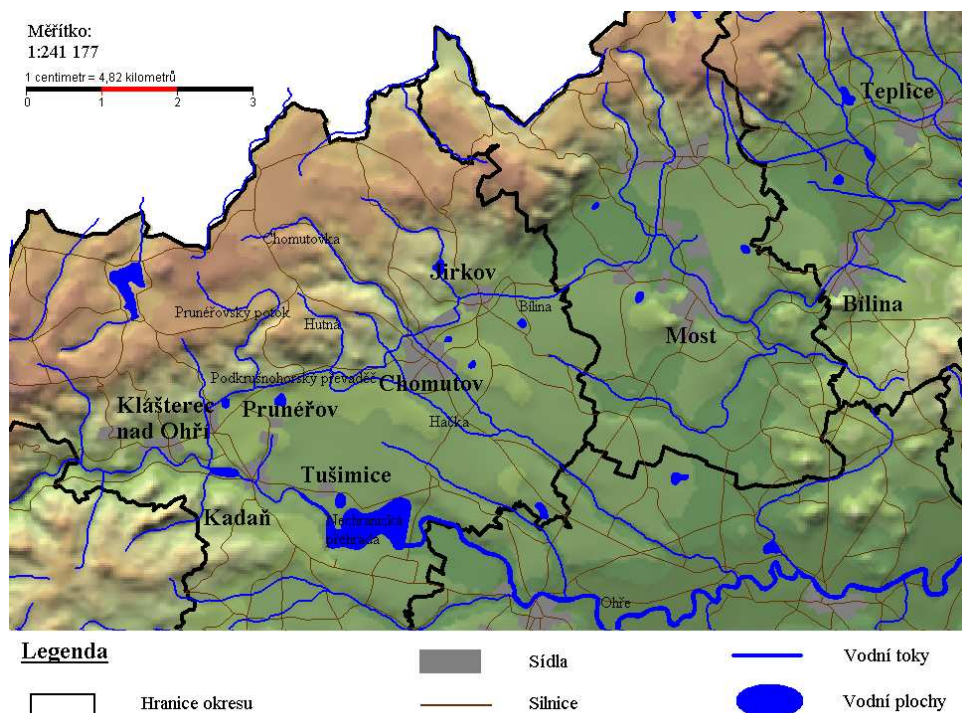
## 3. Literární rešerše

### 3.1. Fyzicko-geografická charakteristika monitorovaného území

#### 3.1.1. Lokalizace

Krušné hory se rozprostírají podél hranice mezi východní částí Německa a severozápadní částí České republiky. Průměrná nadmořská výška je 800 až 900 m. n. m. Nejvyšší horou Krušných Hor je Klínovec (1244 m. n. m.). Sledované území (mapa 1), Chomutovsko-mostecká pánev, se rozprostírá ve střední části podkrušnohorské oblasti, v západní části Ústeckého kraje. Jihozápadně od této oblasti se rozkládají Doupovské hory s nejvyšším vrcholem Hradiště (934 m. n. m.) a východně České středohoří s nejvyšším vrcholem Milešovka (837 m. n. m.). Úpatí svahů můžeme nalézt v nadmořských výškách 300 – 350 m. n. m., západní část této pánve je situována ve výšce okolo 450 m. n. m. (Lomský, 2002)

Mapa 1 Monitorované území (Nováková 2009, ArcExplorer 4.0.1)



### 3.1.2. Klimatologie

Klimatické poměry jsou v monitorovaném území ovlivňovány převážně geomorfologickým členěním reliéfu. Podle klasifikace Atlasu podnebí Československé republiky 1958 náleží nižší části Krušných Hor v okolí Chomutova do mírně teplé a suché oblasti. (Tolasz, 2007). Podle Quittovy klasifikace klimatu<sup>1</sup> náleží svahy Krušných hor do mírně teplé oblasti. Chomutovsko-mostecká pánev leží dle této klasifikace již v oblasti teplé. (Vráblíková, 2008)

Roční průměrná teplota zde dosahuje 8 °C a relativní vlhkost (dána poměrem aktuálního tlaku vodní páry a maximálního tlaku vodní páry při dané teplotě) 75 – 80 %. Relativní vlhkost vzduchu v prosinci je vyšší než v letním období, dosahuje zde 85 – 90 %. Avšak aktuální obsah vodních par je v prosinci nižší. To je dáno tím, že chladnější vzduch má menší kapacitu obsahu vodních par než vzduch teplejší. (Tolasz, 2007)

V pánevní oblasti dosahuje průměrný roční úhrn srážek 400 – 500 mm. S rostoucí nadmořskou výškou roční úhrn srážek stoupá, může dosahovat až 1200 mm. Nejvyšší úhrn srážek je v letním období, nejnižší naopak v období zimním. (Tolasz, 2007)

Průměrný roční počet jasných dní<sup>2</sup> je maximálně 40 a průměrný roční počet zamračených dní<sup>3</sup> se pohybuje mezi 150 – 160. (Tolasz, 2007)

Průměrná roční rychlost větru dosahuje 2 – 4 m/s, v zimním období je rychlost největší, v letním nejmenší. Převládají větry západní a v menší míře severozápadní. (Tolasz, 2007) Občas se můžeme setkat s východními a jihovýchodními větry, které se vyskytují při stabilních povětrnostních situacích (vysoký tlak vzduchu). K těmto situacím dochází převážně v zimních měsících. Z hlediska rozptylových podmínek dochází na závětrné straně hor pouze k místnímu promíchávání vzduchu. Znečišťující příměsi jsou pak jen z malé části odváděny z oblasti pryč. (MŽP, 1997)

Průměrný počet dní s mlhou během roku značně kolísá. Větší výskyt se objevuje v podzimních a zimních měsících (říjen až leden). V těchto měsících se v Tušimicích pohybuje průměrný měsíční výskyt mlhy mezi 7 – 9 dny. V letních měsících se zde vyskytuje

---

<sup>1</sup> Quittova klasifikace klimatu rozděluje oblasti do 23 jednotek dle určitých klimatologických veličin. Těch je celkem 14, mezi ně patří např. počet letních dní, počet dní s průměrnou teplotou nad 10 °C, průměrná lednová, dubnová, červencová a říjnová teplota, počet dní se sněhovou pokrývkou, počet jasných a zatažených dní nebo suma srážek ve vegetačním a zimním období. (Tolasz, 2007)

<sup>2</sup> Jasný den je definován jako průměrné denní množství oblačnosti menší než dvě desetiny. (Tolasz, 2007)

<sup>3</sup> Zamračený den je definován jako průměrné denní množství oblačnosti větší než osm desetin. (Tolasz, 2007)

mlha minimálně. Průměrný roční počet dní s mlhou z let 1981 – 2000 je menší než 60. S rostoucí nadmořskou výškou však tento počet dní stoupá. (Tolasz, 2007)

V podhorských pánevních oblastech dochází často k výskytu teplotních inverzí. Chladnější vrstvy vzduchu jsou tu od několika decimetrů do několika metrů silné, vyznačující se vysokou vlhkostí, výskytem mlh a nízkým promícháváním vzduchu. (Lomský, 2002).

### 3.1.3. Hydrologie

Monitorovaná oblast se nachází v povodí Ohře. Tato řeka je největším vodním tokem v tomto území a protéká po jeho jižním okraji. Pro účely teplených elektráren zde byla vybudována Nechanická přehrada. Nedaleko přehrady leží tepelná elektrárna Tušimice a o něco dále Prunéřov. ([www.chomutov-mesto.cz](http://www.chomutov-mesto.cz)). Pánevní oblasti se vyznačují malou retenční schopností s malým specifickým odtokem<sup>4</sup>. (Vráblíková, 2008)

Většina vodních toků této oblasti je do značné míry ovlivněna a přeměněna člověkem. Důvody k tomuto jednání byly vodohospodářské a později se přidala i ochrana povrchových hnědouhelných dolů. Z tohoto důvodu byl vybudován vodní systém, kterým jsou horské potoky z převážné části odváděny mimo důlní území, tzv. Podkrušnohorský převaděč. Převaděč rozděluje toky horských potoků mezi říčku Chomutovka a potok Bílina. ([www.chomutov-mesto.cz](http://www.chomutov-mesto.cz))

Významnými toky v této oblasti jsou říčka Chomutovka a potok Bílina. Potok Bílina se na okraji Jirkova kříží s Podkrušnohorským převaděčem a regulovaným korytem odtéká do Kyjické přehrady. Odtud pokračuje několik kilometrů dlouhým potrubím přes oblast dolů až do Mostu, odkud pokračuje již jako říčka směrem k Ústí nad Labem. Říčka Chomutovka přitéká ze severozápadu do Chomutova. Tato říčka se kříží s Podkrušnohorským převaděčem na okraji Chomutova a odtéká jihozápadním směrem, kde se pak vlévá do řeky Ohře. Hlavními přítoky Chomutovky jsou Křimovský potok a Kamenička. Na obou potocích jsou vybudovány přehrady. S Podkrušnohorským převaděčem se dále kříží Prunéřovský potok, Hutná, Lužnička, Hačka a další drobné vodní toky. ([www.chomutov-mesto.cz](http://www.chomutov-mesto.cz))

Zaječická a Kyjická přehrada slouží k regulaci toku Bíliny, Podkrušnohorského převaděče a ochraně povrchových dolů. Nachází se východně od města Jirkov. ([www.chomutov-mesto.cz](http://www.chomutov-mesto.cz))

---

<sup>4</sup> Specifický odtok je vyjádřen množstvím vody, které oteče za jednotku času z jednotky plochy povodí. Udává se v jednotkách  $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$  ([cs.wikipedia.org](http://cs.wikipedia.org)).

### 3.1.4. Krajinný pokryv

Povrchová těžební činnost v monitorovaném území značně znehodnotila krajinný pokryv. Na velkém území se rozkládají povrchové hnědouhelné doly, které do značné míry ovlivňují okolní krajinu.

Lesní porosty se z větší části rozprostírají na svazích Krušných Hor severně až západně od monitorovaného území. Původní horské smíšené lesy byly v 19. století nahrazovány monokulturami smrku. V roce 2000 se v nižších polohách vyskytovaly převážně lesy smíšené a v polohách vyšších lesy jehličnaté. Zemědělská orná půda se vyskytuje jižně až jihovýchodně od monitorovaného území. V okolí pánve a na svazích a hřebenech hor nalézáme množství luk a pastvin. V horské oblasti vyplňují prostor mezi lesy a v podhorské oblasti jsou v okolí lomů a sídelních oblastí. Směrem na jih a východ jich znatelně ubývá. V minimálním množství jsou v okolí Chomutova zastoupeny sady, chmelnice a zahradní plantáže. ([www.geoportal.cenia.cz](http://www.geoportal.cenia.cz))

### 3.1.5. Geologický vývoj

Podloží chomutovské pánve tvoří horniny vzniklé v prvohorách (karbonu a permu) při variském vrásnění. V průběhu tohoto geologického pochodu vzniklo několik pohoří, které ležely přibližně na území dnešních Krušných Hor. Mezi nimi se nacházely pánve s jezery a močály. V tomto období převládalo horké podnebí, které vedlo ke zvýšené erozi okolních pohoří a vyplňování pánví usazeninami a organickým materiálem. Takto vznikly dnešní černouhelné sloje. Během druhohor byla tato oblast zaplavena mořem a docházelo tak k ukládání usazenin mořského původu. Ve třetihorách proběhlo alpínské vrásnění, které vedlo ke vzniku podkrušnohorské pánve. Během doby došlo ke zpomalení poklesu pánve, což mělo za následek pomalé ukládání rostlinného materiálu, ze kterého postupem času vznikla hnědouhelná sloj. Krušné Hory byly vyzdviženy v období čtvrtohor, kdy krajina dostává dnešní podobu. ([www.chomutov-mesto.cz](http://www.chomutov-mesto.cz))

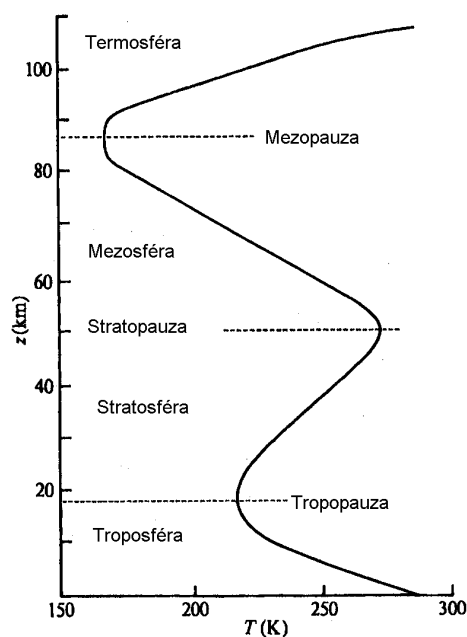
## 3.2. Základní vlastnosti atmosféry

### 3.2.1. Složení a vertikální členění atmosféry

Atmosféra je vzdušný obal Země, který obsahuje relativně konstantní obsah různých plynných složek. V nejnižších vrstvách je nejvíce zastoupen dusík (78,084 obj. %), dále kyslík (20,9476 obj. %), argon (0,934 obj. %) a CO<sub>2</sub> (0,0314 obj. %). V této formě považujeme atmosféru za suchou a čistou, vhodnou pro matematicko-fyzikální vyjádření v ní probíhajících procesů. Kromě těchto základních složek je v atmosféře obsaženo proměnlivé množství vody vyskytující se ve všech třech skupenstvích, plynné sloučeniny v nízkých koncentracích (např. SO<sub>2</sub> do 0,0001 obj. %, oxidy dusíku označované jako NO<sub>x</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub> apod.) a znečišťující příměsi přírodního i antropogenního původu označované obecně jako aerosol. Aerosol je suspenze částic pevného a kapalného charakteru rozptýlených v plynném prostředí. Tyto částice mohou být anorganického i organického původu. (Bednář, 2003)

Zemskou atmosféru můžeme dělit z několika hledisek – podle průběhu teploty s výškou, podle elektrických vlastností vzduchu, podle hustoty a podle promíchávání vzduchu. (Braniš, 2004). Nejčastěji se používá členění podle průběhu teploty vzduchu s výškou (obrázek 1). Takto se atmosféra dělí na troposféru, stratosféru, mezosféru, termosféru a exosféru. Přejechod mezi troposférou a stratosférou se nazývá tropopauza a její výskyt je prostorově i časově proměnlivý, závisí na zeměpisné šířce, ročním období a průměrné teplotě troposféry. V našich zeměpisných šířkách se nalézá asi v 11 km nad hladinou moře v létě a zhruba v 7 km v zimě (Dvořák, 2004), u pólů je to v nižší výšce (cca v 6 až 8 km) a naopak nad rovníkem se vyskytuje až v 18 km nad hladinou moře. Toto rozložení je dáno nejenom nestejným prohříváním, ale především vlivem zemské rotace. Časová proměnlivost se projevuje v průběhu ročního období, v létě je tropopauza ve vyšších výškách a v zimě se naopak objevuje níže. Stratosféra se rozprostírá do výšky 50 km nad úrovní moře a v ní můžeme vyčlenit vrstvu se zvýšeným obsahem ozónu, tzv. ozonosféru. Rozhraní mezi stratosférou a mezosférou se tak nazývá stratopauza. Následující vrstva – mezosféra sahá do výšek 50 - 80 km a termosféra do výšky cca 500 km. Podle elektrických vlastností vzduchu dělíme atmosféru na dvě základní vrstvy – neutrosféru a ionosféru. V ionosféře způsobují ionizované molekuly elektrickou vodivost. Poslední členění je založeno na turbulentním promíchávání vzduchu, kdy se obsah hlavních plynných složek prakticky nemění. (Bednář, 2003)

**Obrázek 1** Profil teplotního zvrstvení atmosféry (Wayne, 2002)



Důležitým pojmem je mezní vrstva atmosféry. Je to ta část troposféry, která bezprostředně přiléhá k zemskému povrchu a je jím různou mírou ovlivňována, zejména třecími silami. Tato vrstva může v našich klimatických podmínkách dosahovat výšky 1,5 až 2 km, v závislosti na členitosti povrchu. (Novák, 2004). Většina lidských činností ji ve větší či menší míře ovlivňuje. Často se zde vyskytují teplotní inverze. Z mezní vrstvy lze vyčlenit přízemní podvrstvu sahající do výšky 60 až 100 m, kde se vliv zemského povrchu projevuje zvlášť výrazně (Dvořák, 2004)

### 3.2.2. Vertikální teplotní gradient

Vertikálním teplotním gradientem se nazývá změna teploty s nadmořskou výškou. Pokud budeme měřit teplotu v různých výškách (např. pomocí meteorologické sondy), dostaneme tzv. lokální vertikální teplotní gradient. Matematicky lze ho lze vyjádřit jako záporný podíl změny teploty a změny nadmořské výšky:

$$\gamma = - \frac{\partial T}{\partial z} , \quad (1)$$

kde  $T$  je teplota a  $z$  nadmořská výška. Při sledování jedné vzduchové částice a její teploty v různých výškách se dostáváme k tomuto vyjádření individuálního vertikálního teplotního gradientu:

$$\gamma_a = - \frac{dT}{dz} , \quad (2)$$



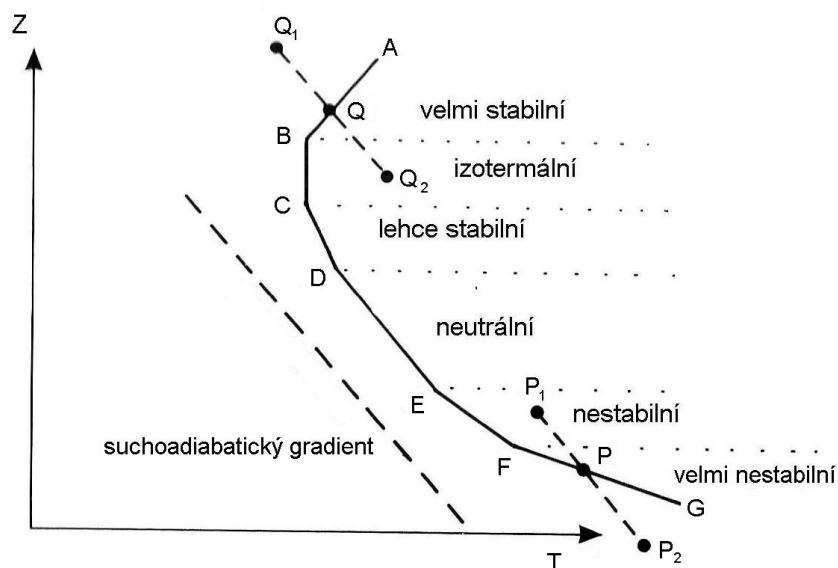
kde  $\gamma_a$  označuje buď tzv. suchoadiabatický nebo nasyceně adiabatický teplotní gradient podle toho, zda je vzduch nenasyčen nebo nasycen vodní parou a kde se bere v úvahu změna teploty způsobená rozpínáním při výstupných pohybech, resp. stlačováním při sestupných pohybech. (Bedbář, 2003; Novák, 2004)

Za podmínek, kdy vzduch je suchý a nedochází k žádné kondenzaci vodní páry, se vystupující vzduchová částice s poklesem tlaku rozpíná a ochlazuje. Pokles teploty s výškou je konstantní a pro praktické účely je používá hodnota  $1\text{ °C}$  na  $100\text{ m}$  (přesněji  $0,98\text{ °C}$  na  $100\text{ m}$ ). Podle tohoto gradientu, klesá teplota s výškou až do výšky, kdy vzduchová částice dosáhne hladiny kondenzace. Tak se vzduch stává nasycený vodními parami, a při dalším poklesu teploty s výškou již mluvíme o vlhkoadiabatickém neboli nasyceně adiabatickém teplotním gradientu. Každý pokles teploty je doprovázen další kondenzací vodní páry. Při tomto procesu se uvolňuje latentní teplo a pokles teploty nedosahuje takové rychlosti. Z toho vyplývá, že nasyceně adiabatický teplotní gradient bude mít nižší hodnotu než suchý adiabatický gradient. Nasyceně adiabatický teplotní gradient není konstantní, závisí na teplotě a tlaku. Např. v nízkých nadmořských výškách při teplotě  $25\text{ °C}$  je změna teploty s výškou  $0,4\text{ °C}$  na  $100\text{ m}$ . V oblastech okolo  $6000\text{ m. n. m.}$  při teplotě  $-5\text{ °C}$  dosahuje změna teploty hodnot  $0,6 - 0,7\text{ °C}$  na  $100\text{ m}$ . Nasyceně adiabatický teplotní gradient u zemského povrchu při teplotě  $0\text{ °C}$  a tlaku  $1000\text{ hPa}$  je  $0,6\text{ °C}$  na  $100\text{ m}$ . (Wayne, 2002; Sobíšek, 1993)

Toto platí při neutrálním zvrstvení atmosféry. Nastávají však i situace, kdy teplota s výškou klesá pomaleji, než podle suchoadiabatického, resp. vlhkoadiabatického gradientu nebo zůstává na stejné hodnotě či dokonce stoupá (obrázek 2). Porovnáním naměřeného a adiabatického gradientu můžeme určit míru stability zvrstvení atmosféry a tím také možnost promíchávání ovzduší.

Pokud teplota okolního vzduchu klesá rychleji, než udává adiabatický gradient, tak se atmosféra vyznačuje nestabilitou (obrázek 2., část křivky E – F a F – G). Vzduchová částice, která stoupá a ochlazuje se dle adiabatického gradientu, má vyšší teplotu než okolní vzduch, a tím je i lehčí a může nadále stoupat (tzv. konvekce). Takto dochází k vertikálnímu promíchávání atmosféry. Pokud teplota okolního vzduchu má stejnou teplotu jako částice, hovoříme o neutrálním zvrstvení atmosféry (obrázek 2., část křivky D – E). Pokud okolní atmosféra se ochlazuje pomaleji (obrázek 2., část křivky A – B, B – C, C – D), vzduchová částice má nižší teplotu nežli okolní vzduch a je tak těžší a nemůže nadále stoupat. Tím je zabráněno vertikálnímu promíchávání. Tento stav se označuje jako stabilní zvrstvení atmosféry. Příkladem velmi stabilního zvrstvení je teplotní inverze.

**Obrázek 2** Znáznornění možností průběhu teploty s výškou v porovnání se suchoadiabatickým gradientem (Scorer, 1990)



Další veličinou, jejíž hodnota se s narůstající výškou mění, je tlak<sup>5</sup> vzduchu. Tlak s výškou klesá exponenciálně. Vzduch je stlačitelný, a tak spodnější vrstvy jsou zatěžovány vrstvami vrchnějšími. Proto velikost tohoto poklesu je závislá na hustotě atmosféry a také na teplotě (v chladném vzduchu dochází k poklesu rychleji než ve vzduchu teplém). Tlak, stejně jako teplota, je veličinou prostorově i časově proměnlivou. (Dvořák, 2004)

Pojem standardní atmosféra je určen především pro potřeby letectví. Je to mezinárodně dohodnutý model atmosféry, ve kterém jsou její vlastnosti pevně definovány (např. nulová rychlost proudění, tlak v nulové výšce 1013,25 hPa, teplota v nulové výšce 15 °C, konstantní složení vzduchu apod.). (www.chmi.cz)

### 3.2.3. Proudění vzduchu

Proudění vzduchu je meteorologickou vektorovou veličinou, která je charakterizována pohybem částice v daném místě a čase. Vertikální proudění vzniká jako důsledek pohybu vzduchu ve frontálních systémech, konvekce, obtékání překážek apod. Horizontální složka proudění vzduchu se nazývá vítr a obvykle nabývá mnohonásobně větších rozměrů než složka vertikální. Horizontální proudění vzduchu vzniká na základě působení síly horizontálního

<sup>5</sup> Tlak vzduchu je síla působící v daném místě atmosféry kolmo na jednotkovou plochu vyvolaná tíhou vzduchového sloupce sahajícího od místa měření až k horní hranici atmosféry (Novák, 2004)

barického gradientu a Coriolisovy síly<sup>6</sup>. Dále je nezbytné započítat vliv odstředivé síly i vliv tření. (Sobíšek, 1993)

Geostrofický vítr je nezrychlované horizontální proudění podél přímočarých izobar. Síla barického gradientu a Coriolisova síla je v rovnováze, jejich vektory mají pouze opačný směr. Jelikož geostrofický vítr nezahrnuje tření, lze jej pokládat za skutečný pouze nad mezní vrstvou atmosféry, tzn. tam, kde se již neprojevuje vliv zemského povrchu. (Novák, 2004; Bednář, 2003)

Gradientový vítr je také horizontální proudění, kde se taky neprojevuje vliv tření, ale je zde již započítáno normálové zrychlení a vliv odstředivé síly (izobary s kruhovým či oválným tvarem). Síla tlakového gradientu a Coriolisova síla jsou zde opět v rovnováze s opačným směrem. Vektor síly barického gradientu směřuje z oblasti vyššího tlaku vzduchu do oblasti nižšího tlaku vzduchu, vektor Coriolisovy síly právě naopak. Takto pojatý gradientový vítr lze opět použít pouze ve volné atmosféře, kde se již neprojevuje vliv tření o zemský povrch. (Bednář, 2003; Novák 2004)

Matematicky lze horizontální barický gradient způsobující proudění vyjádřit jako podíl rozdílu tlaku (v Pa) a vzdálenosti dvou míst (v metrech):

$$G = \frac{dp}{dx} , \quad (3)$$

G je velikost síly uvádějící vzduchové částice do pohybu. Se zvyšující se velikostí horizontální barického gradientu se zvyšuje zrychlení částice vzduchu a tím i rychlost větru. (Dvořák, 2004)

Pokud je síla tření zanedbaná, pak je síla horizontálního barického gradientu a Coriolisova síla vyrovnaná, tj. obě síly mají stejnou velikost a přesně opačný směr. Směr výsledného proudění je dán směrem izobar. Třecí síla proudění zpomaluje a tím se snižuje i Coriolisova síla, která je závislá mimo jiné i na rychlosti. Síla barického gradientu zůstává stejná a jestliže není vyrovnaná stejně velkou Coriolisovou silou, způsobí tento stav odklonění směru proudění od izobar do oblasti nižšího tlaku vzduchu. Tím velikost tření ovlivňuje velikost Coriolisovy síly a výsledný směr proudění. Velikost třecí síly je závislá na typu povrchu (konfigurace terénu, porost, vodní plochy apod.). (Dvořák, 2004)

Z hlediska znečištění ovzduší je proudění zodpovědné za transport a promíchávání přirozených i znečišťujících chemických složek (Wayne, 2002), pevných částic, energie aj. ve

---

<sup>6</sup> Coriolisova síla vzniká jako důsledek zemské rotace. Na severní polokouli působí tato síla doprava naopak na jižní polokouli doleva od směru pohybu. Na rovníku je nulová na pólech maximální (Sobíšek, 1993).

vzduchových hmotách, zvyšuje intenzitu výparu z vodních ploch i z povrchu vlhkých předmětů apod. (Sobíšek, 1993)

### 3.3. Jevy zhoršující dohlednost

Dohlednost je dle Meteorologického slovníku výkladového terminologického (1993) definovaná jako vzdálenost, v níž je kontrast daného objektu a jeho pozadí roven prahu kontrastové citlivosti oka pozorovatele. Pro meteorologické účely je zde také definována meteorologická dohlednost jako největší vzdálenost, na kterou lze spolehlivě rozeznat černý předmět o úhlové velikosti mezi 0,5 až 5 °, umístěný u země na pozadí mlhy nebo oblohy za denního světla. V noci se určuje největší vzdálenost, na kterou lze rozeznat světlo o určité stálé a málo proměnlivé svítivosti. Měření provádí subjektivně pozorovatel a tak je nutné předpokládat, že má normální zrak (Sobíšek, 1993). S dohledností souvisí také pojem viditelnost. Ta je definovaná jako vzdálenost mezi pozorovatelem a předmětem ležícím u horizontu, který je pozorovatel ještě schopen rozeznat. Tento předmět může být jakékoli velikosti či barvy. (Dvořák, 2004)

Dohlednost závisí na množství vodních par, obsahu prachu, písku, produktů spalování, a dalších znečišťujících příměsí ve vzduchu. Dále ji ovlivňují srážky, oblačnost, poloha slunce a denní doba (Dvořák, 2003). Pokud za snížení dohlednosti zodpovídá vzdušná vlhkost a je menší než 1 km, pak se nazývá mlha. Jestliže je dohlednost větší jak 1 km, ale menší než 10 km, pak se jedná o kouřmo. Může nastat i situace, kdy snížení dohlednosti není způsobeno vyšší vlhkostí vzduchu, ale ve větší koncentraci se zde vyskytují znečišťující příměsi, např. kouř, pak se jedná o zákal. (Dvořák, 2004)

#### 3.3.1. Kondenzační procesy

Pro vznik mlhy a kouřma kondenzačními procesy je důležitá vlhkost vzduchu a teplota rosného bodu. Vlhkost vzduchu můžeme rozlišit na absolutní, maximální absolutní a relativní. (Novák, 2004)

Absolutní vlhkost je hmotnost vodní páry obsažené v určitém objemu vzduchu, udává se v  $\text{kg/m}^3$ , resp. v  $\text{g/m}^3$ . Jde o vyjádření hustoty vodní páry. Maximální absolutní vlhkost vyjadřuje maximální množství vodní páry, která se za dané teploty a tlaku vejde do daného objemu vzduchu. Tuto hodnotu nelze překročit a za podmínek, které by přispívaly k dalšímu zvyšování vodní páry ve vzduchu (např. izobarické ochlazování vzduchové hmoty)

nadbytečná vodní pára kondenzuje v mikroskopické kapičky vody. Relativní vlhkost vzduchu je charakterizována jako poměr aktuální a maximální vlhkosti vzduchu, vyjadřuje se v procentech a může nabývat hodnot od 0 do 100 %. (Novák, 2004)

Rosný bod je vyjádřen teplotou, při které je vzduch nasycen vodní parou a dalším ochlazováním při stálém tlaku vzduchu dochází ke kondenzaci vodní páry. Při teplotě rosného bodu je vzduch maximálně nasycen vodní parou. (Novák, 2004)

Jestliže je v atmosféře vysoký obsah vodní páry a teplota dosáhne rosného bodu, začne tato vodní pára kondenzovat. Vznikají malé vodní kapičky, v zimě při velmi nízkých teplotách ledové krystalky, které vytváří atmosférický aerosol. Rozptýlené vodní kapičky v přízemních vrstvách snižují dohlednost. Při kouřmu nemusí být na rozdíl od mlhy vzduch plně nasycen vodní parou, avšak relativní vlhkost je zde vysoká. (Sobíšek, 1993; Dvořák, 2004)

Podle způsobu vzniku můžeme mlhy rozdělit na radiační, advekční, frontální.

Radiační mlhy vznikají tehdy, jestliže se vzduch ochlazuje od ochlazujícího se zemského povrchu. Pokles teploty až k hodnotě rosného bodu způsobuje zvyšování obsahu vodní páry ve vzduchu. Tato situace nastává většinou v nočních hodinách za stálého počasí tlakových výší a vyskytuje se převážně v údolích a nížinách. Po vertikální stránce může dosahovat různé mohutnosti, od několika decimetrů po několik desítek metrů. Po východu slunce s rostoucí teplotou tento typ mlhy většinou mizí, ale v zimním období se může udržet po celý den. Slunce nestačí dostatečně prohřát zemský povrch. Je to nejčastější typ mlhy vyskytující se ve střední Evropě. (Seifert, 1987; Sobíšek, 1993)

Pokud se teplejší a vlhká vzduchová hmota přenese nad chladnější zemský povrch, dochází k ochlazování a následné kondenzaci vodní páry obsažené ve vzduchu. Tímto způsobem vznikají mlhy advekční (advekce = přenos), které jsou nezávislé na denní době a většinou jsou dlouhodobé. Častěji se s nimi setkáme v přímořských oblastech. (Seifert, 1987; Dvořák, 2004)

Frontální mlhy mají souvislost s přechodem frontálních systémů, promíchávají se různé teplé vzduchové hmoty. Podle výskytu rozlišujeme mlhy předfrontální a mlhy zafrontální. Výskyt mlhy se posouvá podle výskytu frontálního systému. (Sobíšek, 1993)

### 3.3.2. Cizorodé látky

Při snížení dohlednosti v důsledku vyššího obsahu pevných částic, kouře a dalších znečišťujících látek mluvíme o zákalu (Dvořák, 2003). Zákal je nejčastěji směsí přirozených

i umělých částic, které ve vzduchu tvoří kondenzační jádra pro srážky. Vytváří se za stálých povětrnostních situací, kdy proudění vzduchu je velmi slabé. Dohlednost je snížena pod 10 km a vzduch je zbarven do hnědých odstínů. Zákal často může být důsledkem průmyslových činností, zvýšenou intenzitou automobilové dopravy nebo také i znečištěním z přírodních zdrojů jako jsou např. lesní požáry či vulkanická činnost. (Roth, 1999; Seifert, 1987)

### **3.4. Znečištění atmosféry a zdroje znečišťujících látek**

V atmosféře se vždy vyskytovalo určité množství polutantů a to dokonce ještě před existencí člověka. Toto znečištění způsobují přírodní zdroje, kterými jsou vulkanická činnost, vlny tříštící se o pobřeží, pyly, prach, terpeny uvolňující se z rostlin a lesní požáry. Člověk zvýraznil četnost a intenzitu výskytu některých polutantů. Zemědělská činnost zvýšila obsah polutantů nejen v atmosféře. Vypalování lesů a přirozeného vegetačního pokryvu přispěly ke zvyšování produktů spalování a také k intenzivnější půdní erozi. (Wayne, 2002)

Spalování fosilních paliv v elektrárnách pro výrobu elektrické a tepelné energie, provoz motorových vozidel a průmysl jsou hlavním zdrojem znečišťujících emisí. Touto cestou dochází k produkci oxidu siřičitého, oxidů dusíku, oxidu uhelnatého, suspendovaných částic a nespálených uhlovodíků. Vyšší koncentrace  $\text{SO}_2$  a  $\text{NO}_x$  v ovzduší zapříčiňují pokles pH a vznik kyselých dešťů. (Wayne, 2002; Willcocks, 2005)

Polutanty, především oxid siřičitý a pevné částice, se z atmosféry mohou dostat suchou či mokrou depozicí. Tím přispívají k lokálnímu znečištění ovzduší. Pokud polutanty setrvávají v troposféře po delší čas, mohou se dostat do delších vzdáleností a tak přispívat k regionálnímu znečištění. (Wayne, 2002)

#### **3.4.1. Charakteristika znečišťujících látek**

Znečišťující látky dělíme na primární a sekundární. Primární polutanty mají svůj konkrétní zdroj. Tento zdroj může být bodový, liniový nebo plošný. Do této skupiny lze zařadit polutanty, jako jsou  $\text{SO}_2$ , CO, NO, primární aerosol a další. Sekundární polutanty nemají konkrétní zdroj. Vznikají v atmosféře z primárních polutantů během chemických či fotochemických reakcí. Do této skupiny řadíme  $\text{O}_3$ ,  $\text{NO}_2$  a další. (Braniš, 2004)

### 3.4.1.1. Suspendované částice

Suspendované částice (prašný aerosol) tvoří třetí nejrozsáhlejší kategorii znečištění ovzduší. Do této kategorie můžeme zahrnout částičky pevného a kapalného<sup>7</sup> charakteru. Do ovzduší se dostávají ze spalovacích procesů a průmyslových závodů či přírodními procesy. (Enger, 1995; Liberti, 1970)

Tyto částice jsou rozdělovány dle chemického složení do těchto hlavních skupin: sírany, dusičnany, organické uhlíkaté sloučeniny a minerální částice (Hyslop, 2009). Dále jsou suspendované částice rozlišovány podle velikosti a tvaru. Jejich velikost se v ovzduší pohybuje od submikronových rozměrů až po částice makroskopické, viditelné pouhým okem. Obě tyto vlastnosti jsou důležité pro vymezení jejich účinků na atmosféru, vegetaci, živočichy i člověka. (Seinfeld, 1975)

Částice prašného aerosolu mohou pocházet ze zdrojů přirozených (např. sopečná činnost) i antropogenních (spalovací procesy). Dále rozeznáváme primární aerosol, který má přímý emisní zdroj (půda, lomy, spalování, mořský aerosol, biogenní částice) a sekundární aerosol, který vzniká reakcemi ostatních látek obsažených v atmosféře (kondenzace plyných emisí či různé chemické transformace znečišťujících látek). (Hůnová, 2004; Penner, 2005) Primární aerosol může být všech velikostí, naopak sekundární aerosol zpravidla bývá velmi malých rozměrů (Seinfeld, 1975).

Do ovzduší se mohou suspendované částice dostávat ze zemského povrchu, kde dříve došlo k jejich usazení. Může to být způsobeno zvířením větrem nebo projíždějícími vozidly či jinými mechanickými pohyby. Do ovzduší se tak mohou dostávat látky, vzniklé otěrem pneumatik a povrchu vozovky a v zimních měsících i chemický posyp vozovek. (Keder, 2004)

V současné době se rozlišují frakce dle velikosti částic na  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  a  $PM_{0,1}$ .  $PM_{10}$  jsou označovány částice, které jsou menší než 10  $\mu m$ ,  $PM_{2,5}$  částice menší než 2,5  $\mu m$  a  $PM_{0,1}$  částice menší než 0,1  $\mu m$ . Dříve se měřil celkový suspendovaný prašný aerosol (SPM) bez rozdělení podle velikosti. V poslední době je stále častěji snaha měřit částice menších velikostí a to z důvodu vyšší zdravotní rizikovosti pro člověka. Nebezpečí se zvyšuje, pokud na těchto pevných částicích jsou adsorbovány těžké kovy a další škodlivé látky.

Antropogenní prašný aerosol se skládá z pevných částic formovaných ve spalovacím procesu (kouř) a z částic o průměru menším než 0,5  $\mu m$ , které jsou výsledkem

---

<sup>7</sup> Kapalné částice jsou zahrnuté do suspendovaného aerosolu kvůli častému výskytu blízko pevných částic a nemohou být tak samostatně stanoveny. Dešťové kapky do této skupiny nezahrnujeme. (Lynn, 1976)

fotochemických reakcí zahrnující nespálené nebo částečně spálené uhlovodíky a oxidy dusíku. (Seinfeld, 1975)

Rozlišujeme různé typy aerosolů, např. dým, prach, mlha, kouř, polétavý uhelný prach, tabákový kouř apod. Rozsahy velikostí pro některé typy aerosolu jsou uvedeny v následující tabulce 1. (Braniš, 2005)

**Tabulka 1** Rozsah velikostí různých typů aerosolu (Braniš, 2005)

Typ aerosolu	Rozsah velikost
Dým	< 1 $\mu\text{m}$
Prach	>0,6 $\mu\text{m}$
Mlha	0,1 – 100 $\mu\text{m}$
Kouř	< 1 $\mu\text{m}$
Tabákový kouř	0,1 – 1 $\mu\text{m}$
Mořská sůl	0,03 – 0,6 $\mu\text{m}$

Znečištění suspendovanými částicemi je problém především velkých městských aglomerací a průmyslových oblastí.

#### **3.4.1.2. Oxid siřičitý SO<sub>2</sub>**

Oxid siřičitý je plynná bezbarvá sloučenina. Do ovzduší je emitován z přírodních i antropogenních zdrojů. Největším zdrojem antropogenního původu je spalování fosilních paliv s obsahem síry. Síra se do fosilních paliv dostala z organismů žijících v minulosti, jejichž tělesné struktury síru obsahovaly. Oxid siřičitý se vyznačuje ostrým zápachem již při koncentracích 1 – 3 ppm. Reaguje s vodou, kyslíkem a dalšími látkami za vzniku síranů, které se mohou navázat na částice a následně mohou být inhalovány a poškozovat dýchací cesty. (Enger, 1995)

SO<sub>2</sub> v atmosféře setrvává několik dnů až týdnů. Dle aktuálních podmínek podléhá řadě přeměn. Nejčastěji podléhá oxidaci (katalytické nebo fotochemické), která je často doprovázena vznikem značného množství aerosolu. V čisté atmosféře při pokojové teplotě je přímá oxidace SO<sub>2</sub> na SO<sub>3</sub> velmi pomalá. SO<sub>2</sub> se poměrně rychle rozpouští ve vodních kapkách a pak může být rychle oxidován rozpuštěným kyslíkem na kyselinu sírovou v přítomnosti solí kovů (Fe, Mn) jako katalyzátorů. Soli těchto kovů obvykle v atmosféře existují jako suspendované částice. Síraný reagují s kationty, které se vyskytují v ovzduší



(např. pokud je v ovzduší dostatek amonného kationtu, vzniká síran amonný). Rozpustnost  $\text{SO}_2$  klesá s rostoucí koncentrací  $\text{H}^+$  iontů vzniklých disociací  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . (Hůnová, 2004; Seinfeld, 1975)

Fotochemická oxidace  $\text{SO}_2$  je založena na působení slunečního záření. V čisté atmosféře je tato reakce pomalá. Pokud však budou v ovzduší přítomny uhlovodíky a oxidy dusíku, rychlost konverze  $\text{SO}_2$  na  $\text{SO}_3$  se výrazně zvýší. Proces fotochemické oxidace probíhá v několika stupních. Nejprve dochází k absorpci záření oxidem siřičitým. Ten se aktivuje a pak teprve dochází k reakcím vedoucím k přeměnám  $\text{SO}_2$  na  $\text{SO}_3$ . (Seinfeld, 1975)

Rozvoj výroby elektrické a tepelné energie z fosilních paliv v minulosti a nedostatečná ochrana ovzduší, měly za následek růst emisí  $\text{SO}_2$  ve spalinách odcházejících z elektráren. Postupný vývoj celkových emisí v druhé polovině 20. století je uveden v tabulce 2. Přechodem na odsiřovací procesy ve velkých zdrojích znečištění ovzduší v 90. letech 20. století se výrazně snížily emise oxidu siřičitého a v současné době toto znečištění nečiní takové problémy jako v minulosti.

**Tabulka 2** Hodnoty emisí v 2. polovině 20. století v Krušných Horách (Lomský, 2002)

Rok	1965	1970	1975	1980	1984	1990
$\text{SO}_2$ (v 1,000 t)	334	495	799	990	1,082	798

### 3.4.1.3. Ostatní znečišťující látky

Oxid uhelnatý (CO) je plyn bez barvy, zápachu a chuti. Vzniká během nedokonalého spalování organického materiálu, tedy i fosilních paliv. 80 % CO přítomného v ovzduší pochází z výfukových plynů motorových vozidel. Znečištění ovzduší CO je převážně z antropogenních zdrojů. CO je také významnou složkou cigaretového kouře. Při vdechování se CO dostává do plic, kde se váže místo kyslíku na hemoglobin za vzniku karboxyhemoglobinu (COHb). Hladina COHb představující 60% saturaci je pro člověka letální. Pro děti a starší populaci se tato hladina snižuje na 40 %. První symptomy naznačující otravu oxidem uhelnatým se objevují již při saturaci krve CO 10 – 20 %. Při saturaci 30 - 40 % se objevuje nevolnost, bolesti hlavy a celková únava. Saturace 70 – 89 % přivodí smrt během několika hodin a 90% saturace během několika minut. (Butler, 1979; Seinfeld, 1975; Lynn, 1976)

Oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ) je bezbarvý plyn. Vzniká dokonalým spalováním (úplnou oxidací) organického materiálu. Sám o sobě nemá toxický vliv na člověka ani zvířata, řadí se však mezi radiačně aktivní plyny.

Mezi dusíkaté sloučeniny znečišťující atmosféru patří  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NH}_3$  a soli  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ . Oxid dusný ( $\text{N}_2\text{O}$ ) je bezbarvý plyn emitovaný převážně přírodními zdroji. Oxid dusnatý ( $\text{NO}$ ) je také bezbarvý plyn, který má přírodní i antropogenní zdroje. Primárním antropogenním zdrojem tohoto plynu je spalování při vysokých teplotách. Oxid dusičitý ( $\text{NO}_2$ ) je oranžově hnědý plyn, který na člověka působí toxicky. Vzniká oxidací  $\text{NO}$ , která probíhá v čisté atmosféře pomalu, s rostoucím znečištěním se však rychlost této reakce zvyšuje.  $\text{NO}_2$  a  $\text{NO}$  se souhrnně označují  $\text{NO}_x$  a jsou významnými polutanty v ovzduší. Hlavním zdrojem je automobilová doprava.  $\text{N}_2\text{O}$  je významným radiačně aktivním plynem. (Seinfeld, 1975; Lynn, 1976)

### 3.4.2. Zdroje znečištění

Největším zdroje znečištění ovzduší oxidem siřičitým a suspendovaným aerosolem se ve druhé polovině 20. století stalo spalování uhlí. Ve sledovaném území se těží hnědé uhlí, které má nižší výhřevnost a vyšší obsah příměsí, jako je voda, popeloviny, síra aj. Toto uhlí se spotřebovává v přilehlých elektrárnách Tušimice a Pruněřov. Hnědé uhlí pochází z dolu Nástup Tušimice. (Lomský, 2002)

Největším uhelným elektrárenským komplexem v České republice jsou elektrárny Pruněřov (I a II). Elektrárna Pruněřov I měla původně 6 bloků, každý s výkonem 110 MW. Od 90. let 20. století jsou v provozu jen 4 bloky, které v letech 1987 až 1992 prošly rozsáhlou rekonstrukcí. Elektrárna Pruněřov II má 5 bloků s výkonem po 210 MW. Elektrárny dodávají také teplo do okolních měst – Chomutov, Jirkov, Klášterec nad Ohří. Rok uvedení do provozu je uveden v tabulce 3. ([www.cez.cz](http://www.cez.cz))

V letech 1963 – 1964 byla do provozu uvedena Elektrárna Tušimice I, která již není v provozu. Nahradila ji Elektrárna Tušimice II, která má 4 bloky s výkonem 200 MW. Obě tyto elektrárny byly postaveny v Dolech Nástup Tušimice. Kvalitativní ukazatele využívaného hnědého uhlí jsou uvedeny v tabulce 4. Elektrárna vyrábí také teplo, především pro město Kadaň. ([www.cez.cz](http://www.cez.cz))

Odsiřování spalin je založeno na principu mokré vápencové vypírky. Proces odsíření dosahuje vysoké účinnosti, až 95 %. Produktem odsíření spalin je energosádrovec, který

z větší části nachází uplatnění ve stavebnictví. Prach, popílek a saze se ze spalin separují na elektrostatických odlučovačích, které dosahují účinnosti až 99 %. (www.cez.cz)

**Tabulka 3** Rok uvedení elektráren do provozu (www.cez.cz)

Elektrárna	Rok uvedení do provozu	Odsíření od roku
Tušimice I	1963 – 1964	
Pruněřov I	1967 – 1968	1995
Tušimice II	1973 – 1974	1997
Pruněřov II	1981 - 1982	1996

**Tabulka 4** Kvalitativní ukazatele využívaného uhlí pro rok 2003 (www.cez.cz)

Výhřevnost uhlí	11,73 MJ/kg
Obsah popela v palivu	21,6 %
Obsah popela v sušině	32,7 %
Obsah vody	33,9 %
Obsah síry	1,62 %

Od roku 1985 koncentrace SO<sub>2</sub> v ovzduší klesá díky zlepšující se kvalitě spalovaného paliva. Největší pokles vypouštěného SO<sub>2</sub> je zaznamenán od roku 1990 kvůli změnám v České ekonomice – nižší výroba a následně nižší spotřeba elektrické energie, nižší spotřeba uhlí, zvýšená spotřeba přírodního plynu, zvýšený podíl na elektrické energii vyráběné atomovými elektrárnami, mírný pokles obsahu síry v pevných palivech, rostoucí cena elektrické energie aj. Po roce 1995 došlo k dalšímu výraznému snížení emisí SO<sub>2</sub> v důsledku odsíření spalin. (Lomský, 2002)

**Tabulka 5** Celkové emise SO<sub>2</sub> a pevných částic ze stacionárních zdrojů v severozápadních Čechách (Lomský, 2002)

Rok	SO <sub>2</sub> v t.km <sup>-2</sup> .r <sup>-1</sup>	Pevné částice v t.km <sup>-2</sup> .r <sup>-1</sup>
1980	1 082 419,6	534 620,7
1985	1 123 909,1	330 490,7
1990	987 042,2	179 297,5
1995	600 012,2	53 224,9
1998	168 327,5	18 995,4

#### **3.4.2.1. Zdroje znečištění suspendovanými částicemi**

Jak již bylo zmíněno, suspendované částice jsou emitovány z antropogenních i přírodních zdrojů. Přírodními zdroji primárního aerosolu jsou větrem zviřený prach, mořská vodní tříšť, sopečná činnost, lesní a stepní požáry. Sekundární přírodní zdroje aerosolu jsou vztaženy na cykly uhlíku, síry i dusíku a na podmínkách pro konverzi plynu na částice. (Seinfeld, 1975)

Antropogenními zdroji jsou elektrárny, průmyslové závody, spalovny, automobilová doprava a v neposlední řadě spalování uhlí v domácnostech. ([www.ecmost.cz](http://www.ecmost.cz))

Zdroji PM menších než 0,1  $\mu\text{m}$  jsou spalování, kondenzace, chemické reakce. Tyto částice podléhají koagulaci s dalšími částicemi. Mají malý vliv na dohlednost. Zdrojem PM velikosti 0,1 – 1  $\mu\text{m}$  je poletavý popílek ze spalovacích procesů, mořská sůl, průmyslový prach. Mohou koagulovat s dalšími částicemi, ale jsou schopné i pomalé sedimentace. Mají značný vliv na rozptyl světla a snižování dohlednosti. Zdrojem částic větších než 1  $\mu\text{m}$  je polétavý prach, eroze, broušení, rozstříkávání (především PM > 10  $\mu\text{m}$ ). Z ovzduší se mohou dostávat sedimentací nebo mokrou depozicí (děšť, mlha, sníh). Na dohlednost nemají takový vliv jako menší částice. (Seinfeld, 1975)

Částice větší než 10  $\mu\text{m}$  se nejčastěji do ovzduší dostávají obrušováním a třením a také jako saze ze spalovacích procesů. Tyto částice v ovzduší nesetrvávají po dlouhou dobu a relativně rychle se usazují na zemi. Problém znečištění je proto převážně v okolí zdroje. Pokud však jsou unášeny větrem, mohou se dostat do větších vzdáleností od zdroje. Vše záleží na velikosti částic a síle větru. (Lynn, 1976)

Částice v rozmezí velikosti 0,1 – 10  $\mu\text{m}$  se v ovzduší mohou udržet po dlouhý čas. Jsou menší a lehčí a tak jejich sedimentační rychlost je mnohem menší než u předchozích částic. Tato velikost částic je z hlediska znečištění ovzduší nejdůležitější, neboť zahrnuje největší část celkové hmotnosti suspendovaných částic. (Lynn, 1976)

#### **3.4.2.2. Zdroje znečištění oxidem siřičitým**

Jak již bylo uvedeno, oxid siřičitý se do ovzduší dostává antropogenními i přírodními procesy. Mezi přírodními procesy je nejvýznamnějším zdrojem emisí sopečná činnost, která je však v porovnání se zdroji antropogenními zanedbatelným přispěvatelem ke znečištění ovzduší v Evropě. Nejvýznamnějším antropogenním zdrojem je spalování fosilních paliv, především těch, které se vyznačují vysokým obsahem síry. Mezi ně patří hnědé uhlí, které se

těžší v severočeské hnědouhelné oblasti. Ke spalování uhlí dochází v elektrárnách a teplárnách. Tyto zdroje se řadí mezi zvláště velké a velké stacionární zdroje znečištění ovzduší REZZO 1 (registr emisí a zdrojů znečišťování ovzduší). V průběhu 90. let 20. století byly zaváděny nové metody odsíření spalin. Tím došlo k poklesu emisí SO<sub>2</sub> do ovzduší.

Dalším významným zdrojem je vytápění domácností uhlím. Rozšíření tohoto typu zdroje v posledních dvaceti až třiceti letech významně pokleslo přechodem na plynový způsob vytápění. To vedlo také k poklesu emisí SO<sub>2</sub>. Jelikož nejsou všechny domácnosti v České republice převedeny na vytápění plynem, jsou zde stále oblasti, které jsou v zimních měsících postiženy emisemi SO<sub>2</sub> z těchto zdrojů. Tyto zdroje řadíme do REZZO 3, což jsou malé stacionární zdroje znečištění.

Oxid siřičitý nemusí být emitován přímo do atmosféry z určitého zdroje, ale může zde vznikat oxidací redukovaných forem sloučenin síry (např. H<sub>2</sub>S, CS<sub>2</sub>, COS aj.). (Wayne, 2002)

### **3.5. Vliv znečištění ovzduší na životní prostředí**

Znečišťující látky nepůsobí jednotlivě, ale vždy současně s ostatními složkami ovzduší (antropogenní i přirozené). Obecnými příznaky chronického působení znečišťujících látek v ovzduší při vysokých koncentracích jsou nevolnost, zvracení, dráždění očí, nosu, hrdla, bolest a sevření na hrudi a kašel, namáhavé dýchání a bolesti hlavy. Starší generace již v určité míře trpí různými chorobami (např. srdce), a tak je citlivější k přítomnosti znečišťujících látek v ovzduší než zdravý dospělý člověk. (Butler, 1979)

Účinky mohou být přímé, kdy dochází v důsledku znečištění ovzduší k přímým změnám na živých organismech či neživých složkách prostředí, nebo nepřímé, kdy dochází k působení znečištění na určitou složku prostředí přes jiné složky. Účinky dále můžeme dělit na akutní (jednorázové nebo krátkodobé působení vysokých koncentrací) nebo chronické (dlouhodobé působení nižších koncentrací). (Hůnová, 2004)

#### **3.5.1. Vliv oxidu siřičitého na životní prostředí**

Toxický vliv SO<sub>2</sub> na vegetaci se liší podle rostlinného druhu. Nejcitlivější k dlouhodobým účinkům jsou dřeviny, protože rostou pomalu. Zvláště pak jsou citlivé jehličnany. Jejich jehličí je vystaveno účinkům znečištění ovzduší mnohem déle než listí u opadavých stromů. SO<sub>2</sub> se do rostlin dostává přímo průduchy. V buňkách se rozpouští a mění na siřičitanové ionty. (Braniš, 2004; Sawyer, 1989). Krátkodobé vysoké koncentrace

zapříčiňují nekrózy listů. Při dlouhodobé expozici rostliny nižším dávkám SO<sub>2</sub> dochází k ničení chlorofylu a ke snížení produktivity rostlin. Malá část síry může být asimilována a fyziologicky využívána. (Braniš, 2004; Hůnová, 2004)

Důsledkem působení znečištění na vegetaci je ztráta jehličí a listů u dřevin, snížení celkové odolnosti vůči škůdcům a chorobám, nepřízní počasí (sucho, mráz), oslabení rostliny nedostatkem živin a přebytkem toxických látek v půdě apod. (Sawyer, 1989)

Vzhledem k poklesu znečištění ovzduší oxidem siřičitým je v současné době postižení vegetace soustředěno jen na určité oblasti. Tyto oblasti se nacházejí po větru od největších zdrojů znečištění. Při dlouhodobějším setrvání SO<sub>2</sub> v ovzduší se může účinek projevit i na místech vzdálenějších od zdroje. (Braniš, 2004)

Některé účinky SO<sub>2</sub> na lidské zdraví nelze oddělit od účinků suspendovaných částic. SO<sub>2</sub> se do organismu dostává dýchací cestou. Jelikož je rozpustný, vstřebává se již na vlhké nosní sliznici nebo v horních cestách dýchacích a dochází tak k jeho dráždivým účinkům. Malé množství se může dostávat až do plic. Z dýchacího traktu přechází SO<sub>2</sub> do krve, v játrech je přeměňován na síran a následně je vylučován močí. (Harrison, 2001; Šuta, 1996; Hůnová 2004)

SO<sub>2</sub> způsobuje bronchitidy, přispívá ke snížené funkci plic. Vysoké koncentrace vedou dokonce až k otoku hrtanu a plic. Dochází k dráždění mukózních membrán, což může poškozovat pohyb řasinek. (Šuta, 1996; Butler, 1979)

Dlouhodobá expozice vysokým hladinám SO<sub>2</sub> má za následek strukturální změny plicní tkáně a zvýšenou tvorbu hlenu. Může působit jako podpůrný faktor vzniku astmatu a dalších alergických onemocnění dýchacích cest. (Harrison, 2001; Boušová, 2004)

Nejvíce je ohrožena dětská a starší populace. Lidé trpící astmatem jsou citliví již k nízkým koncentracím znečištění SO<sub>2</sub>. (Sawyer, 1989)

SO<sub>2</sub> a z něho vzniklé sloučeniny (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> aj.) mají vliv na různé materiály využívané člověkem při každodenní činnosti. Vápník obsažený ve stavebních materiálech reaguje s kyselinou sírovou za vzniku sádry. Tato látka vznikající na povrchu staveb podléhá nepříznivým podmínkám venkovního prostředí a dochází tak k její další degradaci, rozpouští se a deštěm je smyta z povrchu kamene. Sádra je schopna v sobě akumulovat saze a částice prachu a tak dostává svou načernalou barvu. SO<sub>2</sub> spolu s CO<sub>2</sub> narušuje povrch betonu snižováním pH z alkalické do kyselé oblasti. Kovy jsou pod působením SO<sub>2</sub> více náchylnější ke korozi a ztrácejí lesk. Působení na další materiály má za následek, že barevné sklo bledne,

papír se stává křehčím, materiály z kůže jsou popraskané a rozpadají se. (Hůnová, 2004; Sawyer, 1989)

Dalším nepříznivým účinkem je acidifikace půd, která je způsobena kyselými srážkami. Přírodní hodnota pH srážek je 5,6 a srážky s nižším pH se již pokládají za kyselé. Vznik kyselých dešťů je způsoben disociací kyseliny sírové za vzniku  $H^+$  iontů. Acidifikace způsobuje redistribuci prvků a živin a také zvyšuje mobilitu těžkých kovů (např. Al, Pb, Zn). Ty se mohou z půd vymývat a dostávat do vodních zdrojů a nepřímo působit na člověka. Dále mohou být tyto kovy více přístupné rostlinám a poškozovat tak jejich vývoj nebo se v nich mohou akumulovat a dostávat do potravního řetězce. (Hůnová, 2004; Sawyer, 1989; Sysalová, 2008)

V důsledku významného snížení emisí v 90. letech 20. století nedochází již k rozvoji další acidifikace způsobené emisemi oxidu siřičitého. Stále však existuje několik rizikových oblastí ve střední Evropě. (Hůnová, 2004)

$SO_2$  a prašný aerosol jsou hlavními složkami zimního smogu. Za určitých meteorologických podmínek (teplotní inverze, mlha) dochází k akumulaci těchto znečišťujících příměsí v přízemních vrstvách. Vzniklá kyselina sírová zesiluje účinky ostatních složek smogu. (Braniš, 2004; Sawyer, 1989)

Nejvýznamnější smogová situace za posledních sto let nastala v roce 1952 v Londýně, kdy mlha s obsahem znečišťujících příměsí zahalila město na několik týdnů. Koncentrace  $SO_2$  a SPM dosahovaly u každé látky až  $5000 \mu g/m^3$ . U mnoha lidí se objevily dýchací potíže, bolest hlavy a nevolnost, bolesti v krku a na hrudi. Při této nepříznivé smogové situaci došlo k úmrtí asi 4000 lidí. Další významná smogová situace se odehrála již v roce 1948 v Donoře v Pensylvánii, kdy lidé trpěli podobnými příznaky. Během pěti dní tu zemřelo 17 lidí. (Hůnová, 2004; Edger, 1995)

### 3.5.2. Vliv suspendovaných částic na životní prostředí

Působení suspendovaných částic na lidské zdraví závisí především na jejich velikosti, dále na tvaru a chemickém složení. Do organismu se dostávají stejně jako  $SO_2$  vdechováním. Větší částice jsou zachyceny již v horních cestách dýchacích. Jemnější částice jsou schopné vstupovat až hluboko do plic. Záleží také na způsobu (nosem, ústy) a intenzitě dýchání. (Hůnová, 2004, Šuta, 1996; Kazmarová, 2008)

Částice větší než  $10 \mu m$  jsou obvykle zachyceny v nosní dutině a v krku, nikdy se nedostávají do plic. Částice menší než  $10 \mu m$  se mohou dostávat do průdušnice, kde jsou

zachyceny a odstraněny např. kašlem. Částice menší než 5  $\mu\text{m}$  se dostávají až do průdušnic a částice menší než 2,5  $\mu\text{m}$  pronikají do nejhlubších částí plic. Pokud jsou tyto částice rozpustné ve vodě, procházejí přímo přes plicní sklípky do krve a pokud ve vodě rozpustné nejsou, přetrvávají v plicních sklípcích po dlouhou dobu. Šedesát hmotnostních procent  $\text{PM}_{10}$  má průměr 2,5  $\mu\text{m}$  a menší. (Yang, 2008)

Vzrůstající hladina suspendovaných částic způsobuje snížení funkce plic, zvýšený výskyt respiračních příznaků, jako je kašel, mělké dýchání, dušnost a astmatické záchvaty, chronická obstrukce plic či rakovina plic (Morawska, 2002). Dle současných studií má prokazatelný vliv na vzrůstající počet kardiovaskulárních onemocnění a úmrtnosti (Le Tertre, 2002; Samet, 2000). Opakované chronické záněty mají za následek velké zatížení srdečního svalu, které vede k oběhovým selháváním. Pokud se dostanou do krevního oběhu, vyvolávají tvorbu agresivních volných radikálů a vznik oxidačního stresu<sup>8</sup>. Při tomto procesu dochází k poškozování stěn v tepnách a vzniku a rozvoji aterosklerózy. (Kazmarová, 2008). Částice ze zdrojů spalování obsahují toxické kovy, sírany, nitráty, organické sloučeniny a další různé chemické sloučeniny a tím jsou tyto částice mnohem toxičtější (Laden, 2000; Lanki, 2006; Hartog, 2009; Pope, 2006).

Mechanismy způsobující smrt nejsou přesně známy. Existuje předpoklad, že částice, které se dostanou až do plicních sklípků, vyvolávají zánět a tvorbu bioaktivních látek. Tyto látky se dostávají do krevního řečiště a jsou schopny způsobit koagulaci krevních elementů. Vzniklé krevní sraženiny mohou způsobit onemocnění srdce a nakonec i smrt. (Yang, 2008)

V letech 1987 až 1994 se ve 20 amerických městech (např. Los Angeles, Houston, Miami, Atlanta aj.) prováděla studie zaměřená na úmrtnost způsobenou vlivem suspendovaných částic frakce  $\text{PM}_{10}$ . Závěry této studie poukazují na zvýšení celkové úmrtnosti o 0,51 % při zvýšení koncentrace  $\text{PM}_{10}$  o 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Úmrtnost na kardiovaskulární a respirační onemocnění se zvýšila o 0,68 % (Samet, 2000). Obdobná studie se prováděla i v osmi evropských městech (např. Barcelona, Paříž, Londýn aj.), kde byl sledován krátkodobý účinek  $\text{PM}_{10}$  na lidské zdraví, především na kardiovaskulární onemocnění. Studie ukázala zvýšení hospitalizace pacientů se srdečními chorobami o 0,5 % při vzrůstu  $\text{PM}_{10}$  o 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . (Le Tertre, 2002)

Dle jiné studie zaměřené na frakci suspendovaných částic  $\text{PM}_{2,5}$  se riziko poškození zdraví zvýšilo o 6 % při zvýšení koncentrace  $\text{PM}_{2,5}$  o 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . (Pope, 2002)

---

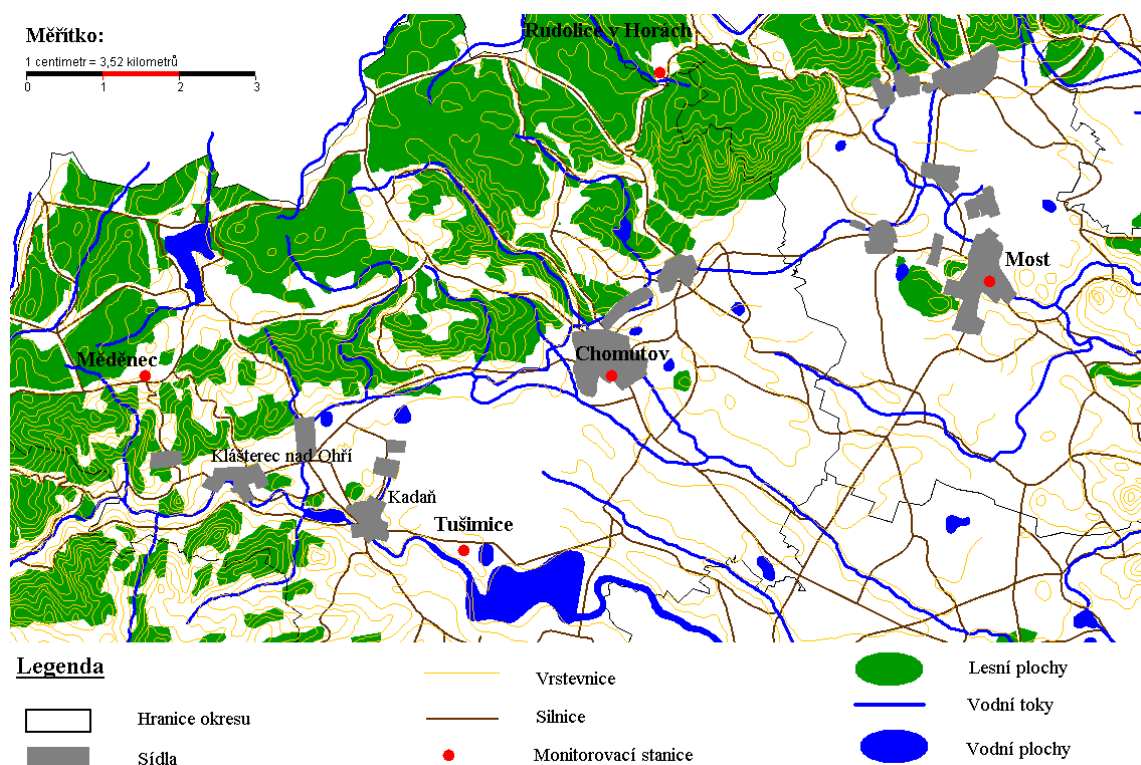
<sup>8</sup> Oxidační stres je působení volných kyslíkových radikálů, jež jsou velmi reaktivní. Reakce těchto radikálů vede k poškození buňky.



### 3.6. Charakteristika měřících stanic

Zpracovávaná data pocházejí z monitorovacích stanic AIM (automatizovaný imisní monitoring), která jsou umístěná ve městech Most a Chomutov a dále v lokalitách Měděnec, Tušimice a Rudolice v Horách (mapa 2). V lokalitách Tušimice a Rudolice v Horách je AIM doplněno manuálními odběry a následným zpracováním v laboratoři. Oxid siřičitý je v současné době na těchto stanicích stanovován metodou UV-fluorescence. Částice  $PM_{10}$  jsou stanovovány radiometrickou metodou, založenou na absorpci beta záření. Správcem všech uvedených monitorovacích stanic je pobočka ČHMÚ Ústí nad Labem. (Stehlík, 2007)

**Mapa 2** Rozmístění automatizovaných monitorovacích stanic (AIM) ve sledované oblasti (Nováková 2009, ArcExplorer 4.0.1)



Monitorovací stanice Tušimice byla založena 1. 11. 1968. Je umístěna v 322 m. n. m., v rovinném terénu. Okolní krajina je téměř bez zástavby s trvalým travním porostem. Leží na pozemku ČHMÚ. V okolí jsou pole, výsypky a doly. Chomutovská monitorovací stanice je umístěna v obytné zóně mezi rodinnými domy, v nadmořské výšce 344 m. Stanice byla zřízena 20. 1. 1992. Cílem měření je stanovení reprezentativní koncentrace pro osídlené části území. Měřící stanice Měděnec leží v 827 m. n. m. u rekreačního střediska, které je tvořeno

jedinou budovou. V okolí jsou pole a nízká zeleň s mírnými svahy. V blízkosti vede železniční trať. Tato stanice vznikla 2. 3. 1992. Mostecká stanice je umístěna uprostřed městské zástavby, mezi sídlištěm a stadionem. Nadmořská výška je 221 m. n. m. Zřízena byla 12. 8. 1992. Stanice v Rudolicích v Horách vznikla 6. 10. 1995. Je umístěna v 840 m. n. m. mimo obydlenou obec v otevřené krajině. Terén je málo zvlněný s trvalým travním porostem. (www.chmu.cz; Stehlík 2007)

## 4. Metodika

Pro zpracování této práce byly poskytnuty Českým hydrometeorologickým ústavem dva soubory dat. První obsahoval údaje o znečištění ovzduší oxidem siřičitým a suspendovaným aerosolem pro vybrané monitorovací stanice v Ústeckém kraji. Suspendovaný aerosol do roku 1995 byl měřen bez rozlišení frakcí jako SPM. Od konce roku 1995 je již měřena frakce PM<sub>10</sub>. Druhý soubor dat obsahoval údaje o výskytu mlhy pro stanice ve sledovaném území.

Nejdříve byla zpracována data pro reprezentativní stanici Tušimice, která obsahovala údaje o znečištění SO<sub>2</sub> a SPM resp. PM<sub>10</sub> od roku 1975 do roku 2007. Pro toto období byly dostupné i údaje o výskytu mlhy z druhého souboru dat. V tomto souboru byla od roku 2002 zaznamenávána i doba výskytu a rozdělení podle intenzity a příčiny vzniku na mlhu, kouřmo a zákal. Dále byly zpracovány údaje o znečištění a výskytu mlhy (kouřma, zákalu) ze stanice Měděnec. Tato data byla však dostupná pouze pro období let 1993 – 2007 (pro SPM až od roku 1994). Nakonec bylo provedeno srovnání ročních průměrných hodnot znečištění mezi jednotlivými stanicemi, pro která byla dostupná data – Tušimice, Měděnec, Most, Chomutov a Rudolice v Horách.

Pro zpracování dat byl použit program Microsoft Office Excel 2007.

Z dostupných dat o znečištění SO<sub>2</sub> a PM<sub>10</sub> byl pro jednotlivé roky vypočítán aritmetický průměr pomocí statistické funkce PRŮMĚR. Ručně se aritmetický průměr spočítá dle vzorce (4).

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (4)$$

Vyhlazení průběhu časových řad bylo provedeno klouzavými průměry. Prostý klouzavý průměr se používá pro lichý počet období a vypočte se jako součet hodnot pro klouzavé období  $p$  (tzv. klouzavý úhrn) dělený počtem období ( $p$ ) dle vzorce (5). Klouzavý průměr je vynesena do středové části klouzavého období  $p$  a postupně se posouvá. Lichý počet období je charakterizován rovnicí  $p = 2m + 1$ .

$$\bar{y}_t = \frac{y_{t-m} + y_{t-m+1} + \dots + y_t + \dots + y_{t+m-1} + y_{t+m}}{2m+1} \quad (5)$$

Pro sudý počet období se počítá tzv. centrováný klouzaný průměr. Počítá se jako průměr ze dvou sousedních klouzavých průměrů. Celkový vzorec pro centrováný klouzaný průměr se vyjadřuje jako vážený klouzaný průměr (6), kdy první a poslední člen se počítá s vahou 0,5 a ostatní s vahou 1. Klouzavé období pro sudé číslo  $p$  se označuje jako  $2m$ .

$$\bar{y}_t = \frac{y_{t-m}/2 + y_{t-m+1} + \dots + y_t + \dots + y_{t+m-1} + y_{t+m}/2}{2m} \quad (6)$$

S větším počtem členů v období dochází k většímu vyhlazení, ale také roste počet nevyrovnaných hodnot na počátku a na konci řady. Pro vyhlazení časových řad pro roční průměry byly použity klouzavé průměry s počtem období  $p=2$  a  $p=4$  pro porovnání výsledku vyhlazení pro různý počet členů. Z vypočtených hodnot byl sestaven spojnicový graf závislosti koncentrace polutantu na čase. Dále z těchto hodnot byl vytvořen bodový graf, kde byla vynesena lineární regresí spojnice trendu poukazující na výsledný trend stavu znečištění ovzduší.

Vzhledem ke kolísání stavu znečištění během roku byly vypočítány měsíční aritmetické průměry. K vyhlazení časové řady bylo použito centrovaného klouzaného průměru s počtem období  $p = 4$ . Nevyrovnané období se tak vyskytlo pouze na počátku roku 1975 a na konci roku 2007. Z takto naměřených hodnot byly sestaveny spojnicové grafy závislostí průměrné koncentrace polutantu v ovzduší v jednotlivých měsících během určitého roku. Tyto grafy byly porovnány a seříděny do skupin podle trendů stavu znečištění.

Z měsíčních průměrů byly pro každý rok pomocí statistické funkce LARGE a SMALL vyexportovány 3 maximální a 3 minimální měsíční průměry. Zjištěné hodnoty byly následně vyneseny do spojnicového grafu závislosti koncentrace polutantu na čase.

Data o výskytu mlhy (kouřma, zákalu) byla zpracována pro monitorovací stanici Tušimice ve dvou částech. První část zahrnuje data od roku 1975 do konce roku 2001 a je v ní uveden pouze výskyt mlhy. Druhá část zahrnuje data od roku 2002 do konce roku 2007 a je zde již rozlišen výskyt mlhy, kouřma nebo zákalu. Nejdříve byl proveden součet dnů s výskytem mlhy (kouřma, zákalu) v jednotlivých měsících. Tyto hodnoty byly poté sečteny pro jednotlivé roky. Roční počet byl vnesen do spojnicového grafu závislosti počtu dní na čase pro každé období zvlášť (1975 až 2001; 2002 až 2007). Jelikož se mlha častěji vyskytuje v chladnější části roku, byl vypočten průměrný počet dní s výskytem mlhy pro jednotlivé měsíce za celé období. Pro období let 2002 až 2007 byly vypočteny průměrné počty dní pro

každý jev jednotlivě. Tyto výsledky byly vyneseny do sloupcového grafu závislosti počtu dnů na jednotlivém měsíci v roce.

Roční počet dní v roce s výskytem mlhy byl také vynesen do spojnicového grafu společně s ročními průměry SO<sub>2</sub> a SPM (PM<sub>10</sub>).

Pro zhodnocení vlivu znečištění ovzduší na vznik mlhy bylo nutné spojit soubory dat o výskytu mlhy a denní průměry znečištění SO<sub>2</sub> a PM<sub>10</sub>. Z nově vzniklého souboru dat byly filtrovány intervaly znečištění SO<sub>2</sub> (resp. PM<sub>10</sub>). Velikost intervalů byla volena podle rozpětí hodnot koncentrací. Pro každý interval byl spočítán počet dní s hodnotou v daném intervalu a současně počet dní, kdy se při této koncentraci vyskytla mlha. Data pro monitorovací stanici Tušimice byla zpracována zvlášť pro období let 1975 až 2001 a období let 2002 až 2007, z důvodu hodnocení výskytu mlhy, kouřma a zákalu jednotlivě v druhém období. Z takto získaných hodnot bylo vypočítáno procento dní výskytu mlhy v rámci určitého intervalu. Vypočítaná procenta byla vynesena do sloupcového grafu závislosti procenta dní výskytu mlhy na intervalu koncentrace polutantu v ovzduší. Tato křivka byla proložena přímkou lineární regrese, která naznačovala trend závislosti výskytu mlhy na koncentraci polutantu v ovzduší. Každé zpracování bylo provedené zvlášť pro SO<sub>2</sub> a PM<sub>10</sub> v obou obdobích. V druhém období (2002 – 2007) byla uvedena takto zpracována data pro každý typ jevu zvlášť – mlha, kouřmo, zákal.

Obdobně bylo provedeno zpracování dat, která zahrnovala pouze teplejší část roku (duben až září) nebo naopak pouze chladnější část roku (říjen – březen).

Toto vše bylo provedeno pro obě složky znečištění (SO<sub>2</sub> i PM<sub>10</sub>) pro stanice Tušimice (kód UTUSA) i Měděnec (UMEDA). Pro stanici Měděnec však nebylo rozlišováno druhé období, kde výskyt kouřma byl zanedbatelný a zákal se nevyskytl vůbec.

Roční průměry SO<sub>2</sub> a PM<sub>10</sub> byly spočítány též pro stanice ze zkoumané oblasti, pro které byla dostupná data, a z výsledných hodnot byl vytvořen spojnicový graf závislosti koncentrace polutantu v ovzduší na čase. Takto bylo zpracováno pouze období let 1996 až 2007. Jedná se zejména o stanice Chomutov (UCHMA), Most (UMOMA) Rudolice v Horách (URVHA).

Mapy uvedené v literární rešerši byly zpracovány v programu ArcExplorer 4.0.1.

## 5. Výsledky

### 5.1. Monitorovací stanice Tušimice

#### 5.1.1. Tušimice – zhodnocení ročních průměrů znečištění ovzduší SO<sub>2</sub>

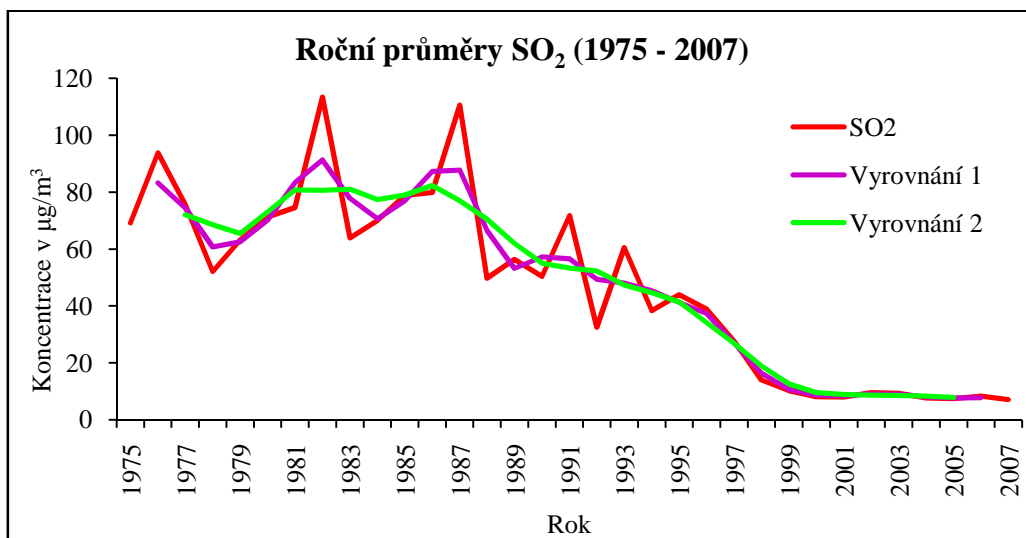
Vypočtené roční průměry koncentrací SO<sub>2</sub> v období let 1975 až 2007 z monitorovací stanice Tušimice jsou uvedeny v tabulce 6. Tato tabulka dále uvádí vypočtené hodnoty klouzavých průměrů, které byly použity pro vyrovnaní časové řady a zhodnocení trendu znečištění ovzduší. Pro porovnání míry vyrovnaní časové řady byl klouzavý průměr počítán pro různý počet období (p = 2, p = 4).

**Tabulka 6** Roční průměry koncentrací SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) s hodnotami vyrovnaní časové řady (1975 až 2007; Tušimice)

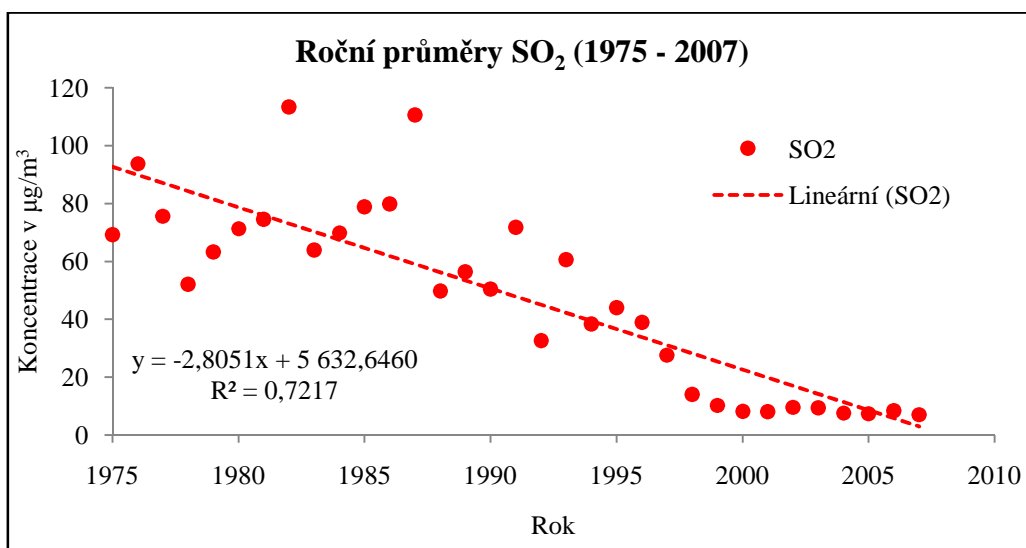
Rok	SO <sub>2</sub>	Vyrovnaní 1	Vyrovnaní 2	Rok	SO <sub>2</sub>	Vyrovnaní 1	Vyrovnaní 2
		(p=2)	(p=4)			(p=2)	(p=4)
(µg/m <sup>3</sup> )				(µg/m <sup>3</sup> )			
1975	69,23			1992	32,55	49,35	52,31
1976	93,84	83,15		1993	60,56	47,99	47,32
1977	75,69	74,33	71,96	1994	38,30	45,29	44,64
1978	52,09	60,77	68,40	1995	43,98	41,28	41,32
1979	63,23	62,48	65,45	1996	38,87	37,34	34,16
1980	71,37	70,13	72,97	1997	27,66	27,04	26,90
1981	74,54	83,46	80,71	1998	13,96	16,46	18,85
1982	113,39	91,30	80,61	1999	10,27	10,66	12,55
1983	63,87	77,76	80,97	2000	8,14	8,64	9,55
1984	69,93	70,64	77,31	2001	7,99	8,43	8,89
1985	78,84	76,86	78,95	2002	9,60	9,14	8,71
1986	79,82	87,27	82,27	2003	9,37	8,99	8,57
1987	110,58	87,68	76,94	2004	7,62	8,00	8,33
1988	49,75	66,61	70,45	2005	7,39	7,68	7,89
1989	56,36	53,22	61,92	2006	8,31	7,77	
1990	50,42	57,24	54,92	2007	7,08		
1991	71,75	56,62	53,30				

Grafické znázornění ročních průměrů koncentrací SO<sub>2</sub> z monitorovací stanice Tušimice s náhledem možností vyhlazení časových řad je vidět v grafu 1 a v grafu 2. Meziroční srovnání hodnot koncentrací SO<sub>2</sub> zřetelně poukazuje na klesající trend obsahu tohoto polutantu v ovzduší. Na grafu lze zaznamenat, že během tohoto období došlo ke dvěma významným poklesům ve znečištění SO<sub>2</sub>. První pokles nastal koncem osmdesátých let a druhý pokles lze vidět na počátku druhé poloviny 90. let 20. století.

**Graf 1** Roční průměry koncentrací SO<sub>2</sub> a vyrovnání časové řady pomocí klouzavých průměrů (1975 až 2007; Tušimice)



**Graf 2** Průměrné roční koncentrace SO<sub>2</sub> proložené spojnici lineární regrese s regresní rovnicí a koeficientem spolehlivosti (1975 až 2007; Tušimice)



### 5.1.2. Tušimice – zhodnocení měsíčních průměrů znečištění ovzduší SO<sub>2</sub>

Hodnoty průměrných měsíčních koncentrací SO<sub>2</sub> za období let 1975 až 2007 z monitorovací stanice Tušimice shrnuje tabulka 7

**Tabulka 7** Průměrné měsíční koncentrace SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) z monitorovací stanice Tušimice (1975 až 2007)

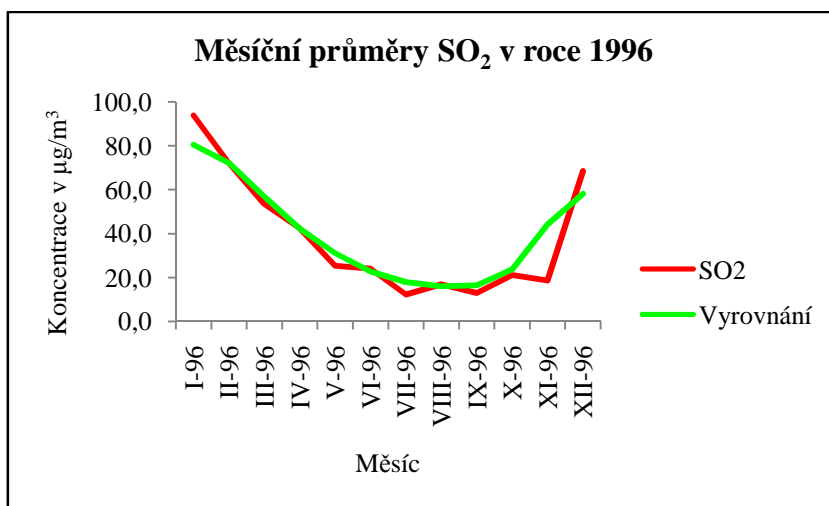
Rok	Měsíc											
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
1975	56,1	145,8	128,6	92,5	64,0	36,0	47,9	20,2	43,0	76,6	74,0	70,8
1976	185,6	230,7	105,7	88,1	73,4	75,3	93,3	68,2	66,3	53,2	85,5	64,4
1977	143,7	119,3	81,2	49,5	68,7	28,3	33,4	41,0	42,1	117,7	44,3	143,4
1978	48,7	86,3	32,9	39,9	18,8	17,5	16,7	29,0	22,5	29,0	158,6	54,9
1979	143,7	134,0	42,4	33,9	41,7	35,7	34,3	39,7	47,5	76,5	61,5	69,9
1980	170,0	92,3	80,9	45,3	73,8	21,8	29,4	41,7	76,7	63,3	109,7	76,8
1981	112,7	157,8	61,7	67,0	51,9	39,0	40,0	47,7	72,3	47,7	63,3	154,3
1982	442,6	170,0	101,7	82,8	53,0	34,6	79,4	46,4	47,0	59,3	108,0	87,4
1983	40,3	122,9	55,2	38,7	43,1	37,6	62,6	50,7	27,2	40,7	139,0	109,4
1984	71,7	107,6	125,8	101,0	35,8	44,3	37,1	50,6	22,5	44,6	72,7	124,2
1985	253,2	180,5	79,0	31,0	31,0	25,3	43,5	29,1	44,4	50,6	102,7	88,4
1986	89,0	267,5	91,0	82,7	28,4	49,7	45,5	22,8	51,0	60,3	86,0	106,7
1987	369,0	251,4	174,8	108,7	83,9	37,0	28,8	32,6	29,7	43,2	95,7	85,8
1988	68,1	48,3	55,5	59,3	28,8	36,0	14,3	35,5	50,5	68,7	80,7	54,8
1989	78,4	69,3	44,0	55,4	37,4	35,7	83,0	19,8	42,3	40,8	90,3	77,7
1990	61,7	63,6	64,2	50,7	39,8	26,6	42,6	31,7	21,3	60,3	51,8	85,7
1991	112,9	148,9	115,2	77,7	63,5	25,7	34,2	38,1	53,5	40,3	69,7	84,5
1992	82,3	63,1	34,3	33,2	22,5	18,2	11,4	14,0	24,7	25,6	11,1	48,4
1993	59,5	190,5	78,0	40,9	38,6	41,6	27,6	52,1	26,4	54,9	99,4	21,8
1994	30,3	73,5	20,6	44,7	30,8	40,6	44,6	32,0	27,9	37,8	48,2	29,4
1995	51,8	28,4	30,5	31,5	39,1	35,8	37,7	40,1	22,6	42,0	65,0	96,8
1996	93,9	72,0	53,5	42,3	25,4	24,0	12,2	16,9	12,9	21,0	18,6	68,5
1997	125,2	20,1	17,1	21,6	14,0	17,3	18,5	18,0	17,6	13,8	30,9	16,3
1998	27,8	16,0	14,0	8,3	13,6	9,6	8,8	7,4	14,4	10,9	18,4	18,3
1999	20,6	9,9	11,9	8,9	7,3	8,8	6,6	7,5	7,7	7,7	14,5	11,7
2000	14,5	8,7	9,3	8,8	9,3	5,9	4,0	7,0	6,1	7,0	6,9	10,5
2001	12,8	8,7	10,0	6,4	6,3	6,9	5,6	6,0	5,5	6,8	7,8	12,7
2002	21,3	7,6	12,2	8,4	7,5	5,1	5,6	6,4	6,4	6,2	6,4	21,2
2003	11,7	23,6	12,0	7,2	5,8	5,5	5,9	8,6	5,8	6,1	11,1	10,2
2004	14,9	8,7	8,2	5,7	4,7	5,3	4,4	4,1	5,6	7,4	7,9	14,2
2005	5,8	11,9	12,2	9,5	4,8	6,1	5,2	6,6	5,7	8,0	7,5	5,9
2006	22,1	12,9	7,8	4,7	3,9	7,2	8,3	5,1	6,1	9,6	6,6	6,0
2007	5,3	6,7	8,2	9,0	6,7	7,7	5,0	6,7	4,6	6,9	5,9	12,2



Ze získaných hodnot byly vytvořeny grafy pro jednotlivé roky. Pomocí klouzavých průměrů byl naznačen trend ročního kolísání obsahu SO<sub>2</sub> v ovzduší. Podle tohoto trendu byly jednotlivé roky rozděleny do několika skupin:

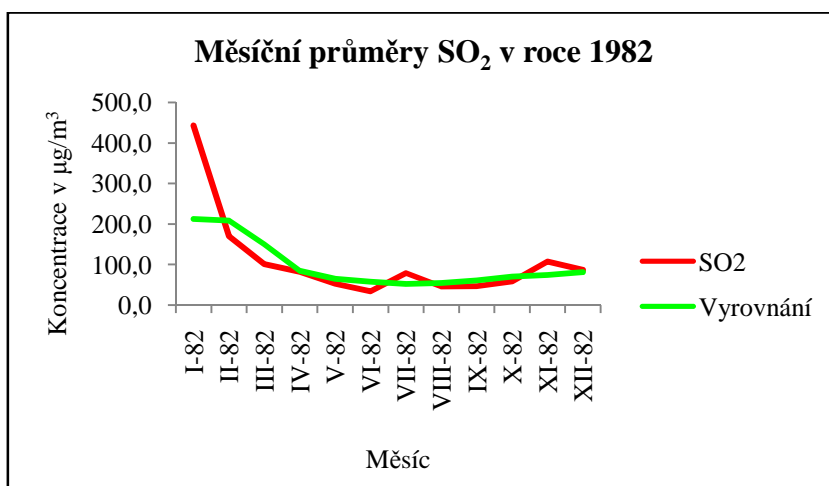
1. skupina - nejčastější výskyt, vyšší hodnoty koncentrací SO<sub>2</sub> se vyskytly na začátku a na konci roku. Pro tuto skupinu jsou typické roky 1977, 1979, 1980, 1990, 1992, 1996 (graf 3), 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2004.

**Graf 3** Průběh průměrné měsíční koncentrace SO<sub>2</sub> v roce 1996 (Tušimice)



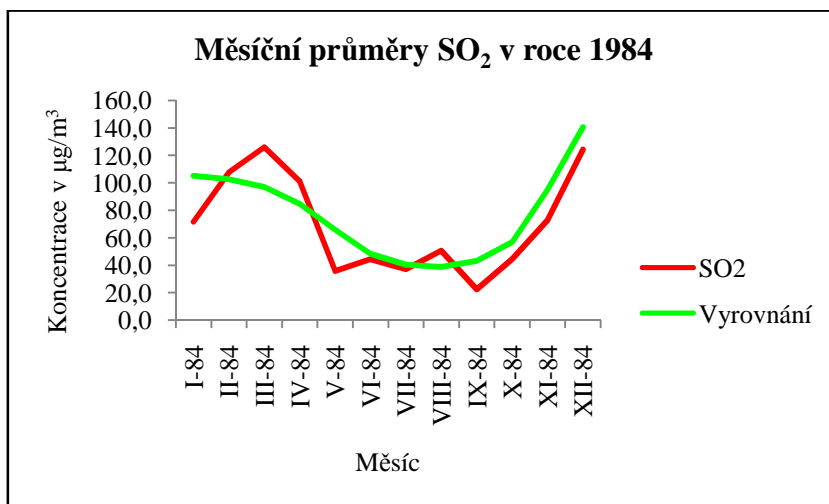
2. skupina zahrnuje trendy, kdy vyšší hodnoty jsou pouze na začátku roku a pak klesají a již významně nestoupají. Do této skupiny lze zahrnout roky 1976, 1982 (graf 4), 1985, 1987, 1997, 2006.

**Graf 4** Průběh průměrné měsíční koncentrace SO<sub>2</sub> v roce 1982 (Tušimice)



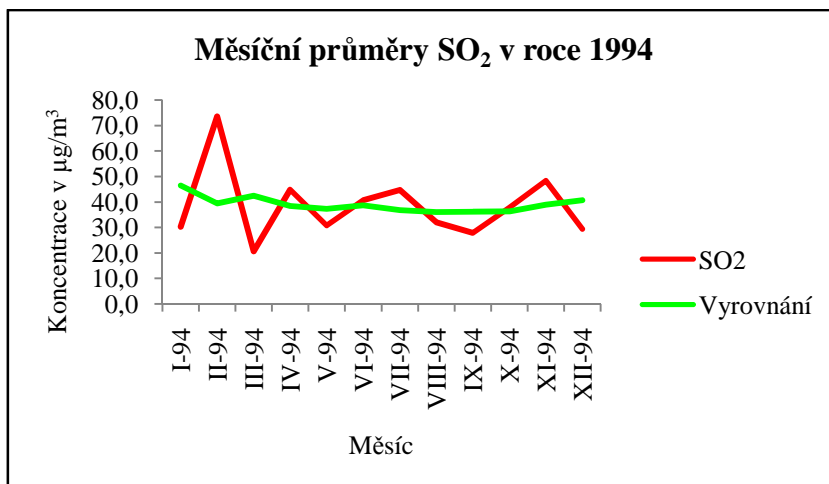
3. skupina – do této skupiny lze zařadit takové roky, kdy vyšší koncentrace se v průběhu roku vyskytla až v druhé polovině zimního období, případně na začátku jarního období. Poté koncentrace klesají a zvyšují se až ke konci roku, Výraznější zvýšení nastalo v letech 1978, 1981, 1983 a 1984 (graf 5). V letech 1975, 1986, 1991, 2003 a 2005 došlo také ke zvýšení, ale ne již tak výraznému.

**Graf 5** Průběh průměrné měsíční koncentrace SO<sub>2</sub> v roce 1984 (Tušimice)



4. skupina – zahrnuje ostatní trendy, které se nepodařilo zařadit do skupin předchozích. Jedná se o roky 1989, 1999, 1993, 1994 (graf 6), 1995 a 2007

**Graf 6** Průběh průměrné měsíční koncentrace SO<sub>2</sub> v roce 1994 (Tušimice)



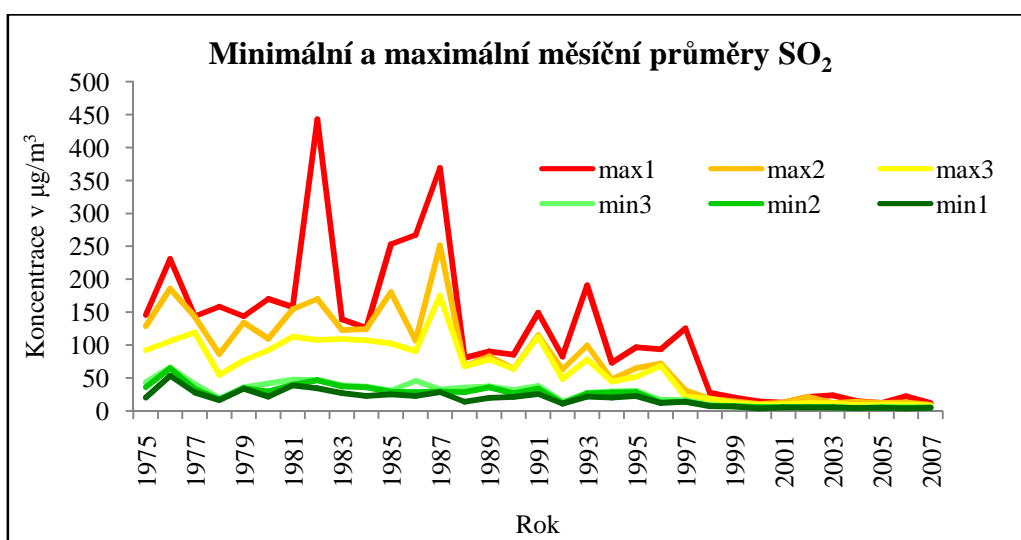
Maximální a minimální hodnoty koncentrací SO<sub>2</sub> pro daný rok jsou uvedeny v tabulce 8. Grafické znázornění průběhu těchto koncentrací představuje graf 7. U maximálních hodnot je možné sledovat roky s extrémními hodnotami.

**Tabulka 8** Maximální a minimální hodnoty koncentrací SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) v jednotlivých letech (1975 až 2007; Tušimice)

Rok	max1	max2	max3	min3	min2	min1
	v µg/m <sup>3</sup>					
1975	146	129	93	43	36	20
1976	231	186	106	66	64	53
1977	144	143	119	41	33	28
1978	159	86	55	19	17	17
1979	144	134	77	36	34	34
1980	170	110	92	42	29	22
1981	158	154	113	48	40	39
1982	443	170	108	47	46	35
1983	139	123	109	39	38	27
1984	126	124	108	37	36	23
1985	253	180	103	31	29	25
1986	268	107	91	45	28	23
1987	369	251	175	33	30	29
1988	81	69	68	35	29	14
1989	90	83	78	37	36	20
1990	86	64	64	32	27	21
1991	149	115	113	38	34	26

Rok	max1	max2	max3	min3	min2	min1
	v µg/m <sup>3</sup>					
1992	82	63	48	14	11	11
1993	190	99	78	28	26	22
1994	73	48	45	29	28	21
1995	97	65	52	31	28	23
1996	94	72	68	17	13	12
1997	125	31	22	16	14	14
1998	28	18	18	9	8	7
1999	21	15	12	7	7	7
2000	14	11	9	6	6	4
2001	13	13	10	6	6	6
2002	21	21	12	6	6	5
2003	24	12	12	6	6	5
2004	15	14	9	5	4	4
2005	12	12	9	6	5	5
2006	22	13	10	5	5	4
2007	12	9	8	5	5	5

**Graf 7** Maximální a minimální hodnoty koncentrací SO<sub>2</sub> v jednotlivých letech (1975 až 2007; Tušimice)



### 5.1.3. Tušimice – zhodnocení ročních průměrů znečištění ovzduší suspendovaným aerosolem

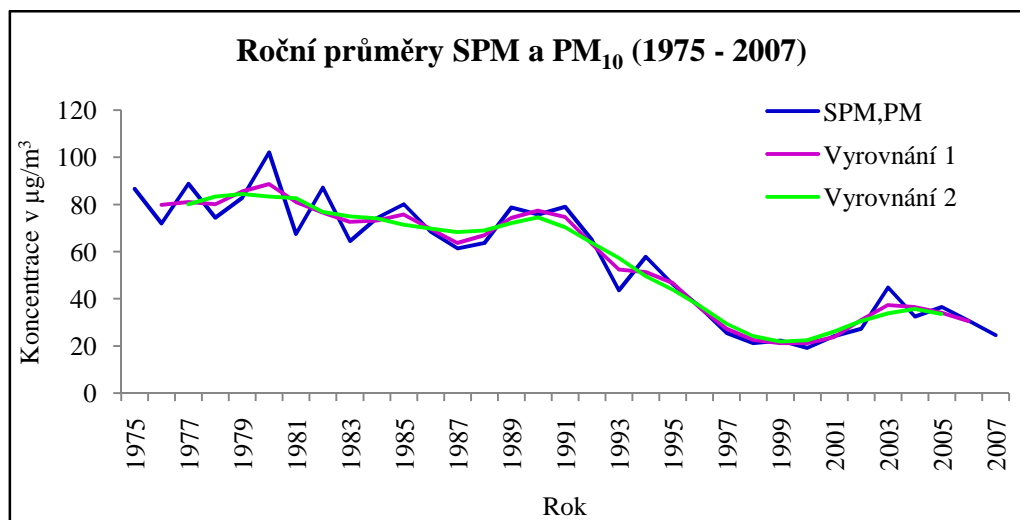
Tabulka 9 uvádí vypočtené roční průměry koncentrací suspendovaného aerosolu v období let 1975 až 2007 z monitorovací stanice Tušimice. Tato tabulka dále uvádí vypočtené hodnoty klouzavých průměrů, které byly použity pro vyrovnání časové řady a zhodnocení trendu znečištění ovzduší. Pro porovnání míry vyrovnání časové řady byl klouzavý průměr počítán pro různý počet období ( $p = 2$ ,  $p = 4$ ).

**Tabulka 9** Roční průměry koncentrací suspendovaného aerosolu s hodnotami vyrovnání časové řady (1975 až 2007; Tušimice)

Rok	SPM, PM <sub>10</sub>	Vyrovnání 1	Vyrovnání 2	Rok	SPM, PM <sub>10</sub>	Vyrovnání	Vyrovnání 2
		(p=2)	(p=4)			1 (p=2)	(p=4)
$\mu\text{g}/\text{m}^3$				$\mu\text{g}/\text{m}^3$			
1975	86,60			1992	64,90	63,39	63,87
1976	71,98	79,86		1993	44,70	53,04	57,52
1977	88,87	81,04	80,00	1994	57,85	51,65	49,90
1978	74,43	80,14	83,30	1995	46,22	46,76	43,98
1979	82,83	85,55	84,39	1996	36,73	36,31	37,01
1980	102,11	88,64	83,31	1997	25,54	27,27	29,44
1981	67,51	81,07	82,60	1998	21,24	22,57	24,25
1982	87,13	76,56	76,81	1999	22,25	21,23	21,89
1983	64,45	72,56	74,90	2000	19,17	21,21	22,49
1984	74,23	73,24	74,14	2001	24,23	23,75	26,08
1985	80,06	75,71	71,43	2002	27,35	30,95	30,57
1986	68,50	69,62	69,73	2003	44,87	37,40	33,60
1987	61,40	63,74	68,24	2004	32,50	36,25	35,16
1988	63,66	66,87	68,99	2005	35,11	32,92	32,64
1989	78,77	74,25	72,11	2006	28,96	29,04	
1990	75,80	77,36	74,48	2007	23,12		
1991	79,06	74,70	70,37				

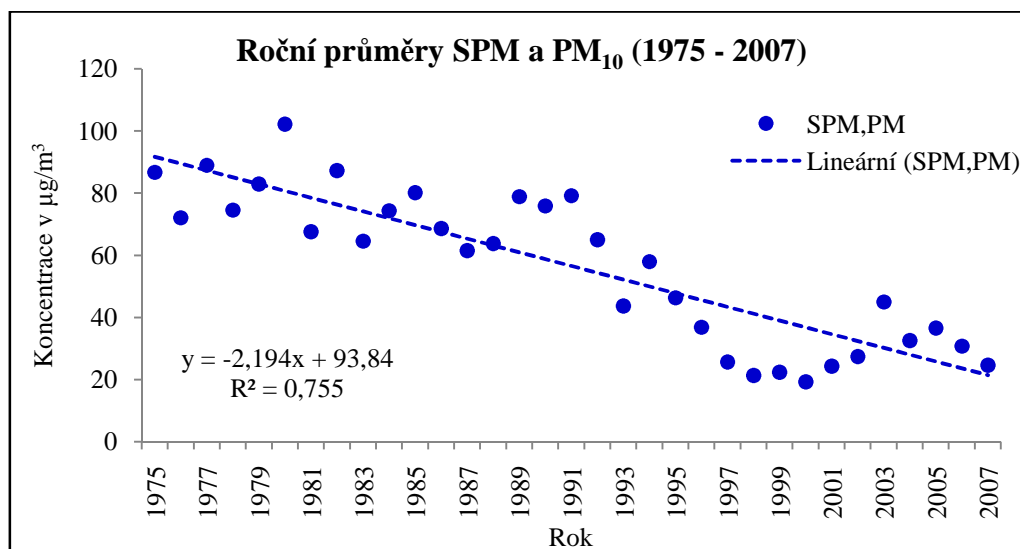
Meziroční srovnání hodnot koncentrací suspendovaného aerosolu z monitorovací stanice Tušimice poukazuje také na klesající tendenci, stejně jako u SO<sub>2</sub>. Největší pokles je vidět v 90. letech 20. století (graf 8).

**Graf 8** Roční průměry koncentrací suspendovaného aerosolu a vyrovnání časové řady pomocí klouzavých průměrů (1975 až 2007; Tušimice)



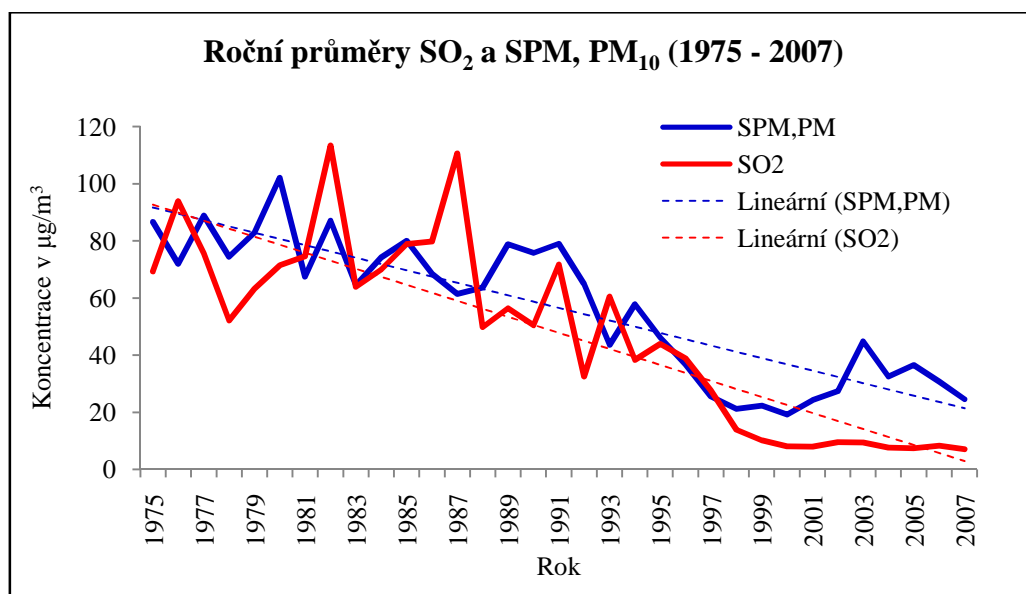
Pomocí lineární regrese byly hodnoty koncentrací suspendovaného aerosolu proloženy přímkou. Tato přímka udává celkový trend za sledované období (graf 9)

**Graf 9** Průměrné roční koncentrace suspendovaného aerosolu proložené spojnici lineární regrese s regresní rovnicí a koeficientem spolehlivosti (1975 až 2007; Tušimice)



Porovnáním trendů koncentrací  $\text{SO}_2$  a suspendovaného aerosolu (graf 10) je zřejmé, že problém znečištění ovzduší  $\text{SO}_2$  v současné době není již tak závažný jako v předcházejících letech. SPM nedosáhlo takového poklesu jako  $\text{SO}_2$  a v posledních 10 letech je možno pozorovat i zvyšující se tendenci (nedosahuje již však extrémních hodnot).

**Graf 10** Srovnání ročních průměrů koncentrací  $\text{SO}_2$  a suspendovaného aerosolu z monitorovací stanice Tušimice během let 1975 až 2007



#### 5.1.4. Tušimice – zhodnocení měsíčních průměrů znečištění ovzduší suspendovaným aerosolem

Hodnoty průměrných měsíčních koncentrací suspendovaného aerosolu shrnuje tabulka 10.

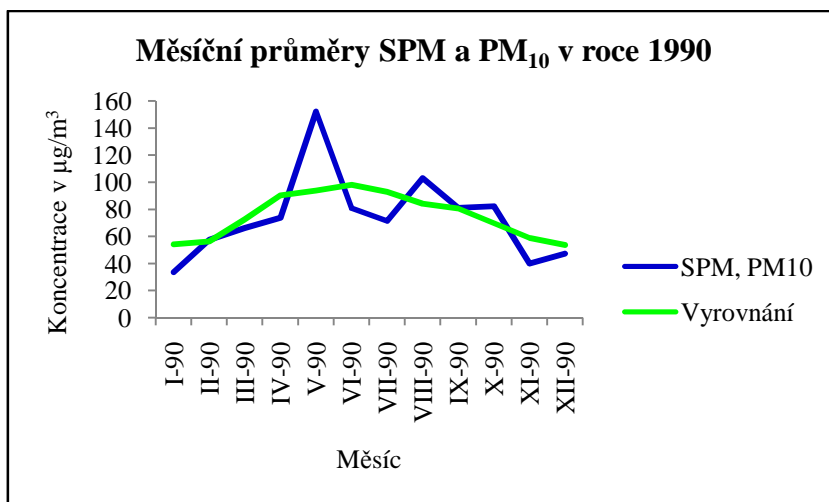
**Tabulka 10** Průměrné měsíční koncentrace suspendovaného aerosolu v  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (1975 až 2007; Tušimice)

Rok	Měsíc											
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
1975	73,3	148,8	97,6	57,4	112,9	109,0	101,3	71,0	37,7	57,5	64,8	74,8
1976	93,8	101,4	81,9	81,1	97,0	61,0	54,9	37,4	37,3	66,0	32,0	124,1
1977	53,3	152,4	139,7	108,2	3,0	95,0	3,0	252,1	55,4	64,5	54,7	108,0
1978	86,8	91,8	91,2	130,0	97,2	85,7	69,4	34,8	32,8	62,3	75,9	44,3
1979	92,0	98,5	92,9	63,0	87,1	84,7	63,5	108,3	66,0	88,7	30,2	123,4
1980	265,9	153,6	99,5	78,3	128,7	75,5	66,7	65,0	66,7	80,3	100,3	86,1
1981	85,2	104,6	74,2	78,3	122,3	62,2	52,1	58,1	50,8	31,7	36,6	50,0
1982	123,4	101,5	70,6	102,7	88,1	78,2	72,7	97,7	109,7	61,4	81,7	59,4
1983	36,7	80,7	66,8	58,7	66,1	43,8	101,7	69,3	66,9	54,2	75,4	55,6
1984	63,1	83,1	82,3	87,9	67,1	63,4	68,7	105,7	50,4	55,7	90,3	71,5
1985	119,0	101,1	93,5	64,0	96,5	59,0	85,5	96,3	46,2	48,3	75,7	68,1
1986	65,0	112,1	105,8	99,7	66,2	49,7	78,3	53,3	37,9	37,1	59,3	49,1
1987	98,5	85,4	63,9	71,3	48,7	54,3	75,8	52,3	41,0	37,1	40,0	55,4
1988	87,3	27,8	38,4	32,6	45,5	80,0	88,3	93,5	82,3	52,8	58,3	71,6
1989	46,8	44,6	52,3	60,3	157,1	82,7	72,6	92,6	151,0	60,0	62,3	61,0
1990	33,5	57,4	66,1	73,7	152,1	80,7	71,3	103,0	81,0	82,1	40,0	47,3
1991	50,3	70,4	107,6	77,3	55,8	86,3	87,5	84,1	75,6	79,7	93,0	84,8
1992	67,8	103,2		38,4	70	70	67,9	71,1	45,2	56,9	49,0	37,7
1993	42,8	57,07	41,39	37,49	57,13	48,9	16,5	25,9	21,4	42,4	83,5	49,6
1994	55,7	100,9	45,9	57,3	47,6	58,3	75,8	49,0	44,9	55,4	65,7	38,1
1995	26,2	15,8	42,1	52,4	63,5	38,9	68,2	65,8	42,1	63,6	42,1	38,1
1996	62,8	69,9	59,4	49,6	23,0	24,4	16,5	22,8	18,4	27,8	20,8	41,1
1997	46,6	25,0	39,6	23,9	20,5	19,9	17,8	27,8	18,3	17,7	35,2	16,0
1998	18,9	27,8	18,6	18,4	38,6	16,4	13,7	16,0	15,5	14,8	29,1	27,4
1999	19,3	18,3	36,9	26,9	26,8	21,6	23,8	21,3	20,6	15,0	21,0	15,0
2000	20,6	14,2	17,5	28,0	24,5	17,7	12,7	19,0	20,4	16,2	17,3	22,7
2001	23,9	23,5	26,1	20,1	28,2	14,8	19,6	29,3	16,4	29,4	25,7	32,3
2002	33,5	28,0	39,7	38,5	23,1	18,6	19,5	26,1	21,6	19,8	22,1	36,7
2003	31,8	73,7	70,4	49,4	31,3	39,1	32,2	41,9	35,7	38,8	47,0	48,9
2004	60,3	28,6	37,8	34,6	20,2	24,3	30,5	29,2	27,3	32,4	23,7	39,5
2005	27,9	48,0	51,6	43,8	27,5	32,0	31,8	28,8	34,6	50,3	33,6	28,3
2006	70,3	40,8	25,5	21,0	23,4	24,6	33,3	14,7	31,6	37,8	23,3	21,8
2007	11,6	28,2	33,5	30,5	23,7	22,3	15,9	21,3	18,7	32,4	23,5	33,3

Roční průběhy měsíčních koncentrací SPM a PM<sub>10</sub> jsou také rozděleny do několika skupin. Oproti SO<sub>2</sub> jsou průběhy SPM a PM<sub>10</sub> velmi variabilní, jsou proto rozděleny do více skupin. V rámci skupiny se mohou také vyskytovat jisté odchylky koncentrací a průběhů u jednotlivých roků.

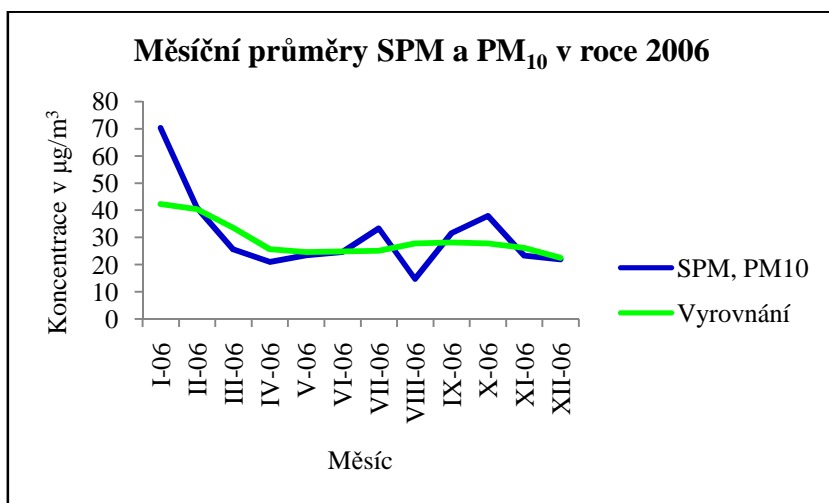
1. skupina zahrnuje trend, kdy na začátku a na konci roku jsou nižší hodnoty koncentrací než ve střední části roku. Hodnoty mohou v průběhu roku kolísat, ale jsou vždy vyšší přes letní období. Tomuto trendu odpovídají roky 1989, 1990 (graf 11) a 1995.

**Graf 11** Měsíční průměry suspendovaného aerosolu pro rok 1990 (Tušimice)



2. skupina zahrnuje roky 1980 a 2006 (graf 12), kdy na začátku roku jsou vyšší hodnoty, které rychle klesají a nadále již kolísají kolem určité hodnoty.

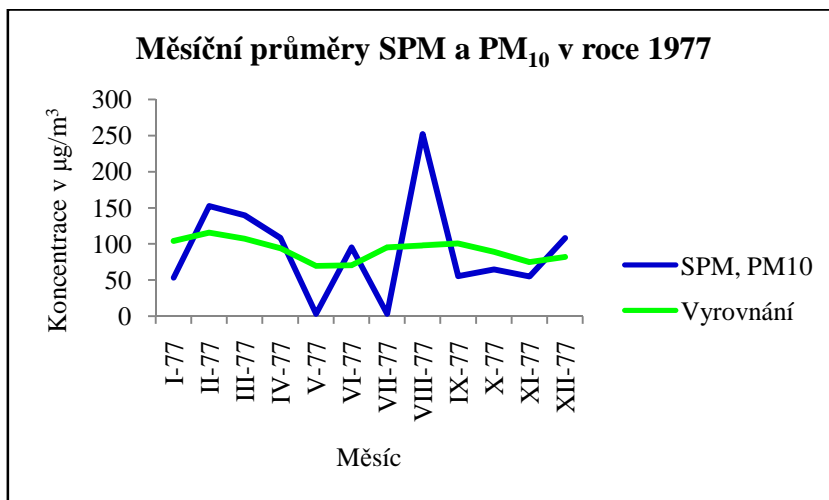
**Graf 12** Měsíční průměry suspendovaného aerosolu pro rok 2006 (Tušimice)





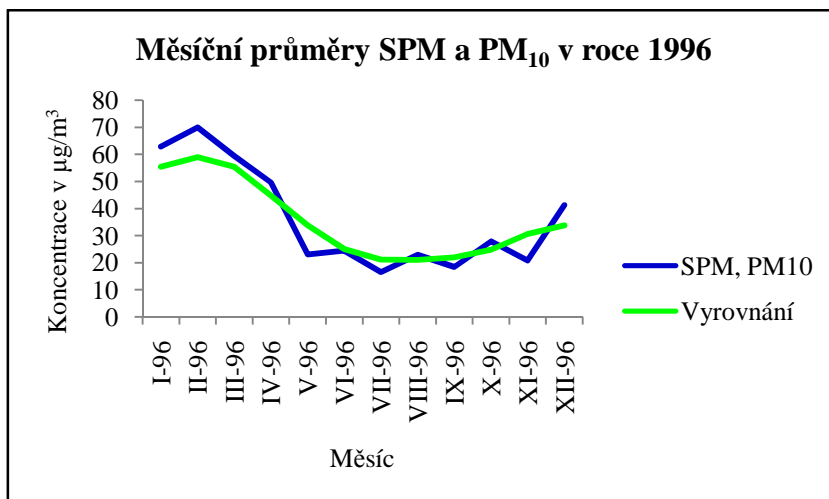
3. skupina – vypočtený klouzavý průměr se v průběhu roku pohybuje kolem určité hodnoty, měsíční průměry jsou však někdy značně rozkolísané. Tato skupina je nejpočetnější a zahrnuje roky 1975, 1976, 1977 (graf 13), 1979, 1982, 1983, 1984, 1985, 1987, 1991, 1992, 1993, 1994, 1997, 1998, 1999, 2001 a 2004.

**Graf 13** Měsíční průměry suspendovaného aerosolu pro rok 1977 (Tušimice)



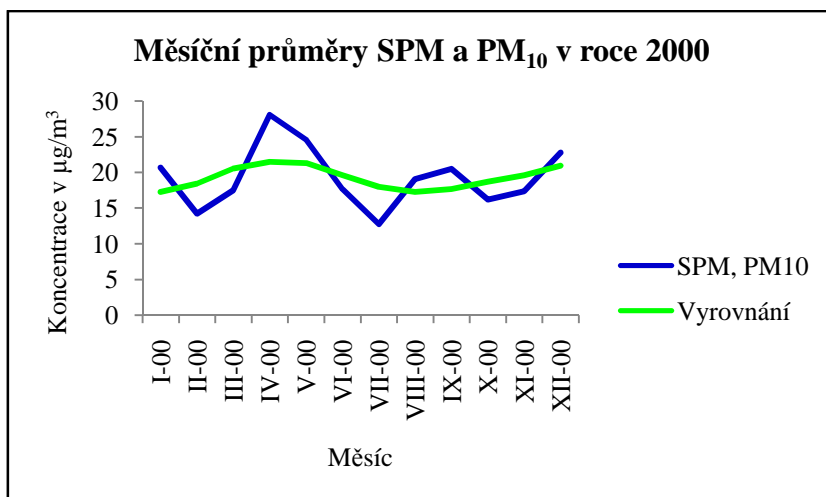
4. skupina – vyšší hodnoty koncentrací se vyskytly v druhé části zimního období, v jarním období koncentrace SPM (PM<sub>10</sub>) klesá, avšak ke konci roku může opět stoupat. Do této skupiny patří roky 1986, 1996 (graf 14), 2003, 2005 a 2007.

**Graf 14** Měsíční průměry suspendovaného aerosolu pro rok 1996 (Tušimice)



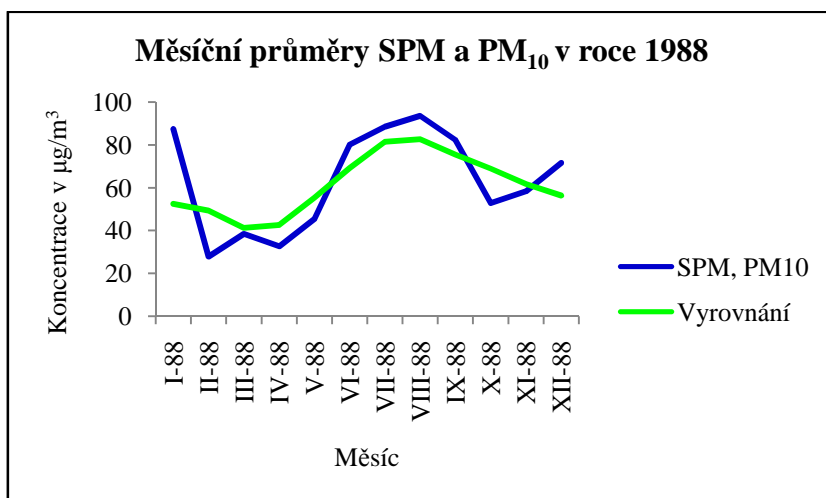
5. skupina – hodnoty jsou vyšší až v jarním období. Tomuto trendu odpovídají roky 1978, 1981, 2000 (graf 15) a 2002.

**Graf 15** Měsíční průměry suspendovaného aerosolu pro rok 2000 (Tušimice)



6. skupina – vyšší hodnoty koncentrací se vyskytují na začátku roku a pak až v letním období. Tato skupina zahrnuje jediný rok 1988 (graf 16).

**Graf 16** Měsíční průměry suspendovaného aerosolu pro rok 1988 (Tušimice)



Maximální a minimální hodnoty koncentrací suspendovaného aerosolu pro daný rok jsou uvedeny v tabulce 11. Grafické znázornění průběhu těchto koncentrací představuje graf 17. Maximální hodnoty poukazují na roky s extrémními hodnotami měsíčních průměrů koncentrací suspendovaného aerosolu.

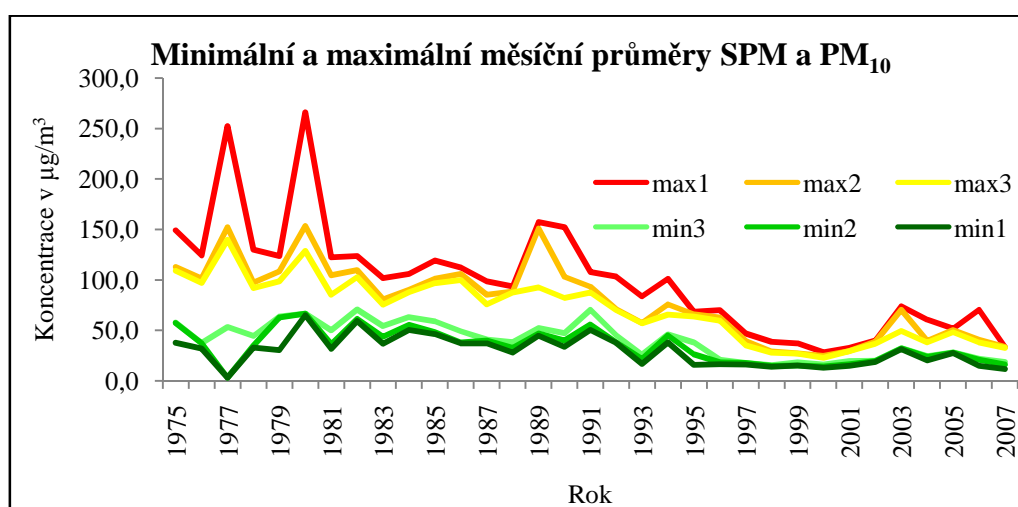
**Tabulka 11** Maximální a minimální hodnoty koncentrací suspendovaného aerosolu v jednotlivých letech (1975 až 2007; Tušimice)

Rok	max1	max2	max3	min3	min2	min1
	v $\mu\text{g}/\text{m}^3$					
1975	149	113	109	58	57	38
1976	124	101	97	37	37	32
1977	252	152	140	53	3	3
1978	130	97	92	44	35	33
1979	123	108	98	64	63	30
1980	266	154	129	67	67	65
1981	122	105	85	50	37	32
1982	123	110	103	71	61	59
1983	102	81	75	54	44	37
1984	106	90	88	63	56	50
1985	119	101	96	59	48	46
1986	112	106	100	49	38	37
1987	98	85	76	41	40	37
1988	93	88	87	38	33	28
1989	157	151	93	52	47	45
1990	152	103	82	47	40	34
1991	108	93	88	70	56	50

Rok	max1	max2	max3	min3	min2	min1
	v $\mu\text{g}/\text{m}^3$					
1992	103	71	70	45	38	38
1993	84	57	57	26	21	17
1994	101	76	66	46	45	38
1995	68	66	64	38	26	16
1996	70	63	59	21	18	16
1997	47	40	35	18	18	16
1998	39	29	28	16	15	14
1999	37	27	27	18	15	15
2000	28	25	23	16	14	13
2001	32	29	29	20	16	15
2002	40	39	37	20	20	19
2003	74	70	49	32	32	31
2004	60	40	38	24	24	20
2005	52	50	48	28	28	28
2006	70	41	38	22	21	15
2007	33	33	32	19	16	12

**Graf 17** Maximální a minimální hodnoty koncentrací suspendovaného aerosolu v jednotlivých letech (1975 až 2007; Tušimice)



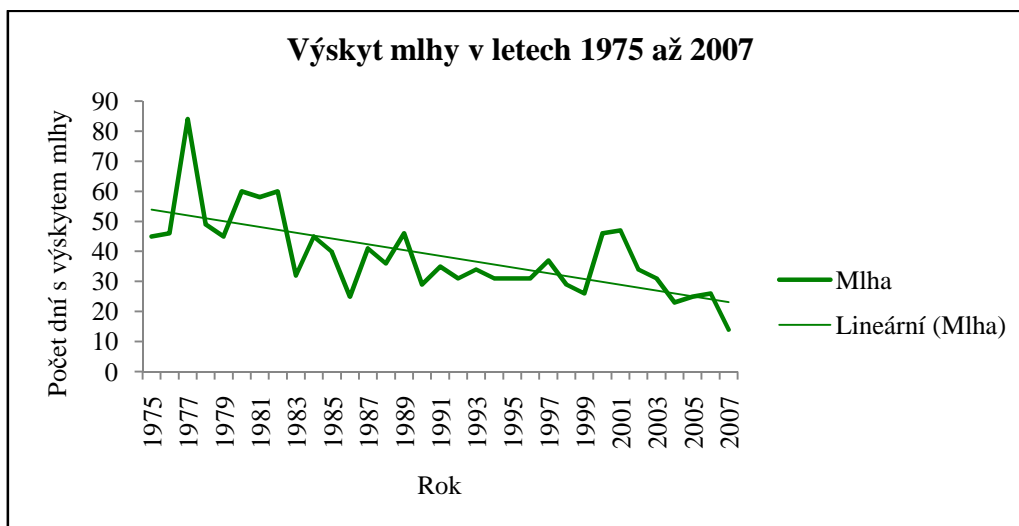
### 5.1.5. Tušimice – výskyt jevů snižujících dohlednost

Pro každý rok byl proveden součet dní s výskytem mlhy. Tyto hodnoty jsou uvedeny v tabulce 12. Grafickým znázorněním (graf 18) byl prokázán dlouhodobý mírně klesající trend. V průměru se mlha v této oblasti vyskytla 39 dní v roce.

**Tabulka 12** Počet dní s výskytem mlhy v jednotlivých letech (1975 až 2007; Tušimice)

Rok	Mlha (výskyt ve dnech)	Rok	Mlha (výskyt ve dnech)	Rok	Mlha (výskyt ve dnech)
1975	45	1986	25	1997	37
1976	46	1987	41	1998	29
1977	84	1988	36	1999	26
1978	49	1989	46	2000	46
1979	45	1990	29	2001	47
1980	60	1991	35	2002	34
1981	58	1992	31	2003	31
1982	60	1993	34	2004	23
1983	32	1994	31	2005	25
1984	45	1995	31	2006	26
1985	40	1996	31	2007	14

**Graf 18** Znázornění průběhu ročního výskytu mlhy z monitorovací stanice Tušimice v letech 1975 až 2007

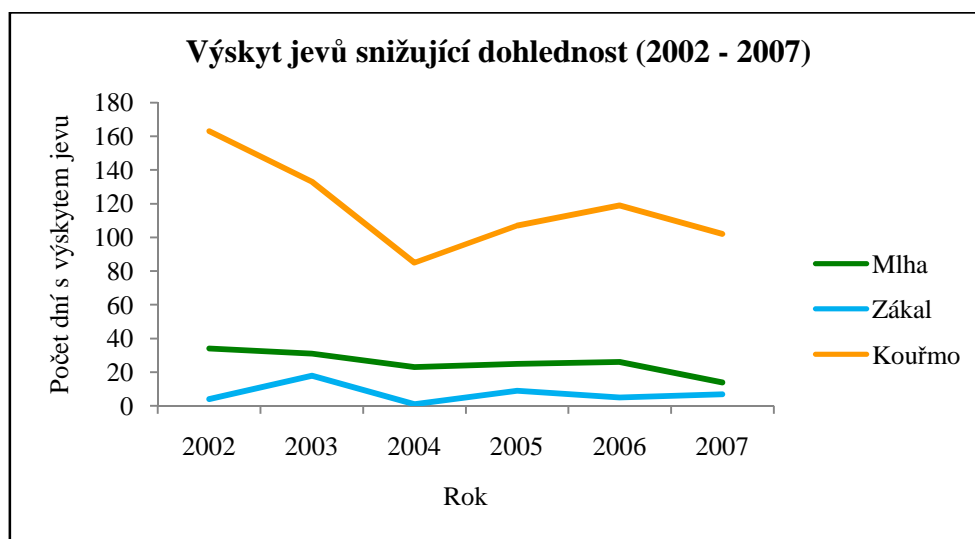


V letech 2002 až 2007 se kromě výskytu mlhy zaznamenával i výskyt kouřma a zákalu. Roční výskyt těchto jevů je uveden v tabulce 13. Porovnání četnosti výskytu jednotlivých jevů v daných letech je uvedeno v grafu 19.

**Tabulka 13** Počet dní s výskytem mlhy, kouřma a zákalu v jednotlivých letech (2002 až 2007) z monitorovací stanice Tušimice

Rok	Výskyt ve dnech		
	Mlha	Zákal	Kouřmo
2002	34	4	163
2003	31	18	133
2004	23	1	85
2005	25	9	107
2006	26	5	119
2007	14	7	102

**Graf 19** Počet dní s výskytem mlhy, kouřma a zákalu z monitorovací stanice Tušimice za období let 2002 až 2007

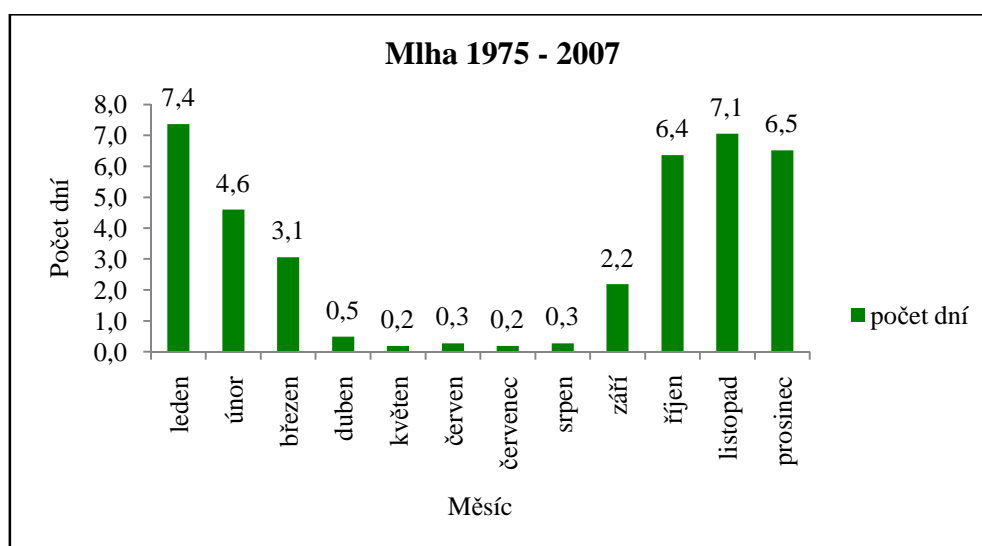


V podzimním a zimním období lze očekávat častější výskyt mlhy (kouřma, zákalu). Porovnání průměrného výskytu mlhy v jednotlivých měsících shrnuje tabulka 14. Tento průměr byl vypočítán za období let 1975 až 2007. Z grafu 20 je prokazatelné, že se mlha ve sledovaném období vyskytovala ve větší míře v chladnější části roku (říjen až březen).

**Tabulka 14** Průměrný počet dní v měsíci s výskytem mlhy (1975 až 2007; Tušimice)

Měsíc	Dny s mlhou	Měsíc	Dny s mlhou
leden	7,4	červenec	0,2
únor	4,6	srpen	0,3
březen	3,1	září	2,2
duben	0,5	říjen	6,4
květen	0,2	listopad	7,1
červen	0,3	prosinec	6,5

**Graf 20** Průměrný počet dní v měsíci s výskytem mlhy (1975 až 2007; Tušimice)

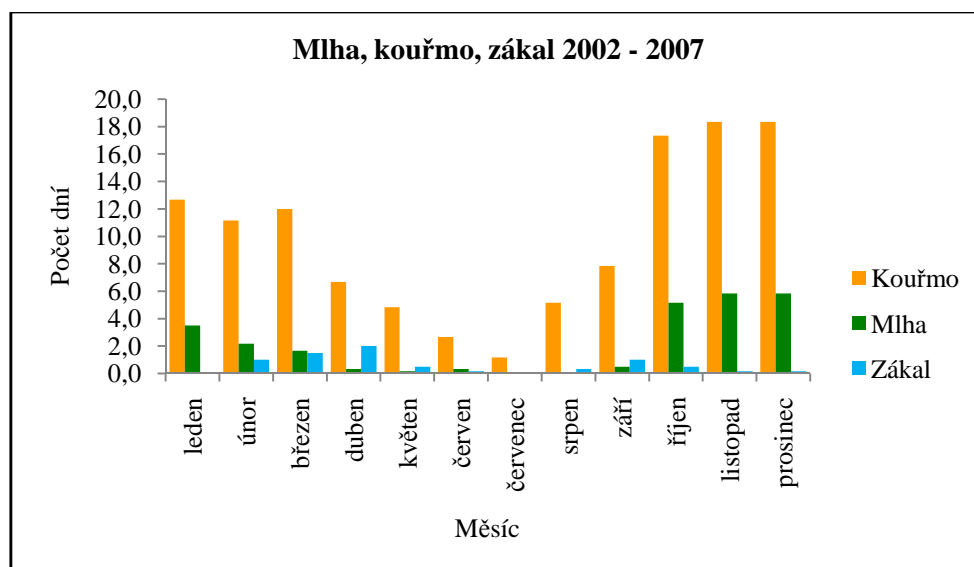


Období let 2002 až 2007 bylo zpracováno zvlášť s rozlišením výskytu mlhy, kouřma a zákalu. Průměrné měsíční hodnoty shrnuje tabulka 15. Grafické hodnocení (graf 21) prokazuje výskyt kouřma a mlhy v chladnější části roku s větší četností. Zákal se však vyskytoval jen s malou četností a to především v jarním období.

**Tabulka 15** Průměrný počet dní v měsíci s výskytem mlhy, kouřma a zákalu v období let 2002 až 2007 (Tušimice)

Měsíc	Průměrný výskyt ve dnech		
	Kouřmo	Mlha	Zákal
leden	12,7	3,5	0,0
únor	11,2	2,2	1,0
březen	12,0	1,7	1,5
duben	6,7	0,3	2,0
květen	4,8	0,2	0,5
červen	2,7	0,3	0,2
červenec	1,2	0,0	0,0
srpen	5,2	0,0	0,3
září	7,8	0,5	1,0
říjen	17,3	5,2	0,5
listopad	18,3	5,8	0,2
prosinec	18,3	5,8	0,2

**Graf 21** Průměrný počet dní v měsíci s výskytem mlhy, kouřma a zákalu v období let 2002 až 2007 (Tušimice)

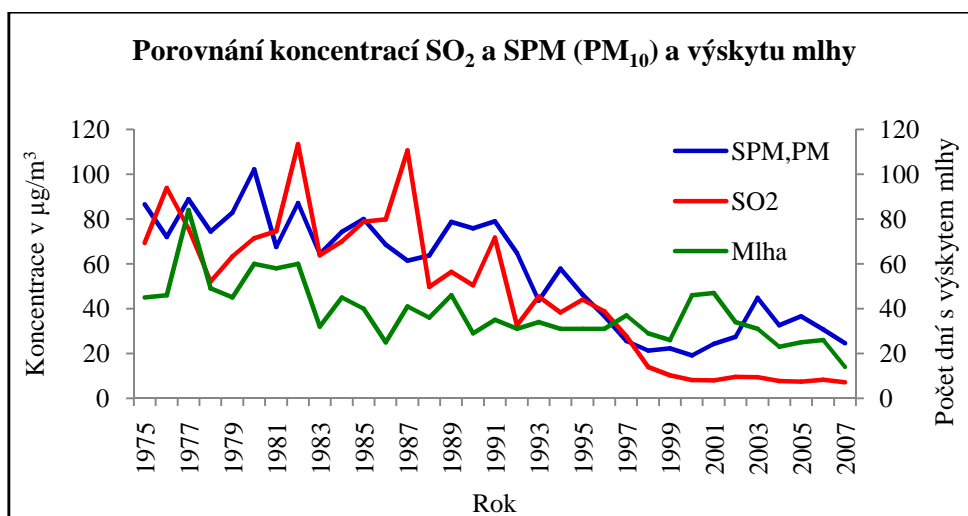


První srovnání stavu znečištění ovzduší s výskytem mlhy je znázorněno v grafu 22. Zahrnuje roční průměrné hodnoty koncentrací SO<sub>2</sub> a SPM (PM<sub>10</sub>) a počet dní s výskytem mlhy v daném roce (tabulka 16).

**Tabulka 16** Průměrné roční koncentrace SO<sub>2</sub> a SPM (PM<sub>10</sub>) a počet dní s výskytem mlhy v daném roce (1975 až 2007; Tušimice)

Rok	SPM,PM <sub>10</sub> (v µg/m <sup>3</sup> )	SO <sub>2</sub> (v µg/m <sup>3</sup> )	Mlha (ve dnech)
1975	87	69	45
1976	72	94	46
1977	89	76	84
1978	74	52	49
1979	83	63	45
1980	102	71	60
1981	68	75	58
1982	87	113	60
1983	64	64	32
1984	74	70	45
1985	80	79	40
1986	69	80	25
1987	61	111	41
1988	64	50	36
1989	79	56	46
1990	76	50	29
1991	79	72	35
1992	65	33	31
1993	44	45	34
1994	58	38	31
1995	46	44	31
1996	37	39	31
1997	26	28	37
1998	21	14	29
1999	22	10	26
2000	19	8	46
2001	24	8	47
2002	27	10	34
2003	45	9	31
2004	33	8	23
2005	37	7	25
2006	31	8	26
2007	25	7	14

**Graf 22** Průměrné roční koncentrace SO<sub>2</sub> a SPM (PM<sub>10</sub>) a počet dní s výskytem mlhy v daném roce (1975 až 2007; Tušimice)





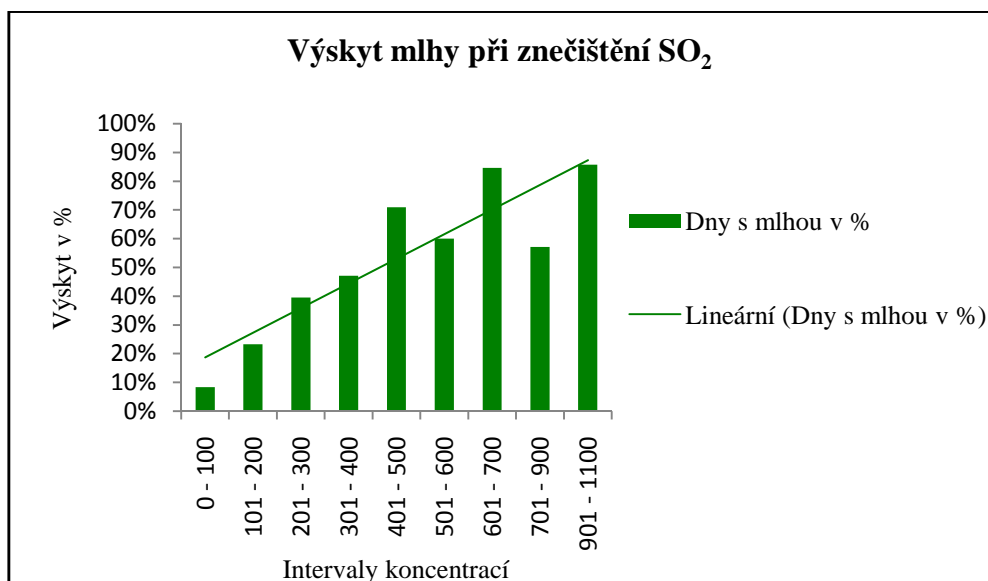
### 5.1.6. Tušimice – souvislost znečištění ovzduší SO<sub>2</sub> s výskytem jevů snižujících dohlednost

Tabulka 17 shrnuje počet dní s určitým intervalem koncentrací a tomu odpovídající počet dní, kdy se při daném znečištění vyskytla mlha. Výsledkem je procentuální výskyt mlhy při daném znečištění. Tyto hodnoty byly vyneseny do grafu 23, kde je prokazatelná souvislost mezi výskytem mlhy a vyššími koncentracemi SO<sub>2</sub>.

**Tabulka 17** Výskyt mlhy v procentech odpovídající intervalům znečištění ovzduší SO<sub>2</sub> v letech 1975 až 2001 (Tušimice)

Intervaly koncentrací	Počet dní		
	SO <sub>2</sub>	Mlha	Mlha v %
0 - 100	8014	668	8%
101 - 200	895	208	23%
201 - 300	215	85	40%
301 - 400	70	33	47%
401 - 500	31	22	71%
501 - 600	10	6	60%
601 - 700	13	11	85%
701 - 900	14	8	57%
901 - 1100	7	6	86%

**Graf 23** Souvislost mezi výskytem mlhy a mírou znečištění SO<sub>2</sub> vyjádřená v procentech výskytu dní s mlhou při dané koncentraci SO<sub>2</sub> v ovzduší (1975 až 2001; Tušimice)

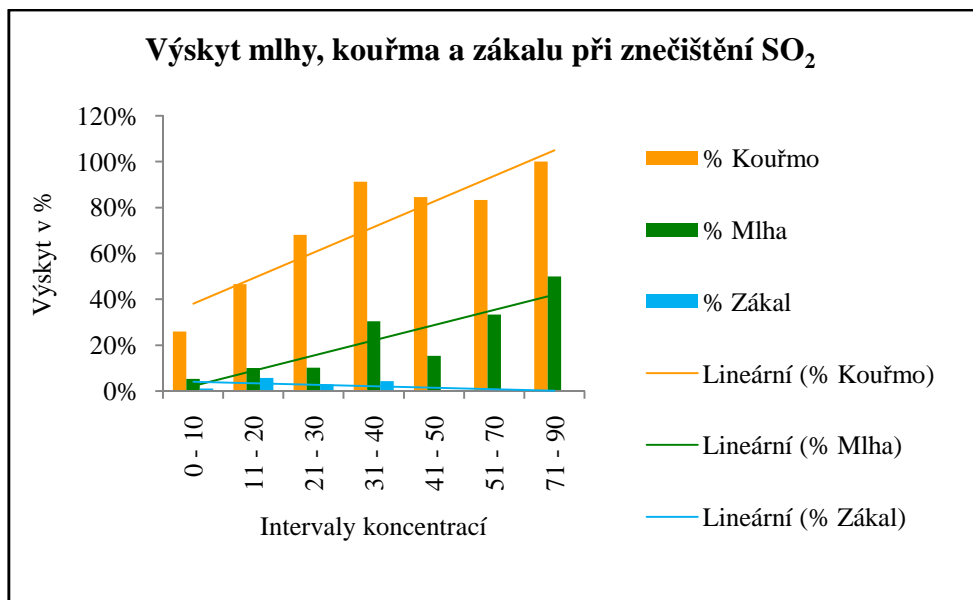


Tabulka 18 shrnuje počet dní s určitým intervalem koncentrací SO<sub>2</sub> a tomu odpovídající počet dní, kdy se vyskytla mlha, kouřma a zákal v období let 2002 až 2007. Výsledkem je procentuální výskyt mlhy, kouřma a zákalu při daném znečištění. Tyto hodnoty byly vyneseny do grafu 24, kde je také prokazatelná souvislost mezi výskytem mlhy či kouřma a vyššími koncentracemi SO<sub>2</sub>. Pro zákal se tato souvislost nepotvrdila, neboť se více vyskytoval při nižších koncentracích znečištění SO<sub>2</sub>.

**Tabulka 18** Výskyt mlhy, kouřma a zákalu v procentech odpovídající intervalům znečištění ovzduší SO<sub>2</sub> v letech 2002 až 2007 (Tušimice)

Interval koncentrací	Počet dní						
	SO <sub>2</sub>	Mlha	Mlha v %	Kouřmo	Kouřmo v %	Zákal	Zákal v %
0 - 10	1627	87	5%	423	26%	19	1%
11 - 20	330	33	10%	154	47%	19	6%
21 - 30	69	7	10%	47	68%	2	3%
31 - 40	23	7	30%	21	91%	1	4%
41 - 50	13	2	15%	11	85%	0	0%
51 - 70	6	2	33%	5	83%	0	0%
71 - 90	2	1	50%	2	100%	0	0%

**Graf 24** Souvislost mezi výskytem mlhy, kouřma a zákalu a mírou znečištění SO<sub>2</sub> vyjádřená v procentech výskytu dní s mlhou při dané koncentraci SO<sub>2</sub> v ovzduší (2002 až 2007; Tušimice)

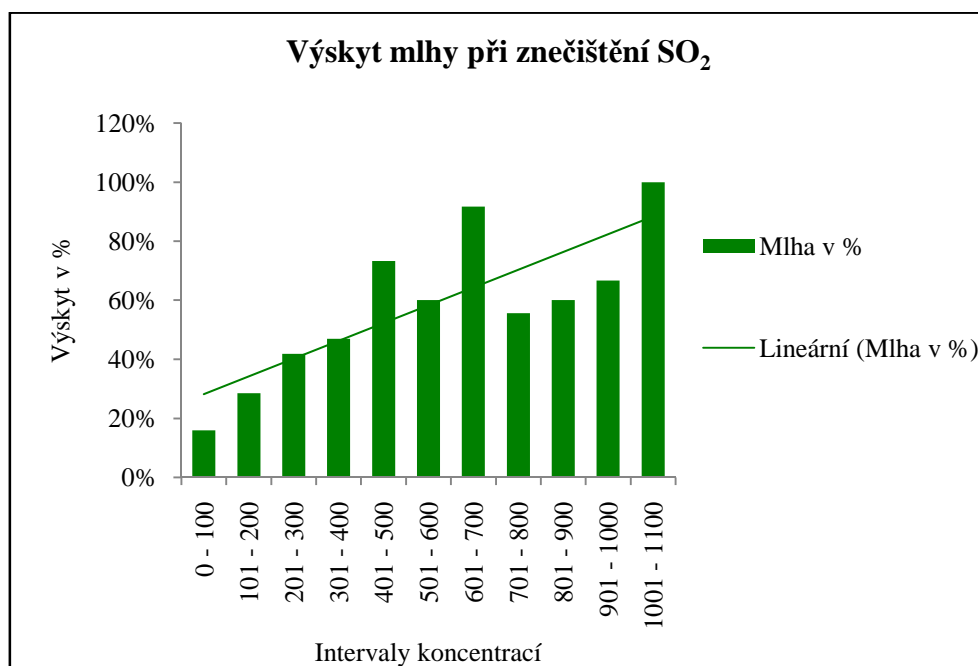


Pro konkrétnější zhodnocení souvislostí mezi znečištěním ovzduší a výskytem jevů snižujících dohlednost byla data zpracována zvlášť pro chladnější část roku a zvlášť pro teplejší část roku. Tabulka 19 uvádí hodnoty pro chladnější část roku v období let 1975 až 2001 a následně graf 25 vyjadřuje tuto souvislost. Opět se potvrdilo, že výskyt mlhy může souviset se zvýšenou koncentrací SO<sub>2</sub> v ovzduší.

**Tabulka 19** Výskyt mlhy v procentech odpovídající intervalům znečištění ovzduší SO<sub>2</sub> v chladnější části roku (říjen až březen) v letech 1975 až 2001 (Tušimice)

Intervaly koncentrací	Počet dní		
	SO <sub>2</sub>	Mlha	Mlha v %
0 - 100	3597	574	16%
101 - 200	690	197	29%
201 - 300	201	84	42%
301 - 400	66	31	47%
401 - 500	30	22	73%
501 - 600	10	6	60%
601 - 700	12	11	92%
701 - 800	9	5	56%
801 - 900	5	3	60%
901 - 1000	3	2	67%
1001 - 1100	4	4	100%

**Graf 25** Souvislost mezi výskytem mlhy a mírou znečištění SO<sub>2</sub> vyjádřená v procentech výskytu dní s mlhou při dané koncentraci SO<sub>2</sub> v ovzduší (říjen až březen, 1975 až 2001; Tušimice)

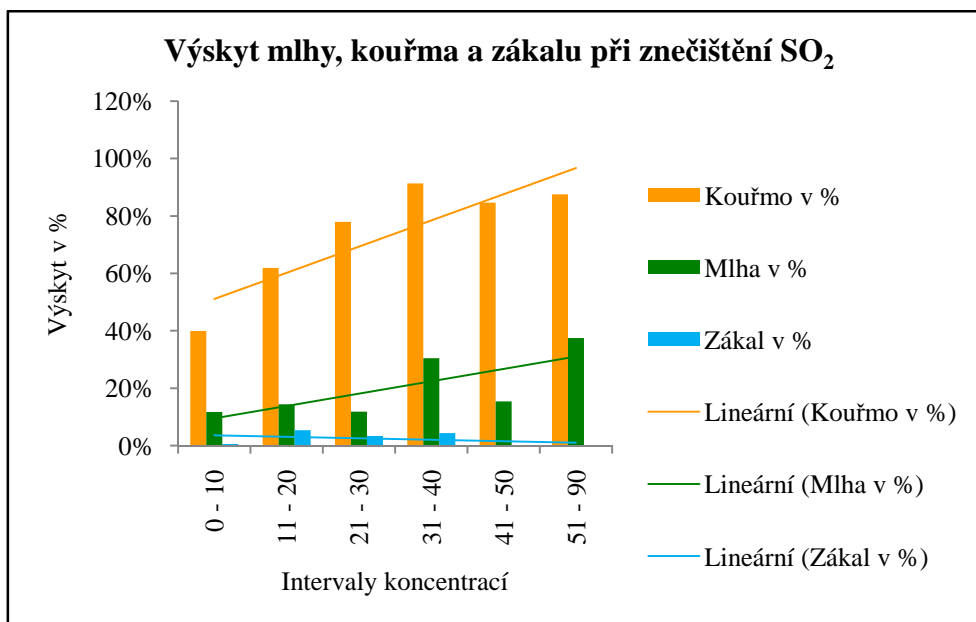


Pro období let 2002 až 2007 byla data zpracována také samostatně s rozlišením výskytu mlhy, kouřma a zákalu. Hodnoty procentuálního výskytu jevu jsou uvedeny v tabulce 20 a znázorněny v grafu 26. Dle trendů lze říci, že kouřmo a mlha může mít za chladnějších podmínek souvislost s vyššími koncentracemi SO<sub>2</sub> v ovzduší. Zákal se opět vyskytoval při nižších koncentracích a tak nelze říci, že mi měl nějakou přímou závislost se znečištěním ovzduší SO<sub>2</sub>.

**Tabulka 20** Výskyt mlhy, kouřma a zákalu v procentech odpovídající intervalům znečištění ovzduší SO<sub>2</sub> v chladnější části roku (říjen až březen) v letech 2002 až 2007 (Tušimice)

Intervaly koncentrací	Počet dní						
	SO <sub>2</sub>	Mlha	Mlha v %	Kouřmo	Kouřmo v %	Zákal	Zákal v %
0 - 10	692	81	12%	276	40%	4	1%
11 - 20	223	32	14%	138	62%	12	5%
21 - 30	59	7	12%	46	78%	2	3%
31 - 40	23	7	30%	21	91%	1	4%
41 - 50	13	2	15%	11	85%	0	0%
51 - 90	8	3	38%	7	88%	0	0%

**Graf 26** Souvislost mezi výskytem mlhy, kouřma a zákalu a mírou znečištění SO<sub>2</sub> vyjádřená v procentech výskytu dní s mlhou při dané koncentraci SO<sub>2</sub> v ovzduší (říjen až březen, 2002 až 2007; Tušimice)

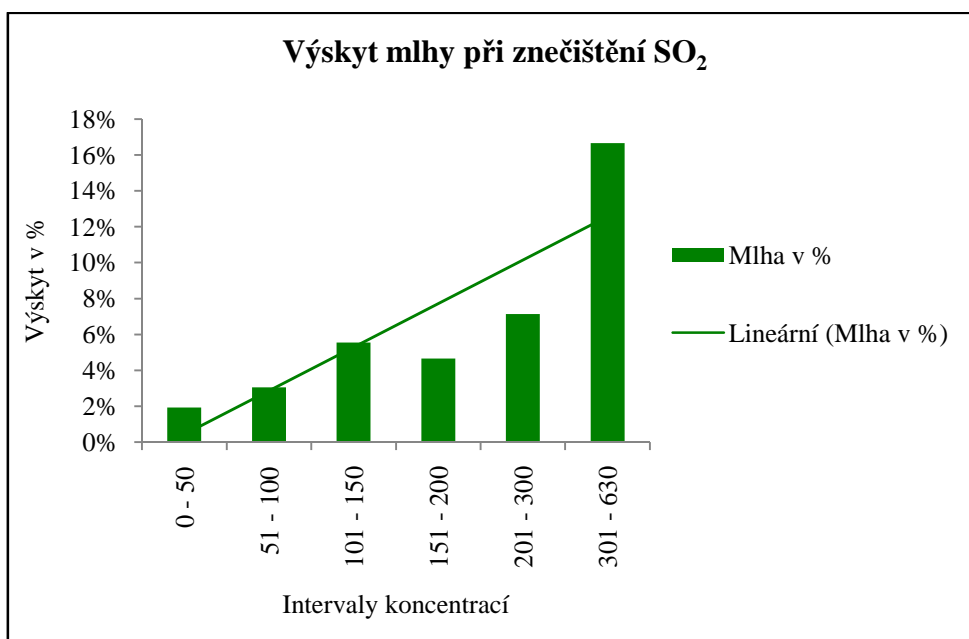


Nakonec bylo pro monitorovací stanici Tušimice dáno do souvislosti znečištění ovzduší a výskyt mlhy (popř. kouřma a zákalu) pro teplejší část roku. Tabulka 21 shrnuje vypočtené údaje pro výskyt mlhy v období duben až září pro roky 1975 až 2001. Hodnoty byly vyneseny do grafu (graf 27), kde je patrné, že i v letním období mlha mohla souviset se znečištěním ovzduší.

**Tabulka 21** Výskyt mlhy v procentech odpovídající intervalům znečištění ovzduší SO<sub>2</sub> v teplejší části roku (duben až září) v letech 1975 až 2001 (Tušimice)

Intervaly koncentrací	Počet dní		
	SO <sub>2</sub>	Mlha	Mlha v %
0 - 50	3627	70	2%
51 - 100	787	24	3%
101 - 150	162	9	6%
151 - 200	43	2	5%
201 - 300	14	1	7%
301 - 630	6	1	17%

**Graf 27** Souvislost mezi výskytem mlhy a mírou znečištění SO<sub>2</sub> vyjádřená v procentech výskytu dní s mlhou při dané koncentraci SO<sub>2</sub> v ovzduší (duben až září, 1975 až 2001; Tušimice)

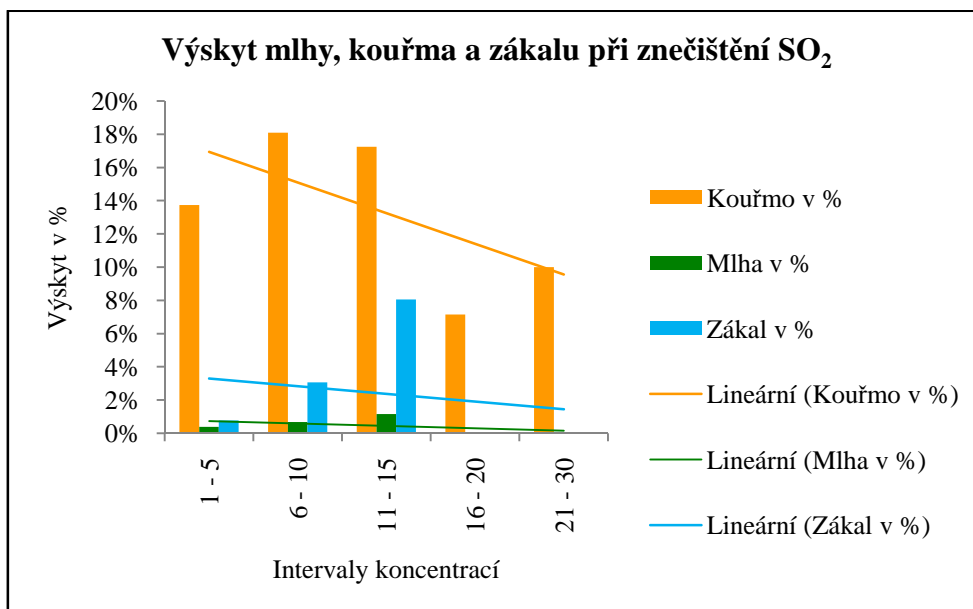


Poslední porovnání pro monitorovací stanici Tušimice zahrnuje data z období let 2002 až 2007 z teplejší části roku (duben až září) pro jednotlivé jevy – mlha, kouřmo a zákal. Hodnoty jsou uvedeny v tabulce 22 a jejich souvislost znázorněna v grafu 28. Pro toto období se nepotvrdila souvislost výskytu mlhy (kořma, zákalu) a znečištění vzduší SO<sub>2</sub>. V tomto období také koncentrace SO<sub>2</sub> nedosahovaly vysokých hodnot.

**Tabulka 22** Výskyt mlhy, kořma a zákalu v procentech odpovídající intervalům znečištění ovzduší SO<sub>2</sub> v teplejší části roku (duben až září) v letech 2002 až 2007 (Tušimice)

Intervaly koncentrací (µg/m <sup>3</sup> )	Počet dní						
	SO <sub>2</sub>	Mlha	Mlha v %	Kouřmo	Kouřmo v %	Zákal	Zákal v %
1 - 5	517	2	0%	71	14%	4	1%
6 - 10	293	2	1%	53	18%	9	3%
11 - 15	87	1	1%	15	17%	7	8%
16 - 20	14	0	0%	1	7%	0	0%
21 - 30	10	0	0%	1	10%	0	0%

**Graf 28** Souvislost mezi výskytem mlhy, kouřma a zákalu a mírou znečištění SO<sub>2</sub> vyjádřená v procentech výskytu dní s mlhou při dané koncentraci SO<sub>2</sub> v ovzduší (duben až září, 2002 až 2007; Tušimice)



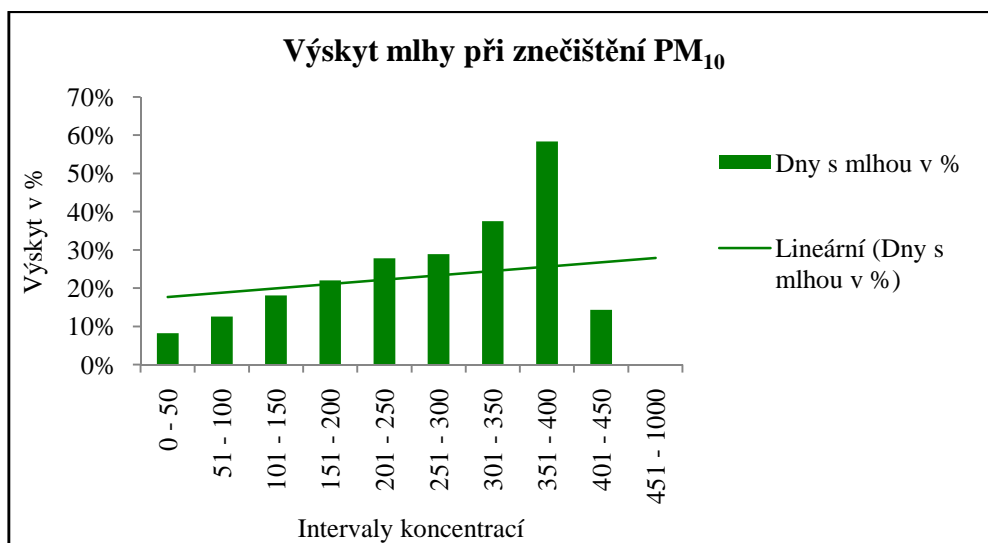
### 5.1.7. Tušimice – souvislost znečištění ovzduší suspendovaným aerosolem s výskytem jevů snižujících dohlednost

Tabulka 23 shrnuje počet dní s určitým intervalem koncentrací SPM ( $PM_{10}$ ) a tomu odpovídající počet dní, kdy se při daném znečištění vyskytla mlha. Zahrnuje období let 1975 až 2001. Výsledkem je procentuální výskyt mlhy při daném znečištění. Tyto hodnoty byly vyneseny do grafu 29. Lze předpokládat, že do určité míry může mít zvýšená koncentrace SPM ( $PM_{10}$ ) souvislost výskytem mlhy.

**Tabulka 23** Výskyt mlhy v procentech odpovídající intervalům znečištění ovzduší SPM ( $PM_{10}$ ) v letech 1975 až 2001 (Tušimice)

Intervaly koncentrací	Počet dní		
	$PM_{10}$	Mlha	Mlha v %
0 - 50	5035	412	8%
51 - 100	2740	344	13%
101 - 150	874	158	18%
151 - 200	282	62	22%
201 - 250	108	30	28%
251 - 300	52	15	29%
301 - 350	24	9	38%
351 - 400	12	7	58%
401 - 450	7	1	14%
451 - 1000	9	0	0%

**Graf 29** Souvislost mezi výskytem mlhy a mírou znečištění SPM ( $PM_{10}$ ) vyjádřená v procentech výskytu dní s mlhou při dané koncentraci SPM ( $PM_{10}$ ) v ovzduší (1975 až 2001; Tušimice)

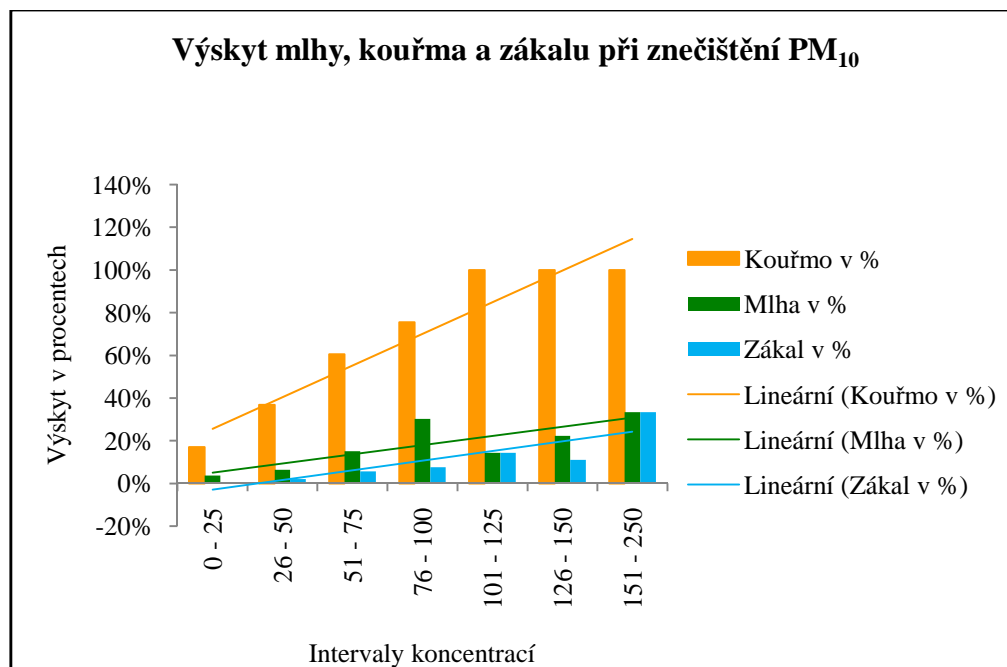


Tabulka 24 shrnuje počet dní s určitým intervalem koncentrací SPM ( $PM_{10}$ ) a tomu odpovídající počet dní, kdy se při daném znečištění vyskytla mlha, kouřmo a zákal v období let 2002 až 2007. Výsledkem je procentuální výskyt mlhy, kouřma a zákalu při daném znečištění. Tyto hodnoty byly vyneseny do grafu 30, kde lze vidět jistou souvislost mezi výskytem kouřma, ale částečně i mlhy a zákalu a vyššími koncentracemi SPM ( $PM_{10}$ ).

**Tabulka 24** Výskyt mlhy, kouřma a zákalu v procentech odpovídající intervalům znečištění ovzduší SPM  $PM_{10}$  v letech 2002 až 2007 (Tušimice)

Interval koncentrací	Počet dní						
	$PM_{10}$	Mlha	Mlha v %	Kouřmo	Kouřmo v %	Zákal	Zákal v %
0 - 25	978	36	4%	167	17%	1	0%
26 - 50	792	51	6%	292	37%	16	2%
51 - 75	233	35	15%	141	61%	13	6%
76 - 100	53	16	30%	40	75%	4	8%
101 - 125	21	3	14%	21	100%	3	14%
126 - 150	9	2	22%	9	100%	1	11%
151 - 250	9	3	33%	9	100%	3	33%

**Graf 30** Souvislost mezi výskytem mlhy, kouřma a zákalu a mírou znečištění SPM ( $PM_{10}$ ) vyjádřená v procentech výskytu dní s mlhou při dané koncentraci SPM ( $PM_{10}$ ) v ovzduší (2002 až 2007; Tušimice)



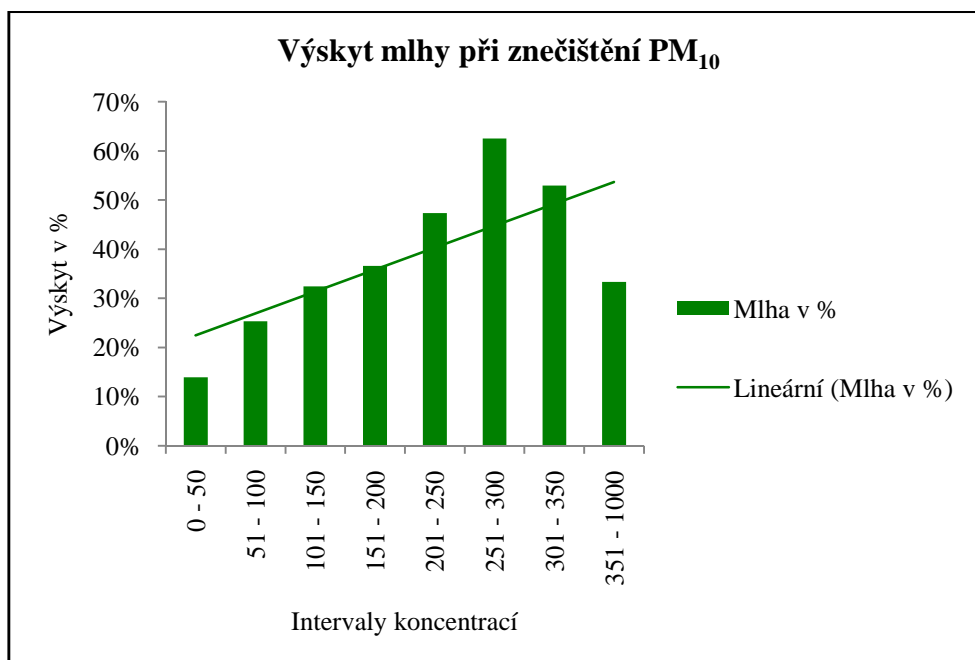


Také jako u SO<sub>2</sub> bylo provedeno zhodnocení souvislostí mezi znečištěním ovzduší SPM (PM<sub>10</sub>) a výskytem jevů snižujících dohlednost pro chladnější část roku a zvláště pro teplejší část roku. Tabulka 25 uvádí hodnoty pro chladnější část roku v období let 1975 až 2001 a následně graf 31 vyjadřuje tuto souvislost. Z uvedeného grafu je patrné, že výskyt mlhy může souviset se zvýšenou koncentrací SPM (PM<sub>10</sub>) v ovzduší.

**Tabulka 25** Výskyt mlhy v procentech odpovídající intervalům znečištění ovzduší SPM (PM<sub>10</sub>) v chladnější části roku (říjen až březen) v letech 1975 až 2001 (Tušimice)

Intervaly koncentrací	Počet dní		
	PM <sub>10</sub>	Mlha	Mlha v %
0 - 50	2574	359	14%
51 - 100	1233	312	25%
101 - 150	456	148	32%
151 - 200	164	60	37%
201 - 250	57	27	47%
251 - 300	24	15	63%
301 - 350	17	9	53%
351 - 1000	18	6	33%

**Graf 31** Souvislost mezi výskytem mlhy a mírou znečištění SPM (PM<sub>10</sub>) vyjádřená v procentech výskytu dní s mlhou při dané koncentraci SPM (PM<sub>10</sub>) v ovzduší (říjen až březen, 1975 až 2001; Tušimice)

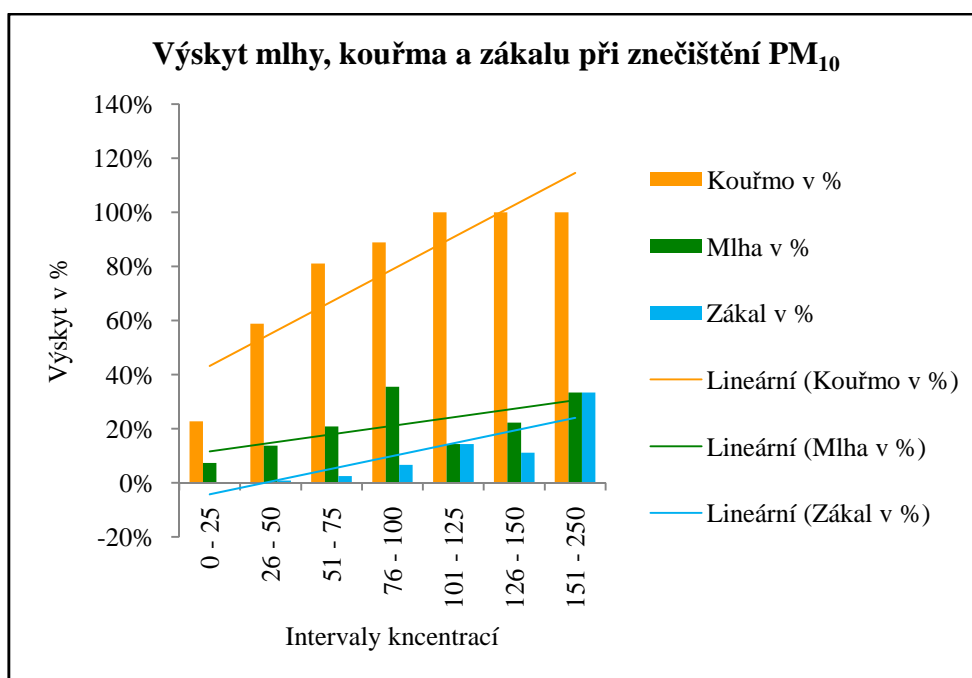


Pro období let 2002 až 2007 byla data zpracována samostatně s rozlišením výskytu mlhy, kouřma a zákalu. Hodnoty procentuálního výskytu jevu jsou uvedeny v tabulce 26 a znázorněny v grafu 32. Dle trendů lze říci, že kouřmo, mlha i zákal mohou mít za chladnějších podmínek souvislost s vyššími koncentracemi SPM ( $PM_{10}$ ) v ovzduší.

**Tabulka 26** Výskyt mlhy, kouřma a zákalu v procentech odpovídající intervalům znečištění ovzduší SPM ( $PM_{10}$ ) v chladnější části roku (říjen až březen) v letech 2002 až 2007 (Tušimice)

Intervaly koncentrací	Počet dní						
	$PM_{10}$	Mlha	Mlha v %	Kouřmo	Kouřmo v %	Zákal	Zákal v %
0 - 25	462	34	7%	105	23%	0	0%
26 - 50	350	48	14%	206	59%	3	1%
51 - 75	158	33	21%	128	81%	4	3%
76 - 100	45	16	36%	40	89%	3	7%
101 - 125	21	3	14%	21	100%	3	14%
126 - 150	9	2	22%	9	100%	1	11%
151 - 250	9	3	33%	9	100%	3	33%

**Graf 32** Souvislost mezi výskytem mlhy, kouřma a zákalu a mírou znečištění SPM ( $PM_{10}$ ) vyjádřená v procentech výskytu dní s mlhou při dané koncentraci SPM ( $PM_{10}$ ) v ovzduší (říjen až březen, 2002 až 2007; Tušimice)

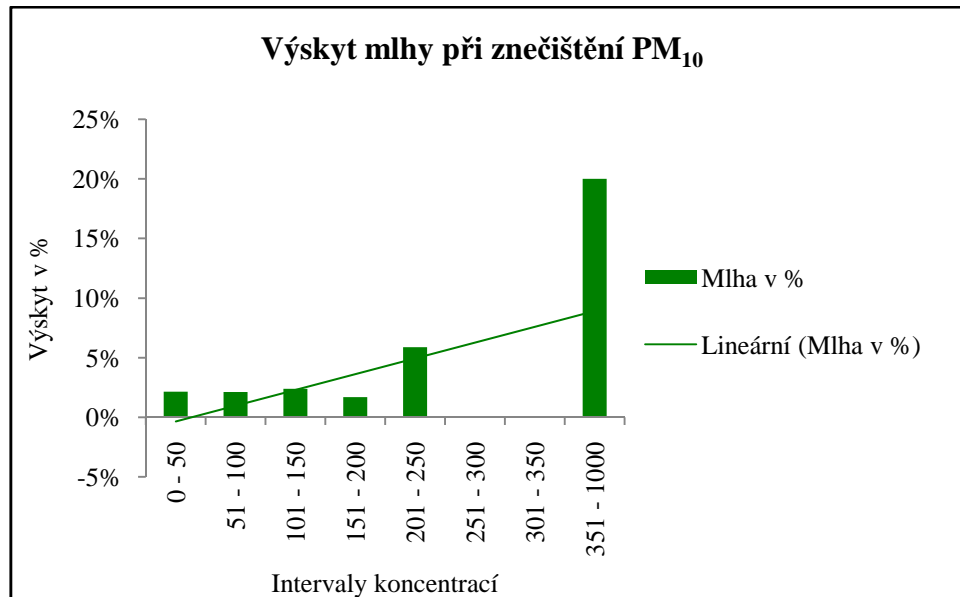


Hodnoty koncentrací pro hodnocení souvislost znečištění ovzduší SPM ( $PM_{10}$ ) a výskytu mlhy pro teplejší část roku jsou uvedeny v tabulce 27. Ta shrnuje vypočtené údaje z období duben až září pro roky 1975 až 2001. Hodnoty byly vyneseny do grafu (graf 33), kde je patrné, že i v letním období může mlha souviset se znečištěním ovzduší SPM ( $PM_{10}$ ).

**Tabulka 27** Výskyt mlhy v procentech odpovídající intervalům znečištění ovzduší SPM ( $PM_{10}$ ) v teplejší části roku (duben až září) v letech 1975 až 2001 (Tušimice)

Intervaly koncentrací	Počet dní		
	$PM_{10}$	Mlha	Mlha v %
0 - 50	2461	53	2%
51 - 100	1507	32	2%
101 - 150	418	10	2%
151 - 200	118	2	2%
201 - 250	51	3	6%
251 - 300	28	0	0
301 - 350	7	0	0
351 - 1000	10	2	0,2

**Graf 33** Souvislost mezi výskytem mlhy a mírou znečištění SPM ( $PM_{10}$ ) vyjádřená v procentech výskytu dní s mlhou při dané koncentraci SPM ( $PM_{10}$ ) v ovzduší (duben až září, 1975 až 2001; Tušimice)

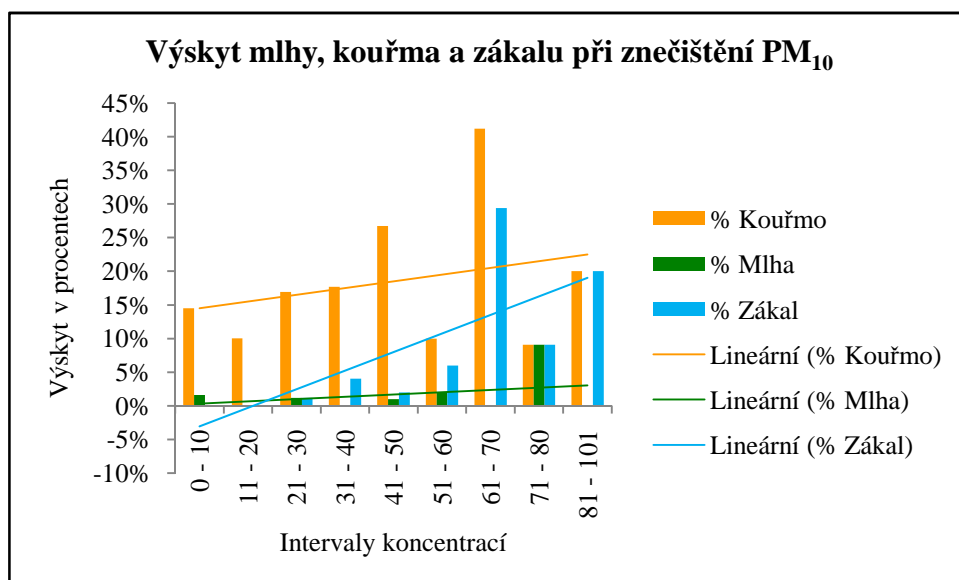


Poslední porovnání pro monitorovací stanici Tušimice zahrnuje data z období let 2002 až 2007 z teplejší části roku (duben až září) pro jednotlivé jevy – mlha, kouřmo a zákal. Hodnoty jsou uvedeny v tabulce 28 a jejich souvislost je znázorněna v grafu 28. Pro toto období se potvrdila souvislost výskytu zákalu a znečištění vzduší SPM ( $PM_{10}$ ). Kouřmo i mlha vykazují jen minimálně se zvyšující trend.

**Tabulka 28** Výskyt mlhy, kouřma a zákalu v procentech odpovídající intervalům znečištění ovzduší SPM ( $PM_{10}$ ) v teplejší části roku (duben až září) v letech 2002 až 2007 (Tušimice)

Intervaly koncentrací	Počet dní						
	$PM_{10}$	Mlha	Mlha v %	Kouřmo	Kouřmo v %	Zákal	Zákal v %
0 - 10	62	1	2%	9	15%	0	0%
11 - 20	289	0	0%	29	10%	0	0%
21 - 30	254	3	1%	43	17%	3	1%
31 - 40	198	0	0%	35	18%	8	4%
41 - 50	101	1	1%	27	27%	2	2%
51 - 60	50	1	2%	5	10%	3	6%
61 - 70	17	0	0%	7	41%	5	29%
71 - 80	11	1	9%	1	9%	1	9%
81 - 101	5	0	0%	1	20%	1	20%

**Graf 34** Souvislost mezi výskytem mlhy, kouřma a zákalu a mírou znečištění SPM ( $PM_{10}$ ) vyjádřená v procentech výskytu dní s mlhou při dané koncentraci SPM ( $PM_{10}$ ) v ovzduší (duben až září, 2002 až 2007; Tušimice)



## 5.2. Monitorovací stanice Měděnec

### 5.2.1. Měděnec – zhodnocení ročních průměrů znečištění ovzduší SO<sub>2</sub>

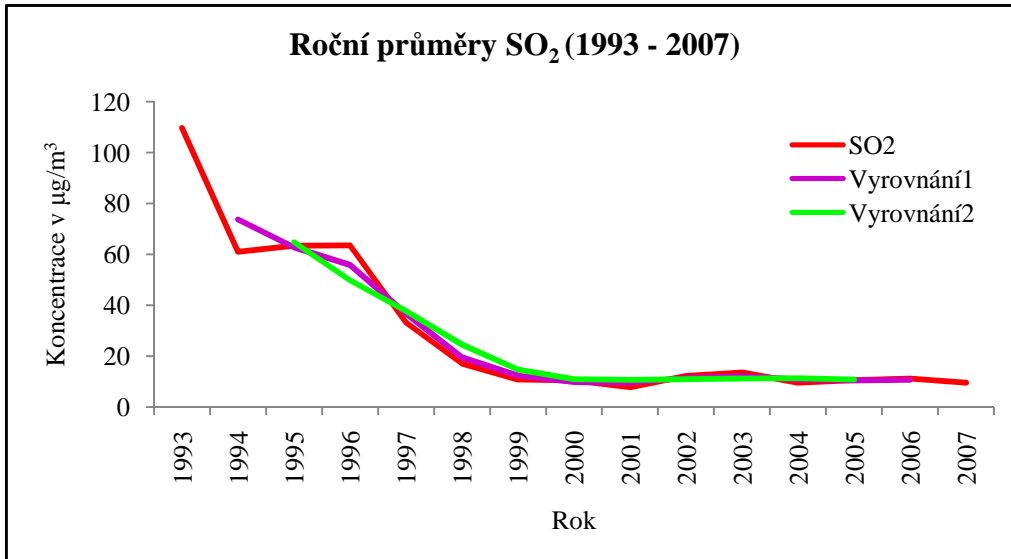
Vypočtené roční průměry koncentrací SO<sub>2</sub> v období let 1993 až 2007 z monitorovací stanice Měděnec jsou uvedeny v tabulce 29. Tato tabulka dále uvádí vypočtené hodnoty klouzavých průměrů, které byly použity pro vyrovnání časové řady a zhodnocení trendu znečištění ovzduší. Pro porovnání míry vyrovnání časové řady byl klouzavý průměr počítán pro dvě různá klouzavá období (2 a 4).

**Tabulka 29** Roční průměry koncentrací SO<sub>2</sub> s hodnotami vyrovnání časové řady (1993 až 2007; Měděnec)

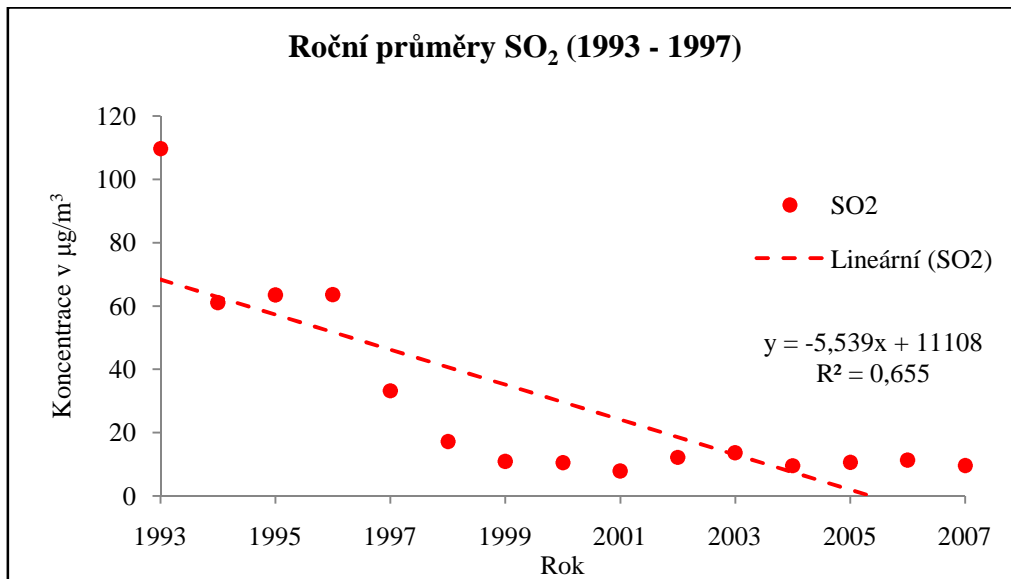
Rok	SO <sub>2</sub>	Vyrovnání 1 (p=2)	Vyrovnání 2 (p=4)
	μg/m <sup>3</sup>		
1993	109,66		
1994	61,00	73,78	
1995	63,44	62,86	64,87
1996	63,58	55,97	49,84
1997	33,28	36,81	37,78
1998	17,13	19,59	24,57
1999	10,84	12,32	14,75
2000	10,45	9,90	10,96
2001	7,85	9,60	10,69
2002	12,23	11,47	10,92
2003	13,58	12,25	11,15
2004	9,59	10,84	11,38
2005	10,58	10,51	10,76
2006	11,30	10,69	
2007	9,57		

Z grafického znázornění ročních průměrů koncentrací SO<sub>2</sub> z monitorovací stanice Měděnec (graf 35 a 36) s náhledem vyhlazení časových řad je vidět klesající trend v průběhu 90. let 20. století.

**Graf 35** Roční průměry koncentrací SO<sub>2</sub> a vyrovnání časové řady pomocí klouzavých průměrů (1993 až 2007; Měděnec)



**Graf 36** Průměrné roční koncentrace SO<sub>2</sub> proložené spojnicí lineární regrese s regresní rovnicí a koeficientem spolehlivosti (1993 až 2007; Měděnec)



## 5.2.2. Měděnec – zhodnocení měsíčních průměrů znečištění ovzduší SO<sub>2</sub>

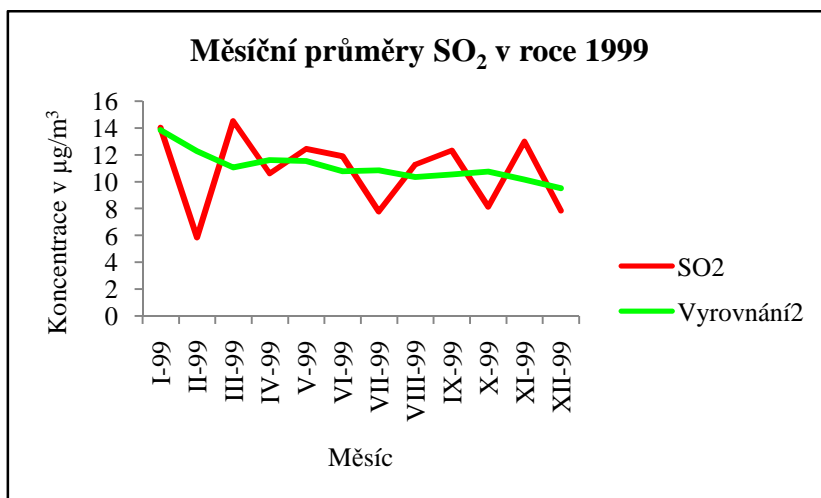
Hodnoty měsíčních průměrů je uvedeno v tabulce 30.

**Tabulka 30** Průměrné měsíční koncentrace SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) z monitorovací stanice Měděnec (1993 až 2007)

Rok	Měsíc											
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
1993	252,1	196,0	52,3	97,0	76,4	61,0	26,8	54,0	124,4	157,7	323,3	24,6
1994	46,7	111,0	26,6	75,5	51,9	47,9	90,2	67,3	65,5	55,5	58,0	40,7
1995	62,6	25,5	44,5	42,7	56,6	21,8	68,1	63,7	44,4	77,0	141,1	110,4
1996	180,5	126,6	92,5	66,3	30,3	22,5	9,6	37,2	13,6	34,8	23,0	115,4
1997	115,3	16,6	25,0	18,8	17,7	32,3	15,3	37,8	24,2	26,1	40,4	25,7
1998	28,9	13,5	17,8	19,5	17,8	11,7	9,5	8,5	27,2	13,6	18,8	18,8
1999	14,0	5,8	14,5	10,6	12,4	11,9	7,8	11,3	12,3	8,1	13,0	7,8
2000	10,8	4,5	3,2	13,9	17,6	9,1	5,5	8,9	17,5	12,9	7,3	13,9
2001	15,8	7,7	11,5	7,1	8,6	2,9	6,3	8,4	3,1	9,0	4,8	9,1
2002	9,2	9,3	18,7	11,9	11,0	7,6	10,6	13,3	7,6	6,5	17,7	23,2
2003	10,5	43,5	14,2	11,7	7,8	9,0	8,4	10,7	9,5	9,3	17,7	12,8
2004	11,6	7,1	8,4	11,2	7,2	6,1	7,5	10,2	8,0	11,3	9,1	17,1
2005	3,9	12,5	17,6	15,1	8,7	7,1	5,8	9,1	12,0	17,5	9,8	8,1
2006	30,7	11,9	8,0	7,0	8,3	9,8	11,4	3,4	11,8	15,2	13,0	5,0
2007	2,5	6,3	11,4	16,9	13,4	9,3	6,8	7,4	7,8	11,7	8,2	13,3

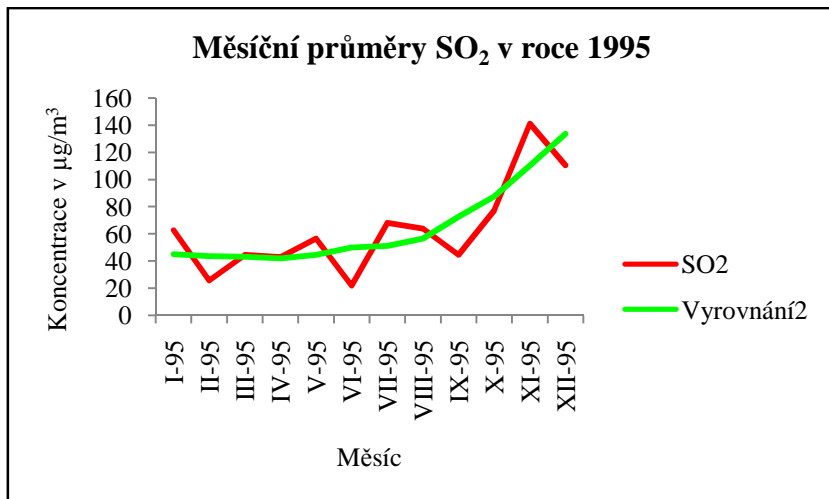
1. skupina – hodnoty v různé míře kolísají okolo určité průměrné hodnoty – 1994, 1998, 1999 (graf 37), 2000, 2001, 2003, 2004 a 2005.

**Graf 37** Průběh průměrné měsíční koncentrace SO<sub>2</sub> v roce 1999 (Měděnec)



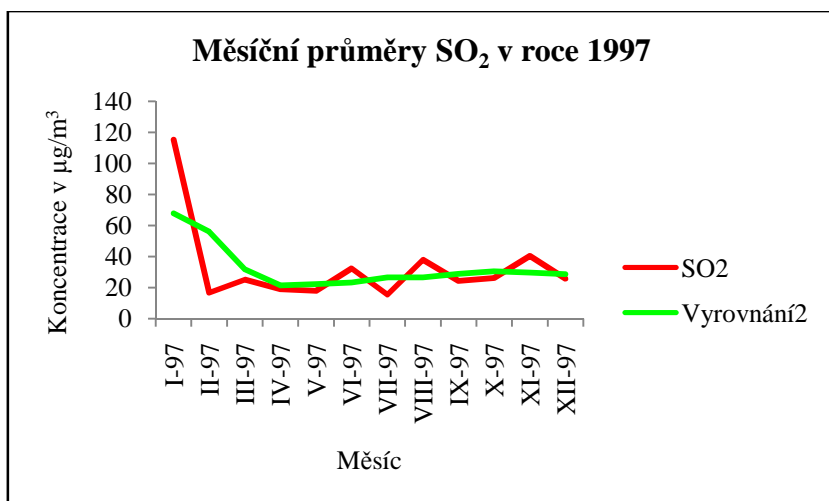
2. skupina – hodnoty koncentrací rostou ke konci roku, zbytek roku kolísají kolem určité hodnoty – roky 1995 (graf 38) a 2002.

**Graf 38** Průběh průměrné měsíční koncentrace SO<sub>2</sub> v roce 1995 (Měděnec)



3. skupina – hodnoty vyšší na začátku roku, pak klesají. Roky – 1996, 1997 (graf 39) a 2006.

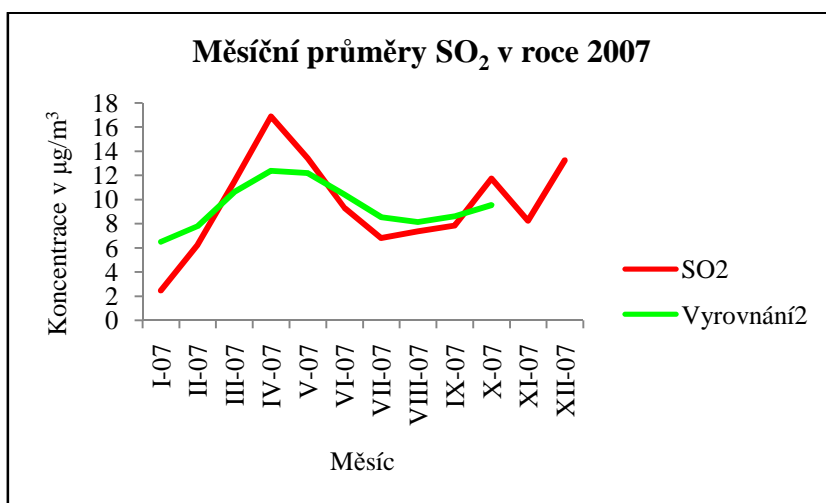
**Graf 39** Průběh průměrné měsíční koncentrace SO<sub>2</sub> v roce 1997 (Měděnec)





4. skupina – ty, co nepatří do ostatních skupin, roky 1993 a 2007 (graf 40).

**Graf 40** Průběh průměrné měsíční koncentrace SO<sub>2</sub> v roce 2007 (Měděnec)

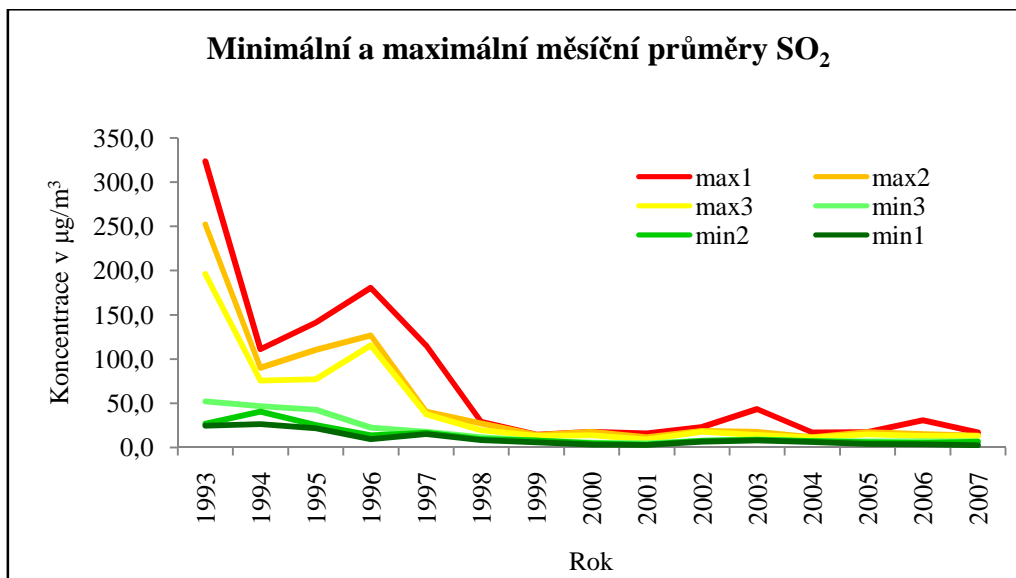


Maximální a minimální hodnoty koncentrací SO<sub>2</sub> pro daný rok jsou uvedeny v tabulce 31. Grafické znázornění průběhu těchto koncentrací představuje graf 41.

**Tabulka 31** Maximální a minimální hodnoty koncentrací SO<sub>2</sub> v jednotlivých letech (1993 až 2007; Měděnec)

Rok	max1	max2	max3	min3	min2	min1
	v µg/m <sup>3</sup>					
1993	323	252	196	52	27	25
1994	111	90	76	47	41	27
1995	141	110	77	43	26	22
1996	180	127	115	22	14	10
1997	115	40	38	18	17	15
1998	29	27	19	12	9	8
1999	15	14	13	8	8	6
2000	18	17	14	5	5	3
2001	16	12	9	5	3	3
2002	23	19	18	8	8	7
2003	44	18	14	9	8	8
2004	17	12	11	7	7	6
2005	18	17	15	7	6	4
2006	31	15	13	7	5	3
2007	17	13	13	7	6	2

**Graf 41** Maximální a minimální hodnoty koncentrací SO<sub>2</sub> v jednotlivých letech (1993 až 2007, Měděnec)



### 5.2.3. Měděnec – zhodnocení ročních průměrů znečištění ovzduší suspendovaným aerosolem

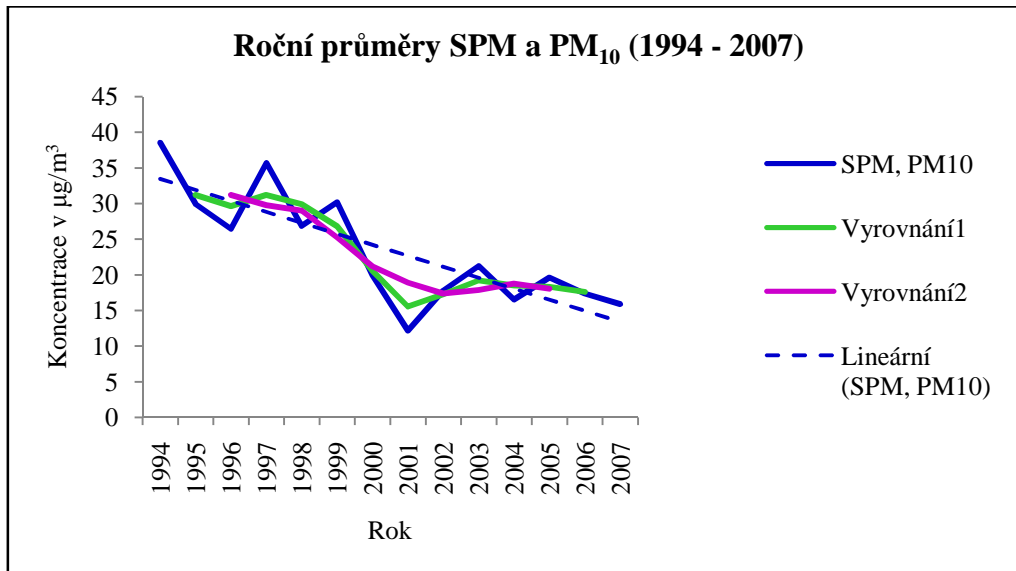
Vypočtené roční průměry koncentrací suspendovaného aerosolu v období let 1994 až 2007 z monitorovací stanice Měděnec jsou uvedeny v tabulce 32. Tato tabulka dále uvádí vypočtené hodnoty klouzavých průměrů, které byly použity pro vyrovnání časové řady a zhodnocení trendu znečištění ovzduší. Pro porovnání míry vyrovnání časové řady byl klouzavý průměr počítán pro dvě různá klouzavá období (2 a 4).

**Tabulka 32** Roční průměry koncentrací suspendovaného aerosolu s hodnotami vyrovnání časové řady (1994 až 2007, Měděnec)

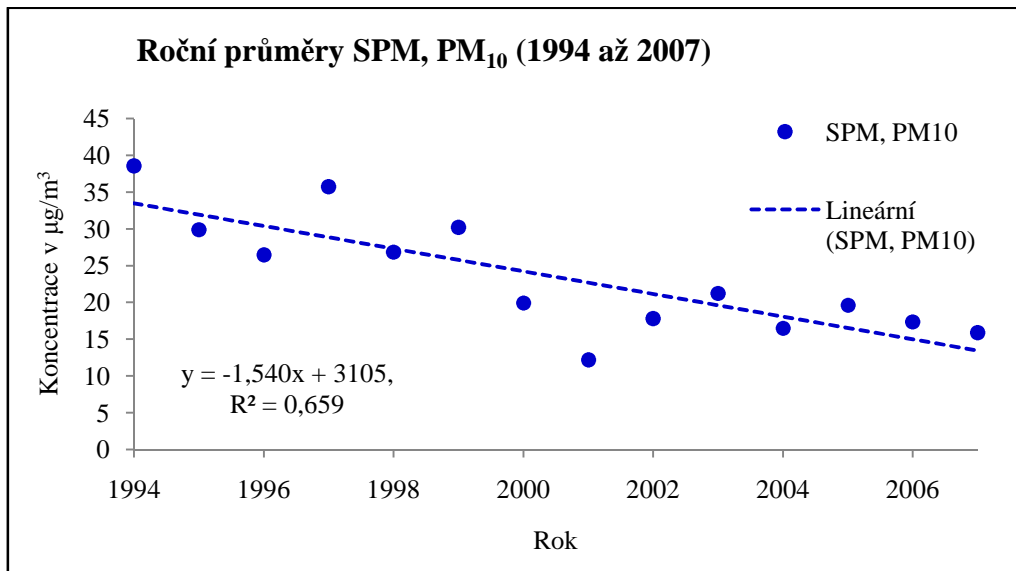
Rok	SPM, PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Vyrovnaní 1 (p = 2)	Vyrovnaní 2 (p = 4)
1994	38,53		
1995	29,90	31,20	
1996	26,45	29,63	31,19
1997	35,72	31,18	29,77
1998	26,86	29,91	28,99
1999	30,20	26,80	25,24
2000	19,94	20,56	21,16
2001	12,17	15,52	18,90
2002	17,78	17,24	17,35
2003	21,24	19,19	17,86
2004	16,51	18,48	18,74
2005	19,64	18,29	18,02
2006	17,37	17,57	
2007	15,88		

Meziroční srovnání hodnot koncentrací suspendovaného aerosolu z monitorovací stanice Měděnec poukazuje také na klesající tendenci, stejně jako u SO<sub>2</sub> (graf 42 a 43).

**Graf 42** Roční průměry koncentrací suspendovaného aerosolu a vyrovnání časové řady pomocí klouzavých průměrů (1994 až 2007; Měděnec)

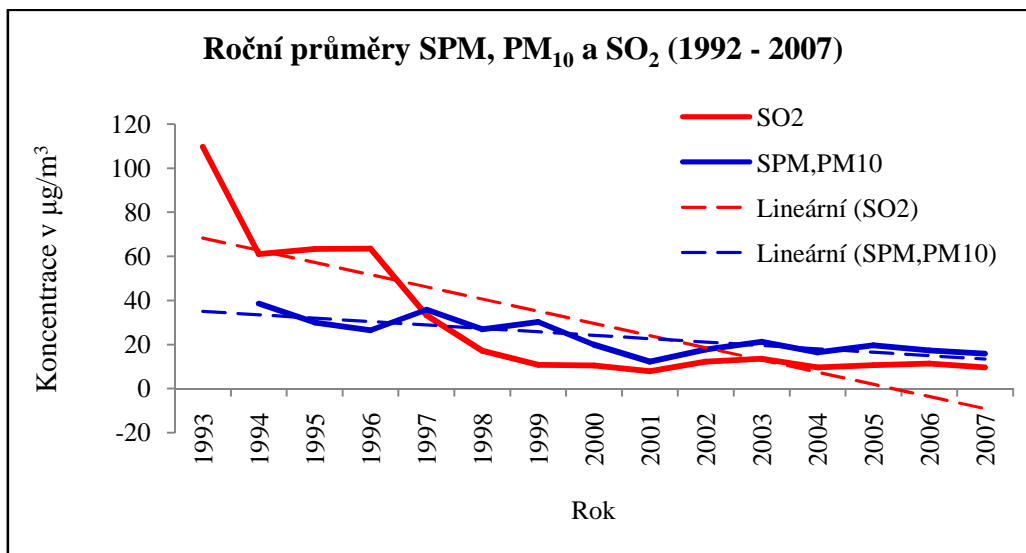


**Graf 43** Průměrné roční koncentrace suspendovaného aerosolu proložené spojnici lineární regrese s regresní rovnicí a koeficientem spolehlivosti (1994 až 2007; Měděnec)



Porovnání trendů koncentrací  $\text{SO}_2$  a suspendovaného aerosolu v letech 1993 až 2007 je uvedeno v grafu 44.

**Graf 44** Srovnání ročních průměrů koncentrací  $\text{SO}_2$  a suspendovaného aerosolu z monitorovací stanice Měděnec během let 1993 až 2007



#### 5.2.4. Měděnec – zhodnocení měsíčních průměrů znečištění ovzduší suspendovaným aerosolem

Hodnoty průměrných měsíčních koncentrací suspendovaného aerosolu shrnuje tabulka 33.

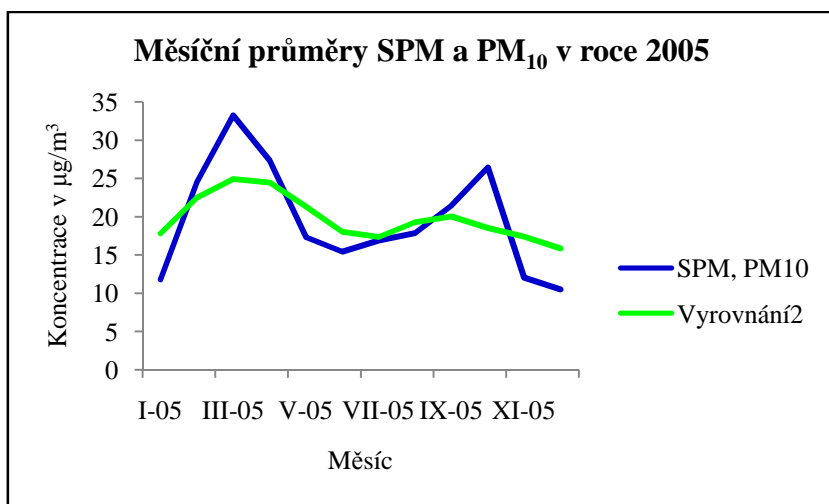
**Tabulka 33** Průměrné měsíční koncentrace SPM (PM<sub>10</sub>) v µg/m<sup>3</sup> z monitorovací stanice Měděnec (1994 až 2007)

Rok	Měsíc											
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
1994	27,1	54,0	32,7	53,0	33,6	45,0	63,8	38,2	34,8	36,3	25,6	19,3
1995	15,2	15,7	26,5	32,4	41,7	23,6	47,0	49,7	22,8	36,8	15,7	14,9
1996	28,3	38,0	39,9	38,2	17,9	22,8	18,0	24,7	14,7	32,8	17,5	34,5
1997	37,5	23,4	50,9	33,1	34,1	33,8	29,9	50,3	34,9	36,5	40,8	22,0
1998	24,5	32,0	31,8	31,7	34,0	27,3	25,5	26,7	23,8	14,1	27,6	23,7
1999	29,0	21,9	45,3	35,3	36,5	27,3	30,0	35,5	37,0	20,7	23,1	19,5
2000	20,7	22,2	21,4	40,4	36,8	27,6	13,4	13,6	16,3	13,8	8,2	10,6
2001	12,7	13,8	14,4	13,3	15,3	12,1	12,5	18,0	8,7	12,9	6,1	6,6
2002	9,4	15,1	21,8	24,3	17,8	16,8	16,1	26,1	17,9	13,1	13,1	21,8
2003	17,5	33,9	32,3	23,3	20,4	22,7	16,0	20,9	20,5	16,6	17,4	14,0
2004	17,9	16,5	23,8	24,6	17,3	17,2	15,2	16,2	14,7	11,4	9,8	13,4
2005	11,8	24,5	33,2	27,3	17,3	15,4	16,9	17,8	21,4	26,4	12,0	10,5
2006	19,8	15,8	18,9	16,9	20,8	18,2	20,7	11,0	20,3	21,1	12,2	12,4
2007	8,3	15,8	28,1	29,4	17,0	14,8	11,0	10,4	11,2	18,2	11,4	13,9

Roční průběhy měsíčních koncentrací SPM a PM<sub>10</sub> jsou také rozděleny do několika skupin. V rámci skupiny se mohou také vyskytovat jisté odchylky koncentrací a průběhů u jednotlivých roků.

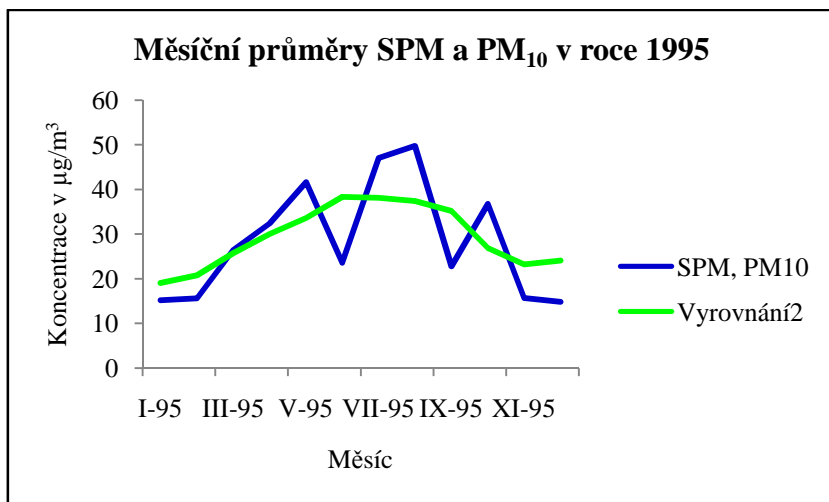
1. skupina – vyšší hodnoty koncentrací se vyskytly v první a třetí třetině roku, nižší pak ve druhé třetině roku. Do této skupiny jsou zahrnuty roky 1996, 1997, 2002, 2005 (graf 45) a 2007.

**Graf 45** Měsíční průměry suspendovaného aerosolu pro rok 2005 (Měděnec)



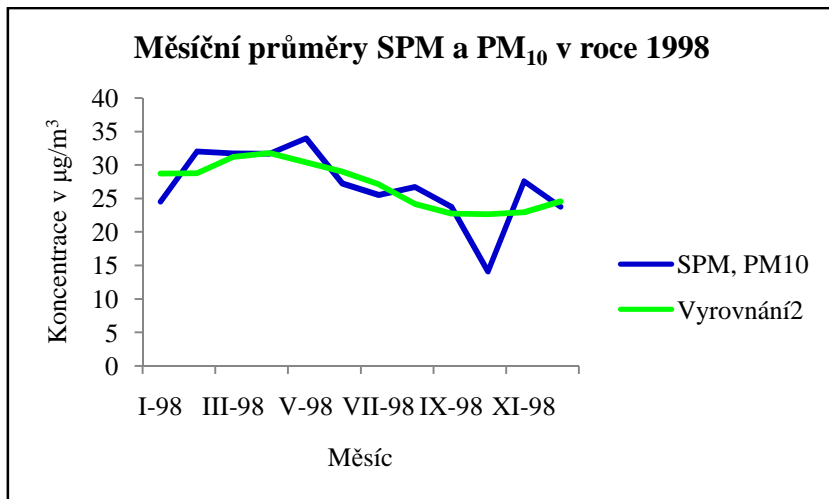
2. skupina – hodnoty koncentrací ve druhé třetině roku vyšší, zahrnuje roky 1994, 1995 (graf 46), 1999 a 2000.

**Graf 46** Měsíční průměry suspendovaného aerosolu pro rok 1995 (Měděnec)



3. skupina – hodnoty koncentrací jsou vyrovnanější než v předchozí skupině, kolísají kolem určité hodnoty, zahrnuje roky 1998 (graf 47), 2001, 2003, 2004 a 2006.

**Graf 47** Měsíční průměry suspendovaného aerosolu pro rok 1998 (Měděnec)



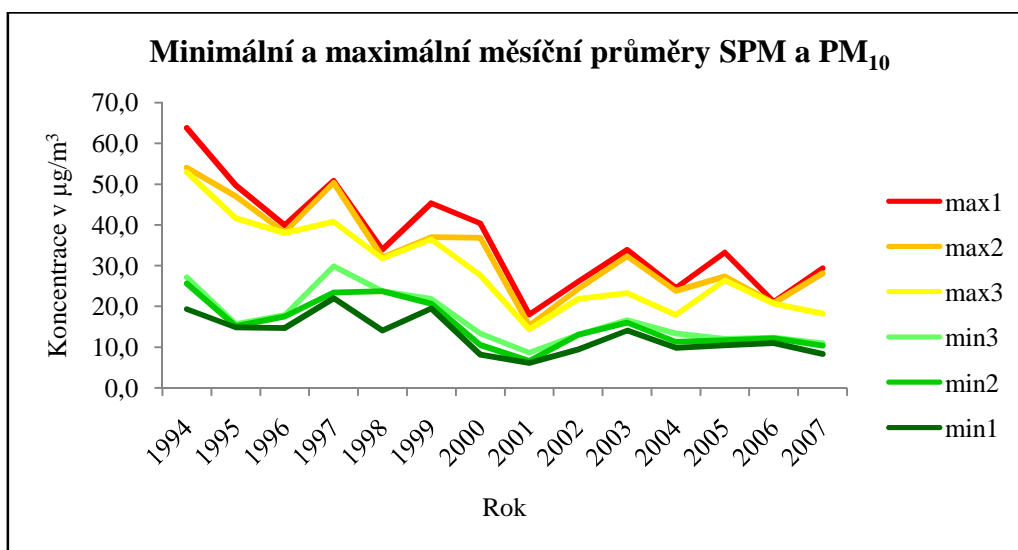
Maximální a minimální hodnoty koncentrací suspendovaného aerosolu pro určitý rok jsou uvedeny v tabulce 34. Grafické znázornění průběhu těchto koncentrací představuje graf 48, z něhož lze odečíst roky s extrémními hodnotami měsíčních průměrů koncentrací suspendovaného aerosolu.

**Tabulka 34** Maximální a minimální hodnoty koncentrací suspendovaného aerosolu v jednotlivých letech (1994 až 2007; Měděnec)

Rok	max1	max2	max3	min3	min2	min1
	v µg/m <sup>3</sup>					
1994	64	54	53	27	26	19
1995	50	47	42	16	15	15
1996	40	38	38	18	18	15
1997	51	50	41	30	23	22
1998	34	32	32	24	24	14
1999	45	37	36	22	21	20
2000	40	37	28	13	11	8
2001	18	15	14	9	7	6
2002	26	24	22	13	13	9
2003	34	32	23	17	16	14
2004	25	24	18	13	11	10
2005	33	27	26	12	12	10
2006	21	21	21	12	12	11
2007	29	28	18	11	10	8



**Graf 48** Maximální a minimální hodnoty koncentrací suspendovaného aerosolu v jednotlivých letech (1994 až 2007; Měděnec)



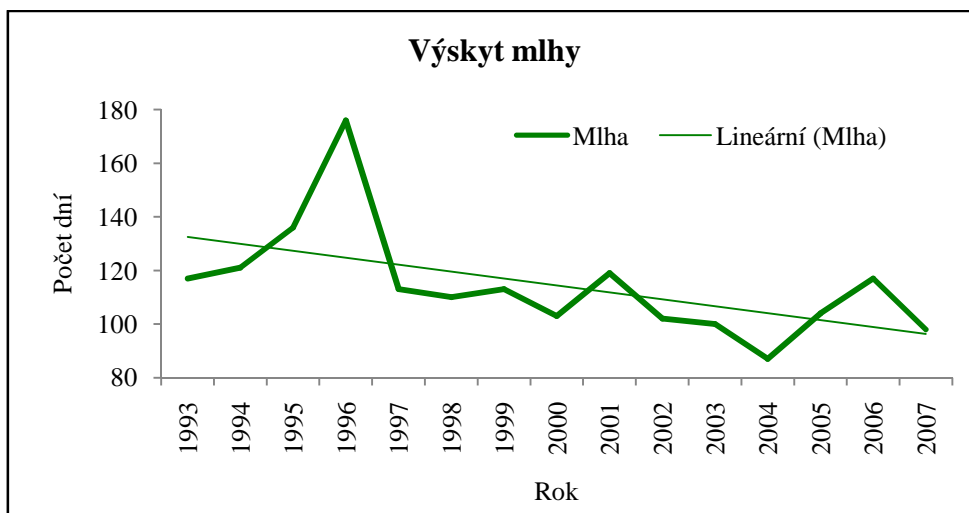
### 5.2.5. Měděnec – výskyt jevů snižujících dohlednost

Počet dní v roce s výskytem mlhy v letech 1993 – 2007 na monitorovací stanici Měděnec udává tabulka 35. V grafu 49 lze také vidět klesající trend v počtu dní s výskytem tohoto jevu. V průměru se mlha v této oblasti vyskytla 114 dní v roce.

**Tabulka 35** Počet dní s výskytem mlhy v jednotlivých letech (1993 až 2007; Měděnec)

Rok	Mlha (výskyt ve dnech)	Rok	Mlha (výskyt ve dnech)
1993	117	2001	119
1994	121	2002	102
1995	136	2003	100
1996	176	2004	87
1997	113	2005	104
1998	110	2006	117
1999	113	2007	98
2000	103		

**Graf 49** Znárodnění průběhu ročního výskytu mlhy z monitorovací stanice Měděnec v letech 1993 až 2007

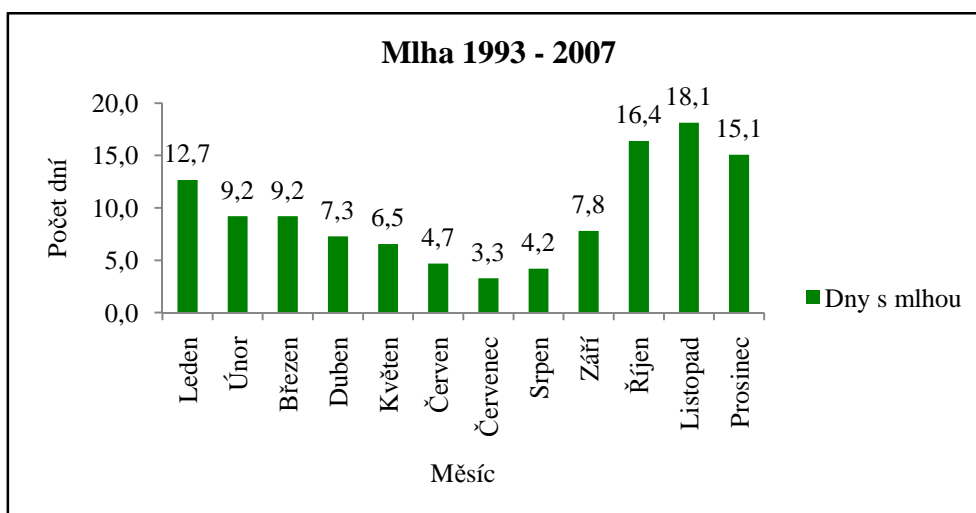


Porovnání průměrného výskytu mlhy v jednotlivých měsících shrnuje tabulka 36. Tento průměr byl vypočítán za období let 1993 až 2007. Z grafu 50 je prokazatelné, že se mlha ve sledovaném období vyskytovala ve větší míře v podzimním a zimním období.

**Tabulka 36** Průměrný počet dní v měsíci s výskytem mlhy v období let 1993 až 2007 (Měděnec)

Měsíc	Dny s mlhou	Měsíc	Dny s mlhou
Leden	12,7	Červenec	3,3
Únor	9,2	Srpen	4,2
Březen	9,2	Září	7,8
Duben	7,3	Říjen	16,4
Květen	6,5	Listopad	18,1
Červen	4,7	Prosinec	15,1

**Graf 50** Průměrný počet dní v měsíci s výskytem mlhy v období let 1993 až 2007 (Měděnec)

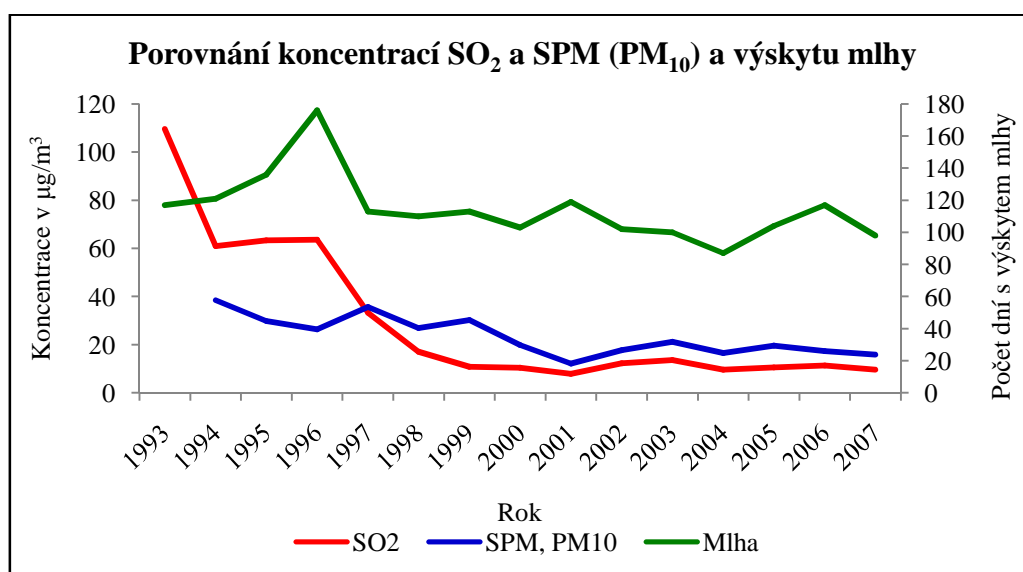


První srovnání stavu znečištění ovzduší s výskytem mlhy je znázorněno v grafu 51. Zahrnuje roční průměrné hodnoty koncentrací SO<sub>2</sub> a SPM (PM<sub>10</sub>) a počet dní s výskytem mlhy v daném roce (tabulka 37).

**Tabulka 37** Průměrné roční koncentrace SO<sub>2</sub> a SPM (PM<sub>10</sub>) a počet dní s výskytem mlhy v daném roce (1993 až 2007, Měděnec)

Rok	Počet dní s mlhou	SO <sub>2</sub>	SPM, PM <sub>10</sub>
		v µg/m <sup>3</sup>	
1993	117	110	
1994	121	61	39
1995	136	63	30
1996	176	64	26
1997	113	33	36
1998	110	17	27
1999	113	11	30
2000	103	10	20
2001	119	8	12
2002	102	12	18
2003	100	14	21
2004	87	10	17
2005	104	11	20
2006	117	11	17
2007	98	10	16

**Graf 51** Průměrné roční koncentrace SO<sub>2</sub> a SPM (PM<sub>10</sub>) a počet dní s výskytem mlhy v daném roce (1993 až 2007, Měděnec)



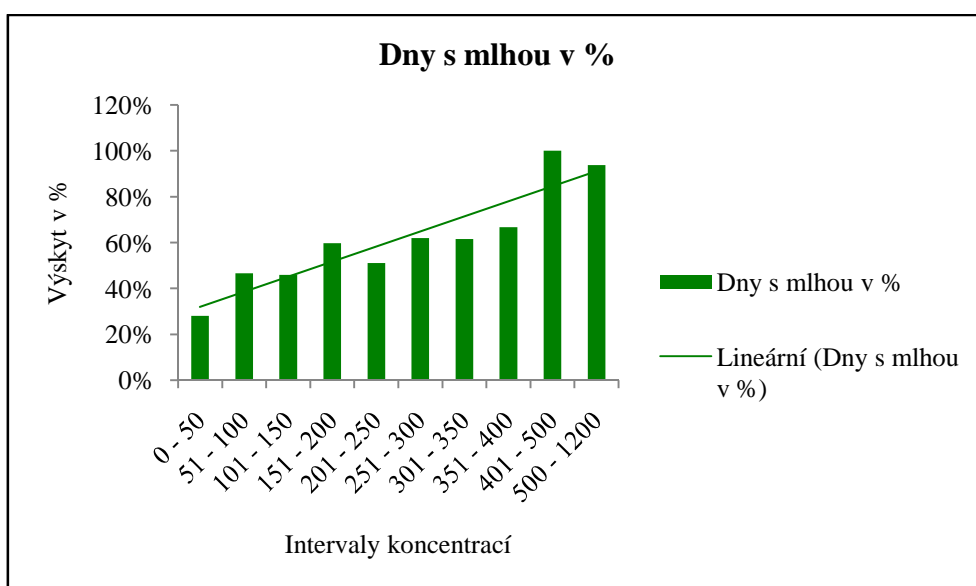
## 5.2.6. Měděnec – souvislost znečištění ovzduší SO<sub>2</sub> s výskytem jevů snižujících dohlednost

Tabulka 38 shrnuje počet dní s určitým intervalem koncentrací a tomu odpovídající počet dní, kdy se při daném znečištění vyskytla mlha. Výsledkem je procentuální výskyt mlhy při daném znečištění. Tyto hodnoty byly vyneseny do grafu 52, kde je prokazatelná souvislost mezi výskytem mlhy a vyššími koncentracemi SO<sub>2</sub>.

**Tabulka 38** Výskyt mlhy v procentech odpovídající intervalům znečištění ovzduší SO<sub>2</sub> v letech 1993 až 2001 (Měděnec)

Intervaly koncentrací	Počet dní		
	SO <sub>2</sub>	Mlha	Mlha v %
0 - 50	4645	1302	28%
51 - 100	318	148	47%
101 - 150	124	57	46%
151 - 200	72	43	60%
201 - 250	47	24	51%
251 - 300	21	13	62%
301 - 350	26	16	62%
351 - 400	9	6	67%
401 - 500	13	13	100%
500 - 1200	16	15	94%

**Graf 52** Souvislost mezi výskytem mlhy a mírou znečištění SO<sub>2</sub> vyjádřená v procentech výskytu dní s mlhou při dané koncentraci SO<sub>2</sub> v ovzduší (1993 až 2007; Měděnec)

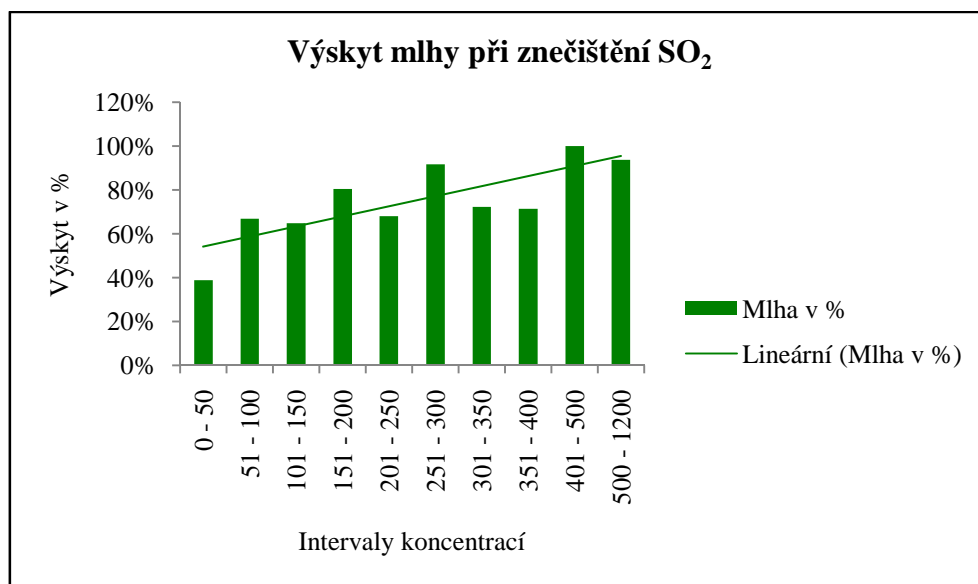


I pro monitorovací stanici Měděnec byla data zpracována také zvlášť pro chladnější a zvlášť pro teplejší část roku. Tabulka 39 uvádí hodnoty pro chladnější část roku v období let 1993 až 2007 a následně graf 53 vyjadřuje souvislost znečištění SO<sub>2</sub> s výskytem mlhy. Výsledky potvrdily, že výskyt mlhy může souviset se zvýšenou koncentrací SO<sub>2</sub> v ovzduší.

**Tabulka 39** Výskyt mlhy v procentech odpovídající intervalům znečištění ovzduší SO<sub>2</sub> v chladnější části roku (říjen až březen) v letech 1993 až 2007 (Měděnec)

Intervaly koncentrací	Počet dní		
	SO <sub>2</sub>	Mlha	Mlha v %
0 - 50	2251	874	39%
51 - 100	178	119	67%
101 - 150	71	46	65%
151 - 200	46	37	80%
201 - 250	25	17	68%
251 - 300	12	11	92%
301 - 350	18	13	72%
351 - 400	7	5	71%
401 - 500	11	11	100%
500 - 1200	16	15	94%

**Graf 53** Souvislost mezi výskytem mlhy a mírou znečištění SO<sub>2</sub> vyjádřená v procentech výskytu dní s mlhou při dané koncentraci SO<sub>2</sub> v ovzduší (říjen až březen, 1993 až 2007; Měděnec)

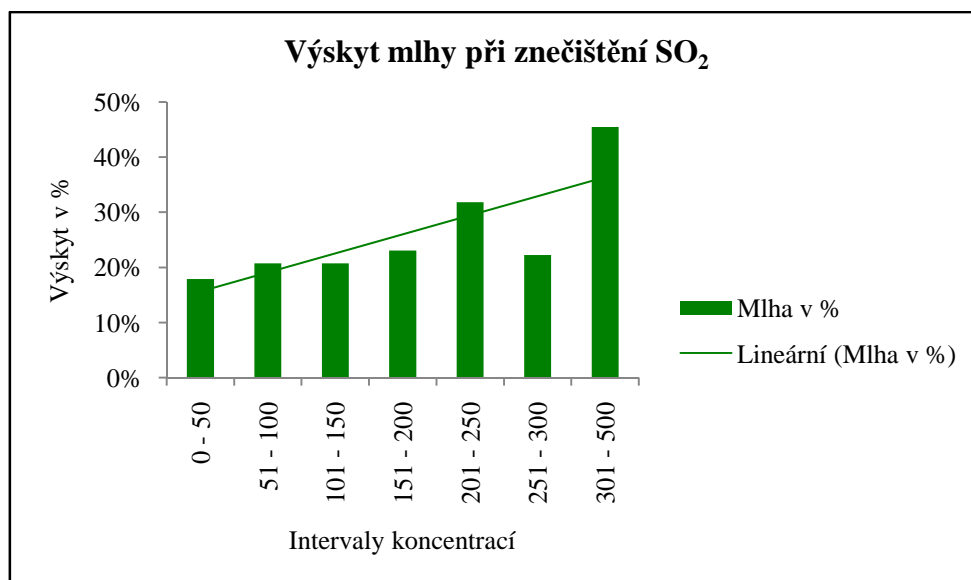


Nakonec bylo pro monitorovací stanici Měděnec dáno do souvislosti znečištění ovzduší a výskyt mlhy pro teplejší část roku. Tabulka 40 shrnuje vypočtené údaje po období duben až září pro roky 1993 až 2007. Hodnoty byly vyneseny do grafu (graf 54), kde je patrné, že i v letním období mlha mohla souviset se znečištěním ovzduší.

**Tabulka 40** Výskyt mlhy v procentech odpovídající intervalům znečištění ovzduší SO<sub>2</sub> v teplejší části roku (duben až září) v letech 1993 až 2007 (Měděnec)

Intervaly koncentrací	Počet dní		
	SO <sub>2</sub>	Mlha	Mlha v %
0 - 50	2394	428	18%
51 - 100	140	29	21%
101 - 150	53	11	21%
151 - 200	26	6	23%
201 - 250	22	7	32%
251 - 300	9	2	22%
301 - 500	11	5	45%

**Graf 54** Souvislost mezi výskytem mlhy a mírou znečištění SO<sub>2</sub> vyjádřená v procentech výskytu dní s mlhou při dané koncentraci SO<sub>2</sub> v ovzduší (duben až září, 1993 až 2007; Měděnec)



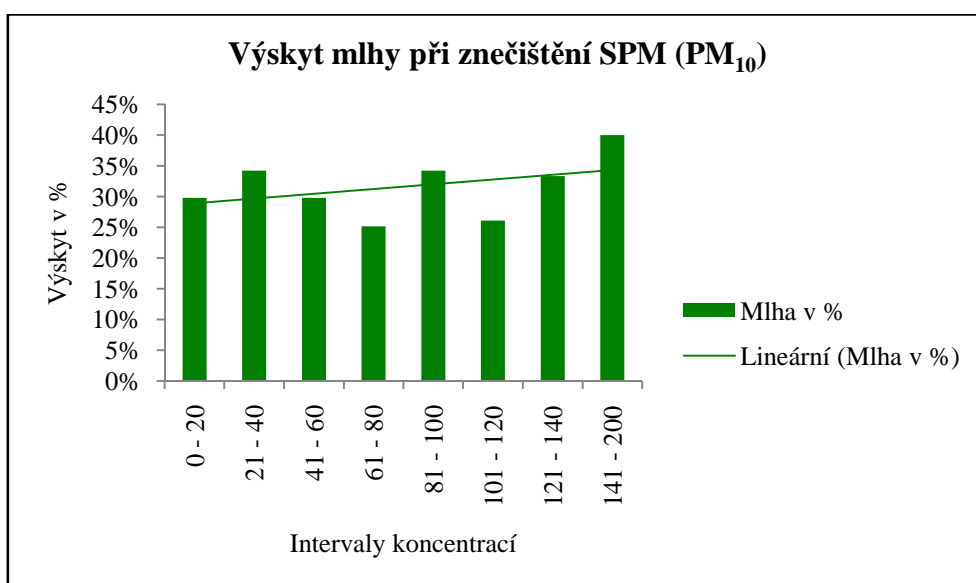
### 5.2.7. Měděnec – souvislost znečištění ovzduší suspendovaným aerosolem s výskytem jevů snižujících dohlednost

Tabulka 41 shrnuje počet dní s určitým intervalem koncentrací SPM ( $PM_{10}$ ) a tomu odpovídající počet dní, kdy se při daném znečištění vyskytla mlha. Zahrnuje období let 1994 až 2007. Výsledkem je procentuální výskyt mlhy při daném znečištění. Tyto hodnoty byly vyneseny do grafu 55. Výsledné hodnoty průkazně nepotvrdily souvislost znečištění SPM ( $PM_{10}$ ) a výskytem mlhy.

**Tabulka 41** Výskyt mlhy v procentech odpovídající intervalům znečištění ovzduší SPM ( $PM_{10}$ ) v letech 1994 až 2007 (Měděnec)

Intervaly koncentrací	Počet dní		
	$PM_{10}$	Mlha	Mlha v %
0 - 20	2803	835	30%
21 - 40	1329	455	34%
41 - 60	406	121	30%
61 - 80	139	35	25%
81 - 100	38	13	34%
101 - 120	23	6	26%
121 - 140	12	4	33%
141 - 200	5	2	40%

**Graf 55** Souvislost mezi výskytem mlhy a mírou znečištění SPM ( $PM_{10}$ ) vyjádřená v procentech výskytu dní s mlhou při dané koncentraci SPM ( $PM_{10}$ ) v ovzduší (1994 až 2007; Měděnec)



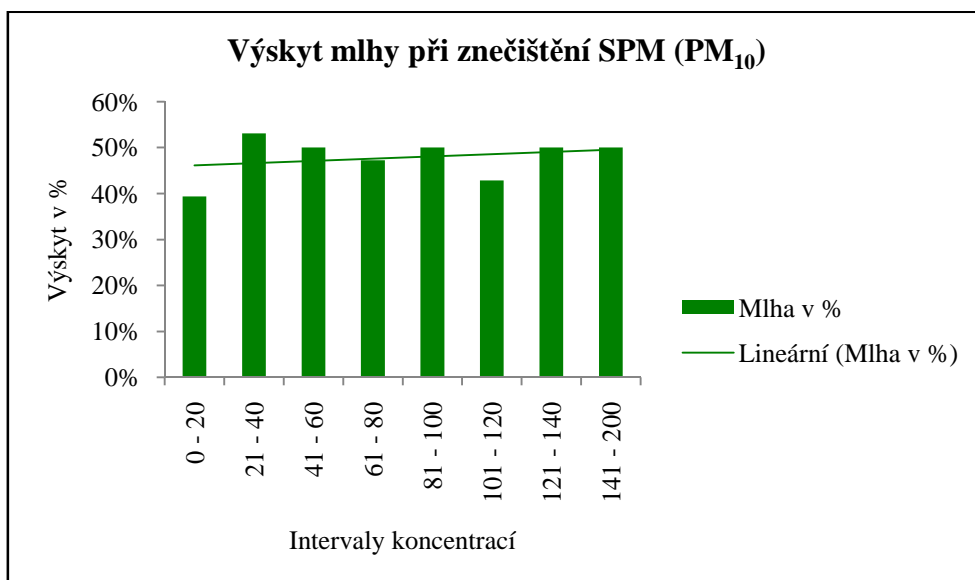


Výsledky zhodnocení souvislostí mezi znečištěním ovzduší SPM ( $PM_{10}$ ) a výskytem jevů snižujících dohlednost pro chladnější část roku jsou uvedeny v tabulce 42. Zahrnuje data z období let 1994 až 2007 v měsících říjen až březen. Následně graf 56 vyjadřuje tuto souvislost. Z uvedeného grafu je patrné, že výskyt mlhy nemá velkou souvislost se zvýšenou koncentrací SPM ( $PM_{10}$ ) v ovzduší.

**Tabulka 42** Výskyt mlhy v procentech odpovídající intervalům znečištění ovzduší SPM ( $PM_{10}$ ) v chladnější části roku (říjen až březen) v letech 1994 až 2007 (Měděnec)

Intervaly koncentrací	Počet dní		
	$PM_{10}$	Mlha	Mlha v %
0 - 20	1561	615	39%
21 - 40	552	293	53%
41 - 60	170	85	50%
61 - 80	55	26	47%
81 - 100	18	9	50%
101 - 120	14	6	43%
121 - 140	8	4	50%
141 - 200	4	2	50%

**Graf 56** Souvislost mezi výskytem mlhy a mírou znečištění SPM ( $PM_{10}$ ) vyjádřená v procentech výskytu dní s mlhou při dané koncentraci SPM ( $PM_{10}$ ) v ovzduší (říjen až březen, 1994 až 2007; Měděnec)

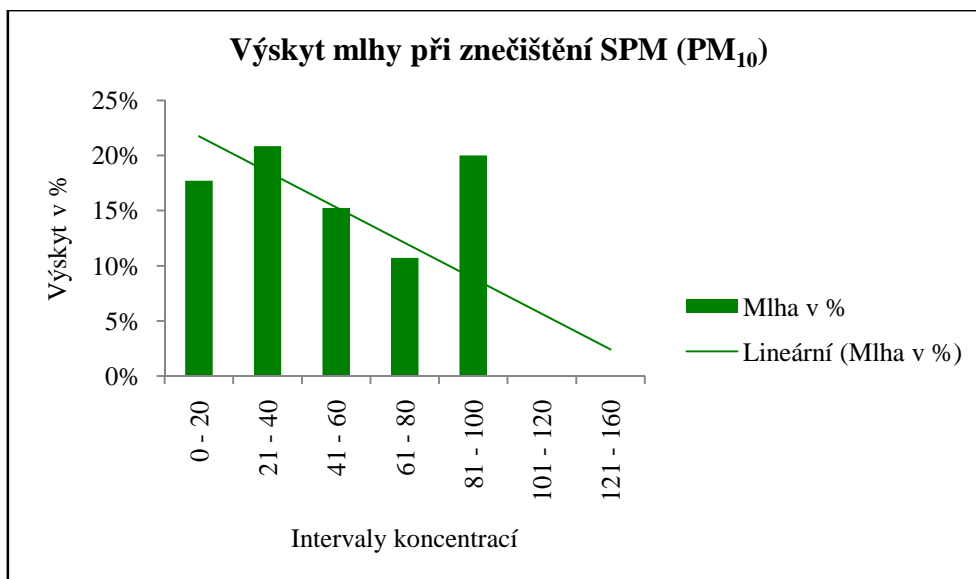


Hodnoty koncentrací pro hodnocení souvislostí znečištění ovzduší SPM (PM<sub>10</sub>) a výskytu mlhy pro teplejší část roku jsou uvedeny v tabulce 43. Shrnuje vypočtené údaje pro období duben až září během let 1994 až 2007. Hodnoty byly vyneseny do grafu (graf 57), kde je patrné, že v letním období výskyt mlhy patrně nesouvisel se zvýšeným znečištěním ovzduší SPM (PM<sub>10</sub>).

**Tabulka 43** Výskyt mlhy v procentech odpovídající intervalům znečištění ovzduší SPM (PM<sub>10</sub>) v teplejší části roku (duben až září) v letech 1994 až 2007 (Měděnec)

Intervaly koncentrací	Počet dní		
	PM <sub>10</sub>	Mlha	Mlha v %
0 - 20	1242	220	18%
21 - 40	777	162	21%
41 - 60	236	36	15%
61 - 80	84	9	11%
81 - 100	20	4	20%
101 - 120	9	0	0%
121 - 160	5	0	0%

**Graf 57** Souvislost mezi výskytem mlhy a mírou znečištění SPM (PM<sub>10</sub>) vyjádřená v procentech výskytu dní s mlhou při dané koncentraci SPM (PM<sub>10</sub>) v ovzduší (duben až září, 1994 až 2007, Měděnec)



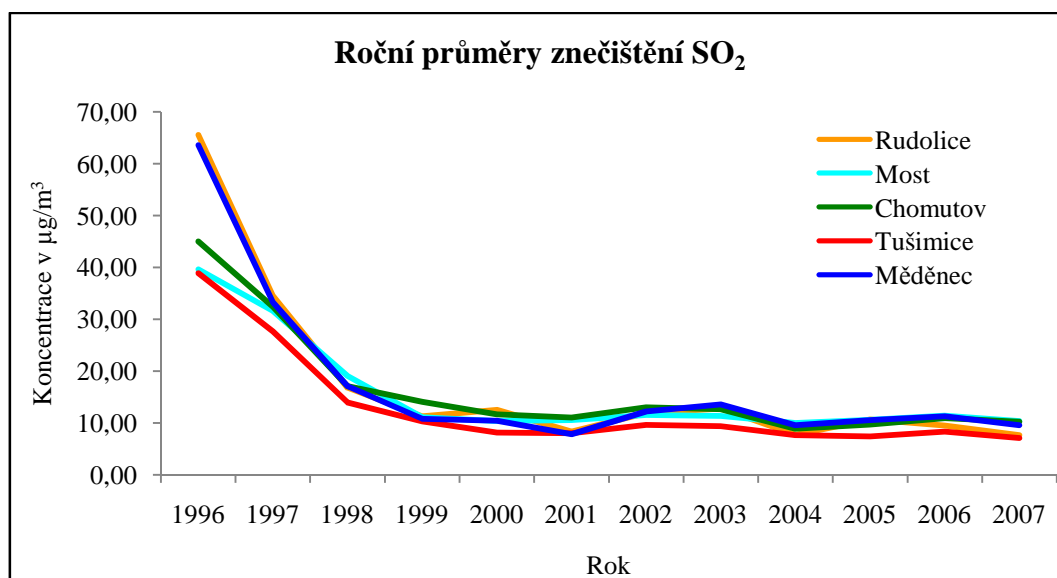
### 5.3. Porovnání znečištění ovzduší na různých meteorologických stanicích

Pro porovnání znečištění ovzduší SO<sub>2</sub> na vybraných monitorovacích stanicích – Rudolice v Horách, Most, Chomutov, Tušimice a Měděnec – byly zvoleny roční průměry jednotlivých stanic. Výsledné hodnoty shrnuje tabulka 44. Graf 58 znázorňuje průběh na jednotlivých stanicích.

**Tabulka 44** Roční průměry koncentrací SO<sub>2</sub> v ovzduší (1996 až 2007)

Rok	Rudolice	Most	Chomutov	Tušimice	Měděnec
	v µg/m <sup>3</sup>				
1996	65,57	39,62	45,02	38,87	63,58
1997	34,49	31,61	32,41	27,66	33,28
1998	16,78	19,06	17,08	13,96	17,13
1999	11,28	11,09	14,09	10,27	10,84
2000	12,57	10,39	11,65	8,14	10,45
2001	8,32	10,54	11,02	7,99	7,85
2002	11,90	11,53	12,99	9,60	12,23
2003	12,77	11,37	12,67	9,37	13,58
2004	7,72	10,00	8,88	7,62	9,59
2005	10,71	10,64	9,67	7,39	10,58
2006	9,54	11,42	10,95	8,31	11,30
2007	7,66	10,36	10,25	7,08	9,57

**Graf 58** Roční průměry koncentrací SO<sub>2</sub> v ovzduší (1996 až 2007)

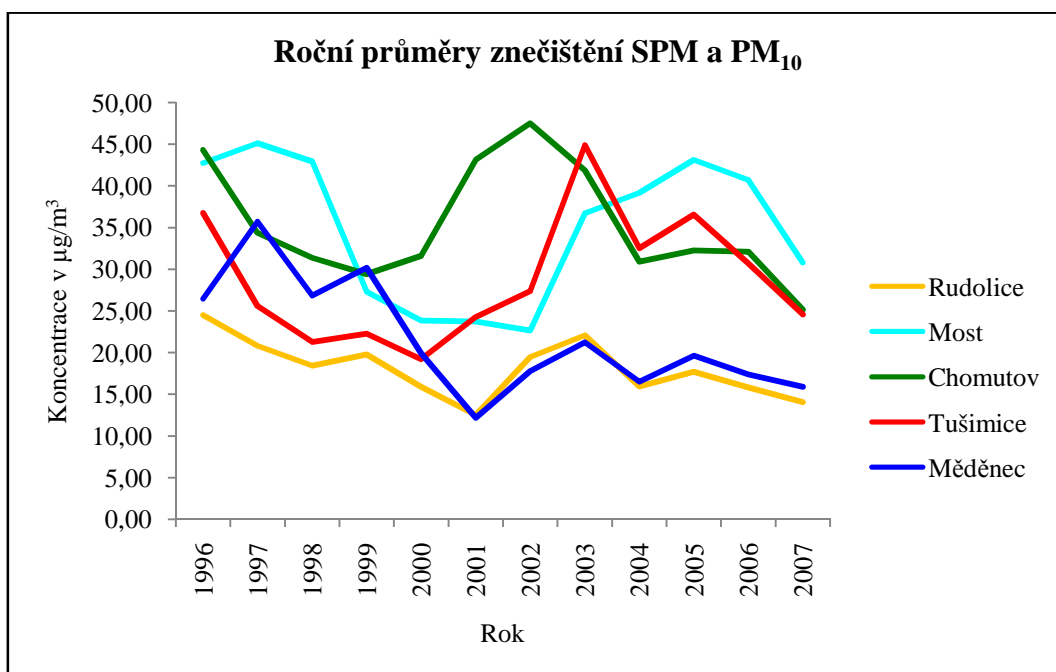


Roční průměry znečištění ovzduší SPM, PM<sub>10</sub> na vybraných monitorovacích stanicích – Rudolice v Horách, Most, Chomutov, Tušimice a Měděnec – jsou uvedeny v tabulce 45. Graf 59 znázorňuje průběh ročních průměrů koncentrací na jednotlivých stanicích.

**Tabulka 45** Roční průměry koncentrací SPM, PM<sub>10</sub> v ovzduší (1996 až 2007)

Rok	Rudolice	Most	Chomutov	Tušimice	Měděnec
	v µg/m <sup>3</sup>				
1996	24,51	42,71	44,29	36,73	26,45
1997	20,79	45,09	34,36	25,54	35,72
1998	18,42	42,91	31,35	21,24	26,86
1999	19,75	27,30	29,39	22,25	30,20
2000	15,86	23,82	31,59	19,17	19,94
2001	12,49	23,71	43,11	24,23	12,17
2002	19,48	22,64	47,48	27,35	17,78
2003	22,09	36,68	41,85	44,87	21,24
2004	15,90	39,16	30,88	32,50	16,51
2005	17,71	43,09	32,22	36,52	19,64
2006	15,80	40,67	32,07	30,66	17,37
2007	14,03	30,77	25,13	24,55	15,88

**Graf 59** Roční průměry koncentrací SPM, PM<sub>10</sub> v ovzduší (1996 až 2007)



## 6. Diskuse

Data z monitorovací stanice Tušimice obsahují údaje o znečištění od roku 1975 až do roku 2007, což představuje 33 let. Z hlediska znečištění ovzduší zahrnují zajímavé období. Na počátku tohoto období se příliš nehledělo na kvalitu ovzduší, a tak emise znečišťujících látek byly vysoké. O tom vypovídají i vysoké hodnoty koncentrací oxidu siřičitého a suspendovaného aerosolu. Postupem času se více zohledňovala čistota ovzduší a přijetí nových zákonů v 90. letech přinutilo velké znečišťovatele přistoupit k novým technologiím přispívajících ke snižování emisí znečišťujících látek. Elektrárny ve sledované oblasti zprovoznilly účinné odsiřovací procesy a odlučovače tuhých znečišťujících příměsí ve spalínách. To se projevilo snížením průměrné roční koncentrace SO<sub>2</sub> i suspendovaného aerosolu. Z průměrných ročních koncentrací SO<sub>2</sub> po roce 2000, které se udržují na hodnotách pod 10 µg/m<sup>3</sup> lze usuzovat, že metody odsíření byly účinné a hlavními zdroji znečištění SO<sub>2</sub> v 70. a 80. letech v dané oblasti byly elektrárny Tušimice a Pruněřov. Je však nutné vzít v úvahu, že zdrojem znečištění nejsou jen tyto dvě elektrárny, ale velkým přispěvatelem k znečištění ovzduší jsou také domácnosti, které pro vytápění využívají stále uhlí s vyšším obsahem síry. Je snaha i tyto zdroje minimalizovat a převést na plynové vytápění. Za stabilních podmínek, kdy nedochází k vertikálnímu promíchávání atmosféry, se mohou v topném období stále vyskytovat místa s extrémními koncentracemi SO<sub>2</sub> v ovzduší.

Z ročních průměrů koncentrací suspendovaného aerosolu je také patrný pokles v polovině 90. let, avšak hodnoty se nedrží na nízké hodnotě, jako je to u SO<sub>2</sub>. Významným zdrojem suspendovaného aerosolu je automobilová doprava, která v posledních patnácti letech zažila velký rozmach. Proto v oblastech s hustší automobilovou dopravou mohou být hodnoty koncentrace suspendovaného aerosolu vyšší.

Oba polutanty mohou mít významný vliv na snížení dohlednosti. Buď se na snížení dohlednosti mohou podílet přímo, což je způsobené vysokými koncentracemi polutantu v ovzduší, nebo nepřímo, kdy za určitých podmínek mohou působit jako kondenzační jádra. V prvním případě by se jednalo o vznik zákalu, který je charakteristický svou barvou (na rozdíl od mlhy není čistě bílý, ale má naoranžovělý až nahnědlý nádech). Ve druhém případě se dle intenzity jedná buď o kouřmo, nebo mlhu.

Data z monitorovací stanice Tušimice obsahovala pro roky 1975 až 2001 pouze dny s výskytem mlhy. Po roce 2002 se k hodnocení přidal ještě výskyt kouřma a zákalu a u všech těchto jevů byl uváděn i čas výskytu. Pro zpracování v této práci byl brán v úvahu jen pozitivní výskyt v daný den. Z dat pro monitorovací stanici Měděnec byly zpracovány dny s výskytem alespoň jednoho uvedeného jevu. Zákal se na této stanici nevyskytoval a kouřmo se v průběhu patnácti let měření vyskytlo v několika málo dnech a to většinou společně s mlhou, jen v jinou denní dobu. Průměrný roční výskyt mlhy pro monitorovací stanici Tušimice je 39 dní, pro Měděnec je to již však 114 dní. Jejich letecká vzdálenost je asi 20 km, avšak každá stanice leží v jiné nadmořské výšce, Tušimice jen v 322 m. n. m., ale Měděnec již v 827 m. n. m. To je hlavní důvod takto rozdílného výskytu mlhy. Proložení křivky výskytu v jednotlivých letech lineární regresí dostaneme klesající trend výskytu tohoto jevu. Porovnáním ročních výskytů mlhy a průměrných ročních koncentrací oxidu siřičitého i suspendovaného aerosolu ze stanice Tušimice mohou nalézt určitou souvislost. To platí především do začátku 90. let než začnou koncentrace polutantů významně klesat. Tato souvislost je jen zdánlivá, protože se určuje z průměrných ročních hodnot znečištění a počtu dní s výskytem mlhy v daném roce. Průměrné koncentrace mohou být původně počítány z obdobných hodnot kolísajících okolo průměru nebo se může vyskytnout několik epizod s extrémními koncentracemi a zbylé hodnoty koncentrací jsou nízké. Naopak mlha nemusí vznikat pouze na základě přítomnosti polutantů v ovzduší, ale souvisí s danou meteorologickou situací. Ze stanice Měděnec jsou dostupná data pouze od roku 1993, kdy již došlo k poklesu koncentrací suspendovaného aerosolu. Mohu se domnívat, že v roce 1996 mohl mít výskyt mlhy souvislost se znečištěním  $\text{SO}_2$ . V tomto roce byl extrémní počet dnů s výskytem mlhy a trend poklesu  $\text{SO}_2$  se zastavil a již tři roky stagnoval na stejné hodnotě.

Výskyt kouřma a zákalu se zaznamenává pouhých 6 let. Na určení dlouhodobých trendů je to krátká doba. Poznamenala bych k tomu jen to, že kouřmo se vyskytuje několikanásobně častěji než mlha. Bylo by jistě zajímavé mít tyto údaje i pro období let 1975 až 2001, neboť v těchto posledních letech již nedocházelo k tak závažným imisním situacím jako v minulých letech. Zákal se během roku vyskytuje ojediněle, skoro vždy to bylo do deseti dnů. Jediný rok 2003 se vyznačuje „vysokým“ počtem dnů s výskytem zákalu. Tento rok se vyznačoval také vyšším ročním průměrem koncentrace suspendovaného aerosolu a dokonce i maximální průměrné měsíční koncentrace dosahovaly vyšších hodnot než několik let dříve. Koncentrace  $\text{SO}_2$  nevykazovala v tomto roce žádné velké výkyvy, proto se mohou domnívat, že zákal byl způsobený zvýšenou koncentrací suspendovaného aerosolu v ovzduší.

Pro potvrzení předpokladu, že mlha se častěji vyskytuje v chladnější části roku, byly spočítány průměrné dny s výskytem mlhy pro jednotlivé měsíce v roce. Z monitorovací stanice Tušimice se potvrdil nejčastější výskyt v měsících říjen, listopad, prosinec a leden s průměrným počtem 7 dní. Dále se mlha častěji vyskytla v únoru (5 dní), březnu (3 dny) a září (2 dny). Ostatní měsíce vykazují minimální výskyt. Obdobné výsledky byly získány i pro kouřmo (z let 2002 až 2007). Pro zákal se tato domněnka nepotvrdila. Na stanici Měděnec se mlha nejvíce vyskytovala v měsících říjen, listopad, prosinec a leden, méně častěji pak v únoru a březnu. Toto zjištění se promítlo i do dalších zpracovávaných výsledků, kdy se zpracovávala data pouze za chladnější část roku (říjen, listopad, prosinec, leden, únor a březen) a pak pouze pro teplejší část roku, která zahrnovala zbylé měsíce (duben, květen, červen, červenec, srpen a září).

Jednotlivé porovnání hodnot koncentrací polutantů s výskytem mlhy bylo provedeno exportem dnů s určitým intervalem koncentrace znečišťujících látek. Interval koncentrací byly voleny tak, aby konečný počet skupin byl 5 až 10. Jelikož extrémní koncentrace se vyskytují ojediněle, byl ve většině případů poslední interval největší a i přesto obsahoval většinou nejméně dnů. K počtu dnů s daným intervalem koncentrace polutantu, byl vypočten i počet dní s mlhou. Z těchto hodnot se vypočetl procentuální počet dní s výskytem mlhy v daném intervalu znečištění. Nejdříve byly hodnoceny výsledky počítané z hodnot za celé období. Na monitorovací stanici Tušimice i Měděnec byla potvrzena souvislost zvyšující se koncentrace SO<sub>2</sub> a zvyšujícím se počtem dní s výskytem mlhy. Pro stanici Tušimice se bralo v úvahu jen období let 1975 až 2001, kdy se ještě nerozlišovali ostatní jevy (kouřmo a zákal). Pro období let 2002 až 2007 bylo prokázání této souvislosti provedeno zvlášť. Výsledky i zde prokázaly souvislost s výskytem kouřma i mlhy a zvýšenou koncentrací SO<sub>2</sub>. Zde je však nutno brát v úvahu, že koncentrace již nedosahují takových hodnot jako dříve zpracovávané období let 1975 až 2001. Pokud bychom zahrnuli období let 2002 až 2007 do prvního intervalu let 1975 až 2001 (0 - 100 µg/m<sup>3</sup>) dostáváme pro toto období hodnotu 7 %, což je téměř stejné jako pro období let 1975 až 2001. U zákalu se tato souvislost nepotvrdila, vykazoval klesající tendenci.

Vztah znečištění ovzduší SO<sub>2</sub> a výskytu mlhy byl vypočítán samostatně pro chladnější část roku (říjen až březen). I zde se potvrdila souvislost znečištění ovzduší SO<sub>2</sub> a výskytem mlhy. Pro stanici Měděnec to není tak zřejmé jako pro stanici Tušimice. Je to obecně dáno častějším výskytem mlhy. Souvislost se potvrdila i pro výskyt kouřma a mlhy v letech 2002 až 2007. Zákal opět vykazoval klesající tendenci.

Posledním srovnáním koncentrace SO<sub>2</sub> s výskytem mlhy byla provedena pro letní období. V letech 1975 – 2001 se potvrdila souvislost zvyšujících se koncentrací SO<sub>2</sub> a zvyšujícím se počtem dní s výskytem mlhy pro obě stanice. Opačné výsledky však byly prokázány pro roky 2002 až 2007, kdy trend naznačuje klesající tendenci. Nemohu s jistotou říci, zdali tyto výsledky jsou reprezentativní, neboť byly pro opravdu nízké koncentrace SO<sub>2</sub>. Výskyt mlhy, kouřma a zákalu tak může souviset v této době s jinými podmínkami.

Spojitost mezi znečištěním ovzduší suspendovaným aerosolem a výskytem mlhy nebyla vyhodnocena s dostatečnou průkazností. Pro stanici Tušimice stoupá výskyt mlhy se vzrůstající hodnotou koncentrace suspendovaného aerosolu, ale jen do určité hodnoty a pak procento dní s výskytem mlhy klesá. Pro stanici Měděnec vykazují hodnoty procentuálního výskytu mlhy kolísavý trend a pro letní období dokonce se zvyšující se koncentrací suspendovaného aerosolu klesají.

Pro období let 2002 až 2007 lze zhodnotit, že koncentrace suspendovaného aerosolu může mít vliv na výskyt kouřma a v menší míře může mít vliv i na výskyt mlhy a zákalu. To platí především pro zimní období (popř. i pro data zpracovávaná za celý rok). Pro letní období je situace trochu jiná. Snižuje se vliv znečištění suspendovaným aerosolem na vznik kouřma i mlhy (procentuální hodnoty jsou dosti kolísavé), ale naopak se zde projevil vliv suspendovaného aerosolu na vznik zákalu.

Závěrem lze říci, že znečištění oxidem siřičitým má větší vliv na vznik mlhy, naopak skoro žádný vliv na vznik zákalu. Suspendovaný aerosol má vliv na vznik zákalu, a to především v letních měsících, a minimální vliv na vznik mlhy. Vznik kouřma může být ovlivněn oxidem siřičitým i suspendovaným aerosolem. Vždy ale bude záležet na daných meteorologických podmínkách.



## 7. Závěr

Z výsledků vyplývá, že problém znečištění  $\text{SO}_2$  je z dlouhodobého hlediska již nevýznamný. K velkému poklesu ročních průměrných koncentrací došlo v polovině 90. let 20. století následkem odsíření spalin elektráren nacházejících se ve sledované oblasti. Tento trend je vidět u obou stanic - Tušimice i Měděnec. Z ostatních stanic (Most, Chomutov, Rudolice v Horách) jsou data dostupná pouze od roku 1996. V těchto datech již lze také sledovat snížení průměrných koncentrací, avšak nelze je zhodnotit z dlouhodobého pohledu. Na monitorovací stanici Tušimice byl v devadesátých letech prokázán pokles průměrných ročních koncentrací suspendovaného aerosolu. Pokles koncentrací suspendovaného aerosolu na monitorovací stanici Měděnec není tak výrazný jako pokles  $\text{SO}_2$ .

Zhodnocení měsíčních průměrů ukázalo, že znečištění ovzduší  $\text{SO}_2$  bylo na měřicí stanici Tušimice především problémem chladnějších měsíců. U monitorovací stanice Měděnec se tento trend ve větší míře neprokával. Trendy měsíčních průměrů suspendovaného aerosolu v průběhu jednotlivých let prokázaly, že toto znečištění nemusí být pouze problémem chladnějších měsíců, ale mnohdy byla koncentrace v letním období vyšší než v období zimním.

Výskyt mlhy se na obou stanicích výrazně lišil. Zatímco v Tušimicích se mlha vyskytovala v průměru 39 dní v roce, na Měděnci to bylo 114 dní v roce. Na obou stanicích byl prokázán mírně klesající trend ve výskytu tohoto jevu. Průměrný počet dní s výskytem mlhy potvrdil častější výskyt mlhy v chladnější části roku (říjen až březen).

Výskyt mlhy a kouřma ve většině výsledků potvrdil souvislost s vyššími koncentracemi  $\text{SO}_2$ . Pouze na stanici Tušimice pro letní období (2002 – 2007) byl zaznamenán klesající trend pro kouřma i mlhu. Souvislost výskytu zákalu se znečištěním  $\text{SO}_2$  nebyla prokázána.

Souvislost mlhy se znečištěním suspendovaným aerosolem na stanici Měděnec nebyla prokázána. Procentuální výskyt mlhy nevykazoval žádný výrazný trend a dokonce v letním období se při vyšších hodnotách koncentrací suspendovaného aerosolu mlha nevyskytovala vůbec. Naopak na stanici Tušimice v letech 1975 až 2001 je vidět zvyšující se výskyt mlhy s rostoucí koncentrací suspendovaného aerosolu, avšak jen do určité hodnoty. Při vysokých hodnotách se výskyt mlhy opět snižuje. Výjimku tvoří letní období let 1975 až 2001, kdy je potvrzen výskyt mlhy i při vyšších koncentracích suspendovaného aerosolu. V letech 2002 až

2007 byla prokázána souvislost výskytu zákalu a znečištění suspendovaným aerosolem především pro letní období. V zimním období byla naopak prokázána souvislost mezi výskytem kouřma a vyššími koncentracemi tohoto polutantu.

## 8. Seznam literatury

- Bednář, J.: Meteorologie. Úvod do studia dějů v atmosféře. Praha. Portál, 2003. 233 s. ISBN 80-7178-653-5
- Boušová, K.: Profesionální bronchiální astma. Acta medica (Hradec Králové) supplementum. 2004. 47 (2). 97 – 105.
- Braniš, M. a kolektiv: Aktuální otázky znečištění ovzduší. 2005. 218 s. ISBN 80-239-2187-8
- Butler, J. D.: Air Pollution Chemistry. Academic Press Inc. London. 1979. ISBN 0-12-147950-1
- Dvořák, P.: Ilustrovaný atlas počasí. Cheb. Svět křídel. 2003. 140 s. ISBN 80-86808-02-5
- Dvořák, P.: Letecká meteorologie. Cheb. Svět křídel. 2004. 224 s. ISBN 80-86808-09-2
- Enger, E. D., Smith, B. F.: Environmental science. 1995. 431 s. ISBN 0-697-15907-8
- Harrison, M. R.: Pollution, causes, effects and control. Royal society of chemistry. 2001. ISBN 0854046216
- Hartog, J. J. a kol.: Associations between  $PM_{2.5}$  and Heart Rate Variability Are Modified by Particle Composition and Beta-Blocker Use in Patients with Coronary Heart Disease. Environmental Health Perspectives. 117 (1). 2009. 105 – 111.
- Hůnová, I., Janoušková, S.: Úvod do problematiky znečišťování venkovního ovzduší. Karolinum. 2004. 146 s. ISBN 80-246-0796-4
- Hyslop, N. P.: Impaired visibility: the air pollution people see. Atmospheric Environment 43. s. 182 – 195.
- Kazmarová, H., Kotlík, B., Vrbíková, V., Veselská, H.: Hodnocení zdravotních rizik ze znečištění ovzduší v roce 2006. Ochrana ovzduší 1. 2008. 8 – 15.
- Keder, J.: Návrh empirického modelu pro odhad ročních průměrů koncentrace suspendovaných částic frakce PM 10 v městském prostředí. Praha. 2007

- Laden F., Neas L. M., Dockery D. W., Schwartz J.: Association of fine particulate matter from different sources with daily mortality in six U.S. cities. *Environmental Health Perspect.* 2000. 108:941–947.
- Lanki T., de Hartog J. J., Heinrich J., Hoek G., Janssen N. A. H., Peters A., et al.: Can we identify sources of fine particles responsible for exercise-induced ischemia on days with elevated air pollution? The ULTRA study. *Environmental Health Perspect.* 2006. 114:655–660.
- Le Tertre A., Medina S., Samoli E., Forsberg B., Michelozzi P., Boumghar A., et al.: Short-term effects of particulate air pollution on cardiovascular diseases in eight European cities. *Journal of Epidemiology and Community Health.* 2002. 56. 773–779.
- Liberti, A.: The nature of particulate matter. *Pure and applied chemistry.* 1970. 24 (4). 631 – 642.
- Lomský, B., Materna, J., Pfanz, H.: SO<sub>2</sub> – pollution and forests decline in the Ore mountains. 342 s. ISBN 80-86461-24-6
- Lynn, D. A.: Air pollution – Threat and response. Addison-Wesley Publishing Company, Inc. 1976. ISBN 0-201-04355-6
- Morawska, L., Zhang, J.: Combustion sources of particles: 1. Health relevance and source signatures. *Chemosphere* 49 (9). 2002. s. 1045 – 1058.
- Novák, M.: Meteorologie a ochrana prostředí – Úvod do meteorologie a klimatologie. Ústí nad Labem, 2004, 184 s. ISBN 80-7044-597-1
- Penner, J. E.: Aerosols. Ed. Andrew S. Goudie. 2005 by Oxford University Press, Inc.. *Encyclopedia of Global Change.* Oxford University Press.
- Pope, C. A., Dockery, D. W.: Health effects of fine particulate air pollution: lines that Conner. *Air & waste manage. Assoc.* 56: 709 – 742. 2006.
- Pope, C. A. a kolektiv: Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *The Journal of the American Medical Association.* 2002. 287. 1132 – 1141.
- Roth, D. G.: *Wetterkunde für alle.* München. BLV Verlagsgesellschaft. 1999.

- Samet, J. M., Dominici, F., Curriero, F. C., Coursac, I., Zeger, S. L.: Fine particulate air pollution and Mortality in 20 U.S. cities, 1987 – 1994. *The New England Journal of Medicine*. 2000. 343. 1742 – 1749.
- Sawyer, J.: *Acid Rain and Air Pollution*. WWF. 1989.
- Scorer, R. S.: *Meteorology of Air Pollution*. Ellis Horwood, 1990. ISBN 0-13-577230-3.
- Seifert, V.: *Rozumíme počasí*. Praha, Atria, 1987.
- Seinfeld, J. H.: *Air pollution, physics and chemical fundamentals*. McGraw-Hill, Inc. 1975. ISBN 0-07-056042-0
- Sobíšek, B. a kolektiv: *Meteorologický slovník výkladový terminologický*. Praha. MŽP ČR. 1993. 594 s. ISBN 80-8536-45-5
- Stehlík, J., Ostatnická, J.: *Ovzduší v zónách a aglomeracích České republiky – Ústecký kraj*. *Ochrana ovzduší* 2. 2007. 4 – 15.
- Sysalová, J., Száková, J.: *Příspěvek k hodnocení škodlivých účinků toxikologicky významných prvků v prachových částicích*. *Ochrana ovzduší* 3. 2008. 7 – 14.
- Šuta, M.: *Účinky výfukových plynů z automobilů na lidské zdraví*. 1996. 39 s. ISBN 80-901339-4-0
- Tolasz, R. a kolektiv: *Atlas podnebí Česka*. ČHMÚ. Praha. 2007. ISBN 978-80-86690-26-1. UP Olomouc. 2007. ISBN 978-80-244-1626-7.
- Vráblíková J. a kolektiv: *Revitalizace antropogenně postižené krajiny v Podkrušnohoří, I. část*. UJEP, FŽP. Ústí nad Labem. 2008. ISBN 978-80-7414-019-8
- Wayne, R. P.: *Chemistry of Atmospheres*. Oxford University Press, 2002. ISBN 0-19-850375-X.
- Willcocks, A. D.: *Air Quality*. Ed. Andrew S. Goudie. 2005 by *Oxford University Press, Inc.*. *Encyclopedia of Global Change*. Oxford University Press.
- Yang, W., Omaye, S. T.: *Air pollutants, oxidative stress and human health*. *Mutation research: Genetic toxicology and environmental mutagenesis*. 2008.

www stránky:

Vašíček, J. Vysvětlení některých meteorologických pojmů a jevů [online]. ČHMÚ [cit. 27. 10. 2008].  
Dostupné z: [http://www.chmi.cz/meteo/olm/Let\\_met/Pojmy.htm#Standardní\\_atmosféra](http://www.chmi.cz/meteo/olm/Let_met/Pojmy.htm#Standardní_atmosféra)

Kunz, M. Geologický vývoj Chomutovska a přilehlých oblastí [online]. Město Chomutov, 9. 12. 2003  
[cit. 14. 11. 2008]. Dostupné z:  
[http://www.chomutov-mesto.cz/vismo/dokumenty2.asp?id\\_org=5245&id=106055&p1=36884](http://www.chomutov-mesto.cz/vismo/dokumenty2.asp?id_org=5245&id=106055&p1=36884)

Magistrát města Chomutova. Chomutovské – vodní systém [online]. Město Chomutov, 11. 12. 2003  
[cit. 14. 11. 2008]. Dostupné z:  
[http://www.chomutov-mesto.cz/vismo/dokumenty2.asp?id\\_org=5245&id=106810&p1=36885](http://www.chomutov-mesto.cz/vismo/dokumenty2.asp?id_org=5245&id=106810&p1=36885)

Mapové služby [online]. Česká informační agentura životního prostředí [cit. 10. 12. 2009].  
Dostupné z: [http://geoportal.cenia.cz/mapmaker/MapWin.aspx?M\\_Site=cenia&M\\_Lang=cs](http://geoportal.cenia.cz/mapmaker/MapWin.aspx?M_Site=cenia&M_Lang=cs)

WHO, Směrnice pro kvalitu ovzduší v Evropě [online]. Ekologické centrum Most, 8. 10. 2004  
[cit. 10. 1. 2009]. Dostupné z: [http://www.ecmost.cz/ver\\_cz/ovzdusi/smernice/smernice5.htm](http://www.ecmost.cz/ver_cz/ovzdusi/smernice/smernice5.htm)

ČEZ, Elektrárny Tušimice [online]. ČEZ [cit. 7. 2. 2009]. Dostupné z:  
<http://www.cez.cz/cs/energie-a-zivotni-prostredi/uhelne-elektrarny/cr/tusimice.html>

ČEZ, Elektrárny Pruněřov [online]. ČEZ [cit. 7. 2. 2009]. Dostupné z:  
<http://www.cez.cz/cs/energie-a-zivotni-prostredi/uhelne-elektrarny/cr/prunerov.html>

Wikipedia, Specifický odtok [online]. Wikipedia Otevřená encyklopedie, 25. 6. 2008 [cit. 7. 2. 2009].  
Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Specifick%C3%BD\\_odtok](http://cs.wikipedia.org/wiki/Specifick%C3%BD_odtok)

ČHMÚ, Informace o kvalitě ovzduší v ČR [online]. ČHMÚ, 1. 2. 2009 [cit. 7. 2. 2009]. Dostupné z:  
[http://www.chmu.cz/uoco/isko/isko2/locality/pollution\\_locality/region\\_district\\_2736.html](http://www.chmu.cz/uoco/isko/isko2/locality/pollution_locality/region_district_2736.html)

Synek, V. Elementární statistika, popisná část. [online]. FŽP, UJEP, 2. 12. 2004  
[cit. 3. 3. 2009]. Dostupné z: <https://fzp.ujep.cz/Kig/vnitri/Predmety.php>